



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA  
INDUSTRIAL**

**TESIS**

**APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL TPM PARA MEJORAR LA  
PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA MINERA  
ANTAMINA S.A - SAN MARCOS, 2019**

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

**Autor:**

**Bach. Céspedes Nakazaki, José Ysamo**

**(ORCID: 0000-0003-0042-8624)**

**Asesor:**

**Mg. Carrascal Sánchez, Jenner**

**(ORCID: 0000-0001-6882-8339)**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2021**

**TESIS**

**APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA MINERA ANTAMINA S.A -  
SAN MARCOS, 2019**

**Aprobación de jurado.**

---

Mg. Carrascal Sánchez Jenner

**Asesor**

---

Mg. Carrascal Sánchez Jenner

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MSc. Purihuaman Leonardo Celso Nazario

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

Mg. Armas Zavaleta José Manuel

**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

A mi madre, que, con su infinito amor, comprensión y paciencia, me ha acompañado en este largo camino de mi formación profesional.

A Dios, por regalarme la vida, llenarme de bendiciones y perseverancia para no desfallecer en el camino.

## **Agradecimiento**

Mi especial agradecimiento a mis Line Managers Eduardo Melgarejo y Leonardo López, quienes han sido pieza clave y soporte durante el proceso de mi formación; gracias por su comprensión y facilidades otorgadas.

**APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA MINERA ANTAMINA S.A -  
SAN MARCOS, 2019**

**APPLICATION OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE TPM TO IMPROVE  
THE PRODUCTIVITY OF THE MINING COMPANY ANTAMINA S.A – SAN  
MARCOS, 2019**

**José Ysamo Céspedes Nakazaki<sup>1</sup>**

***Resumen***

*La presente investigación tuvo como objetivo general aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad de la Compañía Minera Antamina S.A. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo y descriptivo; con un diseño pre experimental, una población de 14 colaboradores del área de mantenimiento y una muestra no probabilística por conveniencia, tomando la misma cantidad, es decir, 14 trabajadores. Además, se empleó como técnica de recolección de datos la encuesta y la observación. De esta manera, para brindar una solución al panorama encontrado en la compañía se aplicó la metodología TPM. Los resultados señalaron que mediante la aplicación del TPM, se logró disminuir los retrasos en los equipos móviles, así también como las paradas. Además, los resultados evidenciaron la falta de mantenimiento autónomo y preventivo como puntos críticos en la compañía minera. Finalmente, se concluye que la productividad mejora luego de la aplicación del TPM, demostrando un aumento del 11.2% en la flota de equipos móviles en el mes de abril y un aumento del 16.1% para el mes de mayo. Además, el beneficio/costo es de 1.97; evidenciando la viabilidad de la aplicación del TPM en la Compañía Minera Antamina S.A.*

***Palabras clave:*** TPM, Productividad, Minera

---

<sup>1</sup> Adscrito a la Escuela Académica de Ingeniería Industrial Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: [cnakazakijoseys@crece.uss.edu.pe](mailto:cnakazakijoseys@crece.uss.edu.pe), código ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0042-8624>

## ***Abstract***

*The general objective of this research was to apply total productive maintenance (TPM) to improve the productivity of Compañía Minera Antamina S.A. The methodology used had a quantitative and descriptive approach; With a pre-experimental design, a population of 14 employees from the maintenance area and a non-probabilistic sample for convenience, taking the same number, that is, 14 workers. In addition, the survey and observation were used as data collection techniques. In this way, to provide a solution to the panorama found in the company, the TPM methodology was applied. The results indicated that through the application of the TPM, it was possible to reduce delays in mobile equipment, as well as stoppages. In addition, the results showed the lack of autonomous and preventive maintenance as critical points in the mining company. Finally, it is concluded that productivity improves after the application of the TPM, showing an increase of 11.2% in the mobile equipment fleet in the month of April and an increase of 16.1% for the month of May. Also, the benefit / cost is 1.97; evidencing the viability of the application of the TPM in Compañía Minera Antamina S.A.*

***Key words:*** TPM, Productivity, Mining

## ÍNDICE GENERAL

Aprobación de jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento .....	iv
Resumen .....	v
Abstract.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática .....	13
1.2. Antecedentes de estudio.....	16
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	20
1.3.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	20
1.3.2. Productividad .....	29
1.4. Formulación del problema.....	32
1.5. Justificación e importancia del estudio.....	32
1.6. Hipótesis .....	33
1.7. Objetivos.....	33
1.8. Objetivo general .....	33
1.9. Objetivos específicos.....	33
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	36
2.1. Tipo y diseño de investigación .....	36
2.1.1. Tipo de investigación .....	36
2.1.2. Diseño de la investigación.....	36
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	40
2.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	40
2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	40
2.4.3. Validez.....	41
2.4.4. Confiabilidad .....	41
2.5. Procedimientos de análisis de datos.....	42
III. RESULTADOS .....	45
3.1. Diagnóstico de la empresa .....	45
3.1.1. Información general.....	45

3.1.2.	Descripción del proceso productivo o de servicio.....	46
3.1.3.	Análisis de la problemática .....	49
3.1.4.	Situación actual de la variable dependiente.....	79
3.2.	Discusión de resultados .....	83
3.3.	Propuesta de investigación.....	85
3.3.1.	Fundamentación .....	85
3.3.2.	Objetivos de la propuesta .....	85
3.3.3.	Desarrollo de la propuesta .....	88
3.3.4.	Situación de la productividad con la propuesta.....	110
3.3.5.	Análisis costo/beneficio de la propuesta .....	114
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	118
4.3.	Conclusiones .....	118
4.4.	Recomendaciones .....	119
	REFERENCIAS .....	120
	ANEXOS .....	122



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la variable dependiente. ....	38
Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente. ....	39
Tabla 3. Procesamiento de los cuestionarios. ....	41
Tabla 4. Resultado estadístico de confiabilidad. ....	41
Tabla 5. Especificaciones relacionadas al transporte y carguío. ....	47
Tabla 6. Disponibilidad de los equipos móviles – Compañía Minera Antamina S.A. ....	50
Tabla 7. Productividad de los equipos móviles CAT. ....	67
Tabla 8. Productividad de los equipos móviles Komatsu. ....	67
Tabla 9. Existencia de la planificación del mantenimiento en la Compañía Minera Antamina S.A. ....	68
Tabla 10. Preparación de actividades repetitivas de inspección, lubricación, calibración, ajustes y limpieza en los equipos. ....	69
Tabla 11. Realización y verificación de actividades de mantenimiento en base a formatos. .....	70
Tabla 12. Existencia y utilización de los manuales de operaciones en el mantenimiento. .	71
Tabla 13. Cantidad de trabajadores que consideran que los sistemas de mantenimiento preventivo reducen costos. ....	72
Tabla 14. Consultas a los proveedores de los equipos. ....	73
Tabla 15. Existencia de capacitaciones para realizar el mantenimiento productivo total. ..	74
Tabla 16. Aplicación del mantenimiento autónomo en las áreas. ....	75
Tabla 17. Cantidad de trabajadores que consideran que la Compañía Minera Antamina S.A incentiva al personal para mejorar la productividad. ....	76
Tabla 18. Cantidad de trabajadores que consideran que la implementación del TPM, reduce los costos de mantenimiento y mejora la productividad. ....	77
Tabla 19. Eficacia de la Compañía Minera Antamina S.A – Mantenimiento. ....	79
Tabla 20. Eficiencia de la Compañía Minera Antamina S.A – Mantenimiento. ....	80
Tabla 21. Productividad antes de la aplicación del TPM. ....	82
Tabla 22. Escala para la evaluación 5S. ....	86
Tabla 23. Criterios del diagnóstico inicial y final de las 5S. ....	86
Tabla 24. Análisis FODA del contexto de estudio. ....	93

Tabla 25. Programa de mantenimiento autónomo propuesto – Compañía Minera Antamina S.A.....	101
Tabla 26. Incisos para las capacitaciones de mantenimiento autónomo. ....	103
Tabla 27. Programa de Mantenimiento preventivo propuesto – Compañía Minera Antamina S.A. ....	106
Tabla 28. Eficacia luego de la aplicación del TPM.....	110
Tabla 29. Eficiencia luego de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total.....	111
Tabla 30. Productividad antes de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total.....	112
Tabla 31. Productividad después de la aplicación del TPM.....	113
Tabla 32. Beneficio detallado de la propuesta anual – abril 2019.....	114
Tabla 33. Costos detallados de la aplicación del TPM.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Solapamiento de actividades de pequeños grupos. ....	27
Figura 2. Las 5S.....	29
Figura 3. Organigrama del área de Operaciones de la Compañía Minera Antamina S.A... 46	
Figura 4. Diagrama del proceso de transporte de mineral en la Compañía Minera Antamina S.A. ....	47
Figura 5. Camión Komatsu 930.....	50
Figura 6. Indisponibilidades de paradas programadas y no programadas flota Caterpillar 793 en el mes de abril del 2019 .....	51
Figura 7. Indisponibilidades de paradas programadas y no programadas flota Caterpillar 793 en el mes de mayo del 2019.....	55
Figura 8. Indisponibilidades de paradas programadas y no programadas flota Komatsu 930 en el mes de abril del 2019. ....	59
Figura 9. Indisponibilidades de paradas programadas y no programadas flota Komatsu 930 en el mes de mayo del 2019.....	63
Figura 10. Existencia de la planificación del mantenimiento en la Compañía Minera Antamina S.A. ....	68
Figura 11. Preparación de actividades repetitivas de inspección, lubricación, calibración, ajustes y limpieza en los equipos.....	69
Figura 12. Realización y verificación de actividades de mantenimiento en base a formatos. ....	70
Figura 13. Existencia y utilización de los manuales de operaciones en el mantenimiento. 71	
Figura 14. Cantidad de trabajadores que consideran que los sistemas de mantenimiento preventivo reducen costos. ....	72
Figura 15. Consultas a los proveedores de los equipos. ....	73
Figura 16. Existencia de capacitaciones para realizar el mantenimiento productivo total. 74	
Figura 17. Aplicación del mantenimiento autónomo en las áreas. ....	75
Figura 18. Cantidad de trabajadores que consideran que la Compañía Minera Antamina S.A incentiva al personal para mejorar la productividad.....	76
Figura 19. Cantidad de trabajadores que consideran que la implementación del TPM, reduce los costos de mantenimiento y mejora la productividad.....	77
Figura 20. Diagrama de Ishikawa.....	78

Figura 21. Matriz de análisis del diagnóstico inicial y final – 5S. ....	87
Figura 22. Tarjeta roja 5S propuesta para la Compañía Minera Antamina S.A.....	89
Figura 23. Carritos portaherramientas en orden. ....	90
Figura 24. Área de engrase cumpliendo la limpieza. ....	91
Figura 25. Formato de paradas de equipos móviles. ....	97
Figura 26. Formato de Mantenimiento Autónomo – Compañía Minera Antamina S.A... ..	100
Figura 27. Formato de Inspección, Control y Seguimiento – Compañía Minera Antamina S.A. ....	105
<i>Figura 28. Formato de asistencia a capacitación de trabajadores – Compañía Minera Antamina S.A. ....</i>	<i>109</i>

**CAPÍTULO I:  
INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Con el pasar de los años, a nivel mundial, se ha evidenciado a la productividad como un indicador que es sinónimo de la utilización eficiente de los bienes que tiene habilitados una organización para el desarrollo de sus procesos, este panorama fue comprendido desde muchos años atrás; específicamente desde los años cuarenta entre los gigantes asiáticos, ya que en ese entonces Asia tenía el dominio industrial, siendo Japón el centro de los avances en aquella localidad, es así que los inconvenientes que surgían en la productividad, repercutían negativamente en toda la cadena productiva y organizacional, en ese orden, era directamente proporcional; es decir, menos productividad – menos utilidades, comprometiendo la solidez organizacional. China y Estados Unidos, son los países que ahora mismo resguardan la productividad, debido a que tienen una estructura sólida y rentable, para ello ha sido necesario el tiempo transcurrido, la experiencia en el abordaje de los procesos y el respeto a la normatividad vigente, nunca descuidan la productividad, manteniendo programas de prevención.

Los inconvenientes con la productividad se suscitan por distintos problemas, los cuales inician desde el estado de los equipos; algunos por el tiempo de utilización y otros por no realizar el mantenimiento adecuado, así como falta de orden y limpieza. Así mismo, otros de los problemas, son a causa de la falta de motivación por parte de los trabajadores, debido a las limitadas remuneraciones, sumado a ello, la ausencia de perspectivas, incrementando el clima inestable. Además, otros de los inconvenientes que impactan en la productividad, es la falta de seguridad en trabajadores y clientes, sumado a ello, el inapropiado trato a los clientes y finalmente la falta de capacitación a los colaboradores. En ese orden de ideas, todos estos inconvenientes mencionados, desencadenan situaciones desfavorables para la productividad, afectando significativamente en la dinámica de los procesos y la productividad de las organizaciones.

Con un enfoque **internacional**, y latinoamericano, el Perú está entre los primeros productores de diferentes metales (plata, oro, zinc, plomo, hierro, estaño, molibdeno, telurio, entre otros), esto refleja la abundancia de recursos, la capacidad de producción de

la actividad minera peruana, y lo importante que es para la seguridad diplomática económica de nuestro país.

Actualmente, a nivel mundial, es reconocido que el Perú es un país clave en la extracción de minerales, por ende, los minerales peruanos poseen una gran demanda mundial. El desarrollo se encuentra basado en la producción y la industria, comprometiendo países competentes como China, Estados Unidos, Japón Suiza, Canadá y en su conjunto, la Unión Europea (UE), siendo estos los principales demandantes de mineral a nivel mundial.

La industria minera es de suma importancia y fundamental para la economía de cada país. Su desarrollo se identifica por sus actividades operativas de volúmenes en grandes cantidades de materiales mineros, en la cual se necesita maquinarias en óptimas condiciones para poder ejercer este tipo de actividades, aun así, el trabajo diario y el esfuerzo que estas realizan, traen como consecuencia desgastes de unas de sus piezas o el envejecimiento del mismo, generando paros en la producción y complicando el trabajo de los operarios, siendo sometidos a un mantenimiento correctivo, adicionando un costo moderado por corrección de averías. Ante las evaluaciones preliminares, los problemas que tienes estos equipos de la actividad minera genera un incremento del costo total de su mantenimiento, afectando el trabajo y la productividad para lo que son destinados (Guerra y Montes, 2018, p.15).

En la actualidad, las organizaciones industriales enfrentan un gran reto de organizar e implantar nuevas estrategias de rendimiento, en la cual puedan posicionarse y competir en el mercado industrial. La estrategia del Lean Manufacturing se ha vuelto una buena opción para llevar a cabo una productividad eficiente y así extender las competencias de manufactura que resalte su interés en la competitividad. Además, no se conoce el resultado que sume a cada una de las herramientas de Lean Manufacturing para lograr la productividad (Favela, Escobedo, Romero, Hernández, 2019, p.115).

A nivel nacional, en el Perú la minería juega un rol importante para su economía como resultado ha sido tendencia de expansión minera en las dos últimas décadas.

En la actualidad el sector minero peruano es una industria rentable y competitiva, puesto que ello ha llevado a las organizaciones a emplear estrategias que les permiten

mantenerse en el mercado, por una mejor productividad. En el sector industrial se vive constantes cambios, de tal modo las empresas tienen la obligación de evaluar o analizar sus procesos operativos con herramientas de gestión para saber si su desempeño es eficiente, esto les permitirá denotar sus activos con efectividad, eficacia y eficiencia, según la implementación del TPM que con la aplicación de sus acciones sistematizadas influyen para un desarrollo en la competitividad (Castro, 2020, p.3).

Jara (2021) afirma que las causas esenciales de contratiempos y enfermedades en el trabajo en el país son debidas al mantenimiento que se realizan a equipos del rubro minero. En la cual este mantenimiento nos garantiza el correcto cumplimiento de actividades de las máquinas, también nos asegura la productividad eficiente permanente. El mantenimiento es reconocido como una actividad de mucho riesgo, esto compromete al empleado encargados de mantenimiento a estar arriesgados. El mantenimiento productivo total ha ido avanzando en las empresas mineras del país ya que algunas realizan manteniendo predictivo, planificado y autónomo a los equipos mejorando la productividad de su maquinaria.

Según Inga y Montoya (2020) La justificación y ahorro económico de una organización será si se utiliza el TPM, esto permitirá disminuir costos para realizar el mantenimiento correctivo que es similar al mantenimiento preventivo, pero este se usa con más frecuencia, además se va a disminuir los costos de horas extra de los empleados.

### **Contexto Local**

La Sociedad Minera Antamina S.A es una de las canteras de cobre más importantes a nivel mundial. Ubicada en la Región Ancash, distrito de San Marcos - Perú, a 4 km de la ciudad de San Marcos aproximadamente y 200 km de la ciudad de Huaraz.

La empresa fabrica masivos volúmenes de cobre, zinc, bismuto y molibdeno, además como actividad secundaria elaboran la plata y plomo a tajo abierto. Es uno de los mayores productores que fabrican cobre y zinc en el Perú, una de las más grandes por su volumen de producción. Dentro de los problemas de la empresa se encuentran: la duración de las unidades en el taller por reparaciones diferentes afectando la inoperatividad y esto genera un alto costo, por el reemplazo de unidades para que los talleres estén disponibles para cualquier problema que se presente durante el proceso y



sea un soporte para lograr los objetivos en el tiempo adecuado, y así no se requiera programar o recargar con unidades de reparto o alquiler de unidades terceras que son un riesgo y un sobre costo para la empresa. En conclusión, la compañía decidió por la aplicación del TPM, ya que reduce los tiempos de parada, permitir continuar la evolución de una falla y subsanarla en el transcurso del trabajo y mejorar la gestión del personal de mantenimiento. Los equipos en óptimas condiciones para la producción y una frecuente evaluación nos permiten conocer su estado y a cuidar la vida útil de las maquinarias en bienestar de la empresa y a sus objetivos.

La Compañía Minera Antamina S.A ha venido ejecutando procesos de mantenimiento basados en “extinguir fuegos”, subsanando el hecho ocurrido, solo cuando este sucede, lo que se traduce en la aplicación del mantenimiento correctivo. Es decir, se recurre al mantenimiento y reparación de la avería, falla o cuello de botella, solo después de ocurrido el hecho, provocando paradas innecesarias de largo tiempo no planificadas, afectando negativamente en el transporte de los minerales y la productividad.

## **1.2. Antecedentes de estudio**

### **Contexto Internacional**

Con relación a las herramientas que se manejan en Lean Manufacturing, Favela, Escobedo, Romero y Hernández (2019) mencionan en su estudio denominado “Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto”. El objetivo principal fue plantear un modelo conceptual que pueda identificar el peso relativo de las aportaciones y la implementación de las herramientas de manufactura esbelta para mejorar la productividad. La metodología utilizada en la investigación estuvo basada en un diseño de revisión de literatura para determinar las investigaciones contextuales y lograr la construcción conceptual del modelo. Los resultados señalan que en esta investigación las herramientas de manufactura esbelta que más relevante en la productividad de las organizaciones son: 5S, mantenimiento productivo total, el justo a tiempo (JIT), Káiser, Kanban, cambio rápido de modelo (SMED) y el mapeo del flujo de valor (VSM), con un peso de 15, 14, 13, 12, 9, 9 y 7 %

respectivamente. Además, son indicadores que miden la productividad con eficiencia, la efectividad y los factores internos.

Guerra y Montes (2018) en su estudio denominado “Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería”. El objetivo principal fue determinar la relación entre productividad, mantenimiento y el reemplazo de la maquinaria minera que se utiliza a cielo abierto, partiendo del análisis de su desempeño bajo condiciones concretas de explotación. El esquema metodológico estuvo enfocado en un tipo descriptivo para el análisis tecnológico de la mina, empleando un estudio de campo y como herramienta principal el estudio de caso. Los resultados indican que el cálculo del índice de productividad total del equipamiento de transporte, de excavación - carga y buldóceres al 6to año de explotación, cuyos porcentajes han sido 51.72 %, 48.88 % y 55.51 % respectivamente, dando como resultados reducciones de productividad del parque de máquinas entre el 44% y el 51%. Las causas fundamentales han contribuido en la reducción del índice de productividad del equipo y máquinas que no están aptas de manera técnica, ya que es deficiente en la culminación de los planes de mantenimiento, que a su vez guarda relación con la categoría de adquisición que se implemente en cada equipo en concreto y se tomó la decisión de sustituir en el momento preciso.

### **Contexto Nacional**

Con un enfoque hacia las variables bajo estudio, aplicado al contexto minero, Jara (2021) en su artículo de investigación denominado “Aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para incrementar la productividad de la compañía minera Argentum S.A - Morocha, 2019”. El principal objetivo de la investigación fue encontrar la variabilidad positiva – ascendente en el incremento de la productividad, empleando como herramienta el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la compañía minera bajo estudio. La investigación estuvo enmarcada en un análisis de tipo descriptivo – cuantitativo, con un diseño pre experimental como método del estudio. Así mismo, la población de la empresa minera, estuvo conformada por 27 colaboradores del área de mantenimiento y la muestra fue de tipo no probabilístico por conveniencia, la cual correspondió a la misma cantidad de la

población. Como técnicas de recolección de información para el estudio, se empleó la entrevista, observación y encuesta. En esa secuencia, se pudo evidenciar en los resultados que debido a la aplicación del TPM, se logró la reducción de la cantidad de paradas no programadas de los equipos móviles CAT y Komatsu. Finalmente, el autor concluye que efectivamente la productividad incrementó, después de la propuesta en los vehículos Caterpillar, de 0.027 motores de equipos móviles a 0.058; así mismo en el caso de los equipos Komatsu, de 0.029 motores a 0.105 motores de equipos móviles disponibles/h-H.

Inga y Montoya (2020) en su investigación titulada “Implementación del TPM para mejorar la productividad en el área de producción en la empresa S.C.R. S.A.C en Planta CML – Lince 2020”. El principal objetivo fue determinar el impacto en la productividad con la implementación del TPM en el área de producción de donuts, en la planta CML-Lince. El marco metodológico que se adecuó a la investigación fue de tipo aplicado con diseño pre – experimental. Los resultados señalaron que se obtuvo una mejora en la productividad del 16.40%, de esta manera se puede concluir que, la implementación del Mantenimiento Productivo Total en la empresa, logra impactar positivamente en la productividad de la empresa S.C.R. S.A.C – Planta CML.

Con respecto al transporte de minerales y la aplicación del TPM, bajo un contexto minero, Castro (2020) en su investigación denominada “Incremento de la Productividad en el Proceso de Transporte de Mineral mediante la aplicación de la Metodología TPM en la empresa minera Río Chicama S.A.C. de la Libertad”. El objetivo principal fue determinar el incremento en el indicador productividad, manejado en los procesos de transporte de mineral mediante la aplicación de la herramienta y metodología TPM en la compañía minera. La metodología empleada fue de tipo deductivo- inductivo, de alcance transversal- cuantitativo de diseño pre-experimental, se utilizaron técnicas como la entrevista, encuesta y el análisis estadístico, también se empleó como instrumentos cuestionarios, Check List y fichas diagnóstico. Los resultados del estudio fueron que incrementó la productividad en 69.46%, la disponibilidad en 89.90%, la confiabilidad aumentó en 75.05%, también hubo un incremento de la mantenibilidad en 86.65%, el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) fue mayor en 78.12 horas y una reducción del Tiempo Medio Para Reparar

(MTTR) a 0.99 horas. Finalmente se evaluó el impacto del incremento de la productividad y disponibilidad de los equipos sobre el balance económico y de tener una pérdida por inoperatividad de US\$ 51,304.71 y se logró reducir a US\$15,894.61 por mes. Con respecto a la producción del mineral en la unidad Bumerang se obtuvo un incremento mensual de 1,485 tn promedio.

### **Contexto Local**

La región Lambayeque no tiene como actividad económica principal, la minería; sin embargo, la agroindustria es potencialmente la que mueve económicamente la región, es entonces que, García (2021) en su investigación denominada “Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad en la empresa Frusan Agro S.A.C Lambayeque 2020”. El principal objetivo del estudio estuvo enfocado en obtener un incremento en la productividad, mediante la aplicación de la metodología TPM, aplicado en una empresa agroindustrial de la región. El esquema metodológico fue de tipo descriptivo con un diseño no experimental; así también, una población conformada por todos los procesos relacionados al área de producción y la mano de obra con un total de 62 trabajadores de la empresa. Las técnicas empleadas para la recolección de datos fueron la observación y la encuesta. Los resultados demostraron que la empresa agroindustrial necesitaba la aplicación de la metodología TPM, por lo que se pudo concluir que la productividad incrementa de 77% a 89%, después de la propuesta, obteniendo una variabilidad positiva del 12%.

En la ciudad de Chiclayo, se trabajó en una empresa productiva, donde Pérez (2019) en su estudio denominado “Gestión de Mantenimiento basado en Metodología TPM para incrementar la Productividad en la empresa Cerinsa E.I.R.L. Chiclayo. 2019”. El objetivo principal estuvo enfocado en el aumento de la productividad, realizando una gestión del mantenimiento con la aplicación de la metodología TPM en la organización. La metodología empleada fue descriptiva – no experimental, tomando como muestra un total de ocho máquinas, las cuales estarían afectando la producción y generando situaciones improductivas. El procesamiento de los datos direccionó a resultados que permiten evidenciar una mejora, con la aplicación de la metodología TPM; es decir, porcentualmente en promedio la

disponibilidad sin la aplicación del mantenimiento de todos los equipos, es de 85.35% y con la incorporación del mantenimiento preventivo y la supervisión idónea, incrementa a 93.69%, lo que refleja una mejora del 8.3%. Finalmente, se realizó el beneficio – costo de la propuesta, permitiendo evidenciar un valor de S/. 2.32, obteniendo un beneficio de S/. 1.32 por sol invertido, concluyendo con una propuesta rentable para la empresa.

Llontop (2018) en su investigación denominada “Propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la Agroindustria Pomalca S.A.A”. El principal objetivo estuvo enfocado en determinar la relación entre la proposición de poner en marcha el mantenimiento productivo total, en el área de extracción de jugo de caña. El esquema metodológico utilizado fue de tipo aplicado con un diseño de investigación pre experimental y una población – muestra constituida por un total de 57 trabajadores de jugo de caña. Los resultados indicaron que, con un correcto mantenimiento, para una molienda de 252,138.24 tn de caña, se obtuvo 28,540.65 tn de azúcar, con la mejora se va a llegar a 29,093.4 tn de azúcar, recuperando 552,72 tn de azúcar.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

Las teorías estuvieron enfocadas en las variables bajo estudio, basándose en investigaciones y literatura relacionada al Mantenimiento Productivo Total (TPM) y La Productividad, como variable dependiente. A continuación, se inicia abordando la variable independiente:

#### **1.3.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

##### **Definición de Mantenimiento**

Es el conjunto de actos imprescindibles para control del estado técnico de componentes que conforman una instalación industrial y así poder recuperar la calidad proyectada de cada operación, teniendo mayor seguridad y eficiencia posible (Beltrán, Fuentes y Martínez, 2014, p.21).

## **Definición de Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

La metodología perteneciente a las herramientas de Lean Manufacturing, el Mantenimiento Productivo Total (TPM), es un sistema que se estructura en actividades secuenciales que otorgan mejoras en las empresas, volviéndolas competitivas, sin importar el rubro; industrial – productiva o de servicios. (Castillo, Fernández y Ángeles, 2018, p.29)

## **Objetivo del TPM**

La aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), tiene objetivos concisos enfocados en 3 pilares fundamentales: objetivos estratégicos, operativos y organizacionales, de esta forma considerando todos los beneficios que se pueden aprovechar con la aplicación del TPM. (López, 2009, p.18)

### **▪ Objetivos Estratégicos**

El objetivo estratégico del TPM es tener mayor potencial en el mercado y su productividad sea más eficiente a comparación con diversas empresas, entonces ha sido importante y necesario encontrar la forma de incrementar la productividad, con el objetivo de lograr un mayor rendimiento amplificado para las organizaciones vigentes en el mercado, demostrando una participación relevante generando mejoras en la oferta y la demanda.

### **▪ Objetivos Operativos**

El TPM busca mejorar el rendimiento de los equipos, teniendo como resultados cero fallas, evitando desperdicios que se presenten a causa de ello.

El objetivo operativo del TPM, busca el incremento de las distintas capacidades que puede tener una organización, así también como de las instalaciones, logrando así la efectividad y eficacia a través de una herramienta estratégica para el mantenimiento de los equipos, máquinas, etc. Finalmente, el objetivo común que es optimizar la calidad de los procesos productivos o de servicios.

- **Objetivos Organizativos**

El Mantenimiento Productivo Total, busca el desarrollo de los colaboradores a nivel personal, generando un entorno laboral favorable, otorgando fortaleza en las labores de equipo, incrementando la moral para expandir las habilidades de los trabajadores, de esta manera lograr un aporte significativo para el crecimiento de las organizaciones. De esta manera, obtener resultados fructíferos para la organización.

### **Tipos de Mantenimiento (Correctivo, Preventivo, Predictivo)**

Según Sánchez (2017) el valor del mantenimiento industrial se encuentra en la necesidad que tienen las organizaciones de conservar sus máquinas e instalaciones trabajando de manera eficiente, sin problema alguno.

- **Mantenimiento correctivo**

El enfoque del mantenimiento correctivo se enmarca en la reparación de los diferentes equipos o máquinas en el momento del hecho o problemática con el proceso productivo o de servicios.

- **Mantenimiento preventivo**

Sucesión de previas evaluaciones que le realizan a las máquinas cada cierto tiempo con el objetivo de afirmar un funcionamiento eficiente y así poder evitar interrupciones de trabajo con la maquinaria, teniendo en cuenta que mediante este mantenimiento tendremos una adecuada planificación y programación también ser conocedores de las fallas previstas en equipos, sistemas e instalaciones, que esta hace que el proceso productivo falle. Este tipo de mantenimiento, a comparación del mantenimiento correctivo, conserva a las maquinarias en mejores condiciones, dando una ventaja en la producción de la empresa.

- **Mantenimiento predictivo**

Cuando se habla de predicción en el mantenimiento, se constituye de varias pruebas que no afectan al sistema, siendo de gran importancia, debido

a que se puede ejecutar un seguimiento al desarrollo productivo de los equipos con la finalidad de encontrar indicadores de advertencia que señalen alguna imperfección y se logre evidenciar el problema del por qué no se está laborando de forma adecuada. El mantenimiento predictivo permite actuar de forma oportuna, antes del hecho conflictivo, para de esta forma poder programar las respectivas reparaciones o modificaciones, sin comprometer el proceso de producción y finalmente optimizar la vida útil de las máquinas y equipos.

### **Actividades fundamentales del desarrollo del TPM**

Según Suzuki (2017) Las organizaciones deben aplicar herramientas estratégicas que logren con eficiencia y eficaz los objetivos del TPM. Diversas empresas pueden decidir qué actividades implementar, las principales son:

#### **1. Mejoras orientadas**

Las mejoras orientadas son un tipo de actividad realizada por equipos de proyectos inter-funcionales compuestos por personas tales como ingenieros de producción, personal de mantenimiento, y operarios. Estas actividades están pensadas para minimizar las pérdidas que se busca erradicar, que se han medido y evaluado cuidadosamente.

#### **2. Mantenimiento autónomo**

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) tiene como característica principal el mantenimiento autónomo. La literatura menciona que fue procedente de Estados Unidos y se implementó en Japón, de esta forma se dividieron las funciones de operatividad y las de mantenimiento, perdiendo responsabilidad los trabajadores con respecto al manejo de los equipos y progresivamente se iba perdiendo sensibilidad con relación al mantenimiento de los mismos.



### **3. Mantenimiento planificado**

Cuando se relaciona el TPM, el movimiento de mantenimiento planificado se distingue por la importancia que posee de controlar los tiempos medios entre fallos (MTBF) y de emplear esa evaluación para detallar las pausas en la producción.

### **4. Formación y adiestramiento**

La capacidad de trabajo de una organización es un bien de gran estimación y/o valor, en ese sentido, todas las empresas deben capacitar y formar a sus colaboradores. Los operarios de las diferentes industrias productivas o de servicios, son cada vez más limitados, forman parte de un grupo específico y con el pasar de los años adquieren una formación más adaptable, de esta manera el adiestramiento debe estar incluido en el esquema de recursos humanos o talento humano. Finalmente, es importante tener una visión del tipo de operadores que se desea o necesita capacitar y los programas ideales de acuerdo al contexto.

### **5. Gestión temprana de nuevos equipos y productos**

La gestión temprana del equipo concierne a los usuarios de los equipos, a las empresas de ingeniería, y a los fabricantes de equipos. Habitualmente, se cubren las siguientes etapas:

- Planificación de la investigación de equipos
- Diseño de procesos
- Proyectos de equipos, fabricación e instalación
- Someter a test la operación
- Gestión del arranque

### **6. Mantenimiento de calidad**

El mantenimiento de calidad (QM) es un método para fabricar con calidad bien a la primera y evitar los defectos a través de los procesos y equipos. En el mantenimiento de calidad, la variabilidad de las características de calidad de un producto se controla controlando la condición de los componentes del equipo que les afectan.

## **7. Mantenimiento Productivo Total (TPM) en los departamentos administrativos y de apoyo**

El área administrativa y de apoyo cumple un rol significativo como el sostén de la producción en una organización. Los tiempos se ven reflejados en la calidad y oportunidad en el periodo de tiempo de entrega de información que contribuyen los departamentos administrativos, generando un gran impacto en las tareas productivas o de servicios.

El mantenimiento productivo total contiene actividades enmarcadas por los departamentos o áreas administrativas, las cuales no solo deben apoyar al TPM en las empresas, también deben servir como refuerzo para sus propias funciones, incrementando los indicadores de la empresa y la cultura.

Las actividades TPM realizadas por los departamentos administrativos y de apoyo no deben solamente apoyar al TPM en la planta, deben también reforzar sus propias funciones mejorando su organización y cultura. Sin embargo, cuando se compara con la producción, no es tarea sencilla para el área administrativa realizar una medición del impacto de sus actividades.

## **8. Gestión de seguridad y del entorno**

La seguridad y prevención de efectos adversos sobre el entorno son temas importantes en las industrias de proceso. Los estudios de operatividad combinados con la formación para prevenir accidentes el análisis de fallos son medios eficaces para tratar estos asuntos. La seguridad se promueve sistemáticamente como parte de las actividades TPM. Como en el caso de otras actividades TPM, las actividades de seguridad se realizan también con el sistema paso a paso.

## **9. Sostener la implantación del TPM y elevar sus niveles**

Hay varias claves para mantener los niveles TP11 una vez logrados. Por ejemplo, crear fuertes grupos TP11 en cada nivel y dotar a una organización de promoción que ayude a integrar el TPM en el trabajo diario. El procedimiento paso a paso sistemático que se recomienda para las actividades TPM es eficaz para lograr resultados. Es también útil un enfoque de mejora continua mediante el ciclo CAPD,

revisando continuamente hacia arriba los objetivos, y aceptando nuevos desafíos, como el Premio especial PM.

### **Implementación del TPM (Fases)**

Suzuki (2017) menciona que es vital elaborar cuidadosa y prolijamente los fundamentos para un programa TPM. Si la planificación es descuidada, se necesitarán repetidas modificaciones y correcciones durante la implantación. La fase de preparación arranca con el anuncio de la alta dirección de su decisión de introducir el TPM y se completa cuando se ha formulado el plan maestro plurianual de desarrollo del TPM.

#### **Paso 1: La alta dirección anuncia su decisión de introducir el TPM**

Todos los empleados deben comprender el porqué de la introducción del TPM en su empresa y estar convencidos de su necesidad. La elevación de los costes de las primeras materias y los materiales intermedios, la caída de los precios de los productos, y otros factores negativos del entorno, fuerzan a la industria a organizarse más eficazmente. Muchas empresas están adoptando el TPM como un medio para resolver complejos problemas internos y luchar contra las turbulencias económicas. No es necesario explicar, que la alta dirección debe considerar cuidadosamente estos puntos antes de anunciar su decisión de introducir el TPM.

#### **Paso 2: Educación introductoria para el TPM**

Antes de poner en práctica un programa TPM debe comprenderse. Para garantizar que todos comprenden las características del TPM, y las razones estratégicas que han llegado a la dirección a aceptarlo, se planifican seminarios externos y planes de formación internos adecuados para cada nivel.

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

El TPM se promueve a través de una estructura de pequeños grupos que se solapan en toda la organización. Como muestra la figura 3-1, en este sistema, los líderes de pequeños grupos de cada nivel de la organización son miembros de pequeños grupos del siguiente nivel más elevado. También la alta dirección

constituye en sí misma un pequeño grupo. Este sistema es extremadamente eficaz para desplegar las políticas y objetivos de la alta dirección por toda la organización.

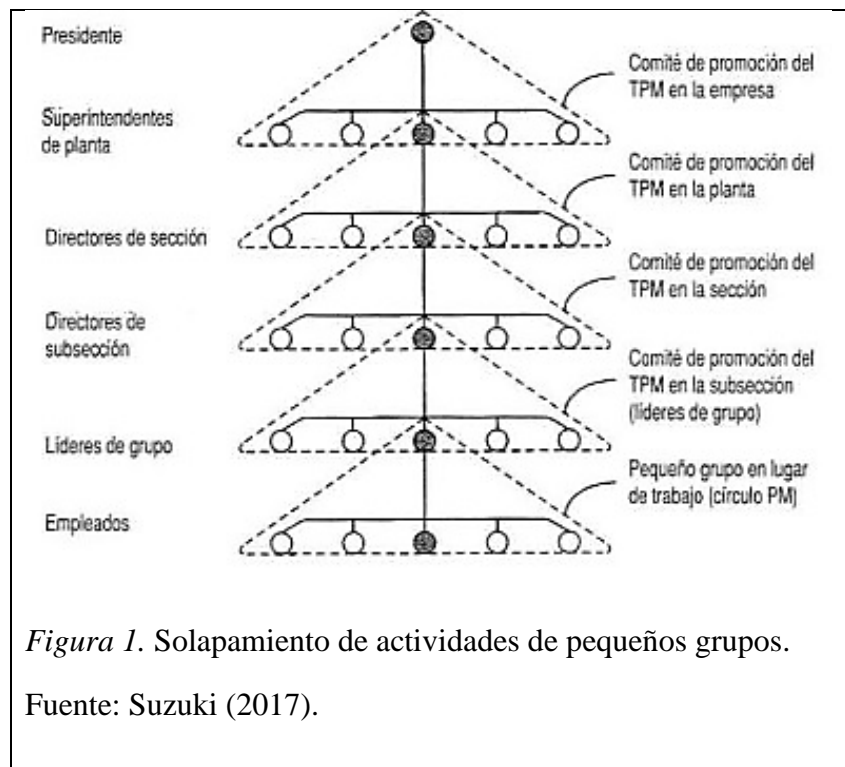


Figura 1. Solapamiento de actividades de pequeños grupos.

Fuente: Suzuki (2017).

#### **Paso 4: Establecer políticas y objetivos TPM básicos**

Las políticas TPM básicas deben ser parte integral de la política global de la empresa y debe indicar las directrices de las actividades a realizar. La finalidad debe vincularse con un plan estratégico de la empresa. Es decir, con las proyecciones que tiene la empresa a medio y largo plazo, esta decisión de tomarse por todos los interesados y la alta dirección. El sistema TPM debe mantenerse lo suficiente en la empresa para cumplir los objetivos.

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

En la formulación de un plan maestro de implantación TPM, inicialmente se debe decidir las tareas a realizar y poner en práctica para alcanzar los objetivos de la metodología TPM. El diseño del plan maestro es un sumamente importante, ya que cada organización debe reflexionar y tomar decisiones en torno a las maneras más eficientes para subsanar los desfases entre situaciones de partida – objetivos, así también como las bases de referencia.

### **Paso 6: Fase de introducción: «Saque inicial» del proyecto TPM**

Cuando se concluye el paso anterior y se aprueba el plan maestro, se puede dar lugar al “saque inicial” del Mantenimiento Productivo Total. El inicio debe afinarse para crear un ambiente que incremente la moral y cause dedicación. En países asiáticos como Japón, la fase de introducción se conforma por una reunión de todos los operarios, donde se invitan clientes, filiales y subcontratistas. Este procedimiento, tiene un momento donde la alta dirección debe confirmar el compromiso de implementar el TPM e informar de los planes que se desarrollarán y el trabajo que se realizará durante la fase de introducción.

### **Paso 7: Fase de implantación**

La fase de implantación consta de actividades debidamente seleccionadas para el logro de los objetivos del plan maestro. Se debe incorporar el orden y el periodo de tiempo de cada actividad o tarea, para ajustarse a las diferentes propiedades particulares de la organización, división o planta industrial. Sin embargo, algunas actividades o tareas pueden ejecutarse en paralelo.

### **Paso 8: Fase de consolidación**

La fase de consolidación se basa en el afianzamiento de los niveles logrados y mejoramiento de las metas. En países asiáticos como Japón, la primera fase de un programa de Mantenimiento Productivo Total, finaliza cuando una organización obtiene un premio relacionado al TPM. Sin embargo, las tareas TPM organizacionales no finalizan aquí, debido a que se debe mantener la constancia y permanencia firme para lograr cambios en la cultura organizacional y obtener resultados cada vez más eficaces.

### **Filosofía 5S en TPM**

Según Salazar (2019) Es conocida como táctica de las 5S debido a que fomenta métodos que son fundamentos desarrollados con cinco vocablos japonesas que inician con S. Cada termino tiene un concepto relevante de mucha importancia para la creación de un puesto apropiado y fiable para el trabajo. Estos términos son:

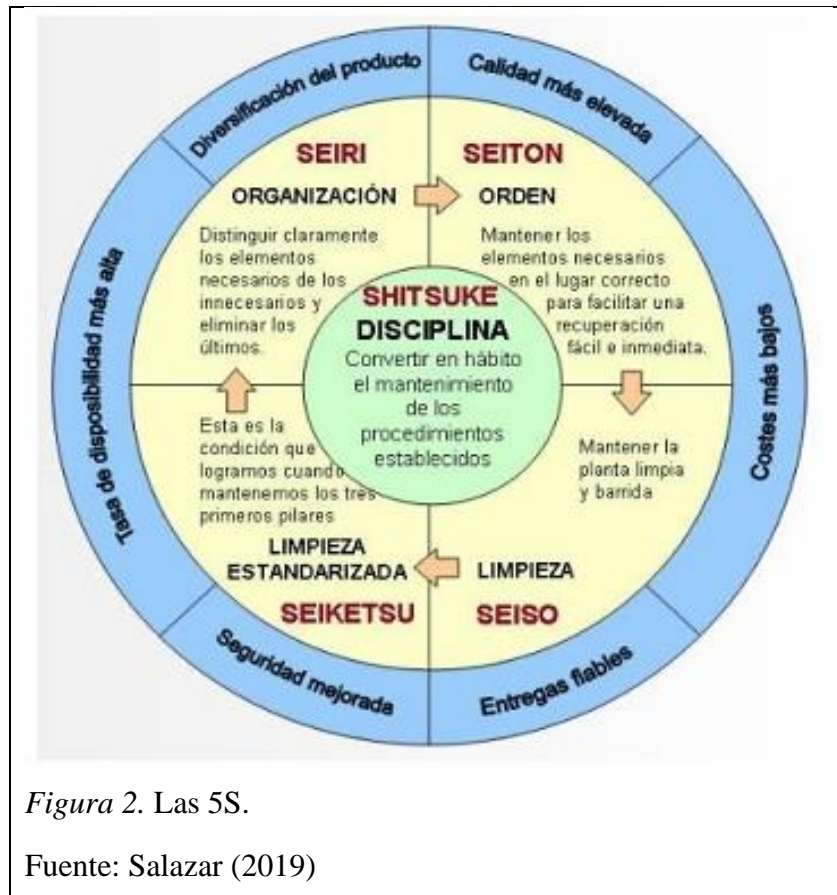


Figura 2. Las 5S.

Fuente: Salazar (2019)

### 1.3.2. Productividad

#### Definición de la productividad

El indicador denominado “Productividad”, enmarca una definición que vincula la producción y los elementos, materiales o bienes empleados en el desarrollo de un proceso productivo, si el caso es aplicado en una organización de manufactura o de ventas; mientras tanto, se emplean las ventas, si es una empresa de servicios, utilizando como factor común, los recursos consumidos en el proceso. En ese orden de ideas, la definición de la productividad es equivalente su aplicación a una organización del rubro industrial o de servicios, a una industria o a la incorporación de la economía. Es decir, señala la cantidad de producto generado por los recursos o materiales empleados en un procedimiento o tarea económica. (Pérez, 2019, p.28)

## **Importancia de la productividad**

Según Bonilla (2012) la productividad tiene una mayor proximidad y relación con la competitividad, es decir, desarrollar la productividad es crear ventaja competitiva, en consecuencia, existe una estrecha y directa relación entre estas dos categorías. La competitividad permite a los países y a las empresas afrontar favorablemente la competencia internacional, bien sea en el entorno doméstico o internacional y la productividad, establece la relación entre los recursos disponibles, las unidades que se producen y su valor; el mejoramiento de ésta, permite potenciar la capacidad competitiva.

## **Medición de la productividad**

Según Miranda y Toirac (2010) Se entiende por un sistema de producción al grupo de características estructurales que hacen posible el proceso mediante el cual se crean bienes o servicios. Las mediciones más comunes son:

1. Productividad
2. Eficiencia
3. Eficacia

La productividad es un indicador relativo que mide el valor de un factor productivo, o más, para crear determinados bienes, por lo que al incrementarla se logran resultados eficientes. La productividad tiene una relevancia que radica en la utilización como indicador de medición, para situaciones reales y relacionadas a la economía de una empresa, industria, gestión empresarial o incluso de un país.

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

Analizando la fórmula podemos decir que la relación entre producción e insumos debe ser mayor o igual a la unidad y que la productividad puede aumentar de la siguiente manera:

Incrementando la producción utilizando los mismos o menos insumos, lo que implica el mejoramiento continuo del sistema actual.

Manteniendo el nivel de producción utilizando menos insumos.

Al medir productividad con relación a un factor de producción, lo que dará como resultado un indicador parcial de productividad, los más importantes son:

La productividad del trabajo.

La productividad del capital.

La productividad del uso de los materiales.

La productividad del trabajo, por ejemplo, se mide por la producción en cierto periodo, por persona ocupada: esto indica qué cantidad de bienes es capaz de producir un trabajador en un periodo determinado. Si modificamos la cantidad de trabajadores, definitivamente, no aumentaría la productividad; esto sólo ocurre si logramos que los mismos trabajadores produzcan más en el mismo período de tiempo. Este tipo de mediciones no son como lo esperamos, por los inconvenientes que presentan, como las diferentes habilidades en el desempeño del personal y las variaciones en productividad, pero podríamos tener un control de la productividad desde un punto de partida, así los gerentes sean conocedores o se mantengan informados de todo el proceso y la tendencia.

En tiempos pasados, cuando el costo predominante partía de la mano de obra, la productividad se medía únicamente de la mano de obra directa, sin embargo, en la actualidad existe la necesidad de ver más allá y desarrollar una perspectiva de varios factores o multivariabes. Cuando se calcula la productividad con base en los factores productivos que participan en la producción, se obtiene lo que se conoce como productividad total de los factores (PTF).

En ese sentido, Gutiérrez (2010), asegura que la productividad es la constancia en la calidad de los procesos, en pocas palabras, es una mejora constante y continua, ya que no se trata de producir más y en cantidad, si no de producir mejor, manteniendo la calidad del producto o servicio. (p.22).

*Productividad = Eficiencia \* Eficacia*

$$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total}} = \frac{\text{Tiempo util}}{\text{Tiempo total}} * \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total}}$$



La **Eficiencia**: Este indicador guarda relación con el resultado logrado y los recursos o materiales utilizados para un proceso.

La **Eficacia**: Este indicador se relaciona con la capacidad para lograr el efecto deseado, como los objetivos pre definidos en condiciones preparadas previamente.

La **Efectividad**: Este indicador permite mantener un equilibrio entre los indicadores anteriores, por lo tanto, es la consecuencia. Es decir, eres efectivo, cuando logras ser eficiente y eficaz.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cómo mejorará la productividad en la empresa minera Antamina S.A. – San Marcos mediante el Mantenimiento Productivo Total TPM?

#### **1.5. Justificación e importancia del estudio**

El presente estudio abordado, es de gran importancia para la Compañía Minera Antamina S.A, debido a que se aplicó la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para incrementar la productividad de los procesos de transporte de la empresa minera. De esta forma, permitiendo optimizar los procesos de gestión, calidad del trabajo, capacitación de personal y trabajo en equipo.

La investigación se justifica de forma práctica, debido a que se buscó darle solución a un problema que puede llevar a la compañía a mermar el proceso de transporte y mantenimiento de los equipos móviles, conflictuando sus procesos. Entonces, el estudio permite a la organización establecer una metodología para mejorar la productividad, empleando herramientas que dan espacio al mejoramiento de la utilización de los recursos. Este panorama trae como beneficio un incremento la eficiencia y eficacia de los equipos móviles. Además, el mejoramiento del conocimiento de las funciones que deben cumplir los colaboradores con respecto al mantenimiento, permitiendo optimizar el flujo laboral de la compañía minera y por ende el servicio a la comunidad.

Así mismo, en un contexto práctico, el estudio otorga beneficios académicos, sirviendo de aporte científico para futuras investigaciones, convirtiéndose en un

antecedente. De igual forma, la justificación también radica en el desarrollo profesional del investigador, involucrando a estudios posteriores donde se trabaje el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y la Productividad; siendo también un aporte para las organizaciones que mantienen un conflicto con estas variables.

Por otro lado, la investigación también se justifica en un contexto económico, debido a que se realizó un estudio de los pasos a seguir con respecto a la metodología TPM, con el fin de entender y conocer las herramientas necesarias para construir una cultura de mantenimiento que permite incrementar la productividad de los equipos móviles, para que se puedan cumplir con todos los objetivos de la Compañía Minera Antamina S.A, afectando positivamente en los costos de dicha organización.

Finalmente, el estudio tiene justificación social, debido a que el mejoramiento de la productividad de la organización, permitirá una optimización de los procesos que conlleva y de esta manera repercute positivamente en la producción, generando un panorama adecuado para el trabajador y de esta manera, se logran lazos laborales que despliegan un notable beneficio comunitario.

## **1.6. Hipótesis**

La aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) mejora la productividad de la empresa Minera Antamina S.A - San Marcos.

## **1.7. Objetivos**

### **1.8. Objetivo general**

Aplicar el Mantenimiento Productivo Total TPM para mejorar la productividad de la Compañía Minera Antamina S.A – San Marcos, 2019.

### **1.9. Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico situacional actual de la Compañía Minera Antamina S.A, en el año 2019.
- Implicar a los trabajadores en la aplicación de la herramienta metodológica TPM.

- Preparar formatos de registro, control y seguimiento de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).
- Realizar el análisis costo – beneficio de la propuesta.

# **CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODO**

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

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

#### **2.1.1. Tipo de investigación**

El presente estudio posee un enfoque enmarcado en aspectos cuantitativos. De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014) un enfoque cuantitativo emplea la recopilación de información para realizar pruebas de hipótesis en base a mediciones y análisis estadístico de datos obtenidos, con el propósito de plantear un modelo de dinamismo y realizar pruebas de teorías estudiadas previamente.

La literatura menciona que un estudio puede ser básico o aplicado. Bajo esas características, Hernández et al (2014) asegura que una investigación científica debe cumplir con el propósito fundamental de generar conocimiento y teorías (investigación básica) y otorgar solución a problemas relacionados a distintas variables (investigación aplicada).

En conclusión, la investigación abordada en la Compañía Minera Antamina S.A, guarda afinidad con las características de un estudio aplicado, debido al objetivo de solucionar y/o resolver un problema específico relacionado a la productividad de la compañía minera y a su vez, emplear como herramienta de trabajo: la aplicación de la metodología TPM, de esta forma se concluye que estamos evidenciando una investigación descriptiva – aplicada.

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

Con respecto al diseño de la presente investigación, Hernández et al (2014) señala que, en un estudio no experimental, las variables independientes suceden y no es factible su manipulación. Es decir, no existe un control directo sobre las variables independientes, así tampoco influye en ellas, debido a que ya sucedieron, del mismo modo acompañado con sus efectos e impacto.

Por lo tanto, la presente investigación aplicada en la Compañía Minera Antamina S.A, se caracteriza por estar enmarcada en un diseño no experimental, debido a que no se han modificado intencionalmente las variables y se realiza el

estudio después de ocurridos los hechos relacionados a la productividad, empleando los resultados obtenidos por parte de los instrumentos aplicados.

## **2.2. Población y muestra**

### **Población**

Respecto a la población bajo estudio, la literatura de acuerdo a Lepkowski (2008) señala que, la población es un conjunto de todos los casos o elementos que guardan relación con el universo donde se llevará a cabo la investigación. Además, debe tener coherencia con las especificaciones del estudio. (citado por Hernández et al., 2014, p.174)

Por lo tanto, la población bajo estudio de la Compañía Minera Antamina S.A, son 14 trabajadores el área de mantenimiento. Es ese sentido, es de carácter finita, debido a que se puede apoyar de todos los elementos que forman parte de la presente investigación.

### **Muestra**

Con relación a la muestra del estudio, la literatura según Hernández et al (2014) indica que las muestras no probabilísticas o “muestras dirigidas”, se caracterizan por un procedimiento de selección informal (...). Las ventajas de dicho tipo de muestra son limitadas, puesto que la única es básicamente la utilidad para determinar un diseño de estudio que no necesita una cantidad representativa de elementos en una población determinada. Por el contrario, requiere de una cuidadosa y muy controlada selección de elementos con características específicas, previamente mencionadas en el planteamiento del problema.

Por lo tanto, de acuerdo a las características del problema bajo estudio de la Compañía Minera Antamina S.A, la proporción de la muestra es de 14 colaboradores, los cuales laboran en el área de mantenimiento, siendo este el total de dicha área. Para ello, ha sido necesario emplear un muestreo por conveniencia. Este tipo de muestreo, según Hernández et al (2014) indica que una muestra por conveniencia es la disponibilidad de casos, de los cuales se puede tener acceso.

### 2.3. Variables y Operacionalización

Tabla 1.

*Operacionalización de la variable dependiente.*

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas de recolección de datos</b>	<b>Instrumentos de recolección de datos</b>
<b>Productividad</b>	Eficacia	$= \frac{\text{Cantidad de vehículos real}}{\text{cantidad de vehículos programados}} * 100$	Observación	Guía de observación
	Eficiencia	$= \frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo total}} * 100$	Observación	Guía de observación

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.

*Operacionalización de la variable independiente.*

<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas de recolección de datos</b>	<b>Instrumentos de recolección de datos</b>
<b>Mantenimiento Productivo Total</b>	Mantenimiento Autónomo	Minimización de averías Nivel de conocimiento de máquinas		
	Mantenimiento Planificado	Minimización de fallas	Observación	Guía de Observación
	Mantenimiento Predictivo	Diagnóstico de Averías $DA = \frac{DAe}{DAp} * 100$		
	Capacitación	Horas de orientación	Encuesta	Cuestionario

Fuente: Elaboración propia.



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

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

**La Encuesta:** ha sido fundamental como técnica en la presente investigación, debido a que permitió recolectar datos sobre los procesos estratégicos de la empresa bajo estudio. La estructura inicia en el objetivo de aplicación, los cuales son los trabajadores, ya que son los participantes que se encuentran en el campo de actividad, donde ocurren los hechos problemáticos de la organización, entonces pueden comprender el funcionamiento del ambiente laboral vinculado a las variables TPM y Productividad, en ese sentido obtener la información relevante para el estudio.

La literatura, según Dulzaides & Molina (2004) indican que la encuesta es un método descriptivo que inicia con la obtención de datos, de los individuos que poseen información y transmitan al presente estudio los criterios, conocimientos, etc.

**La Observación:** ha permitido tener una visión de las distintas formas para desarrollar las actividades en el espacio dedicado al mantenimiento de Antamina S.A, para identificar objetivamente las mudas o desperdicios en el área bajo estudio. Con relación a lo mencionado anteriormente, Hernández, Fernández y Bautista (2014) afirma que la observación es un método de recopilación de información que costa en la anotación metódica, validación y credibilidad de conductas y realidades que se pueden observar, empleando un grupo de jerarquías.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

**El Cuestionario:** costa de 10 preguntas enfocadas al Mantenimiento Productivo Total (TPM), es un grupo de interrogantes construidas con el propósito de conseguir la información necesaria de ambas variables bajo estudio.

**La Guía de observación:** es un orientador dependiente de lo que se quiere obtener como datos, se suele utilizar de muchas maneras, por ejemplo, listar información que se obtuvo de forma visual sobre las variables bajo estudio en el contexto minero.

### 2.4.3. Validez

Para la naturaleza del estudio, se han validado los instrumentos mediante el juicio de 3 expertos colegiados, los cuales han evidenciado el cumplimiento y adecuada formulación de las preguntas y afirmaciones planteadas en dichos instrumentos. Según la literatura, Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que la validez es el nivel en la que una herramienta mide la variable bajo estudio.

### 2.4.4. Confiabilidad

Para la confiabilidad, la presente investigación empleó el coeficiente para medir la fiabilidad del instrumento. En ese orden, la muestra fue de 14 trabajadores y su procesamiento de interrogantes en SPSS – 25. Según la literatura, Hernández, Fernández y Baptista (2014) indican que es el nivel en que una herramienta tiene conclusiones contundentes, consistentes y coherentes.

#### Resultados del análisis de confiabilidad

Tabla 3.

*Procesamiento de los cuestionarios.*

<b>Resumen</b>		
	<b>Cant.</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Válido</b>	<b>14</b>	<b>100</b>
<b>Excluído</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>

Fuente: SPSS – 25.

Tabla 4.

*Resultado estadístico de confiabilidad.*

<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>Cantidad</b>
0.872	14

Fuente: SPSS – 25.

El análisis de fiabilidad, determinado con el Alfa de Cronbach, alcanzó un 87.2%, lo cual se interpreta de forma positiva con respecto a la confiabilidad del cuestionario, con una escala alta.

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

Con respecto a los procedimientos relacionados al análisis de los datos obtenidos, Balestrini (2006) lo establece como una estrategia, donde se esquematiza la información: clasificando, agrupando, dividiendo y subdividiendo, apoyándose en las características y posibilidades, para luego reunir y establecer la vinculación existente entre ellos; de esta forma, se da respuesta a las interrogantes del estudio. En ese orden de ideas, el análisis se enfoca al procesamiento de los datos extraídos de las fuentes primarias y secundarias, permitiendo revisar, relacionar e interpretar de forma correcta para llegar a las conclusiones con relación al problema bajo estudio.

El presente estudio, planteó una secuencia de pasos para la recopilación de información, la cual se ha detallado a continuación:

1. El supervisor del área de mantenimiento de Antamina S.A, es contactado con el objetivo de obtener su autorización para establecer comunicación directa con sus operadores del área bajo estudio, en las instalaciones.
2. El cuestionario es aplicado a la muestra del presente estudio (14 colaboradores), pertenecientes al área de mantenimiento, los cuales admitieron ser sometidos a la encuesta bajo la modalidad presencial y/o virtual.

## **2.6. Criterios éticos**

Los criterios éticos forman parte de la presente investigación, donde se puede evidenciar la transparencia académica, bajo un enfoque ético. De esa manera, la literatura según Ojeda, Quintero y Machado (2007) afirma que la ética es una rama de la filosofía y cumple un rol muy importante en la totalidad de los contextos (públicos y privados), así como también los relacionados a los estudios científicos. Los criterios éticos cumplen un rol significativo en las relaciones y actividades humanas; de no existir, el mundo estaría sumergido al descontrol, en base a valores

y, en consecuencia, a la concepción moral de los que actúan frente a un determinado proceso.

El presente estudio se ha desarrollado, en base a cuatro principios éticos básicos, que han formado parte de la secuencia del enfoque investigativo. Los principios considerados fueron los siguiente:

**Beneficencia:** la investigación estuvo direccionada con la intención de generar un beneficio notable a la empresa minera Antamina S.A y sus colaboradores, sobre los cuales se ha desarrollado el presente estudio.

**No maleficencia:** se relaciona a mantener la veracidad de los datos y evitar causar algún daño al objeto de estudio, por esa razón la información recopilada, con la aplicación de los instrumentos, no han sido manipulados.

**Autonomía:** el autor de la presente investigación posee la total autonomía durante el proceso investigativo, debido a su desarrollo privado, garantizando el respeto hacia la muestra y/o los participantes del estudio, así también el derecho de las personas a que se respete su voluntad.

**Justicia:** se ha planificado el estudio, con la estructura enfocada en la recolección de datos, otorgando un beneficio a la organización y los colaboradores, los cuales, al participar en dicho estudio, estarían comprometiéndose y asumiendo una proporción de riesgo y peso de la investigación.

## **2.9. Criterios de rigor científico**

**Consentimiento:** los trabajadores de Antamina S.A, que laburan en el área de mantenimiento, fueron partícipes de la presente investigación, debido a favor de su colaboración como informantes.

**Confidencialidad:** se ha mantenido, en todo momento, el anonimato de las personas o colaboradores involucradas en la recolección de datos y que participaron en la investigación.

**Originalidad:** se presentó todas las referencias vinculadas a las citas mostradas en el estudio, para demostrar la originalidad de la investigación.

# **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Diagnóstico de la empresa**

##### **3.1.1. Información general**

La organización hizo una de las mayores inversiones en la historia del Perú: 3,600 millones de dólares que a este se le adiciona la expansión de sus actividades.

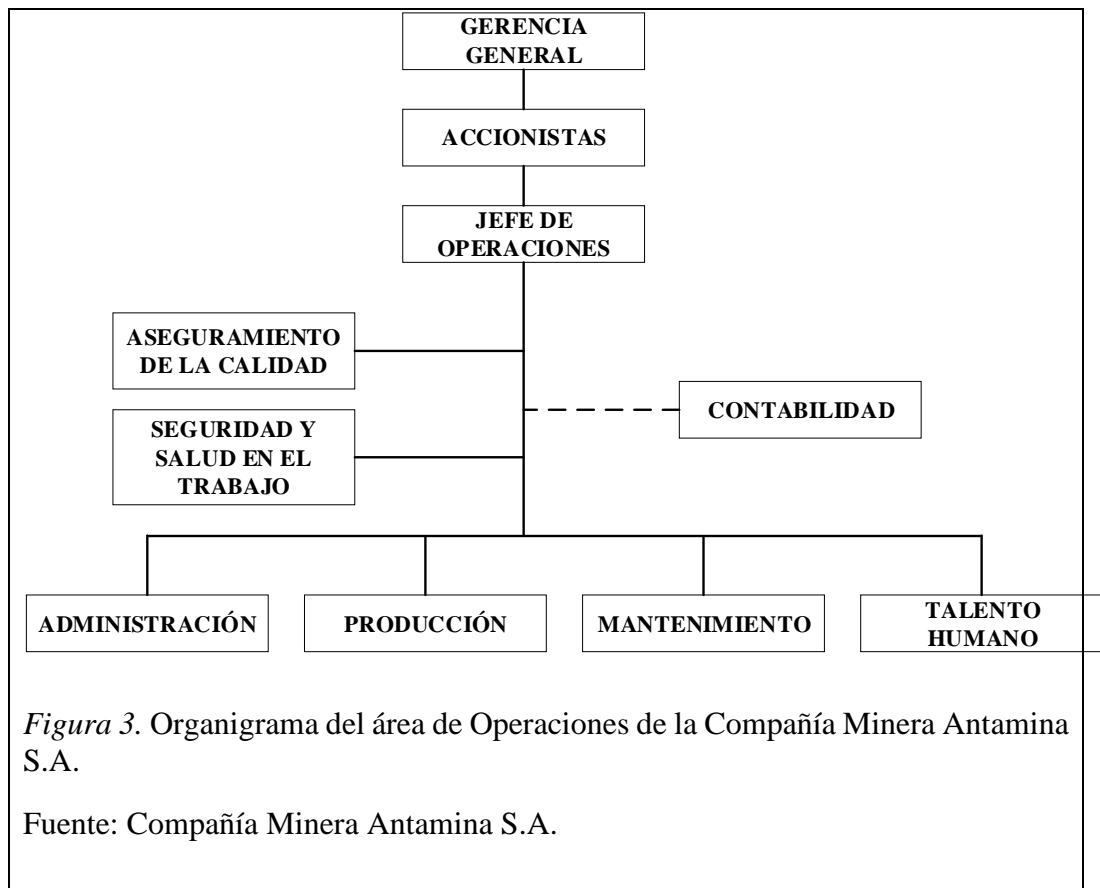
La empresa minera se ubica en la provincia de Huari, distrito de San Marcos, en la Región Ancash, a 200 km, con una altitud de 4,300 MSNM aproximadamente. Además, contamos con el puerto de embarque Punta Lobitos, ubicado en la provincia costera de Huarney. La compañía minera es una de los mayores productores peruanos que elaboran cobre y zinc y una de las empresas mineras más grandes del mundo en grandes cantidades de producción. La organización está comprometida con elaborar y entregar concentrados de buena calidad, dándoles seguridad y responsabilidad.

##### **Visión:**

Ejemplo peruano de excelencia minera en el mundo. Extraordinarios líderes transformando retos en éxitos. ¡Trabajando por el desarrollo del mañana... ahora!

##### **Misión:**

Logramos resultados extraordinarios y predecibles en salud y salud, medio ambiente, relaciones comunitarias, calidad, y eficiencia, con el compromiso, participación y liderazgo de nuestra gente.



### 3.1.2. Descripción del proceso productivo o de servicio

El carguío que se lleva a cabo, además del transporte son las actividades que definen la operación esencial realizada en una labor minera. Estas son encargadas de desplazar el mineral que ha estado fragmentándose en un proceso denominado voladura. En labores mineras es esencial tener un diseño que sea eficiente en la que el carguío trabaje de manera integrada junto a camiones siendo en la mayoría de aplicaciones un factor de costo considerable.

En función a la elección de equipos móviles destinados al transporte en minería son más empleados los camiones debido a que pueden moverse de manera libre por diferentes caminos. Estos equipos están esencialmente diseñados para emplearse en minería pudiendo acarrear encima de 350 toneladas de minerales tales como plata, plomo, cobre, zinc por ciclo generando un costo bajo para realizar una operación en la compañía minera Antamina S.A.

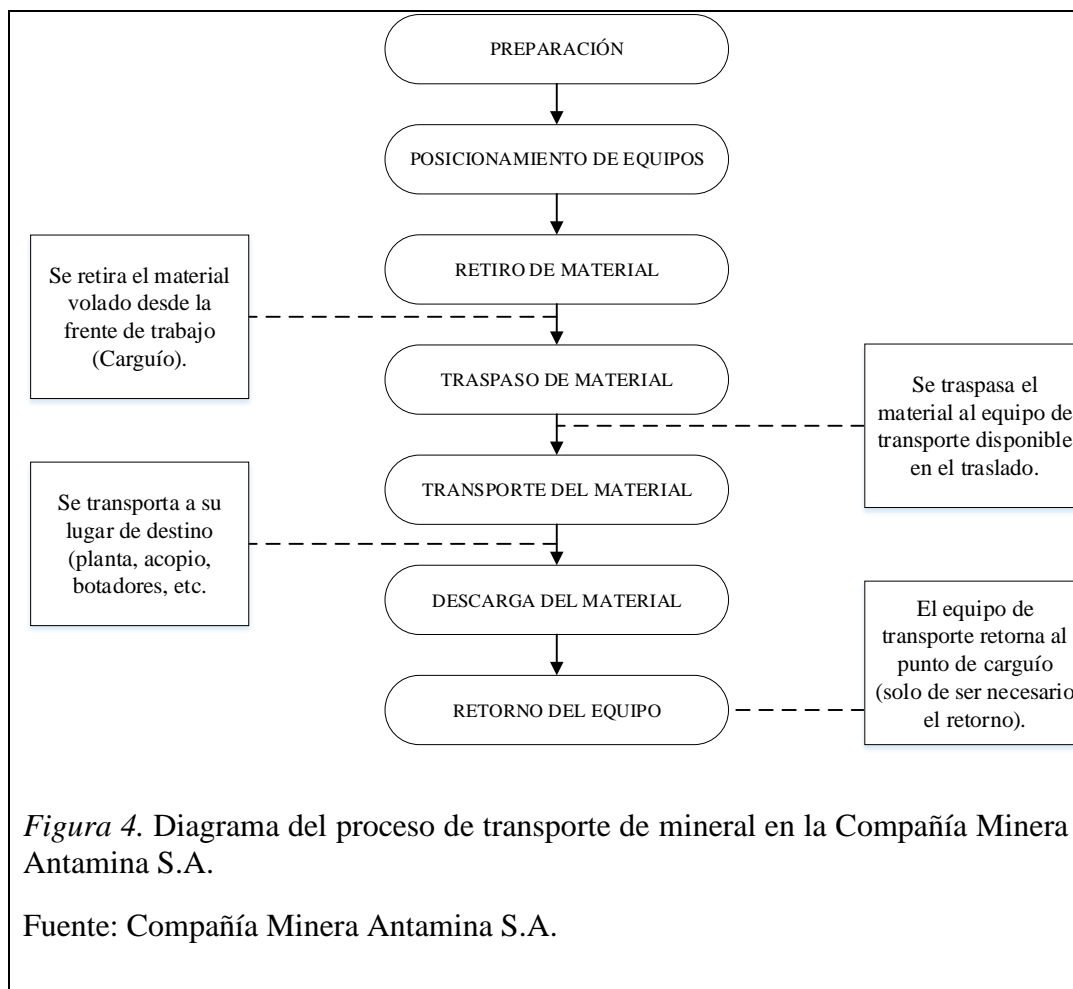


Tabla 5.

*Especificaciones relacionadas al transporte y carguío.*

Especificaciones relacionadas al transporte y carguío	Actividad
<b>Perforación</b>	La perforación de una malla determinada se relaciona fuertemente con el desarrollo del proceso de carguío y transporte, ya que la granulometría esperada del material dependerá del diseño de la malla (relacionado a la vez con las propiedades físicas de la roca a perforar).



## **Voladura**

La voladura es de vital importancia, ya que la granulometría también dependerá de los factores de carga aplicados (u obtenidos) en los distintos sectores a volar.

## **Parámetros geométricos y geomecánicos**

La posibilidad de construir bancos dobles o de mayor altura también influirá en la operación del carguío (equipos y costos), el ancho de caminos y accesos, pendientes y otros parámetros influirán en la operación y el rendimiento de los equipos.

## **Características del material**

La geología del yacimiento influirá en lo que es selectividad del material en el car-guío, es muy diferente operar en un yaci-miento con vetas de alta ley o con mayores exigencias de selectividad, que operar en un yacimiento masivo.

## **Servicios Mina**

Fundamental resulta que los equipos de servicios minan actúen conforme a las ne-cesidades de la operación, por ejemplo, un camino bien mantenido sin mucho polvo en suspensión permitirá desarrollar mejo-res maniobras a los equipos de carguío y transporte.

## **Seguridad, Salud y Medio Ambiente**

En estas operaciones por lo general se producen algunos problemas como el le-vantamiento de polvo en la carga, descar-ga y transporte de los materiales, lo cual puede significar una disminución de los rendimientos en los equipos al disminuir la visibilidad y con el consiguiente riesgo

que implica no disponer de buena visibilidad.

### **Chancado**

El cliente directo de la mina es el proceso del mineral, ya que el producto final debe pasar por otras etapas de producción, en este caso podemos mencionar al chancado como primer paso para el resto del proceso de depuración del producto final.

---

Fuente: Compañía Minera Antamina S.A.

### **3.1.3. Análisis de la problemática**

La Compañía Minera Antamina S.A presenta situaciones deficientes que pueden ser subsanadas empleando las herramientas de la Ingeniería Industrial orientadas a una filosofía para identificar problemas como, la limpieza, el orden, la organización, disciplina, así como también situaciones complicadas como la mejora en el transporte, evidenciar y corregir cuellos de botella, desperdicios, todo ello impactando negativamente en la productividad, si no se corrigen a tiempo.

Por lo tanto, debido a la situación actual que presenta la empresa bajo estudio, se ha determinado ejecutar el TPM, mediante su aplicación, para analizar la cadena de transporte de minerales y por ende mejorar la productividad.

#### **3.1.3.1. Resultados de la aplicación de instrumentos**

En este apartado, se muestra el producto de los resultados de los instrumentos de recolección de datos, empleados en la investigación. Así mismo, el diagnóstico situacional de la organización minera bajo estudio, ha consistido en interpretar los resultados, analizar y comprender el contexto del proceso de transporte de minerales, para luego presentar el diagnóstico situacional actual de Antamina S.A.

### A. Resultados obtenidos a través de la técnica de la observación y análisis documental

Tabla 6.

*Disponibilidad de los equipos móviles – Compañía Minera Antamina S.A.*

<b>Equipo de transporte</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo</b>
Equipo móvil	40	Caterpillar 793
Equipo móvil	90	Komatsu 930
<b>Total</b>	<b>130</b>	

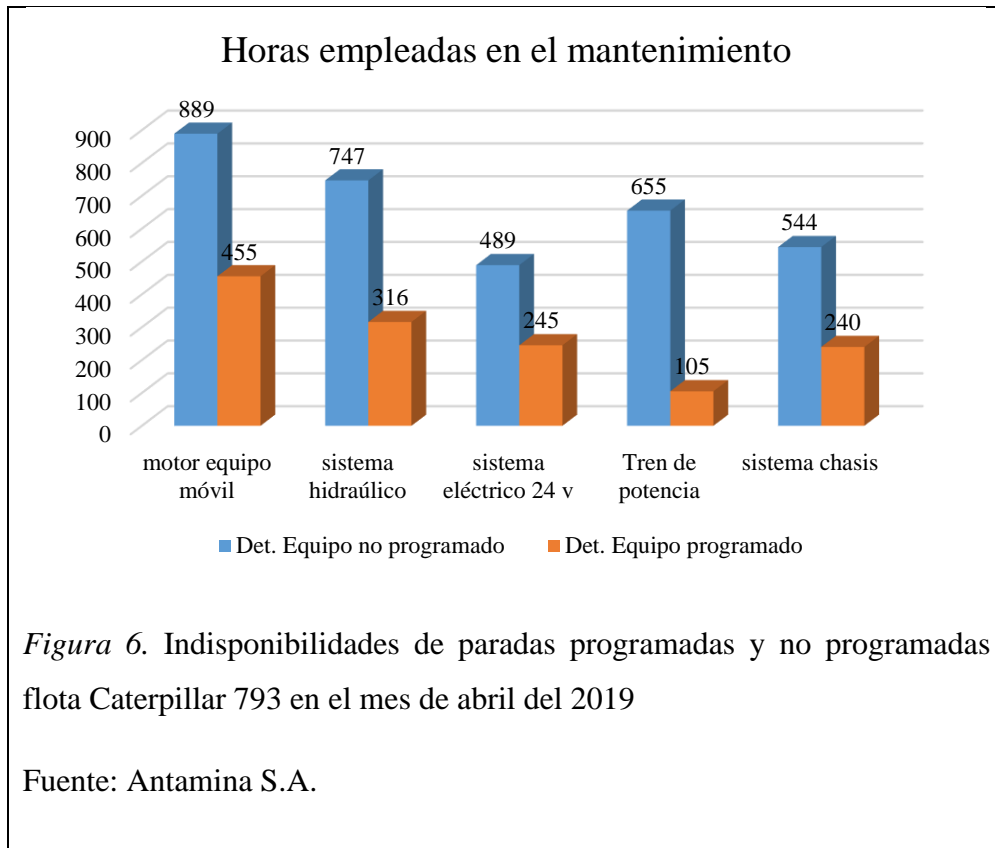
Fuente: Compañía Minera Antamina S.A.

En total se tienen 130 equipos móviles a los cuales hay que dar un mantenimiento ya sea programado o no programado.



*Figura 5. Camión Komatsu 930.*

Fuente: Compañía Minera Antamina S.A.



**Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo de motor equipo móvil.**

De los 40 equipos móviles Caterpillar la disponibilidad en el motor equipo móvil fue de 92.5%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 37 equipos disponibles.

**Cantidad de horas semanales Motor Equipo Móvil**

$$889 \text{ hrs} + 455 \text{ hrs} = 1344 \text{ hrs semanales}$$

La empresa trabaja en dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{1344 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{56}{7} = 8 \text{ personas}$$

Por lo que dividí 1344/24 dándome como resultado 56 luego entre 7 días que tiene la semana dándome como resultado 8 personas que se dedican a realizar este trabajo de motor equipo móvil.

### **Calculando la productividad**

$$= \frac{37 \text{ motores de equipos móviles disponibles/semana}}{1344 \text{ h} - H/\text{semana}}$$
$$= 0.027 \text{ motores de equipos móviles disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo del Sistema Hidráulico**

De los 40 equipos móviles Caterpillar la disponibilidad en el sistema hidráulico fue de 91.5%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 37 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Sistema Hidráulico**

$$747 \text{ hrs} + 316 \text{ hrs} = 1063 \text{ hrs semanales}$$

Aquí en la empresa se trabaja en dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{1063 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{44.29}{7} = 7 \text{ personas}$$

Por lo que dividí 1063/24 dándome como resultado 44.29 luego entre 7 días que tiene la semana dándome como resultado un aproximado de 7 personas que se dedican a realizar este trabajo del sistema hidráulico.

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 7 \text{ H} * 2 * 7 = 1176 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$= \frac{37 \text{ sistemas hidráulicos disponibles/semana}}{1176 \text{ h} - H/\text{semana}}$$
$$= 0.031 \text{ sistemas hidráulicos disponibles/h} - H$$

## **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo del Sistema Eléctrico**

De los 40 equipos móviles Caterpillar la disponibilidad en el sistema eléctrico 24 V fue de 90.4%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 36 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Sistema Eléctrico**

$$489 \text{ hrs} + 245 \text{ hrs} = 734 \text{ hrs semanales}$$

La empresa trabaja en dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{734 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{30.58}{7} = 5 \text{ personas}$$

Por lo que dividí 734/24 dándome como resultado 30.58 luego entre 7 días que tiene la semana dándome como resultado un aproximado de 5 personas que se dedican a realizar este trabajo del sistema eléctrico 24V.

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 5H * 2 * 7 = 840 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\begin{aligned} &= \frac{36 \text{ sistemas eléctricos disponibles/semana}}{840 \text{ h} - H/\text{semana}} \\ &= 0.043 \text{ sistemas eléctricos disponibles/h} - H \end{aligned}$$

## **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo del Tren de Potencia**

De los 40 equipos móviles Caterpillar la disponibilidad del tren de potencia fue de 91.6%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 37 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Tren de Potencia**

$$655 \text{ hrs} + 105 \text{ hrs} = 760 \text{ hrs semanales}$$

La empresa trabaja en dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{760 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{31.67}{7} = 5 \text{ personas}$$

Por lo que dividí 760/24 dándome como resultado 31.67 luego entre 7 días que tiene la semana dándome como resultado un aproximado de 5 personas que se dedican a realizar este trabajo de tren de potencia.

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 5H * 2 * 7 = 840 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\begin{aligned} &= \frac{37 \text{ trenes de potencia disponibles/semana}}{840 \text{ h} - H/\text{semana}} \\ &= 0.044 \text{ trenes de potencia disponibles/h} - H \end{aligned}$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo del Sistema de Chasis**

De los 40 equipos móviles Caterpillar la disponibilidad del sistema de chasis fue de 94.1%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 38 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales del Sistema de Chasis**

$$544 \text{ hrs} + 240 \text{ hrs} = 784 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja en dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{784 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{32.67}{7} = 5 \text{ personas}$$

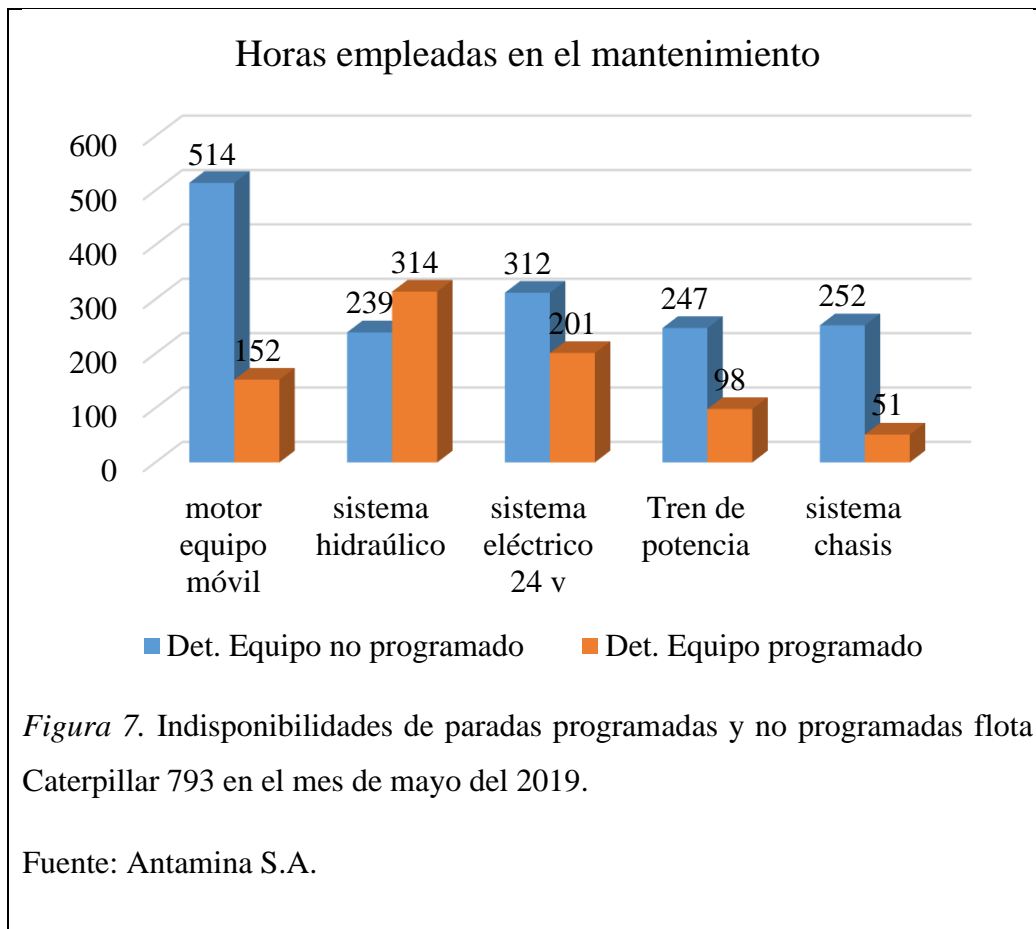
Por lo que dividí 784/24 dándome como resultado 32.67 luego entre 7 días que tiene la semana dándome como resultado un aproximado de 5 personas que se dedican a realizar este trabajo de sistema chasis.

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 5H * 2 * 7 = 840 \text{ h} - H/\text{semana}$$

## Calculando la productividad

$$\frac{38 \text{ sistemas de chasis disponibles/semana}}{840 \text{ h} - H/\text{semana}}$$
$$= 0.045 \text{ sistemas de chasis disponibles/h} - H$$



### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo de motor equipo móvil.**

De los 40 equipos móviles Caterpillar, la disponibilidad en el motor equipo móvil fue de 98.18%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 39 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Motor Equipo Móvil**

$$514 \text{ hrs} + 152 \text{ hrs} = 666 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.



$$\frac{666 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{27.75}{7} = 4 \text{ personas}$$

Por lo que dividí 666/24 dándome como resultado 27.75 luego entre 7 días que tiene la semana dándome como resultado un aproximado de 4 personas que se dedica a realizar este trabajo de motor equipo móvil.

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 4H * 2 * 7 = 672 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{39 \text{ motores de equipos móviles disponibles/semana}}{672 \text{ h} - H/\text{semana}}$$

$$= 0.058 \text{ motores de equipos móviles disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Sistema Hidráulico**

De los 40 equipos móviles Caterpillar la disponibilidad en el sistema hidráulico fue de 98.32%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 39 equipos disponibles.

#### **Cantidad de horas semanales Sistema Hidráulico**

$$239 \text{ hrs} + 314 \text{ hrs} = 553 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{553 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{23.04}{7} = 4 \text{ personas}$$

Por lo que dividí 553/24 dándome como resultado 23.04 luego entre 7 días que tiene la semana dándome como resultado un aproximado de 4 personas que se dedican a realizar este trabajo de sistema de hidráulico.

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 4H * 2 * 7 = 672 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{39 \text{ sistemas hidráulicos disponibles/semana}}{672 \text{ h} - H/\text{semana}}$$
$$= 0.058 \text{ motores de equipos móviles disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Sistema Eléctrico**

De los 40 equipos móviles Caterpillar la disponibilidad del sistema eléctrico 24 V fue de 98.48%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 39 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Sistema Eléctrico**

$$312 \text{ hrs} + 201 \text{ hrs} = 513 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{513 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{21.375}{7} = 3 \text{ personas}$$

Por lo que dividí 513/24 dándome como resultado 21.375 luego entre 7 días que tiene la semana dándome como resultado un aproximado de 3 personas que se dedican a realizar este trabajo del sistema eléctrico 24 V.

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 3H * 2 * 7 = 504 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{39 \text{ sistemas eléctricos disponibles/semana}}{504 \text{ h} - H/\text{semana}}$$
$$= 0.077 \text{ sistemas eléctricos disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan trabajo en el Tren de Potencia**

De los 40 equipos móviles Caterpillar la disponibilidad en el tren de potencia fue de 98.97%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 39 equipos disponibles.

#### **Cantidad de horas semanales Tren de Potencia**

$$247 \text{ hrs} + 98 \text{ hrs} = 345 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{345 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{14.375}{7} = 2 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 2H * 2 * 7 = 336 \text{ h} - H/\text{semana}$$

#### **Calculando la productividad**

$$\frac{39 \text{ trenes de potencia disponibles/semana}}{336 \text{ h} - H/\text{semana}} \\ = 0.116 \text{ trenes de potencia disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan trabajo en el Sistema Chasis**

De los 40 equipos móviles Caterpillar la disponibilidad en el sistema chasis fue de 99.08%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 39 equipos disponibles.

#### **Cantidad de horas semanales Sistema Chasis**

$$252 \text{ hrs} + 51 \text{ hrs} = 303 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{303 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{12.625}{7} = 2 \text{ personas}$$

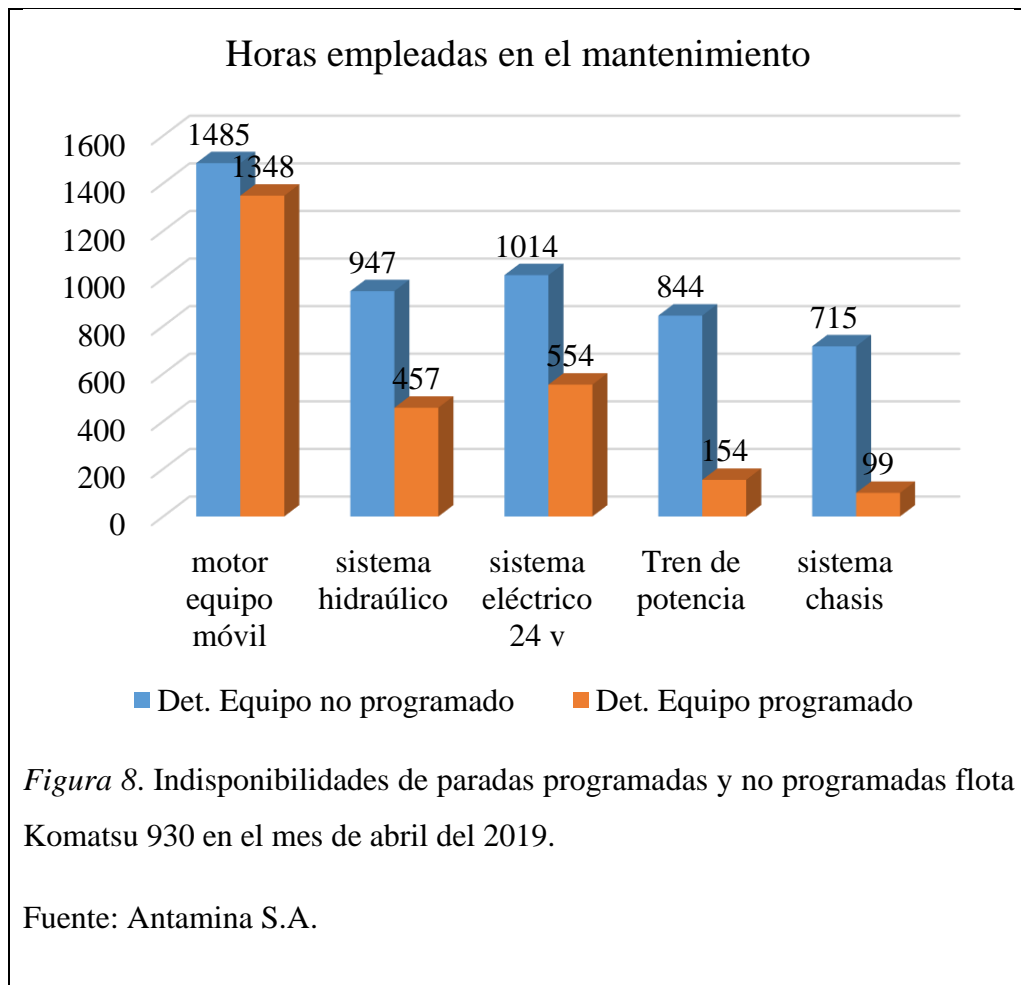
Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12hrs * 2H * 2 * 7 = 336 h - H/semana$$

### Calculando la productividad

$$\frac{39 \text{ sistemas de chasis disponibles/semana}}{336 h - H/semana}$$

$$= 0.116 \text{ trenes de potencia disponibles/h} - H$$



### Cálculo de la cantidad de operarios que realizan trabajo en el Motor Equipo Móvil

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad en el motor equipo móvil fue de 91.5%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 82 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Motor Equipo Móvil**

$$1485 \text{ hrs} + 1348 \text{ hrs} = 2833 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{2833 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{118.04}{7} = 17 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 17H * 2 * 7 = 2856 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{82 \text{ motores equipo móvil disponibles/semana}}{2856 \text{ h} - H/\text{semana}}$$

$$= 0.029 \text{ motores equipo móvil disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Sistema Hidráulico**

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad en el sistema hidráulico fue de 90.8%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 82 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Sistema Hidráulico**

$$947 \text{ hrs} + 457 \text{ hrs} = 1404 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{1404 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{58.5}{7} = 9 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 9H * 2 * 7 = 1512 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{82 \text{ motores equipo móvil disponibles/semana}}{1512 \text{ h} - H/\text{semana}}$$

$$= 0.054 \text{ motores equipo móvil disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Sistema Eléctrico**

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad en el sistema eléctrico 24 V fue de 93.2%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 84 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Sistema Eléctrico**

$$1014 \text{ hrs} + 554 \text{ hrs} = 1568 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{1568 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{65.33}{7} = 10 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 10H * 2 * 7 = 1680 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{84 \text{ sistemas eléctricos disponibles/semana}}{1680 \text{ h} - H/\text{semana}}$$

$$= 0.050 \text{ sistemas eléctricos disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Tren de Potencia**

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad del tren de potencia fue de 93.4%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 84 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Tren de Potencia**

$$844 \text{ hrs} + 154 \text{ hrs} = 998 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{998 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{41.58}{7} = 6 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 6H * 2 * 7 = 1008 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{84 \text{ trenes de potencia disponibles/semana}}{1008 \text{ h} - H/\text{semana}}$$

$$= 0.083 \text{ trenes de potencia disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Sistema de Chasis**

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad del sistema chasis fue de 94.5%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 85 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Sistema de Chasis**

$$715 \text{ hrs} + 99 \text{ hrs} = 814 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{814 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{33.92}{7} = 5 \text{ personas}$$

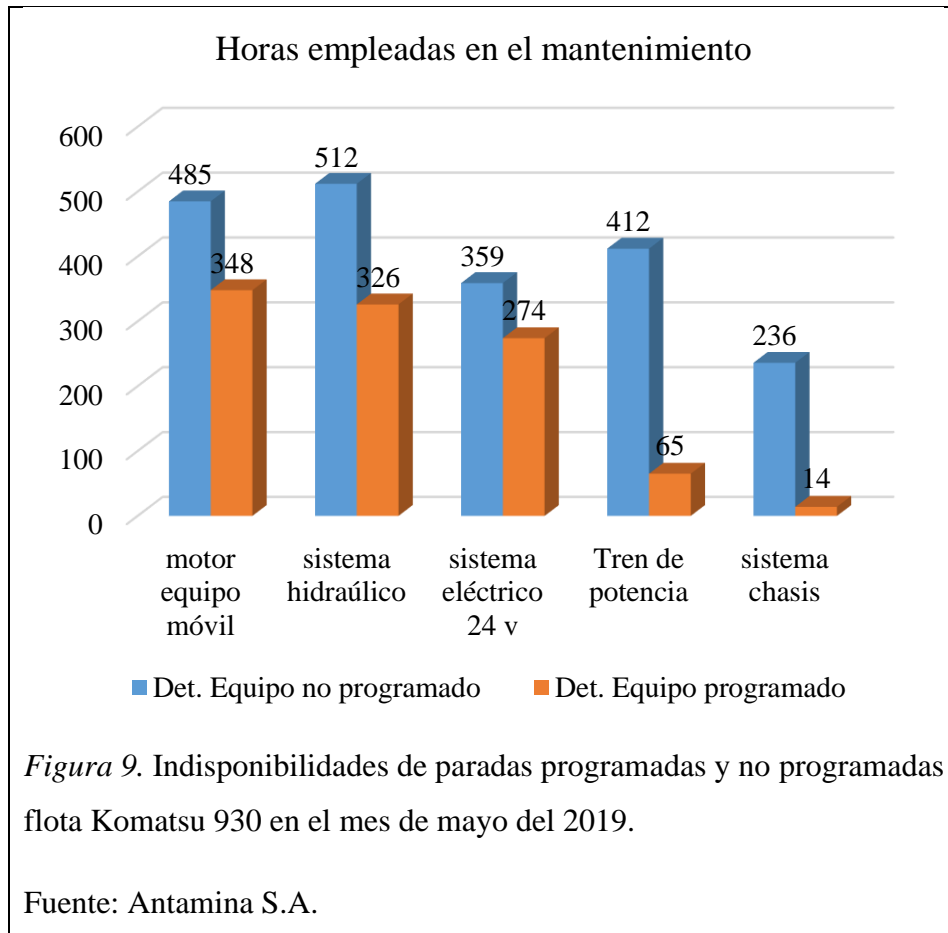
Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 5H * 2 * 7 = 840 \text{ h} - H/\text{semana}$$

## Calculando la productividad

$$\frac{84 \text{ sistemas de chasis disponibles/semana}}{840 \text{ h} - H/\text{semana}}$$

$$= 0.101 \text{ sistemas de chasis disponibles/h} - H$$



## Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Motor Equipo Móvil

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad en el motor equipo móvil fue de 97.5%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 88 equipos disponibles.

## Cantidad de horas semanales Sistema de Chasis

$$485 \text{ hrs} + 348 \text{ hrs} = 833 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.



$$\frac{833 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{34.7}{7} = 5 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 5H * 2 * 7 = 840 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{88 \text{ motores de equipo móvil/semana}}{840 \text{ h} - H/\text{semana}}$$

$$= 0.105 \text{ motores de equipo móvil/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Sistema Hidráulico**

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad en el sistema hidráulico fue de 98.8%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 89 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Sistema Hidráulico**

$$512 \text{ hrs} + 326 \text{ hrs} = 838 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{838 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{34.9}{7} = 5 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 5H * 2 * 7 = 840 \text{ h} - H/\text{semana}$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{89 \text{ sistemas hidráulicos disponibles/semana}}{840 \text{ h} - H/\text{semana}}$$

$$= 0.106 \text{ sistemas hidráulicos disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Sistema Eléctrico**

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad en el sistema eléctrico 24 V fue de 98.5%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 89 equipos disponibles.

#### **Cantidad de horas semanales Sistema Eléctrico**

$$359 \text{ hrs} + 274 \text{ hrs} = 633 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{633 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{26.375}{7} = 4 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12 \text{ hrs} * 4 \text{ H} * 2 * 7 = 672 \text{ h} - \text{H/semana}$$

#### **Calculando la productividad**

$$\frac{89 \text{ sistemas eléctricos disponibles/semana}}{840 \text{ h} - \text{H/semana}} \\ = 0.132 \text{ sistemas eléctricos disponibles/h} - \text{H}$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Tren de Potencia**

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad del tren de potencia fue de 97.5%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 88 equipos disponibles.

#### **Cantidad de horas semanales Tren de Potencia**

$$412 \text{ hrs} + 65 \text{ hrs} = 477 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{477 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{19.875}{7} = 3 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12hrs * 3H * 2 * 7 = 504 h - H/semana$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{88 \text{ trenes de potencia disponibles/semana}}{504 h - H/semana}$$

$$= 0.175 \text{ trenes de potencia disponibles/h} - H$$

### **Cálculo de la cantidad de operarios que realizan el trabajo en el Sistema Chasis**

De los 90 equipos móviles Komatsu la disponibilidad del sistema chasis fue de 98.7%. Es decir, se tuvieron aproximadamente 89 equipos disponibles.

### **Cantidad de horas semanales Sistema Chasis**

$$236 \text{ hrs} + 14 \text{ hrs} = 250 \text{ hrs semanales}$$

En la empresa se trabaja dos turnos de doce horas cada uno siendo en total 24 horas al día.

$$\frac{250 \text{ hrs semanales}}{24 \text{ hrs al día}} = \frac{10.41}{7} = 2 \text{ personas}$$

Las horas hombre trabajadas fueron:

$$12hrs * 2H * 2 * 7 = 336 h - H/semana$$

### **Calculando la productividad**

$$\frac{89 \text{ sistemas de chasis disponibles/semana}}{336 h - H/semana}$$

$$= 0.265 \text{ sistemas de chasis disponibles/h} - H$$

Tabla 7.

*Productividad de los equipos móviles CAT.*

<b>Productividad equipos móviles CAT</b>		
<b>(disponibles/h-H)</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
<b>Motores de equipos móviles</b>	0.027	0.058
<b>Sistemas hidráulicos</b>	0.031	0.058
<b>Sistemas eléctricos</b>	0.043	0.077
<b>Trenes de potencia</b>	0.044	0.116
<b>Sistemas de chasis</b>	0.055	0.116

Fuente: Antamina S.A.

Tabla 8.

*Productividad de los equipos móviles Komatsu.*

<b>Productividad equipos móviles</b>		
<b>Komatsu</b>		
<b>(disponibles/h-H)</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
<b>Motores de equipos móviles</b>	0.029	0.105
<b>Sistemas hidráulicos</b>	0.054	0.106
<b>Sistemas eléctricos</b>	0.050	0.132
<b>Trenes de potencia</b>	0.083	0.175
<b>Sistemas de chasis</b>	0.101	0.265

Fuente: Antamina S.A.

## **B. Resultados obtenidos – encuesta**

Se realizó una encuesta (Ver Anexo N°3) para identificar la influencia en la productividad de la compañía minera en la aplicación del TPM.

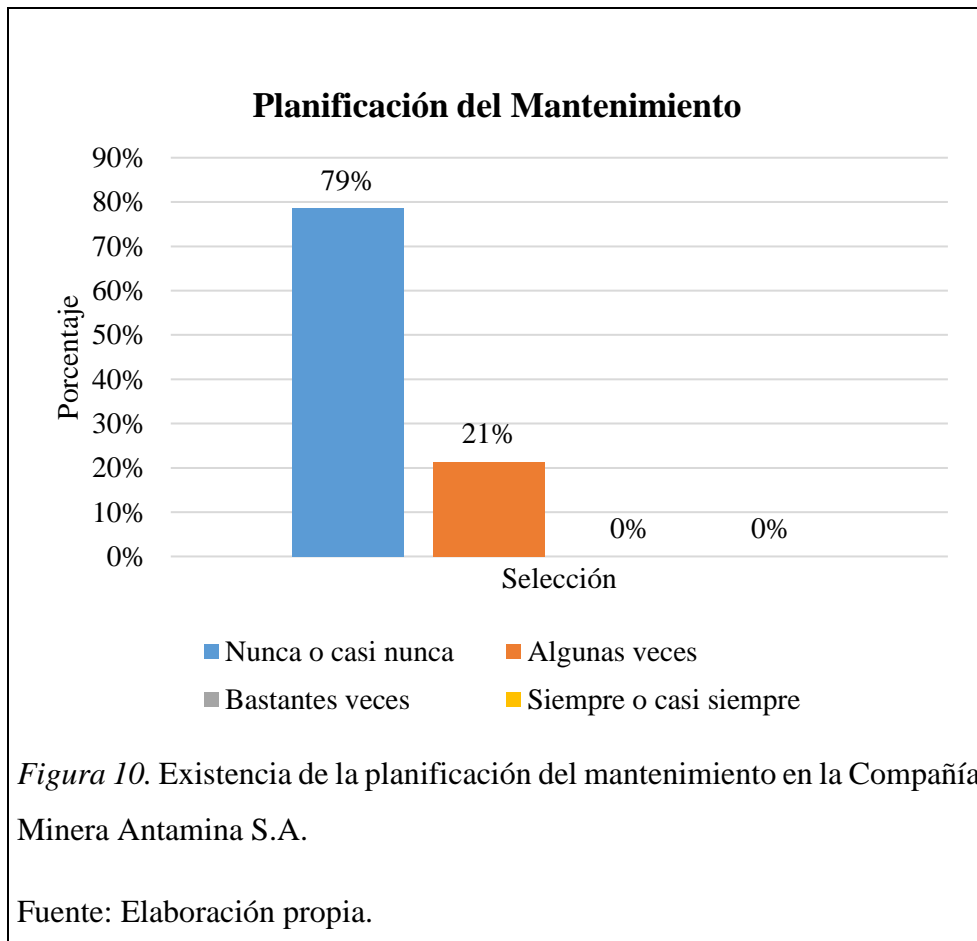
En la aplicación de la encuesta se obtuvieron los siguientes resultados mostrados a continuación:

Tabla 9.

*Existencia de la planificación del mantenimiento en la Compañía Minera Antamina S.A.*

<b>Selección</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nunca o casi nunca	11	79%
Algunas veces	3	21%
Bastantes veces	0	0%
Siempre o casi siempre	0	0%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 10. Existencia de la planificación del mantenimiento en la Compañía Minera Antamina S.A.*

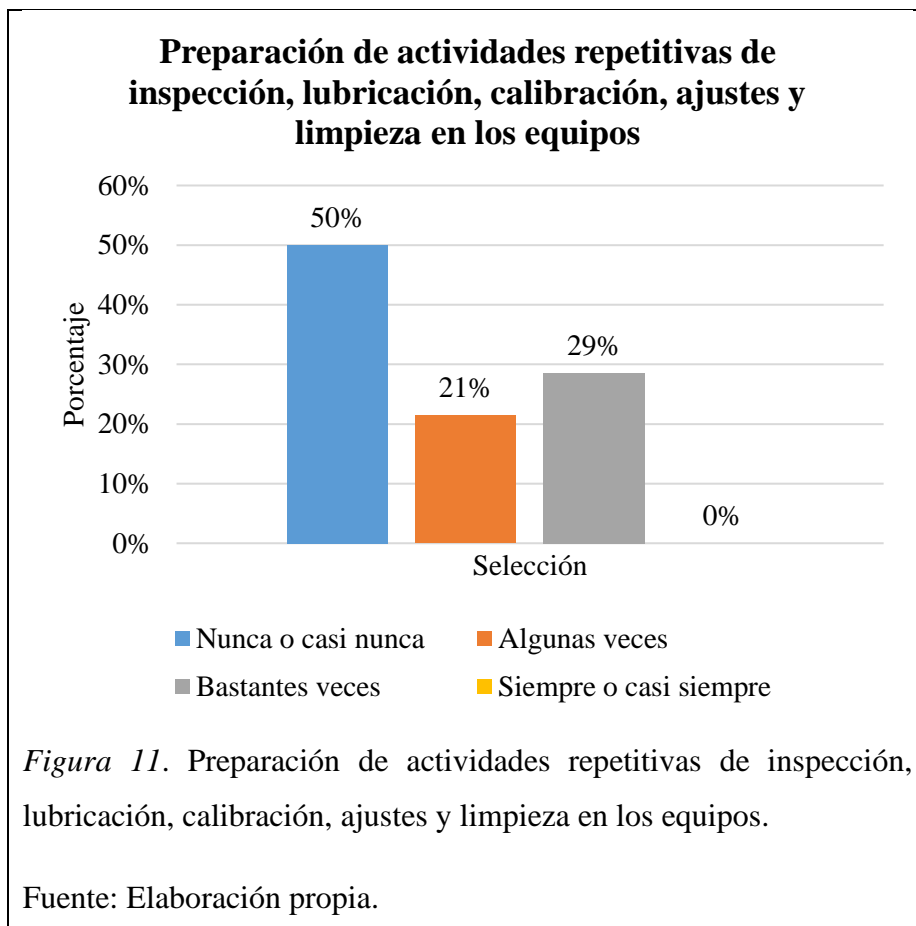
Se puede evidenciar en la figura N°10, que en su mayoría de colaboradores encuestados (79%) indican que nunca o casi nunca existe una planificación del mantenimiento en la compañía minera Antamina S.A. Por otro lado, el 21% asegura que algunas veces, se ha planificado el mantenimiento.

Tabla 10.

*Preparación de actividades repetitivas de inspección, lubricación, calibración, ajustes y limpieza en los equipos.*

<b>Selección</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nunca o casi nunca	7	50%
Algunas veces	3	21%
Bastantes veces	4	29%
Siempre o casi siempre	0	0%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 11. Preparación de actividades repetitivas de inspección, lubricación, calibración, ajustes y limpieza en los equipos.*

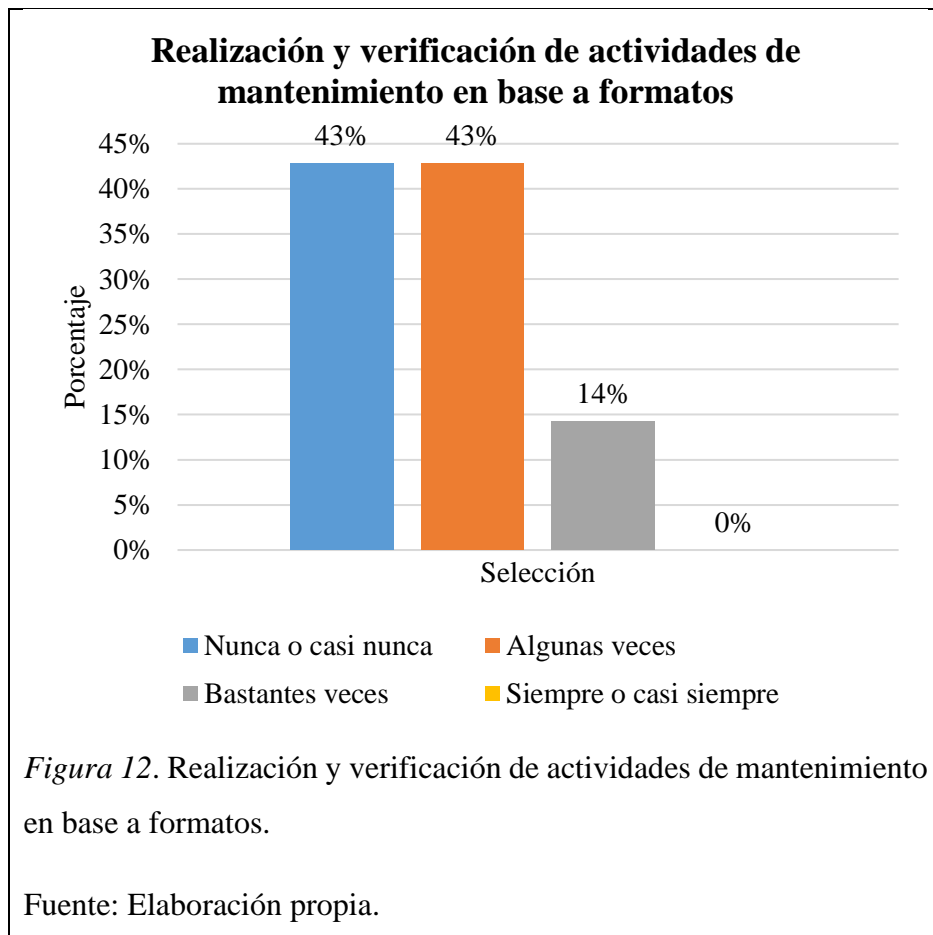
El 50% de los trabajadores encuestados, señalan que nunca o casi nunca se preparan actividades repetitivas de inspección, lubricación, calibración, ajustes y limpieza en los equipos móviles. Así mismo, el 21% manifiesta que algunas veces sucede esto y finalmente el 29% afirma que bastantes veces sucede esto.

Tabla 11.

*Realización y verificación de actividades de mantenimiento en base a formatos.*

Selección	Frecuencia	Porcentaje
Nunca o casi nunca	6	43%
Algunas veces	6	43%
Bastantes veces	2	14%
Siempre o casi siempre	0	0%
Total	14	100%

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 12. Realización y verificación de actividades de mantenimiento en base a formatos.*

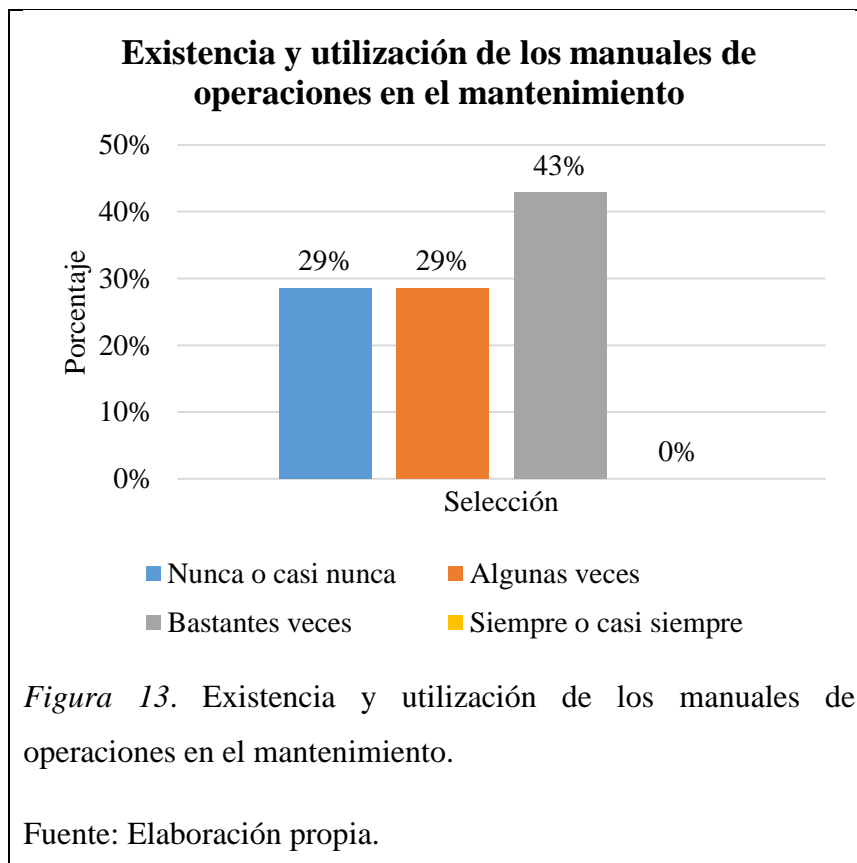
Se puede evidenciar en la figura N°12, seis de los encuestados (43%) aseguran que nunca o casi nunca se realizan y verifican actividades de mantenimiento en base a formatos. De igual manera sucede con la selección “algunas veces”, debido a que la misma cantidad de encuestados afirman dicha frecuencia (43%). Finalmente, el 14% asegura que esto sucede bastantes veces.

Tabla 12.

*Existencia y utilización de los manuales de operaciones en el mantenimiento.*

<b>Selección</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nunca o casi nunca	4	29%
Algunas veces	4	29%
Bastantes veces	6	43%
Siempre o casi siempre	0	0%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 13. Existencia y utilización de los manuales de operaciones en el mantenimiento.*

Con respecto a la existencia y utilización de los manuales de operaciones en el mantenimiento; el 43% de los colaboradores encuestados afirman que bastantes veces han evidenciado la existencia de estos manuales, además que se han utilizado también. Por otro lado, cuatro encuestados, los cuales representan el 29%, afirman que nunca o casi nunca estos formatos se utilizaron.

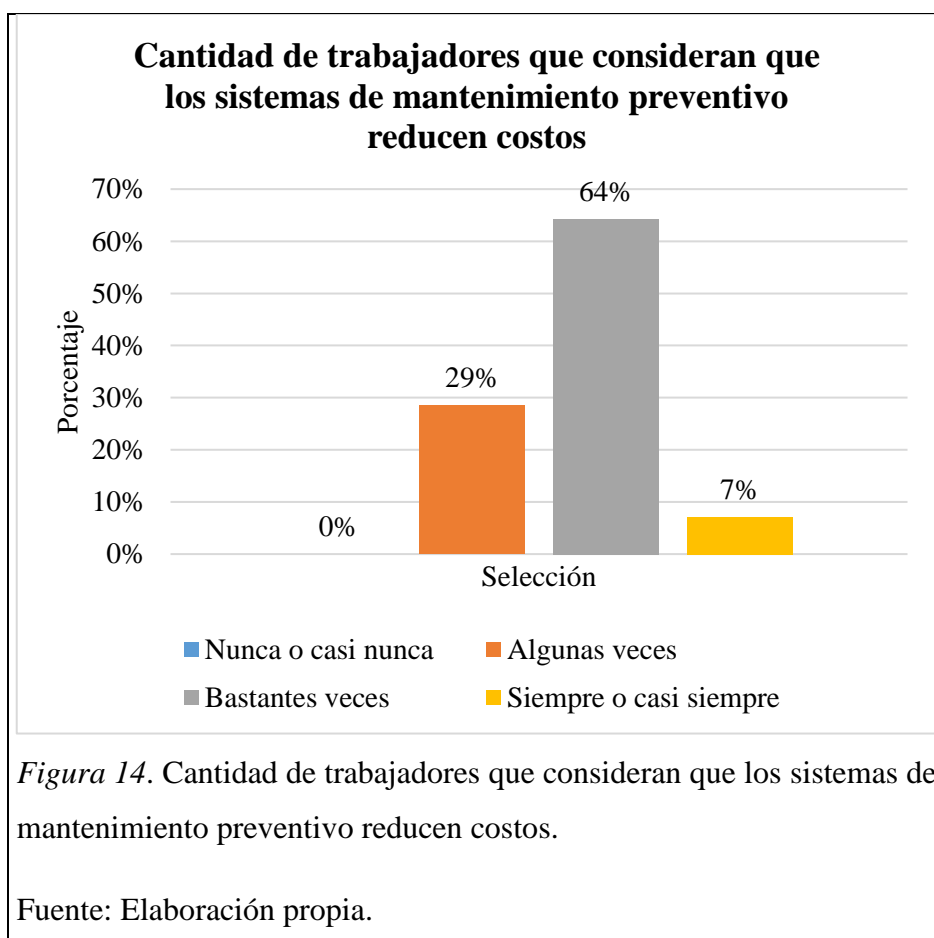


Tabla 13.

*Cantidad de trabajadores que consideran que los sistemas de mantenimiento preventivo reducen costos.*

<b>Selección</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nunca o casi nunca	0	0%
Algunas veces	4	29%
Bastantes veces	9	64%
Siempre o casi siempre	1	7%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



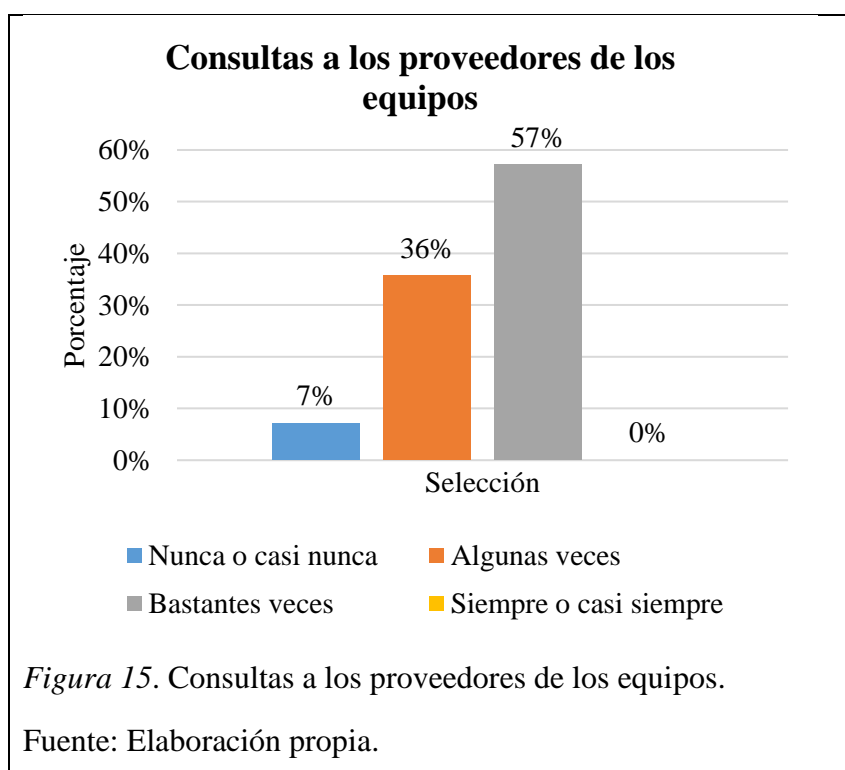
El 64% de los trabajadores encuestados, indican que bastantes veces los sistemas de mantenimiento preventivo han reducido costos. Además, el 29% afirma que algunas veces este panorama es positivo y finalmente, el 7% asegura que siempre o casi siempre se reducen los costos debido a los sistemas de mantenimiento preventivo.

Tabla 14.

*Consultas a los proveedores de los equipos.*

<b>Selección</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nunca o casi nunca	1	7%
Algunas veces	5	36%
Bastantes veces	8	57%
Siempre o casi siempre	0	0%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 15. Consultas a los proveedores de los equipos.*

Fuente: Elaboración propia.

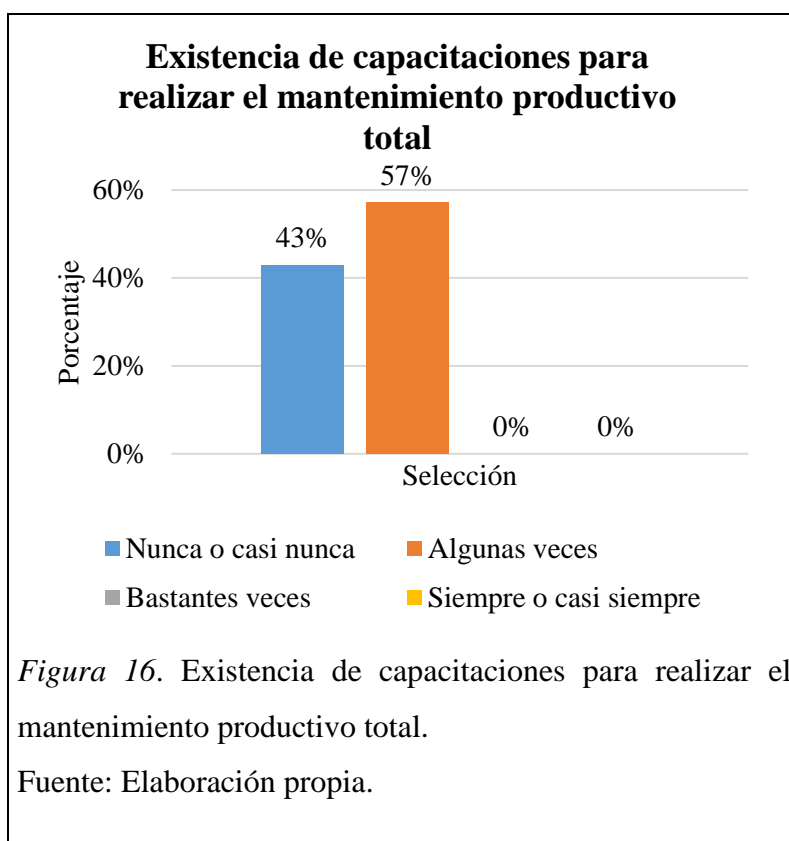
Antamina S.A, cuenta con proveedores de los equipos móviles que se emplean en el transporte de mineral. Bajo ese aspecto, el 57% de los colaboradores encuestados manifiestan que bastantes veces se realizan consultas a los proveedores, mientras tanto, el 36% asegura que algunas veces sucede esto. Finalmente, el 7% indica que nunca o casi nunca se realizan consultas.

Tabla 15.

*Existencia de capacitaciones para realizar el mantenimiento productivo total.*

<b>Selección</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nunca o casi nunca	6	43%
Algunas veces	8	57%
Bastantes veces	0	0%
Siempre o casi siempre	0	0%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



Las capacitaciones son limitadas en la compañía minera Antamina S.A, por esa razón los resultados señalan que el 57% de los trabajadores encuestados, afirman que algunas veces se realizan estas capacitaciones relacionadas al Mantenimiento

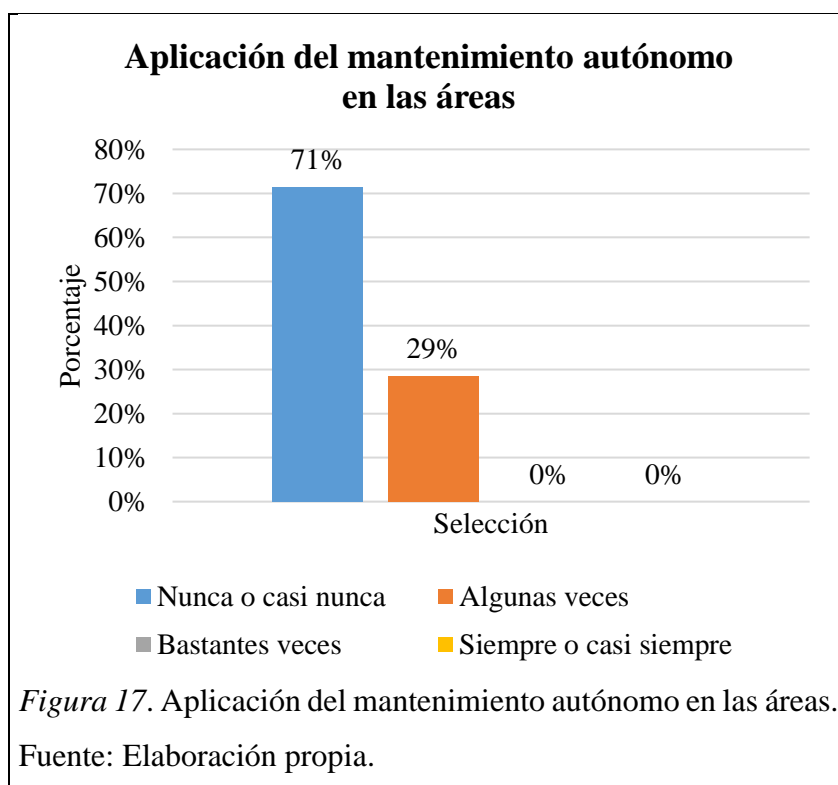
Productivo Total (TPM). Por otro lado, el 43% asegura que nunca o casi nunca se realizan estas capacitaciones.

Tabla 16.

*Aplicación del mantenimiento autónomo en las áreas.*

<b>Selección</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nunca o casi nunca	10	71%
Algunas veces	4	29%
Bastantes veces	0	0%
Siempre o casi siempre	0	0%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



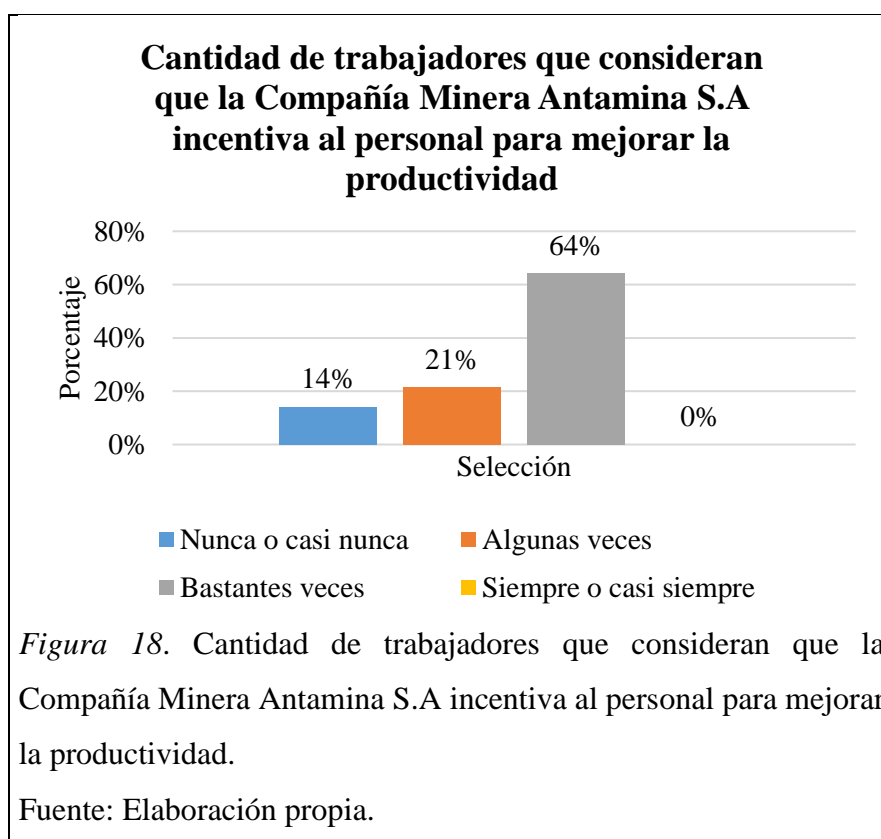
El mantenimiento autónomo, el cual forma parte del TPM, es un pilar que no se logra evidenciar de forma marcada en la empresa bajo estudio, así lo demuestran los resultados, donde el 71% de los colaboradores encuestados, afirman que nunca o casi nunca se aplica este pilar fundamental. Así mismo, un grupo de 4 personas (29%), señalaron que algunas veces se hace el intento por aplicar dicho pilar.

Tabla 17.

*Cantidad de trabajadores que consideran que la Compañía Minera Antamina S.A incentiva al personal para mejorar la productividad.*

<b>Selección</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nunca o casi nunca	2	14%
Algunas veces	3	21%
Bastantes veces	9	64%
Siempre o casi siempre	0	0%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 18. Cantidad de trabajadores que consideran que la Compañía Minera Antamina S.A incentiva al personal para mejorar la productividad.*

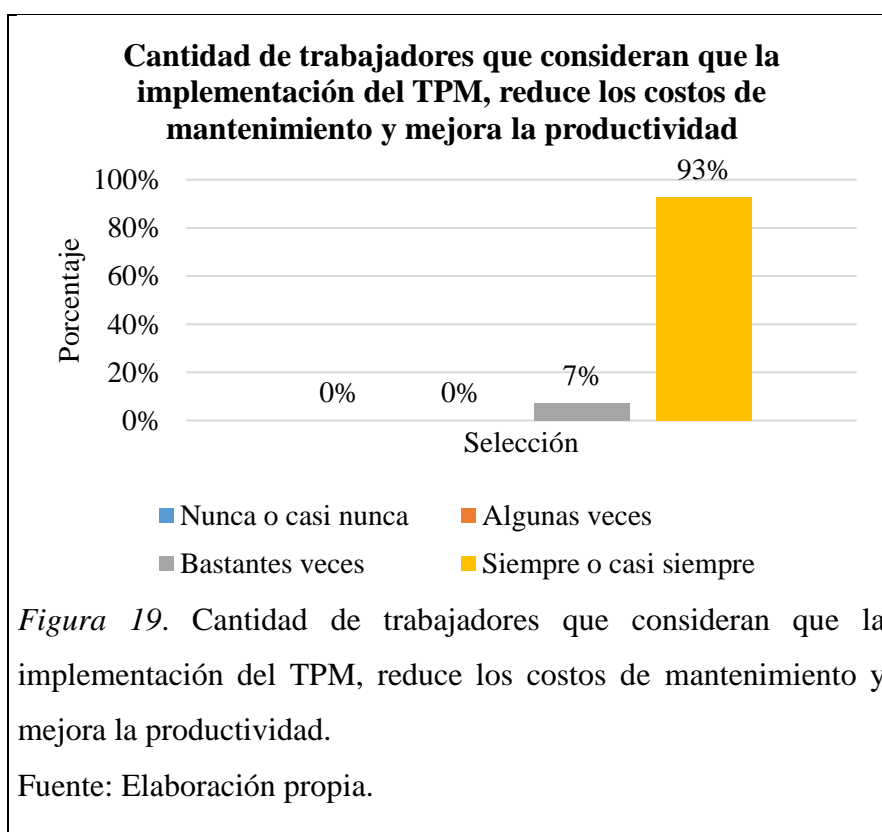
La figura N°18 indica que, en su mayoría, el 64% de los colaboradores encuestados afirman que bastantes veces la Compañía Minera Antamina S.A motiva a los trabajadores para incrementar la productividad. Así mismo, el 36% de los encuestados señalaron que algunas veces y nunca o casi nunca se realiza incentivación para mejorar este indicador.

Tabla 18.

*Cantidad de trabajadores que consideran que la implementación del TPM, reduce los costos de mantenimiento y mejora la productividad.*

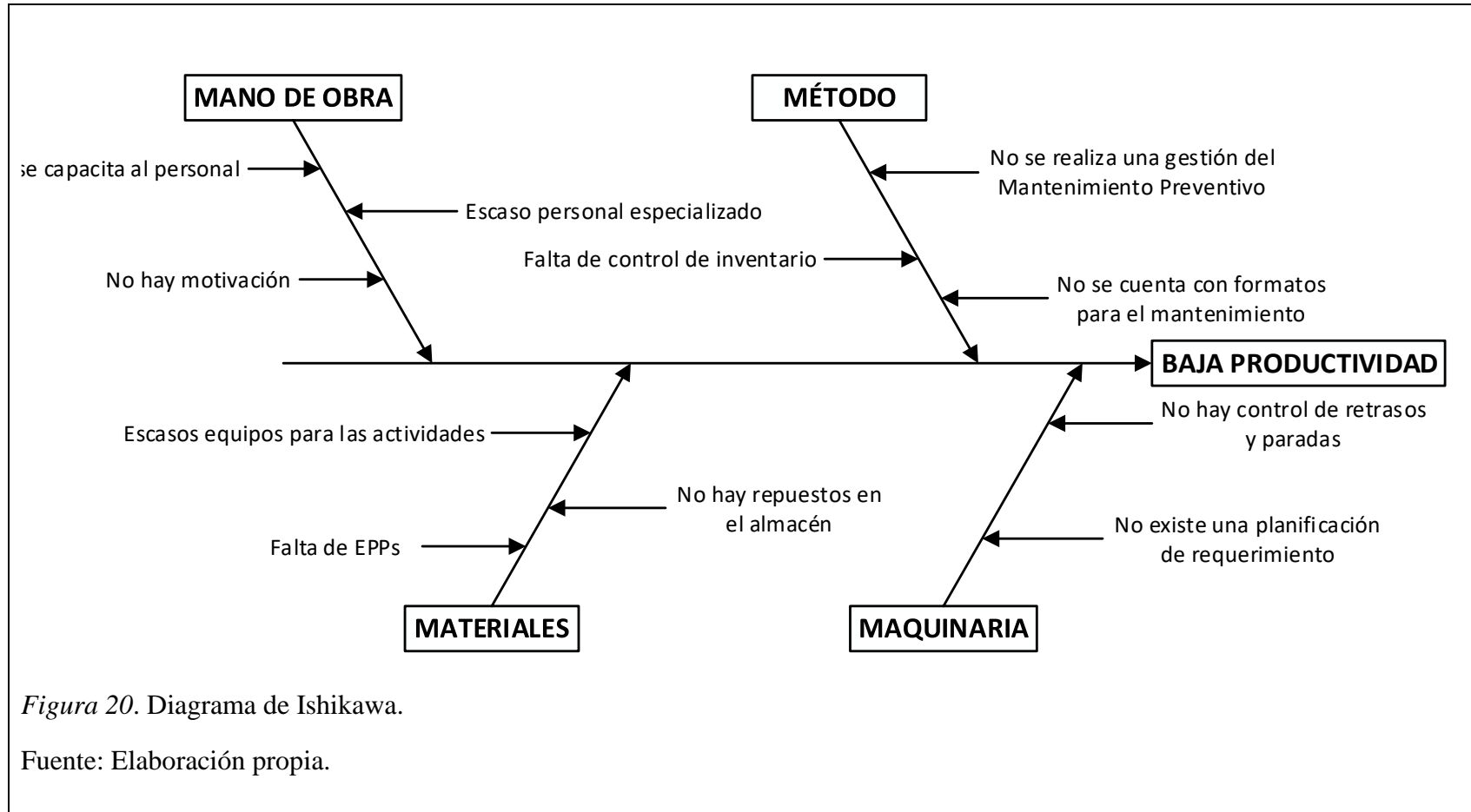
<b>Selección</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nunca o casi nunca	0	0%
Algunas veces	0	0%
Bastantes veces	1	7%
Siempre o casi siempre	13	93%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



Los colaboradores del área de mantenimiento demuestran alguna noción de conocer el Mantenimiento Productivo Total, así mismo reconocen que esta metodología disminuye los costos e incrementa la productividad sin lugar a duda. Por esa razón, se puede evidenciar que el 93% de los trabajadores encuestados, han afirmado esta posición, mientras tanto el 7% asegura que bastantes veces se ha evidenciado a la metodología como herramienta positiva para la productividad.

### 1.1.3.2. Herramientas de diagnóstico



### 3.1.4. Situación actual de la variable dependiente

#### Eficacia

La eficacia se encuentra enmarcada en la cantidad de vehículos reales, en los meses de abril y mayo del 2019, entre la cantidad de vehículos programados, siendo igual a la cantidad de vehículos requeridos por el área de transporte, en la tabla N°8 se evidencia la información de los vehículos, calculando de esta manera, la eficacia antes de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total TPM.

$$EFICACIA = \frac{\text{Cantidad de vehículos real}}{\text{cantidad de vehículos programados}} * 100$$

Tabla 19.

*Eficacia de la Compañía Minera Antamina S.A – Mantenimiento.*

<b>Eficacia</b>					
<b>Mes</b>	<b>Modelo Equipo Móvil</b>	<b>Tipo</b>	<b>Vehículos Programados</b>	<b>Vehículos Real</b>	<b>Eficacia Antes</b>
<b>Abril</b>	CAT 793	Motor	40	31	0.775
	Komatsu 930	Equipo	90	75	0.833
		Móvil			
	CAT 793	Sistema	40	29	0.725
	Komatsu 930	Hidráulico	90	65	0.722
	CAT 793	Sistema	40	22	0.55
	Komatsu 930	Eléctrico	90	69	0.766
	CAT 793	Tren de	40	26	0.65
	Komatsu 930	Potencia	90	73	0.811
	CAT 793	Sistema	40	31	0.775
Komatsu 930	Chasis	90	78	0.866	
		<b>Promedio</b>			<b>0.747</b>
<b>Mayo</b>	CAT 793	Motor	40	36	0.9
	Komatsu 930	Equipo	90	72	0.8
		Móvil			
	CAT 793	Sistema	40	31	0.775
Komatsu 930	Hidráulico	90	79	0.877	



CAT 793	Sistema	40	32	0.8
Komatsu 930	Eléctrico	90	75	0.833
CAT 793	Tren de	40	31	0.775
Komatsu 930	Potencia	90	76	0.844
CAT 793	Sistema	40	33	0.825
Komatsu 930	Chasis	90	66	0.733
<b>Promedio</b>				<b>0.816</b>

Fuente: Compañía Minera Antamina S.A.

La tabla N°19, señala el promedio de los vehículos disponibles en los meses de abril y mayo del 2019, con dos turnos de 12 horas c/u. Partiendo de ello, se ha determinado la eficacia por meses y modelos disponibles en la Compañía Minera Antamina S.A.

### **Eficiencia**

La eficiencia se ha determinado mediante el uso de los datos de tiempo real que se ha mantenido

Tabla 20.

*Eficiencia de la Compañía Minera Antamina S.A – Mantenimiento.*

<b>Eficiencia</b>					
<b>Mes</b>	<b>Vehículo/Modelo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tiempo Efectivo (hrs)</b>	<b>Tiempo Total (hrs)</b>	<b>Eficiencia Antes</b>
<b>Abril</b>	CAT 793	Motor	5376	5500	0.977
	Komatsu 930	Equipo	11332	12000	0.944
		Móvil			
	CAT 793	Sistema	4252	4500	0.945
	Komatsu 930	Hidráulico	5616	5800	0.968
	CAT 793	Sistema	2936	3200	0.918
	Komatsu 930	Eléctrico	6272	6500	0.965
	CAT 793	Tren de	3040	3200	0.95
	Komatsu 930	Potencia	3992	4200	0.950
	CAT 793		3136	3500	0.896

	Komatsu 930	Sistema Chasis	3256	3500	0.930
	<b>Promedio</b>		<b>4920.8</b>	<b>5190</b>	<b>0.944</b>
<b>Mayo</b>	CAT 793	Motor Equipo	2664	5500	0.484
	Komatsu 930	Móvil	3332	12000	0.278
	CAT 793	Sistema	2212	4500	0.492
	Komatsu 930	Hidráulico	3352	5800	0.578
	CAT 793	Sistema	2052	3200	0.641
	Komatsu 930	Eléctrico	2532	6500	0.39
	CAT 793	Tren de	1380	3200	0.431
	Komatsu 930	Potencia	1908	4200	0.454
	CAT 793	Sistema	1212	3500	0.346
	Komatsu 930	Chasis	1000	3500	0.286
		<b>Promedio</b>		<b>2164.4</b>	<b>5190</b>

Fuente: Elaboración propia.

La tabla N°20, evidencia el periodo de tiempo promedio – horas empleadas en el mantenimiento realizada y calculada, considerando 4 semanas por mes, tomando los datos calculados anteriormente de forma semanal. Partiendo de ello, se calcula la eficiencia.

## Productividad

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

Tabla 21.

*Productividad antes de la aplicación del TPM.*

<b>Productividad: Eficiencia * Eficacia</b>					
<b>Mes</b>	<b>Vehículo/Modelo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Eficacia</b>	<b>Productividad</b>
<b>Abril</b>	CAT 793	Motor Equipo	0.977	0.775	0.78
	Komatsu 930	Móvil	0.944	0.833	0.79
	CAT 793	Sistema	0.945	0.725	0.69
	Komatsu 930	Hidráulico	0.968	0.722	0.70
	CAT 793	Sistema	0.918	0.55	0.50
	Komatsu 930	Eléctrico	0.965	0.766	0.74
	CAT 793	Tren de	0.95	0.65	0.62
	Komatsu 930	Potencia	0.950	0.811	0.77
	CAT 793	Sistema	0.896	0.775	0.69
	Komatsu 930	Chasis	0.930	0.866	0.81
	<b>Promedio</b>		<b>0.944</b>	<b>0.747</b>	<b>0.71</b>
<b>Mayo</b>	CAT 793	Motor Equipo	0.484	0.9	0.44
	Komatsu 930	Móvil	0.278	0.8	0.22
	CAT 793	Sistema	0.492	0.775	0.38
	Komatsu 930	Hidráulico	0.578	0.877	0.51
	CAT 793	Sistema	0.641	0.8	0.51
	Komatsu 930	Eléctrico	0.39	0.833	0.32
	CAT 793	Tren de	0.431	0.775	0.33
	Komatsu 930	Potencia	0.454	0.844	0.38
	CAT 793	Sistema	0.346	0.825	0.29
	Komatsu 930	Chasis	0.286	0.733	0.21
	<b>Promedio</b>		<b>0.627</b>	<b>0.588</b>	<b>0.36</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. **Discusión de resultados**

El diagnóstico pudo otorgar un panorama general de lo que viene sucediendo en la Compañía Minera Antamina S.A, así como las razones por las que la productividad se veía afectada. De acuerdo con el diagrama Ishikawa, se evidenció puntos críticos con respecto a los materiales, la falta de algunas herramientas, falta de algunos lubricantes necesarios para los vehículos que se manejan en la compañía, así como también la falta de instructivos de trabajo, falta de un programa de mantenimiento autónomo, planificado, las paradas de los equipos móviles, el tiempo empleado y finalmente la falta de capacitación en TPM.

Jara (2021) en su investigación cuyo principal objetivo de la investigación fue encontrar la variabilidad positiva – ascendente en el incremento de la productividad, empleando como herramienta el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la compañía minera bajo estudio, encontró problemas similares a los diagnosticados en el presente estudio. La empresa presentó inconvenientes en la disponibilidad de los equipos móviles en el área de mantenimiento, a causa de los distintos arreglos, afectando directamente a la poca operatividad de las unidades de distribución, generando un elevado costo por la detención y no sólo por ese motivo, además por los cambios con equipos individuales, donde los talleres de la compañía no pueden otorgar un cimiento de mantenimiento adecuado, provocando una productividad ineficiente de la flota de equipos móviles a diario. Argentum S.A es una empresa que no realizaba un adecuado mantenimiento a los equipos móviles, siendo esa la razón principal por la que la productividad es reducida, por las paradas constantes de los equipos. Con el diagnóstico situacional de Argentum S.A, se propuso la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), enfocado en el mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y las capacitaciones, logrando la reducción de las paradas, mejorando la productividad de los equipos CAT de 0.027 a 0.058 motores y en el caso de los equipos Komatsu, de 0.029 a 0.105 motores de equipos móviles por hora. Del mismo modo, en la Compañía Minera Antamina S.A, la problemática es similar, las unidades en el taller por reparaciones diversas, afecta en la inoperatividad de las unidades de reparto, lo cual también ha generado un alto sobre costo, no solo por la paralización, sino también por el reemplazo por unidades particulares.

Castro (2020) en su investigación abordada en la empresa minera Río Chicama S.A.C, concentraban inconvenientes relacionados a los procesos de mantenimiento, donde se ha podido evidenciar que se recurría al mantenimiento correctivo; es decir, después de la avería. Así mismo, no se contaba con un historial de fallas o reparaciones realizadas, tampoco los tiempos de paradas por falla, los registros de repuestos críticos; la ausencia total de estos elementos, causando de esta manera, grandes pérdidas en el proceso debido a las prolongadas paradas de los equipos de forma imprevista. Para contrarrestar el panorama de la empresa minera Río Chicama, se diseñó una propuesta de implementación basada en 4 fases y 12 pasos del Mantenimiento Productivo Total (TPM), destacando el mantenimiento autónomo, educación y entrenamiento, mantenimiento planificado, aplicación del programa 5S, empleado como base de la implementación, logrando aumentar la productividad en 69.46% y la disponibilidad en 89.90%. Del mismo modo, en la Compañía Minera Antamina S.A, si bien es cierto no se evidenciaron ausencia de documentación como en Río Chicama, pero se puede observar que la propuesta está basada en el TPM y la aplicación de sus pilares, demostrando que la productividad mejora considerablemente, debido al uso de las herramientas “Lean”.

Finalmente, Inga y Montoya (2020) en su investigación enfocada en la empresa de producción S.C.R. S.A.C en Lince, diagnosticaron una problemática similar a la planteada en el presente estudio. El autor señala que la organización presenta demoras en el proceso productivo, repitiendo actividades y generando uso de tiempos innecesarios reflejados en retrasos, además se encontró falta de capacitación al personal, equipos dañados y tiempos muertos de la maquinaria mientras es reparada. Debido a esta situación se pudo evidenciar una baja productividad y para ello, se propuso la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), haciendo uso de sus distintas fases, así como el desarrollo de un plan de formación o programa de mantenimiento autónomo, un plan o programa de mantenimiento planificado y finalmente las capacitaciones a los trabajadores, mejorando la productividad de 78.49% a 91.36%, incrementando en un 16.40%. De esta forma, tiene coherencia con la propuesta planteada en la Compañía Minera Antamina, la cual es la empresa bajo estudio y pretende aplicar el TPM, debido a la problemática similar a la ocurrida en la empresa S.C.R. S.A.C.

### **3.3. Propuesta de investigación**

#### **3.3.1. Fundamentación**

El presente estudio tuvo como propuesta la aplicación del Mantenimiento Productivo Total, con la finalidad de incrementar la productividad de la Compañía Minera Antamina S.A.

#### **3.3.2. Objetivos de la propuesta**

##### **Objetivo General**

El objetivo general del presente estudio es aplicar la metodología TPM, para incrementar la productividad en la Compañía Minera Antamina S.A.

##### **Objetivos Específicos**

Realizar un diagnóstico situacional actual de la Compañía Minera Antamina S.A, en el año 2019.

Implicar a los trabajadores en la aplicación de la herramienta metodológica TPM.

Preparar formatos de registro, control y seguimiento de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Realizar el análisis costo – beneficio de la propuesta.

Empleando la técnica de la observación, realizada en la Compañía Minera Antamina S.A, se pudo evidenciar el desorden, artículos fuera de lugar, en los lugares señalizados para transitar, etc. Los elementos de trabajo no se ubican en su lugar correspondiente, de igual forma con la limpieza; la cual ha sido ineficiente. Así mismo, los colaboradores fomentan el desorden por la desubicación de los artículos laborales, lo cual ha perjudicado el acceso, orden y limpieza.

##### **Análisis de la guía en la escala de puntuación 5S**

La metodología 5S se ha planteado en niveles de calidad según los criterios de puntaje, siendo la calificación máxima de 5. De esta manera, como conclusión se tuvo que la escala planteada en el área de mantenimiento de la empresa bajo estudio, se encontró por muy debajo del intervalo. Para ello, se han propuesto capacitaciones

periódicas con relación a la limpieza y el orden de los trabajadores, formando parte de la estructura importante de la aplicación del TPM.

Tabla 22.

*Escala para la evaluación 5S.*

<b>ESCALA</b>	
Muy eficiente	5
Eficiente	4
Regular	3
Ineficiente	2
Muy ineficiente	1

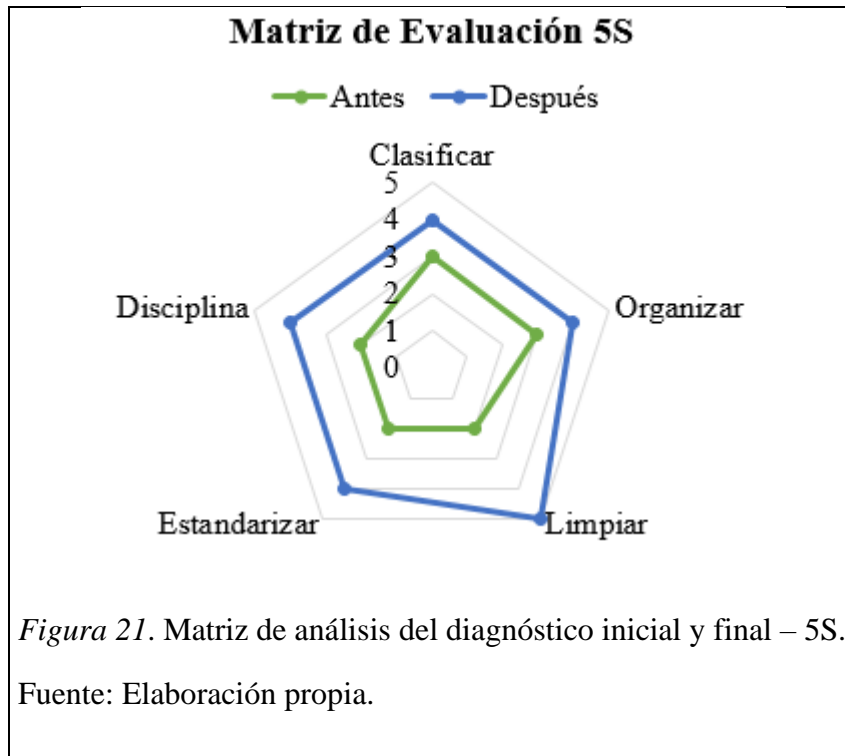
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23.

*Criterios del diagnóstico inicial y final de las 5S.*

<b>5S</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>Puntuación Máxima</b>
<b>Clasificar</b>	3	4	5
<b>Organizar</b>	3	4	5
<b>Limpiar</b>	2	5	5
<b>Estandarizar</b>	2	4	5
<b>Disciplina</b>	2	4	5

Fuente: Elaboración propia.



La figura N°21, señala los elementos de análisis de las 5S, además evidencia la mejora que se obtuvo debido a las medidas tomadas. Para el mayor entendimiento, la línea con tonalidad verde indica el diagnóstico inicial de la Compañía Minera Antamina S.A, la cual se encontró por debajo del puntaje máximo, a causa de distintas razones como la suciedad, el desorden del área, herramientas y/o elementos fuera de su lugar. Por otro lado, la línea de color azul, señala el incremento notorio en los criterios de puntuación, analizados previamente, los cuales continuarán siendo calificados por el encargado del área para avanzar con la consolidación e incrementando los puntajes al máximo.



### **3.3.3. Desarrollo de la propuesta**

#### **Propuesta de aplicación de las 5S**

Luego de realizada la investigación en la división de mantenimiento, se pudo destacar el primer paso, donde se selecciona a los trabajadores idóneos, con la calificación adecuada para la operatividad de los equipos móviles.

#### **Organización – Seiri:**

La organización tiene que trabajarse de forma óptima, en cada estación laboral se deben contar con los elementos necesarios, de esta manera eliminar los artículos que no se utilizan, donde se empleó como método las tarjetas rojas.

Para la aplicación de la primera S, se determinaron tres aspectos a tener en cuenta:

1. Otorgar funciones y/o lineamientos que deben seguir los trabajadores a cargo del área de mantenimiento, cumpliendo los pasos que se muestran a continuación:
  - El personal a cargo del área de mantenimiento aportará en el soporte de la ejecución de las tareas encomendadas a los colaboradores de la compañía minera Antamina S.A.
  - El personal a cargo del área de mantenimiento, servirá de soporte en la realización de la relación de las distintas herramientas y elementos encontrados en áreas que no les corresponden.
  - Con el apoyo de un colaborador, se ubicarán las tarjetas en los elementos que corresponden a un desplazamiento y ser reubicados.
2. Otorgar capacitación a los colaboradores de la Compañía Minera Antamina S.A, relacionado al óptimo desarrollo y funcionamiento de las tarjetas rojas.

Con lo que respecta a la implementación del primer paso, se suprimen los elementos, añadiendo tarjetas rojas. Entonces, debido a esto, al realizar la división

de los artículos al área asignada, para determinar si son retirados a otro lugar o a la parte externa de la Compañía Minera Antamina S.A.

<b>TARJETA ROJA – COMPAÑÍA MINERA ANTAMINA S.A.</b>		
<b>Nombre del artículo:</b>		
<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	Materia Prima	
	Máquinas	
	Herramientas	
	Productos Culminados	
<b>FECHA</b>	Ubicación:	Cantidad:
<b>CAUSA</b>	Deteriorado	
	No es útil	
	Uso desconocido	
	Material contaminante	
	Otros	
<b>DETERMINACIÓN</b>	Inspeccionar	
	Desechar	
	Movilizar	
<b>RESPONSABLE:</b>		

*Figura 22.* Tarjeta roja 5S propuesta para la Compañía Minera Antamina S.A.

Fuente: Elaboración propia.

### **Orden – Seiton**

Cuando se realiza una apropiada organización de los elementos, la compañía debe adecuar las herramientas, los equipos y máquinas de forma ideal para su sencilla utilización, siendo un soporte en la disminución de los tiempos improductivos en el área de mantenimiento por distintas causas. El principal objetivo es que el colaborador pueda encontrar los elementos que necesita, de forma rápida, para su

jornada laboral, evitando desplazamientos innecesarios, logrando así mejorar la productividad del área y la compañía minera Antamina S.A.



*Figura 23. Carritos portaherramientas en orden.*

Fuente: Antamina S.A.

### **Limpieza – Seiso**

En la ejecución de la limpieza, se tiene que considerar los equipos y herramientas que conforman la cadena productiva del área de mantenimiento, además dividir los elementos sucios que se pueden encontrar en un ambiente inadecuado, para ello se realizaron distintas actividades como: eliminación de suciedad de los pisos, trapeado con agua y cloro, limpieza del polvo y recepción de la suciedad de las distintas áreas aledañas al mantenimiento.

Según el procedimiento, luego se pidió la participación de los colaboradores para realizar la limpieza, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Ejecutar la limpieza con un periodo diario, previamente al iniciar las actividades laborales y como recursos se empleará el escobillón,

recogedor y franela, formando parte de un kit básico en la eliminación del polvo de las distintas zonas de la empresa minera.

- Se realizará la limpieza de los equipos y las máquinas que se encuentran operativas para las distintas actividades vinculadas al transporte de minerales, con el objetivo de identificar los defectos y mantener informado al personal a cargo del mantenimiento para su mediación correspondiente, utilizando los procesos con una frecuencia semanal.



*Figura 24. Área de engrase cumpliendo la limpieza.*

Fuente: Antamina S.A.

### **Estandarización – Seiketsu**

En cuanto se ha finalizado los procedimientos anteriores, se propuso un método estructurado para realizar los procedimientos anteriores. La estandarización especifica la ejecución de un plan que debe ser ubicado en un tablero, con el fin de permitir su visualización para los colaboradores de la Compañía Minera Antamina S.A, señalando a los responsables del cumplimiento de las condiciones de las 5S. Además, se realizarán capacitaciones diarias para la correcta funcionalidad de las

tareas, de esta forma se ha propuesto la utilización de un buzón de sugerencias, de cierta forma que el trabajador pueda emitir un juicio o petición de las distintas posturas que pueda tener para la mejora de los procesos.

### **Disciplina – Shitsuke**

El personal encargado en la operación debe cumplir de forma adecuada los procedimientos contemplados en el presente estudio, señalando que se tiene que practicar convirtiendo el proceso en situaciones habituales. Es de vital relevancia contar con la participación de los operarios, contar con la adecuada administración de la infraestructura para el beneficio del mantenimiento y el cumplimiento de los lineamientos. Además, otorgar la incentivación necesaria y permanente, que permita la incorporación de la filosofía en la Compañía Minera Antamina S.A.

### **Propuesta de aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

#### **Políticas básicas:**

Incrementar la efectividad general de los equipos móviles, haciendo partícipe a la gran parte de los integrantes de la organización bajo estudio, cumpliendo con el personal, para que realicen un mayor esfuerzo en las metas relacionadas a la obtención del esfuerzo de la mano de obra, con cero averías y cero defectos en el proceso de transporte en la compañía minera.

Alcanzar equipos en las labores con una alta calificación y obtener un trabajo de calidad como resultado final.

Desplegar a los trabajadores competentes de la compañía minera, a través del adiestramiento y capacitación, logrando la máxima identificación con las metas de Antamina S.A.

Alcanzar el trabajo en equipo con los colaboradores en las mejoras propuestas, a través de los círculos de calidad de la empresa bajo estudio.

Obtener ambientes laborales gratificantes (con limpieza y orden), realizados a partir de grupos de trabajo en el área de operaciones – mantenimiento, con la participación eficiente del grupo de trabajo.

### **Objetivos y metas:**

La compañía minera Antamina S.A, afirma que los objetivos establecidos fueron:

Reducir la cantidad de paradas importantes, en un 15% anual.

Reducir la cantidad de paradas de los equipos por fallas mínimas, en un 25% anual.

Incrementar la fiabilidad general de los equipos en un 20% anual.

Incrementar la mantenibilidad (periodo de tiempo para reparar), porcentualmente en un 20% anual.

Alcanzar la aplicación del mantenimiento autónomo, 25% en dos años.

Disminuir los costos de producción en un 15% cada dos años.

### **Análisis FODA**

El presente estudio propone la aplicación de un análisis FODA, el cual evidencia la forma grupal de la situación del área de mantenimiento, así como la organización de la compañía minera, reflejado en las actividades diarias.

La evaluación se realiza con la participación del representante de operaciones y los operadores que intervienen en el mantenimiento y las personas especializadas en el rubro.

Tabla 24.

*Análisis FODA del contexto de estudio.*

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Aplicación del mantenimiento preventivo.	La Tecnología más sofisticada en las herramientas y equipos.
Implementación de equipos y herramientas	Trabajadores cualificados y de bajo costo en el mercado laboral
Implementación de infraestructura de talleres.	Vías de comunicación en buen estado.
	Demanda del producto.

Identificación de disciplina y Mejoras en los sistemas de puntualidad de los trabajadores. comunicación.

Inserción de medidas de seguridad.

Soporte de gerencia para incrementar la calidad y capacitación.

<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Paradas intempestivas de maquinaria.	La calidad de los terceros, en el servicio, es muy baja.
Insuficiente planeamiento	Tercera ola de la pandemia COVID-19.
No hay programas de desarrollo personal.	Flexibilización de normas laborales.
Demora en la atención de órdenes de trabajo.	
Falta de un plan maestro de TPM	
Condiciones de operaciones en la mina inadecuada	
Falta capacitación de operadores.	
Falta motivación a los trabajadores.	

Fuente: Elaboración propia.

### **Análisis de la situación actual en la administración y ejecución del TPM en la Compañía Minera Antamina S.A.**

La administración del mantenimiento de la compañía minera Antamina S.A. se desarrolla bajo tutela del jefe inmediato en el área de mantenimiento, con el soporte del Gerente de operaciones.

La compañía minera, en el área de mantenimiento cuenta con un representante, el cual maneja los trabajos correctivos y preventivos para su ejecución por dos técnicos mecánicos de mantenimiento, los cuales se encuentran relacionados de forma directa a la compañía minera.

están vinculados directamente a la empresa. Estos técnicos son programados para prestar el servicio de mantenimiento en cada una de las áreas del departamento

de producción con la participación de contratistas externos, cuando los trabajos lo requieran.

Las actividades de mantenimiento forman parte del acceso responsable y exclusivo de los técnicos responsables de turno, debido a que los colaboradores no se encuentran capacitados para sobrellevar o controlar las tareas de lubricación y reparaciones menores (bajo una sustitución simple de piezas y reparación temporal), esto suscitado en las hojas de vida y los datos proporcionados por el mismo personal. La limpieza de forma diaria de los equipos y máquinas es neta responsabilidad de los operadores.

Antamina S.A, tiene un sistema de mantenimiento preventivo periódico que tiene la acción de revisar, limpiar y aplicar lubricación a los diversos elementos de los equipos mineros. El mantenimiento es preventivo y se realiza cada cierto tiempo de manera programada ya sea mensual, trimestral o anual, para un buen control y una buena producción.

Las actividades que se programan, a partir de los trabajos realizados en el área de mantenimiento, no se realizan en las fechas establecidas, tampoco se considera el cumplimiento del tiempo efectivo en las operaciones de las máquinas al no poseer con indicadores que permitan el control de los mismo. Los resultados resultan ser poco convenientes, en la medida que los tiempos son variables, debido a que generan excesos o defectos en la cantidad de aplicación del mantenimiento, lo que causa sobrecostos por mantenimiento de forma innecesaria por fallas sin espera en las máquinas o equipos empleados.

### **Etapas iniciales:**

#### **1er Paso: Compromiso de la alta gerencia**

La propuesta de investigación vincula al gerente o representante de la Compañía Minera Antamina S.A, para el reconocimiento de las deficiencias y problemas que tienen los equipos móviles en el transporte de minerales, causando tiempos muertos y pérdidas económicas a corto y largo plazo, es por ello que se ha propuesto a la compañía la aplicación del Mantenimiento Productivo Total.



**Adicional:** Se conseguirá aplicar la metodología TPM de forma adecuada, siempre y cuando la directiva asuma la responsabilidad para apoyar y ofrecer los recursos necesarios para su aplicación eficiente.

### **2do Paso: Campaña de difusión del método**

La operatividad de la metodología TPM, requiere del acompañamiento simultáneo y constante a los trabajadores en las distintas áreas o espacios de trabajo, para su participación en las tareas que se vienen ejecutando internamente en la compañía minera Antamina S.A.

**Adicional:** La ejecución de la campaña y su difusión, se ejecutará por medio de afiches, correos electrónicos, para así promover la colaboración frecuente de todos los trabajadores.

### **3er Paso: Establecer el comité de coordinación y estructuración de los operadores responsables para la gestión del programa y formación de los equipos de trabajo de la Compañía Minera Antamina S.A.**

Se plantea un comité de organización para la aplicación, a cargo de la elevada representación y los jefes de las diferentes áreas de la compañía, quienes otorgan los equipos de trabajo, siguiendo la funcionalidad y/o las actividades que deben ejecutar los colaboradores.

### **4to Paso: Política básica y metas**

Las políticas permiten lograr los estándares de rendimiento, el índice de reducción de fallas, mejorando la disponibilidad y por ende el incremento de la productividad de la compañía, etc.

**Adicional:** Cada área tiene la responsabilidad de construir sus propias políticas y objetivos, siempre y cuando estas se encuentren relacionadas a las políticas o lineamientos generales determinadas por el comité del TPM.

### 5to Paso: Plan Piloto

La investigación logra el objetivo de generar una repercusión en la viabilidad de la aplicación, logrando la identificación de valores positivos, ejecutados en la iniciación del proyecto. La prueba piloto sirve como la iniciación para tener un panorama con datos importantes y requeridos en la propuesta de aplicación.

De acuerdo a las razones planteadas, se propuso la puesta en marcha el esquema para la motivación, compromiso y capacitación. Se busca mejorar la productividad, relacionado netamente con la eficiencia de los equipos móviles de transporte de minerales, por medio de la propuesta de investigación, para de esa manera alcanzar mejoras en los indicadores de productividad (eficiencia y eficacia).

En ese orden de ideas, se presentan los formatos a utilizar, en cuanto a las paradas de los equipos móviles de la Compañía Minera Antamina S.A:

#### Control de los equipos móviles

<b>PARADAS DE EQUIPOS MÓVILES</b>			
<b>Tipo y Modelo:</b>			
<b>Fallas:</b>			
<b>N°</b>	<b>Inicio/Hora</b>	<b>Fin/Hora</b>	<b>Observaciones de la falla encontrada</b>
<b>01</b>			
<b>02</b>			
<b>03</b>			
<b>04</b>			
<b>05</b>			
<b>06</b>			
<b>07</b>			
<b>08</b>			

*Figura 25.* Formato de paradas de equipos móviles.  
Fuente: Elaboración propia.

## **Mantenimiento Autónomo**

El mantenimiento autónomo enfoca al control del operador en su propio espacio y funciones. Es decir, controla su propio equipo, alcanzando esta responsabilidad por medio de la participación activa de los colaboradores, los cuales tienen la responsabilidad de poseer previamente los conocimientos suficientes acerca del mantenimiento.

La limpieza del área.

Eliminación del polvo y la suciedad de los equipos y elementos.

Manifiestar las irregularidades presentes.

Corregir los defectos e informar las condiciones del equipo móvil.

Tener en cuenta los procedimientos de protección con relación a la suciedad y mejorar el acceso a las distintas áreas que tienen un ingreso complicado para realizar actividades relacionadas a la limpieza y lubricación. De esta manera, se logra minimizar la contaminación y las fugas de lubricante, en los vehículos, así mismo se consideran diversos factores.

Los estándares laborales se representan con la determinación y disposición de los distintos criterios, los cuales tienen que permitirse visualizar por los colaboradores de Antamina S.A. Además, promover hábitos relacionados a la prevención y los cuidados permanentes de los distintos equipos y/o máquinas, a través de la composición y utilización de los lineamientos para una adecuada limpieza – lubricación y configuración de los elementos y herramientas en los tiempos adecuados. De esta forma, se previene el desgaste del equipo y sus distintas fallas, manteniendo las condiciones básicas que se ajusten con los lineamientos propuestos.

La fiscalización general, para lograr ello se debe capacitar a los trabajadores para que estos puedan realizar el control de los equipos móviles y máquinas. Además, el registro y control autónomo, debe cumplir con el objetivo principal, el cual se enfoca en la autonomía de los colaboradores para ejecutar actividades de inspección de cada máquina y equipo, comunicando e informando los problemas para corregir las fallas.

La estandarización, establece los parámetros del escenario, relacionado al registro y control de las máquinas y equipos móviles. El registro y control autónomo, para otorgar continuidad en las distintas tareas, empleando todos los conocimientos y capacidades logrados en el procedimiento desarrollado anteriormente.

### **Fases en la capacitación del personal, relacionado al mantenimiento autónomo de Antamina S.A.**

El programa de mantenimiento autónomo y la capacitación, se separa en tres etapas: sensibilización del personal de mantenimiento a través de charlas, capacitación de los colaboradores para cumplir el programa de mantenimiento autónomo, además de un curso para la formación de líderes.

Las etapas mencionadas anteriormente, se soportan entre sí, de cierta manera que se logre un auténtico mantenimiento autónomo en la compañía minera. El contenido de las fases, se detallan a continuación:

#### **Sensibilización de los trabajadores del área de mantenimiento, a través de charlas continuas.**

La finalidad de esta fase es lograr el acercamiento con los colaboradores del área de mantenimiento, los cuales deben conocer la importancia del mantenimiento autónomo en la metodología TPM dentro de la compañía.

El fin es superior, debido a que las actividades sencillas y habituales, se encomienda a los trabajadores del área de mantenimiento. Los trabajadores del área, reconocerán sus máquinas o equipos móviles, de esta manera logrando un canal de comunicación entre la producción y el mantenimiento. La ventaja relevante de todo esto, es la disponibilidad de tiempo para la concentración de las actividades que necesitan un nivel técnico superior.

La sensibilización de los colaboradores, mediante la charla relacionada al mantenimiento, será expuesta por el supervisor del área. La duración de la charla tendrá un periodo de dos horas y se realizarán dos charlas para lograr el alcance con los trabajadores del área de producción, planta, mantenimiento, entre otras divisiones de operaciones.

**La capacitación y adecuación de los colaboradores, para el programa de Mantenimiento Autónomo:**

La capacitación y adecuación para la ejecución de un programa de mantenimiento autónomo, se desarrollará por dos colaboradores: el gerente de operaciones y el supervisor del área de mantenimiento. La cantidad de operadores en el área de mantenimiento es de 14 personas, las cuales se dividen en: 12 alumnos y 2 maestros.

Es sumamente relevante señalar que el supervisor del área de mantenimiento o los técnicos, de planta o mina, pueden tener la disposición de asignar al trabajador como los maestros para el mantenimiento autónomo, de ser necesario. Se realizará una vez anual, después de completada la primera capacitación a todos los colaboradores de la Compañía Minera Antamina S.A

<b>EQUIPO MÓVIL:</b>	CAT 793	KOMATSU 930
	<b>Fecha:</b>	
	<b>Operador:</b>	
	<b>Turno:</b>	
	<b>Elementos a transportar:</b>	
<b>LIMPIEZA</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Realizado</b>	<b>Observación</b>
<b>AJUSTES</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Realizado</b>	<b>Observación</b>
<b>LUBRICACIÓN</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Realizado</b>	<b>Observación</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Realizado</b>	<b>Observación</b>

*Figura 26. Formato de Mantenimiento Autónomo – Compañía Minera Antamina S.A.*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Programa de mantenimiento autónomo propuesto – Compañía Minera Antamina S.A.



**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO – COMPAÑÍA MINERA ANTAMINA S.A.**

<b>REVISADO POR:</b>		<b>DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:</b>			
<b>Componente</b>	<b>Actividad principal</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Actividad complementaria</b>	<b>Materiales</b>	<b>Encargado</b>
<b>Motor Equipo Móvil</b>	Inspeccionar el nivel de aceite del Cártter	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, incorporar aceite	Llaves mixtas, destornillador plano, aceite industrial	Operario
	Inspeccionar la presencia de sedimentos en el tanque de combustible	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, drenar los sedimentos	Destornillador plano, mangueras, canaleta para drenaje	Operario
	Inspeccionar la presencia de suciedad en el antefiltro de aire	<b>Diaria</b>	Limpiar cuando sea necesario	Trapo industrial	Operario
	Inspeccionar el nivel de refrigerante del tanque que lo contiene	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, incorporar y llenar con refrigerante	Llaves mixtas, destornillador plano, refrigerante	Operario
	Inspeccionar el nivel de agua del depósito limpiaparabrisas	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, llenar con agua	Llaves mixtas, destornillador plano, agua	Operario
<b>Sistema Hidráulico</b>	Inspeccionar el nivel de aceite del tanque hidráulico y revisar si se evidencian rajaduras o fugas	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, llenar con aceite	Llaves mixtas, destornillador plano, aceite industrial	Operario

	Inspeccionar la presencia de pines flojos, dañados, rayados, desgastados en los cilindros hidráulicos	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, ajustar los pines	Llaves mixtas	Operario
	Inspeccionar la presencia de fugas en mangueras hidráulicas	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, ajustar las mangueras hidráulicas	Llaves mixtas	Operario
<b>Sistema Eléctrico</b>	Inspeccionar el estado de cables de baterías	<b>Diaria</b>	Los cables deben ajustarse, cuando sea necesario	Alicate	Operario
<b>Tren de Potencia</b>	Inspeccionar la presencia de pernos flojos en el tren de rodaje	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, se deben ajustar los pernos	Destornillador plano, llaves mixtas	Operario
	Inspeccionar la presencia de pernos flojos en la cadena de rodamiento	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, se deben ajustar los pernos	Destornillador plano, llaves mixtas	Operario
	Inspeccionar el nivel de aceite del mando de rotación	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, llenar con aceite	Llaves mixtas, destornillador plano, aceite industrial	Operario
<b>Sistema Chasis</b>	Inspeccionar la presencia de pernos flojos	<b>Diaria</b>	Cuando sea necesario, ajustar los pernos flojos	Destornillador plano, llaves mixtas	Operario

Fuente:

Adaptado de Jara (2021).

## Mantenimiento Preventivo

La Compañía Minera Antamina S.A, determina mantenimiento preventivo en su Programa de Gestión de la Calidad a un grupo de actividades programadas que realizan a un equipo de proceso, de prestación, infraestructura física u otro activo fijo de la compañía, con el objetivo de prevenir una posible falla y evitar paros forzados que afecta a la producción. Cuando estas fallas se previenen a tiempo, generalmente se hace con base en el tiempo de vida útil que tiene cada equipo, mediante una evaluación visual que nos provee como resultado el estado de cada equipo, o la conveniencia de una transformación al equipo o instalación. Para el mantenimiento autónomo, las capacitaciones se conforman por La capacitación para el mantenimiento autónomo, consta de 4 módulos:

Tabla 26.

*Incisos para las capacitaciones de mantenimiento autónomo.*

<b>Incisos</b>
I01: Mantenimiento de los pernos y tuercas.
I02: Mantenimiento de las chavetas y rodamientos.
I03: Mantenimiento de la cadena cinemática (engranajes, correas y cadenas).
I04: Mantenimiento del sistema hidráulico y los neumáticos.

Fuente: Elaboración propia.

Las charlas de capacitación en mantenimiento autónomo, se realizarán en cuatro días, dividiéndose una vez cada 22 días, evaluando de esta manera el conocimiento recibido luego de cada charla de capacitación, empleando un examen de múltiples opciones. De esta manera, se puede evidenciar la cantidad de colaboradores que reciben los conocimientos sin ningún problema y con mayor facilidad, con este escenario se dividen a los trabajadores que captan rápidamente la capacitación y los que no, para así puedan enseñar los que tienen mayores capacidades a los que aún no. La designación de personal se realizará por un periodo de 19 días, antes de iniciada la nueva unidad o inciso en el periodo de tiempo mencionado anteriormente. De esta manera, en el periodo de tiempo, se debe otorgar entrenamiento en el área de trabajo, los colaboradores del área de mantenimiento



enseñarán a los operadores que no conocen, los diferentes principios de funcionamiento del equipo y empleando la cartilla de actividades le enseñarán todas las actividades que deben ser transmitidas.

Finalizado el aprendizaje y entrenamiento, se certifica el nivel de habilidades adquiridos por los colaboradores. En ese sentido, se empleará en formato N°01: Análisis de Habilidades TPM requeridas y disponibles; con este formato se analizará a los colaboradores según las habilidades que tengan en el momento de desarrollar las actividades. Todo ello servirá porque forma parte del análisis por parte del supervisor para premiar al equipo ganador, lo cual significa que, si se transmiten más actividades, se estarían logrando los objetivos del mantenimiento autónomo.

Los datos y registros obtenidos, se aprovecharán para el seguimiento y desarrollo de los colaboradores a nivel de conocimientos, una vez concluido el periodo de 3 meses. La responsabilidad en el seguimiento de estos incisos serán los colaboradores del comité TPM.

### **Formato 1: Análisis de Habilidades TPM Requeridas/ Disponibles**

A continuación, se observa el formato que tiene como objetivo realizar la evaluación de las habilidades de los colaboradores. Para lograr esto, se ha dividido en tres componentes: operacional, mantenimiento preventivo – limpieza, entre otras actividades. Así mismo, mediante el comité TPM, se establece el nivel de habilidades requeridas, observado en la segunda columna del formato.


	DENOMINACIÓN: LIMPIADOR		SEGUNDO SEMESTRE																											
			N°	Verificación de tareas	Frecuencia	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1																														
2																														
3																														
4																														
5																														
Firma mensual del encargado del Mantenimiento																														
Observaciones																						FRECUENCIA		LEYENDA						
																						S	Semanal	O	Inspeccionar					
																						Q	Quincenal	√	Conformidad					
																						M	Mensual	×	Falla					
																						T	Trimestral							
																						Sm	Semestral							

Figura 27. Formato de Inspección, Control y Seguimiento – Compañía Minera Antamina S.A.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Programa de Mantenimiento preventivo propuesto – Compañía Minera Antamina S.A.

REVISADO POR:		DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:		
Componente	Actividad principal	Frecuencia	Actividad complementaria	Encargado
<b>Motor Equipo Móvil</b>	Modificación del filtro para el aceite del motor	350 horas	Filtro nuevo, maleta de herramientas portátil, saca filtros, bandejas con rejillas	Mecánico
	Modificación del filtro para el combustible	350 horas	Filtro nuevo, maleta de herramientas portátil, saca filtros, bandejas con rejillas	Mecánico
	Limpieza del precolador concerniente al tanque de combustible	800 horas	Trapo industrial, tijera	Mecánico
	Cambio de aceite para el motor	350 horas	Aceite 15W40 nuevo, trapo industrial, paños absorbentes, embudo, maleta de herramientas portátil	Mecánico
	Cambio del refrigerante ELC	10000 horas	Refrigerante ELC nuevo, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Mecánico


	Cambiar el termostato	3500 horas	Termostato nuevo, maleta de herramientas portátil	Mecánico
	Cambiar la empaquetadura del termostato	3500 horas	Empaquetadura nueva, maleta de herramientas portátil	Mecánico
	Cambiar fajas de alternador	3500 horas	Trapo industrial, tijera	Mecánico
	Limpieza de respiradero	800 horas	Empaquetadura nueva, maleta de herramientas portátil	Mecánico
<b>Sistema Hidráulico</b>	concerniente al cárter			
	Cambiar la empaquetadura de la tapa de balancines	1200 horas	Filtro nuevo, maleta de herramientas portátil, saca filtros, corta filtro	Mecánico
	Cambiar el filtro hidráulico	350 horas	Elementos hidráulicos nuevos, maleta de herramientas portátil	Mecánico
	Cambiar elementos hidráulicos	350 horas	Aceite hidráulico SAE10, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Mecánico
	Cambiar aceite hidráulico SAE10	2200 horas	Aceite hidráulico SAE10, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Mecánico
<b>Sistema Eléctrico</b>	Cambiar cables de baterías	6500 horas	Cables nuevos, maleta de herramientas portátil	Mecánico
<b>Tren de Potencia</b>	Lubricar el engranaje de rotación	350 horas	Aceite 15W40, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Mecánico

	Cambiar el aceite de mando de rotación SAE30	800 horas	Aceite SAE30, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Mecánico
	Lubricar la cadena de rodamiento	350 horas	Aceite SAE30, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Mecánico
<b>Sistema Chasis</b>	Lubricar las rótulas de tirantes	350 horas	Aceite SAE30, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Mecánico

Fuente: Adaptación Jara (2021).

## Capacitación

El pilar de la capacitación promueve el objetivo de convertir en habituales los comportamientos del trabajador, orientado a tres puntos fundamentales: conocimiento, motivación y habilidades; por ese motivo, se ejecuta un plan de capacitaciones muy importante, con un enfoque hacia los colaboradores del área de mantenimiento; así mismo, el plan de orientaciones se presenta a continuación:

FORMATO DE ASISTENCIA A CAPACITACIÓN DE TRABAJADORES					
<b>Enfoque:</b>					
<b>Fecha:</b>					
<b>Hora:</b>					
Nº	DATOS	DNI	ÁREA	FIRMA	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

*Figura 28.* Formato de asistencia a capacitación de trabajadores – Compañía Minera Antamina S.A.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.4. Situación de la productividad con la propuesta

Tabla 28.

*Eficacia luego de la aplicación del TPM.*

<b>Eficacia</b>					
<b>Meses</b>	<b>Modelo Equipo Móvil</b>	<b>Tipo</b>	<b>Vehículos Programados</b>	<b>Vehículos Real</b>	<b>Eficacia Antes</b>
<b>Abril</b>	CAT 793	Motor	40	38	0.950
	Komatsu 930	Equipo Móvil	90	81	0.900
	CAT 793	Sistema Hidráulico	40	32	0.800
	Komatsu 930		90	69	0.767
	CAT 793	Sistema Eléctrico	40	30	0.750
	Komatsu 930		90	76	0.844
	CAT 793	Tren de Potencia	40	29	0.725
	Komatsu 930		90	79	0.878
	CAT 793	Sistema Chasis	40	38	0.950
	Komatsu 930		90	83	0.922
<b>Promedio</b>					<b>0.849</b>
<b>Mayo</b>	CAT 793	Motor	40	39	0.975
	Komatsu 930	Equipo Móvil	90	88	0.978
	CAT 793	Sistema Hidráulico	40	33	0.825
	Komatsu 930		90	82	0.911
	CAT 793	Sistema Eléctrico	40	38	0.950
	Komatsu 930		90	78	0.867
	CAT 793	Tren de Potencia	40	33	0.825
	Komatsu 930		90	79	0.878
	CAT 793	Sistema Chasis	40	37	0.925
	Komatsu 930		90	74	0.822
<b>Promedio</b>					<b>0.896</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°26, se evidencia un incremento en la eficacia después de la aplicación del TPM, demostrando un aumento del 10.2% en la flota de equipos móviles en el mes de abril y un aumento del 8% para el mes de mayo.

Tabla 29.

*Eficiencia luego de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total.*

<b>Eficiencia</b>					
<b>Mes</b>	<b>Vehículo/Modelo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tiempo Efectivo (hrs)</b>	<b>Tiempo Total (hrs)</b>	<b>Eficiencia Antes</b>
<b>Abril</b>	CAT 793	Motor	5455	5500	0.992
	Komatsu 930	Equipo Móvil	11411	12000	0.951
	CAT 793	Sistema	4333	4500	0.963
	Komatsu 930	Hidráulico	5718	5800	0.986
	CAT 793	Sistema	3044	3200	0.951
	Komatsu 930	Eléctrico	6319	6500	0.972
	CAT 793	Tren de	3108	3200	0.971
	Komatsu 930	Potencia	4098	4200	0.976
	CAT 793	Sistema	3311	3500	0.946
	Komatsu 930	Chasis	3409	3500	0.974
	<b>Promedio</b>		<b>5020.6</b>	<b>5190</b>	<b>0.968</b>
<b>Mayo</b>	CAT 793	Motor	3152	5500	0.573
	Komatsu 930	Equipo Móvil	4822	12000	0.402
	CAT 793	Sistema	2891	4500	0.642
	Komatsu 930	Hidráulico	3811	5800	0.657
	CAT 793	Sistema	2919	3200	0.912
	Komatsu 930	Eléctrico	2650	6500	0.408
	CAT 793	Tren de	1725	3200	0.539
	Komatsu 930	Potencia	2350	4200	0.560
	CAT 793	Sistema	2050	3500	0.586
	Komatsu 930	Chasis	1852	3500	0.529
	<b>Promedio</b>		<b>2822.2</b>	<b>5190</b>	<b>0.581</b>



En la tabla N°27, se puede evidenciar una mejora en la eficiencia después de la aplicación del TPM, demostrando un incremento del 2.4% en la flota de equipos móviles en el mes de abril y un aumento del 14.3% para el mes de mayo.

Con la información obtenida de eficiencia y eficacia, se determinó la productividad luego de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Tabla 30.

*Productividad antes de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total.*

<b>Productividad: Eficiencia * Eficacia</b>					
<b>Mes</b>	<b>Vehículo/Modelo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Eficacia</b>	<b>Productividad</b>
<b>Abril</b>	CAT 793	Motor	0.977	0.775	0.78
	Komatsu 930	Equipo Móvil	0.944	0.833	0.79
	CAT 793	Sistema	0.945	0.725	0.69
	Komatsu 930	Hidráulico	0.968	0.722	0.70
	CAT 793	Sistema	0.918	0.55	0.50
	Komatsu 930	Eléctrico	0.965	0.766	0.74
	CAT 793	Tren de	0.95	0.65	0.62
	Komatsu 930	Potencia	0.950	0.811	0.77
	CAT 793	Sistema	0.896	0.775	0.69
	Komatsu 930	Chasis	0.930	0.866	0.81
	<b>Prom</b>		<b>0.944</b>	<b>0.747</b>	<b>0.71</b>
<b>Mayo</b>	CAT 793	Motor	0.484	0.9	0.44
	Komatsu 930	Equipo Móvil	0.278	0.8	0.22
	CAT 793	Sistema	0.492	0.775	0.38
	Komatsu 930	Hidráulico	0.578	0.877	0.51
	CAT 793	Sistema	0.641	0.8	0.51
	Komatsu 930	Eléctrico	0.39	0.833	0.32
	CAT 793	Tren de	0.431	0.775	0.33
	Komatsu 930	Potencia	0.454	0.844	0.38
	CAT 793	Sistema	0.346	0.825	0.29
	Komatsu 930	Chasis	0.286	0.733	0.21
	<b>Prom</b>		<b>0.627</b>	<b>0.588</b>	<b>0.36</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31.

*Productividad después de la aplicación del TPM.*

<b>Productividad: Eficiencia * Eficacia</b>					
<b>Mes</b>	<b>Vehículo/Modelo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Eficacia</b>	<b>Productividad</b>
<b>Abril</b>	CAT 793	Motor	0.992	0.950	0.942
	Komatsu 930	Equipo Móvil	0.951	0.900	0.856
	CAT 793	Sistema	0.963	0.800	0.770
	Komatsu 930	Hidráulico	0.986	0.767	0.756
	CAT 793	Sistema	0.951	0.750	0.713
	Komatsu 930	Eléctrico	0.972	0.844	0.821
	CAT 793	Tren de	0.971	0.725	0.704
	Komatsu 930	Potencia	0.976	0.878	0.856
	CAT 793	Sistema	0.946	0.950	0.899
	Komatsu 930	Chasis	0.974	0.922	0.898
	<b>Prom</b>		<b>0.968</b>	<b>0.849</b>	<b>0.822</b>
<b>Mayo</b>	CAT 793	Motor	0.573	0.975	0.559
	Komatsu 930	Equipo Móvil	0.402	0.978	0.393
	CAT 793	Sistema	0.642	0.825	0.530
	Komatsu 930	Hidráulico	0.657	0.911	0.599
	CAT 793	Sistema	0.912	0.950	0.867
	Komatsu 930	Eléctrico	0.408	0.867	0.353
	CAT 793	Tren de	0.539	0.825	0.445
	Komatsu 930	Potencia	0.560	0.878	0.491
	CAT 793	Sistema	0.586	0.925	0.542
	Komatsu 930	Chasis	0.529	0.822	0.435
	<b>Prom</b>		<b>0.581</b>	<b>0.896</b>	<b>0.521</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°29, se evidencia un incremento en la productividad luego de la aplicación del TPM, demostrando un aumento del 11.2% en la flota de equipos móviles en el mes de abril y un aumento del 16.1% para el mes de mayo.

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

El cuarto objetivo de la presente investigación, se enfoca en la evaluación económica que determina la viabilidad de la propuesta de aplicación del Mantenimiento Productivo Total. En ese sentido, a continuación, se detalla el beneficio obtenido con la propuesta, para los vehículos Caterpillar y Komatsu:

Tabla 32.

*Beneficio detallado de la propuesta anual – abril 2019*

<b>Modelo</b>	<b>Prod. propuesta</b>	<b>Prod. actual</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Utilidad</b>	<b>Total mensual</b>	<b>Total anual</b>
CAT	0.942	0.78	0.162	S/62,352.24	S/10,115.23	S/121,382.81
KOM	0.856	0.79	0.066	S/58,255.22	S/3,834.65	S/46,015.80
CAT	0.770	0.69	0.080	S/8,325.11	S/668.60	S/8,023.19
KOM	0.756	0.7	0.056	S/9,444.23	S/527.25	S/6,326.98
CAT	0.713	0.5	0.213	S/7,264.10	S/1,550.43	S/18,605.18
KOM	0.821	0.74	0.081	S/5,227.01	S/423.02	S/5,076.26
CAT	0.704	0.62	0.084	S/9,548.95	S/803.60	S/9,643.25
KOM	0.856	0.77	0.086	S/19,824.33	S/1,714.02	S/20,568.21
CAT	0.899	0.69	0.209	S/8,147.88	S/1,700.46	S/20,405.55
KOM	0.898	0.81	0.088	S/20,562.77	S/1,814.55	S/21,774.60
<b>TOTAL</b>						<b>S/277,821.82</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los costos detallados de la propuesta de aplicación del TPM, se muestran a continuación:

Tabla 33.

*Costos detallados de la aplicación del TPM.*

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (unid)</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
1	Termostato del motor	130	S/86.00	S/11,180.00
2	Empaquetadura del termostato	130	S/21.00	S/2,730.00
3	Empaquetadura de la tapa de balancines	130	S/26.00	S/3,380.00
4	Filtro para aceite del motor	130	S/42.00	S/5,460.00
5	Filtro para combustible	130	S/52.00	S/6,760.00
6	Saca filtros	130	S/28.00	S/3,640.00
7	Filtro hidráulico	130	S/38.00	S/4,940.00
8	Refrigerante ELC	130	S/27.00	S/3,510.00
9	Faja del alternador	130	S/65.00	S/8,450.00
10	Cable de batería	130	S/20.00	S/2,600.00
11	Manguera	130	S/20.00	S/2,600.00
12	Maleta de herramientas portátil	130	S/280.00	S/36,400.00
13	Trapo industrial	130	S/12.00	S/1,560.00
14	Canaleta para drenaje de aceite	130	S/30.00	S/3,900.00
15	Tijera	130	S/12.00	S/1,560.00
16	Bandeja con rejillas	130	S/32.00	S/4,160.00
17	Embudo	130	S/10.00	S/1,300.00
18	Paño absorbente	130	S/10.00	S/1,300.00
19	Aceite 15W40	130	S/45.00	S/5,850.00
20	Aceite SAE10	130	S/35.00	S/4,550.00
21	Aceite SAE30	130	S/33.00	S/4,290.00
22	Kit antiderrame	130	S/35.00	S/4,550.00
23	Proyector	1	S/1,200.00	S/1,200.00
24	Laptop	1	S/1,500.00	S/1,500.00
25	Capacitación	1	S/1,500.00	S/1,500.00

<b>26</b>	Capacitación etapa inicial	1	S/1,500.00	S/1,500.00
	Capacitación Mantenimiento			
<b>27</b>	Autónomo	1	S/2,500.00	S/2,500.00
	Capacitación Mantenimiento			
<b>28</b>	Preventivo	1	S/3,800.00	S/3,800.00
	Capacitación Mantenimiento			
<b>29</b>	Predictivo	1	S/2,500.00	S/2,500.00
<b>30</b>	Practicante	1	S/1,500.00	S/1,500.00
	<b>TOTAL</b>		<b>S/16,959.00</b>	<b>S/140,670.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 & \textit{Relación Beneficio/Costo} \\
 & = \mathbf{S/277,821.82/S/140,670.00} \\
 & \mathbf{B/C = 1.97}
 \end{aligned}$$

De acuerdo a los beneficios planteados en la tabla N°30, los cuales ascendieron a un total de **S/277,821.82** y los costos de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), con un total de **S/140,670**, se obtuvo un Beneficio/Costo de **1.97**, siendo mayor a 1, lo cual determina que por cada S/. 1.00 sol a invertirse se genera una utilidad de S/. 0.97. De esta manera, se concluye que la propuesta es beneficiosa para la Compañía Minera Antamina S.A.

**CAPÍTULO IV:  
CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Se realizó el diagnóstico situacional demostrando que los problemas presentados en la compañía minera, afectan de forma negativa a la productividad, es así que, mediante el uso de herramientas de diagnóstico como un diagrama de Ishikawa, se pudo evidenciar el origen de los puntos clave del problema, respecto a la falta de materiales de trabajo, la ausencia de kits de herramientas, la falta de instructivos, así mismo no se contaba con el programa de mantenimiento autónomo, además del planificado. Con relación a los equipos móviles, el problema de las paradas y retrasos y con respecto a los operadores, estos no contaban con capacitaciones constantes del TPM.

Se aplicaron los pilares fundamentales del TPM, como el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado. Así mismo, el mantenimiento predictivo, el cual sirve para predecir los hechos antes de que estos sucedan; entonces, este tipo de mantenimiento sirvió para realizar un pronóstico de la zona en un futuro donde se pudiesen presentar fallas, con relación a los componentes y/o elementos de los equipos móviles a través de un análisis de muestras de aceites.

Se aplicó el Mantenimiento Productivo Total (TPM), obteniendo de esta manera, resultados favorables en torno a la eficiencia y la eficacia de la Compañía Minera Antamina S.A. Es así que, se pudo evidenciar una mejora en la eficacia posterior a la aplicación del TPM, demostrando un aumento del 10.2% en la flota de equipos móviles en el mes de abril y un incremento del 8% para el mes de mayo. Así mismo, en el caso de la eficiencia, se demostró una mejora en la eficiencia posterior a la aplicación del TPM, evidenciando un aumento del 2.4% en la flota de equipos móviles en el mes de abril y un aumento del 14.3% para el mes de mayo.

Se mejoró la productividad de los espacios de mantenimiento de Antamina S.A, donde es notable una mejora en la productividad posterior a la aplicación del

TPM, demostrando un incremento del 11.2% en la flota de equipos móviles en el mes de abril y un aumento del 16.1% para el mes de mayo.

Se efectuó la evaluación económica (costo – beneficio) de la propuesta y los resultados afirman la viabilidad de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total en la empresa Antamina S.A. En ese orden de ideas, los beneficios ascendieron a un total de **S/277,821.82** y los costos de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), con un total de **S/140,670**, obteniendo un Beneficio/Costo de **1.97**, siendo mayor a 1, lo cual determina que por cada S/. 1.00 sol a invertirse se genera una utilidad de S/. 0.97. De esta manera, se concluye que la propuesta es beneficiosa para la Compañía Minera Antamina S.A.

#### **4.2. Recomendaciones**

Mejorar el flujo en los procesos de planificación del mantenimiento y realizar difusión para motivar a los colaboradores a realizar control de rutina en la inspección, lubricación, calibración, ajuste y limpieza de los elementos en los equipos móviles CAT y Komatsu.

Promover el conocimiento de la filosofía “Lean” y de esta forma los colaboradores estén actualizados con la aplicación del TPM, para lograr que la organización sea eficaz, eficiente y se siga manteniendo firme en el mercado.

Finalmente, se recomienda que se emplee el TPM si se desea incrementar la productividad en aspectos relacionados al mantenimiento, de esta forma suprimir los tiempos muertos, las mermas en el transporte y utilizar al límite los medios o recursos de la Compañía Minera Antamina S.A.



## REFERENCIAS

Bonilla, E. (2012). La importancia de la productividad como componente de la competitividad. *Fundación Universidad de América*, 5, pp.158-163.

Castillo, A., Fernández, L., & Ángeles, L. (2018). Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas. *Revista de Ingeniería Industrial*, 2, pp.29-35.

Castro, P. (2020). Incremento de la productividad en el proceso de transporte de mineral mediante la aplicación de la metodología TPM en la empresa minera Río Chicama S.A.C. de la Libertad. *Universidad cesar vallejos*. Trujillo – Perú.

Clara, O., Domínguez, R., & Pérez, E. (2013). Sistema de gestión de mantenimiento productivo total para talleres automotrices del sector público. *Universidad de el salvador*.

Favela, M., Escobedo, M., Romero, M., & Hernández, J. (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto. *Revista lasallista de investigación*, 16, pp.115-133.

García, J. (2021). Aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en la empresa Frusan agro S.A.C Lambayeque 2020. *Universidad Señor de Sipan*. Pimentel, Perú.

Guerra, E., & Montes, A. (2018). Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de ciencias de la tierra*, 1, pp.14-21.

Hernández, R., Fernández, R. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (Sexta edición). México D.F., México: Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, S.A de C.V. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Inga, E. & Montoya, K. (2020). Implementación del TPM para la mejora de productividad en área de producción en la empresa S.C.R. S.A.C en planta CML -Lince, 2020. Universidad cesar vallejos. Lima, Perú.

Jara, R. (2021). Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la productividad de la compañía minera Argentum S.A - Morococha, 2019. Universidad Señor de Sipan. Pimentel, Perú.

Llontop, L. (2018). Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la agroindustria Pomalca SAA. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

López, E. A. (2009). El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación. Pontificia universidad javeriana.

Miranda, J., & Toirac, L. (2010). Indicadores de productividad para la industria dominicana. Ciencia y Sociedad, 35, pp.235-290.

Pérez, E. (2019). Gestión de mantenimiento basado en metodología TPM para incrementar la productividad en la empresa Cerinsa E.I.R.L. Chiclayo. 2019. Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo.

Rojas, C., & Salazar, S. (2019). 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.

Sánchez, A. M. (2017). Técnicas de mantenimiento predictivo, metodología de aplicación en las organizaciones. Universidad católica de Colombia.

Suzuki, T. (2017). TPM en industrias en proceso. Marqués de Cubas, 25 Madrid, España: Portland.

## ANEXOS

### A. Validaciones

#### Anexo 1. Validación del cuestionario

**USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN**

**UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN**  
Escuela Académica Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

**Apellidos y nombres del experto** Melgarejo Murphy, Wilder Orlando

**Grado académico Bachiller:** Ingeniero Industrial (Titulado CIP No. 48464)

**Cargo e institución** Instructor SENATI


**Nombre de instrumento a validar:** Cuestionario

**Autor del instrumento:** Céspedes Nakazaki José Ysamo

**Título del proyecto de tesis:** Aplicación del Mantenimiento Productivo Total TPM Para mejorar la Productividad de la empresa minera Antamina S.A - San Marcos 2019.

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Buena	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.				4
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems.				4
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables.				4
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere.			3	
Vinibilidad	Es viable su aplicación.				4

Valoración  
Puntaje de (0 a 20) :19  
Calificación de deficiente o muy bueno: Muy Bueno  
Observaciones: Ninguna

Fecha : 12/Junio/2021  
Firma   
DNI 08752466  
CIP 48464

Anexo 2. Validación de la guía de observación

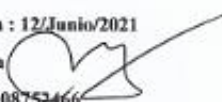
**UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN**  
Escuela Académica Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

**Apellidos y nombres del experto:** Melgarejo Murphy, Wilder Orlando .  
**Grado académico :** Ingeniero Industrial (Titulado CIP No. 48464)  
**Cargo e institución :** Instructor SENATI  
**Nombre de instrumento a validar:** Guía de observación.  
**Autor del instrumento:** Céspedes Nakazaki José Ysamo  
**Título del proyecto de tesis:** Aplicación del Mantenimiento Productivo Total TPM Para mejorar la Productividad de la empresa minera Antamina S.A - San Marcos 2019.

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Buena	Muy buena
		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.				4
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems.				4
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables.				4
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere.			3	
Vinibilidad	Es viable su aplicación.				4

Valoración  
Puntaje de (0 a 20) :19  
Calificación de deficiente o muy bueno: Muy Bueno  
Observaciones: Ninguna

Fecha : 12/Junio/2021  
Firma   
DNI 08752466  
CIP 48464

## **B. Instrumentos**

### *Anexo 3. Cuestionario*

#### **CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS TRABAJADORES**

Reciba usted un cordial saludo, mediante la presente, agradezco su participación y el tiempo otorgado. A continuación, se presenta un cuestionario relacionado al Mantenimiento Productivo Total (TPM) en La Compañía Minera ANTAMINA S.A.

La información proporcionada será de mucha utilidad para la presente investigación. Marque con X, la alternativa que sea correspondiente para usted:

**Sexo:** F      M      **Edad:**      **Lugar:** \_\_\_\_\_

**Fecha:**    /      /      **Ocupación:** \_\_\_\_\_

**1. ¿Cuál es la frecuencia anual, para realizar mantenimiento en la Compañía Minera Antamina S.A?**

- a) 4 veces a más
- b) 3 veces
- c) 2 veces
- d) 1 vez

**2. ¿Cuál es el tipo de Mantenimiento que se aplica en la Compañía Minera Antamina S.A?**

- a) Preventivo
- b) Correctivo
- c) TPM
- d) Predictivo

**3. ¿Cómo califica actualmente la Gestión del Mantenimiento en la Compañía Minera Antamina S.A?**

- a) Muy bien
- b) Bien
- c) Regular
- d) Mal

**4. ¿Usted recibe capacitación constante?**

- a) Si
- b) No

**5. ¿Cómo califica las capacitaciones o planes realizados en su área?**

- a) Muy bien
- b) Bien

c) Regular

d) Mal

**6. ¿Cuáles son los problemas más comunes que se presentan en la línea de transporte de la Compañía Minera Antamina S.A?**

a) Falla del transporte

c) Falla de repuesto a tiempo

b) Corte de energía eléctrica

d) Otros

**7. ¿Quién considera Usted que debe estar encargado de brindar soluciones a los problemas en la Compañía Minera Antamina S.A?**

a) La alta dirección

c) Área de producción

b) Área de mantenimiento

d) Trabajadores

**8. ¿Cómo califica la eficiencia en el transporte dentro de la Compañía Minera Antamina S.A?**

a) Muy bien

c) Regular

b) Bien

d) Mal

**9. ¿Tiene Usted conocimiento de la Metodología de Mantenimiento Productivo Total?**

a) Sí

b) No

**10. ¿Usted cree que aplicando la Metodología de Mantenimiento Productivo Total generará beneficios en la Compañía Minera Antamina S.A?**

a) Sí

b) No

### GUÍA DE OBSERVACIÓN

Ítems	Sí	No
1. Existen elementos o artículos innecesarios en los pasillos.		
2. Se evidencian materiales o elementos innecesarios en los almacenes.		
3. Se dejan objetos y/o herramientas de trabajo, sin utilización, encima de las mesas por varios días.		
4. Le toma más de 30 segundos, encontrar los elementos o herramientas que necesita para realizar sus funciones.		
5. Hay confusión y se mezclan los elementos de trabajo operativos y no operativos.		
6. Se observan en gran mayoría por todos lados las cosas viejas y elementos obsoletos.		
7. Al finalizar la jornada laboral, el área de trabajo queda desordenada.		
8. Hay elementos sobre las mesas y sillas que impiden limpiar el área.		
9. Las herramientas y equipos de trabajo quedan limpios.		
10. Se siguen los procedimientos y normativas para coordinar los esfuerzos del equipo.		
11. Existe comunicación instantánea y al mismo tiempo, cuando hay cambios en las reglas para realizar las funciones o tareas.		
12. Se tiene conocimiento de los procedimientos o normativas para realizar las funciones laborales.		
13. A nivel general, se siguen los procedimientos indicados.		
14. La práctica de la disciplina permite que se realice mejor las actividades laborales.		
15. La disciplina es un hábito que se practica regularmente.		

## C. Autorización para el recojo de información

### Anexo 5. Autorización para el recojo de información.

#### AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Lima, 26 de Junio de 2021

Quien suscribe:

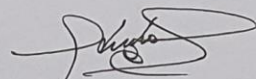
Sr. Eduardo Melgarejo Elescano

Representante – Compañía Minera ANTAMINA S.A

**Autoriza: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado: Aplicación del Mantenimiento Productivo Total TPM para mejorar la Productividad de la empresa minera ANTAMINA S.A – San Marcos, 2019.**

Por el presente, el que suscribe, señor Eduardo Melgarejo Elescano, representante de la empresa: **COMPAÑÍA MINERA ANTAMINA S.A**, autorizo al alumno: **Céspedes Nakazaki José Ysamo**, identificado con DNI N° **41085572**, estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Industrial**, y autor del trabajo de investigación denominado: **Aplicación del Mantenimiento Productivo Total TPM para mejorar la Productividad de la empresa minera ANTAMINA S.A – San Marcos, 2019**, 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,



Eduardo Melgarejo Elescano

Generalista de RRHH I

DNI N° 10608815

Teléfono: 990343191