



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA DE MAQUINARIA PESADA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO, AÑO 2021

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Rodrigo Asencios Jara

Asesor:

Ing. Jorge Alfaro Rosas

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

En primer lugar, a mis padres Olimpio Asencios Reyes y Emilia Jara Ríos por haberme dado la vida, por las enseñanzas inculcadas. También dedico a mi esposa Leila Sánchez Campos, a mis hijos Rodrigo Ricardo Asencios Sánchez y Matías Valentino Asencios Sánchez. Por último a mi gran amigo Ricardo del Aguila Ríos, quienes me impulsaron a seguir el camino de la superación y así cumplir mi objetivo de ser profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y permitirme culminar satisfactoriamente este estudio de investigación

A mis padres y mi familia por la paciencia y comprensión, por el ausentismo en el desarrollo de la carrera tanto por los trabajos y estudios.

A mi amigo por acompañarme en cada momento de mi vida, por impulsarme y motivarme a realizar mis sueños.

También a mis docentes que aportaron en mi formación, por las enseñanzas y lecciones que consolidaron mi desarrollo profesional

Tabla de contenidos

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | 2 |
| AGRADECIMIENTO..... | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 5 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 7 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 8 |
| RESUMEN | 9 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 10 |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA | 32 |
| CAPÍTULO III. RESULTADOS | 40 |
| CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 69 |
| REFERENCIAS | 74 |
| ANEXOS | 81 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Fases y etapas de la implantación de Mantenimiento Productivo Total. (Lefcovich, 2009). | 23 |
| Tabla 2. Operacionalización de las Variables | 31 |
| Tabla 3. Número total de máquinas de perforación | 32 |
| Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos | 33 |
| Tabla 5. Criterio de Interpretación para evaluar el coeficiente de Alfa de Cronbach | 33 |
| Tabla 6. Técnicas, herramientas y logros | 37 |
| Tabla 7. Descripción de la causa raíz- pareto | 43 |
| Tabla 8. Etapas del TPM | 44 |
| Tabla 9. Inventario de Máquinas | 47 |
| Tabla 10. Reporte de fallos | 49 |
| Tabla 11. Plan de Mantenimiento | 53 |
| Tabla 12. Mantenimiento Autónomo (%) - Antes de aplicar el TPM | 54 |
| Tabla 13. Mantenimiento Autónomo (%) - Después de aplicar el TPM | 55 |
| Tabla 14. Mantenimiento Planificado (%) - Antes de aplicar el TPM | 56 |
| Tabla 15. Mantenimiento Planificado (%) – después de aplicar el TPM | 57 |
| Tabla 16. Eficiencia (%) - Antes de aplicar el TPM | 58 |
| Tabla 17. Eficiencia (%) - Después de aplicar el TPM | 59 |
| Tabla 18. Eficacia (%) - Antes de usar el TPM | 60 |
| Tabla 19. Eficacia (%) – Después de aplicar el TPM | 61 |
| Tabla 20. Comparación de resultados de la variable Mantenimiento Productivo Total | 62 |
| Tabla 21. Comparación de resultados de la variable Productividad | 63 |
| Tabla 22. Evaluación de los datos para distribuciones – Prueba de Shapiro - Wilk | 64 |

| | |
|---|----|
| Tabla 23. Validación de los indicadores de la Variable | 65 |
| Tabla 24. Flujo económico de implementación de TPM..... | 66 |
| Tabla 25. Flujo económico sin implementación de la propuesta de aplicar el TPM..... | 68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Criterios de las 6M (Fernández. 2014)..... | 20 |
| Figura 2: <i>Factores Macroeconómicos de la Productividad</i> (Prokopenko, 1989) | 25 |
| Figura 3: Factores de productividad de la empresa. (Prokopenko, 1989)..... | 25 |
| Figura 4. Diagrama de Ishikawa de las causas por baja productividad del servicio de mantenimiento. | 42 |
| Figura 5. Diagrama de Pareto de las Causa raiz | 43 |
| Figura 6. Organización de TPM | 46 |
| Figura 7. Características técnicas del equipo..... | 48 |
| Figura 8. Indicador: Mantenimiento Autónomo - Antes | 54 |
| Figura 9. Indicador: Mantenimiento Autónomo - Después | 55 |
| Figura 10. Indicador: Mantenimiento Planificado - Antes | 56 |
| Figura 11. Indicador: Mantenimiento Planificado – Después | 57 |
| Figura 12. Indicador: Eficiencia – Antes..... | 58 |
| Figura 13. Indicador: Eficiencia – Después..... | 59 |
| Figura 14. Indicador: Eficacia - Antes..... | 60 |
| Figura 15. Indicador: Eficacia - Despues | 61 |
| Figura 16. Variación porcentual de la variable Mantenimiento productivo total..... | 62 |
| Figura 17. Variación porcentual de la variable productividad | 63 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1: Tiempo Total | 21 |
| Ecuación 2: Tiempo Planeado | 21 |
| Ecuación 3: Tiempo Disponible | 21 |
| Ecuación 4: Tiempo Productivo | 21 |
| Ecuación 5: Tiempo Muerto | 21 |
| Ecuación 6: Disponibilidad | 22 |
| Ecuación 7: Capacidad Productiva | 22 |
| Ecuación 8: Producción Real..... | 22 |
| Ecuación 9: Eficiencia | 22 |
| Ecuación 10: Calidad..... | 22 |
| Ecuación 11: Eficiencia General de los Equipos..... | 22 |
| Ecuación 12: Productividad..... | 24 |
| Ecuación 13: Productividad y sus Componentes..... | 24 |
| Ecuación 14: Eficacia | 27 |
| Ecuación 15: Eficiencia | 27 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo determinar la influencia de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total en la Productividad de una Empresa de Maquinaria Pesada. Asimismo, el diseño de la investigación es Pre-experimental, la población y muestra estuvo conformada por 06 máquinas de perforación y se utilizó una encuesta que fue validada por juicio de expertos y se aplicó el TPM. Se encontró que en la variable Mantenimiento Productivo, el Mantenimiento autónomo antes de aplicar el TPM fue 23% y después de aplicar el TPM fue 60% y el Mantenimiento productivo antes de aplicar el TPM fue 25% y después de aplicar el TPM fue 63%, mientras que en la variable Productividad, la Eficiencia antes de aplicar el TPM fue 81% y después de aplicar el TPM fue 91% y la Eficacia antes de aplicar el TPM fue 48% y después de aplicar el TPM fue 81%. Además, se aceptó la H1 ($p < 0.05$) debido a que los resultados obtenidos para las 2 variables (X1 y Y1) fue de un $t = -2.252$, donde la significancia asintótica (bilateral) refiere que el $p = 0.040$ para la variable mantenimiento productivo total (X1) y un $t = -4.101$ con un $p = 0.001 < 0.05$ para la variable productividad (Y1) y se obtuvo un VAN de S/ 135,114.39 lo cual demuestra que la empresa se beneficiará. Se concluyó que el mantenimiento productivo total tiene influencia significativa en la productividad de las Empresa de Maquinaria Pesada.

Palabras clave: Mantenimiento Productivo Total, Productividad.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El sector minero a nivel mundial es generador de desarrollo, según Shinno (2019), la proyección para el crecimiento mundial en el 2019 se mantiene en un 3.6%, lo cual no es suficiente para estimular un nuevo boom sostenido en los mercados de metales, siendo las economías desarrolladas las que crecerán sólo 2%, mientras las emergentes crecerán 4.9% (principalmente por el impulso de China e India). Las empresas transnacionales tienen un modelo estratégico de mantenimiento que conlleva a resolver su problemática de manera integral.

La aplicación del TPM a nivel internacional busca optimizar y mantener equipos para su disposición para producir en línea sin paradas ni reprogramaciones. Los mercados cada vez más son más competitivos exigiendo productos de mayor calidad a un menor precio, lo cual obliga a las empresas a implementar metodologías de trabajo que las guíe a obtener una mayor eficiencia en todas sus áreas productivas.

El TPM según Moreno et al. (2018), tiene como principal objetivo la disminución de gastos en la reparación y mantenimiento de la maquinaria, el equipo y las instalaciones, sin importar que es una filosofía de trabajo que está ligada directamente con el área operativa, su implementación es un trabajo conjunto con las áreas administrativas y apoyo de la empresa.

El sector minero en el Perú según Shinno (2019), representa el 50% de las divisas generadas, el 20% de la recaudación fiscal y el 11% del Producto Bruto Interno del país. En el país el servicio de mantenimiento a nivel preventivo, correctivo y predictivo de equipos y maquinarias mineras está siendo bastante controlada por múltiples empresas dedicadas a este sector, con la aplicación de estrategias como el TPM, RCM entre otras, con la finalidad de brindar un servicio de calidad. Estas empresas por lo

general se dedican a la venta y postventa de equipos siendo desde ya clientes fidelizados a lo largo de la cadena productiva. Del mismo modo Apaza (2015), indica que hoy en día el sector minero, se constituye dentro del mercado nacional como una industria rentable y competitiva, por ello las empresas diseñan estrategias que les permitan mantenerse en el mercado a través del cumplimiento de los estándares de productividad. El ambiente empresarial sufre constantes transformaciones que obliga a las empresas definir claramente como analizar y evaluar sus procesos a través de la medición de su desempeño con herramientas de gestión, que les permitan explotar sus activos con eficiencia, eficacia y efectividad.

Esta Empresa de Maquinaria Pesada se dedica a la comercialización, venta y servicio post venta de equipos y repuestos para la minería y construcción, no obstante, los servicios de mantenimiento que brinda la empresa en estos momentos están presentando diferentes inconvenientes post servicio, ocasionando paradas de, proceso de la producción, haciendo que los gastos realizados por la empresa en el último año, tenga un costo mensual de mantenimiento equivalente aproximadamente a S/37,426.95, que es relativamente alto, porque se detectó un 40% de mantenimientos correctivos lo que genera sobre costos y paradas innecesarias, lo que se atribuye a las malas evaluaciones hechas a las maquinarias y equipos debido a la falta de capacitación del personal, porque el personal de mantenimiento solamente realiza mantenimiento básico (limpieza y lubricación).

De seguir con los servicios ineficientes podría sufrir pérdida del contrato con el cliente, pérdida de las ventas de accesorios mensuales por servicio, pérdida de venta de repuestos, contratación de más personal para los trabajos adicionales, consumo y gastos para la movilidad usado para los traslados del personal.

El presente trabajo, busca, con la aplicación del Mantenimiento productivo total, conocer el estado actual de la empresa, es decir los tiempos improductivos de los equipos, los defectos que ocasionan paradas no programadas y disminución en la producción; y poder optimizar los recursos destinados al mantenimiento de los equipos y por ende aumentar la productividad.

Existen autores a nivel internacional que apoyan la contextualización del tema abordado, tales como:

Suárez et al. (2015), en su investigación sobre “*Mejora en la eficiencia mediante la técnica TPM en una empresa del ramo minero*” publicada en la Revista de Tecnología e Innovación, con el objetivo fue mostrar los resultados de la implementación del TPM y cumplir con mejorar la productividad de un área en la empresa dedicada a la perforación minera, específicamente en el departamento de Mantenimiento, basada en una metodología de diagnóstico utilizando técnicas de detección de fallas, propuesta de mejora y resultados de la aplicación de la TPM, se utilizó 4 perforadoras mineras. Los resultados mostraron que antes de la implementación de TPM se presentaron fallas que no permitieron tener el equipo en condiciones ideales para su trabajo por lo que la planta obtuvo una disponibilidad promedio de 50%, una vez implementadas las acciones de TPM, se alcanza a percibir una mejora notable, en el número de fallas de 30 a 20, la frecuencia de fallas de 0.020 disminuyó a 0.010, lo mismo sucedió para la tasa de operación cuyo índice mejoró de 50% se elevó a un 95%, con un rendimiento promedio que pasó de 60% al 90%, trayendo como consecuencia una mayor confiabilidad y disponibilidad en los equipos y un incremento en la vida útil. En cuanto a la distribución del tiempo de las perforadoras antes de TPM, se detectó que un promedio de 50% de horas en una jornada de 8 horas, se concentra en Mantenimiento, Reparación y en stand by, ocupando sólo el 50% del tiempo operando las máquinas,

luego de la implementación del TPM en un periodo de seis meses existe notable mejoría en la distribución de tiempos, lográndose un incremento del 35% de tiempo de operación promedio de las perforadoras.

También tenemos, en el ámbito nacional, el trabajo realizado por:

Guevara y Silvera (2019) en su tesis titulada *“Implementación de la metodología TPM y su influencia en la eficiencia operacional de los equipos del proceso de tratamiento de arenas de molienda en una empresa minera”*, desarrollado en la Universidad Privada del Norte, Perú, que tuvieron como objetivo determinar la influencia de la implementación de la metodología TPM en la eficiencia operacional del proceso de tratamiento de arenas de molienda en una empresa minera, de tipo aplicada, explicativa, cuantitativa y cuasi experimental, utilizándose como instrumentos la entrevista y la ficha resumen. En los resultados se determinó que los equipos fallan constantemente por fuga de solución por carcasa de bomba a causa del desgaste acelerado de los componentes internos. En el mantenimiento autónomo se elaboró fichas de inspección, ficha de orden y limpieza, y un diagrama de actividades; en el mantenimiento planificado se elaboró la ficha de inspección programada; en el pilar mejora del proyecto se cambiaron el material de los componentes incrementando su tiempo de vida, en el mantenimiento de calidad se implementó la ficha 3T, además se realizó capacitaciones; y en el pilar de áreas de apoyo TPM se evidenció ahorros de 863 379.24 dólares anuales con los pilares. La metodología TPM, incrementó la disponibilidad de 82% a 91%, el rendimiento de 47% a 100%, la calidad de 81% a 96% y finalmente el OEE incrementó de 31% a 87%, encontrándose en estado bueno, cuya implementación del TPM tiene un VAN de 2,733.278 dólares y un TIR de 4,505%.

Cotrina (Perú, 2018) en su tesis titulada *“Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de producción para reducir costos operativos de Compañía Minera Condestable S.A.”*, cuyo objetivo fue reducir los costos operativos de la Compañía Minera Condestable S.A. a través de una propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Se realizó el diagnóstico de la situación actual del proceso del Área de Producción y/o Mantenimiento Mina, siendo los principales problemas la falta de mantenimiento preventivo, inexistencia de procedimientos estandarizados para el mantenimiento, falta de mantenimiento productivo total, no hay repuestos por los equipos críticos, no hay vinculación con indicadores de producción y no existe una gestión por indicadores. Se encontró que la implementación del TPM logra una exactitud de inventarios de almacén en un 34%, un aumento del 35% en seguimiento al programa de mantenimiento correctivo y preventivo, aumenta la venta de productos de minería en un 20% con una eficacia de la producción de 480 lotes/semana y una rentabilidad del último año de S/ 15,687.60 del área de productividad, también se logró reducir el número de trabajadores de 58 a 44 trabajadores, en dicha área, lo que generó un ahorro anual en salarios de S/ 24,800, todas estas propuestas generaron ingresos por un total de S/ 984 259.00 y luego de realizarse una evaluación económica financiera se obtuvo un VAN de S/ 23,702.00, un TIR de 43.5%, B/C de 1.20 y un ROI de S/ 1764.75; lo cual indica que el proyecto es rentable.

Sandoval (2018) en su tesis sobre *“Aplicación del mantenimiento productivo total en las excavadoras para incrementar la productividad de la Empresa Diplo Bienes y Servicios E.I.R.L., Callao, 2018”*, desarrollado en la Universidad César Vallejo, Perú, presenta como objetivo determinar como la aplicación del mantenimiento productivo total en las excavadoras incrementará la productividad de la empresa DIPO BIENES

Y SERVICIOS E.I.R.L - Callao 2018, de tipo cuantitativo, aplicada, con un diseño cuasi experimental, con una muestra conformada por el tiempo de funcionamiento y número de paradas de las excavadoras en 32 días de trabajo desarrollado durante Marzo y Abril y la mejora durante Julio y Agosto. La variable Mantenimiento Productivo Total está compuesta por la dimensión disponibilidad y fiabilidad y la productividad por la dimensión eficiencia y eficacia mediante la el pre y post aplicación. Se encontró que el promedio antes del TPM, en la disponibilidad fue 47.8% y después de aplicar el TPM fue 70%, aumentando en 22.2%, el promedio antes del TPM, en la fiabilidad fue 46.3% y después de aplicar el TPM fue 28.1%, disminuyendo en 18.6% de fiabilidad; mientras que en la variable productividad, antes de aplicar el TPM la eficiencia fue 53% y después fue 78%, aumentando en 25% y la eficacia antes de aplicar el TPM fue 66% y después de aplicarlo fue 93%, aumentando en 26%; así mismo la productividad antes de aplicar el TPM fue 38% y después fue 72%, aumentando en 35%. Se concluyó que la productividad, eficacia y eficiencia presentan significancia entre el antes y después ($p < 0.05$), asegurando que la aplicación del TPM en las excavadoras incrementará la productividad, eficacia y eficiencia en la empresa DIPO BIENES Y SERVICIOS E.I.R.L.

Pérez (2017), en su tesis sobre “*Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de la Empresa Tritón Trading S.A, Villa El Salvador 2017*”, desarrollado en la Universidad César Vallejo, Perú, presenta como objetivo determinar como la aplicación del mantenimiento productivo total mejorará la productividad en la empresa Tritón Trading S.A. Villa el Salvador 2017, diseño cuasi experimental, aplicada, explicativa y cuantitativa, cuyas variables son la productividad con los indicadores eficiencia y eficacia y el TPM con los indicadores Mantenimiento Planificado y Mantenimiento Predictivo. Se encontró que

el Mantenimiento Planificado antes de aplicar el TPM fue de 77% y después de su aplicación fue 93%, el Mantenimiento Predictivo antes de aplicar el TPM fue de 74% y después de su aplicación fue 92%, en cuanto a la productividad antes de aplicar el TPM fue 59% y después de su aplicación fue 79%, lográndose mejorar en 19,13%, la eficiencia antes de aplicar el TPM fue 80% y después de su aplicación fue 91%, lográndose mejorar en 10.83% y la eficacia antes de aplicar el TPM fue 74% y después de su aplicación fue 86%, lográndose mejorar en 12%. Se concluyó que, la aplicación del TPM mejora la productividad ($t=-18.008$), eficiencia ($t= -9.399$), eficacia ($t= -10.173$) con un nivel significancia de 0.000 en la empresa Tritón Trading S.A. Villa el Salvador 2016.

Las bases teóricas a utilizar son las siguientes:

Mantenimiento Productivo Total

García (2012) define como una herramienta ampliamente usada en las áreas productivas, encaminada a incrementar la disponibilidad de la maquinaria y equipo de producción, así como los beneficios económicos de las empresas, proporcionando un acercamiento del equipo-producto, reduciendo al mínimo el número de fallas del mismo, defectos de producción y accidentes. Del mismo modo Molina (2006), menciona que la responsabilidad de los equipos y equipos es función de todo el personal.

Importancia del TPM

Según García (2012), el Mantenimiento Productivo Total es importante porque evita el riesgo de incurrir en: Averías frecuentes en maquinarias, grandes tiempos en preparaciones entre un lote y otro, micro paradas, calidad reducida del producto y tiempos elevados de arranque (tiempos muertos a velocidad inferior a la capacidad de los equipos y productos defectuosos o mal funcionamiento)

Por otro lado, Lefcovich (2009), menciona que, para conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste y con el máximo de seguridad se debe aplicar el TPM.

Beneficios del TPM

Según Rey (2002), los beneficios del mantenimiento productivo total son los siguientes:

- Mejora del rendimiento operacional de las líneas de producción a un 35%.
- Mejora del rendimiento de la organización de un 50-55%.
- Reducción de costes de mantenimiento por unidad, producida al 50%.
- Reducción del número de paradas al 50%.
- Mejora el desempeño de los operarios.
- Tecnificación de la fabricación.
- Mejor aprovechamiento de los técnicos y profesionales de mantenimiento.
- Mantener equipos productivos en estado de referencia.

Pilares del TPM

- **Mejora continua**

Según García et al. (2011), mencionan que la mejora continua es una actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos, siendo estos la necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria. Mostrando los siguientes beneficios claves: Incrementar la ventaja competitiva a través de la mejora de las capacidades organizativas, Alineación de las actividades de mejora a todos los niveles con la estrategia organizativa establecida y la Flexibilidad para reaccionar rápidamente a las oportunidades.

- **Mantenimiento Autónomo**

Para Moreno (2008), El Mantenimiento autónomo (MA) es una estructura de gerenciamiento industrial que involucra sistemas de dirección, cultura organizacional y talento humano, que busca racionalizar la gestión de todos los recursos que integran el proceso productivo, de manera que puedan optimizarse tanto su rendimiento y productividad. El cual consta de 7 etapas: Limpieza inicial, medidas contra anomalías, estándares provisionales, inspección general y autónoma, estandarización y control autónomo.

- **Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo es hoy en día uno de los más implementado en las industrias, según Olarte et al. (2010). debido a que posee el poder de mostrar en cualquier instante de tiempo el estado general de cada una de las máquinas de la planta permitiendo controlar su óptimo funcionamiento, realizando un seguimiento para predecir sus posibles fallas y tomar acciones correctivas más apropiadas en el momento oportuno.

Del mismo modo Botero (1991) señala que el Mantenimiento Preventivo no es un remedio para todos los problemas que se presentan durante el proceso productivo; es simplemente una organización sistemática de lo que tradicionalmente se ha venido haciendo, aumentando la eficiencia de la producción, el cual es directamente proporcional a la calidad de la información con que se cuenta para llevarlo a cabo.

Ventajas del TPM

Según Botero (1991) son que el equipo se conservará en óptimas condiciones de trabajo permitiendo que la producción continúe su flujo normal sin irrupciones, los niveles de productividad subirán considerablemente, las personas que laboran con

estos equipos se sentirán más satisfechas y trabajarán con alto grado de motivación y los equipos no sufrirán un deterioro mayor cuando han sido sometidos continuamente a un mantenimiento preventivo.

- **Mantenimiento Planificado**

El MP puede ser el pilar más importante, pues busca mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas por medio de actividades que se programan anticipadamente. Se indica con etiquetas las potenciales fallas que diagnostica el operario lo cual agiliza la revisión del mecánico ya que éste portará las herramientas necesarias y las posibles partes de repuesto. Gradualmente irá aumentando la calidad del servicio ya que se reduce la cantidad de trabajo (Calva, 2012).

- **Mantenimiento de Calidad**

Supone asegurar los estándares de los procesos y sistemas productivos a través de la inspección y del análisis de problemas sobre los 5 Mantenimientos de los procesos, mediante acciones preventivas para lograr que los equipos y procesos sin defectos y produzcan productos de calidad (Rey, 2002).

- **Trabajo Administrativo**

Según Fernández (2018), señala que el trabajo administrativo hace referencia a asegurar las funciones optimizando su organización y cultura. Así mismo aplicar mapa de cadena de valor transaccional para localizar oportunidades y posteriormente poder lanzar los proyectos para optimizar los tiempos y errores.

- **Desarrollo y formación personal**

Busca incrementar las capacidades y habilidades de todos los que hacen parte de la organización ya que se estima que las fallas por errores humanos están entre el 25-33% debido a un mal entrenamiento, descuido, falta de motivación, es decir,

busca que los operarios puedan lograr las condiciones óptimas de su equipo y maximizar su eficiencia (Calva, 2012).

- **Seguridad y entorno**

Pilar enfocado a operarios, no clientes, usuarios, grupo laborar y sociedad en general, buscando crear un ambiente sin accidentes y de óptimas condiciones para el desarrollo de los procesos productivos siendo su meta principal el estar libre de accidentes, cero peligros, cero daños y cero contaminaciones Calva (2012).

Indicadores del TPM

Las organizaciones deben realizar un análisis de su problemática para poder contrastar las implicancias de sus deficiencias, así mismo se podrían usar los indicadores denominados “Ratios de gestión”, tales como gastos operativos, gastos de mantenimientos respecto a cifra de ventas, etc. Se podrán utilizar indicadores asociados puramente a los recursos, con el criterio de las 6M: Hombre, dinero, materiales, maquinas, métodos y administración. (Fernández, 2004).

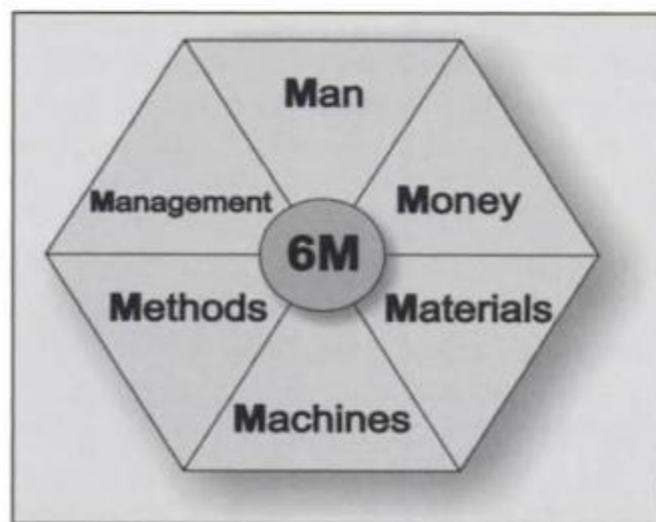


Figura 1: Criterios de las 6M (Fernández. 2014)

Por otra parte, Nakajima (1991) explica, “Si se desea practicar un TPM rentable y perseguir una óptima efectividad del equipo, son cruciales los dos factores: se deben mantener registros precisos de la operación del equipo y se debe diseñar una escala precisa para medir las condiciones de operación del equipo”.

El principal indicador del mantenimiento productivo total según Esquer (2008), es la Efectividad Global del Equipo (OEE): la cual ayuda a identificar los procesos deficientes donde podría iniciar una experiencia piloto TPM, además justifica a gerenciar la necesidad de ofrecer recursos necesarios para el proyecto y control de las mejoras en la planta.

Por otro lado, Salazar (2016), indica que la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) es una herramienta integral de evaluación comparativa, esto quiere decir que puede ser utilizado para evaluar los diferentes componentes del proceso de producción, por ejemplo: disponibilidad, rendimiento y calidad.

Ecuación 1: Tiempo Total

$$\textit{Tiempo Total} = \textit{Tiempo disponible} + \textit{Tiempo planeado}$$

Ecuación 2: Tiempo Planeado

$$\textit{Tiempo Planeado} = \textit{Reuniones, comidas, MP, etc.}$$

Ecuación 3: Tiempo Disponible

$$\textit{Tiempo Disponible} = \textit{Tiempo total} - \textit{Tiempo planeado}$$

Ecuación 4: Tiempo Productivo

$$\textit{Tiempo Productivo} = \textit{Tiempo disponible} - \textit{Tiempo muerto}$$

Ecuación 5: Tiempo Muerto

$$\textit{Tiempo Muerto} = \textit{Tiempo de averías} - \textit{Tiempo de cambio de producto}$$

Ecuación 6: Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$$

Ecuación 7: Capacidad Productiva

$$\text{Capacidad productiva} = \text{Tiempo productivo} \times \text{Capacidad estandar}$$

Ecuación 8: Producción Real

$$\text{Producción real} = \text{Tiempo productivo} \times \text{Capacidad real}$$

Ecuación 9: Eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

Ecuación 10: Calidad

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Produccion real} - \text{Unidades defectuosas})}{\text{Produccion total}}$$

Ecuación 11: Eficiencia General de los Equipos

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Capacidad}$$

Otros indicadores que se utilizan son: Productividad Total Efectiva del Equipo, Eficacia Neta del Equipo, Mean Time Before Failure (MTBF) Tiempo Promedio Entre Fallas y Mean Time to Repair (MTTR) Tiempo Promedio Entre Recuperación.

Implantación

Para Lefcovich (2009), la implementación está conformada por un total de cuatro fases, las cuales comprenden una serie de fases, las cuales se resumen a continuación:

Tabla 1.

Fases y etapas de la implantación de Mantenimiento Productivo Total. (Lefcovich, 2009).

| Fase | Etapas |
|--|---|
| Preparación | Decisión de aplicar el TPM en la empresa. |
| | Campaña de información. |
| | Formación de comités. |
| | Análisis de las condiciones existentes. |
| | Diagnostico. |
| Implantación | Planificación. |
| | Capacitación. |
| | Implantación de los 3Y: Motivación, competencia y Entorno de trabajo. |
| | Implantación del CEP para monitoreo. |
| | Determinación y cálculo de ratio de indicadores. |
| | Experiencia piloto. |
| | Aplicación de mantenimiento autónomo. |
| Aplicación de mantenimiento planificado. | |
| Evaluación | Análisis de resultados obtenidos. |
| Estandarización | Se estandarizan los resultados obtenidos y luego se da comienzo a un nuevo proceso continuo de mejora en materia de fiabilidad y durabilidad. |

Productividad

Paz & Gonzales (2013), mencionan que la productividad implica la mejora de cadena de producción, asimismo el índice que relaciona lo producido por los recursos utilizados para generarlo.

Ecuación 12: Productividad

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

La productividad se define también por la relación que hay entre el tiempo que utiliza el trabajador para obtener un resultado, en ese sentido, cuanto menos tiempo le tome obtener el resultado que se espera, mayor será la productividad (Dasi et al., 2014).

Ecuación 13: Productividad y sus componentes

$$Productividad = eficacia \times eficiencia = \frac{Resultados\ obtenidos}{Recursos\ empleados}$$

Importancia de la Productividad

Según Prokopenko (1989) indica que la productividad determina el grado de competitividad de una región, asimismo mientras exista mayor producción las ganancias van a ser cada vez mayor incrementado los indicadores de rentabilidad.

Ventajas de Productividad

Según Escalante (2015), indica que las ventajas de la productividad son:

- Mayores utilidades; ya sea por mayor margen de utilidad o por un mayor de ventas.
- Ingresos mayores para los empleados.
- Mayor margen de seguridad, en el mercado es decir mayor competitividad.
- Inmejorables oportunidades de expansión.

Factores que afectan a la productividad

- **Externos (No controlables)**

Son aquellos que quedan fuera del control de una empresa determinada (políticas estatales y los mecanismos institucionales; la situación política, social y económica; el clima económico; la disponibilidad de recursos financieros, energía, agua, medios de transporte, comunicaciones y materias primas) (Prokopenko, 1989).



Figura 2: Factores Macroeconómicos de la Productividad (Prokopenko, 1989)

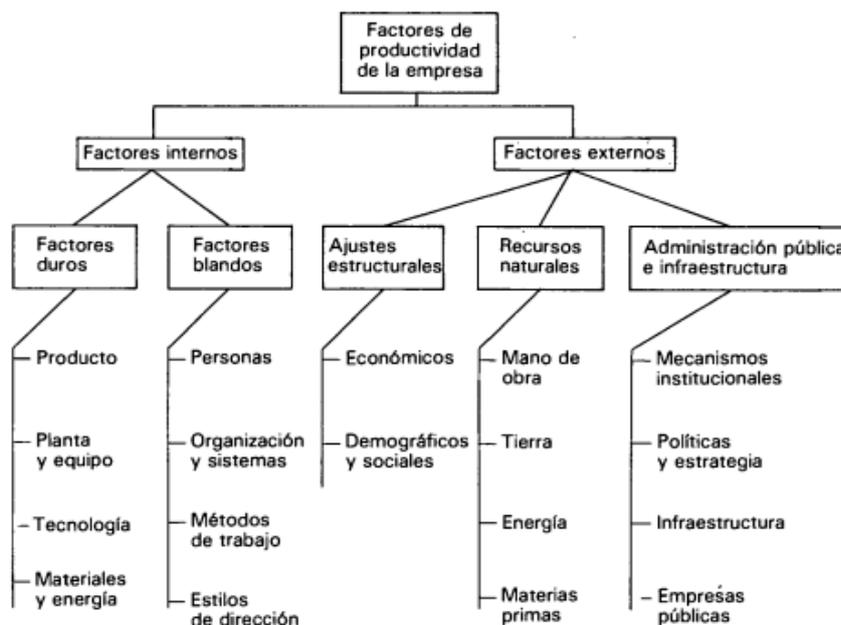


Figura 3: Factores de productividad de la empresa. (Prokopenko, 1989)

- **Internos (Controlables)**

Son aquellos que están sujetos al control de la empresa, donde algunos de estos se modifican más fácilmente que otros, por ellos es importante clasificarlos en duros (incluyen los productos, tecnología, equipo y materias primas) y blandos (incluyen fuerza de trabajo, sistemas y procedimientos de organización, los estilos de dirección y métodos de trabajo), de este modo se prioriza cuáles son los factores en los que es fácil influir y cuáles son los factores que requieren intervenciones financieras y organizativas más fuertes (Prokopenko, 1989).

Tipos de Productividad

Según Uriarte (2019), existen tres tipos diferentes de productividad:

- **Productividad laboral**

También se denomina productividad por hora trabajada. Es aquella que se establece en un parámetro de horas determinadas (por ejemplo “X” cantidad de productividad por hora trabajada).

- **Productividad total**

Toma en cuenta todos los factores que intervienen en la producción.

- **Productividad marginal**

Es el producto que se obtiene al realizar una modificación en una de las variables o factores que se tienen en cuenta para la productividad. Por ejemplo, cuando se aumenta la cantidad de personal o el número de maquinarias necesaria para determinada labor y se disminuye así el tiempo de elaboración.

Indicadores de Productividad

Para medir el desempeño de una empresa o unidad ya sea en calidad, productividad, costo, seguridad, etc, necesitamos tener indicadores. Pérez (2002) señala que un

indicador es la Herramienta que clasifica, selecciona y define de forma más precisa y objetiva los cambios o resultados con un estándar a nivel de criterio, estimación y demostración del proceso.

- **Eficacia**

Según Mejía (1998), la eficacia consiste en concentrar los esfuerzos de una entidad en las actividades y procesos que realmente deben llevarse a cabo. La eficacia es simplemente la comparación entre lo alcanzado y lo esperado (RA/RE). Los niveles superiores de eficacia corresponden a porcentajes de ejecución muy altos, cuya calificación es cada vez más difícil de obtener.

Ecuación 14: Eficacia

$$Eficacia = \frac{\text{Resultados obtenidos}}{\text{Acciones realizadas}}$$

- **Eficiencia**

Según Carro et al. (2012), hablar de productividad siempre se tiende a pensar la mejora de su rendimiento de la mano de obra directa de la producción, bien sea mediante ritmos de trabajos elevados, bien mediante las mejoras en los métodos o la automatización de los procesos, siendo así que la eficiencia de un proceso productivo puede medirse mediante una amplia variedad de criterios, donde un proceso es muy eficiente si tiene una productividad elevada, expresada por lo siguiente: Grandes resultados por unidad de consumo, produce una calidad altísima y, en consecuencia hay pocos desperdicios.

Ecuación 15: Eficiencia

$$Eficiencia = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

La definición de términos básicos a utilizar son las siguientes:

Capacidad de producción: La cantidad de trabajo que puede llevar a cabo en un determinado tiempo una unidad de producción, ya sea individualmente o como grupo.

Diagrama de Flujo de procesos: El diagrama de flujo de procesos se define como la manifestación gráfica y visual secuenciada de las actividades y pasos de un proceso, también se incluyen inspecciones y re-trabajos; este diagrama es de gran importancia en el análisis y mejora de los procesos dado que permite identificar en qué consta el proceso y como están vinculadas las actividades.

Efectividad: Involucra la eficiencia y la eficacia, en el logro de los resultados programados en tiempo y costo.

El Servicio de Mantenimiento: Se encarga de realizar acciones preventivas, predictivas y correctivas en los distintos edificios, instalaciones y urbanización del Campus de la Universidad de Alicante.

Gestión por procesos: Se confirma como uno de los mejores sistemas de organización empresarial para conseguir magníficos índices de calidad, productividad y excelencia. Sus excelentes resultados han ido extendiendo la aplicación de este enfoque de gestión en empresas y organizaciones de todo tipo, independientemente de su tamaño o sector de actividad.

Mantenimiento Correctivo: Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

Mantenimiento Preventivo: Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

Mantenimiento Predictivo: Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad.

Mantenimiento Cero Horas: Se fundamenta en revisión de los equipos en intervalos programados antes de un fallo, cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida la aplicación del mantenimiento productivo total influye en la productividad del servicio de mantenimiento de la empresa de maquinaria pesada?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento productivo total influye en la productividad del servicio de mantenimiento de la empresa de maquinaria pesada de la ciudad de Trujillo, año 2021

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la empresa referente al servicio de mantenimiento.
- Diseñar la aplicación del mantenimiento productivo total en el servicio de mantenimiento.
- Aplicar el mantenimiento productivo total en los procesos de mantenimiento.

- Comparación de la productividad antes y después de la aplicación del mantenimiento productivo total.
- Evaluar la viabilidad económica de la aplicación del mantenimiento productivo total.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La aplicación del mantenimiento productivo total incrementa la productividad del servicio de mantenimiento de la Empresa de Maquinaria Pesada de la ciudad de Trujillo, año 2021.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La aplicación del mantenimiento productivo total incrementa la eficiencia de una empresa de maquinaria pesada de la ciudad de Trujillo, año 2021.
- La aplicación del mantenimiento productivo total incrementa la eficacia de una empresa de maquinaria pesada de la ciudad de Trujillo, año 2021.

Tabla 2. Operacionalización de las Variables

| Variables | Definición Conceptual | Definición Operacional | Indicadores | Formulas | Uni |
|--------------------------------|---|--|--------------------------------|--|-----|
| Mantenimiento Productivo Total | El TPM es un sistema de gestión de mantenimiento, se basa en establecer el mantenimiento autónomo, realizado por el personal de producción lo que conlleva la responsabilidad entre los empleados de mantenimiento y producción. Para lograr lo expuesto es necesario motivar y crear una cultura propia de trabajo para lograr trabajos en equipo. La motivación es fundamental para aplicar esta filosofía. (Gonzales, F. 2015) | Es una herramienta que permita involucrar la producción en las actividades de mantenimiento, con el soporte técnico de mantenimientos planificados para mejorar la disponibilidad de las máquinas. | Mantenimiento Autónomo (MA) | $MA = \frac{N^{\circ} \text{ de equipos con inspección}}{\text{Total de equipos}} \times 100$ | % |
| | | | Mantenimiento Planificado (MP) | $MP = \frac{N^{\circ} \text{ de equipos con Manteimiento preventivo}}{\text{Total de equipos}} \times 100$ | % |
| Productividad | La productividad es una medida de la capacidad, es la producción entre el tiempo, equipo y personal que se involucran en un tiempo para conseguir un producto o servicio. (Colonia, Elvis, 2017) | Es la relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc. | Eficiencia | $Eficiencia = \frac{\text{Tiempo (hrs) de operación}}{\text{Total de tiempo (hrs) programado}} \times 100$ | % |
| | | | Eficacia | $Eficacia = \frac{\text{Total de equipos operativos}}{\text{Total de Equipos}} \times 100$ | % |

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

- El tipo de investigación es Aplicada.
- El diseño de la investigación es experimental de grado pre-experimental.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Estuvo conformado por 06 máquinas de perforación de la empresa de Maquinaria Pesada de la ciudad de Trujillo.

Tabla 3.

Número total de máquinas de perforación

| | EQUIPO #1 | EQUIPO #2 | EQUIPO #3 | EQUIPO #4 | EQUIPO #5 | EQUIPO 6 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CÓDIGO | TD 033 | TD 034 | TD 035 | TD 036 | TD 037 | TD 038 |
| TYPO | SMART ROC |
| MODELO | D 65 -10 LF |
| | TMG 19 SED |
| SERIE | 0595/ 8992 | 0122/ 8992 | 0150/ 8992 | 0160/ 8992 | 0141/ 8992 | 0177/ 8992 |
| | 0109 53 | 0118 88 | 0118 90 | 0118 91 | 0118 89 | 0118 92 |
| AÑO FABRICA | 2017 | 2019 | 2019 | 2019 | 2019 | 2019 |
| PESO | 27 300 Kg |

2.2.2. Muestra

Estuvo conformada por la misma cantidad que el de la población, es decir 06 máquinas de perforación de la empresa de Maquinaria Pesada.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla 4.

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

| Fuente | Técnicas | Instrumentos | Fuente | Resultado |
|------------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------|--|
| Empresa de Maquinaria Pesada | Observación | Guía de Observación | Reyes, C (2019) | Identificación de la causa raíz del Mantenimiento de maquinaria. |
| | Entrevista | Check list | | Determinación de la problemática actual. |
| | Análisis documental | Ficha de registros de datos | | Relación con los antecedentes e indicadores del Mantenimiento de maquinaria. |

Validez y confiabilidad

El check list se sometió a validez de juicio de expertos, de la Universidad Privada del Norte con Grado Académico de Maestría. La confiabilidad de dichos instrumentos se realizará mediante el alfa de Cronbach.

Tabla 5.

Criterio de Interpretación para evaluar el coeficiente de Alfa de Cronbach

| Rangos | Confiabilidad |
|-----------|---------------|
| 0.81-1.00 | Muy Alta |
| 0.61-0.80 | Alta |
| 0.41-0.60 | Moderada |
| 0.21-0.40 | Baja |
| 0.01-0.20 | Muy Baja |

2.4. Procedimiento

2.4.1 Procedimiento de recolección de datos

- **Observación directa:**

Objetivo: Tiene la finalidad de conocer todos los aspectos relacionados al mantenimiento que realiza la Empresa de Maquinaria Pesada y está dirigida a todos los agentes involucrados como el entrevistador, los procesos de mantenimiento de equipos, el personal y la maquinaria.

Instrumento: Guía de Observación, cámara fotográfica

Proceso:

- El investigador diseña la guía de observación considerando el objetivo de la investigación.
- En la visita a la empresa se visualiza minuciosamente los procesos de mantenimiento que realiza la empresa a su maquinaria.
- Finalizada la visita se registran todos los datos considerados, y se hace uso de una hoja Word y Excel para el tramamiento y análisis posterior.

- **Entrevista**

Objetivo: Tiene la finalidad de ayudar a conocer el impacto de las causas de los fallos en el mantenimiento que realiza la Empresa de Maquinaria Pesada a su maquinaria, dirigida al encargado de mantenimiento y a cuatro trabajadores.

Instrumento: Encuesta aplicada

Proceso:

- El investigador diseña la encuesta con la finalidad de obtener información sobre el impacto de las causas del estado actual de la empresa, esta encuesta es de tipo Likert en una escala donde 1 es Nunca, 2 es a veces y 3 es siempre (Anexo N° 01), la cual fue validada y cuando fue sometida a la prueba de confiabilidad de alfa de Cronbach se obtuvo un valor de 0.851, obteniéndose una muy alta confiabilidad (Anexo N° 02).

- **Análisis documental**

Objetivo: Tiene la finalidad de contribuir a conocer los problemas que presenta el área de mantenimiento de equipos de la Empresa de Maquinaria Pesada.

Instrumento: Ficha de registros de datos

Proceso:

- El investigador realizó la revisión y análisis de las actividades de los procesos de mantenimiento, información bibliográfica (libros, tesis, artículos, etc.).
- Se revisó los datos presentes en los reportes mensuales que realiza el área de Mantenimiento.
- Se construyó fichas de datos en la que se registraron las fallas de los equipos, el número de equipos operativos y su mantenimiento.
- Finalizada el análisis documental toda la información registrada se colocó en una hoja Word y Excel para el tratamiento y análisis posterior.

Aspectos éticos

La presente investigación consideró los marcos legales y valores éticos en la elaboración de la investigación, los cuales fueron los siguientes: Para reportar la veracidad de la información requerida, los instrumentos se sometieron a validez y confiabilidad. Para mantener la originalidad del trabajo, cuando se utilizó bibliografía de otros autores, se citó adecuadamente, respetando la propiedad intelectual de los mismos y cuando se recogió la información se mantuvo la confidencialidad de las respuestas de los participantes y los datos obtenidos y presentados fueron fidedignos.

Tabla 6.
Técnicas, herramientas y logros

| Objetivo Específico | Técnica | Herramienta | Logro |
|--|--|---|--|
| Diagnosticar la situación actual de la empresa referente al servicio de mantenimiento. | Observación directa | <ul style="list-style-type: none"> Fotos de situación actual donde se evidencian las deficiencias en el mantenimiento de la maquinaria. | <ul style="list-style-type: none"> Total de equipos Nº de equipos inspeccionados Nº de equipos con mantenimiento preventivo. Tiempo (horas) de operación. Total de equipos operativos |
| | Entrevista | <ul style="list-style-type: none"> Encuesta con preguntas tipo Likert al encargado de mantenimiento y a 4 operarios de la Empresa. | |
| | Análisis documental | <ul style="list-style-type: none"> Recolección de información actual Diagrama de Ishikawa derivado de la entrevista realizada al encargado de mantenimiento | |
| Diseñar la aplicación del TPM en el servicio de mantenimiento. | Análisis documental | <ul style="list-style-type: none"> Recolección de información actual | Planeación de las etapas de la propuesta de implementación |
| Aplicar el TPM en los procesos de mantenimiento. | Análisis documental | <ul style="list-style-type: none"> Base de datos sobre el mantenimiento de las máquinas. | Porcentajes de antes y después del TPM |
| Comparación de la productividad antes y después de la aplicación del TPM. | Análisis documental Análisis de datos | <ul style="list-style-type: none"> Indicadores de TPM y productividad. | Porcentajes de antes y después de la productividad. |
| Evaluar la viabilidad económica de la aplicación del TPM. | Análisis de datos | <ul style="list-style-type: none"> Indicadores de TPM y productividad | WACC, VAN |

2.4.2 Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

Procedimiento de tratamiento

- **Diagnóstico de la situación actual de la empresa referente al servicio de mantenimiento.**

Se desarrolló la descripción de la empresa: su organigrama, visión, misión. A fin de entender los objetivos, políticas de la compañía de manera que el TPM ayude a cumplir las metas de la misma. Para ello se analizará el análisis actual con el propósito de encontrar los problemas que tiene el departamento de mantenimiento, con la finalidad de establecer los puntos de mejora.

- **Diseño de la aplicación del TPM en el servicio de mantenimiento**

Una vez que se ha terminado el análisis de la empresa y de la maquinaria, se revisó el plan de mantenimiento preventivo para saber si el mantenimiento planificado y autónomo están bien estructurados e implementados y para el diseño del TPM se hizo lo siguiente:

Una vez que se ha terminado el análisis de la empresa y de la maquinaria, se diseñó el TPM. Primero, realizó un inventario de las máquinas que consiste en una lista de las máquinas de la empresa donde va el código, fabricante, tipo, modelo, serie, año decodificación y peso, además una ficha de características técnicas de la máquina. Segundo, se realizó el plan de mantenimiento preventivo creando una hoja de control de fallos para evaluar la criticidad de cada uno de las máquinas, con el fin poder planificar el mantenimiento preventivo de acuerdo a las necesidades de la maquinaria que posee la empresa, en el que está inmerso el mantenimiento autónomo y planificado. Tercero, se aplicó el TPM en base a los históricos de las reparaciones de los equipos, logrando minimizar las paradas inesperadas en pleno proceso productivo. Se

mejoró la gestión y organización del mantenimiento en las máquinas con mayor criticidad.

- **Aplicación del TPM en el servicio de mantenimiento y comparación de la productividad antes y después de la aplicación del TPM**

Se presentaron los gráficos de porcentajes antes y después de aplicarse el TPM, así como la evaluación estadística de estas variables.

- **Evaluar la viabilidad económica de la aplicación del TPM.**

Se tomó en cuenta los costos de la etapa inicial de implementación, durante la etapa de implementación y los costos producidos por las paradas no programadas de los equipos.

Análisis de datos

Análisis descriptivos

Se incluyó la obtención, organización, presentación y descripción de información numérica del análisis de los resultados; además, los datos que se obtuvieron fueron tabulados en tablas de frecuencia y figuras de barra, haciendo uso de Microsoft Excel.

Análisis ligados a las hipótesis:

Para determinar la influencia del TPM se utilizó el programa estadístico SPSS ver 23, haciendo uso de la prueba estadística t- student a un nivel de significancia del 95%.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Diagnóstico de la situación actual de la empresa referente al servicio de mantenimiento.

- Situación Actual

La empresa de Maquinaria pesada, el 28 de junio de 1950, bajo la razón social “ABC” se fundó en Lima - Perú, la primera sucursal de “ABC” en América Latina, su primera sede estuvo ubicada en el Centro de Lima y gracias al acelerado crecimiento que venía teniendo el negocio en el Perú, se mudó a su local actual, ubicado en La Victoria; sin embargo, inicialmente, “ABC” comercializó en el Perú equipos compresores. Años más tarde, llegaron al Perú los primeros equipos para minería, a los cuales se les conoció como el "método sueco".

En el año 2017, con 144 años de orgullosa historia siendo un aliado estratégico en la industria de la minería y construcción, la persistencia de nuestra cultura empresarial por innovar constantemente llevó a tomar una importante decisión, a partir del 1 de diciembre de 2017, la división de minería “ABC” comenzó a dedicarse a los mercados de minería, infraestructura y recursos naturales.

- Misión

Fortalecer aún más nuestras posiciones de liderazgo, mediante la entrega de soluciones de productividad sostenible a todos sus actuales y futuros clientes.

- Visión

Ser la empresa número uno en todos los segmentos donde competimos, inspirándonos a hacer de este cambio un reto constante, con el compromiso de proporcionar los mejores productos, equipos y valor agregado a través de la innovación y los servicios profesionales.

- Política

La Empresa de Maquinaria Pesada “ABC”, es una empresa dedicada a la Comercialización, Venta y Servicio Post Venta de Equipos y Repuestos para la Minería y Construcción, con la finalidad de mantener un sistema de gestión preventivo que involucre a todos los miembros de la organización, colaboradores, proveedores, contratistas y clientes, asume los siguientes compromisos:

- **Proteger** la seguridad y salud de todos los miembros de la organización involucrados, a través de la prevención de lesiones, dolencias, enfermedades e incidentes relacionados al trabajo.
- **Prevenir** la contaminación ambiental relacionada a nuestras actividades, productos y servicios.
- **Cumplir** con los requisitos legales vigentes y con otros compromisos que la organización suscriba relacionados con la gestión integrada en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- **Satisfacer** las expectativas y necesidades de nuestros clientes en todo lo relacionado a su gama de productos, proporcionándoles, servicios de calidad con personal competente que contribuyan a mejorar su productividad.
- **Mantener** un sistema de gestión Integrado en seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y calidad, que emplee la mejora continua como mecanismo para establecer y revisar los objetivos, metas y el desempeño del Sistema de Gestión.
- **Garantizar** la consulta y participación activa de todos los miembros de la organización involucrados en los elementos del Sistema Integrado de Gestión.

- **Capacitar** a todos nuestros colaboradores en temas relacionados a la Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad.

Además, el diagnóstico a nivel de mantenimiento se realizó con la ayuda del encargado de Mantenimiento de la empresa de Maquinaria Pesada “ABC” y cuatro operarios, identificándose las siguientes causas en el Diagrama de Ishikawa (Fig. 4):

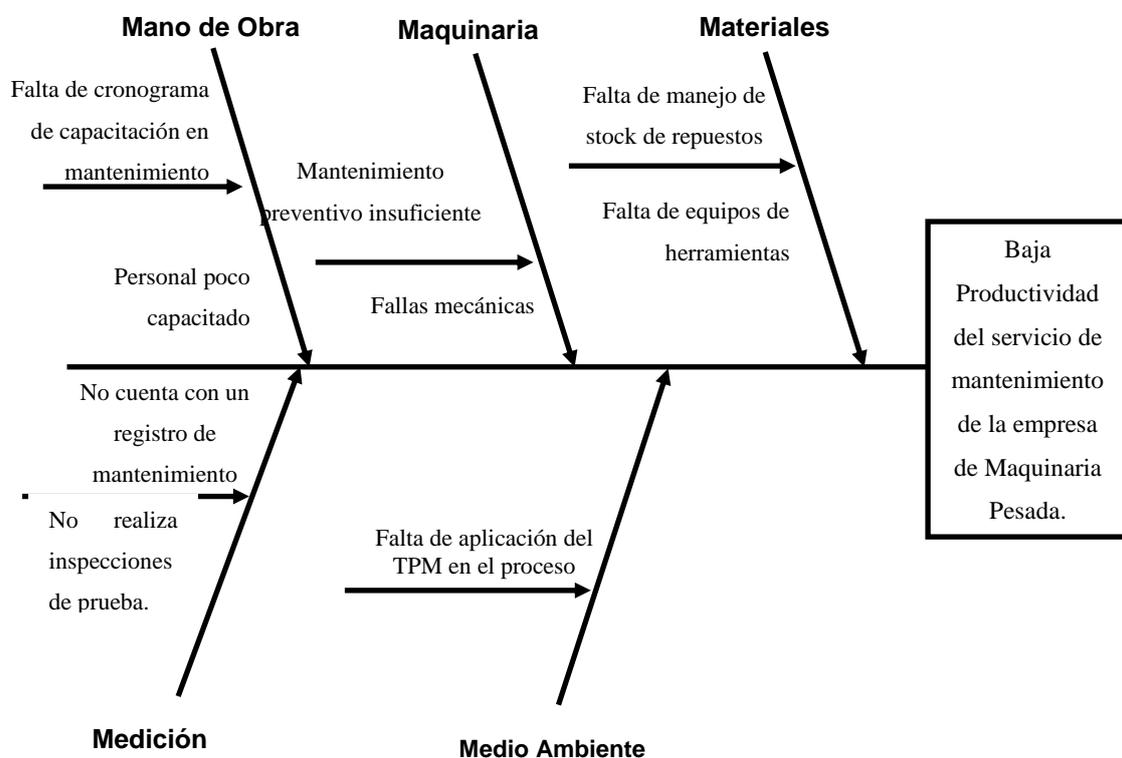


Figura 4. Diagrama de Ishikawa de las causas por baja productividad del servicio de mantenimiento.

Así mismo en la matriz de priorización (Anexo N° 3) se pudo observar que después de realizar la encuesta, la causa que obtuvo mayor puntaje fue la C5 (Falta de aplicación del TPM en el proceso) y la que menor puntaje obtuvo fue la C7 (No realiza inspecciones de prueba); encontrándose que los puntajes en forma descendente son los siguientes: C5, C8, C9, C1, C6, C2, C3, C4 y C7.

Tabla 7.

Descripción de la causa raíz- Pareto

| CR | DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA RAÍZ | Frecuencia de priorización | Frecuencia Absoluta Acumulada | % Frecuencia Relativa | % Frecuencia Absoluta Acumulada |
|------|---|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| CR 5 | Falta de aplicación del TPM en el proceso | 13 | 13 | 15% | 15% |
| CR 8 | Mantenimiento preventivo insuficiente | 12 | 25 | 14% | 29% |
| CR 9 | Fallas mecánicas | 11 | 36 | 13% | 41% |
| CR 1 | Falta de un Cronograma de capacitación en mantenimiento | 10 | 46 | 11% | 53% |
| CR 6 | No cuenta con un registro de mantenimiento | 10 | 56 | 11% | 64% |
| CR 2 | Personal poco capacitado | 9 | 65 | 10% | 75% |
| CR 3 | Falta de manejo de stock de repuestos | 9 | 74 | 10% | 85% |
| CR 4 | Falta de equipos y herramientas | 7 | 81 | 8% | 93% |
| CR 7 | No realiza inspecciones de prueba | 6 | 87 | 7% | 100% |

En la tabla 7, al realizar la descripción de la causa raíz se pueden visualizar que las 6 primeras causas identificadas son aquellas que tienen un mayor impacto sobre la baja productividad representadas con una frecuencia absoluta acumulada de 75%.

Por otro lado, mediante el diagrama de Pareto, también observó que existen otros causantes que carecen de un gran impacto con respecto al problema central (Figura 7):

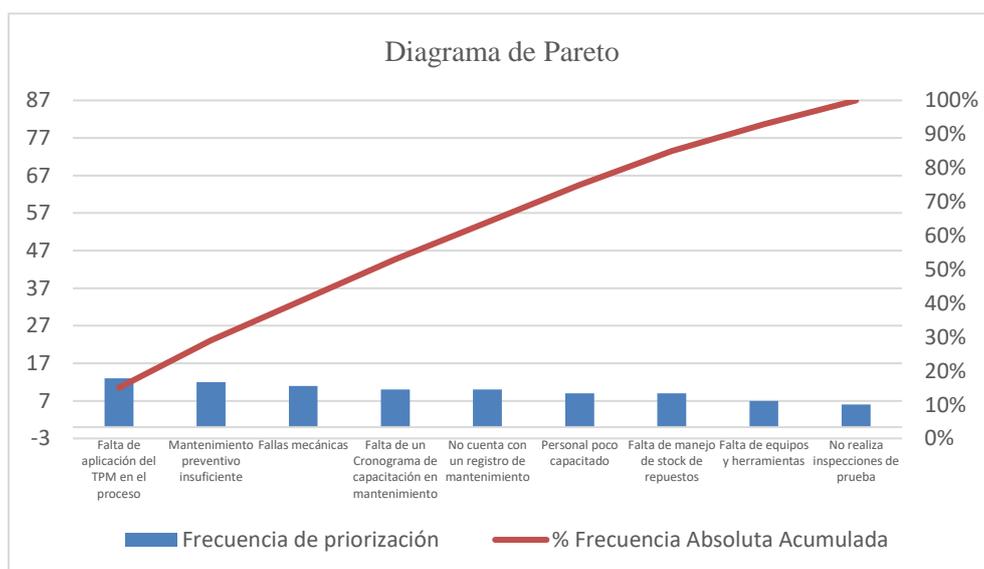


Figura 5. Diagrama de Pareto de la Causa raíz

Diseño de la aplicación del TPM en el servicio de mantenimiento

Desarrollo de la Propuesta

El mantenimiento productivo total se implementó en el área de servicio de mantenimiento, se desarrollaron dos de los ocho pilares del TPM: Mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, los cuales fueron posibles implementarse en el corto plazo. Se siguió la metodología usada por APAICO, la cual consta de las siguientes etapas:

Tabla 8.

Etapas del TPM

| Fase | Etapas | Aspectos de Gestión |
|---------------|---|--|
| Preparación | 1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa. | La alta dirección hace público su decisión de tener a cabo un programa TPM a través de reuniones internas. |
| | 2. Capacitación e información sobre el TPM. | Campañas informativas a todas las áreas para la introducción del TPM. |
| | 3. Estructura promocional del TPM. | Formar comités especiales en cada área para promover el TPM. Crear una oficina de promoción del TPM. |
| | 4. Objetivos y políticas básicas del TPM. | Analizar las condiciones existentes. Establecer objetivos y prever resultados. |
| | 5. Plan maestro de desarrollo del TPM | Preparar planes centrados con la actividad a desarrollar a los plazos de tiempo que se prevén para ello. |
| Introducción | 6. Arranque formal del TPM. | Se da inicio y se llevó a cabo invitando clientes e invitados. |
| Implantación | 7. Mejorar la efectividad del equipo. | Seleccionar un equipo con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar. |
| | 8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo. | Que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada. |
| | 9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado. | Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo. |
| | 10. Formación para elevar capacidades de mantenimiento. | Enseñarán a los miembros del grupo correspondiente. |
| | 11. Establecimiento de seguridad e higiene en el trabajo. | En esta etapa se instruye a los operarios a fin de que conozca las áreas seguras y evitar accidentes. |
| Consolidación | 12. Consolidación del TPM y evaluación de metas. | Mantener y mejorar resultados obtenidos. |

Etapa 1: Decisión de aplicar el TPM en la empresa de Maquinaria Pesada.

Mediante una reunión de Gerencia, organizada y llevada a cabo, la gerencia de la Empresa aprobó y dio a conocer la implementación del TPM y se coordinó con todas las áreas para este efecto.

Etapa 2: Capacitación e información sobre el TPM

Una vez dada la autorización de Gerencia para implementar el TPM, se procede a ejecutar la segunda etapa, en esta, se desarrollaron charlas y capacitaciones, donde se brindó información de TPM, para que todo el personal tenga conocimiento y esté entrenado para contribuir con el desarrollo importante en la meta de implantar el TPM. Estas charlas y capacitaciones se dictaron diariamente al personal (desde el operario hasta Gerencia), una hora diaria, y los temas fueron:

- TPM conceptos generales.
- Objetivos del proyecto a corto y mediano plazo.
- Uso de formatos y registros
- Mantenimiento autónomo y planificado.
- Sistemas de incentivos por logros.

Los responsables para entrenar al personal fueron el encargado de mantenimiento y un personal de mantenimiento. Para estas capacitaciones se hizo uso de proyectores en la sala de capacitación y hojas con información de la capacitación.

Al finalizar de las capacitaciones se asignaron las funciones y responsabilidades al personal.

Etapa 3: Estructura promocional del TPM

Se hizo la elección de un comité especial para motivar al personal sobre el objetivo de la implementación y para esto se:

- Definió la estructura organizacional del TPM y un coordinador de TPM.
- Definió y comunicó las Funciones y responsabilidades a los integrantes.

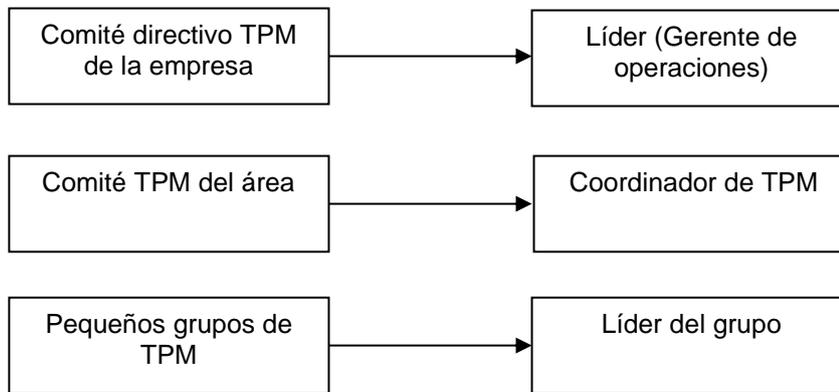


Figura 6. Organización de TPM

Las funciones del coordinador de TPM son: informar de manera general sobre el TPM, establecer metas, estrategias y políticas del TPM, apoyar la implementación del TPM a través de financiamiento y personal, supervisar los avances y el éxito de la implementación.

Etapas 4: Establecer políticas y metas para el TPM

En esta etapa la Gerencia incorporó en la política estratégica de la empresa la implementación del TPM.

El área de mantenimiento de la Empresa en mención estableció políticas y metas básicas de mantenimiento, que a corto plazo lograron eliminar los defectos y averías:

- Se estableció formular notificaciones de mantenimiento.
- Se elaboró un plan de mantenimiento.
- Se mejoró la efectividad del equipo a través de la eliminación de pérdidas.
- Se estableció programa de mantenimiento planificado por el área de mantenimiento.
- Se entrenó al personal para aumentar su capacidad personal para realizar el mantenimiento.

- Se desarrolló un programa de información de equipos (Historial de equipos), realizándose como primer paso un inventario de las máquinas de la empresa, cada uno de los equipos tiene un código único, lo cual facilita su referencia en órdenes de trabajo, en planos,
- permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones como se observa en la tabla 9.

Tabla 9.

Inventario de Máquinas



| INVENTARIO DE EQUIPOS | | | | | |
|-----------------------|----------------------|------------|-------------|----------------------------------|--------------------|
| CODIGO | NOMBRE DE LA MAQUINA | FABRICANTE | MODELO | SERIE | AÑO DE FABRICACION |
| TD 33-1 | SMART ROC D 65 | "ABC" | D 65 -10 LF | TMG 19 SED 0595/ 8992 0109 53 | 2017 |
| TD 34-2 | SMART ROC D 65 | "ABC" | D 65 -10 LF | TMG 19 SED 0122/ 8992 0118 88 | 2019 |
| TD 35-3 | SMART ROC D 65 | "ABC" | D 65 -10 LF | TMG 19 SED 0150/ 8992 0118 90 | 2019 |
| TD 36-4 | SMART ROC D 65 | "ABC" | D 65 -10 LF | TMG 19 SED 0160/ 8992 0118 91 | 2019 |
| TD 37-5 | SMART ROC D 65 | "ABC" | D 65 -10 LF | TMG 19 SED 0141/ 8992 0118 89 | 2019 |
| TD 38-6 | SMART ROC D 65 | "ABC" | D 65 -10 LF | TMG 19 SED 0177/ 8992 0118 92 | 2019 |

Luego se hizo una ficha de características técnica de la máquina que componen la lista previamente elaborada, la cual contiene los datos más sobresalientes de la máquina de perforación, sólo se realizó una ficha considerando que todos los equipos son de la misma marca, como lo muestra la figura 7.

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO | |
|-------------------------------------|---|
| Main application area: | OPEN PIT MINING SELECTIVE MINING |
| Drilling method: | DOWN-THE-HOLE |
| Hammer size: | 4 in, 5 in, 6 in |
| Tube size: | DTH 89, DTH 102, DTH 114, DTH 127, DTH 140 |
| Hole diameter: | 110 mm (4 3/16") – 295 mm (11") |
| Maximum hole depth: | 55.5 m (182') |
| Engine power: rating at 1800 rpm | 402 kW (547 HP) |
| Air capacity (FAD): | 470 l/s (995 cfm) |



Figura 7. Características técnicas del equipo

- Se elaboró Formato de check list de mantenimiento.

Etapas 5: Desarrollar un plan maestro para el TPM

Se estableció un plan para la implementación del TPM, donde se detalló:

- Establecimiento de un mantenimiento autónomo llevado a cabo por los propios operarios.
- Mejorar la efectividad de los equipos.
- Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado mediante el coordinador de mantenimiento.
- Aseguramiento de la calidad
- Capacitación y formación para aumentar las aptitudes del personal técnico.

Etapas 6: Inicio del TPM

Desde el primer día que se implementó el TPM se comunicó a todo el personal del área y todos quienes estén relacionados. Este proceso se dará mediante invitaciones a cada colaborador de la empresa, clientes y proveedores para que estén al tanto de la aplicación del TPM.

Ya iniciada la Fase de implementación, previas coordinaciones, se desarrolló todo el mantenimiento aplicando los conocimientos y acuerdos establecidos, donde la Gerencia

realizó una visita para verificar la implementación y si comprendieron plenamente los objetivos del TPM.

Etapa 7: Mejora en la efectividad de los equipos

Es de mucha importancia seleccionar el personal técnico calificado para formar el equipo adecuado, por lo que la manera de trabajar ordenadamente con el inicio del TPM es tener las áreas en orden y limpias y con una nueva política de trabajo de mantenimiento lo cual mejora la efectividad de los equipos. En esta etapa se harán uso de las siguientes herramientas:

- Registro de las fallas de cada unidad.
- Registro de análisis de inoperatividad de cada unidad.

Tabla 10.

Reporte de fallos

| REPORTE DE FALLAS DE MAQUINARIAS DE LA EMPRESA. | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|-----------------------------|---------------|------------|------------|------------|---|----------------------|
| Fecha | Máquina | Reporte | Responsable de Intervención | Mantenimiento | | Hora | | Trabajo realizado | Repuestos utilizados |
| | | | | Preventivo | Correctivo | Inicio | Fin | | |
| 03/09/2019 | SMART ROC D 65 TD 33-1 | Joistik de pedal no funciona | Rodrigo Ascencios | | x | 08:00 a.m. | 10:00 a.m. | Cambio de Switch y Limpieza | Switch |
| | SMART ROC D 65 TD 34-2 | Sistema de avance no gira | Rodrigo Ascencios | | x | 08:45 a.m. | 10:21 a.m. | Regulación de valvula | - |
| 11/09/2019 | SMART ROC D 65 TD 35-3 | Maquina no enciende | Rodrigo Ascencios | | x | 08:10 a.m. | 06:06 p.m. | Revisión total del equipo | - |
| 16/09/2019 | SMART ROC D 65 TD 36-4 | Dejó de funcionar a mitad de la jornada | Rodrigo Ascencios | | x | 01:00 p.m. | 07:00 p.m. | Revisión total del equipo | - |
| 24/09/2019 | SMART ROC D 65 TD 37-5 | Fuga de aceite hidráulico | Rodrigo Ascencios | | x | 09:18 a.m. | 10:06 a.m. | Cambio de tuberías | Tuberías |
| 24/09/2019 | SMART ROC D 65 TD 38-6 | Panel de acelerador no funciona | Rodrigo Ascencios | | x | 08:00 a.m. | 10:02 a.m. | Cambio de Switch y Limpieza | Switch |
| 07/10/2019 | SMART ROC D 65 TD 33-1 | Rajadura en el martillo de perforación | Rodrigo Ascencios | | x | 08:00 a.m. | 09:32 a.m. | Cambio de tuberías | Tuberías |
| | SMART ROC D 65 TD 34-2 | Faja de alternador en mal estado | Rodrigo Ascencios | | x | 08:10 a.m. | 09:26 a.m. | Cambio de faja y alineamiento del mismo | Fajas |

| | | | | | | | | | |
|------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|---|---|------------|------------|------------------------------------|----------|
| 15/10/2019 | SMART ROC D 65 TD 35-3 | Mordazas en mal estado | Rodrigo Asencios | | x | 08:05 a.m. | 09:52 a.m. | Cambio de mordazas | Mordazas |
| 22/10/2019 | SMART ROC D 65 TD 36-4 | Sistema de engrase defectuoso | Rodrigo Asencios | | x | 09:16 a.m. | 10:13 a.m. | Limpieza del sistema | - |
| 30/10/2019 | SMART ROC D 65 TD 38-6 | Recalentamiento del compresor | Rodrigo Asencios | | x | 08:32 a.m. | 09:32 a.m. | Pulverizado y lavado del radiador | - |
| 04/11/2019 | SMART ROC D 65 TD 33-1 | Nivel de aceite | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:30 a.m. | Se agregó aceite | Aceite |
| | SMART ROC D 65 TD 34-2 | Engrase del equipo | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:45 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 35-3 | Pernos flojos | Rodrigo Asencios | x | | 08:30 a.m. | 08:52 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 36-4 | grasa de repuesto para hilos | Rodrigo Asencios | x | | 08:45 a.m. | 09:03 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 37-5 | Tablero de control | Rodrigo Asencios | x | | 08:15 a.m. | 08:46 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 38-6 | Fugas | Rodrigo Asencios | x | | 08:04 a.m. | 08:20 a.m. | - | - |
| 13/11/2019 | SMART ROC D 65 TD 34-2 | Alarma de retroceso | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:42 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 36-4 | Engrase del equipo | Rodrigo Asencios | x | | 08:16 a.m. | 08:39 a.m. | Grasa para la maquinaria | Grasa |
| | SMART ROC D 65 TD 37-5 | Cinturón de seguridad | Rodrigo Asencios | x | | 08:02 a.m. | 08:24 a.m. | Revisión del cinturón de seguridad | |
| | SMART ROC D 65 TD 38-6 | grasa de repuesto para hilos | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:15 a.m. | - | |
| 19/11/2019 | SMART ROC D 65 TD 33-1 | Tablero de control | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:16 a.m. | Limpieza del tablero de control | - |
| | SMART ROC D 65 TD 34-2 | Fugas | Rodrigo Asencios | x | | 08:16 a.m. | 08:41 a.m. | | |
| | SMART ROC D 65 TD 35-3 | Nivel de aceite | Rodrigo Asencios | x | | 08:42 a.m. | 09:12 a.m. | - | |
| 27/11/2019 | SMART ROC D 65 TD 34-2 | Engrase del equipo | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:27 a.m. | Grasa para la maquinaria | Grasa |
| | SMART ROC D 65 TD 35-3 | Pernos flojos | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:29 a.m. | Ajuste de pernos | - |
| | SMART ROC D 65 TD 36-4 | Tablero de control | Rodrigo Asencios | x | | 08:02 a.m. | 08:18 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 37-5 | Fugas | Rodrigo Asencios | x | | 08:16 a.m. | 08:47 a.m. | - | - |

| | | | | | | | | | |
|------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---|--|---------------|---------------|---------------------------------------|--------------------------|
| | SMART ROC D 65 TD 38-6 | Engrase del equipo | Rodrigo Asencios | x | | 08:14 a.m. | 08:42 a.m. | - | - |
| 02/12/2019 | SMART ROC D 65 TD 33-1 | Cinturón de seguridad | Rodrigo Asencios | x | | 08:11 a.m. | 08:56 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 35-3 | Nivel de aceite | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:36 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 38-6 | Grasa de repuesto para hilos. | Rodrigo Asencios | x | | 08:16 a.m. | 08:59 a.m. | Cambio de balde de grasa | grasa |
| | SMART ROC D 65 TD 34-2 | Tablero de control | Rodrigo Asencios | x | | 08:10 a.m. | 09:00 a.m. | - | - |
| 09/12/2019 | SMART ROC D 65 TD 36-4 | Pernos flojos | Rodrigo Asencios | x | | 08:13 a.m. | 08:29 a.m. | Ajuste de pernos | - |
| | SMART ROC D 65 TD 37-5 | Engrase del equipo | Rodrigo Asencios | x | | 08:19 a.m. | 08:49 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 34-2 | Cinturón de seguridad | Rodrigo Asencios | x | | 08:50 a.m. | 09:10 a.m. | Cambio de cinturón de seguridad | Cinturón de seguridad |
| 17/12/2019 | SMART ROC D 65 TD 35-3 | Engrase del equipo | Rodrigo Asencios | x | | 08:07 a.m. | 08:23 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 36-4 | Tablero de control | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:16 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 37-5 | Grasa de repuesto para hilos. | Rodrigo Asencios | x | | 08:13 a.m. | 08:41 a.m. | - | - |
| | SMART ROC D 65 TD 33-1 | Nivel de aceite | Rodrigo Asencios | x | | 08:02 a.m. | 08:16 a.m. | Se colocó y se cambió el aceite | Aceite |
| 23/12/2019 | SMART ROC D 65 TD 36-4 | Fugas | Rodrigo Asencios | x | | 08:00 a.m. | 08:22 a.m. | Cambio de tuberías | Tuberías |
| | SMART ROC D 65 TD 37-5 | Pernos flojos | Rodrigo Asencios | x | | 08:12 a.m. | 08:36 a.m. | Ajuste de pernos | - |

Etapas 8: Establecer un programa de mantenimiento autónomo

Tras la implementación del TPM los operarios de las maquinas participaron en actividades diarias que evitaron que las maquinas se malogren rápidamente.

Este mantenimiento autónomo en la empresa incluye:

- Limpieza al iniciar su turno lo cual se cuenta como una inspección.
- Realización de inspecciones claves en busca de fugas de aire, contaminación, falta de lubricación, fuga de aceite hidráulico en alguna parte de la máquina.

- Se realizó lubricación en partes principales del equipo.
- Se realizó ajustes básicos de la máquina.
- Capacitaciones técnicas.
- Reportar las fallas que no pueda darse solución en su momento y se requiera una programación para darle solución.

Etapa 9: Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado

Previa coordinación en el área de mantenimiento se llega a coordinar y establecer el mantenimiento planificado para mejorar la confiabilidad de cada equipo.

El mantenimiento planificado permitió ahorrar tiempos en el manteniendo siendo más efectivo, rápido y eficaz.

Para la elaboración del plan de mantenimiento, es de mucha importancia tener una base de datos donde se detalle la información del estado actual de la máquina, ya que facilita gestionar la información en el programa de mantenimiento, planteándose lo siguiente:

- Plan de mantenimiento Preventivo
- Plan de mantenimiento Correctivo

En estos programas se incluyeron también:

- Planificación de herramientas y equipos, para realizar bien los trabajos se cuenta con herramientas y equipos bien ordenados, en perfectas condiciones, clasificadas según medida, que ofrezcan seguridad, rapidez y calidad.
- Planificación de stock necesario, porque es muy importante tener un stock necesario de repuestos que tienen más demanda en los equipos para solucionar las fallas que ocurren inesperadamente.

Por lo que, el programa de mantenimiento cuenta con un excelente control de sus componentes, para ser utilizados al momento que se requiere, de esa manera la empresa redujo sus costos de mantenimiento.

Tabla 11.

Plan de Mantenimiento

| Plan de Mantenimiento de la Empresa. | | | | |
|---|---------------------|-------------------|----------------|----------------------|
| MÁQUINA: | | | | |
| ACTIVIDAD | LO REALIZÓ: | FRECUENCIA | PERIÓDO | OBSERVACIONES |
| Máquina de Perforación: Revisión mecánica general | Eléctrico | | | |
| | Mecánico | | | |
| | SE VERIFICÓ | FRECUENCIA | CÓDIGO | OBSERVACIONES |
| | N° MOTOR | | | |
| | Fajas | | | |
| | Ejes | | | |
| | Rotulas | | | |
| | Motor | | | |
| Verificación del Sistema de Lubricación | SE APLICÓ A: | FRECUENCIA | PERIÓDO | OBSERVACIONES |
| | Hidráulica | | | |
| | Reductores | | | |
| | Grasa | | | |
| | Mecánica | | | |
| Limpieza General de la máquina | SE REALIZÓ: | FRECUENCIA | PERIÓDO | OBSERVACIONES |
| | Encargado | | | |
| | Operador | | | |
| RESPONSABLE: | | | | |

Eta 10: Formación para elevar las capacidades de operación y mantenimiento

Se capacitó al personal involucrado para mejorar sus habilidades y aprendizajes, con el fin de llevar a cabo un mantenimiento de calidad.

Eta 12: Consolidación del TPM y evaluación de metas.

Este último paso logrado con el TPM es mantener las metas logradas y mejorarla ya que a lo largo de todas las etapas anteriores fueron indispensable para su logro, hay que dar a conocer los buenos resultados al área de mantenimiento y operarios en general de la empresa

a fin de que todos valoren la consecuencia de su trabajo diario a fin de mantener la mejora continua y trabajar para lograr metas más ambiciosas.

Aplicación del TPM en el servicio de mantenimiento y comparación de la productividad antes y después de la aplicación del TPM

- Variable 1: Mantenimiento Productivo Total (Antes)

Indicador: Mantenimiento Autónomo

Tabla 12.

Mantenimiento Autónomo (%) - Antes de aplicar el TPM

| Mes | Semana | Número de equipos inspeccionados | Total de equipos | Mantenimiento Autónomo (%) |
|----------------|----------|----------------------------------|------------------|----------------------------|
| SETIEMBRE 2019 | Semana 1 | 2 | 6 | 33% |
| | Semana 2 | 1 | 6 | 17% |
| | Semana 3 | 1 | 6 | 17% |
| | Semana 4 | 2 | 6 | 33% |
| OCTUBRE 2019 | Semana 5 | 2 | 6 | 33% |
| | Semana 6 | 1 | 6 | 17% |
| | Semana 7 | 1 | 6 | 17% |
| | Semana 8 | 1 | 6 | 17% |
| Total | | | | 23% |

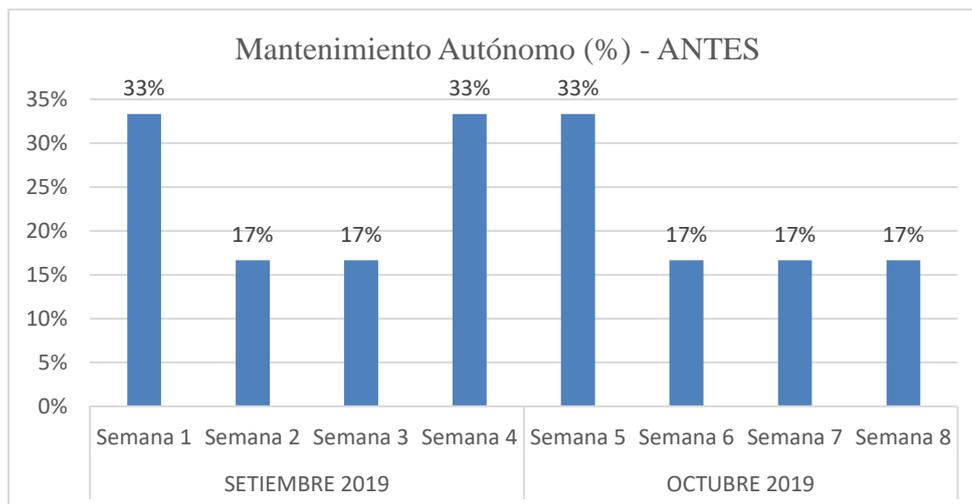


Figura 8. Indicador: Mantenimiento Autónomo - Antes

La tabla 12 y figura 8 muestra los resultados del indicador Mantenimiento Autónomo antes de la aplicación del TPM, en donde se pudo observar en la semana 1, 4 y 5 que el

mantenimiento autónomo fue mayor con un porcentaje de 33%, mientras, que las semanas 2, 3, 6, 7 y 8 fue menor con un porcentaje de 17%, obteniéndose un Mantenimiento Automático promedio de 23%.

Tabla 13.

Mantenimiento Autónomo (%) - Después de aplicar el TPM

| Mes | Semana | Número de equipos inspeccionados | Total de equipos | Mantenimiento Autónomo (%) |
|----------------|----------|----------------------------------|------------------|----------------------------|
| NOVIEMBRE 2019 | Semana 1 | 6 | 6 | 100% |
| | Semana 2 | 4 | 6 | 67% |
| | Semana 3 | 3 | 6 | 50% |
| | Semana 4 | 5 | 6 | 83% |
| DICIEMBRE 2019 | Semana 5 | 3 | 6 | 50% |
| | Semana 6 | 3 | 6 | 50% |
| | Semana 7 | 4 | 6 | 67% |
| | Semana 8 | 3 | 6 | 50% |
| Total | | | | 65% |

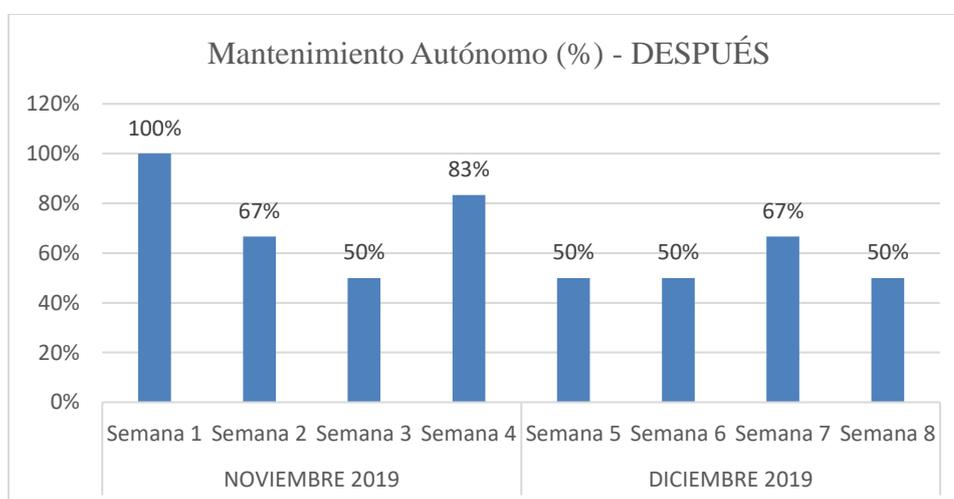


Figura 9. Indicador: Mantenimiento Autónomo - Después

La tabla 13 y figura 9 muestra los resultados del indicador Mantenimiento Autónomo después de la aplicación del TPM, en donde se pudo observar que sólo en la semana 1 hubo un Mantenimiento autónomo al 100%, en la semana 4 fue del 83%, en la semana 2

y 7 fue del 67%; mientras que en la semana 3, 5, 6 y 8 fue del 50%, obteniéndose un Mantenimiento Automático promedio de 65%, el cuál fue mayor después de aplicar el TPM.

Indicador: Mantenimiento Planificado

Tabla 14.

Mantenimiento Planificado (%) - Antes de aplicar el TPM

| Mes | Semana | Número de equipos con mantenimiento preventivo | Total de equipos | Mantenimiento Planificado (%) |
|----------------|----------|--|------------------|-------------------------------|
| SETIEMBRE 2019 | Semana 1 | 2 | 6 | 33% |
| | Semana 2 | 1 | 6 | 17% |
| | Semana 3 | 2 | 6 | 33% |
| | Semana 4 | 2 | 6 | 33% |
| OCTUBRE 2019 | Semana 5 | 2 | 6 | 33% |
| | Semana 6 | 1 | 6 | 17% |
| | Semana 7 | 1 | 6 | 17% |
| | Semana 8 | 1 | 6 | 17% |
| Total | | | | 25% |

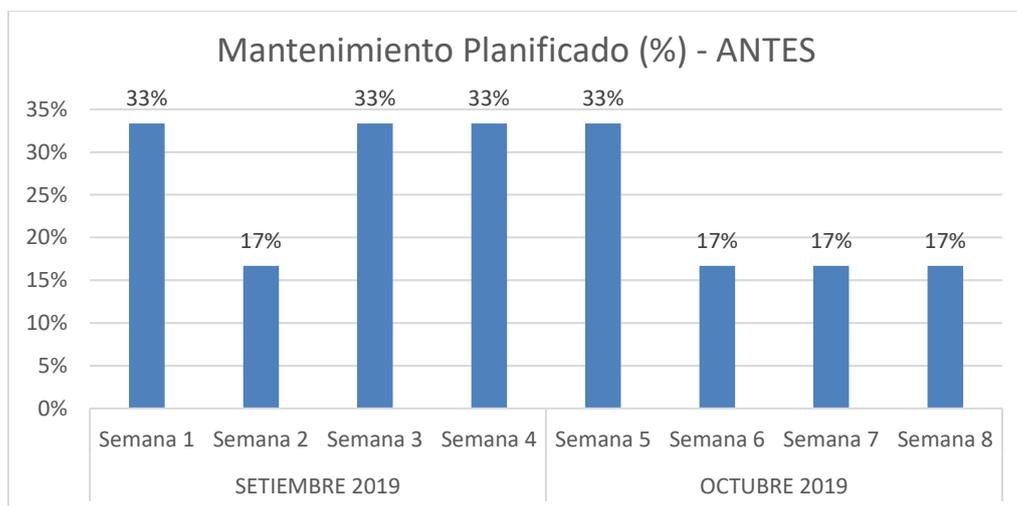


Figura 10. Indicador: Mantenimiento Planificado - Antes

La tabla 14 y figura 10 muestra los resultados del indicador Mantenimiento Planificado antes de la aplicación del TPM, en donde se pudo observar que en la semana 1, 3, 4 y 5

el mantenimiento planificado fue mayor con un porcentaje de 33%, mientras, que las semanas 2, 6, 7 y 8 el mantenimiento planificado es menor con un porcentaje de 17%, obteniéndose un promedio en el Mantenimiento Planificado de 25%.

Tabla 15.

Mantenimiento Planificado (%) – después de aplicar el TPM

| Mes | Semana | Número de equipos con mantenimiento preventivo | Total de equipos | Mantenimiento Planificado (%) |
|----------------|----------|--|------------------|-------------------------------|
| NOVIEMBRE 2019 | Semana 1 | 6 | 6 | 100% |
| | Semana 2 | 4 | 6 | 67% |
| | Semana 3 | 3 | 6 | 50% |
| | Semana 4 | 4 | 6 | 67% |
| DICIEMBRE 2019 | Semana 5 | 3 | 6 | 50% |
| | Semana 6 | 3 | 6 | 50% |
| | Semana 7 | 4 | 6 | 67% |
| | Semana 8 | 3 | 6 | 50% |
| Total | | | | 63% |

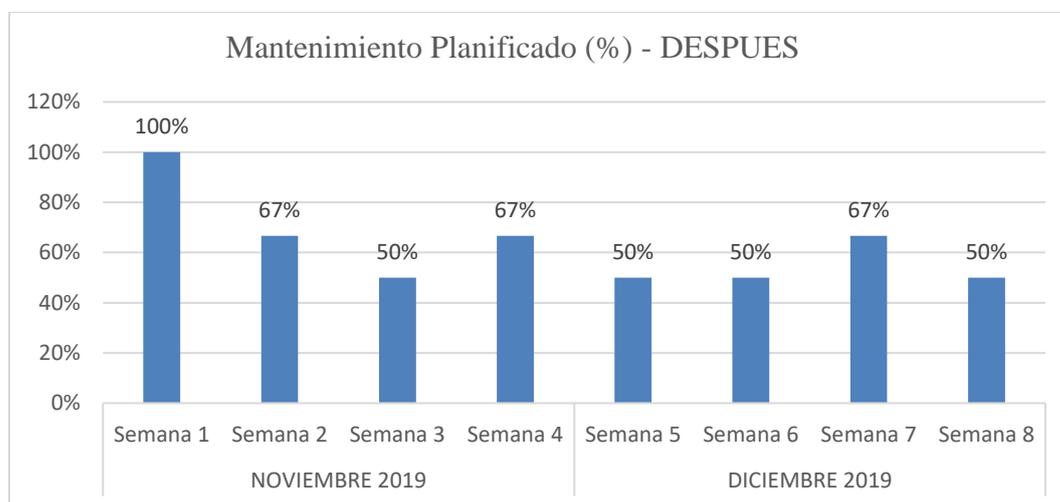


Figura 11. Indicador: Mantenimiento Planificado – Después

La tabla 15 y figura 11 muestra los resultados del indicador Mantenimiento Planificado después de la aplicación del TPM, en donde se pudo observar que sólo en la semana 1

hubo un Mantenimiento planificado al 100%, en la semana 2, 4 y 7 fue del 67%, mientras que, en la semana 3, 5, 6 y 8 fue del 50%, obteniéndose un promedio en el Mantenimiento Planificado de 63%, el cuál fue mayor después de aplicar el TPM.

- **Variable 2: Productividad (Antes)**

Indicador: Eficiencia

Tabla 16.

Eficiencia (%) - Antes de aplicar el TPM

| Mes | Semana | Tiempo (horas) de operación | Total de tiempo programado | Eficiencia (%) |
|----------------|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------|
| SETIEMBRE 2019 | Semana 1 | 713 | 840 | 85% |
| | Semana 2 | 704 | 840 | 84% |
| | Semana 3 | 617 | 840 | 73% |
| | Semana 4 | 710 | 840 | 85% |
| OCTUBRE 2019 | Semana 5 | 640 | 840 | 76% |
| | Semana 6 | 716 | 840 | 85% |
| | Semana 7 | 625 | 840 | 74% |
| | Semana 8 | 716 | 840 | 85% |
| Total | | | | 81% |

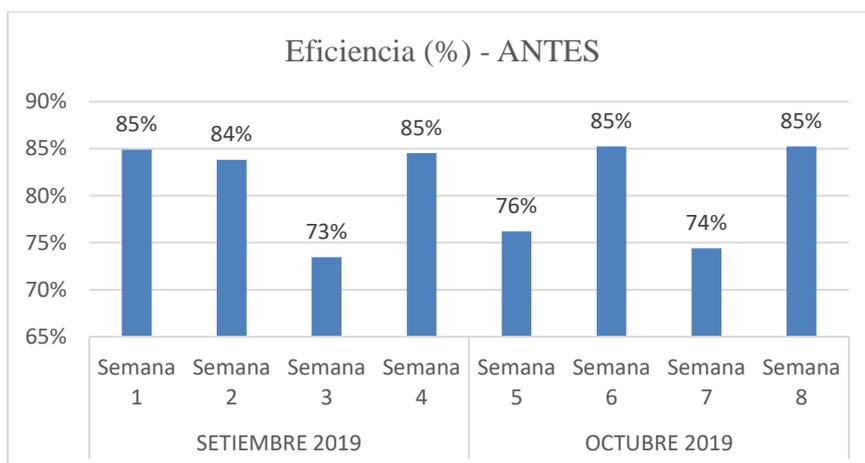


Figura 12. Indicador: Eficiencia – Antes

La tabla 16 y figura 12 muestra los resultados del indicador Eficiencia antes de la aplicación del TPM, en donde se pudo observar que en la semana 1, 4, 6 y 8 la eficiencia

fue del 85%, en la semana 2 fue del 84%, en la semana 5 fue de 76%, en la 7 fue de 74% y la eficiencia de la semana 3 fue de 73%, obteniéndose un promedio en la Eficiencia de 81%.

Tabla 17.

Eficiencia (%) - Después de aplicar el TPM

| Mes | Semana | Tiempo (horas) de operación | Total de tiempo programado | Eficiencia (%) |
|----------------|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------|
| NOVIEMBRE 2019 | Semana 1 | 789 | 840 | 94% |
| | Semana 2 | 794 | 840 | 95% |
| | Semana 3 | 682 | 840 | 81% |
| | Semana 4 | 793 | 840 | 94% |
| DICIEMBRE 2019 | Semana 5 | 746 | 840 | 89% |
| | Semana 6 | 805 | 840 | 96% |
| | Semana 7 | 703 | 840 | 84% |
| | Semana 8 | 794 | 840 | 95% |
| Total | | | | 91% |

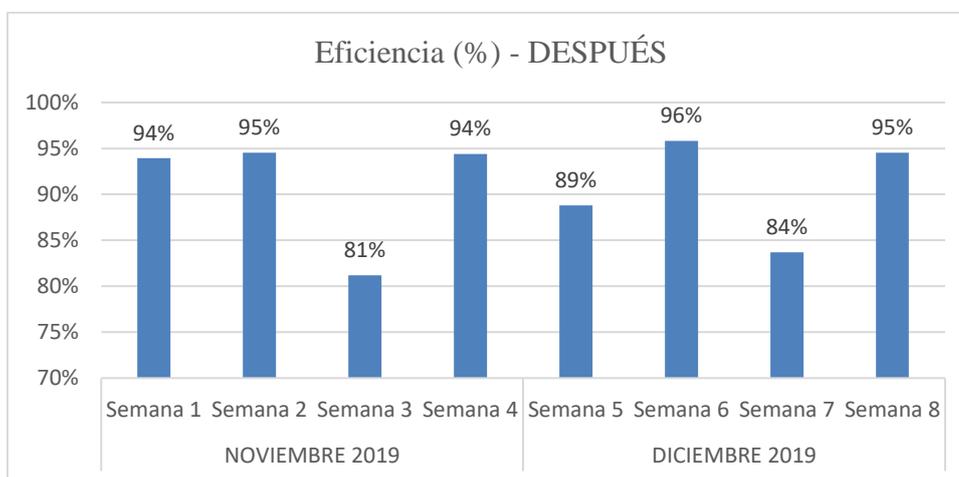


Figura 13. Indicador: Eficiencia – Después

La tabla 17 y figura 13 muestra los resultados del indicador Eficiencia después de la aplicación del TPM, en donde se pudo observar que en la semana 5 la eficiencia fue de 96%, en la semana 2 y 8 fue del 95%, en la semana 1 fue de 94%, en la semana 5 fue de

89%, en la semana 4 la eficiencia fue de 84%; mientras que, en la semana 3 fue de 81%, obteniéndose un promedio en la Eficiencia de 91%, el cuál fue mayor después de aplicar el TPM.

Indicador: Eficacia

Tabla 18.

Eficacia (%) - Antes de usar el TPM

| Mes | Semana | Total de equipos operativos | Total de equipos | Eficacia (%) |
|----------------|----------|-----------------------------|------------------|--------------|
| SETIEMBRE 2019 | Semana 1 | 2 | 6 | 33% |
| | Semana 2 | 2 | 6 | 33% |
| | Semana 3 | 3 | 6 | 50% |
| | Semana 4 | 3 | 6 | 50% |
| OCTUBRE 2019 | Semana 5 | 4 | 6 | 67% |
| | Semana 6 | 2 | 6 | 33% |
| | Semana 7 | 4 | 6 | 67% |
| | Semana 8 | 3 | 6 | 50% |
| Total | | | | 48% |

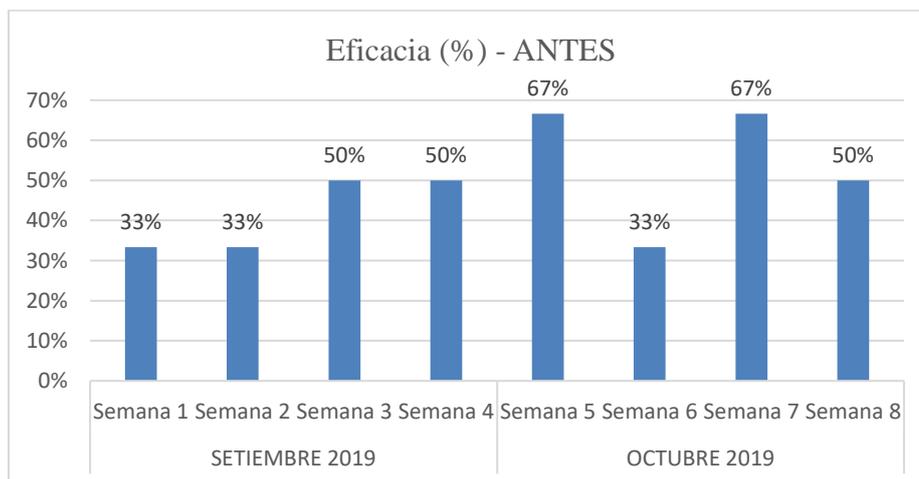


Figura 14. Indicador: Eficacia - Antes

La tabla 18 y figura 14 muestra los resultados del indicador Eficacia antes de la aplicación del TPM, en donde se pudo observar que en la semana 5 y 7 la eficacia fue de 67%, en la

semana 3, 4 y 8 fue del 50%; mientras que, en la semana 1, 2 y 3 la eficacia fue del 50%, obteniéndose un promedio de Eficacia del 48%.

Tabla 19.

Eficacia (%) – Después de aplicar el TPM

| Mes | Semana | Total de equipos operativos | Total de equipos | Eficacia (%) |
|-------------------|----------|-----------------------------|------------------|--------------|
| NOVIEMBRE 2019 | Semana 1 | 5 | 6 | 83% |
| | Semana 2 | 3 | 6 | 50% |
| | Semana 3 | 5 | 6 | 83% |
| | Semana 4 | 5 | 6 | 83% |
| DICIEMBRE 2019 | Semana 5 | 5 | 6 | 83% |
| | Semana 6 | 5 | 6 | 83% |
| | Semana 7 | 6 | 6 | 100% |
| | Semana 8 | 5 | 6 | 83% |
| Total | | | | 81% |

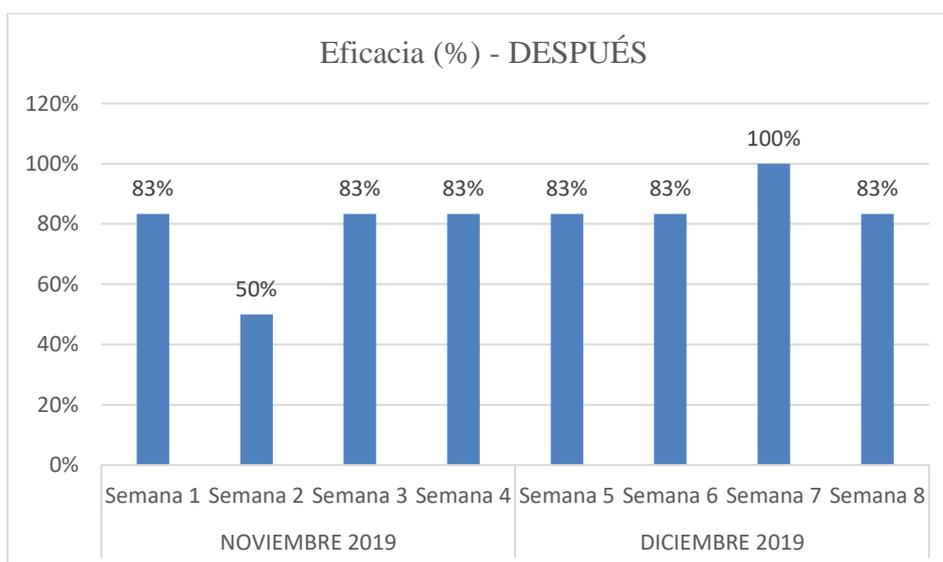


Figura 15. Indicador: Eficacia - Despues

La tabla 19 y figura 15 muestra los resultados del indicador Eficacia después de la aplicación del TPM, en donde se pudo observar que sólo en la semana 7 la eficacia fue de 100%, en la semana 1, 3, 4, 5, 6 y 8 fue del 83%; mientras que, en la semana 2 la

eficacia fue del 50%, obteniéndose un promedio de Eficacia del 81%. el cuál fue mayor después de aplicar el TPM.

Comparación de resultados de la variable Mantenimiento Productivo Total del Antes y Después

Tabla 20.

Comparación de resultados de la variable Mantenimiento Productivo Total

| INDICADORES | ANTES | DESPUÉS | VARIACIÓN (%) |
|----------------------------------|-------|---------|----------------|
| Mantenimiento Autónomo | 23% | 65% | 182.61% |
| Mantenimiento Planificado | 25% | 63% | 152.00% |

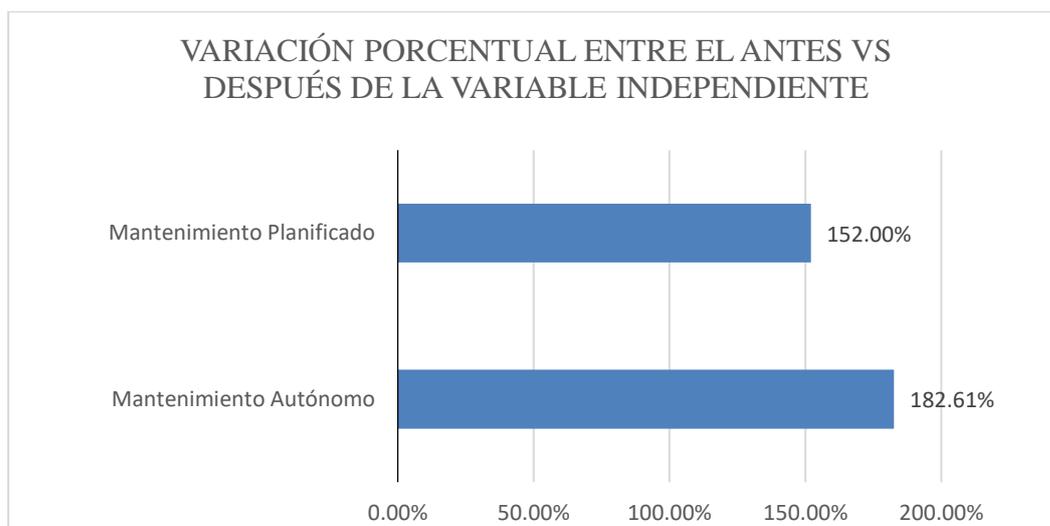


Figura 16. Variación porcentual de la variable Mantenimiento productivo total

La tabla 20 y figura 16 muestra la variación porcentual de los diferentes indicadores planteados en la Operacionalización de la variable TPM, en donde todos los resultados tienen una significancia importante y positiva en beneficio de la empresa de Maquinaria Pesada.

Comparación de resultados de la variable Productividad del Antes y Después

Tabla 21.

Comparación de resultados de la variable Productividad

| INDICADORES | PRE TEST | POST TEST | VARIACIÓN (%) |
|-------------------|----------|-----------|---------------|
| Eficiencia | 81% | 91% | 12.34% |
| Eficacia | 48% | 81% | 68.75% |

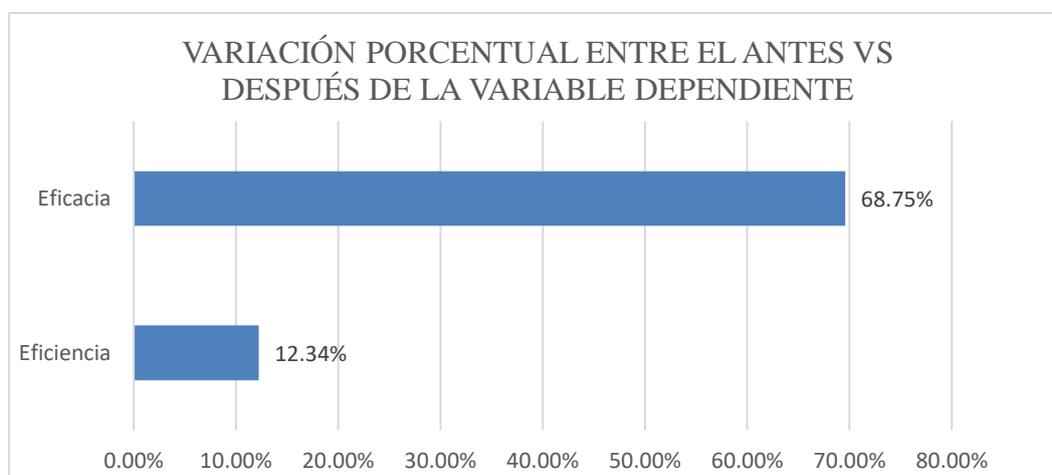


Figura 17. Variación porcentual de la variable productividad

La tabla 21 y figura 17 muestra la variación porcentual de los diferentes indicadores planteados en la Operacionalización de la variable Productividad, en donde todos los resultados tienen una significancia importante y positiva en beneficio de la empresa de Maquinaria Pesada.

Validación de la Hipótesis

La evaluación de la normalidad se hizo a través de la Prueba de Shapiro-Wilk de los indicadores sobre Mantenimiento Productivo Total y Productividad.

Tabla 22.

Evaluación de los datos para distribuciones – Prueba de Shapiro - Wilk

| Hipótesis | | | | |
|--|---------|--------------|-------|------------------------|
| H₁: Las variables provienen de una distribución normal. | | | | |
| H₀: Las variables no provienen de una distribución normal. | | | | |
| Variables | Etapas | Shapiro-Wilk | | Decisión |
| | | Estadístico | Sig. | |
| X1: Mantenimiento Productivo Total | Antes | 0.892 | 0.060 | Aceptar H ₁ |
| | Después | 0.899 | 0.078 | Aceptar H ₁ |
| Y2: Productividad | Antes | 0.910 | 0.117 | Aceptar H ₁ |
| | Después | 0.882 | 0.052 | Aceptar H ₁ |

Fuente: Análisis estadístico

En la Tabla 22, se presenta la prueba de normalidad para las variables TPM y Productividad. Este primer análisis se realizó con el objetivo de aplicar pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas, para contrastar la hipótesis de investigación se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk porque la muestra es pequeña ($n=6$). Según esta prueba se decide aceptar H₁ ($p>0.05$), por lo que se concluye que los datos de las diferentes variables en ambas etapas se ajustan a una distribución normal, ajustándose al uso de pruebas paramétricas.

La prueba paramétrica utilizada para evaluar la influencia del TPM en la productividad fue la Prueba T de Student pareada.

Tabla 23.

Validación de los indicadores de la Variable

| Hipótesis | | | | |
|---|----------|-------------|------------------------|--|
| H₀: No existen diferencias significativas antes y después del mantenimiento productivo total y productividad. | | | | |
| (H₀: $\mu_1 = \mu_2$) | | | | |
| H₁: Existen diferencias significativas antes y después del mantenimiento productivo total y productividad. | | | | |
| (H₀: $\mu_1 < \mu_2$) | | | | |
| Variables | T | Sig. | Decisión | |
| X1: Mantenimiento productivo total (Antes- Después) | -2.252 | 0.040 | Aceptar H ₁ | |
| Y1: Productividad (Antes – Después) | 4.101 | 0.001 | Aceptar H ₁ | |

Fuente: Análisis estadístico

En la tabla 23, se presenta la prueba T de Student Pareada para las variables respecto al TPM y Productividad. Este análisis se realizó con el objetivo de evaluar la influencia del TPM en la productividad de la empresa de Maquinaria Pesada. Se aplicó la prueba T de Student Pareada porque el diseño de investigación es de un solo grupo con una prueba antes y después; por lo tanto, según los resultados de las pruebas se decide aceptar H₁ ($p < 0.05$) por lo que se concluye que el Mantenimiento Productivo Total influye en la productividad de la empresa de Maquinaria Pesada.

Evaluar la viabilidad económica de la aplicación del TPM

Tabla 24.

Flujo económico de implementación de TPM

| INVERSION | -s/ 52,100.00 | Año 0 | Año 1 | Año 2 |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| INGRESOS | | | | |
| Costos de implementación | | s/ 164.602.64 | s/ 47,428.00 | s/ 47,428.00 |
| EGRESOS | | | | |
| Costos implementación | | -s/ 13.040,00 | -s/ 13.040,00 | -s/ 13.040,00 |
| TOTAL | -s/ 52,100.00 | s/ 151.562.64 | s/ 34,388.00 | s/ 34,388.00 |

Para determinar el k (tasa de descuento seleccionada), se calculó el WACC, teniéndose en cuenta el valor de la deuda (préstamo realizado) y el valor del patrimonio de la empresa, los cuales fueron transformados a porcentajes, además se tomó en cuenta la tasa de interés de oportunidad, tasa de interés de préstamo y los impuestos del mercado establecidos por SUNAT, para obtener los costos de fondos propios, los cuales son:

- Valor de la deuda: s/ 35,000.00.
- Valores de los recursos propios: s/ 571,560.00, equivalente a 94%
- Tasa de interés de oportunidad: s/ 11.51%
- Tasa de interés de préstamo: 28.77%
- Impuestos de mercado: 30%

Todos estos valores se sustituyeron en la fórmula del WACC:

Donde:

Ke: Coste de los fondos propios

E: Fondos propios

D: Endeudamiento

Kd: Coste financiero

T: Tasa impositiva

Entonces:

$$WACC = 11.51\% \times 94\% + 28.77\% \times (1 - 30\%) \times 6\%$$

$$WACC = 12\%$$

Con los valores obtenidos, se obtuvo que K es igual al 12%, lo cual permitió hallar el VAN.

Donde:

A (desembolso inicial): -s/ 52,100.00

k (tasa de descuento seleccionado): 12%

Q₁ (Flujo de caja): S/ 151,562.64

Q₂ (Flujo de caja): S/ 34,388.00

Q₃ (Flujo de caja): S/ 34,388.0

Entonces:

$$VAN = -s/52,100.00 + \frac{s/151,562.64}{(1 + 0.12)^1} + \frac{s/34,388.00}{(1 + 0.12)^2} + \frac{s/34,388.00}{(1 + 0.12)^3}$$

$$VAN = s/135,114.39$$

Analizando el flujo económico presentado, se puede observar que la propuesta de aplicar el TPM es una opción viable, ya que evaluándola arroja un VAN de S/ 135,114.39, lo cual demuestra que la empresa se beneficiará si utiliza este propuesto.

Tabla 25.

Flujo económico sin implementación de la propuesta de aplicar el TPM

| | Inversión | Año 2016 | Año 2017 | Año 2018 |
|----------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|
| Costos sin implementación | | -S/ 50,150.92 | -S/ 39,872.34 | -S/ 21,114.65 |
| TOTAL | s/ 0.00 | -S/ 50,150.92 | -S/ 39,872.34 | -S/ 21,114.65 |

Donde:

A (desembolso inicial): s/ 0.00

k (tasa de descuento seleccionad): 12%

Q₁ (Flujo de caja): -S/ 50,150.92

Q₂ (Flujo de caja): S/ 39,872.34

Q₃ (Flujo de caja): S/ 21,114.65

Entonces:

$$VAN = -0 + \frac{s/50,150.92}{(1 + 0.12)^1} - \frac{s/39,872.34}{(1 + 0.12)^2} - \frac{s/21,114.65}{(1 + 0.12)^3}$$

$$VAN = -s/91,591.78$$

Como se puede observar, si se mantiene la situación actual, la empresa mantendrá las pérdidas generadas por los fallos de los equipos, lo cual durante los años pasados generó una pérdida de S/ 91,591.78, que comparado con los S/ 135,114.39 que se ahorraría con la aplicación del TPM se lleva a la conclusión que se debe implementar la misma.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Al aplicar el Mantenimiento productivo total (TPM) se confirma la hipótesis de investigación, la cual sostiene que influye significativamente en la productividad de la empresa. Es decir, que los resultados obtenidos a través de la t de Student, decide aceptar H_1 ($p < 0.05$) para las 2 variables evaluadas (X1 y Y1) donde la significancia asintótica (bilateral), para las medianas es de $p = 0.040 < 0.05$ para la variable Mantenimiento productivo total (X1) y un $p = 0.001 < 0.05$ para la variable productividad (Y1). (Tabla 21)

De acuerdo al estudio realizado por Suárez et al. (2015), evaluar estas variables es muy importante, porque uno de los mayores problemas que tienen estas empresas son las fallas de las maquinarias que no permitieron tener el equipo en condiciones ideales para su trabajo, por lo que cuando se implementan las acciones de TPM, se alcanza a percibir una mejora notable, en el número de fallas de 30 a 20, una frecuencia de fallas que disminuye de 0.020 a 0.010, obteniendo un rendimiento promedio de 60% a 90%, trayendo como consecuencia una mayor confiabilidad y disponibilidad en los equipos y un incremento en la vida útil, además también es un problema las horas que paran las maquinarias en mantenimiento, reparación y en stand by, ocupando sólo el 50% del tiempo operando las máquinas, pero al implementar el TPM este tiempo aumento 35%. Cotrina (Perú, 2018) nos demuestra que, los principales problemas son la falta de mantenimiento preventivo, inexistencia de procedimientos estandarizados para el mantenimiento, falta de mantenimiento productivo total, no hay repuestos por los equipos críticos, no hay vinculación con indicadores de producción y no existe una gestión por indicadores. Guevara y Silvera

(2019) afirman que otro de los problemas es que los equipos fallan constantemente por fuga de solución por carcasa de bomba a causa del desgaste acelerado de los componentes internos, por lo que al aplicar la metodología TPM se incrementó la disponibilidad de 82% a 91%, el rendimiento de 47% a 100%, la calidad de 81% a 96% y finalmente el OEE incrementó de 31% a 87%, encontrándose en estado bueno. Sandoval (2018) encontró que el TPM aumenta la eficiencia de 53% a 78%, la eficacia aumenta de 66% a 93%, por lo tanto, la productividad aumenta después de aplicarse el TPM DE 38% a 72% y que además la productividad, eficacia y eficiencia presentan significancia entre el antes y después ($p < 0.05$), asegurando que la aplicación del TPM incrementará la productividad, eficacia y eficiencia en la empresa DIPO BIENES Y SERVICIOS E.I.R.L. Así mismo Pérez (2017), también encontró que hay un aumento del Mantenimiento Planificado de 77% a 93%, del Mantenimiento Predictivo de 74% a 92%, de la productividad de 59% a 79%, de la eficiencia e 80% a 91%, y la eficacia de 74% a 86% y que por ende la aplicación del TPM mejora la productividad ($t = -18.008$), eficiencia ($t = -9.399$), eficacia ($t = -10.173$) con un nivel significancia de 0.000 en la empresa Tritón Trading S.A. Villa el Salvador 2016. Estudios que avalan nuestros resultados demostrando que la correcta aplicación del TPM puede mejorar el mantenimiento autónomo en un 42% y el mantenimiento planificado en un 38%, reflejándose en aumento de la eficiencia en un 10% y eficacia en un 33% en la productividad.

También Cotrina (Perú, 2018) obtuvo que la implementación del TPM generó un ahorro anual en salarios de S/ 24,800, todas estas propuestas generaron ingresos por un total de S/ 984 259.00 y cuando se hizo la evaluación económica financiera se obtuvo un VAN de S/ 23,702.00, un TIR de 43.5%, B/C de 1.20 y un ROI de s/

1764.75; resultados viables, que confirman que la aplicación del TPM es importante para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de la empresa. Guevara y Silvera (2019), en su investigación también obtuvieron luego de la implementación el VAN viable de 2,733.278. Por lo que, al realizar el flujo económico se pudo observar que la propuesta de aplicar el TPM es una opción viable, ya que evaluándola arroja un VAN de S/ 135,114.39, lo cual demuestra que la empresa de Maquinaria Pesada se beneficiará y recuperará su inversión.

Sin embargo, una de las limitaciones para la implementación del TPM es el compromiso del personal en la implementación, así como la disponibilidad de su tiempo para que las actividades que se programen no se retrasen; además, en la obtención del estado financiero se detectó que la limitación sería que debido a la confidencialidad y disponibilidad de la información habría una demora en la obtención y análisis de la información, y por último una de las limitaciones serían los recursos que puedan designar para realizar los mantenimientos.

Por otro lado, las implicancias de la implementación del TPM se tendría información documentada de las maquinarias, teniéndose así un mejor control de los equipos en cuanto a su funcionamiento lo que conllevaría a disminuir los tiempos de para de los equipos, aumentaría su eficiencia y eficacia y por ende su productividad, ayudando a optimizar la programación de mantenimientos preventivos; además, implica que el personal esté comprometido y en constante capacitación para estar calificada para desarrollar las actividades correspondientes.

4.2 Conclusiones

- La aplicación del mantenimiento productivo total influye significativamente en una empresa de maquinaria pesada, obteniéndose un valor de $p=0.040 < 0.05$ para el Mantenimiento productivo total y un $p=0.001 < 0.05$ para la productividad, lo cual demuestra que hay un cambio significativo entre la evaluación anterior y posterior. Se encontró que la productividad de la empresa, en cuanto a su eficiencia después de aplicar el TPM aumentó en un 12% y la eficacia aumentó en 68%.
- Se realizó un diagnóstico de la situación actual del área de mantenimiento de la empresa haciendo uso de las herramientas de Ishikawa, Pareto y las técnicas e instrumentos de recolección de datos, de acuerdo con el diagrama de Pareto de identificó el 80% de la baja productividad de la empresa en estudio depende de seis causas raíces que son: Falta de aplicación del TPM en el proceso, Mantenimiento preventivo insuficiente, Fallas mecánicas, Falta de un Cronograma de capacitación en mantenimiento, No cuenta con un registro de mantenimiento y Personal poco capacitado.
- Se logró diseñar la aplicación del mantenimiento productivo total en el servicio de mantenimiento de una empresa de maquinaria pesada. El diseño propuesto está constituido de cuatro fases; la primera es la preparación que consta de cinco etapas Decisión de aplicar el TPM, Capacitación e información sobre el TPM, Objetivos y políticas y Plan maestro de desarrollo del TPM. La segunda fase introducción conformado por cuatro etapas Arranque formal, Mejorar la efectividad del equipo, desarrollar un programa de mantenimiento autónomo, y programa de mantenimiento programado. la implementación es la tercera fase y sus dos etapas son formación para elevar capacidades de mantenimiento y establecimiento de seguridad e higiene en el

trabajo. Por último, la fase de consolidación con la única etapa de consolidación del TPM y evaluación de metas.

- En la evaluación financiera se tiene un beneficio de S/ 135,114.39 (VAN), ahorrándose con la implementación del mantenimiento productivo total S/ 91, 591.78 por fallos en las máquinas; por lo que la investigación es viable.

REFERENCIAS

- Apaza, R. (2015). *“El modelo de Mantenimiento Productivo Total TPM y su influencia en la productividad de la Empresa Minera Chama Perú E.I.R.L. Ananea – 2015”* (Tesis de Titulación). Universidad Andina, Juliaca. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/438/TESIS.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Botero, C. (1991). *“Mantenimiento preventivo”*. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1550/1/mantenimiento_preventivo_5.pdf
- Brenes, K. (2016). *“Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) enfocado en las técnicas de Mantenimiento Autónomo, Control Visual y Metodología Cinco Eses (5S) en la planta productiva de Grupo Espartaco”* (Tesis de Licenciamiento). Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/61001817>
- Calva, R. (2012). *“Pilares del Mantenimiento Productivo Total”*. Disponible en: <http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1153/1/TPM+Mantenimiento+Productivo+Total.pdf>
- Cotrina, C. (2018). *“Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de producción para reducir costos operativos de Compañía Minera Condestable S.A.”* (Tesis de titulación). Universidad Privada del Norte, Perú.
- Dasi, A., Dolz, C., Ferrer, C. & Iborre, M. (2014). *“Fundamentos de dirección de empresas, conceptos y habilidades directivas. (2° ed.)*. España: Ediciones Paraningo S.A”

Epiroc S.A. (2019). *“Informe interno anual de la situación actual de la Empresa S.A. en el periodo 2019”*, realizado en Enero del 2020.

Escalante, N. (2015). *“Programa de Capacitación constante y la Productividad en las ventas del Área de Consultas Generales del Centro de Contacto del BCP 2015.*

Espinosa, M. (2019), *“Mejoramiento de la producción y operaciones de mantenimiento de equipo pesado, mediante un modelo de mantenimiento productivo total (TPM), para la empresa Hormiconcretos CÍA. LTDA”* (Tesis de Titulación). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14906>

Esquer, F. (2008). *“Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total para el área de texturizado en una empresa productora de yeso”*. Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/56474455/PROPUES_TP_M.pdf

Fernández, O. (2018). *“Implementación del Mantenimiento Productivo Total para optimizar la Productividad en una empresa fabricante de transformadores, Lima 2017”*. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/23259/Fernandez_POE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernández, F. (2004). *“Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. FC editorial”*.

García, J. (2012). *“Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia,”* 0(60), 129-140. Disponible en:

<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/ingenieria/article/view/13665/12150>

García, S. (2019). “*Indicadores en mantenimiento*”. Recuperado (12 noviembre 2019)

Disponible en: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>

García, P., Quispe, A., & Ráez, G. (2011). “*Serie de normas NTP ISO 9000: 2001*”.

Disponible en: http://200.62.146.145/bitstream/handle/123456789/1980/industrial_data07v4n2_2001.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GestionOrg (2018). “*Principios del método de las 5S y cómo aplicarlo en cualquier empresa*”. Artículo especializado Disponible en

<https://www.gestion.org/principios-del-metodo-de-las-5s/>

Guevara, C. y Silvera, C. (2019). “*Implementación de la metodología TPM y su influencia en la eficiencia operacional de los equipos del proceso de tratamiento de arenas de molienda en una empresa minera*”. Universidad Privada del Norte, Perú

Gonzales, F (2014). “*Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión*”. 2ª. ed. Colombia: Ediciones de la u, 2014. ISBN: 978-958-762-180-8.2014

Lefcovich, M. (2009). “*TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial*”. El Cid Editor

Martínez, H. (2014). “*Diagnosticar la situación actual de las maquinas del área Pouch Pack de la Empresa Empesec S.A y propuesta de implementación del Mantenimiento*

Productivo Total (TPM)”. Disponible en:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4546/1/3462.MARTINEZ%20GUERRERO%20HUGO%20ROLANDO.pdf>

Mejía, C. (1998). “*Indicadores de efectividad y eficacia. Obtenido de Centro de Estudios en Planificación, Políticas Públicas e Investigación Ambiental*”: <http://www.ceppia.com.Co/Herramientas/indicadores/indicadores-efectividad-eficacia.pdf>.

Molina, J. (2006). “*Mantenimiento y seguridad industrial*”. IMU: Ingeniería municipal, 214, 20-23.

Montoya, I. & Parra, C. (2010). “*Implementación del Total Productive Management (TPM) como tecnología de gestión para el desarrollo de los procesos de MAQUIAVICOLA LTDA*” (Tesis de Titulación). Universidad del Rosario, Colombia,

Moreno, L., & Iván, X. (2010). “*Diseño de un sistema de mantenimiento autónomo para la planta ensambladora de vehículos General Motors Omnibus BB*” (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2010). Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1298/1/CD-2662.pdf>

Nakajima, S. (1989). “*Introducción al TPM; Mantenimiento Productivo*”, primera edición. Editorial Productivity Press. Estados Unidos

Olarte, W., Botero, M., & Cañón, B. (2010). “*Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. Scientia et technica*”, 2(45), 223-226. Disponible en: <file:///C:/Users/oloya/Downloads/Dialnet-TecnicasDeMantenimientoPredictivoUtilizadasEnLaInd-4546591.pdf>

Paz, C. & Gonzales, D. (2013).” *Productividad y competitividad. Alfa & Omega*”, 1.

Disponible en

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55993832/02_productividad_competitividad.pdf

Pérez, A. (2002). *¿Qué son los indicadores?*. Revista de información y análisis, 19, 52-

58. Disponible en:

https://www.orion2020.org/archivo/sistema_mec/10_indicadores2.pdf

Pérez, R. (2017). “*Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de la Empresa Tritón Trading S.A, Villa El Salvador 2017*” (Tesis de titulación). Unirversidad César Vallejo, Perú.

Portella, L. (2017). “*Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la productividad en la sección de envoltura metálica UM-3 de la empresa Panasonic Peruanas S.A. Lima 2017.*”

Prado, M. (2017). “*Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), para mejorar la productividad, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla*”,

2016. Disponible en:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/17108/Prado_PM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Prokopenko, J. (1989). “*La gestión de la productividad. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo*”.

Disponible en:

<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41340064/Libro->

[Productividad-Prokopenko.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLibro_Productividad_Prokopenko.pdf](#)

Rodríguez, F., & Gómez Bravo, L. (1991). “*Indicadores de calidad y productividad de la empresa*”. Disponible en:

<http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/863/Indicadores%20de%20calidad%20y%20productividad%20en%20la%20empresa.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

Romero Pérez, A. (2016). “*Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad en el proceso de cereales extruidos de la empresa molino El Triunfo S.A, Callao-2016*”. Disponible en:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3477/Romero_PA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sacristán, F. R. (2002). “*Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*”. Disponible en:

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=t05vRBKtkQcC&oi=fnd&pg=PA4&dq=beneficios+del+TPM&ots=k_cIuyeFtZ&sig=GTgV5VX8RnjM9nSPR_uEc2N8INU#v=onepage&q=beneficios%20del%20TPM&f=false

Salazar Lopez, B. (2016). “*Eficiencia Global de los Equipos (OEE)*”. Recuperado de *Herramientas Ingeniería Industrial*. Disponible en

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/mantenimiento/eficiencia-general-de-los-equipos-oe/>

Sandoval, F. (2018). “*Aplicación del mantenimiento productivo total en las excavadoras para incrementar la productividad de la Empresa Dipo Bienes y Servicios E.I.R.L., Callao, 2018*”. Universidad César Vallejo, Perú.

Shinno, G (2019) “*Perspectivas de la minería al 2019*”. Instituto de Ingeniería de Minas del Perú

Suarez, M., Zamora, M., Martinez, L. (2015). “*Mejora en la eficiencia mediante la técnica TPM en una empresa del ramo minero*”. Revista de Tecnología e Innovación, .2 (22), 261-268.

Uriarte,J (2019).“*Productividad*”. Para: Caracteristicas.co. Última edición: 14 de agosto de 2019. Disponible en: <https://www.caracteristicas.co/productividad/>. Consultado: 11 de noviembre de 2019.

Villota, C. (2014). “*Implementación de técnica de Mejoramiento: TPM para aumentar la productividad del proceso de mantenimiento automotriz, en busca del punto de equilibrio entre la oferta y la demanda empresa Toyocosta S.A.*” (Tesis de Titulación). Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5691/1/UNIVERSIDAD%20DE%20GUAYAQUIL.%20%283%29.pdf>

ANEXOS

ANEXO N° 1: ENCUESTA AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA

CARGO:

INSTRUCCIONES:

Señale con una “X” la alternativa que crea conveniente, tomando como base la siguiente escala de valores:

Nunca= 1

A veces= 2

Siempre= 3

| Preguntas | Nunca (1) | A veces (2) | Siempre (3) |
|---|--------------|----------------|----------------|
| 1. Falta de un Cronograma de capacitación en mantenimiento. | | | |
| 2. Personal poco capacitado. | | | |
| 3. Falta de manejo de stock de repuestos. | | | |
| 4. Falta de equipos y herramientas. | | | |
| 5. Falta de aplicación del TPM en el proceso. | | | |
| 6. No cuenta con un registro de mantenimiento. | | | |
| 7. No realiza inspecciones de prueba. | | | |
| 8. Mantenimiento preventivo insuficiente. | | | |
| 9. Fallas mecánicas. | | | |

¡Gracias!

**ANEXO N° 2: CONFIABILIDAD DE LA ENCUESTA REALIZADA AL
PERSONAL DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA**

| N° | P-1 | P-2 | P-3 | P-4 | P-5 | P-6 | P-7 | P-8 | P-9 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |

| Alfa de Cronbach | N° de elementos |
|------------------|-----------------|
| 0.851 | 9 |

ANEXO N° 3: MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

| Área | Causas | Mano de Obra | | Materiales | | Medio ambiente | Medición | | Máquinas | |
|--------------------|---------------------------|---|------------------------------|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------------|---|----------------------|
| | | C1: Falta de un Cronograma de capacitación en mantenimiento | C2: Personal poco capacitado | C3: Falta de manejo de stock de repuestos | C4: Falta de equipos y herramientas | C5: Falta de aplicación del TPM en el proceso | C6: No cuenta con un registro de mantenimiento | C7: No realiza inspecciones de prueba | C8: Mantenimiento preventivo insuficiente | C9: Fallas mecánicas |
| Mantenimiento | Resultados de la encuesta | | | | | | | | | |
| | Encargado | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| | Operario 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| | Operario 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| | Operario 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| | Operario 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Calificación total | | 10 | 9 | 9 | 7 | 13 | 10 | 6 | 12 | 11 |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 4: FICHA DE REPORTE DE FALLO

1. Información General

| | |
|-----------------------|--|
| Fecha de Evaluación: | 30 05 2019 AL 04 06 2019 |
| Técnico: | Rodrigo Asencios Jara |
| Cliente: | Compañía Minera Antamina S.A. |
| Sitio del Cliente: | Huari – San Marcos - Ancash |
| Unidad: | Antamina |
| Contacto del Cliente: | Héctor Rojas/Vladimir Charca. Jefe de Capacitación |

2. Información General del Equipo

| | | | |
|------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|
| EQUIPO | SMARTROC D 65 | MARCA | EPIROC |
| MODELO | D65-10LF | CODIGO INTERNO | TD033 |
| NRO./SERIE | TMG175ED0595/8992 0109 53 | HOROMETRO MOTOR | INIC: 544.12 FIN:575.42 |

TRABAJOS REALIZADOS

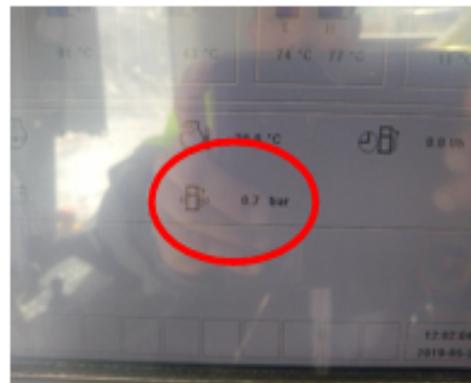
Registro Fotográfico

30-05-2019

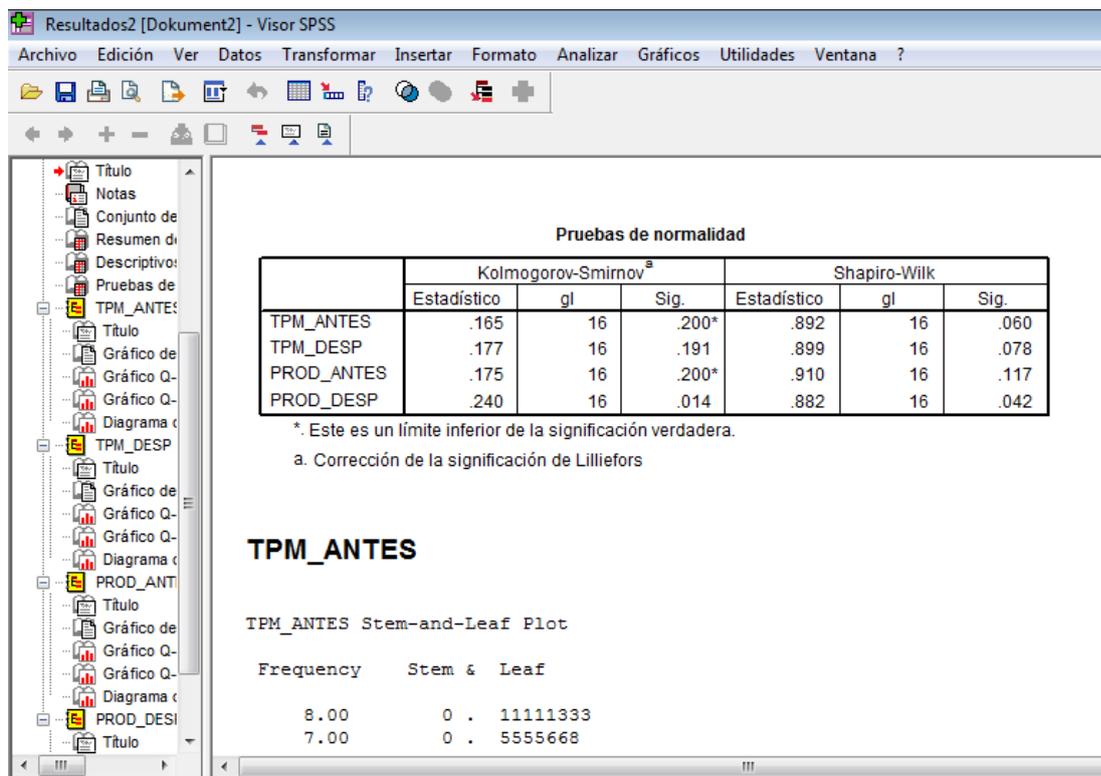


Se realizan pruebas de funcionamiento del equipo. NO SE REALIZO LA CAPACITACION
Se observa :
Martillo de perforación instalado en el equipo presenta rajadura en la parte superior, se cambió martillo

El equipo presenta problemas de pérdida de potencia del motor diésel, se sugirió el cambio de los filtros de petróleo.



ANEXO N° 5: CÁLCULOS ESTADÍSTICOS CON SPSS 19



Resultados2 [Dokument2] - Visor SPSS

Archivo Edición Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ventana ?

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| TPM_ANTES | .165 | 16 | .200* | .892 | 16 | .060 |
| TPM_DESP | .177 | 16 | .191 | .899 | 16 | .078 |
| PROD_ANTES | .175 | 16 | .200* | .910 | 16 | .117 |
| PROD_DESP | .240 | 16 | .014 | .882 | 16 | .042 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de la significación de Lilliefors

TPM_ANTES

TPM_ANTES Stem-and-Leaf Plot

| Frequency | Stem & Leaf |
|-----------|--------------|
| 8.00 | 0 . 11111333 |
| 7.00 | 0 . 5555668 |

