



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

**Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para
mejorar la productividad del área de mantenimiento de la
Minera Quellaveco - Moquegua, 2024**

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

Autor

Bach. Mantilla Herrera Jose Martin

<https://orcid.org/0009-0000-1171-869X>

Asesor

Mag. Purihuaman Leonardo Celso Nazario

<https://orcid.org/0000-0003-1270-0402>

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 industrias y
organizaciones**

Pimentel – Perú

2024

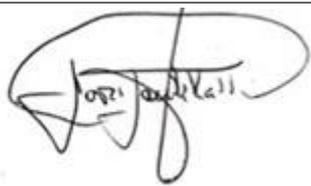
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy el Bach. Mantilla Herrera José Martín 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:

APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO 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. Mantilla Herrera José Martín	DNI: 40017743	
------------------------------------	---------------	---

Pimentel, 15 de enero de 2024.

**APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR
LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA MINERA
QUELLAVECO - MOQUEGUA, 2024**

Aprobación del Jurado

Dr. VASQUEZ CORONADO MANUEL HUMBERTO

Presidente del Jurado de Tesis

Mg. FRANCIOSI WILLIS JUAN JOSE

Secretario del Jurado de Tesis

Mg. ARMAS ZAVALETA JOSE MANUEL

Vocal del Jurado de Tesis

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 y familia en general, por brindarme su respaldo incondicional; generando la fortaleza necesaria en cada despertar de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar expresamente mi agradecimiento especial y sincero al Mag. Apellidos Nombres, docente y guía; por ofrecerme su asesoría constante y desinteresada destinada al desarrollo de la investigación presente. Poniendo énfasis constante en los valores éticos y profesionales del lado de la parte cognitiva. De igual manera, a todas las personas 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
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Hipótesis	19
1.4. Objetivos	19
1.5. Teorías relacionadas al tema	20
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	29
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	29
2.2. Variables, operacionalización	30
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	34
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	34
2.5. Procedimientos de análisis de datos	36
2.6. Criterios éticos.....	37
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1. Resultados	38
3.2. Discusión.....	109
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
4.1. Conclusiones.....	112
4.2. Recomendaciones.....	113
REFERENCIAS	114
ANEXOS.....	101

Índice de tablas

Tabla 1: Operacionalización de la variable dependiente.....	31
Tabla 2: Operacionalización de la variable independiente.....	32
Tabla 3: Análisis para la confiabilidad.....	35
Tabla 4: Resultados de la guía de observación aplicada al departamento de mantenimiento.....	44
Tabla 5: Resultados de la entrevista aplicada al jefe del departamento de mantenimiento.....	45
Tabla 6: Registro de entregas perfectas de órdenes de mantenimiento.....	55
Tabla 7: Registro de entregas completas de órdenes de mantenimiento.....	56
Tabla 8: Detalle de los procedimientos autónomos.....	64
Tabla 9: Registro de entregas perfectas de órdenes de mantenimiento.....	93
Tabla 10: Registro de entregas completas de órdenes de mantenimiento.....	95
Tabla 11: Detalle del beneficio obtenido.....	97
Tabla 12: Detalle de costos vinculados.....	98

Índice de figuras

Figura. 1: Organigrama de la compañía.....	39
Figura. 2: Organigrama Fireno - Angloamerican – Quellaveco.....	40
Figura. 3: Flujograma proceso de mantenimiento para el sistema supresor de incendios (SSI).....	43
Figura. 4: Disposición de herramientas para gestionar el mantenimiento en el departamento.....	47
Figura. 5: Disponibilidad de programación para las labores de mantenimiento....	47
Figura. 6: Presencia de correcto nivel de productividad en el departamento.....	48
Figura. 7: Correcto tiempo de respuesta para las actividades de mantenimiento realizadas.....	49
Figura. 8: Presencia de reclamos vinculados a las atenciones del departamento.	49
Figura. 9: Presencia de supervisión en la ejecución de las labores de mantenimiento.....	50
Figura. 10: Disponibilidad de recursos provistos por la compañía.....	51
Figura. 11: Disponibilidad de capacitaciones para los colaboradores del departamento.....	51
Figura. 12: Diagrama de Ishikawa.....	53
Figura. 13: Detalle de la organización básica TPM.....	59
Figura. 14: Pasos para el desarrollo del TPM.....	62
Figura. 15: Tareas de mantenimiento preventivo incluidas.....	78
Figura. 16: Formato de orden de trabajo de mantenimiento propuesto.....	79
Figura. 17: Flujograma propuesto para aplicar el mantenimiento de calidad.....	81
Figura. 18: Propuesta de equipos de protección personal.....	86
Figura. 19: Programa de mantenimiento preventivo.....	91
Figura. 20: Cronograma general del TPM.....	92

Resumen

La investigación tuvo como objetivo general mejorar la productividad del área de mantenimiento mediante la aplicación del mantenimiento productivo total en la Minera Quellaveco. Realizado el levantamiento de información, fue constatada la necesidad de plantear la propuesta de aplicación del mantenimiento productivo total. Las técnicas ocupadas correspondieron ser la observación, entrevista, encuesta y análisis documental. Posterior al análisis inicial, se pudo afirmar que el principal problema identificado en el departamento de mantenimiento consistió ser la ausencia de aplicación de metodología específica para la ejecución de las tareas propias de mantenimiento, siendo llevado a cabo solo el mantenimiento correctivo por parte de los colaboradores, también se precisaron la falta de programación y recursos insuficientes. Aspectos que generaban el desarrollo prolongado de las actividades internas, gastos operativos elevados y averías recurrentes. La ausencia de formatos actualizados y documentación específica también fueron puntos a considerar para la mejora. Factores que, en suma, influían de manera negativa sobre la productividad del departamento. En ese sentido, se planteó como problema: ¿De qué manera la aplicación del mantenimiento productivo total permitirá mejorar la productividad del área de mantenimiento de la Minera Quellaveco? Luego del desarrollo de la propuesta planteada, la cual se basó en la aplicación del mantenimiento productivo total; fue posible precisar que, con su aplicación se logró valor final para la productividad de 78.05% (mejora de 12.56%); presentando beneficio costo de S/. 1.37.

Palabras clave: Mantenimiento Productivo Total, productividad, TPM.

Abstract

The general objective of the research was to improve the productivity of the maintenance area through the application of total productive maintenance at the Quellaveco Mining. Once the information was collected, the need to propose the application of total productive maintenance 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 lack of application of a specific methodology for the execution of maintenance tasks, with only corrective maintenance being carried out by the collaborators. , the lack of programming and insufficient resources were also pointed out. Aspects that generated the prolonged development of internal activities, high operating expenses and recurring breakdowns. The absence of updated formats and specific documentation were also points to consider for improvement. Factors that, in short, negatively influenced the productivity of the department. In that sense, the problem was posed: How will the application of total productive maintenance improve the productivity of the maintenance area of the Quellaveco Mining? After the development of the proposed proposal, which was based on the application of total productive maintenance; It was possible to specify that, with its application, a final value for productivity of 78.05% was achieved (improvement of 12.56%); presenting cost benefit of S/. 1.37.

Keywords: Productivity, Total Productive Maintenance, TPM.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente, varias empresas sin importar el segmento comercial en el que operan realizan estudios diversos con el objetivo de identificar los problemas particulares que afectan sus procesos, ya sean de producción o servicios, para luego encontrar soluciones. Es común perseguir objetivos como la eliminación de desperdicios, la mejora de procesos, la reducción de accidentes, el estudio y la reducción de tiempos, el desarrollo de planes de gestión y otros, todos con el objetivo de mejorar significativamente la eficacia, eficiencia, productividad, servicio al cliente y otros factores cuantificables que son cruciales para las empresas porque se reflejan en su beneficio económico. La metodología TPM es una herramienta lean con más trabajo y resultados positivos; ya que da prioridad a la falta de continuidad operativa de la maquinaria. Por lo general, las averías en maquinaria y equipos provocan la detención del proceso productivo o de servicios, lo cual tiene un impacto negativo en el cumplimiento de pedidos, la satisfacción del cliente y la presencia de personal en pausa laboral. Es evidente que el efecto a nivel económico es significativo, por lo que las empresas deben abordar este problema para controlarlo y reducirlo, con el objetivo de mejorar los indicadores de productividad en las empresas que lo implementen.

Internacionalmente, en Colombia, [1] al interior de otro artículo se detalla el diseño de propuesta de mejora de productividad ocupando herramientas de Lean Manufacturing, con aplicación directa del TPM y las 5S; buscando paralelamente la mejora continua para la compañía. Se pretendió eliminar retrasos, pérdidas operativas y presencias de fallos que representen paradas en el proceso de producción. Estudio de tipo descriptivo y cuantitativo. Los resultados evidenciaron que, de acuerdo a la simulación estadística, la propuesta podrá incrementar el nivel de productividad en hasta 17.00%; además de favorecer la mejora del proceso general del departamento de mantenimiento y la mejora de la cultura interna de la compañía. Se concluyó detallando que estas dos herramientas presentan solvencia en el

abordaje de la problemática particular identificada, garantizando la continuidad operativa de la maquinaria.

Sumado a ello, en Cuba [2] dentro de un artículo mencionan que como parte de las estrategias empresariales que disponen las compañías industriales, se deberá de considerar como punto relevante las estrategias de mantenimiento, en atención directa a la prevención de paradas de procesos productivos como consecuencia de la ausencia de mantenimiento para las unidades en disposición de las compañías. El cuidado y preservación de las mismas también será un valor agregado obtenido. Sin duda su aplicación podrá generar el desarrollo de actividades en forma eficiencia, consiguiendo de manera resultante la mejora en relación a la productividad del departamento de mantenimiento y de la compañía misma.

Mientras que, en México [3] mencionan que las herramientas Lean Manufacturing y Lean Six Sigma son fundamentales en la mejora continua de las compañías, con la finalidad de mejorar sus procesos, indicadores y calidad. Como caso práctico, se aborda una compañía industrial del rubro de la construcción; persiguiendo mejorar la productividad y eliminar los desperdicios presentes en los procesos. Al analizar preliminarmente la disponibilidad de los equipos y maquinaria, se pudo advertir que no era la esperada. Con el desarrollo de la propuesta basada principalmente en el TPM, se pudo conseguir garantizar la continuidad de operaciones de la maquinaria involucrada, presentando una disponibilidad adecuada en favor de los procesos gestionados por la compañía.

También en México, el estudioso [4] desarrolló un artículo en donde precisa que las herramientas de Lean Manufacturing posibilitan la mejora del desempeño a nivel operativo, trayendo consigo el incremento del nivel de productividad en las compañías. Por lo cual, existe la necesidad de modificar la cultura en las organizaciones para alcanzar resultados apropiados. Como caso particular, se realizó una propuesta de mejora en una planta industrial de maquila; siendo propuesto el TPM como solución principal en atención a la baja disponibilidad de maquinaria como resultado de fallos recurrentes en las mismas. Basados en los resultados alcanzados, se precisa que al aplicar de manera adecuada el TPM, se pudo

mejorar el nivel de disponibilidad de las unidades de la planta estudiada. Se concluye afirmando que las herramientas de LM son beneficiosas en atención a problemas de diversos contextos industriales. Como apreciación final, se mencionó que la mejora propuesta incidió en el incremento en 19.00% para la productividad en la compañía.

En Cuba, al interior de un artículo preparado por [5] indicaron que la herramienta TPM es complementada beneficiosamente por el análisis de criticidad en la identificación de fallos y prioridades de atención en el departamento de mantenimiento de compañías industriales. El TPM provee la base estructural para el correcto despliegue y programación de las tareas de mantenimiento, mientras que el análisis de criticidad determinará la prioridad de atención para las unidades y equipos considerados en el plan de gestión. La clasificación u ordenamiento dependerá de las actividades en las que intervienen las unidades. Se concluye asegurando el beneficio que generan a favor de la continuidad y disponibilidad de la maquinaria de las compañías.

En el contexto nacional, en la ciudad de Trujillo, fue realizado un estudio por [6] con el propósito de diseñar un plan de mantenimiento soportado en el mantenimiento predictivo para las unidades de transportes en una compañía de transportes y lograra la mejora de los indicadores asociados al mantenimiento. Como parte del análisis preliminar, fue realizada la valoración a siete unidades, advirtiendo disponibilidad en 89.06% y confiabilidad en 82.06%; por lo cual se determina una oportunidad de mejora, puesto que los valores no son los esperados por la compañía. Los resultados identificaron la presencia de cincuenta fallos a nivel crítico, con afectación en la continuidad operativa de las unidades. Se concluye que, al aplicar la propuesta basada en la aplicación del TPM como solución primaria, los valores para disponibilidad aumentaron hasta 98.39% y confiabilidad hasta 97.64%.

También en Trujillo, [7] precisaron en otro estudio que se propuso implementar la gestión de mantenimiento basado en TPM para una organización de servicios públicos, con la finalidad del incremento de indicadores de mantenimiento. El análisis inicial evidenció paradas de unidades prolongadas, presencia de fallos de tipo mecánico y eléctrico

recurrentes. La disponibilidad inicial fue de 40.90%, confiabilidad en 31.35% y mantenibilidad de 42.38%. Fueron aplicadas encuestas y entrevistas al interior de la compañía. Los resultados evidenciaron que, con la aplicación de la propuesta, se obtuvo disponibilidad en 89.40%, confiabilidad de 91.47% y mantenibilidad de 55.25%. Los estudiosos concluyen afirmando lo positivo que resultó la aplicación del TPM, mejorando de esta manera la productividad de la compañía en estudio.

En Lima fue preparado un estudio por [8], en donde se detalla el requerimiento de continuidad operativa de los equipos al interior de una compañía industrial del segmento minero. La propuesta plantea ocupar el TPM con la finalidad de incidir en el aumento de la disponibilidad de unidades con repercusión positiva sobre el nivel de productividad del departamento de mantenimiento. Los resultados constataron que, posterior a la ejecución de la propuesta fue posible mejorar la disponibilidad de las unidades, pasando de disponer valor de 83.00% a 94.00%; sumando a ello, la productividad se incrementó a 95.00% (mejora de 13.00%). El estudioso concluye afirmando que, tanto el incremento de disponibilidad de unidades y mejora de la productividad, fueron resultado de la adecuada implementación del TPM; lo cual fue de beneficio para la compañía minera.

Comparable a lo encontrado por [9] también en Lima, en donde se propuso la ocupación del TPM y el ERP, basado en las necesidades de la compañía industrial de alquiler de maquinaria pesada. Fueron ocupados como indicadores al MTTR, MTBF y disponibilidad operativa. Los resultados permitieron evidenciar mejoras substanciales en relación a la continuidad operativa de la maquinaria y equipos, permitiendo el incremento de la productividad; por otro lado, el ERP permitió gestionar de manera eficiente los recursos al interior del área de estudio. Se concluyó mencionando que la propuesta resultó ser de beneficio para la compañía, mejorando los indicadores de mantenimiento y ordenando los procesos internos.

Comparable a lo precisado por [10] en un estudio preparado en la ciudad de Trujillo, que tuvo por finalidad la implementación del TPM destinado a disminuir costos de

mantenimiento y mejorar la productividad para una compañía agroindustrial. Estudio pre experimental, con muestra de setenta máquinas. Se ocupó la encuesta con el propósito de diagnosticar el contexto actual del departamento de mantenimiento. Los resultados mostraron la mejora en relación a la reducción de costos de mantenimiento, sumado a ello la propuesta de TPM permitió un ordenamiento y orientación a la mejora continua para el departamento. Se concluye mencionando que la propuesta facilitó la disminución de costos y aumento de productividad (13.00%) para la compañía abordada en el estudio. Así también, los indicadores de mantenimiento mejoraron, alcanzando mejora en 1.38% (disponibilidad), 5.06% (confiabilidad) y 0.91% (mantenibilidad).

En Lima, se preparó un estudio por [11], en donde se planteó como propuesta la aplicación del mantenimiento preventivo total para lograr la mejora del nivel de productividad para una empresa industrial de servicios. La propuesta se enfocó en el mantenimiento autónomo y programado. Estudio aplicado, pre-experimental, descriptivo y cuantitativo. Dispuso de población de 56 indicadores. Posterior al desarrollo del TPM, se pudo concluir mencionando que al implementar el TPM se alcanzó el incremento del nivel de productividad (6.68%), aumentando también el cumplimiento de metas (3.75%) y optimización en relación a los recursos (3.41%).

En la ciudad de Lima, fue realizado un estudio por [12] en que se aplicó como propuesta el TPM persiguiendo el incremento de la eficiencia global de equipos para una empresa industrial del rubro de la electricidad. Estudio cuantitativo, aplicado, experimental y longitudinal. Dispuso de población de 40 máquinas. Los resultados mostraron el incremento de la disponibilidad en 17.00%, alcanzando valor final de 96.00%. Los estudiosos concluyen recomendando su implementación, ya que favorece el incremento de la disponibilidad de máquinas y paralelamente se consigue incrementar la productividad.

Comparable a lo encontrado por [13] en Lima, donde fue propuesto el TPM con la finalidad de alcanzar mejorar la calidad del servicio y el aumento de productividad para una compañía del sector industrial. Estudio aplicado, cuantitativo y pre experimental. Presentó

población de 33 máquinas. Los resultados posteriores a la implementación determinaron el incremento de la calidad del servicio pasando de disponer valor en 0,609191 hasta 0,89821. Así también, la productividad pasó de tener valor 81.00% hasta 93.00%. Concluyendo y afirmando que el TPM si contribuye a mejorar la calidad del servicio y productividad en la compañía.

En el contexto local en Chiclayo, [14] preparó un estudio con la finalidad proponer la gestión de mantenimiento para incrementar la productividad al interior de una compañía minera. Con el análisis preliminar, se pudo advertir baja disponibilidad de unidades críticas. Se identificaron fallos recurrentes que originaban costos de mantenimiento altos. Estudio descriptivo, no experimental, con población y muestra de seis máquinas. Los resultados alcanzados, evidenciaron mejora en la disponibilidad de unidades. Se concluyó constatando lo beneficioso de la propuesta TPM, logrando un impacto favorable sobre la productividad, alcanzando valor final de 91.00% (mejora del 9.00%).

También en Chiclayo, [15] preparó un estudio con la finalidad de incrementar la disponibilidad de maquinaria pesada de la compañía. La propuesta se basó en la ocupación del TPM en forma primaria. El análisis inicial advirtió problemas recurrentes como consecuencia de la ausencia de mantenimiento de tipo preventivo. Los resultados evidenciaron reducción del proceso de mantenimiento realizado, disponiendo de una calendarización específica y responsables asignados. El estudioso concluye afirmando que la disponibilidad de unidades fue mejorada en 21.00% y de manera general, la productividad obtuvo valor final en 93.00% (mejorando 11.00%) posterior a la implementación planteada.

Parecido a lo detallado por [16] en Chiclayo, en donde fue propuesto el plan de Gestión de Mantenimiento para posibilitar el incremento de la disponibilidad de maquinaria. Estudio descriptivo y no experimental. Con población de 20 colaboradores, la muestra fue de 8 colaboradores del departamento de mantenimiento y operaciones. Se ocuparon como instrumentos la guía de entrevista y cuestionario. El análisis inicial constató nivel deficiente en relación a la disponibilidad de maquinaria, ausencia de mecanismos destinados al control

y ausencia de formatos. Los estudiosos concluyen precisando que con la propuesta se mejoró la disponibilidad hasta 93.69%, el tiempo medio entre fallos se redujo a 207.81 horas y la disponibilidad promedio se incrementó a 97.38%; sumado a ello, la productividad del área mejoró hasta 95.00%, demostrando resultados de beneficio para la compañía. El factor económico fue 1.77, determinando su viabilidad y beneficio.

En la ciudad de Chiclayo [17] elaboraron un estudio con el propósito de determinar la influencia del empleo de herramientas Lean Manufacturing sobre el aumento de la productividad al interior de una compañía industrial de envases. Estudio cuantitativo y aplicado. Dispuso una población de 25 colaboradores. Se ocupó el cuestionario como instrumento. Los resultados mostraron que inicialmente la productividad presentaba valor en 56.00%, identificando la presencia de desperdicios y fallos en maquinaria. Posterior a la propuesta basada en las 5S y TPM, el nivel de productividad fue de 89.00%. El estudio concluye ratificando lo beneficioso de la ocupación de las herramientas TPM y 5S como alternativas de solución a problemáticas específicas.

Uno de los principales problemas presentes en el sector minero dentro del territorio nacional, consiste en la falta de aplicación de herramientas de mejora continua. Sumado a problemas propios de los departamentos, se constituye en problemas de mayor complejidad y que en alguno de los casos no son abordados de la manera adecuado. Una solución solvente y comprobada resulta ser el empleo del mantenimiento productivo total al interior del departamento de mantenimiento, mejorando la productividad de la misma. La empresa minera de estudio se ubica en la ciudad de Moquegua, disponiendo de actividad principal la extracción de cobre; teniendo presencia al interior del territorio patrio desde inicios del 2018, siendo gestionada en forma directa por el grupo Anglo American. La problemática principal que fue advertida dentro del área de mantenimiento consiste en la ausencia de aplicación de metodología específica para la ejecución de las tareas propias del mantenimiento, siendo llevado a cabo solo el mantenimiento correctivo por parte de los colaboradores, también la falta de programación y recursos insuficientes son puntos identificados. Aspectos que traen

consigo el desarrollo prolongado de las actividades internas, gastos operativos elevados y averías recurrentes. La ausencia de formatos actualizados y documentación específica también son puntos a considerar para la mejora. Factores que, en suma, influyen de manera negativa sobre la productividad del departamento de mantenimiento de la compañía minera.

La justificación principal acontece en cuanto al ejecutar la investigación en referencia, el nivel de productividad presentado por el departamento de mantenimiento se encontraba por debajo de lo proyectado y que se reflejaba en no disponer en forma y cantidad adecuada de maquinaria al interior de la compañía minera para el cumplimiento de sus operaciones. Dispuso de justificación teórica en cuanto fue revisada la literatura que incluía información sobre el empleo de las herramientas de Lean Manufacturing destinadas a mejorar la productividad, seleccionando teoría metodológica para abordar en forma directa la problemática advertida. Encontró justificación práctica ya que al poner en marcha el estudio se confirmó que la productividad del área de mantenimiento no cumplía con lo requerido; siendo confirmada la falta de metodología destinada al desarrollo de las labores de mantenimiento. Siendo así que, fue de vital relevancia llevar a cabo su implementación como propuesta destinada a la mejora de la productividad en el departamento de estudio. Encontró justificación metodológica al ocupar diversos instrumentos para la recolección de información durante el desarrollo del estudio en referencia, identificando problemas de impacto negativo sobre la productividad del área de mantenimiento. En ese sentido, también al proponer la aplicación del mantenimiento productivo total como solución específica, la cual mejore la productividad del área de mantenimiento de la compañía minera. Encontró justificación económica ya que, con la mejora de la problemática identificada, fue posible el incremento de la productividad del departamento de mantenimiento, reduciendo la cantidad y frecuencia de fallos e incrementando la disponibilidad de la maquinaria; generando mejora en el nivel económico para la compañía minera y también la estabilidad laboral en sus colaboradores.

La importancia de la investigación recae en la medida que, al aplicar en forma correcta el mantenimiento productivo total desencadena en disponer de maquinaria y equipos en

mejores condiciones operativas, reduciendo el porcentaje de fallas, incrementando la disponibilidad, asegurando la continuidad de los procesos y prolongando la vida útil de los mismos. Con lo cual favorece la mejora de la productividad del departamento de mantenimiento y de la compañía minera en general. Por lo cual, resultó importante llevar a cabo su desarrollo, con la finalidad de alcanzar resultados positivos en favor de la compañía.

1.2. Formulación del problema

¿La aplicación del mantenimiento productivo total permitirá mejorar la productividad del área de mantenimiento de la Minera Quellaveco – Moquegua, 2024?

1.3. Hipótesis

La aplicación del mantenimiento productivo total mejora la productividad del área de mantenimiento de la Minera Quellaveco – Moquegua, 2024.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejorar la productividad del área de mantenimiento mediante la aplicación del mantenimiento productivo total en la Minera Quellaveco – Moquegua, 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

a) Identificar la problemática que afecta la productividad del área de mantenimiento de la empresa minera.

b) Detallar la propuesta de aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad del área de mantenimiento.

c) Evaluar el beneficio costo para la propuesta de investigación.

1.5. Teorías relacionadas al tema

1.5.1. Mantenimiento Productivo Total

1.5.1.1. Definición de mantenimiento

De acuerdo a Beltrán et al. [18] es toda acción necesaria en la supervisión del estado a nivel técnico para los componentes que componen la maquinaria, equipo o instalación de tipo industrial, con el fin de lograr el nivel de calidad esperado en los procesos.

1.5.1.2. Definición de Mantenimiento Productivo Total - TPM

Castillo et al. [19] precisan que es una metodología de Lean Manufacturing. Sistema secuencia de actividades para la mejora de las empresas y que las hacen competitivas en cualquier industria.

1.5.1.3. Objetivo del TPM

López [20] precisa que los objetivos están centrados bajo tres pilares principales: objetivos a nivel estratégico, a nivel operativo y a nivel organizacional. El TPM considera todos los beneficios que se pueden obtener de su implementación.

Objetivos Estratégicos. Consiste en incrementar potencial al interior del mercado, presentando mayor eficiencia al ser comparados con otras compañías. Es por ello que resulta relevante descubrir cómo aumentar la productividad para conseguir mejor rendimiento.

Objetivos Operativos. Tiene como objetivo el incremento del rendimiento en relación a la maquinaria y equipos, descartando la presencia de fallas, evitando el desperdicio. El objetivo operativo de TPM es aumentar las diversas capacidades que puede tener una organización y las instalaciones para aumentar la eficacia y la efectividad empleándola como herramienta estratégica destinada al mantenimiento de maquinaria y equipos. El objetivo común consiste en optimar el nivel de calidad para los procesos a nivel productivo.

Objetivos Organizativos. Tiene como objetivo mejorar a los trabajadores en forma personal, creando espacios laborales favorables, fomentando el trabajo en equipo e

incrementando la motivación en el despliegue de sus funciones; alcanzando resultados favorables a la compañía.

1.5.1.4. Tipos de mantenimiento

Sánchez [21] menciona que lo relevante del mantenimiento recae en cuanto las compañías podrán disponer de continuidad operativa de las maquinaria y equipos funcionando sin problemas.

Mantenimiento correctivo. Su enfoque se encuentra centrado en reparar diversas maquinarias y equipos en cuanto acontece algún fallo específico.

Mantenimiento preventivo. Realizar evaluaciones previas a las máquinas periódicamente persiguiendo garantizar el adecuado y eficiente funcionamiento, descartando paradas como resultado de la presencia de fallos. Posibilita la planificación y programación correcta para las unidades propiedad de la compañía que puedan presentar fallas en el proceso productivo. A diferencia del mantenimiento correctivo, este tipo de mantenimiento mantiene las maquinarias en mejores condiciones, lo que mejora la producción de la empresa.

Mantenimiento predictivo. En el campo del mantenimiento, la predicción ejecuta diversos pasos sin repercusión sobre el sistema. Sin embargo, es crucial porque permite monitorear el progreso productivo de los equipos para detectar problemas y resolver el problema de por qué no se está trabajando adecuadamente. El mantenimiento predictivo permite planificar las reparaciones adecuadas descartando la interrupción de los procesos internos.

1.5.1.5. Tareas para el desarrollo del TPM

Suzuki [22] afirma que toda compañía deberá implementar herramientas a nivel estratégico para lograr los objetivos de TPM de manera efectiva y eficiente. Diversas empresas pueden elegir qué tareas llevar a cabo, pero las siguientes son las principales:

- **Mejoras orientadas**

Los equipos de proyectos interfuncionales realizan mejoras orientadas, que incluyen profesionales de la producción, colaboradores de mantenimiento y operadores. Todas las tareas son valoradas en forma minuciosa buscando disminuir pérdidas a erradicar.

- **Mantenimiento autónomo**

Característica principal del TPM. Esta práctica se originó en Estados Unidos y se llevó a cabo en Japón, lo que llevó a la división de las responsabilidades de operación y mantenimiento, lo que resultó en la pérdida de responsabilidad de los trabajadores en el manejo de los equipos y la disminución gradual de su sensibilidad hacia su mantenimiento.

- **Mantenimiento planificado**

En concordancia con el TPM, dispone de relevancia al controlar el tiempo medio entre fallos o MTBF y al ocupar la valoración para detallar recomendaciones al interior de la producción.

- **Formación y adiestramiento**

Existe la necesidad que las compañías capaciten y formen a los colaboradores para disponer de una adecuada capacidad de respuesta en el trabajo. Los colaboradores al interior de las compañías son reducidos en número, conformando grupos menores y pasado el tiempo adquieren una formación más adaptable. Por lo tanto, la capacitación debe ser parte del plan ocupado en la gestión del departamento del talento humano. Resulta esencial disponer de comprensión sobre la necesidad de capacitación y el perfil de los colaboradores en disposición.

- **Gestión anticipada de productos y equipos**

La totalidad de colaboradores del área de mantenimiento deberá de participar activamente y en forma anticipada en cuanto a la gestión de la maquinaria y equipos.

- **Mantenimiento de calidad**

Método destinado a la producción correcta desde el inicio y descartar que la maquinaria y equipos puedan fallar. Este aspecto es controlado a través de la revisión del estado de componentes que conforman las unidades.

- **TPM en áreas administrativas y de apoyo**

Estos departamentos aportaran a mantener el adecuado nivel productivo al interior de las compañías. El TPM considera tareas direccionadas por departamentos administrativos, los cuales apoyan al TPM. Sumado a ello fortalecen sus funciones incrementando los indicadores y cultura empresarial presente.

- **Gestión de seguridad y del entorno**

Consideraciones en cuanto a seguridad y también prevención del impacto ambiental negativo consisten en temática relevante para las compañías industriales. Investigaciones relacionadas a la operatividad y el análisis de fallas son excelentes métodos para abordar estos problemas. Como parte de las actividades de TPM, se promueve sistemáticamente la seguridad.

- **Mantener la implantación del TPM e incrementar el nivel**

Alcanzado el desarrollo del TPM y con la finalidad de mantener el nivel alcanzado, se deberán conformar grupos al interior de cada nivel, determinando actividades de promoción, las cuales aporten a la integración del TPM en las tareas cotidianas del departamento de mantenimiento. El enfoque destinado a la mejora continua, puntualiza la revisión permanente de objetivos, integrando desafíos nuevos en favor de la compañía.

1.5.1.6. Implementación del TPM (etapas)

Suzuki [22] indica que es fundamental crear los fundamentos de un programa TPM de manera cuidadosa y detallada. Se demandará cambios durante la implementación en cuanto la planificación sea inadecuada. La alta dirección comunica que ha tomado la decisión de

implementar el TPM y la fase de preparación comienza cuando se desarrolla el plan maestro TPM.

- **Paso 1: La alta dirección anuncia decisión de implementación del TPM**

La totalidad de colaboradores deberán de entender el motivo que origina que la compañía implemente el TPM, estando convencidos que es necesario. La industria se reorganiza debido a los aumentos de costos para materias primas y materiales. Diversas compañías implementan el TPM en la resolución de problemas internos. Dirección general deberá de tomar en consideración estos aspectos previos al anuncio de decisión de implementación del TPM.

- **Paso 2: Educación introductoria**

Es necesario entender que previo a la implementación del TPM, deberá de capacitarse a los colaboradores por ejemplo a través de seminarios en forma externa, siendo complementados con planes internos provistos por las compañías; ello, con la finalidad de garantizar el entendimiento de las particularidades del TPM y los motivos de decisión de la gerencia.

- **Paso 3: Crear una organización de promoción del TPM**

TPM es fomentado mediante la implementación de estructuras en grupos menores, siendo replicados para toda la compañía. Tanto los colaboradores como el nivel gerencia conforman los grupos de trabajo definidos. Este tipo de sistema resulta beneficiosos al momento de implementar objetivos y políticas definidos por la gerencia para la totalidad de la compañía.

- **Paso 4: Establecer políticas y objetivos TPM base**

Estas políticas deberán de conformar las políticas globales que son parte de la compañía y especificaran tareas a ejecutarse. La meta deberá de vincularse al plan estratégico definido. Por lo tanto, todos los interesados y la alta dirección deben tomar esta

decisión en función de las proyecciones a medio y largo plazo de la compañía. Con el propósito de alcanzar cumplir los objetivos, el sistema TPM debe mantenerse lo suficiente.

- **Paso 5: Diseñar un plan maestro TPM**

Con el propósito de lograr los objetivos de la metodología TPM, primero se deben decidir qué hacer y poner en práctica. El diseño de un plan maestro es crucial porque las compañías deberán de tomar en consideración decisiones orientadas a la manera de mayor eficiencia para el cumplimiento de objetivos y metas trazadas dentro del plan.

- **Paso 6: Fase de introducción: Inicio del TPM**

Como parte del "saque inicial" del Mantenimiento Productivo Total se precisa que puede ocurrir después de completar el paso anterior y aprobar el plan maestro. Con la finalidad de disponer de un escenario motivado, el inicio deberá de realizarse algunos ajustes. En naciones asiáticas, la fase introductoria reúne a los colaboradores, invitando a sus mejores clientes y contratistas. En el proceso, la alta dirección debe informar sobre los planes y el trabajo que se desarrollarán durante la fase de introducción y confirmar el compromiso de implementar TPM.

- **Paso 7: Fase de implantación**

Se desarrollan tareas destinadas al logro de objetivos precisados en el plan maestro. La secuencia y tiempo de las tareas deberán de precisarse y ser adaptables a las particularidades de la compañía. No obstante, ciertas tareas podrán llevarse a cabo de manera paralela.

- **Paso 8: Fase de consolidación**

Tiene por propósito la mejora de metas trazadas y afianzamiento del avance alcanzado. En algunos países de Asia, la primera etapa del plan TPM culmina en cuanto la compañía obtiene premiación asociada al TPM. No obstante, con la finalidad de alcanzar

variaciones para la cultura de la compañía y conseguir resultados efectivos, es necesario mantener la constancia y la permanencia.

1.5.1.7. Filosofía 5S en TPM

Salazar [23] menciona que se promueve la ocupación de buenas prácticas al interior del departamento de afectación o para la compañía en general, se conoce esta táctica o estrategia como las 5S. Cada palabra posee conceptos importantes destinados a la creación de puestos confiables y correctos para el desempeño de las tareas internas.

1.5.2. Productividad

1.5.2.1. Definición

De acuerdo a Pérez [24] afirma que, si se trata de una organización de manufactura o de ventas, involucra componentes, materiales o bienes ocupados para la ejecución de un proceso de producción. Si se trata de una compañía de servicios, toda venta utiliza los recursos consumidos en el proceso como factor común. La productividad se puede aplicar a una organización de producción o servicios. Dicho de otro modo, precisa la cantidad de unidades producidas empleando recursos o materiales al interior de un proceso.

1.5.2.2. Importancia

Bonilla [25] incide en la importancia que presenta la relación entre productividad y competitividad, en cuanto al incrementar la productividad creará ventajas competitivas a favor de las compañías. La competitividad permite a las naciones y empresas enfrentar favorablemente la competencia internacional, tanto en el ámbito nacional como global.

1.5.2.3. Medición

Gutiérrez [24] menciona que, consiste en un indicador destinado a la medición del valor para un factor productivo. Al incrementar su valor se pueden obtener resultados más eficientes. Su relevancia recae en la manera que puede medirse en contextos reales para

diversas industrias. La productividad al interior de las compañías, puede ser calculada de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos}$$

$$Productividad = \frac{Unidades producidas}{Tiempo total}$$

Podemos indicar que, es posible incrementar el valor de la productividad bajo los siguientes casos:

- Incrementar la producción ocupando los mismos o menor cantidad de recursos, implicando mejorar continuamente el sistema actual.

- Utilizando menos insumos para mantener el nivel de producción.

Las mediciones más importantes de productividad son las siguientes:

- Productividad asociada al trabajo.

- Productividad de capital.

- Productividad del empleo de materia prima.

La productividad fue definida como "el tamaño a producir es igual al deseo de producción" en un artículo de 1773. Es el resultado de la división de la producción y sus componentes requeridos. Con el paso del tiempo, la productividad ha experimentado una evolución, definiendo conceptos cada vez más precisos y acordes a la situación actual [24].

$$Productividad = Eficiencia * Eficacia$$

Siendo así que, Gutiérrez [24] precisa los componentes que forman parte del cálculo de la productividad, los cuales son detallados en lo consecutivo en la figura 1.

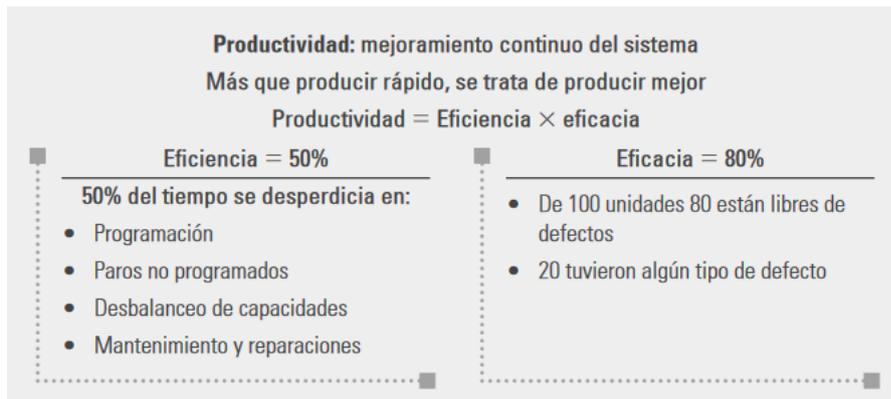


Figura 1. Calculo de la productividad

- Eficiencia: indicador que posee correlación entre los resultados obtenidos y los recursos o materiales ocupados. La eficiencia es calculada a través de la división de el tiempo útil y el tiempo total.

$$\text{Eficiencia} = \left(\frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo total}} \right)$$

- Eficacia: es asociado con la capacidad para conseguir el efecto que se desea, tal y como lo son los objetivos definidos preliminarmente bajo condiciones elaboradas con antelación. La eficacia se calcula como el resultado de la división de las unidades producidas entre el tiempo útil.

$$\text{Eficacia} = \left(\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo útil}} \right)$$

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, al ocuparse teoría del mantenimiento productivo total como herramienta de solución para la problemática que afecta al departamento de mantenimiento. La investigación aplicada se define como el uso ordenado de información específica con el objetivo de resolver problemas relacionados con el tema de estudio [28].

También fue cuantitativa, debido a que se recopiló y analizó información numérica y estadística de relación a problemas presentados en el departamento de mantenimiento de la compañía minera. La investigación cuantitativa implica la recopilación de información para verificar o rechazar hipótesis previas, así como el uso de análisis numérico estadístico para verificar la teoría [28].

Sumado a lo precisado, el estudio también fue descriptivo; al detallar en forma minuciosa los procesos y actividades internas desarrolladas en el departamento de mantenimiento de la compañía minera. Las investigaciones descriptivas detallan, registran, analizan e interpretan situaciones particulares sobre fenómenos relacionados con los estudios [28].

2.1.2. Diseño de investigación

En relación al diseño, fue no experimental; al no ser manipuladas las variables de estudio, llevando a cabo su estudio al interior del contexto estudiado y en su estado natural. Se advierte que fue estudiado en detalle los procesos del departamento de mantenimiento de la compañía de estudio. También presentó corte transversal, ya que los datos estudiados fueron en intervalos de tiempo limitados. Cuando se demuestra que las variables examinadas en el estudio no presentan manipulación, se requiere un diseño no experimental [28].

2.2. Variables, operacionalización

Variable dependiente: Productividad, se puede aplicar a una organización de producción o de servicios. Dicho de otro modo, precisa la cantidad de unidades producidas empleando recursos o materiales al interior de un proceso [24]. Además, según Gutiérrez [24], la productividad puede ser calculada dividiendo el total de unidades producidas entre el tiempo total requerido.

Variable independiente: Mantenimiento productivo total, es una metodología de Lean Manufacturing, también definido como un sistema secuencial de actividades para la mejora de las empresas y que las hacen competitivas en cualquier industria [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
Productividad	Se puede aplicar a una organización de producción o de servicios. Dicho de otro modo, precisa la cantidad de unidades producidas empleando menos recursos o materiales [24]	Indicador que expone el grado de ocupación de la totalidad de recursos para producir mayor cantidad empleando lo mismo o menos	Productividad	$Valor = \frac{Unidades\ atendidas}{Tiempo\ total}$	Ficha de registro	Numérico	Cuantitativa	Razón

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
Mantenimiento productivo total	Es una metodología de Lean Manufacturing, también definido como un sistema secuencial de actividades para la mejora de las empresas y que las hacen competitivas en cualquier industria [19]	Evaluación del TPM en el departamento de mantenimiento	Planificación	- Problemática identificada. - Planteamiento de objetivos a ejecutar.	Guía de entrevista y cuestionario de encuesta	Numérico	Cuantitativa	Razón
			Ejecución	- Ejecución del mantenimiento autónomo (cantidad de unidades atendidas). - Ejecución del mantenimiento planificado (porcentaje de disminución de averías).				
			Control	- Tareas destinadas al monitoreo y control				

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

2.3.1. Población

Estuvo compuesta por la totalidad de colaboradores, maquinaria y procesos de la minera. Una población es un conjunto de elementos que comparten características comunes [28].

2.3.2. Muestra

La muestra consiste en un subconjunto distintivo de una población que está relacionada con una investigación específica y que tiene características similares a la población seleccionada [28]. Para el presente estudio, la muestra estuvo compuesta por todos los colaboradores (18), maquinaria (14) y procesos (5) del departamento de mantenimiento.

2.3.3. Muestreo

El estudio tuvo ocupación del muestreo por conveniencia y no probabilístico, al ser una muestra pequeña y como resultado de la disponibilidad de acceso a la información requerida de la minera.

2.3.4. Criterios de selección

Criterio de inclusión: Colaboradores, maquinaria y procesos de compañías mineras, ubicadas en la ciudad de Moquegua.

Criterio de exclusión: Colaboradores, maquinaria y procesos de compañías mineras, que no se encuentran ubicadas en la ciudad de Moquegua.

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

2.4.1. Técnicas e instrumentos

Considerando las técnicas empleadas al momento de recolectar los datos e información, es precisado en forma continuada:

Entrevista. Se ejecutó la aplicación de preguntas guías, preparadas de forma antecedente para el entrevistado. Respecto al tipo, se determina que es semi cerrada. La misma, ostentó formalidad y demandó una planeación previa. Ejecutada con el propósito de conseguir el intercambio en relación a las apreciaciones e información de interés para la investigación. Se precisa que esta labor estuvo a cargo del investigador. El instrumento empleado fue la guía de entrevista, usada en forma directa para la entrevista al jefe del departamento de mantenimiento de la compañía minera, consiguiendo determinar el análisis en relación a la situación vinculada al nivel de productividad presentado por el departamento de mantenimiento de la minera. Consiste en un dialogo formal llevado a cabo por dos personas, donde son realizadas preguntas abiertas y el entrevistado, bajo criterio propio realiza las respuestas [29].

Encuesta. Fue empleado como instrumento el cuestionario, elaborado de manera previa. Requirió de análisis y planeamiento anticipado, fue de carácter formal. Ejecutado con la finalidad de evaluar la información en espacios de tiempos específicos. Esta actividad fue ejecutada por el investigador. La aplicación del cuestionario, estuvo direccionada a los trabajadores que conforman la muestra calculada, su propósito fue describir la realidad vinculada al nivel de productividad presente en el departamento de mantenimiento de la minera. Consiste en una técnica destinada a la obtención de información específica y necesaria para el estudio, siendo partícipes cierta cantidad de individuos determinados, los cuales responden a preguntas cerradas [29].

Análisis documental. Técnica que fue empleada para la revisión de la documentación provista por la empresa minera y que se encontró asociada con la los procesos y actividades del departamento de mantenimiento, así como vinculadas a los indicadores de productividad. Tiene por finalidad llevar a cabo en forma minuciosa la revisión y análisis toda documentación registrada y de interés para el estudio, persiguiendo

también conseguir datos de relación a indicadores ocupados dentro de la investigación [29].

2.4.2. Validez y confiabilidad

Alcanzado este momento se precisa que, fue llevada a cabo la evaluación de los instrumentos ocupados en el estudio por parte de tres expertos. La validez se define como la capacidad de un instrumento estadístico en particular para realizar mediciones de lo que realmente debe medirse después de haber sido utilizado por completo.

Sumado a ello, el estudio dispuso de la aplicación del alfa de Cronbach, con la finalidad de valorar a nivel estadístico la confiabilidad del instrumento ocupado y que tuvo aplicación a los trabajadores del departamento de mantenimiento de la minera. El valor resultante fue 0.852816745; determinando de esta forma ser adecuado en cuanto a la confiabilidad. Alfa de Cronbach es calculado ocupando las varianzas o correlación de los ítems. Se ocupa en la medición de relaciones para variables de una escala [29].

Tabla 3. Análisis para la confiabilidad

Parámetros	Valor
Alfa de Cronbach	0.852816745
K	10
Vi	4.64
Vt	19.96

2.5. Procedimientos de análisis de datos

En lo consecutivo se detalla el procedimiento que fue realizado para el análisis de datos vinculados al estudio. Primero, tomando en cuenta la información recopilada, se procedió a llevar a cabo el ordenamiento respectivo; información que detalló datos precisos vinculados a los procesos propios del departamento y que fueron acopiados con la

aplicación de los instrumentos precisados previamente. Luego, se hizo empleo del programa Microsoft Excel para poder procesar la información mencionada, consiguiendo de manera resultante tablas y gráficos para el mejor entendimiento de los resultados y que fueron plasmados en el estudio; acompañados de una interpretación respectiva, detallando preliminarmente las posibles causas del aspecto evaluada, así como la posible solución a las mismas.

2.6. Criterios éticos

De acuerdo a la investigación llevada a cabo, se puede determinar que incluye el sustento ético demandado, ocupando en forma específica la imparcialidad, transparencia y discreción.

Imparcialidad. Es oportuno mencionar que se llevó a cabo de manera adecuada, sin orientar una arbitrariedad negativa o positiva en relación a algún punto de vista o en general dentro de la investigación en específico. De esta forma, se suprime los análisis de otras perspectivas, deducciones u otro material con uso o empleo en la investigación.

Transparencia. En relación a los resultados alcanzados, se plasmaron al interior de la investigación de manera real y precisa. Así mismo, se practica este aspecto ético siendo claros y con el respaldo de los documentos necesarios y correctos en la etapa de transmisión de datos e información, en forma parcial o concluyente dentro de la investigación propiamente dicha.

Discreción. En específico, se ejecutó la discreción en cuanto fue necesario el acceso y manipulación a la información trascendente y sensible salvaguardando de esta forma este aspecto ético. Así mismo, al momento de adoptar una actitud de prudencia y juicio en correspondencia a las labores cercanas a la investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Diagnóstico de la empresa

3.1.1.1. Información general de la empresa

La compañía se dedica a la ejecución de labores de ingeniería, instalación y mantenimiento para sistemas destinados a la detección y supresión de sucesos relacionados a incendios al interior del segmento industrial. La compañía inició sus actividades a finales del año 2008, basándose en disponer de vínculo cercano, honesto y personalizado para la totalidad de clientes. Disponemos de experiencia y profesionalismo en la ejecución de proyectos, bajo alianzas a nivel estratégico con marcas reconocidas comercializadas, permitiendo el suministro de soluciones de garantía ocupando tecnología en disposición. La compañía, se encuentra situada en forma centralizada en Lima (Perú); persiguiendo disponer de crecimiento sustentable y también continuo, siendo reconocidos por su aporte a la sociedad, generando oportunidades de crecimiento personal y profesional para sus colaboradores.

Misión

Comercializar, diseñar, instalar y brindar mantenimiento a sistemas contra incendios, así como la recarga de extintores; ocupando estándares orientados a la calidad, seguridad y preservación del medio ambiente, persiguiendo atender en forma eficiente requerimientos específicos de parte de los clientes.

Visión

Disponer de reconocimiento por ser líder al interior del territorio nacional e internacional, atendiendo y solucionando los requerimientos de nuestros clientes, empleando estándares vinculados a calidad, seguridad y preservación del medio ambiente.

Principales clientes

Con el propósito de lograr la continuidad operativa de los clientes, brindamos servicios con presencia de calidad, disminuyendo la presencia de daños en relación a la integridad tanto de colaboradores como bienes. La cartera de clientes dispone de diversos consumidores, siendo unos de los más representativos: Repsol, Petroperú, Antamina, Cerro Verde, Barrick, Anglo American, Las Bambas, Ferreyros, entre otros.

Representación

La compañía dispone de representación y distribución dentro del país para diversas marcas, bajo la presencia de calidad y estándares a nivel internacional en relación a la protección contra incendio. Algunas de ellas son: Siemens, Fike, Mircom, Amerex, Spotter RF, Tamtron, Graco, entre otras.

Organigrama

Se precisa que al interior de la compañía de estudio se dispone de organización a nivel vertical y jerárquico, contando con departamentos para tal propósito. En lo consecutivo, se muestra la organización general de la compañía.

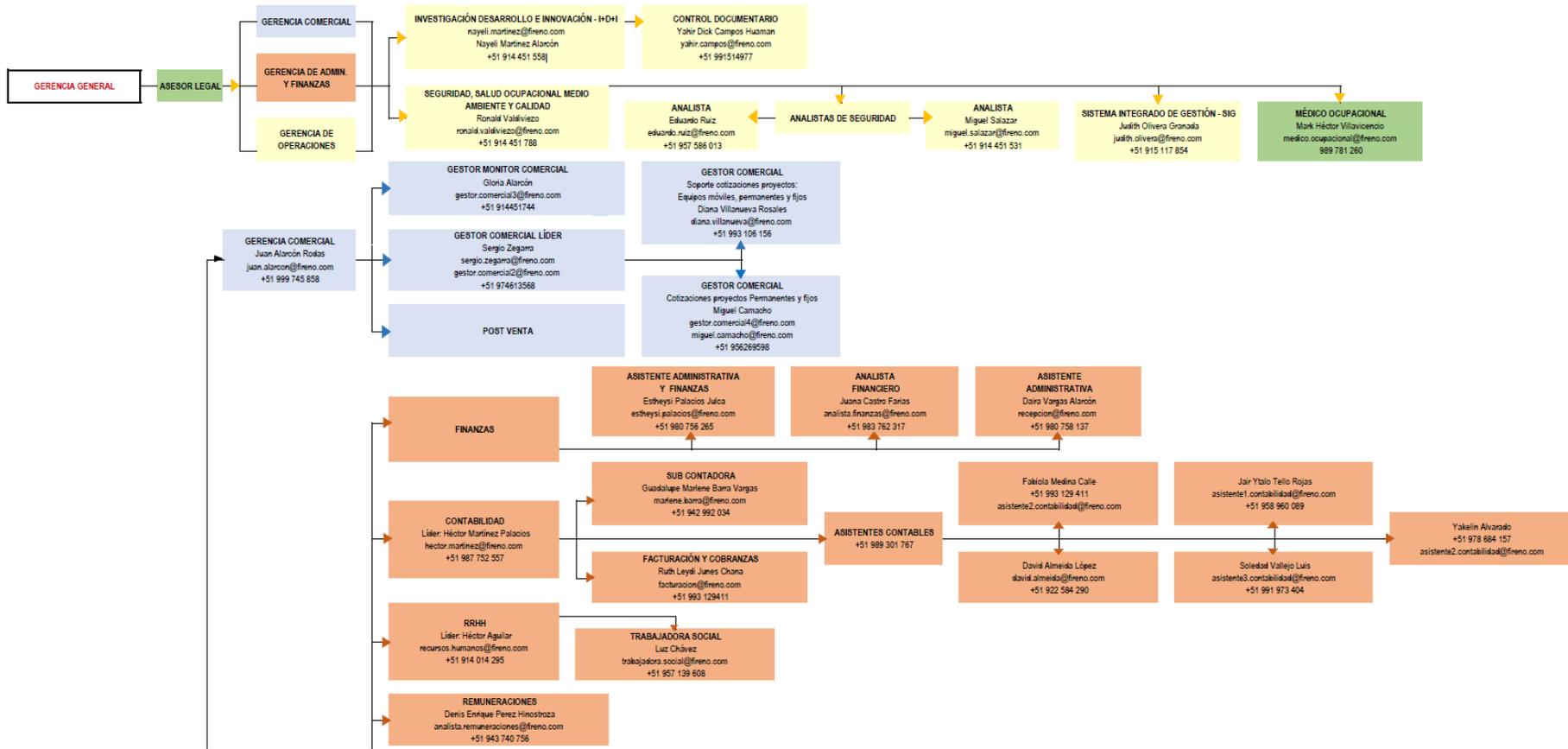


Figura 2. Organigrama de la compañía



FIRENO S.A.C.
ORGANIGRAMA
ANGLOAMERICAN QUELLAVECO

Código: FRN-FT-SGI-012
Versión: 01
Fecha: Junio de 2020
Página: 1 de 1

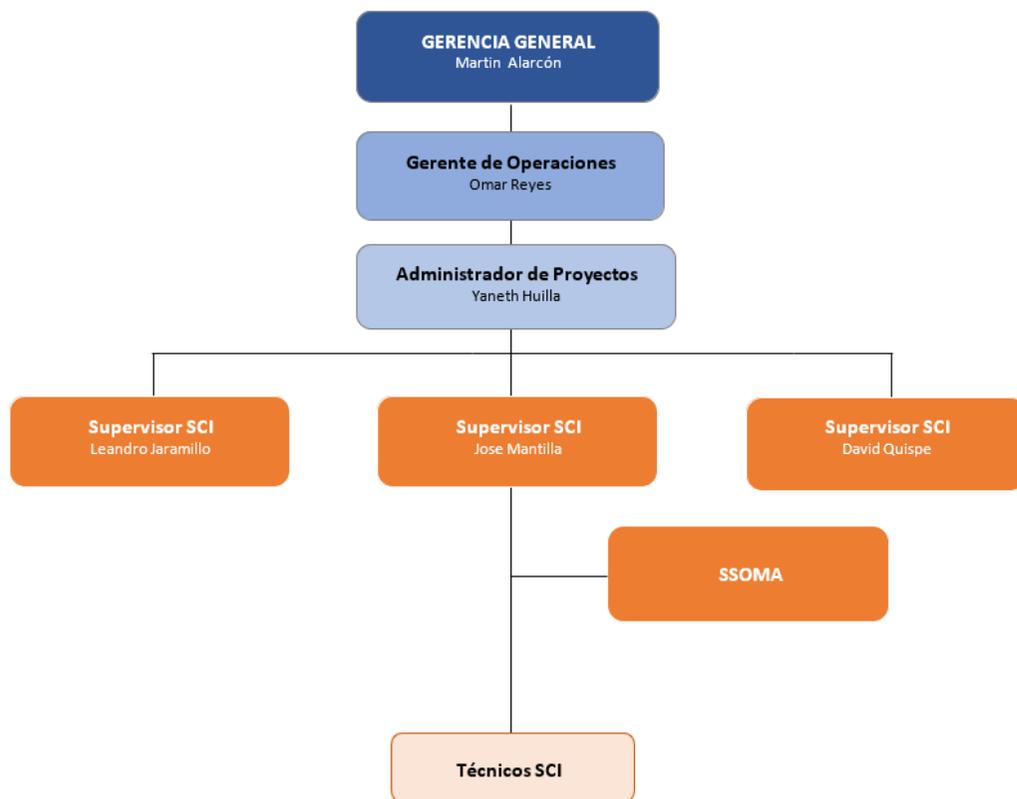


Figura 3. Organigrama Fireno - Angloamerican - Quellaveco

Servicios

La compañía dispone de vasta experiencia relacionada a los sistemas contra incendios, bajo certificación de la normatividad NFPA. Siendo especializados en aspectos de ingeniería, suministro, diseño, instalación y también mantenimiento para compañías del sector industrial. Nuestros principales servicios se orientan al diseño e ingeniería en forma especializada y de acuerdo a los requerimientos de los clientes, también a la instalación de equipos comercializados y el mantenimiento de los mismos. Sumado a ello, se complementa con el proceso de digitalización; en donde es advertida la relevancia de su disposición y complementación con la implementación de los SCI. La compañía dispone de programas destinados al registro y seguimiento, con la finalidad de disponer de adecuada información en relación a la disposición y estado para los SCI (tiempo real). Las aplicaciones de mayor ocupación para estas tareas son: FireView, FireCheck, FireX, FireSafe y FireConnect.

Productos

- Sistemas contra incendio destinados a unidades móviles.
- Sistema de supresión para incendios.
- Sistemas destinados a la detección y control de incendios.
- Extinción ocupando agentes limpios, líquidos y polvo de tipo químico.
- Comercialización de extintores de tipo portátiles.
- Instalación, recarga y mantenimiento bajo demanda.

Experiencia

Disponemos de doce años ofreciendo servicios específicos bajo la presencia de estándares y calidad. Contamos con cuatrocientos colaboradores que laboran disponiendo de ambientes de trabajo seguros y correctos. Disponemos de tres sucursales considerando territorio latinoamericano.

3.1.1.2. Descripción del proceso de mantenimiento para el sistema supresor de incendios (SSI)

Se precisa que, en el presente estudio se abordó de manera principal las unidades que disponen específicamente del Sistema AFEX Series 2000 (sistema supresor de incendios). En ese sentido, en lo consecutivo se detalla la secuencia de pasos para el desarrollo del mantenimiento en relación a este dispositivo.

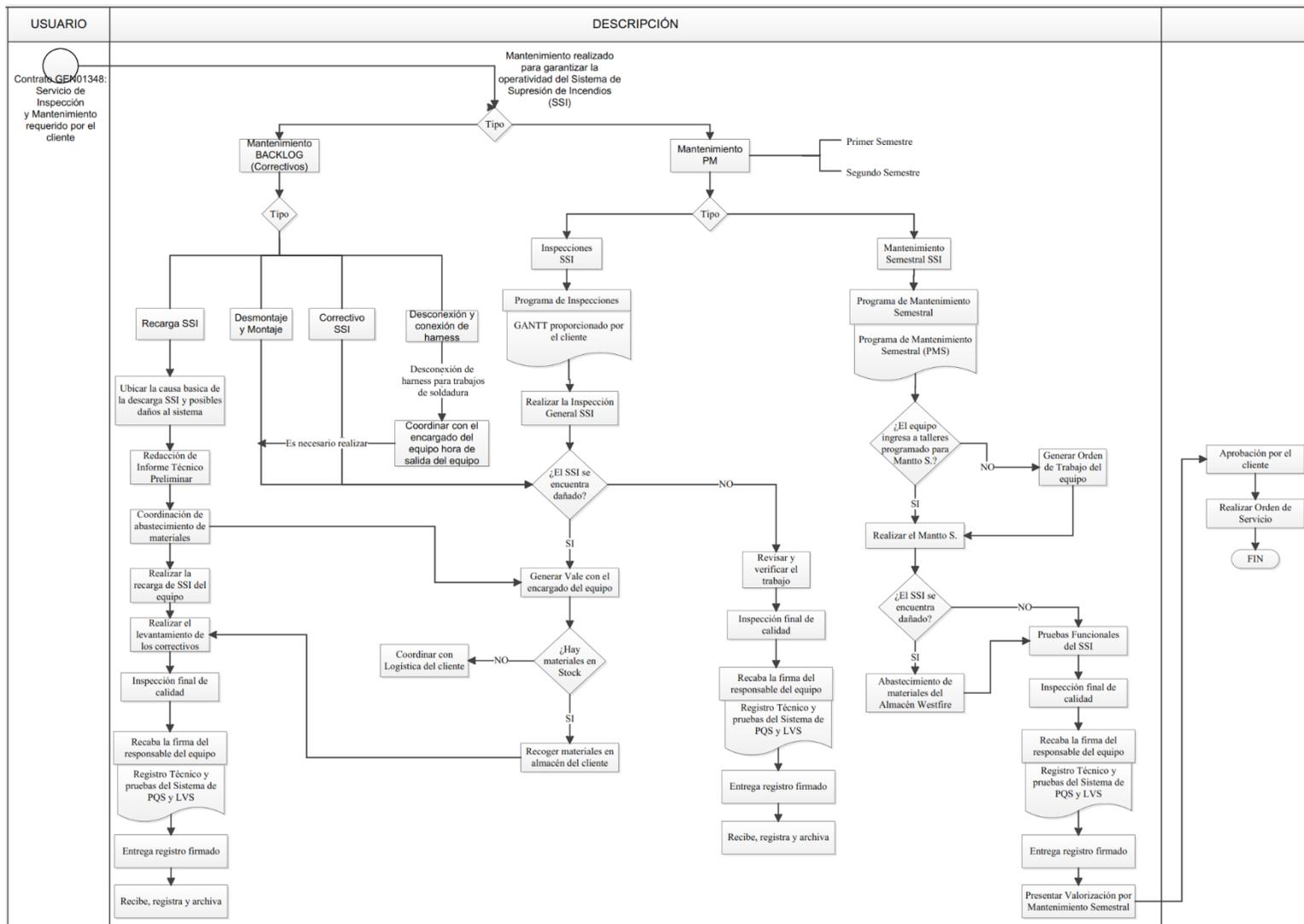


Figura 4. Flujograma proceso de mantenimiento para el sistema supresor de incendios (SSI)

3.1.1.3. Análisis de la problemática

3.1.1.3.1. Resultados de la aplicación de Instrumentos

Resultados de la guía de observación

Tabla 4. Resultados de la guía de observación aplicada al departamento de mantenimiento

GUÍA DE OBSERVACIÓN – MINERA QUELLAVECO				
ÁREA A EVALUAR:		Departamento de mantenimiento		
N°	FACTOR DE EVALUACIÓN	SI	NO	DETALLE
1	Espacio laboral aseado y ordenado		X	Se evidencian pasillos obstruidos, presencia de residuos y poca ventilación en el departamento.
2	Aplicación de mantenimiento productivo total en el departamento		X	Al corriente, no se aplica algún tipo de método o herramienta.
3	Disposición de registros de fallos en las unidades atendidas	X		Se dispone de formatos; no obstante, no se ocupan regularmente.
4	Actividades de mantenimiento son ejecutadas bajo calendarización específica		X	No existe un cronograma definido para la ejecución de las tareas. Se ejecuta bajo demanda.
5	Ubicación adecuada para materiales y recursos ocupados		X	Los elementos ocupados no presentan algún tipo de clasificación.

6	Presencia de supervisión en el desarrollo de tareas de mantenimiento	X	Existe un supervisor; sin embargo, lleva a cabo otras funciones internas en la compañía.
7	Presencia de sobre carga laboral en el departamento	X	Se evidencia acumulación de unidades y equipos por reparación.

Resultados de la entrevista al jefe del departamento de mantenimiento

Tabla 5. Resultados de la entrevista aplicada al jefe del departamento de mantenimiento

Interrogante	Respuesta
1. ¿Conoce acerca del Mantenimiento Productivo Total?	Si, aunque aspectos fundamentales; como la que precisa ser una herramienta de gestión ocupada en el departamento de mantenimiento.
2. ¿Sabe cuáles son los beneficios generados al ocupar esta herramienta en específico?	En detalle no, pero imagino que en general permitirá garantizar la continuidad operativa para las unidades del parque automotor y mejorar la productividad del departamento.
3. ¿Durante el desarrollo de las labores de mantenimiento, es ejecutado un plan en específico?	No, solo se desarrollan las actividades de acuerdo a las recomendaciones brindadas y de acuerdo a la demanda de mantenimiento correctivo presentado.
4. ¿Se dispone de supervisión para el desarrollo de las actividades de mantenimiento en la compañía minera?	En teoría si, aunque en la práctica no se lleva a cabo como es requerido. Esto sucede debido a que el responsable de estas tareas ejecuta otras actividades de manera interna en la compañía.

5. ¿Al corriente, considera No. Los últimos meses se ha podido evidenciar adecuado el nivel de productividad según los reportes y difusión la presencia de bajo generado por el departamento de nivel de productividad del departamento, motivo mantenimiento? por el cual se están llevando a cabo revisiones para identificar oportunidades de mejor y plantear soluciones al respecto.
6. ¿Las herramientas y recursos Si. La compañía trata de poner a disposición los que se ocupan durante la ejecución recursos requeridos en los tiempos adecuados de las actividades del área de para ser ocupados por cada uno de los mantenimiento son proporcionadas colaboradores en el desempeño de sus funciones en el tiempo y cantidad correcta por específicas al interior del departamento. parte de la compañía?
7. ¿Se ocupan indicadores de Si. Existen indicadores específicos que debieran medición de la productividad dentro ser medidos en forma constante. No obstante, del departamento? debido a la carga laboral presentada, en la mayoría de los casos no son ocupados.
-

Basados en los resultados conseguidos producto de la aplicación de la entrevista, es ineludible afirmar que, al momento del estudio, el departamento de mantenimiento de la compañía presenta problemas específicos y que sin duda impactan en forma negativa sobre la productividad del área en referencia.

Resultados de la encuesta al personal de mantenimiento

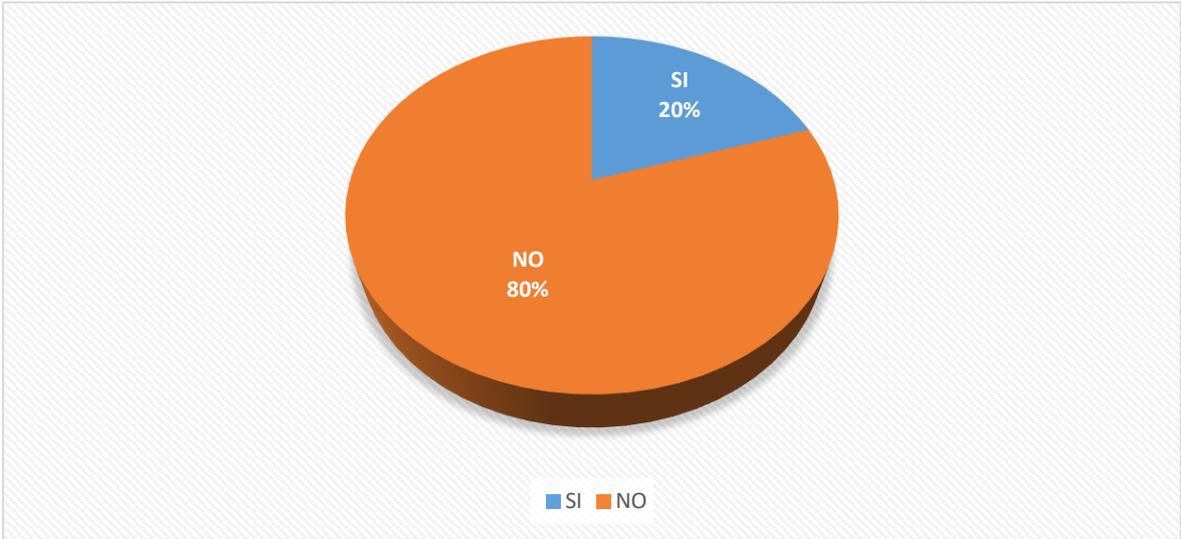


Figura 5. Disposición de herramientas para gestionar el mantenimiento en el departamento

Basados en los resultados, se puede afirmar que gran parte de los encuestados mencionaron no disponer de algún tipo de herramienta destinada a la gestión de las actividades de mantenimiento al interior del departamento. Resultado de la ejecución solo de mantenimiento de tipo correctivo. Disponer del TPM podría ser una solución solvente en la atención a esta carencia.

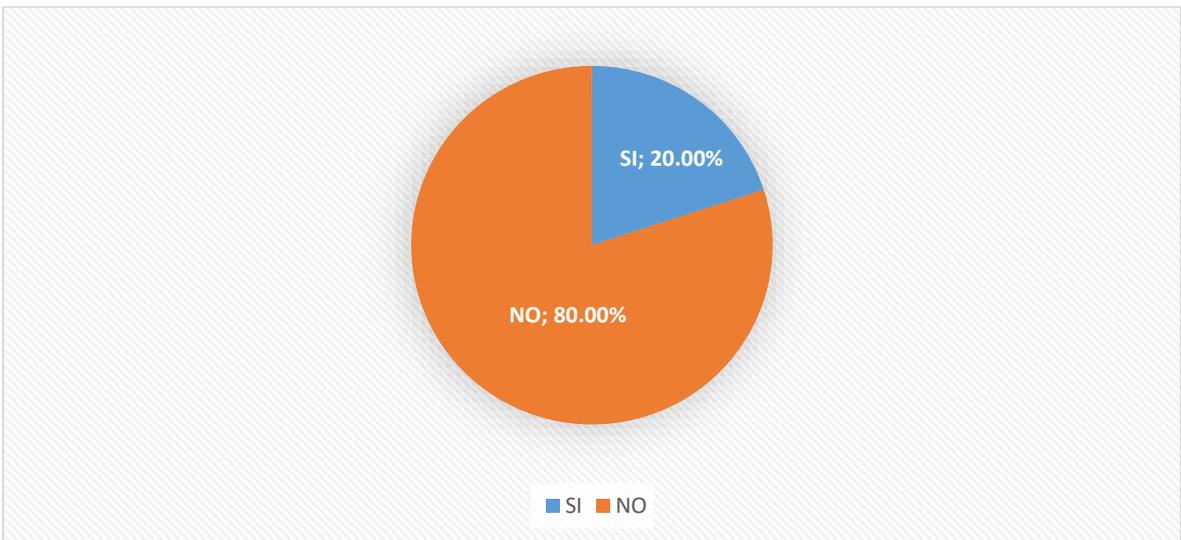


Figura 6. Disponibilidad de programación para las labores de mantenimiento

Así también, el 80.00% de encuestados manifiesta no disponer de programación o calendarización específica para desarrollar sus actividades dentro del departamento. Confirmando de esta manera que solo se ejecutan de acuerdo a solicitud. Carencia que es el resultado de la ausencia de planeamiento provisto por herramientas de gestión. La solución más adecuada puede ser la implementación del TPM en forma directa.

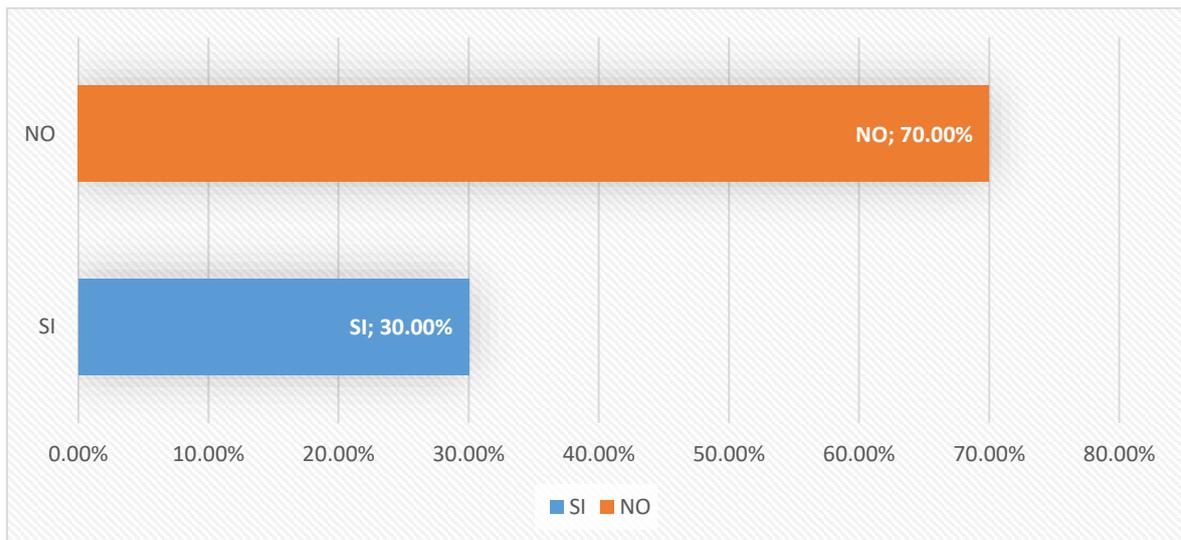


Figura 7. Presencia de correcto nivel de productividad en el departamento

Los resultados evidencian que, al momento del estudio el departamento de mantenimiento no presentaba valores esperados para el nivel de productividad. Resultado de la problemática advertida y precisada previamente, lo cual trae consigo presentar problemas de calidad en las entregas realizadas por el área. Una solución solvente podría ser la ejecución del TPM como abordaje a los problemas precisados, garantizando en cierta parte el incremento del bajo nivel dispuesto para la productividad.

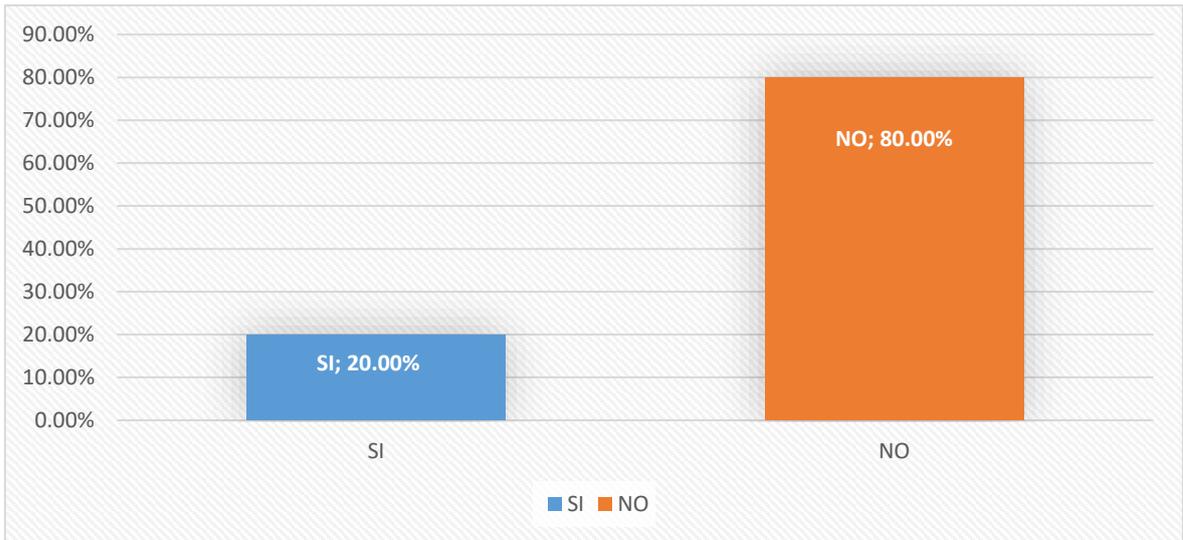


Figura 8. Correcto tiempo de respuesta para las actividades de mantenimiento realizadas

Los encuestados precisaron que, al llevar a cabo las labores de mantenimiento y como respuesta a las órdenes gestionadas, no se disponía de tiempo de respuesta adecuado y esperado. Esto debido principalmente a la alta presencia de maquinaria y equipos por mantenimiento de tipo correctivo, falta de disposición de algunos componentes y ausencia de método de trabajo definido. La propuesta de aplicación del mantenimiento productivo total, resulta ser una solución ventajosa y de provecho para la compañía minera.

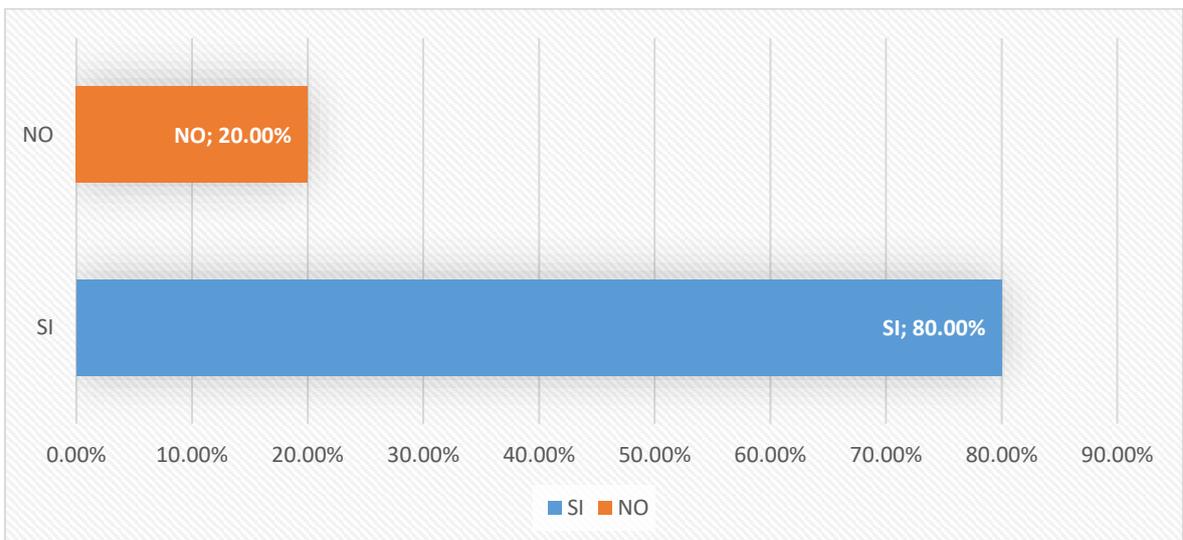


Figura 9. Presencia de reclamos vinculados a las atenciones del departamento

Una parte considerable de encuestados (80.00%) manifiesta la presencia recurrente de reclamos vinculados a problemas con la calidad de los servicios entregados por el departamento. Consecuencia probable del poco tiempo de disposición para ejecutar las labores correctivas, ya que la espera de atenciones es alta. La solución planteada y basada en el TPM posibilitará atender en forma efectiva este problema precisado.

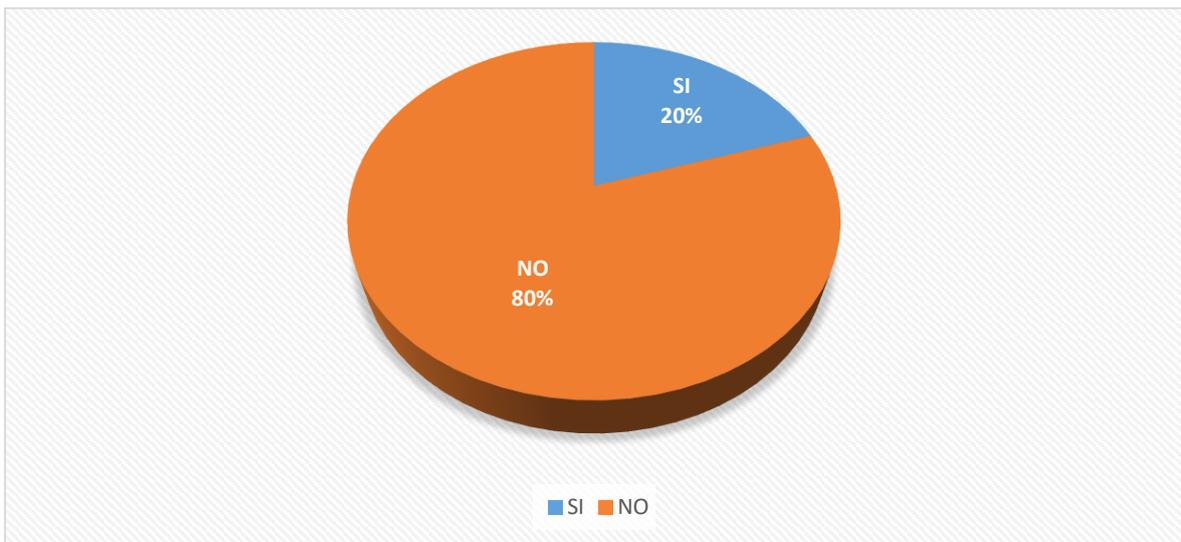


Figura 10. Presencia de supervisión en la ejecución de las labores de mantenimiento

Casi la totalidad de los encuestados, el 80.00% de ellos, realizaron la afirmación que no se disponía de la presencia de un supervisor designado para monitorear en forma efectiva las labores realizadas dentro del departamento de estudio. En ese sentido se precisa que, si se dispone de un supervisor designado por la compañía minera; no obstante, debido a la ejecución de otras actividades designadas no dispone de tiempo suficiente para llevar a cabo la ejecución de las tareas de supervisión necesarias para el departamento abordado en el estudio.

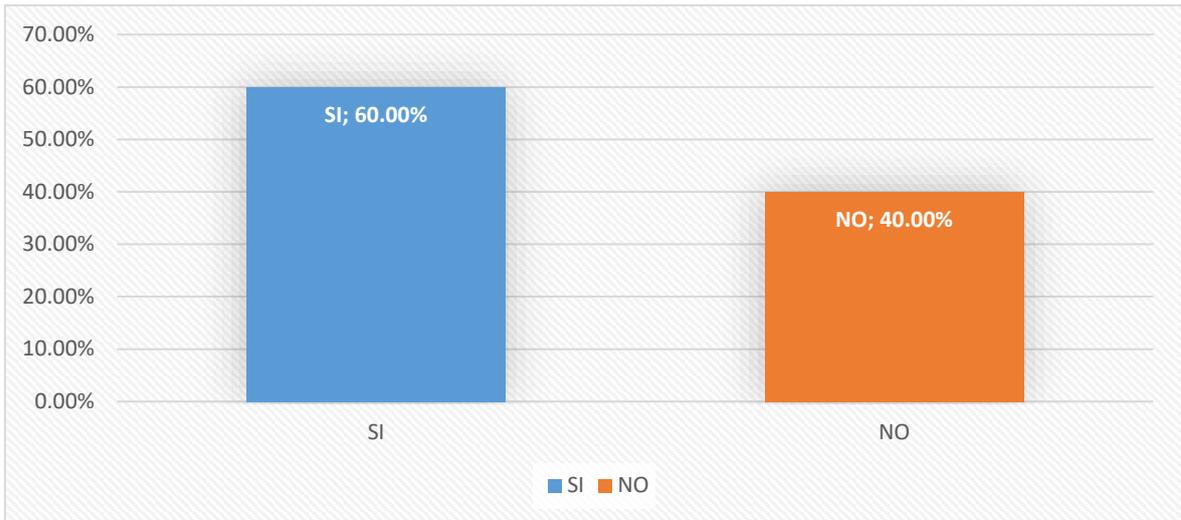


Figura 11. Disponibilidad de recursos provistos por la compañía

Otro punto evaluado en la encuesta fue valorar el nivel de disponibilidad de recursos provistos por la compañía para el desarrollo de las actividades internas del área. Con lo cual, el 60.00% de colaboradores encuestados afirmaron disponer en forma adecuada de los mismos; por otro lado, la parte restante de los mismos opinó lo opuesto. Se recomienda indagar en forma más específica acerca de las necesidades de los colaboradores, para de esta manera programar en forma más efectiva la distribución de los mismos; persiguiendo lograr el mejor desarrollo de las actividades realizadas.

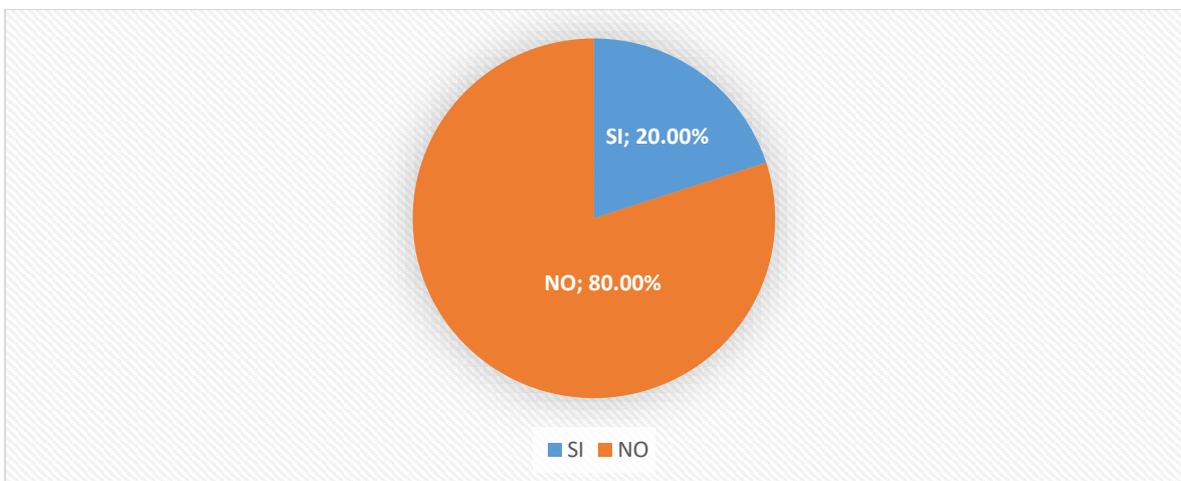


Figura 12. Disponibilidad de capacitaciones para los colaboradores del departamento

De manera final, se consultó sobre la disponibilidad de capacitaciones brindadas por la compañía de estudio en favor de los colaboradores. Advirtiéndose que, casi la totalidad de encuestados mencionó no disponer de las mismas, solo un porcentaje reducido precisó lo opuesto (el 20.00%). Resultado de la poca disposición de recursos para estas actividades y que incide en forma negativa sobre el área y la productividad misma. Se recomienda abordar esta problemática, generando compromiso de parte de la jefatura y nivel gerencial para alcanzar mejores resultados al respecto.

3.1.1.3.2. Herramienta de diagnóstico

Persiguiendo precisar en forma más específica la problemática presentada en el departamento de estudio, se ocupó como herramienta al diagrama de Ishikawa; mismo que permitió incluir en detalle aspectos relevantes que afectan la baja productividad en disposición del área y que es detallada en lo consecutivo en la figura 13.

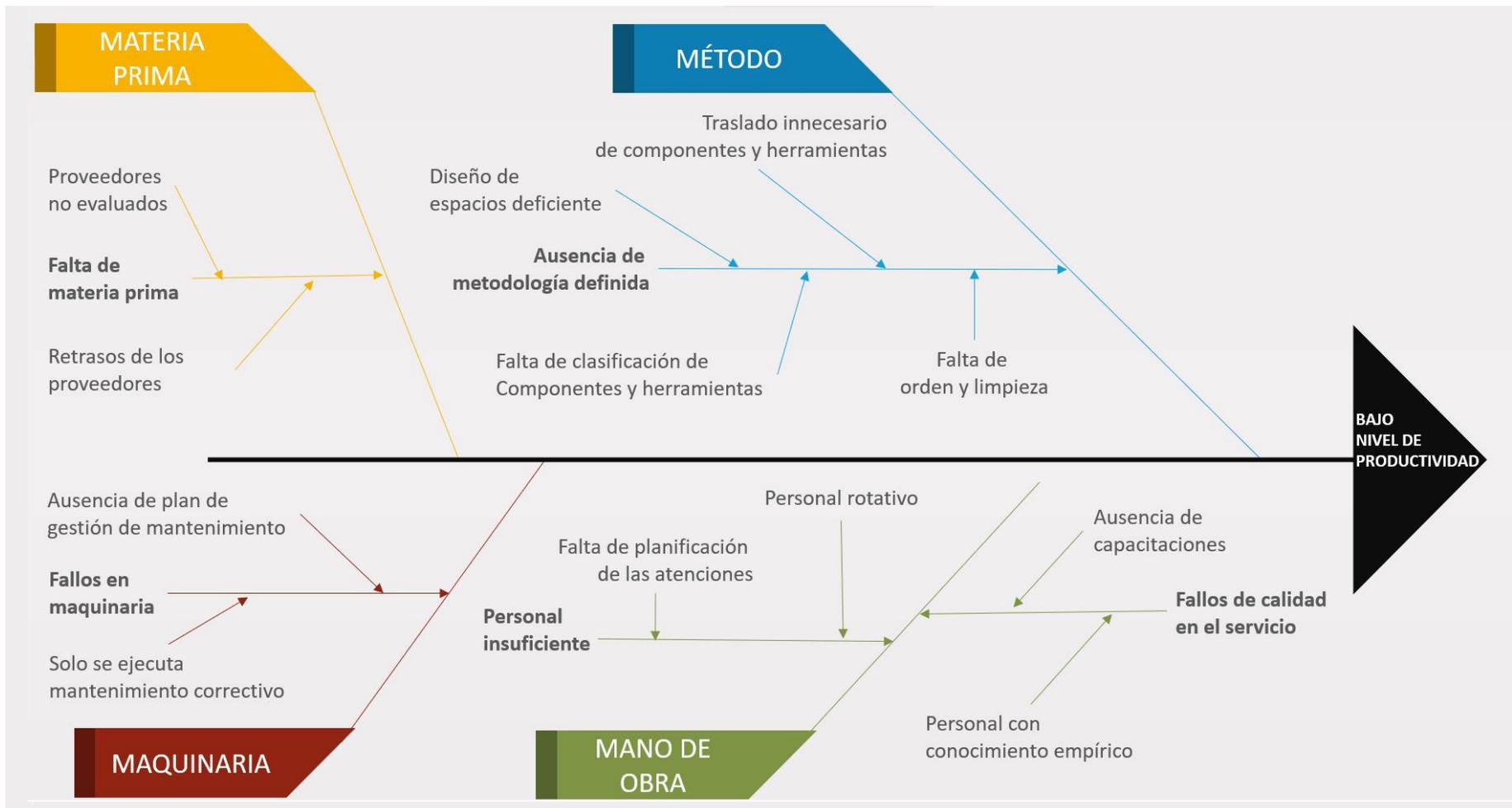


Figura 13. Diagrama de Ishikawa

Una vez aplicada la herramienta en referencia, permitió precisar problemas vinculados a la ausencia para la materia prima, consecuencia de proveedores sin evaluación, lo cual traía consigo demoras para las entregas programadas. Sumado a la ausencia de metodología definida para el desarrollo de las labores de mantenimiento, observando la presencia de diseño de espacio laboral poco favorable, traslado redundante de componentes, presencia de desorden y suciedad, ausencia de clasificación para herramientas y componentes ocupados en el trabajo. Por otro lado, el personal no era lo suficiente, debido a la ausencia de planificación de atenciones y colaboradores rotativos; fallos en la calidad del servicio prestado, por carencia de capacitaciones y solo conocimiento empírico de algunos colaboradores. De manera última, se evidenciaron fallas en la maquinaria y equipos, ya que no se disponía de gestión de mantenimiento; por el contrario, solo se llevaba a cabo mantenimiento de tipo correctivo.

De igual manera, fue posible identificar algunos costos generados como el resultado de la presencia de averías en la maquinaria específica, la cual fue objeto del presente estudio. En lo consecutivo, en la tabla 6, se detalló la cantidad referida.

Tabla 6. Registro de costos por averías de la maquinaria estudiada (antes de la solución)

N°	Unidades consideradas	Cantidad	Antes		Costo por hora	Costo total S/.
			Tiempo de paro por avería (horas/año)			
	Unidades con disposición del					
1	Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE	4	1169		28	130,928.00

Por lo cual, basados en la información recopilada, fue posible precisar que, considerando la maquinaria específica en la cual se enfocó el presente estudio (4), para todo el periodo 2022, fueron registradas 1169 horas de paro, como resultado de la presencia de averías. Lo cual, generó el gasto total de S/. 130,928.00; lo cual no fue favorable, ni beneficioso para la compañía minera de estudio; es por ello que, el presente estudio planteó una solución metodológica efectiva en su abordaje, la cual será más detallada en lo consecutivo.

Sumado a ello, con la ayuda de la herramienta VSM, fue posible analizar en detalle el contexto presentado por el departamento de mantenimiento de la compañía minera al momento de realizar el estudio; para de esta forma, identificar oportunidades de mejora que sean viables para su implementación. La figura 14, muestra en forma gráfica el VSM actual del área.

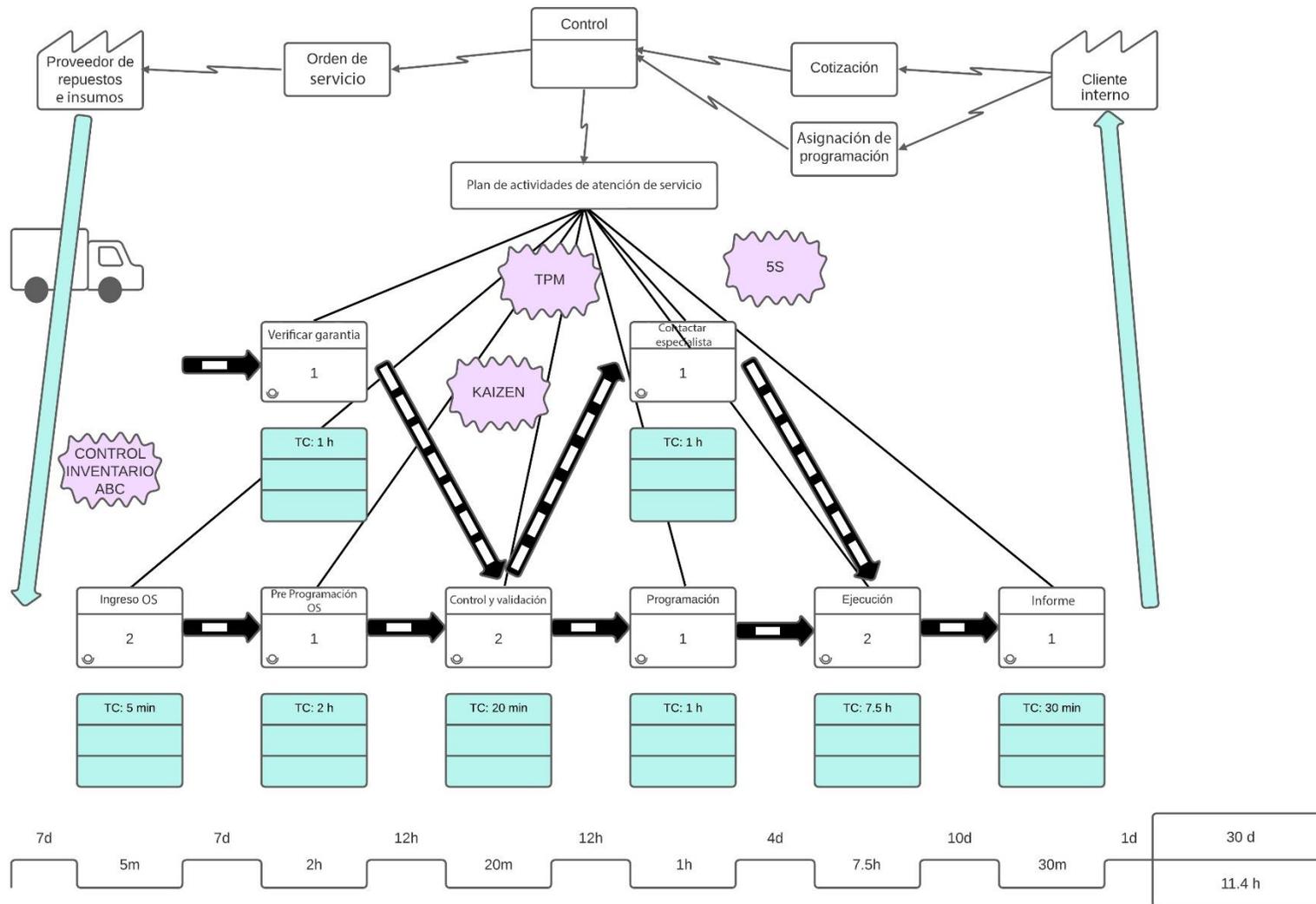


Figura 14. Mapa de flujo de valor del servicio actual del área de mantenimiento

En ese sentido, la solución planteada en el presente estudio, se direccionó a la ocupación de la gestión de mantenimiento basada en la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM); ello, en atención a la problemática identificada en el análisis preliminar del contexto presentado por la compañía minera y que busca mejorar la disponibilidad de maquinaria en la misma.

3.1.1.4. Situación actual de la productividad

Alcanzado este momento, resulta conveniente precisar que, en la presente investigación, el objetivo directo de la aplicación del TPM se encuentra direccionado a las unidades que incluyen el Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE. Para poder determinar el nivel de productividad antes del desarrollo de la propuesta de solución planteada, se ocupó un indicador específico; para de manera final valorar el nivel de productividad dispuesto por el área de estudio.

Para calcular la productividad, se empleó el cálculo determinado por [24] en relación a las unidades atendidas por el área de mantenimiento y el tiempo total invertido en la gestión de estas atenciones, siendo precisado como sigue:

$$Productividad = \left(\frac{\text{Unidades atendidas}}{\text{Tiempo total}} \right)$$

En lo consecutivo, se exponen de manera ordenada los datos provistos por el departamento de estudio y que fueron requeridos para determinar los valores asociados.

Tabla 7. Registro de órdenes de atención de mantenimiento

N°	Periodo	Número de órdenes de atención de mantenimiento ejecutadas	Tiempo total requerido (horas)
1	Enero, 2023	12	12
2	Febrero, 2023	9	17
3	Marzo, 2023	11	21
4	Abril, 2023	13	19
5	Mayo, 2023	15	23
6	Junio, 2023	14	21
	Total	74	113

Una vez conseguidas las cantidades consolidadas y sus totales respectivos, se determinó que, basados en los datos históricos, el total de órdenes de mantenimiento ejecutadas fue de 74 y el total de tiempo requerido (expresado en horas) fue de 113. Procediendo a realizar el siguiente cálculo:

$$Productividad = \frac{Unidades\ atendidas}{Tiempo\ total}$$

$$Productividad = \frac{74\ unidades}{113\ horas}$$

$$Productividad = 65.49\%$$

Después de llevar a cabo los cálculos requeridos fue posible precisar que, de acuerdo a la información histórica, fue requerido 113 horas para poder completar la

atención de 74 órdenes de atención de unidades al interior del área de mantenimiento; tomando en consideración para un total de 6 meses del año 2023; representando productividad de 65.49% para el área de estudio referida.

Es importante señalar que, los resultados obtenidos inicialmente (antes de la solución desarrollada) no fueron los esperados por la empresa de estudio; siendo el resultado directo de la ausencia de plan de mantenimiento soportado en una metodología específica. Por lo cual, fue posible advertir que, el área de estudio solo ejecutaba mantenimiento de tipo correctivo en su totalidad; lo cual, sin duda generaba retrasos en cuanto a la disponibilidad de la maquinaria de la compañía minera, como resultado de la presencia de averías recurrentes, las cuales afectaban la maquinaria en disposición de la empresa. Los resultados del análisis histórico de los valores de la productividad del área de mantenimiento, son detallados en lo consecutivo en la tabla 8 y en la figura 15.

Tabla 8. Análisis de medición de la productividad histórica del área de mantenimiento

N°	Período	Productividad obtenida	Productividad esperada	Diferencia
1	2018	57.00%	85.00%	28.00%
2	2019	55.00%	85.00%	30.00%
3	2020	58.00%	88.00%	30.00%
4	2021	62.00%	88.00%	26.00%
5	2022	61.00%	90.00%	29.00%
	Promedio	58.60%	87.20%	28.60%

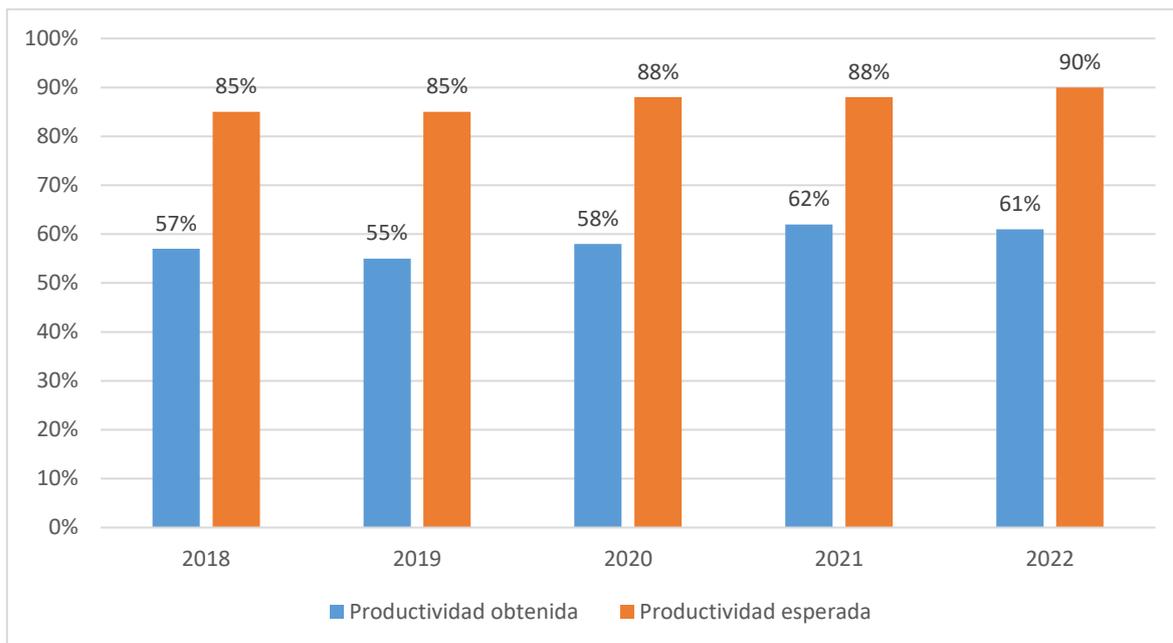


Figura 15. Análisis de medición de la productividad histórica del área de mantenimiento

Considerando los resultados obtenidos, fue posible evidenciar y demostrar la baja productividad dispuesta por el área de mantenimiento de la compañía minera; la cual correspondió a los periodos entre el 2018 y el 2022.

Sumado a ello, en forma complementaria fue calculado el valor del indicador asociado a la disponibilidad de maquinaria; para lo cual, fue analizada la información requerida, siendo determinado el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación. Así mismo, se precisó que solo fue considerada la maquinaria de la flota de camiones que disponen del Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE. En lo consecutivo, se precisa la información analizada.

- Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Buscando calcular el tiempo medio entre fallas de las unidades estudiadas, fue dividido el tiempo total entre fallas de las unidades del periodo 2022 entre el número de averías registradas para el mismo año; tal y como se precisa en la tabla 9.

Tabla 9. Registro del tiempo promedio entre fallas del periodo 2023

N°	Máquina	R	A	MTBF
		Tiempo entre fallas (horas/año)	Cantidad de averías registradas	R/A
1	MT500145-CAT-794AC-HT001	282	22	12.82
2	MT500146-CAT-794AC-HT002	291	31	9.39
3	MT500149-CAT-794AC-HT003	289	24	12.04
4	MT500150-CAT-794AC-HT004	297	33	9.00

- Tiempo medio de reparación (MTTR)

Buscando calcular el tiempo medio de reparación de la maquinaria, se dividió el tiempo total de reparaciones entre la cantidad de averías registradas.

Tabla 10. Registro del tiempo medio de reparación del periodo 2023

N°	Unidad	P	A	MTTR
		Tiempo de paro por avería (horas/año)	Cantidad de averías registradas	P/A
1	MT500145-CAT-794AC-HT001	87	22	3.95
2	MT500146-CAT-794AC-HT002	105	31	3.39
3	MT500149-CAT-794AC-HT003	89	24	3.71
4	MT500150-CAT-794AC-HT004	108	33	3.27

- Disponibilidad

A continuación, se detalla la fórmula ocupada para el cálculo de la disponibilidad de las máquinas de la compañía minera estudiada.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

En ese sentido, fueron precisados los resultados conseguidos en la tabla 11, la cual es presentada en lo consecutivo.

Tabla 11. Disponibilidad de la maquinaria antes de la propuesta

N°	Unidad	MTTR	MTBF	Disponibilidad
				MTBF/(MTBF+MTTR)
1	MT500145-CAT-794AC-HT001	3.95	12.82	0.76
2	MT500146-CAT-794AC-HT002	3.39	9.39	0.73
3	MT500149-CAT-794AC-HT003	3.71	12.04	0.76
4	MT500150-CAT-794AC-HT004	3.27	9.00	0.73
Disponibilidad promedio				0.7492

Con los resultados que fueron calculados, se precisó que, antes de la implementación de la solución propuesta, el valor de la disponibilidad de la maquinaria precisó ser 74.92%.

3.1.2. Propuesta de investigación

3.1.2.1. Fundamentación

La investigación llevada a cabo encontró fundamento en la aplicación del mantenimiento productivo total, mismo que sirvió de contribución para mejorar la productividad del departamento de mantenimiento al interior de la compañía minera.

De acuerdo a Beltrán et al. [18] es toda acción necesaria en la supervisión del estado a nivel técnico para los componentes que componen la maquinaria, equipo o instalación de tipo industrial, con el fin de lograr el nivel de calidad esperado en los procesos.

3.1.2.2. Objetivo de la propuesta

Mejorar la productividad del departamento de mantenimiento de la minera Quellaveco mediante la aplicación del mantenimiento productivo total.

3.1.2.3. Desarrollo de la propuesta

Luego de realizar la recopilación de información requerida para el estudio, se realizó el desarrollo de la propuesta basada en la aplicación del TPM para el departamento estudiado y que se detalla de manera siguiente.

Propuesta: Gestión de Mantenimiento

Etapas destinadas a la preparación

- Decisión de la aplicación del TPM

Como parte de las actividades llevadas a cabo dentro de la compañía de estudio, posibilitó precisar inconvenientes concretos, cobrando notoriedad la falta de método específico para gestionar en forma correcta las labores de mantenimiento; en ese sentido, se precisó ausencia de mantenimiento de tipo preventivo en favor de las unidades intervinientes en el estudio. Desde la perspectiva de esa problemática, fue tomada como decisión la propuesta de aplicación del TPM, abordando principalmente a las unidades que

disponen del Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE, por ser propósito del estudio llevado a cabo. Motivo por el cual, fue requerido disponer de compromiso en todo nivel de parte de los decisores de la compañía minera; proporcionando los recursos requeridos para el correcto despliegue del TPM precisado.

- Designación del comité TPM

Comités destinados a la coordinación: El propósito de la conformación de comités consiste en delegar funciones específicas bajo una organización jerárquica adecuada, limitando actividades y delegando responsabilidades. Son definidos los líderes por cada uno de los comités, precisando tareas que ejecutará el coordinador en relación al TPM.

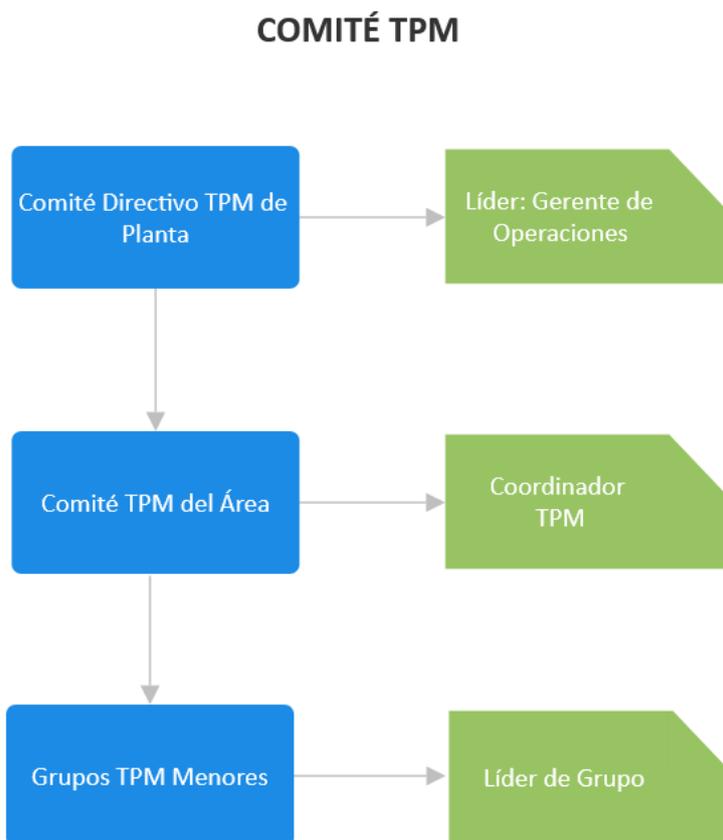


Figura 16. Detalle de la organización básica TPM

Se precisa que el líder responsable del equipo deberá de monitorear el avance en relación a las tareas designadas, programando tareas directas para cada uno de los

miembros participantes y velando por el adecuado funcionamiento del grupo. Así mismo, llevará a cabo la interacción con el coordinador TPM.

En relación a las tareas a cargo del coordinador TPM serán las de planificación, instalación del TPM, ejecución del entrenamiento generando apoyo en la formación de destrezas y habilidades, dando seguimiento progresivo y registrando el avance conseguido de parte de los participantes. Se advierte que las tareas llevadas a cabo por el comité TPM generarán una guía específica para todos los participantes, precisando objetivos, estrategias y normatividad vinculada al TPM.

Los grupos TPM menores incluirán 2 o 3 participantes, los cuales serán colaboradores directos e internos de la compañía; los cuales, a su vez, dispondrán de asesoría por parte de expertos. La conformación de estos grupos persigue descartar defectos, suprimiendo imperfecciones presentes, la interacción del equipo acontece dentro y fuera del horario laboral.

- Política y metas

En relación a las políticas, se precisa:

- Incrementar la disposición de unidades, considerando la participación activa de colaboradores de la compañía, persiguiendo el propósito de lograr la presencia de cero averías y fallas.

- Lograr grupos de trabajo altamente calificados, presentando trabajo de calidad.

- Disponer de colaboradores con capacitaciones recurrentes, destinadas a conseguir el logro correcto de los objetivos empresariales.

- Lograr que los colaboradores se involucren en las mejoras realizadas, persiguiendo siempre la mejora de la calidad en los procesos y servicios realizados.

En relación a las metas, se precisa:

- Disminuir el número de paradas de las unidades como resultado de la presencia de fallas en el 80.00%.

- Disminuir el número de paradas de las unidades como resultado de la presencia de averías complejas en el 80.00%.

- Misión y Visión del comité TPM

Son detallados estos dos aspectos fundamentales en el logro de resultados favorables para la aplicación del TPM planteado.

Misión: Aplicar de manera ordenada y correcta el TPM, por tratarse de ser un componente de la propuesta destinada a la mejora de la productividad departamento de mantenimiento de la minera.

Visión: Originar cambios tangibles y favorables al tomar en consideración la cultura interna presentada por los colaboradores, poniendo énfasis sobre los beneficios de la aplicación del TPM.

- Desarrollo TPM

Se precisa que la aplicación directa del TPM al interior del departamento de estudio, favorecerá a la mejora de la productividad y en forma general a la compañía misma. Por lo cual, el estudio planteó considerar a todas las unidades que disponen del Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE. De manera consecutiva, son precisados algunos pasos sugeridos para el adecuado desarrollo del TPM en mención.

PREPARACIÓN DEL TPM



Figura 17. Pasos para el desarrollo del TPM

Etapa del desarrollo preliminar

- Adecuación preliminar para mejorar la productividad

Dentro del departamento de mantenimiento se ejecutan tareas que persiguen mejorar el nivel de productividad dispuesto; en ese sentido, las labores llevadas a cabo deberán de encontrarse alineadas a los pilares que forman parte del TPM, generando de esta forma:

- Procedimientos para el resguardo en favor de las unidades y equipos considerados en el estudio realizado.

- Valoración de oportunidades destinadas a la optimización y mejoramiento de unidades incluidas.

- Reducción de los tiempos para las atenciones de órdenes de mantenimiento.

- Ejecución de actividades en grupo, orientadas al cumplimiento de objetivos del TPM.

- Perfección de puntos vinculados a las 5S

Durante las actividades vinculadas al análisis preliminar del contexto actual dispuesto al interior del departamento de mantenimiento, permitió precisar haber sido ejecutada en forma antecesora las 5S; empero, se identificó el requerimiento de mejora relacionado a las etapas del orden y mantención. En ese sentido, existe la necesidad de contar con el compromiso integral de la parte decisora de la compañía; con la finalidad de alcanzar resultados positivos en favor de la mejora de la productividad del departamento de estudio y en forma paralela disminuir la cantidad de mantenimiento correctivo, fallas repetidas y costos asociados.

- Ejecución del mantenimiento autónomo

Tarea que sin duda es de importancia para el cumplimiento de objetivos de la compañía minera, en cuanto al despliegue de actividades grupales con participación activa de los colaboradores. Su finalidad consiste en llevar a cabo la precisión exacta de tareas TPM, las cuales posibiliten el cuidado y continuidad operativa de unidades consideradas en el plan y que es logrado fundamentalmente al ejecutar las labores de mantenimiento de parte de los colaboradores.

Objetivo principal

Lograr la disposición de un escenario adecuado al interior del departamento de mantenimiento, en relación al desarrollo del programa formativo de los colaboradores, advirtiendo el detalle de fallas constantes y que demandan de ser reparadas en forma prioritaria. Por lo cual, desde este punto de vista, se requerirá tomar en consideración procedimientos autónomos, contando con la participación de la totalidad de colaboradores participantes. La tabla 12 precisa las tareas incluidas en este apartado.

Tabla 12. Detalle de los procedimientos autónomos

N°	Acción incluida
1	Registro primario de unidades consideradas en el plan
2	Llevar un control de los eventos comunes
3	Limpieza de frecuencia diaria
4	Precisión de daños prematuros en componentes menores y mayores
5	Reparaciones de nivel mínimo
6	Reporte detallado de inconvenientes no gestionados

Durante la ejecución de las actividades vinculadas al mantenimiento autónomo se toman en consideración la totalidad de colaboradores participantes del programa TPM, siendo compuesto de manera formal el comité en referencia. Para lo cual, son detallados algunos procedimientos estándares incluidos como parte de su puesta en marcha.

Limpieza preliminar

Buscando lograr resultados favorables, al momento de llevar a cabo esta tarea, se incidió en el fortalecimiento de temática asociada a condiciones adecuadas para la limpieza de parte de los colaboradores. El propósito último, consistió en contar con espacios de trabajo óptimos, siendo perceptible la disposición de orden, limpieza y señalizaciones adecuada ventilación; aspectos que son de beneficio directo para los colaboradores participantes.

Tareas a nivel preventivo

Se desarrollaron actividades con la finalidad de no disponer de escenarios en donde exista la presencia de factores negativos como es el caso de partículas o suciedad al interior del Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE de las unidades abordadas en la propuesta, lo cual genere afectación en el desempeño de las mismas. Desde ese punto de vista, hubo de tomarse en consideración realizar actividades destinadas a la inspección pormenorizada y visual del total de unidades incluidas en el presente estudio.

Estandarización de actividades

Luego de realizar la limpieza primaria de unidades consideradas, el grupo de colaboradores que llevan a cabo las actividades deberán de desarrollar las mismas en forma ordenada y secuencial, replicando los procedimientos incluidos; logrando de esta forma cierto nivel de estandarización en su desarrollo. Con esta premisa, al ejecutar las actividades internas, se dispondrá de mejor avance y ordenamiento para las labores

acontecidas al interior del departamento de mantenimiento; posibilitando así la mejora del nivel de productividad dispuesto.

Capacitación destinada a los colaboradores

En esta parte se recomienda disponer del presupuesto y recursos necesarios para poder ejecutar de manera óptima las capacitaciones direccionadas a los colaboradores parte de los grupos y comité TPM. Es recomendado disponer de una calendarización detallada, así como la precisión de objetivos cuantificables para poder dar seguimiento al avance logrado de manera progresiva.

Aplicación del mantenimiento autónomo a cargo de los operarios

Proceso que se orienta a la realización de las tareas de mantenimiento en forma específica, siendo llevadas a cabo dentro del departamento de mantenimiento por parte de los colaboradores involucrados.

- Ejecución del mantenimiento de tipo preventivo

Fase relevante para la aplicación del TPM, en cuanto posibilita disponer del adecuado manejo de fallas anticipadamente. Al llevar a cabo la ejecución de tareas de parte de los colaboradores, se dispondrá de eficiencia en cuanto a poder diagnosticar fallas presentes, tareas de etiquetación, numeración específica y colocación de tarjetas para unidades que presenten fallas puntuales.

Considerando la situación presentada por el departamento de estudio y persiguiendo disponer de adecuado nivel para la continuidad operativa de unidades involucradas, las cuales disponen del Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE, fue requerido precisar en forma detallada las tareas de mantenimiento preventivo de importancia, incluyendo su frecuencia de aplicación, encargado de la labor y supervisión

designada. En lo consecutivo, se presenta esta información, siendo complementada con la figura 15; la cual precisa lo aludido.

Detalle del proceso de mantenimiento preventivo a realizar

Alcance del trabajo

Se realizará trabajos de mantenimiento preventivo del Sistema Supresor de Incendio (detección, activación y supresión) AFEX, considerando las recomendaciones indicadas por el fabricante para el equipo en mención en su ficha técnica y manual.

Responsabilidades

- Supervisor de mantenimiento: Velar por el cumplimiento del presente procedimiento en coordinación con el supervisor de seguridad HSE.
- Personal técnico: Son responsables de ejecutar el presente procedimiento.

Equipos, herramientas y materiales

- Multímetro digital.
- Escalera con plataforma de cinco peldaños.
- Tapa de cartucho de nitrógeno.
- Morral porta herramienta.
- Destornilladores Estrella.
- Destornillador plano.
- Perillero plano y estrella.
- Llave francesa de 12".
- Alicata pico de loro.
- Llaves mixtas 19", 11/16", 5/8", 9/16, 1/2".
- Alicata pinza.

- Alicate de corte.
- Prensador deutsch.
- Pinza de bloqueo.

Equipos EPP's para el mantenimiento preventivo

- Casco de seguridad.
- Lentes de seguridad claros (MSA, ANSI Z87.1).
- Lentes de seguridad oscuros (MSA, ANSI Z87.1).
- Overol de trabajo (DRILL/TERMICO WETTEX).
- Chaleco con cinta reflexiva (FLOURETEX, ANSI/SEA 107-2010).
- Arnés de seguridad con bloque retráctil, Acerada (ANSI/ASEE Z359.11-2014).
- Guantes anti corte (Hyflex, ANSI CUT3 - EN388).
- Guantes quirúrgicos (KIMBERLY CLARK, ASTM D5115).
- Zapatos de seguridad dieléctricos.
- Tapones auditivos (3M, ANSI S3.19).
- Barbiquejo (MSA, ANSI S3.19-1974 CSA, CLASE A EN352).
- Tyvek (KIMBERLY CLARK, CE0120 ISO13982-1:2004, EN1149-1:1995).
- Respirador de media cara con filtro para polvo.
- Mascarilla KN95.

Requerimiento de personal

- Supervisor de Mantenimiento.
- Técnicos de Mantenimiento del SSI.

Restricciones específicas

- No se iniciará ninguna actividad sin el IPERC de la tarea y PETS aprobados y difusión, si la actividad por realizar no cuenta con PETS se realizará el llenado del ATS e IPERC.

- El ingreso al área de trabajo sin autorización de supervisión, estará restringido, delimitando y señalizando previamente el área. El ingreso solo será autorizado de ser requerido por el supervisor encargado de los trabajos.

- Antes del ingreso al equipo se aplicará el procedimiento de aislamiento, bloqueo y señalización.

- Toda actividad realizada a más de 1.80 m. de altura con relación al suelo, independientemente de su duración, será considerada como un trabajo en altura, detallándola en el IPERC en la evaluación de la tarea e implementando un sistema de protección o restricción contra caídas para su desarrollo.

- No realizar trabajos sin contar con las firmas de autorización en (IPERC/JSA/PETAR).

- No realizar trabajos durante tormentas eléctricas (alerta naranja/roja).

- No se realizará el trabajo si el personal desconoce el PETS de la tarea a realizar.

- No usar ninguna herramienta manual o eléctrica que presente desperfectos.

- Los trabajos serán suspendidos ante cualquier desviación de riesgos.

- El personal debe de tener conocimiento sobre las medidas de prevención del SARS-CoV-2 / COVID-19.

- No operar equipos móviles sin contar con el permiso de autorización y acreditación de documentos de manejo (licencia interna).

Detalle de actividades

Traslado del personal a la ubicación del equipo

- Conducción y estacionamiento de camioneta interior y exterior de mina AAQ, parqueo en zonas autorizadas, Estacionar la unidad en zona segura debidamente parqueado, colocar conos y tacos de seguridad en caso se requiera.

- Contar con todos los cursos, fotocheck y permisos para ingreso a operaciones y zona de autonomía, contar con: A-stop, Site awareness y TAG.

- Mantener distancia social con las personas involucradas en el trabajo (trabajos en paralelo) para evitar el contagio de covid-19.

- En caso el trabajo se realice en taller Truck Shop transitar por accesos peatonales debidamente delimitadas.

Ingreso al área de trabajo

- Solicitar autorización de ingreso al equipo al Supervisor AAQ y Supervisor responsable del equipo (FESA, Etc.), coordinar trabajos con líder responsable del equipo.

- Coordinar actividades con los Supervisores de empresas Contratistas en caso de trabajos en paralelo, tomar en consideración trabajos críticos.

- Inspección visual del área; estas deben estar limpio y ordenado (libre de obstáculos).

- Delimitar el área de trabajo si existe un riesgo de seguridad.

- El personal debe conocer la ubicación del punto de refugio en caso de tormentas eléctricas.

- Paralizar los trabajos en caso de alerta roja y dirigirse a refugios contra tormentas.

Bloquear con su candado personal la caja de bloqueo grupal o pinza de bloqueo en el equipo intervenido

- Coordinar con los Supervisores a cargo del equipo sobre la identificación y aislamiento de la fuente de energía para ejecutar el procedimiento de bloqueo y etiquetado.

- Bloqueo y etiquetado en el switch principal o caja de bloqueo grupal y delimitación del área de trabajo con conos y barreras.

- Bloqueo y etiquetado en el switch principal o caja de bloqueo grupal por el líder de bloqueo (candado negro) seguidamente por el grupo de trabajo (candado rojo), delimitación del área de trabajo con conos y barreras.

Sistema Afex

Deshabilitación del sistema automático en la unidad de control

- Retire el cartucho de nitrógeno de 01 oz del Mecanismo de Disparo.
- Revise el estado de la punta del vástago de activación y sello del cartucho de nitrógeno.

- Si evidencia algún daño en algún componente realizar el cambio respectivo (realizar cambio de componente anual).

- Ubicar el actuador eléctrico, desconecte el conector deutsch e inspecciónelos.

- Silenciar la unidad de control.

- Colocar bocina de prueba en reemplazo del actuador eléctrico.

- Reinstalar el cartucho de nitrógeno de 01 oz del mecanismo de disparo.

- Colocar tarjeta de deshabilitación del SSI, en caso el equipo quede a cargo de otro contratista.

Intervención en la Unidad de Control

- Revisión en display de historial.

- Revisión en display del estado de la línea de detección #01 y/o #02.

- Revisión en display del estado del actuador eléctrico.

- Revisión en display del voltaje de la batería interna de la unidad de control.

- Revisión en display del voltaje de la batería externa a la unidad de control.

- Prueba de botones y Led's de módulo de control.

- Con un multímetro comprobar el voltaje de 24 VDC y revisar valor de resistencia de fin de línea en conectores deutsch.

- Verificar condición de fusibles, porta fusibles y terminales tipo ojal.

- Realizar cambio de componente anual.

Inspección y pruebas de funcionamiento del sistema de integración Minestar

- Realizar prueba de activación en el relé de problema y alarma para evidenciar funcionamiento del Box de autonomía.

- Verificar en el Box de autonomía condición de relés, borneras y alimentación de la misma.

Mantenimiento del Sistema de Detección

- Inspeccionar el cable de detección lineal o de interconexión de detectores térmicos, protectores del cable y abrazaderas.

- Si identifica daños en alguno de estos componentes, realizar el cambio respectivo (realizar cambio de componente anual).

- Inspeccione parte externa de los detectores térmicos, en caso se observe alguno daño proceda a cambiarlo.

- Revisar parte interna de los detectores, si encuentra humedad en sus conexiones proceder a su secado y/o cambio respectivo.

Mantenimiento de la línea de Activación

- Retirar la(s) botella(s) de nitrógeno de 01 oz de (los) actuador(es) remoto(s).

- Revisar condición de la rosca de los actuadores, retirar el vástago y lubricarlo.

- Si los actuadores presentan desgaste o deformaciones realizar el cambio respectivo (realizar cambio de componente cada 5 años).

- Reinstalar botella de nitrógeno del actuador remoto.

- Revisar todas las líneas de las mangueras de $\frac{1}{4}$ "y sus componentes asegurando que estén en buen estado.

- Cambiar las mangueras y/o componentes de ser necesario (realizar cambio de componente cada 5 años).

Mantenimiento de las líneas de presurización y distribución

- Revisar condición de las botellas de nitrógeno de 10, 15, 23 o 55 Oz en los actuadores esclavos.

- Cambiar las botellas de nitrógeno en caso se encuentren golpeadas / dañadas (realizar cambio de componente cada 5 años).

- Revisar el montaje de los actuadores esclavos y de sus componentes: bases, codos, válvulas de retención, tees, niples, etc.

- Revisión de tanques de agente PQS y/o LVS, verificar el estado de los agentes, de las bases, abrazaderas y pernos de sujeción.

- Revisar todas las líneas de mangueras de $\frac{3}{4}$ "asegurando que estén en buen estado.

- Cambiar las mangueras y/o abrazaderas de ser necesario (realizar cambio de componente cada 5 años).

- Verificar condición de los blocks de distribución, tuberías y boquillas de descarga.

- Realizar ajustes en los pernos de sujeción, en los soportes en toda la extensión del sistema.

Mantenimiento de extintores con cartucho adosado

- Verificar que el extintor esté libre de Obstáculos 1 m2 de donde está instalado y que se encuentre visible (Mantener orden y limpieza).

- Realizar limpieza con WD40. (Se deberá contar con la MSDS del producto químico) Uso de EPP's (lentes y guantes de seguridad).

- Verificar que las instrucciones de operación del equipo sean visibles y legibles.
- Verificar que tenga su precinto de seguridad, tarjeta de inspección, sticker de mantenimiento y de prueba hidrostática.
- Verificar que el extintor no tenga ningún daño (golpes, protectores dañados, boquillas dañadas, que no presente corrosión).
- Se retirará la manguera para verificar que el pitón de descarga no esté bloqueado, tapado u obstruido con PQS.
- Verificará que el sello protector el cartucho de CO2 visualizando no esté perforado.
- Verificación del rotulado de extintor, numeración y ubicación exacta en la zona.
- Realizar el llenado de tarjeta de inspección (Iniciales de Nombre y Apellido, Fecha de inspección y observación si la tuviera).
- Si existiera alguna observación en los puntos anteriores realizar el cambio de extintor (realizar cambio de componente cada 05 años).

Sistema Fike

Deshabilitación del sistema supresor de incendio Fike

- Deshabilitar las zonas de descarga del agente limpio a través del switch de mantenimiento para evitar una falsa descarga.
- Retiro de Dispositivo de Activación de descarga del Agente FM-200 (IVO), para evitar falsas descargas del mismo.

Mantenimiento de panel de control CHEETAH XI

- Verificar el Estado de panel y sus componentes; que no haya golpes, rajaduras, pintura, oxido del panel, etc.
- Registrar La capacidad de las baterías y verificar la fecha de instalación.
- Verificar el led AC POWER, si se encuentra encendido y el resto apagado.
- El Display del panel opera, no es esta golpeado, apagado, u otra anomalía "física".

- Verificar La fecha y hora correctas, si no son correctas, actualizarlas en el momento.

- Verificar La señal audible del panel opera, presionando la tecla Reset.

- Verificar si los terminales y conexiones eléctricas del Panel no están sulfatados, desconectados o presenten algún daño físico.

- Verificar el funcionamiento de todos los leds del panel, presionando la tecla Reset.

- Verificar los Fusibles del Panel son los adecuados.

Mantenimiento de dispositivos de detección y activación

- Verificar el estado físico de las Estaciones Manuales.

- Verificar si presenta daño físico tanto en la estación manual y la tubería.

- Verificar si se encuentra manipulada o activada.

- Verificar el estado físico de los dispositivos de Detección (cable detector, detector de temperatura).

- Verificar estado de detector, golpeado, pintado, etc.

- Cualquier daño a los componentes, proceder al cambio (realizar cambio de componente anual).

Mantenimiento de dispositivos de alarma audio y visual

- Inspeccionar el montaje de cada dispositivo audio/visual.

- Revisar componentes sueltos o dañados, límpielos con una brocha y asegure que las conexiones no estén sueltas o cables dañados.

- Verificar el estado físico de los dispositivos de Notificación (campana, sirena, luz estroboscópica).

- Cualquier daño a los componentes, proceder al cambio (realizar cambio de componente cada 5 años).

Mantenimiento módulos y dispositivos periféricos

- Revisar cada módulo y dispositivo por daños o componentes sueltos.
- Revisar las conexiones y con la herramienta adecuada ajuste.
- Limpiar con una brocha, si requiere soplar hágalo a distancia con un soplador de aire.
- No se deberá utilizar nunca líquido para limpiar los contactos.
- Verificar el estado físico de los módulos del sistema (módulo de control y relay).
- Verificar el color del led del sí es verde y/o rojo es que se encuentra en estado normal parpadeando.
- Verificar estado de modulo y dispositivos periféricos, golpeado, pintado, etc.
- Cualquier daño a los componentes, proceder al cambio (realizar cambio de componente anual).

Mantenimiento de red de distribución del agente y supresión de incendio

- Revisar las cañerías y mangueras por daños físico y montaje, asegúrese de que todas las abrazaderas estén instaladas y firmes.
- Direccionar las boquillas, dispersores si están desviados de los puntos o áreas de supresión al cual está protegiendo.
- Verificar si el área cuenta con avisos que indique sistema de Extinción a Base Gas y Alarma (estaciones manuales, sirenas y luces).
- Verificar el estado físico como oxido o rajaduras de los tanques, manómetros y soportes.
- Verificar si los tanques cuentan con placa de datos y están legibles.
- Verificar el estado físico y la dirección de las boquillas que estén libres de pintura, libres de obstrucciones, etc.

- Verificar el estado físico de los accesorios: (conexiones, manguera, uniones, tuberías), que no presenten golpes, deterioro, etc.

Pruebas funcionales y habilitación del sistema supresor de incendio Fike

- Verificar que cada componente intervenido quede correctamente y conectado.
- Realizar la limpieza de ser necesario.
- Asegúrese que todavía el iniciador o (IVO) están fuera o desconectadas de los cilindros.
- Energizar panel, Revisar las indicaciones del panel y corrija cualquier problema antes de continuar.
- Verificar que todas las señales lleguen al panel y los mensajes o códigos de diagnósticos correspondan a la entrada activada.
- Verificar que todos los dispositivos de alarma audio/visuales entren en condición de alarma. Puede silenciar si es necesario.
- Volver los dispositivos manuales a su estado de reposo.
- Resetear el panel, compruebe que no exista ninguna alarma activa durante unos 3 minutos y quitar energía.
- Conecte nuevamente el iniciador o IVO.
- Volver a energizar el panel de control y habilitar el switch de mantenimiento (switch enable)

Residuos sólidos

La generación de residuos sólidos como productos del mantenimiento del sistema supresor de incendios tal como residuos plásticos, metálicos, generales, deben ser segregados correctamente.

Desbloquear candado personal de la caja de bloqueo grupal o pinza de bloqueo en el equipo intervenido

Coordinar con los Supervisores y/o líderes a cargo del equipo sobre retiro del bloqueo y etiquetado en el switch principal o caja de bloqueo grupal y de la delimitación del área de trabajo con conos y barreras.

Retiro del área de trabajo

Conducción y estacionamiento de camioneta a oficina.

Nº	TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FRECUENCIA DE EJECUCIÓN	REALIZADO POR	SUPERVISADO POR
1	Deshabilitación del sistema automático en la unidad de control	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
2	Intervención en la Unidad de Control	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
3	Inspección y pruebas de funcionamiento del sistema de integración Minestar	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
4	Mantenimiento del Sistema de Detección	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
5	Mantenimiento de la línea de Activación	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
6	Mantenimiento de las líneas de presurización y distribución	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
7	Mantenimiento de extintores con cartucho adosado	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
8	Deshabilitación del sistema supresor de incendio Fike	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
9	Mantenimiento de panel de control CHEETAH XI	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
10	Mantenimiento de dispositivos de detección y activación	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
11	Mantenimiento de dispositivos de alarma audio y visual	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
12	Mantenimiento módulos y dispositivos periféricos	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
13	Mantenimiento de red de distribución del agente y supresión de incendio	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento
14	Pruebas funcionales y habilitación del sistema supresor de incendio Fike	Mensual a cada equipo	Técnico líder, eléctrico y mecánico	Supervisor del departamento

Figura 18. Tareas de mantenimiento preventivo incluidas

Fase de aplicación

- Mantenimiento de calidad

La actividad es crucial durante la fase de implementación porque ayudará a mantener correctamente las condiciones establecidas, concentrando todos los esfuerzos en mantener el nivel de calidad ya logrado y que se brinda a cada uno de los clientes internos.

Propósito principal

Bajo la ejecución eficiente de las tareas de mantenimiento, se requiere especificar en detalle las actividades de prevención. El flujograma fue utilizado como herramienta de apoyo para ilustrar el proceso sugerido. Tiene como objetivo implementar el mantenimiento de calidad en todos los procesos involucrados y es presentado seguidamente en la figura 20.

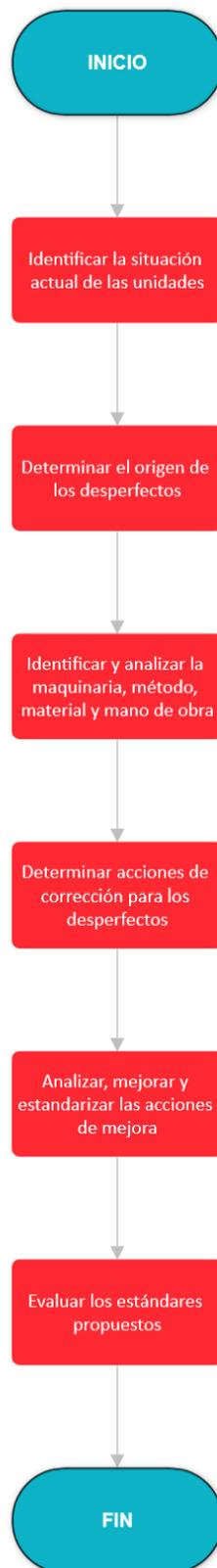


Figura 20. Flujograma propuesto para aplicar el mantenimiento de calidad

Sin duda, el uso del flujograma contribuyó visualmente al análisis y definición del pilar del mantenimiento de calidad. Así también, se advierte que se ocupan varias herramientas dentro del sistema con el objetivo de cumplir con las normas ISO.

ISO 9004-2018

El objetivo es administrar la calidad y utilizarla para mejorar las actividades internas, aumentando la eficacia, eficiencia y productividad. La ISO 9004:2018 establece:

- Determine las fallas de alto impacto que están relacionadas con la gestión de calidad y las analice el departamento correspondiente.
- Precise claramente los mecanismos y elementos relevantes para el logro positivo de los objetivos trazados.
- Verifique toda la información sobre la producción.
- Defina y detalle las actividades fundamentales para aumentar los objetivos y optimizar las tareas de mantenimiento.

Requisitos y documentos para ISO 9004:2018

- Formas asociadas a la documentación incluida.
- Documentos para designar al comité.

- Departamentos de apoyo al TPM

Al llegar a este punto, se destaca la importancia de la colaboración activa de los empleados, así como de la dirección del departamento y del nivel gerencial. Con el fin de obtener resultados positivos y beneficios para la empresa minera analizada.

Objetivo

Para mejorar la productividad del departamento en cuestión, se debe fomentar de manera consciente la participación de los colaboradores de todos los niveles, incluidos los operadores y los gerentes. Se ha demostrado que el TPM afecta a todos los departamentos y niveles organizacionales de la empresa; por lo tanto, es necesario que los participantes trabajen en forma integrada.

Responsabilidades

Se espera que la jefatura del departamento y el nivel administrativo estén a cargo de proporcionar los recursos necesarios para implementar correctamente el plan TPM, con el apoyo constante del nivel gerencial. Se enfatiza el trabajo en equipo.

Comunicación a nivel interno

Se indica que toda información u opiniones proporcionadas por los empleados serán tomadas en cuenta como parte del plan TPM, y el comité designado se encargará de supervisarlas. En la mayoría de los casos, las decisiones se toman por votación con la participación de delegados y tienen como objetivo alcanzar un consenso sobre temas relacionados con el mantenimiento. Se apoyará en fichas de comité, cuestionarios, memorándum y otra documentación relevante para poder legislar toda la información sobre las actividades de TPM, las responsabilidades y otras recomendaciones del comité.

Comunicación a nivel externo

Se indica que el nivel gerencial es el primero en ser responsable de la comunicación externa, seguido por los gerentes de departamento que deben difundir información pertinente sobre las tareas de mantenimiento. Se evidencia la necesidad de realizar inspecciones y revisiones para las unidades de la empresa minera analizada como parte de las tareas a ejecutar.

Control para la documentación

Este apartado está destinado a sugerir el registro y la gestión de cualquier información que afecte a la gestión del departamento de mantenimiento. La implementación adecuada de esta tarea facilitará el registro correcto de los datos relacionados con el mantenimiento, lo que aumentará la productividad del departamento y mejorará la calidad de la gestión. Se indica que la dirección del departamento y el gerente de la empresa serán responsables de supervisar minuciosamente las operaciones de gestión documentaria y generar informes pertinentes en su asociación. Todos los datos deben transcribirse, seguir las normas, revisarse, aprobarse, distribuirse y actualizarse durante la verificación.

- Aspectos de higiene, seguridad y medio ambiente

El objetivo de este pilar es especificar en detalle los elementos necesarios para asegurar que los espacios de trabajo no sean contaminados y no haya accidentes laborales durante el trabajo en la empresa minera.

Objetivo

Precisar y difundir información precisa sobre temas relacionados con la seguridad laboral para asegurar un nivel adecuado de protección para los empleados. Por otro lado, mantener la disposición adecuada de los espacios de trabajo, lo que permite certificar la confiabilidad adecuada. Es importante destacar que durante las tareas de mantenimiento se producen desechos peligrosos, trapos contaminados con hidrocarburos, polvo y grasa; debido a esto, es común que ocurran accidentes en su actividad. Fue sugerido implementar las acciones necesarias para mejorar la cultura preventiva y la seguridad en el lugar de trabajo, con el fin de obtener beneficios directos para los empleados. Al hacer referencia a la ISO 45001, recomienda:

- Realizar un registro de incidentes.
- Todo dispositivo destinado a la protección personal debe ocuparse correctamente.
- Identificar y evaluar los peligros para la seguridad y la salud laboral.
- Realizar cursos de seguridad, higiene y medio ambiente.
- Comprometer en forma completa y continua a los operadores y la jefatura del área, fomentando la colaboración.

Manejo de residuos

Es cierto que, debido a las actividades de mantenimiento diarias, se producen desechos específicos, como trapos contaminados con aceite, trajes desechables contaminado con grasas, metales, plásticos, el cartón, los disolventes, el papel, el aerosol y demás. Los cuales tendrán que acopiarse, realizar su almacenamiento correspondiente y luego ser eliminados una vez que ya no estén ocupados para otro uso. Los materiales obtenidos de esta tarea deben clasificarse y almacenarse en contenedores con una señalización adecuada y visible.

Acopio y recolección

La actividad determina y requiere el apoyo necesario para procesar los desechos obtenidos para gestionarlos de manera eficiente y segura. Para esta tarea, se requiere el apoyo del nivel gerencial y la colaboración de los colaboradores asignados.

Protección personal

Se indica que para esta sección será necesario incluir todos los departamentos de la empresa minera, por lo que se sugiere el uso de dispositivos de protección personal. A continuación, se enumeran los aspectos sugeridos.

- A nivel visual: Los dispositivos tendrán que relacionarse al peso, resistencia y ergonomía.
- A nivel respiratorio: Incluir el factor de comodidad para respirar, presencia de filtros y ergonomía.
- A nivel auditivo: Los dispositivos tendrán que relacionarse al peso y ergonomía.
- A nivel de extremidades superiores: Los dispositivos tendrán que relacionarse a la resistencia de perforación, corte y presencia de aislamiento.
- A nivel de extremidades inferiores: Los dispositivos tendrán que presentar aislamiento eléctrico, flexibilidad y antideslizamiento.
- A nivel de cráneo: Contar con cascos de seguridad, siendo ligeros, que no dificulten la visión y presenten resistencia.

Para reducir los riesgos, se propuso equipo de protección a nivel personal basándose en las recomendaciones de protección de tipo personal, como se muestra en la figura 21.



Figura 21. Propuesta de equipos de protección personal

Programación para el mantenimiento de tipo preventivo

La figura 22 muestra el detalle de las labores de mantenimiento preventivo programadas como parte de la propuesta TPM realizada y considerando las unidades abordadas en el presente estudio.

N°	SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA			
			MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL	05 AÑOS
1	SISTEMA AFEX Deshabilitación del sistema automático en la unidad de control	Retire el cartucho de nitrógeno de 01 oz del Mecanismo de Disparo.	X	X		
2		Revise el estado de la punta del vástago de activación y sello del cartucho de nitrógeno	X	X		
3		Si evidencia algún daño en algún componente realizar el cambio respectivo (realizar cambio de componente anual).			X	
4		Ubicar el actuador eléctrico, desconecte el conector deutsch e inspecciónelos.	X	X		
5		Silenciar la unidad de control.	X	X		
6		Colocar bocina de prueba en reemplazo del actuador eléctrico.	X	X		
7		Reinstalar el cartucho de nitrógeno de 01 oz del mecanismo de disparo.	X	X		
8		Colocar tarjeta de des-habilitación del SSL, en caso el equipo quede a cargo de otro contratista.	X	X		
9	Intervención en la Unidad de Control	Revisión en display de historial.	X	X		
10		Revisión en display del estado de la línea de detección #01 y/o #02.	X	X		
11		Revisión en display del estado del actuador eléctrico.	X	X		
12		Revisión en display del voltaje de la batería interna de la unidad de control.	X	X		
13		Revisión en display del voltaje de la batería externa a la unidad de control.	X	X		
14		Prueba de botones y Led's de módulo de control.	X	X		
15		Con un multímetro comprobar el voltaje de 24 VDC y revisar valor de resistencia de fin de línea en conectores deutsch.		X		
16		Verificar condición de fusibles, porta fusibles y terminales tipo ojal.		X		
17		Realizar cambio de componente anual			X	
18	Inspección y pruebas de funcionamiento del sistema de integración Minestar	Realizar prueba de activación en el relé de problema y alarma para evidenciar funcionamiento del Box de autonomía.	X	X		
19		Verificar en el Box de autonomía condición de relés, borneras y alimentación de la misma.	X	X		
20	Mantenimiento del Sistema de Detección	Inspeccionar el cable de detección lineal o de interconexión de detectores térmicos, protectores del cable y abrazaderas.	X			
21		Si identifica daños en alguno de estos componentes, realizar el cambio respectivo (realizar cambio de componente anual)			X	
22		Inspeccione parte externa de los detectores térmicos, en caso se observe alguno daño proceda a cambiarlo.	X			
23		Revisar parte interna de los detectores, si encuentra humedad en sus conexiones proceder a su secado y/o cambio respectivo.		X		

24	Mantenimiento de la línea de Activación	Retirar la(s) botella(s) de nitrógeno de 01 oz de (los) actuador(es) remoto(s).	X	X		
25		Revisar condición de la rosca de los actuadores, retirar el vástago y lubricarlo.	X	X		
26		Si los actuadores presentan desgaste o deformaciones realizar el cambio respectivo (realizar cambio de componente cada 5 años).				X
27		Reinstalar botella de nitrógeno del actuador remoto.	X	X		
28		Revisar todas las líneas de las mangueras de ¼" y sus componentes asegurando que estén en buen estado.	X	X		
29		Cambiar las mangueras y/o componentes de ser necesario (realizar cambio de componente cada 5 años).				X
30	Mantenimiento de las líneas de presurización y distribución	Revisar condición de las botellas de nitrógeno de 10, 15, 23 o 55 Oz en los actuadores esclavos.		X		
31		Cambiar las botellas de nitrógeno en caso se encuentren golpeadas / dañadas (realizar cambio de componente cada 5 años).				X
32		Revisar el montaje de los actuadores esclavos y de sus componentes: bases, codos, válvulas de retención, tees, niples, etc.	X	X		
33		Revisión de tanques de agente PQS y/o LVS, verificar el estado de los agentes, de las bases, abrazaderas y pernos de sujeción.	X	X		
34		Revisar todas las líneas de mangueras de ¼" asegurando que estén en buen estado.	X	X		
35		Cambiar las mangueras y/o abrazaderas de ser necesario (realizar cambio de componente cada 5 años).				X
36		Verificar condición de los blocks de distribución, tuberías y boquillas de descarga.	X	X		
37		Realizar ajustes en los pernos de sujeción, en los soportes en toda la extensión del sistema.	X	X		
38	Mantenimiento de extintores con cartucho adosado	Verificar que el extintor esté libre de Obstáculos 1m2 de donde está instalado y que se encuentre visible (Mantener orden y limpieza).	X	X		
39		Realizar limpieza con WD40. (Se deberá contar con la MSDS del producto químico) Uso de EPPs (lentes y guantes de seguridad).	X			
40		Verificar que las instrucciones de operación del equipo sean visibles y legibles.	X			
41		Verificar que tenga su precinto de seguridad, tarjeta de inspección, sticker de mantenimiento y de prueba hidrostática.	X			
42		Verificar que el extintor no tenga ningún daño (golpes, protectores dañados, boquillas dañadas, que no presente corrosión).	X			
43		Se retirará la manguera para verificar que el pitón de descarga no esté bloqueado, tapado u obstruido con PQS.		X		
44		Verificará que el sello protector el cartucho de CO2 visualizando no esté perforado.		X		
45		Verificación del rotulado de extintor, numeración y ubicación exacta en la zona.	X			
46		Realizar el llenado de tarjeta de inspección (Iniciales de Nombre y Apellido, Fecha de inspección y observación si la tuviera).	X			
47		Si existiera alguna observación en los puntos anteriores realizar el cambio de extintor (realizar cambio de componente cada 05 años).				X
48	SISTEMA FIKE Deshabilitación del sistema supresor de incendio Fike	Deshabilitar las zonas de descarga del agente limpio a través del switch de mantenimiento para evitar una falsa descarga	X	X		
49		Retiro de Dispositivo de Activación de descarga del Agente FM-200 (IVD), para evitar falsas descargas del mismo.	X	X		

50	Mantenimiento de panel de control CHEETAH XI	Verificar el Estado de panel y sus componentes; que no haya golpes, rajaduras, pintura, oxido del panel, etc.	X				
51		Registrar La capacidad de las baterías y verificar la fecha de instalación.		X			
52		Verificar el led AC POWER, si esta encendido y el resto apagado.	X	X			
53		El Display del panel opera, no es esta golpeado, apagado, u otra anomalía "física".	X	X			
54		Verificar La fecha y hora correctas, si no son correctas, actualizarlas en el momento.	X	X			
55		Verificar La señal audible del panel opera, presionando la tecla Reset.	X	X			
56		Verificar si los terminales y conexiones eléctricas del Panel no están sulfatados, desconectados o presenten algún daño físico.	X	X			
57		Verificar el funcionamiento de todos los leds del panel, presionando la tecla Reset.	X	X			
58		Verificar los Fusibles del Panel son los adecuados.	X	X			
59	Mantenimiento de dispositivos de detección y activación	Verificar el estado físico de las Estaciones Manuales.	X	X			
60		Verificar si presenta daño físico tanto en la estación manual y la tubería.	X	X			
61		Verificar si se encuentra manipulada o activada.	X	X			
62		Verificar el estado físico de los dispositivos de Detección (cable detector, detector de temperatura).	X	X			
63		Verificar estado de detector, golpeado, pintado, etc.	X	X			
64		Cualquier daño a los componentes, proceder al cambio (realizar cambio de componente anual).				X	
65	Mantenimiento de dispositivos de alarma audio y visual	Inspeccionar el montaje de cada dispositivo audio/visual.	X				
66		Revisar componentes sueltos o dañados, límpielos con una brocha, que las conexiones no estén sueltas o cables dañados.	X	X			
67		Verificar el estado físico de los dispositivos de Notificación (campana, sirena, luz estroboscópica).	X				
68		Cualquier daño a los componentes, proceder al cambio (realizar cambio de componente cada 5 años).					X
69	Mantenimiento módulos y dispositivos periféricos	Revisar cada módulo y dispositivo por daños o componentes sueltos.		X			
70		Revisar las conexiones y con la herramienta adecuada ajuste.		X			
71		Limpiar con una brocha, si requiere soplar hágalo a distancia con un soplador de aire.	X				
72		No se deberá utilizar nunca líquido para limpiar los contactos.	X				
73		Verificar el estado físico de los módulos del sistema (módulo de control y relay).	X				
74		Verificar el color del led del sí es verde y/o rojo es que se encuentra en estado normal parpadeando.	X				
75		Verificar estado de modulo y dispositivos periféricos, golpeado, pintado, etc.	X	X			
76			Cualquier daño a los componentes, proceder al cambio (realizar cambio de componente anual).	X			X

77	Mantenimiento de red de distribución del agente y supresión de incendio	Revisar las cañerías y mangueras por daños físico y montaje, asegúrese de que todas las abrazaderas estén instaladas y firmes.		X		
78		Direccionar las boquillas, dispersores si están desviados de los puntos o áreas de supresión al cual está protegiendo.		X		
79		Verificar si el área cuenta con avisos que indique sistema de Extinción a Base Gas y Alarma (estaciones manuales, sirenas y luces).	X			
80		Verificar el estado físico como oxido o rajaduras de los tanques, manómetros y soportes.		X		
81		Verificar si los tanques cuentan con placa de datos y están legibles.	X			
82		Verificar el estado físico y la dirección de las boquillas que estén libres de pintura, libres de obstrucciones, etc.	X			
83	Verificar el estado físico de los accesorios: (conexiones, manguera, uniones, tuberías), que no presenten golpes, deterioro, etc.	X				
84	Pruebas funcionales y habilitación del sistema supresor de incendio Fike	Verificar que cada componente intervenido quede correctamente y conectado.	X	X		
85		Realizar la limpieza de ser necesario.	X			
86		Asegúrese que todavía el iniciador o (IVQ) están fuera o desconectadas de los cilindros.	X	X		
87		Energizar panel, Revisar las indicaciones del panel y corrija cualquier problema antes de continuar.	X	X		
88		Verificar que todas las señales lleguen al panel y los mensajes o códigos de diagnósticos correspondan a la entrada activada.	X			
89		Verificar que todos los dispositivos de alarma audio/visuales entren en condición de alarma. Puede silenciar si es necesario.	X			
90		Volver los dispositivos manuales a su estado de reposo.	X			
91		Reseteo el panel, compruebe que no exista ninguna alarma activa durante unos 3 minutos y des-energizar.	X	X		
92		Conecte nuevamente el iniciador o IVQ.	X	X		
93		Volver a energizar el panel de control y habilitar el switch de mantenimiento (switch enable)	X	X		

Figura 22. Programa de mantenimiento preventivo

Cronograma general del TPM

La figura 23 precisa en forma gráfica las tareas TPM que fueron programadas para la aplicación de la propuesta llevada a cabo en el estudio realizado.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES TPM PARA LA COMPAÑÍA MINERA									
FASES	ACTIVIDADES TPM	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
PRESENTACIÓN	Desición e información del TPM	X							
	Análisis de condiciones y establecimiento de objetivos		X						
	Plan TPM			X	X				
IMPLANTACIÓN	Inicio formalizado del TPM			X					
	Mejoramiento de la disponibilidad				X	X			
	Refuerzo de las 5S					X	X		
	Programa de mantenimiento autónomo						X	X	
	Programa de mantenimiento preventivo							X	X
	Programa de capacitación y formación	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 23. Cronograma general del TPM

Posterior al desarrollo de la solución planteada en el presente estudio, fueron analizados y comparados los costos por averías en la maquinaria específica, ya que estos fueron reducidos en forma significativa. En lo consecutivo, en la tabla 13, se detallaron las cantidades referidas.

Tabla 13. Registro de costos por averías de la maquinaria estudiada (después de la solución)

N°	Unidades consideradas	Cantidad	Antes	Costo por hora	Costo total S/.
			Tiempo de paro por avería (horas/año)		
	Unidades con disposición del				
1	Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE	4	436	28	48,832.00

Por lo cual, basados en la información obtenida, fue posible evidenciar la reducción del tiempo de paradas por averías, siendo reducida de 1169 a 436; significando también la reducción del costo asociado, siendo este valor reducido de S/. 130,928.00 a S/. 48,832.00; generando el ahorro de S/. 82,096.00. En ese sentido, fue precisado que, los resultados obtenidos fueron favorables y beneficiosos para la empresa estudiada.

Tabla 14. Comparativa de costos por averías antes y después de la solución

N°	Unidades consideradas	Costos por	Costos por averías	Diferencia
		averías antes S/.	después S/.	(ahorro) S/.
	Unidades con disposición del			S/.
1	Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE	S/. 130,928.00	S/. 48,832.00	82,096.00

A continuación, en la figura 24, se muestra en forma gráfica los resultados precisados en forma detallada.

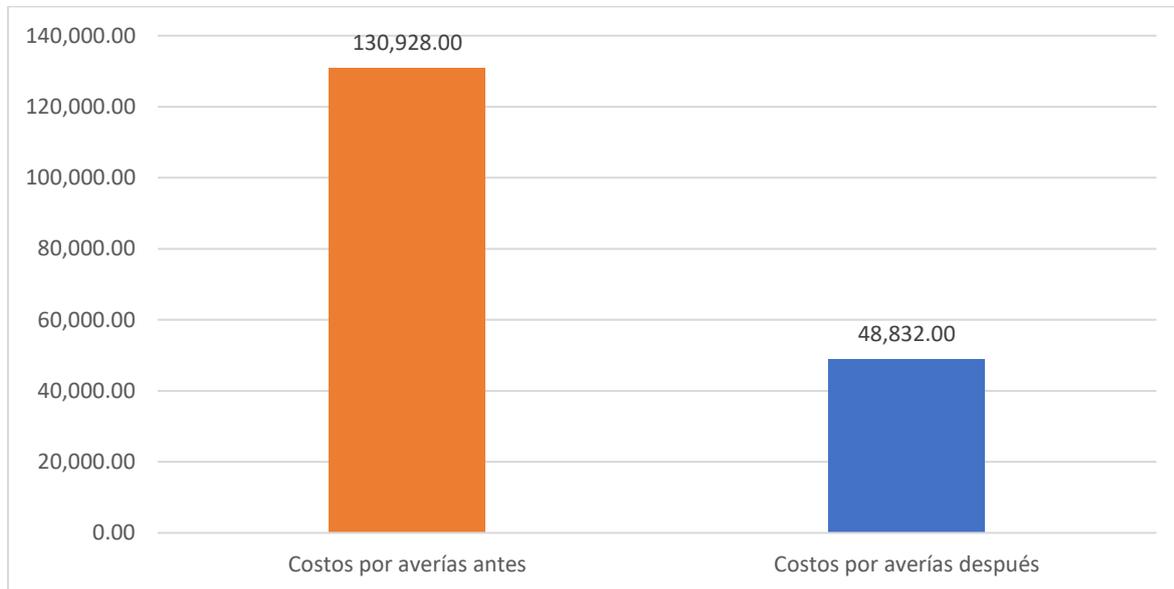


Figura 24. Comparativa de la reducción de costos por averías

Adicional a ello, fue posible precisar que, con la ayuda de la herramienta VSM se pudo identificar oportunidades de mejora específicas; para lo cual se planteó ocupar la Gestión de Mantenimiento basada en el TPM como herramienta Lean Manufacturing. Una vez desarrollada la solución planteada, de manera general, el proceso de servicio de mantenimiento pudo ser reducido en actividades y también en cuanto al tiempo asociado. Resultados que, sin duda son de beneficio para el departamento de mantenimiento y para la compañía minera en general; no solo por la reducción de tiempo, sino por la eliminación de desperdicios presentes en los procesos ocupados.

Sumada a la reducción de tiempos, pudo ser detallado que de manera inicial se disponían de 8 procesos generales para la actividad general analizada; no obstante, el planteamiento del VSM futuro propuso solo la ocupación de 6 de los mismos. Consiguiendo de esta manera reducción significativa en cuanto al tiempo requerido. El detalle del VSM futuro, es presentado en lo consecutivo en la figura 25.

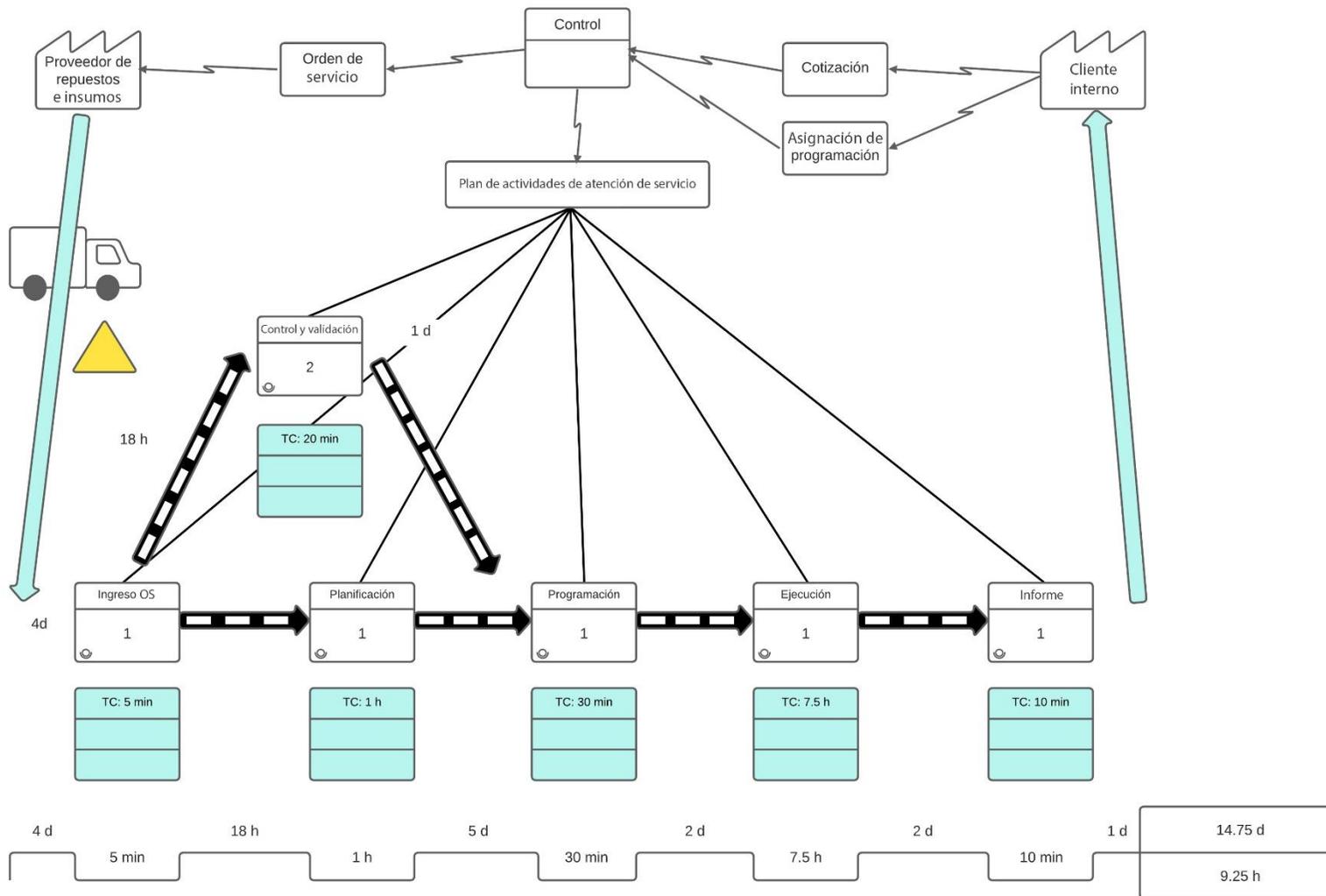


Figura 25. Mapa de flujo de valor del servicio futuro del área de mantenimiento

3.1.2.4. Situación de la productividad con la propuesta

Para poder determinar el nivel de productividad posterior a la aplicación de la propuesta de solución planteada, se ocupó el mismo indicador destinados al cálculo del nivel de productividad presente luego de la aplicación de la propuesta llevada a cabo.

En lo consecutivo, se exponen de manera ordenada los datos provistos por el departamento de estudio y que fueron requeridos para determinar los valores asociados.

Tabla 15. Registro de órdenes de atención de mantenimiento

N°	Periodo	Número de órdenes de atención de mantenimiento ejecutadas	Tiempo total requerido (horas)
1	Agosto, 2023	8	10
2	Septiembre, 2023	7	13
3	Octubre, 2023	9	8
4	Noviembre, 2023	8	10
	Total	32	41

Una vez conseguidas las cantidades consolidadas y sus totales respectivos, se determinó que, basados en los datos históricos obtenidos luego de la aplicación de la solución desarrollada en el presente estudio, el total de órdenes de mantenimiento ejecutadas fue de 32 y el total de tiempo requerido (expresado en horas) fue de 41. Procediendo a realizar el siguiente cálculo:

$$Productividad = \frac{Unidades\ atendidas}{Tiempo\ total}$$

$$Productividad = \frac{32\ unidades}{41\ horas}$$

$$\text{Productividad} = 78.05\%$$

Basados en los resultados obtenidos, fue posible precisar que, luego de la aplicación de la propuesta desarrollada en el estudio, se dispuso de valor final para la productividad de 78.05%; representando mejora de 12.56%.

Lo cual evidenció la reducción de averías en la maquinaria involucrada, así como el tiempo requerido para su atención; ello, como resultado directo de la aplicación efectiva y correcta de la gestión de mantenimiento, ocupando en forma directa como herramienta Lean Manufacturing al mantenimiento productivo total (TPM). Para lo cual, fueron desarrolladas cada una de sus etapas, diseñando para este propósito la documentación requerida, políticas, metas, mejora de procesos, estandarizaciones, alcances, responsabilidades, materiales, herramientas, personal involucrado, elaboración del plan de mantenimiento preventivo y la calendarización determinada.

Solución que, en suma, permitió obtener resultados de mejora significativos para la compañía minera ocupada para el presente estudio.

De manera adicional, posterior a la implementación de la solución implementada, fue calculado el valor para el indicador de la disponibilidad de máquinas estudiadas; por lo cual, se analizó la información requerida, procediendo a calcular el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación de las máquinas que cuentan con el Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE.

- Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Los resultados se detallan en lo consecutivo en la tabla 16.

Tabla 16. Registro del tiempo promedio entre fallas luego del desarrollo de la solución

N°	Máquina	R	A	MTBF
		Tiempo entre fallas (horas/año)	Cantidad de averías registradas	R/A
1	MT500145-CAT-794AC-HT001	112	10	11.20
2	MT500146-CAT-794AC-HT002	97	13	7.46
3	MT500149-CAT-794AC-HT003	119	9	13.22
4	MT500150-CAT-794AC-HT004	95	11	8.64

- Tiempo medio de reparación (MTTR)

Los resultados se detallan en lo consecutivo en la tabla 17.

Tabla 17. Registro del tiempo medio de reparación luego del desarrollo de la solución

N°	Unidad	P	A	MTTR
		Tiempo de paro por avería (horas/año)	Cantidad de averías registradas	P/A
1	MT500145-CAT-794AC-HT001	21	10	2.10
2	MT500146-CAT-794AC-HT002	19	13	1.46
3	MT500149-CAT-794AC-HT003	17	9	1.89
4	MT500150-CAT-794AC-HT004	16	11	1.45

- Disponibilidad

Los resultados se detallan en lo consecutivo en la tabla 18.

Tabla 18. Disponibilidad de la maquinaria luego del desarrollo de la solución

N°	Unidad	MTTR	MTBF	Disponibilidad
				MTBF/(MTBF+MTTR)
1	MT500145-CAT-794AC-HT001	2.10	11.20	0.84
2	MT500146-CAT-794AC-HT002	1.46	7.46	0.84
3	MT500149-CAT-794AC-HT003	1.89	13.22	0.88
4	MT500150-CAT-794AC-HT004	1.45	8.64	0.86
Disponibilidad promedio				0.8523

Con los resultados que fueron calculados, se precisó que, luego de la implementación de la solución propuesta, el valor de la disponibilidad de la maquinaria precisó ser 85.23%; representando la mejora o incremento de 10.31%, lo cual resultó beneficioso para la compañía ocupada en el presente estudio. Los resultados precisados, fueron comparados y se muestran a continuación en la figura 26.

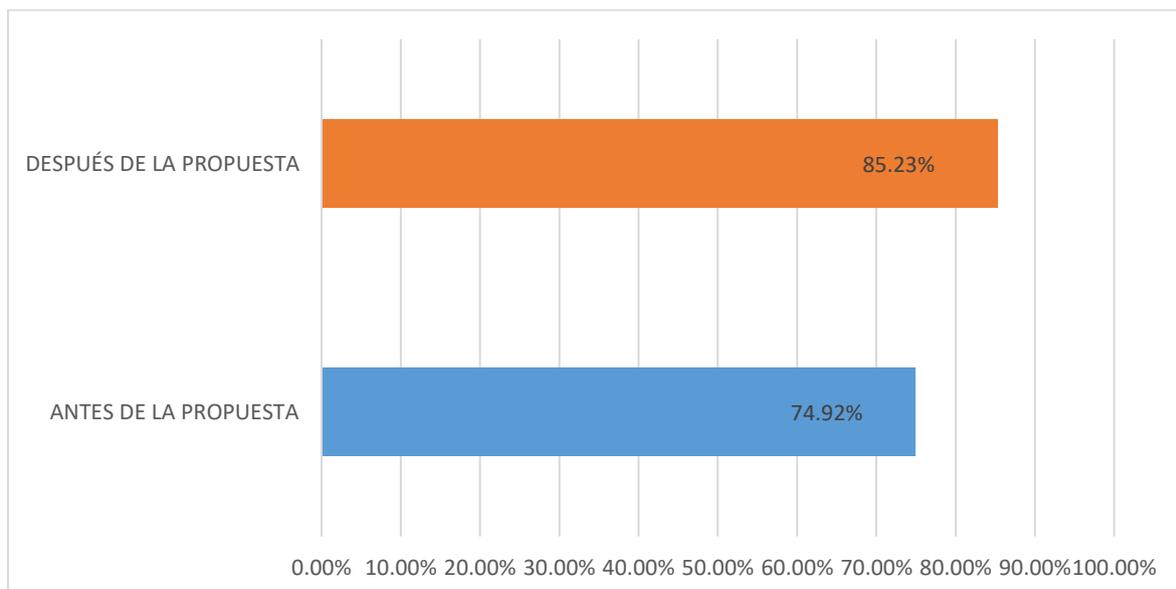


Figura 26. Comparativa de la disponibilidad de maquinaria antes y después de la solución

3.1.2.5. Análisis beneficio/costo de la propuesta

Con el propósito de llevar a cabo la valoración económica para la propuesta planteada, fue ocupado de manera específica el análisis beneficio costo como herramienta primaria; la cual es detallada en lo consecutivo.

a. Beneficio de la propuesta

Con la finalidad de determinar el beneficio obtenido como resultado de la aplicación de la propuesta, fue considerado el ahorro conseguido como resultado directo de la disminución de paradas a razón de las averías presentadas; y que fueron mejoradas con la aplicación de la solución TPM propuesta. Se precisa que esta información fue suministrada por el jefe del departamento de mantenimiento de la compañía minera. La tabla 19 incluye el detalle del cálculo realizado en mención.

Tabla 19. Detalle del beneficio obtenido

N°	Unidades consideradas	Cantidad	Antes	Después	Costo	Ahorro
			Tiempo de paro por avería (horas/año)	Tiempo de paro por avería (horas/año)	por hora	
1	Unidades con disposición del Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE	4	1169	436	28	82,096.00

Siendo entonces que, considerando los resultados que se obtuvieron como resultado del ahorro conseguido al presentar menos tiempo de paradas por averías, se pudo precisar beneficio de S/. 82,096.00.

b. Costos vinculados a la propuesta

Para tal fin, con el apoyo de la tabla 20, serán precisados los costos de vinculación a la propuesta de aplicación del TPM realizada.

Tabla 20. Detalle de costos vinculados

Detalle	Costo S/.
Equipos de protección personal para los colaboradores	8,200.00
Escaleras de tamaños diversos	1,250.00
Extintores de nueve kilos	3,080.00
Señaléticas y conos	1,110.00
Capacitaciones de personal externo para la ejecución de todas las fases y posterior a la aplicación del TPM (06 meses)	18,000.00
Herramientas y componentes para la ejecución de las labores de mantenimiento	28,260.00
Total S/.	59,900.00

Con los resultados alcanzados, se precisa que se requiere como monto de inversión para la aplicación de la propuesta la cantidad de S/. 59,900.00. Luego de ello, fueron llevados a cabo los cálculos del beneficio costo en relación a la propuesta.

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

$$\text{Beneficio costo} = \frac{82,096.00}{59,900.00}$$

$$\text{Beneficio costo} = 1.37$$

Con el valor obtenido de 1.37, se puede interpretar que, con cada sol invertido por parte de la compañía minera en la propuesta planteada, se conseguirá un retorno de 0.37 como beneficio.

3.2. Discusión

Considerando el objetivo específico de identificar la problemática que afecta la productividad del área de mantenimiento de la empresa minera, fue posible identificar la ausencia de aplicación de metodología específica para la ejecución de las tareas propias del mantenimiento, siendo llevado a cabo solo el mantenimiento correctivo por parte de los colaboradores, también la falta de programación y recursos insuficientes fueron puntos identificados. Aspectos que generaban el desarrollo prolongado de las actividades internas, gastos operativos elevados y averías recurrentes. La ausencia de formatos actualizados y documentación específica también fueron puntos a considerar para la mejora. Factores que, en suma, influyeron de manera negativa sobre la productividad del departamento de mantenimiento de la compañía minera antes de la propuesta. En ese sentido, durante el análisis de indicadores ocupados en el estudio, se determinó el valor inicial para la productividad de 65.49%. Problemas que pueden ser contrastados a lo hallado en Colombia por [1], en donde se detalla el diseño de propuesta de mejora de productividad ocupando herramientas de Lean Manufacturing, con aplicación directa del TPM y las 5S; buscando paralelamente la mejora continua para la compañía. Se pretendió eliminar retrasos, pérdidas operativas y presencias de fallos que representen paradas en el proceso de producción. Los

resultados evidenciaron que, de acuerdo a la simulación estadística, la propuesta podrá incrementar el nivel de productividad en hasta 17.00%; además de favorecer la mejora del proceso general del departamento de mantenimiento y la mejora de la cultura interna de la compañía. Se concluyó detallando que estas dos herramientas presentan solvencia en el abordaje de la problemática particular identificada, garantizando la continuidad operativa de la maquinaria. Resultados que resultaron ser favorables para la compañía de estudio.

Dentro del estudio, también fue planteado el objetivo específico de detallar la propuesta de aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad del área de mantenimiento. Con tal propósito, una vez culminado el análisis de la problemática presentada, fue detallada en forma de propuesta ocupar la herramienta de lean manufacturing del Mantenimiento Productivo Total. Siendo la elección consecuencia de la revisión literaria de diversos autores, así como propuestas desarrolladas por otros estudiosos en diferentes contextos estudiados; resultando ser el TPM una solución solvente a la problemática particular presentada en el estudio realizado. En ese sentido, se entiende que su aplicación, favorecerá la mejora de la productividad presentada por el departamento de mantenimiento. El desarrollo de la propuesta TPM, se ejecutó basado en los pilares que fundamentan esta herramienta lean, persiguiendo como propósito general disponer de continuidad operativa para las unidades involucradas, así como la reducción de mantenimiento de tipo correctivo, incidiendo sobre el mantenimiento preventivo contemplado como parte del desarrollo del TPM, siendo direccionado a las unidades que disponen del Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE. Propuesta que resultó ser beneficiosa y comparable a lo planteado en la ciudad de Trujillo por [6] con el propósito de diseñar un plan de mantenimiento soportado en el mantenimiento predictivo para las unidades de transportes en una compañía de transportes y lograr la mejora de los indicadores asociados al mantenimiento. Como parte del análisis preliminar, fue realizada la valoración a siete unidades, advirtiendo disponibilidad en 89.06% y confiabilidad en 82.06%; por lo cual se determina una oportunidad de mejora, puesto que los valores no son los esperados por la compañía. Los resultados identificaron la presencia

de cincuenta fallos a nivel crítico, con afectación en la continuidad operativa de las unidades. Se concluyó que, al aplicar la propuesta basada en la aplicación del TPM como solución primaria, los valores para disponibilidad aumentaron hasta 98.39% y confiabilidad hasta 97.64%.

Por otro lado, el objetivo de evaluar el beneficio costo para la propuesta de investigación, determinó incluir en el análisis tanto los costos de asociación a la propuesta de solución planteada en abordaje a los problemas precisados y también los beneficios alcanzados con su aplicación; resultando valor final de 1.37. Valor que pudo ser comparado a lo conseguido por [16] en Chiclayo, en donde fue propuesto el TPM para posibilitar el incremento de la disponibilidad de maquinaria. El análisis inicial constató nivel deficiente en relación a la disponibilidad de maquinaria, ausencia de mecanismos destinados al control y ausencia de formatos. Los estudiosos concluyen precisando que con la propuesta se mejoró la disponibilidad hasta 93.69%, el tiempo medio entre fallos se redujo a 207.81 horas y la disponibilidad promedio se incrementó a 97.38%; sumado a ello, la productividad del área mejoró hasta 95.00%, demostrando resultados de beneficio para la compañía. El factor económico fue 1.77, determinando de esta forma su viabilidad, beneficio y favoreciendo la mejora de productividad para la compañía de estudio.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

a) Se identificó la problemática que afectaba la productividad del departamento de mantenimiento de la compañía minera, advirtiendo detalladamente inconvenientes vinculados a la ausencia de aplicación de metodología específica para la ejecución de las tareas propias del mantenimiento, siendo llevado a cabo solo el mantenimiento correctivo por parte de los colaboradores, también se precisaron la falta de programación y recursos insuficientes. Aspectos que generaban el desarrollo prolongado de las actividades internas, gastos operativos elevados y averías recurrentes. La ausencia de formatos actualizados y documentación específica también fueron puntos a considerar para la mejora. Factores que, en suma, influían de manera negativa sobre la productividad del departamento. Problemas que al ser medidos a través del indicador ocupado, alcanzó valor del 65.49% para la productividad. Concluyendo de esta forma que, los inconvenientes reconocidos dificultaban cumplir a tiempo con las órdenes de mantenimiento gestionadas por el departamento de mantenimiento; con afectación directa sobre la productividad.

b) Se preparó la propuesta de aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad del departamento de mantenimiento; por lo cual, después de realizado el análisis asociado a la problemática reconocida, se desarrollaron las fases incluidas en el TPM. En detalle, fueron seguidos los pasos considerados en cada uno de los pilares del TPM, persiguiendo ejecutar de manera adecuada y eficiente el mantenimiento preventivo para las unidades y equipos que forman parte de la compañía minera; incluyendo las unidades que disponen del Sistema Supresor de Incendios (SSI) AFEX y FIKE. Solución que también permitirá garantizar la disponibilidad operativa de las unidades incluidas en el estudio, reduciendo costos operativos por mantenimiento y posibilitando mejorar el nivel de productividad para el departamento.

c) Se evaluó el beneficio costo vinculado a la propuesta planteada como solución, logrando el valor de 1.37; concluyendo que el planteamiento de solución desarrollado dispone de viabilidad a nivel económico, consiguiendo beneficios a favor de la compañía minera abordada en el estudio llevado a cabo.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios recurrentes al interior del departamento de mantenimiento y de la compañía en general, lo cual posibilitará advertir problemas específicos para ser convertidos en oportunidades de mejora. Las valoraciones llevadas a cabo a través de indicadores específicos resultan ser provechoso, ya que posibilitará medir los avances logrados al ocupar soluciones precisas; como es el caso de las herramientas Lean Manufacturing.

Es recomendado comprometer a las partes decisoras de la compañía, ya que posibilitará lograr resultados mucho más favorables y de impacto positivo a favor de la compañía minera. Los recursos invertidos y la formación direccionada a los colaboradores repercutirán en la mejora de problemas reconocidos mediante la ocupación de herramientas de diagnóstico. La aplicación de soluciones puntuales no deberá de ser definitivas; por el contrario, deberán de volver a ejecutarse integrando nuevas soluciones planteadas bajo la filosofía de la mejora continua.

Finalmente, también es recomendado llevar a cabo nuevas valoraciones de tipo económico; puesto que, sin duda, con el paso del tiempo la realidad del contexto estudiado presentará diversas variabilidades. Es por ello que, al plantear ajustes, cambios o actualizaciones, se deberá de valorar y analizar los costos y beneficios en asociación; para de esta manera, determinar cuan viable resulta ser la propuesta a nivel económico y la compañía disponga de información que posibilite tomar decisiones a favor o no para la implementación de soluciones propuestas.

REFERENCIAS

- [1] M. Carrillo, A. Carmen, Y. Mendoza, y H. Cohen, “Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmeccánica en Cartagena, Colombia”, SIGNOS; Bogotá Tomo 11, N.º 1, (2019): 71-86, diciembre 2019, DOI:10.15332/s2145-1389.2019.0001.04, [en línea]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2482214156/2E44212A319541D5PQ/1>
- [2] F. Martínez, y M. Ruiz, “Una estrategia de mantenimiento”, Revista Ingeniería Agrícola, 13(2), 42-47, abril 2023, DOI: <https://doi.org/2284/v13n2e07>, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5862/586275348007>
- [3] A. Marín, M. Valenzuela, G. Cuamea, y A. Brau, “Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir desperdicios en una unidad de fabricación de paneles modulares de poliestireno”, Ingeniería. Investigación y Tecnología, XXIV(1), 1-12, julio 2023, DOI: <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.1.007>, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/404/40475449007>
- [4] J. Chávez, “Adopción parcial e integral de las prácticas del sistema técnico de Lean en la industria maquiladora de manufactura en México”, RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática, 11(30), 28-50., enero 2022, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6379/637969396003>
- [5] L. Saraiba, Y. Arbella, M. Moreno, y R. Torres, “La gestión del mantenimiento acorde a la criticidad de los activos”, Ciencias Holguín, 29 (2), ., marzo 2023, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1815/181574886002>
- [6] A. Labán, “Diseño de plan de mantenimiento basado en el riesgo y mantenimiento predictivo para mejorar los indicadores de gestión de mantenimiento de una flota de

- transportes de Tumbes”, enero 2021, [en línea]. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/106733>
- [7] A. Aliaga, y J. Grey, “Sistema de gestión de mantenimiento para mejorar los indicadores de mantenimiento de los vehículos de la compañía de bomberos de Trujillo”, mayo 2021, [en línea]. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65177>
- [8] P. Ronquillo, “Gestión de mantenimiento basado en mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) de filtros prensa automáticos en minas de cobre para mejorar su disponibilidad”, octubre 2021, [en línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/22157>
- [9] J. Rivera, “Diseño de un sistema integrado de gestión de mantenimiento productivo total (TPM) en entidades públicas, para automatizar la programación de los mantenimientos preventivos”, abril 2020, [en línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/21663>
- [10] G. Atahualpa, y J. Carrasco, “Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de una empresa agroindustrial en Lima, 2020”, diciembre 2020, [en línea]. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63189>
- [11] G. Manrique, “Implementación del TPM para mejorar la productividad en el área de preparación de pasta en la empresa IPSA, Chacacayo 2022”, [en línea], mayo 2022. Disponible en:
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_d96af0792ab6ce456947a8becea52eee
- [12] D. Nolasco, y M. Rivera, “Aplicación del TPM para incrementar la eficiencia global de los equipos, en la empresa Corporación Sealer’S S.A, Ate – 2022”, [en línea],

- diciembre 2022. Disponible en:
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_326c0f82a7d15d980e8c840a71f0a438
- [13] J. Vilca, “Implementación del tpm para mejorar la calidad en el servicio de la empresa EYN Soluciones de Ingenieria E.I.R.L., ILO 2022”, [en línea], mayo 2022. Disponible en:
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_12eb3967827af5c3089b8f73a1437174
- [14] L. Marca, “Gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en una empresa minera del sur”, junio 2021, [en línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/8471>
- [15] J. Espinoza, “Plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la Empresa Cenfomin Educacion SAC, Cajamarca – 2018”, noviembre 2018, [en línea]. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30040>
- [16] G. Cardozo, y A. Cornejo, “Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas de una empresa constructora, Chiclayo-2020”, febrero 2021, [en línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/8916>
- [17] G. Chanta, “Plan de mejora de herramientas lean manufacturing para la productividad de la compañía envases San Nicolás SAC – Chiclayo”, marzo 2023, [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/11536>
- [18] Beltrán et al., “El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación”, Pontificia universidad javeriana, marzo 2009

- [19] A. Castillo, L. Fernández, y L. Ángeles, "Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas", Revista de Ingeniería Industrial, 2, pp.29-35, mayo 2018
- [20] A. López, "El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación", Pontificia universidad javeriana, enero 2019
- [21] A. Sánchez, "Técnicas de mantenimiento predictivo, metodología de aplicación en las organizaciones", Universidad católica de Colombia, julio 2017
- [22] T. Suzuki, "TPM en industrias en proceso", Marqués de Cubas, 25 Madrid, España: Portland, diciembre 2017
- [23] S. Salazar, "Aplicación de la metodología 5's para la optimización en la gestión del almacén en una empresa importadora de equipos de laboratorio", Universidad Ricardo palma, abril 2019
- [24] H. Gutiérrez, "Calidad total y productividad", 3° ed. México: McGRAW-HILL, 2010, ISBN: 978-607-15-0315-2, [en línea]. Disponible en: <https://ns2.clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56cf64337c2fcc05d6a9120694e36d82.pdf>
- [25] E. Bonilla, "La importancia de la productividad como componente de la competitividad", Fundación Universidad de América, 5, pp.158-163, marzo 2012
- [26] J. Miranda, y L. Toirac, "Indicadores de productividad para la industria dominicana", Ciencia y Sociedad, 35, pp.235-290, octubre 2010
- [27] M. Pérez, "Herramientas de medida de la productividad, 2". Málaga: Editorial ICB, 2013. [En Línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/bibsipan/titulos/113014>

- [28] H. Ñaupas, M. Valdivia, J. Palacios, y H. Romero, “Metodología de la investigación: cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis (5a. edición)”, Ediciones de la U, enero 2018
- [29] S. Valderrama, “Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica”, San Marcos, junio 2017

ANEXOS

ANEXO 1: Formato de guía de observación aplicada al departamento de mantenimiento

GUÍA DE OBSERVACIÓN – MINERA QUELLAVECO				
ÁREA A EVALUAR:		Departamento de mantenimiento		
N°	FACTOR DE EVALUACIÓN	SI	NO	DETALLE
1	Espacio laboral aseado y ordenado			
2	Aplicación de mantenimiento productivo total en el departamento			
3	Disposición de registros de fallos en las unidades atendidas			
4	Actividades de mantenimiento son ejecutadas bajo calendarización específica			
5	Ubicación adecuada para materiales y recursos ocupados			
6	Presencia de supervisión en el desarrollo de tareas de mantenimiento			
7	Presencia de sobre carga laboral en el departamento			

ANEXO 2: Formato de guía de entrevista aplicada al jefe del departamento de mantenimiento

	UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
	FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Entrevistador:	Bach. Mantilla Herrera José Martín
Entrevistado:	Jefe del departamento de mantenimiento de la Minera Quellaveco
Finalidad:	Identificar la problemática que afecta la productividad del área de mantenimiento de la empresa minera
<p>1. ¿Conoce acerca del Mantenimiento Productivo Total?</p> <p>2. ¿Sabe cuáles son los beneficios generados al ocupar esta herramienta en específico?</p> <p>3. ¿Durante el desarrollo de las labores de mantenimiento, es ejecutado un plan en específico?</p> <p>4. ¿Se dispone de supervisión para el desarrollo de las actividades de mantenimiento en la compañía minera?</p>	

5. ¿Al corriente, considera adecuado el nivel de productividad generado por el departamento de mantenimiento?

6. ¿Las herramientas y recursos que se ocupan durante la ejecución de las actividades del área de mantenimiento son proporcionadas en el tiempo y cantidad correcta por parte de la compañía?

7. ¿Se ocupan indicadores de medición de la productividad dentro del departamento?

ANEXO 3: Formato de cuestionario de encuesta para los colaboradores del departamento de mantenimiento

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL AL INTERIOR DE LA MINERA QUELLAVECO

N° Cuestionario: _____

I. CONSIDERACIONES GENERALES

Fecha : __/__/____

Detalle : En lo consecutivo se dispone de una encuesta, la cual será aplicada de manera directa a todos los colaboradores pertenecientes al departamento de mantenimiento de la Minera Quellaveco.

II. RECOMENDACIONES

En seguida, es presentado el detalle de preguntas a responder; en ese sentido, es necesario complete la totalidad de las mismas, para lo cual deberá de marcar la alternativa más correcta para usted.

1. ¿Se dispone de alguna herramienta específica para ejecutar las labores de mantenimiento en el departamento de mantenimiento de la compañía minera?

a) Sí

b) No

2. ¿Se dispone de programación específica para la ejecución de actividades propias del departamento de mantenimiento?

a) Sí

b) No

3. ¿En la actualidad, el nivel de productividad presentado por el departamento de mantenimiento es el esperado?

a) Sí

b) No

4. ¿El tiempo de respuesta para las atenciones del departamento de mantenimiento son las correctas?

a) Sí

b) No

5. ¿En los últimos tres meses, se registraron reclamos por la calidad de los trabajos realizados en el departamento de mantenimiento?

a) Si

b) No

6. ¿Existe supervisión constante en la ejecución de las tareas de mantenimiento realizadas?

a) Si

b) No

7. ¿Dispone de recursos necesarios para poder ejecutar en forma correcta las labores de mantenimiento asignadas?

a) Si

b) No

8. ¿La empresa lo capacita de manera constante en aspectos relacionados a las actividades que ejecuta al interior del departamento de mantenimiento?

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 : 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. Mantilla Herrera José Martín
 Título del Proyecto de Tesis : Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad del área de mantenimiento 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

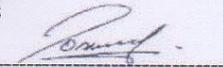
Valoración

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

Fecha : 07/11/2023

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 : 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. Mantilla Herrera José Martín
 Título del Proyecto de Tesis : Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la
 productividad del área de mantenimiento 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

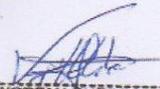
Valoración

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

Fecha : 21/11/2023

Colegiatura : 265085

Firma :



 WINWORFAN GEORGETTE
 EUGENIO
 VILLALOBOS VASQUEZ
 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 : 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. Mantilla Herrera José Martín
 Título del Proyecto de Tesis : Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la
 productividad del área de mantenimiento 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 : 17/11/2023

Colegiatura : 110771

Firma :

J. Reinoso
 Jorge Jeremy Junior Reinoso Torres
 ING. CIVIL
 CIP. 110771

ANEXO 5: Detalle de la confiabilidad

Tabla 3. Análisis para la confiabilidad

Parámetros	Valor
Alfa de Cronbach	0.852816745
K	10
Vi	4.64
Vt	19.96

Nota: Valores del Alfa de Cronbach

ANEXO 6: Autorización para recojo de información

AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Moquegua, 13 de noviembre de 2023

Quien suscribe:

Ing. Yuri Ronal Amesquita Guardia

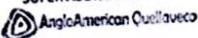
Jefe del Departamento de Mantenimiento – Minera Quellaveco

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función de la tesis, denominada: "Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad del área de mantenimiento de la Minera Quellaveco - Moquegua, 2024".

Por el presente, el que suscribe, Ing. Yuri Ronal Amesquita Guardia, jefe del Departamento de Mantenimiento de la empresa: Minera Quellaveco. **AUTORIZO** al estudiante: Bach. Mantilla Herrera José Martín, identificado con DNI N° 40017743, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, y autor del trabajo de investigación denominado "Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad del área de mantenimiento 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 RONAL AMESQUITA GUARDIA
D.N.I. N° : 10278025
Cargo de la empresa : SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO


Yuri Amesquita Guardia
SUPERVISOR DE CAMPO


Firma y sello

NOMBRE DEL TRABAJO

Mantilla Herrera - 27-06-2024_Turnitin.d

OCX

RECuento DE PALABRAS

16836 Words

RECuento DE CARACTERES

95812 Characters

RECuento DE PÁGINAS

95 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.8MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 1, 2024 8:15 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 1, 2024 8:16 AM GMT-5

● **8% de similitud general**

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

- 7% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados

Derechos Reservados - Copyright
Dirección de Tecnología e Información
Desarrollo de Sistemas
eSeuss@uss.edu.pe

	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

ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Jorge Tomás Cumpa Vásquez, Coordinador de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos según la Directiva de similitud vigente en la USS, además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del informe titulado: **APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA MINERA QUELLAVECO, MOQUEGUA - 2024**, elaborado por el bachiller **MANTILLA HERRERA JOSE MARTIN**.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **08%**, 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 las directivas vigentes sobre índice de similitud de los productos académicos de investigación vigente.

Pimentel, 23 de setiembre de 2024

Derechos Reservados - Copyright
Dirección de Tecnologías de la Información
Desarrollo de Sistemas
ESEUSS@uss.edu.pe



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