

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial



“PROPUESTA DE APLICACIÓN DE INDICADORES DE
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE UNA
EMPRESA CONSTRUCTORA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Miguel Eduardo Muñoz Arriola

Asesor:

Ing. César Enrique Santos Gonzáles

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo cariño a mis padres y de manera especial a mi madre por su apoyo incondicional, esfuerzo y sacrificio para darme una carrera profesional y así poder culminar mis estudios de forma exitosa.

A mis familiares cercanos quienes de una u otra manera me apoyaron y dieron palabras de aliento para concluir con mi carrera profesional y poder cumplir con mis objetivos trazados.

Esto es posible gracias a ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor de tesis el Ing. Cesar Enrique Santos Gonzales por guiarme y darme las pautas necesarias para culminar con mi tesis de manera correcta, y a la vez agradezco la ayuda de mis maestros por su conocimiento valioso brindado en estos 5 años de constante aprendizaje.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	18
CAPÍTULO III. RESULTADOS	44
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	75
REFERENCIAS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Procedimiento</i>	24
Tabla 2 <i>Principales objetivos del área de mantenimiento</i>	28
Tabla 3 <i>Gestión de mantenimiento-mejoramiento de disponibilidad de equipos</i>	29
Tabla 4 <i>Maquinarias involucradas en el mantenimiento</i>	30
Tabla 5 <i>Exceso de horas anuales del mantenimiento preventivo por maquinaria</i>	32
Tabla 6 <i>Causas del problema</i>	34
Tabla 7 <i>Cuadro resumen de las causas seleccionadas a minimizar</i>	36
Tabla 8 <i>Análisis de cuantificación de las causas para el problema</i>	36
Tabla 9 <i>Check list de diagnóstico de desgastes</i>	38
Tabla 10 <i>Matriz de proceso de jerarquía analítica</i>	39
Tabla 11 <i>Costo del Mantenimiento General por Maquinaria</i>	40
Tabla 12 <i>Cuadro de Costo de Mantenimiento Preventivo</i>	41
Tabla 13 <i>Cuadro Comparativo de la Propuesta</i>	42
Tabla 14 <i>Costo actual de Mantenimiento (2018) sin TPM</i>	42
Tabla 15 <i>Flujo de caja Inversión Anual del Mantenimiento Propuesto-TPM</i>	44
Tabla 16 <i>Disponibilidad operativa de la maquinaria de la empresa Casa S.A</i>	43
Tabla 17 <i>Resumen de la disponibilidad operativa de la maquinaria de la empresa Casa S.A de Julio a Diciembre del 2018</i>	45
Tabla 18 <i>Análisis de los costos de mantenimiento de la maquinaria pesada por hora trabajada</i>	45
Tabla 19 <i>Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Julio 2018</i>	46
Tabla 20 <i>Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Agosto 2018</i>	47
Tabla 21 <i>Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Setiembre 2018</i>	48
Tabla 22 <i>Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Octubre 2018</i>	49
Tabla 23 <i>Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Noviembre 2018</i>	50
Tabla 24 <i>Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Diciembre 2018</i>	51
Tabla 25 <i>Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales por meses desde julio a diciembre</i>	52
Tabla 26 <i>Matriz de indicadores</i>	52
Tabla 27 <i>Ponderación categorías del departamento de mantenimiento</i>	54
Tabla 28 <i>Inventario de equipos en la planta</i>	54
Tabla 29 <i>Plan anual de mantenimiento de equipos</i>	55
Tabla 30 <i>Seleccionar un (os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar</i>	62
Tabla 31 <i>Desperfectos más comunes</i>	63
Tabla 32 <i>Factores a minimizar</i>	63
Tabla 33 <i>Presupuesto de obra</i>	64
Tabla 34 <i>Gastos de implementación de la propuesta de mejora</i>	65
Tabla 35 <i>Flujo de Caja de la propuesta</i>	67
Tabla 36 <i>Control de gestión del KPI</i>	68
Tabla 37 <i>Indicadores del desempeño</i>	69
Tabla 38 <i>Indicadores de mantenimiento de excavadoras</i>	72
Tabla 39 <i>Indicadores de mantenimiento de cargador frontal</i>	73
Tabla 40 <i>Consolidado de Indicadores de la propuesta</i>	73
Tabla 41 <i>Fórmulas para hallar el OEE</i>	74

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Mapa de procesos de la empresa</i>	26
<i>Figura 2. fase de un proyecto de infraestructura</i>	26
<i>Figura 3. Diagrama del Proceso Productivo del Servicio de Mantenimiento</i>	27
<i>Figura 4. Diagrama de Operación del Proceso Mantenimiento</i>	31
<i>Figura 5 Flujo-grama del Proceso de Mantenimiento Preventivo</i>	31
<i>Figura 6. Reporte de fallas anuales totales por maquinaria</i>	32
<i>Figura 7. Diferencias entre horas/año por mantenimiento programado vs el mantenimiento realizado</i>	33
<i>Figura 8. Análisis Ishikawa de Causas para el Problema Principal</i>	33
<i>Figura 9: Análisis de las Causas del Problema (Diagrama de Pareto).</i>	34
<i>Figura 10. Análisis de causas del deficiente mantenimiento Preventivo</i>	35
<i>Figura 11 Análisis Disponibilidad Real de los equipos Año 2018-2019</i>	37
<i>Figura 12. Disponibilidad calculada de equipos y disponibilidad estándar</i>	38
<i>Figura 13 Histograma comparativo de Costo de mantenimiento preventivo</i>	41
<i>Figura 14 Pasos en el Desarrollo de la Implementación de TPM</i>	56

RESUMEN

Uno de los problemas de la Constructora es la falta de un plan de mantenimiento lo cual origina parada imprevista de los equipos debido a las fallas frecuente de los equipos, incrementando el mantenimiento correctivo no planificado, no se tenía un mantenimiento preventivo que se refleja de manera significativa en la disminución de la vida útil de los equipos, sobre costo de los componentes y repuestos de reparación, el incumplimiento de la programación de la producción, la carencia de una gestión de mantenimiento se ve reflejado en la falta de control a través de formatos, procedimientos y supervisión, el personal técnico no tiene la capacitación y entrenamiento para resolver las fallas de los equipos, la escasa comunicación entre áreas se ve reflejado en descoordinaciones de las operaciones y las programaciones de los equipos para su mantenimiento.

La gestión actual en el área de mantenimiento está determinando principalmente por la falta de competencia y capacitación del personal de operación en equipos, y en general la baja disponibilidad de los equipos, lo cual afecta directamente en la producción y en los altos costos de alquiler al año aproximadamente.

La propuesta del plan de mantenimiento basado en el TPM para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados; va a tener una influencia positiva en la gestión del mantenimiento, permitiendo cuantificar la mejora lograda y la mayor disponibilidad de los equipos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La realidad nos muestra que, un sistema de mantenimiento total en las empresas, es un procedimiento que se adecua a las exigencias y requerimientos del mercado nacional e internacional que demanda y exige calidad y entrega oportuna de los productos.

En el Perú el rubro de la Construcción ha crecido moderadamente, en este nuevo siglo XXI donde la demanda de mano de obra y utilización de equipos es una parte fundamental del sistema productivo de una empresa del rubro de la Construcción, hasta el 2017 el sector construcción y el Producto Bruto Interno (PBI) total crecieron de manera promedio 6.7% y 4.3%, respectivamente.

La importancia económica del mantenimiento del equipo es indiscutible, ya que las reparaciones mayores y los ajustes generales, varían entre el 50 y el 100 % del valor de la inversión original.

En nuestro país, los sistemas de mantenimiento han ido evolucionando en la medida que la tecnología ha ido tomando posicionamiento en las empresas. Cada empresa define sus políticas o procedimientos de mantenimiento para el control, ejecución y planeamiento.

A pesar de ello, el Perú está por debajo de algunos países en Sudamérica como Brasil y Chile que han desarrollado políticas de mantenimiento que ha permitido alcanzar mejores niveles de productividad.

A nivel regional, cada empresa aplica el tipo de mantenimiento que requiere sus intereses; todas aplican el mantenimiento correctivo y algunas están en proceso de

aplicar el mantenimiento preventivo; casi siempre hacen los procedimientos de rutina como: pruebas, ajustes, servicios, limpieza, lubricación, etc.

Gran cantidad de empresas competidoras en el sector construcción llevan una correcta planificación de sus recursos para mejorar la gestión de su maquinaria. Las empresas constructoras más competitivas adecuan sus buenas prácticas con políticas definidas en las gestiones de mantenimiento.

El mantenimiento es un conjunto de actividades que conlleva a que las instalaciones y maquinas tengan una mayor vida útil, lo que permite una mayor ganancia del activo conforme a su tiempo de operatividad.

A nivel internacional

López y Valdivieso (2017) en su investigación titulada Optimización del sistema de gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada, a través de la gestión por procesos en (Cuenca, Ecuador); esta investigación busco: aplicar una metodología analítica que permita la recopilación de información en relación a la estructuración y organización del proceso de gestión vigente del plan de manejo preventivo y correctivo del equipo pesado, con el fin de establecer un diagnóstico previo del sistema de mantenimiento para formular los lineamientos y la propuesta de optimización de procesos buscando la efectiva aplicación de un manual de procesos y procedimientos estructurado para optimizar el desarrollo de métodos y estrategias adecuadas para el mantenimiento de las unidades pesadas.

Además, los autores mencionan que mediante la interrelación de los procesos de mantenimiento permite que a través del diagrama de flujo se representan gráficamente las actividades a desarrollar en las diferentes intervenciones de mantenimiento tanto rutinario, preventivo y correctivo, lo que permitirá realizar un control cuantitativo de las unidades pesadas y con el desarrollo de la propuesta de estrategias de

mantenimiento se buscó mejorar la productividad y tener una gestión oportuna de los recursos humanos, materiales y económicos y por medio de indicadores tener un adecuado monitoreo de los equipos pesados tener un control eficiente.

Villavicencio y Maldonado (2012) en su investigación titulada propuesta de un plan de mantenimiento de maquinaria pesada (Cuenca, Ecuador) concluyen que el inventario actualizado de la maquinaria pesada de la empresa se constituye en la base fundamental para la implementación de mantenimiento ya que por medio este documento se tiene acceso rápido a características propias de cada máquina como maquina modelo, códigos y otros, también la inspección de la maquinaria pesada se debe estar en constante revisión de los diferentes elementos y sistemas de la maquina ya que se podría identificar el inicio de una avería menor que con el pasar del tiempo se podría convertir en una avería mayor; el programa de mantenimiento es una herramienta que se debe seguir estrictamente realizando todos los procedimientos y recomendaciones que describen de una máquina.

A nivel nacional

Valdivia (2012) en su tesis titulada Gestión de mantenimiento y reparación de equipo pesado en la construcción de carreteras”, concluye que al disponer de un equipo o flota de equipos que no se maneja de manera adecuada los costos operativos aumenta y al perder dinero el costo de un proyecto aumenta, por ello tiene mucha importancia la planificación y programación de los trabajos para evitar que los equipos no estén parados. Por lo tanto, mencionan para que los equipos estén activos y operativos se debe realizar un mantenimiento continuo ya que los equipos pesados están sujetos a un desgaste permanente por estar en contacto con materiales abrasivos y mucho dependerá de la prevención y la reparación periódica. También precisa que los equipos pesados que se utilizan en la construcción de carreteras tienen un trabajo regular de

1200 a 1500 horas en promedio luego sufren un desgaste para lo cual es necesario realizar los primeros trabajos de reforzamiento, y en 2500 horas de trabajo es deterioro y en un promedio de 3500 se precisa una reparación del lampón o cucharón.

Los gastos efectuados al mantenimiento de los equipos se analizaron para diciembre de 2016 y enero de 2017, de acuerdo a su disponibilidad. Los costos de mantenimiento contribuyeron el 22,6 % y el 11,5 % de los costos totales de producción para los meses de diciembre de 2016 y enero de 2017, respectivamente. Para diciembre de 2016, los gastos de mantenimiento fueron de \$ 10,152,022.12 en comparación con \$ 6,184,525.58 en enero de 2017. El costo de mantenimiento de octubre 2017 a enero 2018 promediado \$ 6.000.000 al mes después de la implementación.

García (2017) en su tesis titulada Gestión del mantenimiento para la operatividad de la maquinaria de movimientos de tierras ICCGSA en la vía Huancayo - Ayacucho, su objetivo “proponer una mejora de la Gestión del Mantenimiento para la Operatividad de la Maquinaria de Movimiento de Tierras de ICCGSA en las actividades de conservación y construcción de tramos carreteros en la vía Huancayo-Ayacucho”, su investigación de tipo descriptiva con diseño no experimental , concluye que: con la implementación de una propuesta para la mejora de la gestión de mantenimiento (preventivo y correctivo, se desarrolló un programa de control de mantenimiento el cual incluye un sistema de control diario de las horas trabajadas, con el plan propuesto se pudo organizar la gestión de tareas de mantenimiento que se viene llevando en el proyecto, para poder implementar este plan se tuvo que efectuar cambios completos en la manera que se maneje, cambios que incluyen codificación de maquinaria, registros de maquinarias, registros de mantenimiento y la creación de nuevos procesos y formatos de documentos para el correcto desarrollo de las actividades de mantenimiento.

Guevara y Tapia (2015) en su tesis propuesta de un plan de mantenimiento total para la maquinaria pesada en la empresa ángeles –proyecto minero la granja, 2015, se tuvo como objetivo formular un plan de mantenimiento total para la maquinaria pesada en la empresa Ángeles –Proyecto Minero La Granja, su investigación de tipo aplicada con un diseño es no experimental –descriptiva –transversal, la población compuesta por 18 maquinarias pesadas se finalizó que Según los indicadores de gestión de mantenimiento, la flota de maquinaria pesada de la empresa los ángeles, tienen una disponibilidad y rendimiento que oscilan entre los 97.08% y 99.96 y un nivel de confiabilidad del 94%, considerando que las unidades son relativamente nuevas, se involucraría la participación del personal profesional –técnico capacitado y actualizado permanentemente, para implementar y aplicar el plan de mantenimiento total, se ha considerado decisión política de la empresa, políticas estratégicas, sistema de gestión de 69 calidad, mejora continua, participación activa del personal de la empresa a través de equipos de trabajo, sistemas de seguridad del personal y mecanismos y procedimientos para la seguridad y el cuidado del medio ambiente. A nivel procedimental se ha considerado lo siguiente: decisión para aplicar el plan de mantenimiento total, proporcionar información y organización del personal de la empresa, definición de objetivo y políticas estratégicas sobre el mantenimiento total, elaboración del plan maestro de mantenimiento total y formalización del inicio del proceso de mantenimiento total.

A nivel local

Vásquez y Zapata (2016) en su tesis titulada “Propuesta de una gestión del mantenimiento preventivo para una mejor disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria pesada de la municipalidad provincial de Chiclayo”, concluyen que la

investigación tuvo objetivo principal proponer una gestión del mantenimiento preventivo para una mejor disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria pesada de la municipalidad provincial de Chiclayo. Se hizo una evaluación de la situación actual del mantenimiento que se viene aplicando, una vez detectada la situación problemática empezamos a formular la hipótesis y a encontrar las variables de la investigación y después realizar los respectivos inventarios, para así, asignar el tipo de mantenimiento según criticidad, haciendo una lista de verificación. Se elaboró también un plan de mantenimiento preventivo, definiéndose los métodos a ser utilizados, métodos como el P.D.C.A y el método histórico, fueron empleados para el mantenimiento y siguiendo las gestiones de lubricación, repuestos y organizando todo el mantenimiento preventivo siguiendo un claro diagrama de procesos. La investigación estuvo orientada a presentar una alternativa de gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada para la municipalidad provincial de Chiclayo, con el fin que dicha institución brinde una adecuada prestación de los servicios públicos locales, fortaleciendo el bienestar de la ciudadanía.

Meléndez y Rodríguez (2016) Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la flota de transporte pesado de la empresa San Joaquín S.A.A. Pomalca-2016, conclusiones Que el diagnóstico del estado actual del tracto camiones a través del EQUICRIT, basado en los estados críticos, semi-criticos y no críticos de la flota de transporte. Al finalizar esta etapa resulto ser el sistema más crítico el motor. Es el mayor causante de las fallas en los mismos y acumula 40% de las fallas totales en el periodo de estudio; elaborando así un plan de mantenimiento. Se diseñó también un sistema de mantenimiento, para disminuir las fallas de la flota de transporte pesado, se utilizaron técnicas de recolección de información (Observación, análisis de datos), Y herramientas (metodología de análisis de criticidad, guías de observación, hoja de

datos); con la aplicación de la metodología de criticidad, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los tractores y camiones. Los resultados en esta investigación son: se logró aumentar la disponibilidad de los tractores camiones de la empresa San Joaquín en un 5%. El beneficio costo de una futura implementación del plan de mantenimiento es de 2.62

Lourival (2000) afirma “El mantenimiento pasó a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos”. Por lo que la planificación y control del mantenimiento influye altamente en las operaciones de la empresa.

De la competitividad de la empresa, surge la necesidad de optimizar los procesos para lograr así un desarrollo sostenible, y a su vez un beneficio económico y social. Las empresas del rubro utilizan gran cantidad de recursos, dentro de ellos quizás los más importantes para obras de saneamiento son los equipos de excavación, los cuales como su nombre lo dice están sometidos a arduos y constantes trabajos en terrenos que no siempre presentan la misma dificultad.

Gamarra F (2009), resume los conceptos de la administración del mantenimiento, conocer el nivel de productividad o la disponibilidad y el coeficiente de utilización, además de los índices de gestión, la frecuencia de los mantenimientos preventivos, sus ejecuciones, el tiempo de las reparaciones, el tiempo de parada, el tiempo de producción de los equipos, el nivel de aplicación debe estar en ciertos rangos que nos garanticen los menores costos de mantenimiento, estos conceptos que son tomados en cuenta al evaluar las condiciones en que son llevadas el plan de mantenimiento, índice de gestión e implementar las mejoras pertinentes.

Quinde L. (2010), refiere al diseño del sistema de gestión de mantenimiento para una empresa constructora donde no se planifica el mantenimiento lo cual se ve reflejado en su disponibilidad. El sistema de gestión se muestra desde dos partes: La Gestión

Administrativa y Técnica que describe el desarrollo del mantenimiento; dónde y cómo se va a organizar, planificar, dirigir y controlar el mantenimiento.

Está basada en el Mantenimiento Productivo Total (TPM), con los indicadores claves de mantenimiento, órdenes de trabajo y planes de mantenimiento. La Gestión de Talento Humano, presenta el diseño de la estrategia de las 5S, Matriz de Habilidades, Plan de Capacitación para las actividades de operación y mantenimiento.

Ramírez J, (2007), refiere a la implementación o mejora en el sistema existente de gestión del mantenimiento que sirva para optimizar los costos directos, como la mano de obra, los subcontratos, los repuestos, los materiales, la capacitación, los gastos de administración y disminuir los sobrecostos, que son los que se generan por hacer mal el trabajo de mantenimiento, entre ellos encontramos los derivados de pérdidas de producción, de mala calidad de productos o servicios, de demoras en entregas, de costos de capital por tener stocks en exceso.

Para Ramírez J, (2007), Mantenimiento es gerenciar recursos y planificar actividades sobre la base de estudios estadísticos, donde se emplean filosofías de la nueva generación, desarrolladas en la última década, y en constante actualización.

Mantenimiento preventivo

Según Pascual (2008), señala que el tipo de mantenimiento centrado en el tiempo de operación de los equipos, a menudo son intervenciones programadas con el propósito de prever posibles averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener el equipo en completa operación, a los niveles y eficiencia óptimos.

Para Pinto (2002), señalo que toda avería tiene carácter estocástico, es bastante improbable que las labores de mantenimiento preventivo realicen la sustitución de los elementos justo antes de que ésta se produzca, causando de este modo un evidente desaprovechamiento de la reserva de uso de los equipos. En cualquier caso, es evidente

que, para la planificación de actividades del mantenimiento preventivo, es necesaria una correcta aplicación de criterios estadísticos para determinar los tiempos óptimos de intervención, ya que si estos no son los adecuados podrían generarse importantes pérdidas.

El TPM consiste en una estrategia destinada a elevar la productividad mejorando el mantenimiento y las prácticas correspondientes. Hoy se le reconoce ya como una excelente herramienta para aumentar la productividad, la capacidad y el trabajo en equipo en una compañía manufacturera”. (Moore y Rath 1999: 49)

El mantenimiento preventivo habitualmente comprende una serie de actividades características:

Limpieza y revisiones periódicas

Conservación de equipos y protección contra los agentes ambientales

Control de la Lubricación

Reparación y recambio de los puntos del sistema identificados como puntos débiles.

Reparación y recambios planificados.

Métodos para la prevención de fallas.

Según Sierra (2004), la pregunta más crítica en el mantenimiento preventivo es: ¿Qué tareas deben realizarse para impedir una falla? Obviamente, si entendemos el mecanismo de la falla real del equipo, podemos decidir qué tareas son lógicas para impedir la falla y cuáles no son pertinentes.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de equipos de una empresa constructora?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar de qué manera la propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de equipos de una empresa constructora.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la disponibilidad de equipos de una empresa constructora.
- Desarrollar la propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo.
- Evaluar económica y financieramente la propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo.

1.4. Hipótesis

La propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de equipos de una empresa constructora.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Diagnóstica y propositiva

2.2. Métodos

Unos de los problemas de la Constructora es la falta de un plan de mantenimiento lo cual origina parada imprevista de los equipos debido a las fallas frecuente de los equipos, incrementando el mantenimiento correctivo no planificado, no se tenía un mantenimiento preventivo que se refleja de manera significativa en la disminución de la vida útil de los equipos, sobre costo de los componentes y repuestos de reparación, el incumplimiento de la programación de la producción, la carencia de una gestión de mantenimiento se ve reflejado en la falta de control a través de formatos, procedimientos y supervisión, el personal técnico no tiene la capacitación y entrenamiento para resolver las fallas de los equipos, la escasa comunicación entre áreas se ve reflejado en descoordinaciones de las operaciones y las programaciones de los equipos para su mantenimiento. El formato de inspección de equipos de producción es inadecuado debido a que se tiene un mayor número de sistemas por lo que se determinó que no va acorde a las características del equipo.

Propuesta

Se sugiere de la implementación de un plan de mantenimiento basado en el TPM, como estratégica para los equipos de la empresa constructora, se deberá tener en cuenta las necesidades de cambio e implementación que esta requiere en cuanto a su estructura.

Para que los trabajos sean eficientes se debe controlar y planificar las acciones llevadas a cabo en el mantenimiento para así reducir costos en mano de obra, paradas imprevistas, cero accidentes. La propuesta está enfocada en los siguientes aspectos que se deben cambiar.

Los problemas encontrados en el área de mantenimiento son los siguientes:

Las actividades del mantenimiento preventivo no son realizadas, con lo que genera que los equipos pesados presentan averías con mayor frecuencia. Debido a que no se cumple con las actividades principales teniendo como resultado la disminución de la vida útil del equipo.

En la empresa no existe una planificación que permita controlar, medir, las actividades de mantenimiento que se realizan a cada equipo pesado.

El incremento del consumo de los neumáticos, por fallas o problemas mecánicos, vías agresivas; debidas a una inadecuada gestión que se viene aplicando y el aumento del consumo de combustible debido a la inadecuada maniobrabilidad y operatividad de los equipos.

Considerando lo antes planteado y de acuerdo a lo expuesto se aplicó la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM) aplicada a los problemas encontrados a los largo del estudio de investigación, donde se analizaron la criticidad de los equipos y de las fallas, diagrama Pareto y análisis de fallas, encuestas anónimas para observar los problemas, diagrama causa efecto de los gastos más representativos en la flota, para llegar a la raíz de los mismos y además para tener un panorama general de la empresa constructora.

Luego de describir los problemas principales; en este capítulo se tomará la medida correctiva y se tomará algunas distintas para prevenir futuros problemas, se desarrollará algunos pasos para mejorar la gestión actual de mantenimiento y dar las pautas concretas para una mejor adaptación del TPM en el área de mantenimiento. Los puntos que se detallan son mantenimiento autónomo, planificado, calidad, educación y formación, medio ambiente y seguridad, organización, son considerados como los puntos más importantes a desarrollar.

Metodología para la Implementación del TPM en el Área de Mantenimiento

La implementación del Mantenimiento Productivo Total promueve el trabajo en equipo para poder cumplir con los objetivos de la mejora continua, dando como resultado un mejor ambiente de trabajo, encaminado a mejorar aspectos de mantenibilidad, eficiencia, seguridad para el trabajador y desarrollando responsabilidad con el cuidado del medio ambiente; para poder cumplir el programa de TPM se debe cumplir ciertas etapas que a continuación se indica:

Paso N° 1 Decisión de Aplicar el TPM

CASA es un empresa que busca alternativas de mejoras que les permita ser competitivos en el mercado nacional, para obtener los resultados deseados es necesario plantear un programa basado en el mantenimiento productivo total.

Es compromiso de la alta gerencia, jefes de mantenimiento, operaciones supervisores, personal administrativos, personal técnico y operativo, a participar y dar los recursos necesarios para permitir la implementación del TPM, en el área de mantenimiento como piloto para futuro.

Paso N°2 Campaña de Difusión del Programa TPM al Personal implicado

Con la finalidad de difundir el TPM, se planifico con la Jefatura de Mantenimiento realizar entrenamiento del personal con el objetivo de informar y dar a conocer lo que se requiere para dar un cambio de actitud y compromiso por el bien de todos, la duración de este entrenamiento inicial será aproximadamente de 2 meses y será un proceso permanente.

Además, se ha difundido usando diversos medios audiovisuales con información sobre el TPM, en las unidades de traslado, en los refrigerios y en las reuniones de trabajo a todo el personal del área de mantenimiento, administrativo de los pasos. Para lograr

que el personal no ponga resistencia a los cambios que trae la implementación del TPM, es importante darle información inicial que lo motive.

De la sensibilización del personal de mantenimiento involucrado, fue impartida en este caso por el Jefe de Mantenimiento, en la implementación del TPM en el área.

De la concientización del equipo de supervisores, administrativo, personal de mantenimiento y operativo en la importancia de la implementación del TPM, los beneficios y mejora que tiene esta. Si bien es cierto al inicio del mantenimiento autónomo, el personal de mantenimiento serán los hermanos mayores de los operarios, ya que adiestrarán, supervisarán, y corregirán las labores básicas como: lubricación, ajuste, limpieza, etc.

De los resultados de la implementación del TPM se ve reflejado en incremento de la producción, disminución de los costos será retribuido con el incremento o bono al personal de la empresa.

Del incentivo hacia el personal es a través de premios por los logros obtenidos del TPM en el área de mantenimiento.

Los responsables de entrenar al personal son: Coordinador TPM, personal de mantenimiento para el tema de mantenimiento autónomo y supervisores, ellos elaborarán el material para el entrenamiento y solicitaran los requerimientos de insumos como computadoras, proyectores, material didáctico.

Paso N°3 Establecimiento de Equipos de Trabajo

Se procedió por parte de la Jefatura de mantenimiento a indicar los componentes principales del TPM a desarrollarse, establecer los grupos de trabajo a través de sus conocimientos, capacitaciones, experiencias, la comunicación entre ellos y el personal que está realmente comprometido con el cambio de la empresa.

El Mantenimiento autónomo comprende actividades de lubricación, inspección y limpieza, etc. El líder es responsable de proporcionar la planificación y las herramientas para llevar las actividades de mantenimiento, controlar las mejoras y actualizar las informaciones en los tableros de control.

El líder de Mantenimiento Planificado debe tener conocimiento de gestión de mantenimiento, análisis de fallas, costos de mantenimiento, conocimiento de mantenimiento preventivo y predictivo.

De la elaboración de estos equipos de trabajo se realiza en forma voluntaria con los operadores que trabajan en el área de mantenimiento y de operaciones que estén dispuestos a formar parte del equipo humano de trabajo o grupo TPM estará conformado de 4 a 6 integrantes. El objetivo principal del equipo TPM es analizar e identificar los problemas en los equipos y dar soluciones o propuestas para su mejoramiento.

El Jefe es quien dirigirá las actividades del equipo TPM y a su vez estará encargado de la conformación del mismo con personal dispuesto a formar parte y en cada una de sus áreas.

Paso N°4 Establecimiento de los Objetivos.

Conjuntamente con el Gerente se establecieron los siguientes objetivos:

Mejorar la gestión de mantenimiento existente en la empresa.

Fomentar una nueva cultura de mantenimiento en el personal.

Establecer estándares de lubricación, limpieza de los equipos.

Conseguir un ambiente de trabajo limpio, ordenado y amigable.

Paso N°5 Preparación del Plan Piloto

Se estableció una programación para la implementación de los pilares de mantenimiento autónomo, planificado y de la metodología de las 5S con lo cual se

logrará mayor orden, disciplina y eficiencia en el lugar de aplicación; lo cual será el piloto que nos permite alcanzar los objetivos planteados para una implantación posterior del programa TPM en toda la empresa.

Se seleccionaron los equipos pesados como piloto para la implantación por ser equipos críticos y de alta capacidad de operatividad en la construcción de carretera.

Paso N° 6 Arranque formal del programa

Para iniciar con el programa TPM · la alta gerencia realizó una ceremonia de presentación del plan piloto de implementación, donde participaron el gerente, jefe de mantenimiento, personal técnico y colaboradores, en la iniciación del programa TPM, se planificó un acto de inicio como punto de partida oficial para la implantación del programa el mismo que compromete al personal para el cambio de mentalidad, responsabilidad y cooperación para lo fines propuestos.

Paso N°7. Mejora de la Efectividad del Equipo

La disponibilidad del equipo se verá mejorada una vez que se cumpla con los objetivos del TPM, logrando tener una alta rentabilidad de los equipos

De la implementación de las 5's realizadas en la empresa al área de mantenimiento y de las evidencias fotográficas tomadas, se pudo observar que era urgente la aplicación de la metodología, para lograr la mejora de las áreas de mantenimiento y de operación, almacén.

2.3. Procedimiento

Tabla 1

Procedimiento

Fases	Etapas
Preparación	1. Decisión de la dirección de aplicar el TPM como proyecto de empresa 2. Campaña de información-formación técnica 3. Crear la estructura de animación y pilotaje del TPM 4. Diagnóstico de la situación de partida. Indicadores de progreso técnicos 5. Redacción de un plan tipo. Líneas de acción/objetivos
Desarrollo	6. Lanzamiento 7. Implantación de la mejora continua en los sistemas procesos 8. Desarrollo del auto mantenimiento 9. Desarrollo del mantenimiento programado
Optimización	10. Formación del equipo humano en los métodos y experiencias del mantenimiento global 11. Integrar el TPM en los sistemas de gestión, diseño y construcción de nuevos equipos 12. Certificar la aplicación TPM

Aquí se demuestra las etapas del proceso de mejora de mantenimiento de los equipos de la empresa constructora CASA S.A

2.3.1 Diagnóstico de la Realidad actual de la empresa

Generalidades de la empresa

La constructora del estudio realizado es una de las principales empresas constructoras del Perú, perteneciente al grupo empresarial Hidalgo e Hidalgo de Ecuador (HeH), el cual cuenta con presencia en Ecuador, Perú, Colombia, Honduras, Bolivia y El Salvador.

Con más de 43 años de trayectoria, nos hemos especializado en obras de infraestructura pública y privada, con una gran cantidad de proyectos que han permitido mejorar la integración del país, dinamizar la producción y el comercio, elevar la productividad e impulsar el turismo.

Desde nuestra fundación en 1975, nos comprometimos con la excelencia en nuestras obras y servicios ofrecidos, generar valor en la creación de empleo, valor en la calidad de vida de

las personas y sus familias, valor en los resultados para nuestros accionistas, valor en las ciudades y comunidades beneficiadas con nuestras obras y respeto al medio ambiente.

En las décadas de los años setenta y ochenta, nos especializamos en obras de edificaciones privadas y públicas, con la construcción de urbanizaciones y conjuntos residenciales en Lima y en el norte del Perú e incursionamos en obras viales. A partir de la década de los años noventa, ampliamos nuestra experiencia en obras de saneamiento, irrigación, hospitales, entre otros.

En el año 2003, se incorporó como socio mayoritario, la empresa ecuatoriana líder en construcción y gerencia de infraestructura, Hidalgo e Hidalgo S.A. (HeH).

En el año 2005, HeH asumió la totalidad de nuestro accionariado permitiendo consolidar nuestro trabajo en vialidad, multiplicar nuestras operaciones y posicionarnos como una de las grandes empresas constructoras del Perú.

En la actualidad ha logrado ejecutar, en las distintas regiones del país, múltiples proyectos de gran inversión en infraestructura vial, saneamiento, puertos, terrapuertos, hospitales, centros penitenciarios, siendo además los principales inversionistas en concesiones del Perú.

Misión

Brindar servicios de ingeniería, construcción, mantenimiento, financiamiento y operación de infraestructura, pública y privada, mediante elevados estándares de calidad y preservación del medioambiente, contribuyendo al desarrollo sostenible.

Visión

Ser reconocidos como una empresa constructora líder en el mercado nacional e internacional, con excelencia en nuestro modelo de gestión y procesos de innovación, que mejore la calidad de vida a nuestros trabajadores y genere bienestar a la sociedad.

Desde nuestra fundación, somos generadores de valor: valor en la creación de empleo y cumplimiento con nuestros trabajadores, valor en la construcción de obras y servicios que ofrecemos, valor en la calidad de vida de las personas y sus familias, valor en los resultados

para nuestros accionistas, valor en las ciudades y comunidades beneficiadas, valor en la integración y valor en el respeto al medioambiente.

Descripción del servicio (construcción)

El servicio que presta la empresa es la de ejecución de proyectos de infraestructura para el sector privado y estatal. Este servicio es mediante el cual la empresa genera sus ingresos ejecutando obras. Sin embargo, en algunas ocasiones se pierde miles de dólares al incurrir en costosas penalidades por entregar obras fuera de la fecha establecida.



Figura 1 Mapa de procesos de la empresa



Figura 2. fase de un proyecto de infraestructura

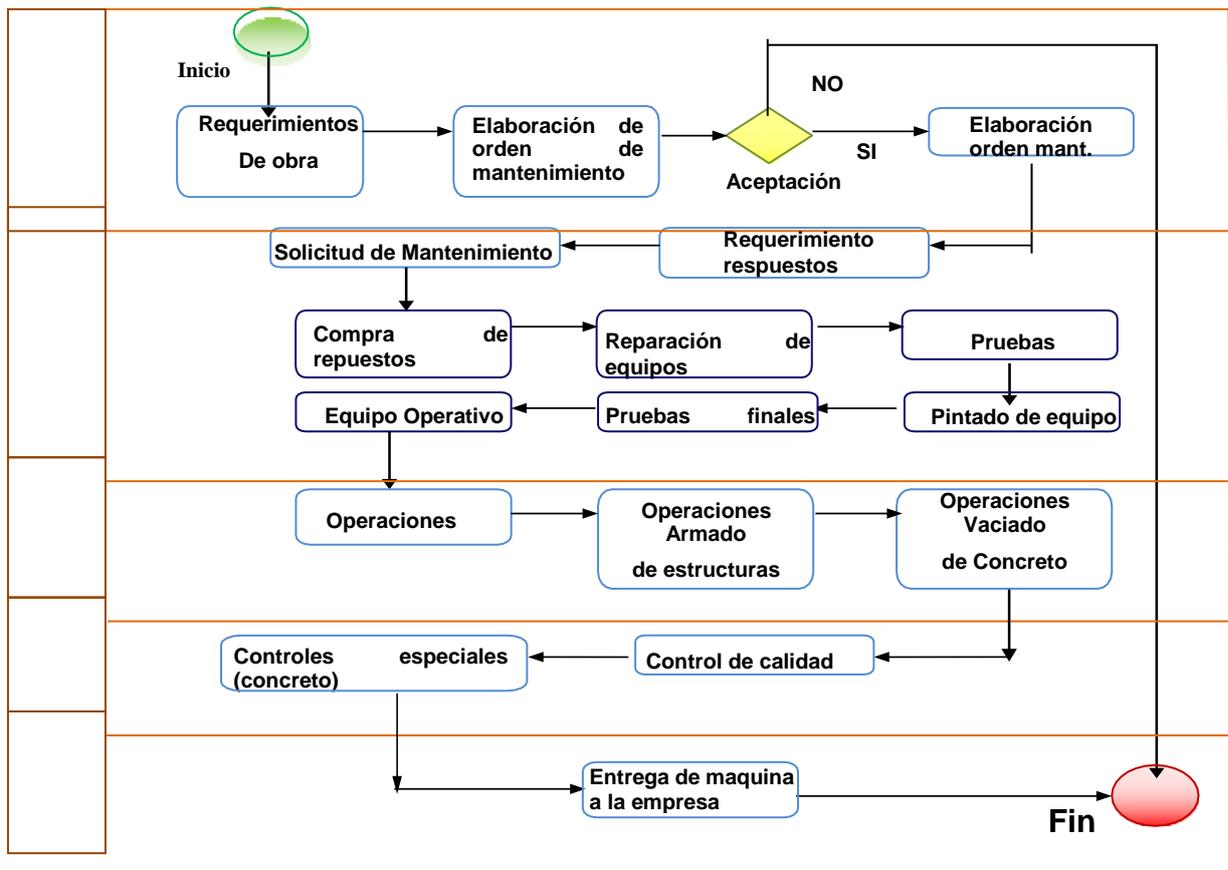


Figura 3. Diagrama del Proceso Productivo del Servicio de Mantenimiento

Diagnóstico del área problemática

El presente estudio de investigación a la flota de los equipos pesados de la constructora está conformado por veintiséis (26) unidades, 25 equipos operativos y 01 equipo descartado por falta de repuestos; las cuales son excavadoras, cargadores frontales, tractores de oruga, motoniveladoras y camiones volquetes que son primordiales para la realización de un determinado trabajo.

Los equipos trabajan en situaciones severas de movimiento de tierra en la excavación, acarreo de materiales para la construcción de las obras en ejecución, los cuales trabajan en diferentes frentes de acuerdo al requerimiento de operaciones en el avance de obra.

Las condiciones donde trabajan los equipos son zonas agresivas y el terreno bastante abrasivo con vías precarias sin afirmar, donde se genera problemas mecánicos en el sistema de suspensión, transmisión, hidráulicos, motor y filtro de aire.

El inadecuado control de los neumáticos y la agresividad del terreno permite rendimientos de 1250 horas en los neumáticos delanteros y 1540 horas en los posteriores, lo cual disminuye la vida útil del neumático esto se ve reflejado en los pocos cascotes que se envía a reencauche, la falta de capacitación en maniobrabilidad y operatividad del equipo nos genera tener un incremento en el consumo de combustible el cual es de 6.8 Gl/Hr. siendo anti-económico en los costos de mantenimiento.

Para direccionar cuantitativamente los procesos en el área de equipos, considerando índices de disponibilidad, confiabilidad y de costos de mantenimiento el cual están siempre asociados y son parte vital para la rentabilidad de la empresa.

En el negocio de alquileres de equipos para el rubro de movimiento de tierras, invierte entre un 20% a 50% del costo total de operación, esto origina que las empresas que se encuentran en la competencia, optimicen sus costos operativos utilizando herramientas de gestión confiables, implementado una metodología de planeamiento y control eficiente y eficaz logrando ser competitivos en el mercado.

La gestión actual en el área de mantenimiento está determinando principalmente la falta de competencia y capacitación del personal de operación en equipos, y en general la baja disponibilidad de los equipos, lo cual afecta directamente en la producción y en los altos costos de alquiler.

Actualmente no se cumplen los planes de mantenimiento, es decir no tienen implementado un sistema de mantenimiento preventivo ya que este adolece de una base de datos actualizada, y además hay una mala gestión de los mantenimientos correctivos. No se cuenta con historiales de mantenimiento, documentos y formatos de registro, ni con un encargado de mantenimiento.

Tabla 2

Principales objetivos del área de mantenimiento

OBJETIVOS	ACTIVIDADES PRINCIPALES
1. Asegurar la definición del Plan de Mantenimiento programado de Equipos	1. Participar en la definición de las necesidades de equipos basados en la demanda de la unidad de negocio y la capacidad instalada del parque de equipos. Adquisición y renovación de equipos
2. Asegurar la	2. Asegurar la definición de los Planes de Mantenimiento de todas las líneas de equipos.

ejecución del Plan de Mantenimiento programado 3. Cumplir el Presupuesto (Gastos de Mantenimiento) 4. Asegurar la Disponibilidad Mecánica de los Equipos	3. Asegurar que los programas de Ejecución de Mantenimiento se cumplan.
	4. Asegurar los recursos para la implementación de talleres y su equipamiento según los estándares definidos.
	5. Asegurar la mejora continua del Plan de Mantenimiento.
	6. Garantizar la disponibilidad mecánica de los equipos de la compañía
	7. Mantener actualizada la bitácora de rendimientos, consumos, incidencias y análisis de fallas.
	8. Garantizar el Cumplimiento el plan de capacitación y evaluación de los técnicos-mecánicos.
	9. Controlar el cumplimiento de las condiciones establecidas en los contratos de servicios de mantenimiento de terceros.
	10. Controlar el cumplimiento de las condiciones establecidas en los contratos de suministro de materiales y repuestos
	11. Garantizar el cumplimiento de las garantías de fabricante o servicios
	12. Negociar y obtener el mejor beneficio con los seguros ante un siniestro
	13. Cumplir el presupuesto de Mantenimiento de las líneas de equipos.

El área de mantenimiento tiene identificadas las maquinarias pesadas importantes de la producción, los cuales están clasificadas de acuerdo a su nivel de criticidad. Los técnicos realizan su inspección diaria, de acuerdo a reportes semanales e informan a los jefes de turno los posibles trabajos a realizar.

Identificación de indicadores

Tabla 3

Gestión de mantenimiento-mejoramiento de disponibilidad de equipos

Criterios de auditoría	Puntaje	Puntaje	Porcentaje
Técnica de mantenimiento	Obtenido	Óptimo	
Cualificación y Rendimiento del Personal de Mantenimiento	46	84	30%
Herramientas y Medios Técnicos	17	42	11%
El Mantenimiento Preventivo y el Plan de Mantenimiento	11	21	7%
Organigrama de Mantenimiento	14	30	9%
El plan de Mantenimiento: Elaboración e implementación	6	21	4%

Gestión de la Información: Informe, Indicadores y GMAO	17	36	11%
Gestión de Repuestos	22	36	15%
Resultados del mantenimiento	18	45	12%
TOTAL	151	315	100%

El mantenimiento preventivo y el plan de mantenimiento tiene un porcentaje crítico de 7% , puesto que la empresa no tiene un correcto plan de mantenimiento que garantice la disponibilidad de los equipos.

Tabla 4

Maquinarias involucradas en el mantenimiento

CASA S.A				
	ITEM	CARACTERISTICAS DEL EQUIPO		ESPECIFICACIONES
Nombre del equipo	Código	Fabricante	Modelo/Serie	Observaciones/Potencia
Excavadora 360 C	JKL-789	CATERPILLAR	CBX/360B	320Kw/450hp
Excavadora HL450	HGH-476	HYUNDAI	450D/H L	460.8Kw/5500rpm
Tractor Oruga DT8	GHW-389	CATERPILLAR	FM370/ CV	800Kw/2400rpm
Retroexcavadora 426 D	NFR-154	CATERPILLAR	426D—10E	60kW/75hp
Cargador Frontal 160 C	GFR-525	KOMATZU	160LC-001	360Kw/3300rpm
Rodillo Ramax XT126	RW-1440	RAMAX	X126/002T	2560.3kg/m3
Cargador Frontal K800	WA-250	KOMATZU	800R/9RT	147kW/210hp
Moto niveladora FIAT	FG-085	FIATALLY	GF640-3M	192kW/260hp
Camión articulado CAT	CHL-157	CATERPILLAR	4CLM/960	400Kw/3600rpm
Camión Mitsubishi L600	WD-4640	MITSUBISHI	L600K/T07	600Kw/780hp
Camión Volvo FH400	CHL-125	VOLVO R.L	7FHM-400	448.7cu/8m3
Mini-Cargador CAT	MC-260	CATERPILLAR	246E/012	84.5kW/92hp
Mini-cargador BOBCAT	TR-250	BOBCAT	MBO60/07	80.7kW/96hp
Grúa-autopropulsada	GA- 900	P&H	GRF480-22	140 Kw/190 hp
Camioneta Toyota Hillux 50	PQH-048	TOYOTA	7A-9900E	147.5hp/3400rpm
Camioneta Mazda LX 250	PCQ-243	MAZDA	5TMZ10-D	177.0hp/5200rpm
Camioneta Nissan pick up	FHG-640	NISSAN	ZE4800-5N	220.5hp/2800rpm

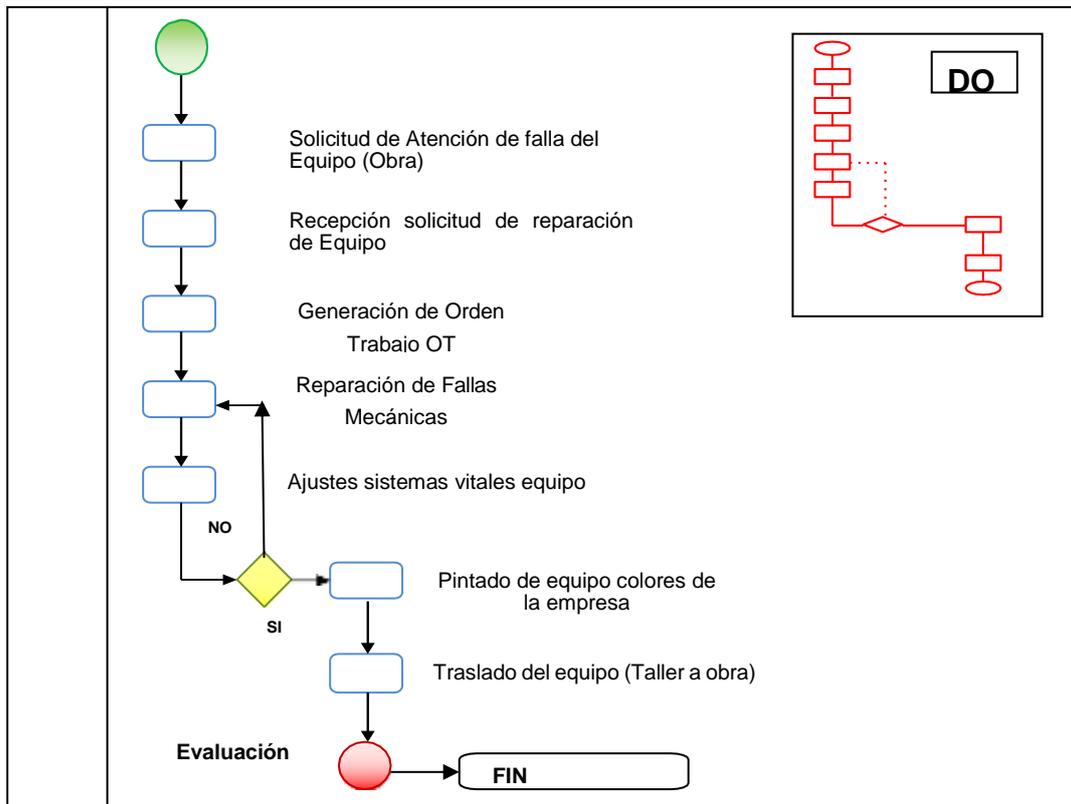


Figura 4. Diagrama de Operación del Proceso Mantenimiento

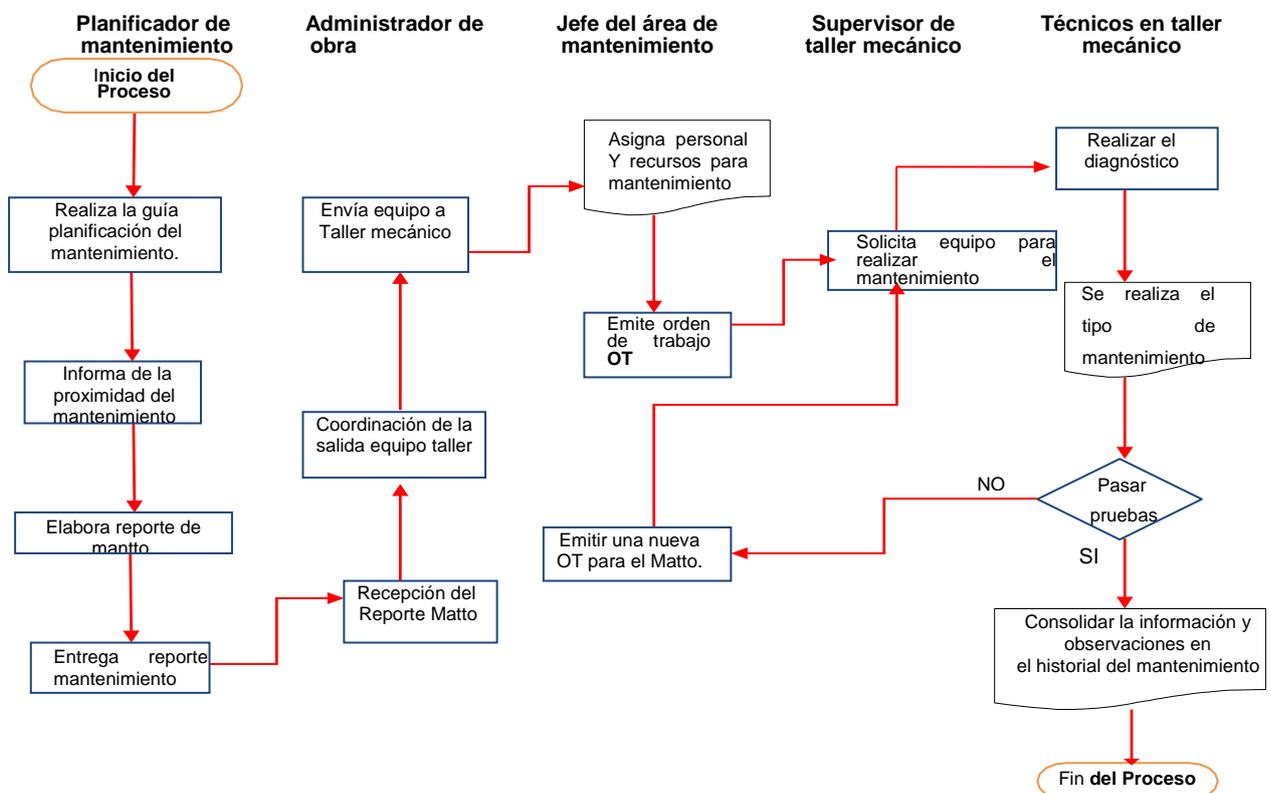


Figura 5 Flujo-grama del Proceso de Mantenimiento Preventivo

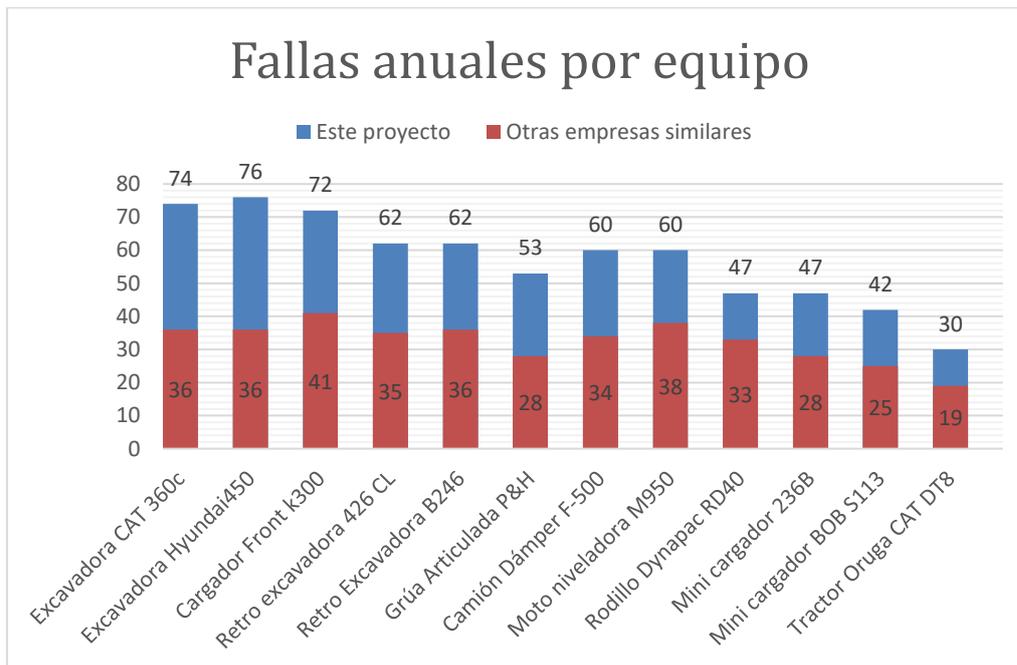


Figura 6. Reporte de fallas anuales totales por maquinaria

Tabla 5

Exceso de horas anuales del mantenimiento preventivo por maquinaria

ITEM	Tipo de maquina	Operaciones	Código CIC	Exceso Hrs/ Mantto Año
1	Excavadora CAT 360c	Excavaciones	360CL	180.6
		Maniobras	EMC	
2	Excavadora Hyundai450	Excavaciones	450L	178.5
		Maniobras	EMC	
3	Cargador Front k300	Transporte	K300	174.2
		Material	CTM	
4	Retro excavadora 426 CL	Excavaciones	LF240	160.7
		Maniobras	EMC	
5	retro excavadora B246	Tendido de	LF420	152.5
		Tuberías	EMC	
6	Grúa Articulada P&H	Operaciones	FR500	140.8
		Maniobras	OPM	
7	Camión Dámper F-500	Transporte	T200	140.6
		Material	TM1	
8	Moto niveladora M950	Nivelación	D426	118.5
		Superficie	NCS	
9	Rodillo Dynapac RD40	Compactado	CS533	108.2
		Superficie	CMP	
10	Mini cargador 236B	Transporte	LT800	104.0
		material	ACM	
11	Mini cargador BOB S113	Transporte	M950	72.5
		material	ACM	

12	Tractor Oruga CAT DT8	Nivelación superficie	DT8 TAC	70.6
----	-----------------------	-----------------------	------------	------

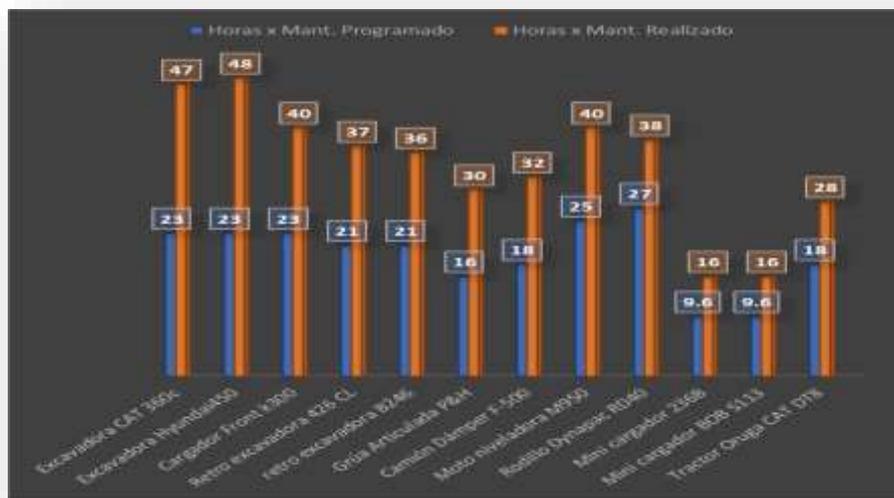


Figura 7. Diferencias entre horas/año por mantenimiento programado vs el mantenimiento realizado

2.3.2 Solución de la propuesta

Descripción de las causas raíces



Figura 8. Análisis Ishikawa de Causas para el Problema Principal

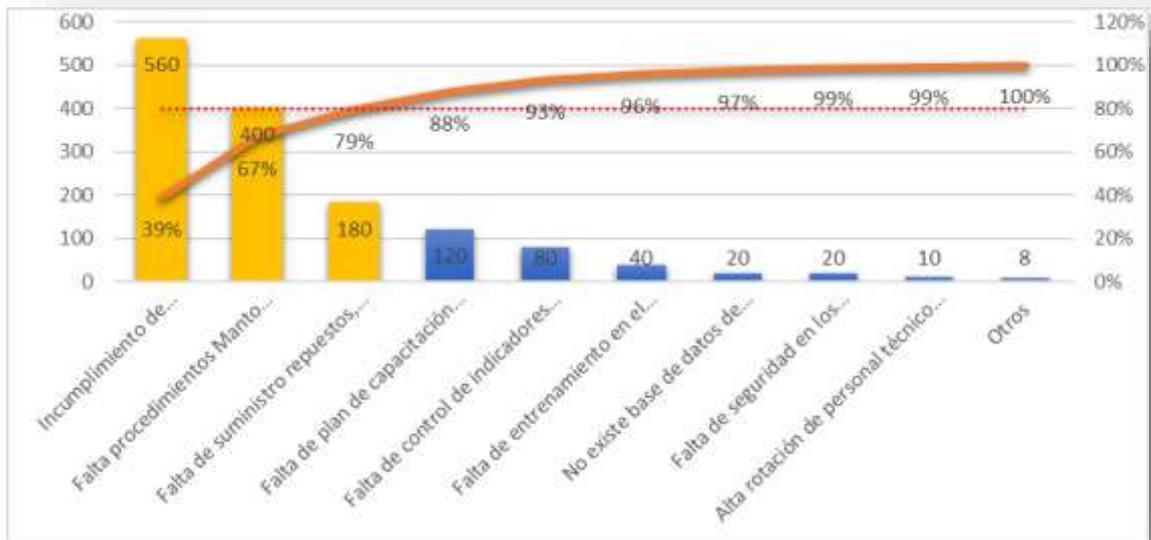


Figura 9: Análisis de las Causas del Problema (Diagrama de Pareto).

Tabla 6

Causas del problema

Descripción	Causa	Paralización tiempo (hrs.)	Porcentaje acumulado (%)	Frecuencia acumulada	80-20
Incumplimiento de Mantenimiento Correctivo	causa 1	560	39%	560	80%
Falta procedimientos Manto Preventivo	causa 2	400	67%	960	80%
Falta de suministro repuestos, materiales e insumos	causa 3	180	79%	1140	80%
Falta de plan de capacitación Técnica mecánica	causa 4	120	88%	1260	80%
Falta de control de en indicadores de mantenimiento	causa 5	80	93%	1340	80%
Falta de entrenamiento en el mantenimiento Autónomo	causa 6	40	96%	1380	80%
No existe base de datos de mantenimiento	causa 7	20	97%	1400	80%
Falta de seguridad en los equipos y maquinarias	causa 8	20	99%	1420	80%
Alta rotación de personal técnico de mantenimiento	causa 9	10	99%	1430	80%
Otros	causa 10	8	100%	1438	80%

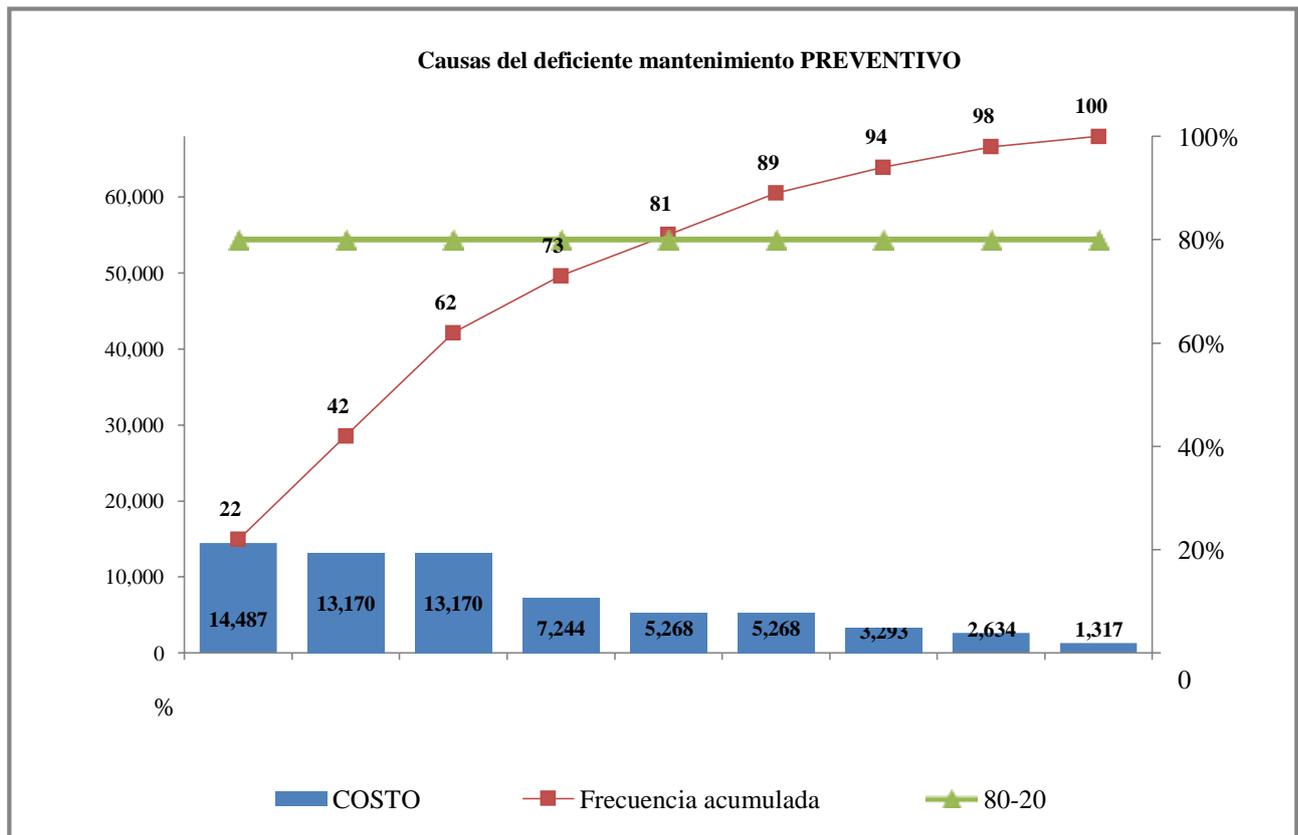


Figura 10. Análisis de causas del deficiente mantenimiento Preventivo

En el análisis del deficiente mantenimiento preventivo de equipos, se observa que las tres primeras causas representan el 62% del costo acumulado

No hay repuestos disponibles en almacén para realizar los mantenimientos planificados para los equipos con un impacto del 22% de total del problema y costo acumulado de S/.14,487.00.

La ausencia de un plan de compra de insumos necesarios para el mantenimiento de los equipos con un acumulado del 20%.

Controles preventivos insuficientes en cada uno de los proceso de mantenimiento con lo cual no se puede gestionar la condición de los equipos.

Falta de compromiso de la gerencia con el mantenimiento de los equipos Mostramos los resultados obtenidos después de realizar la auditoría al departamento de mantenimiento.

Monetización de pérdidas

Tabla 7
Cuadro resumen de las causas seleccionadas a minimizar

Sub problema	Causa	Ahorro	Impacto del problema
Excesivo mantenimiento correctivo en los Equipos	1. Falta indicadores de control cumplimiento OT	53,448	24%
	2. Falta de procedimientos de reparación en equipos	39,300	18%
sub total		S/. 92,748	
Ausencia del mantenimiento preventivo en los equipos	3. Falta de repuestos disponibles en almacén	14,487	6%
	4. Ausencia de un plan de compra de Materiales	13,170	6%
	5. Falta indicadores de control cumplimiento OT	13,170	6%
sub total		S/. 40,827	
ahorro total		133,575.00	60%
Costo total del problema		223,050	100%

Tabla 8
Análisis de cuantificación de las causas para el problema

Sub-Problema	Causas	Máquina	Hombre	Material	Entorno	Método	Medición	Impacto	Costo	
Excesivo Mantenimiento Correctivo en los equipos	Ausencia de Procedimientos					14%	20%	34%	S/53,448	
	Falta de capacitación técnica		15%		5%			20%	S/31,440	
	Costumbre de no usar manuales					5%	7%	13%	S/20,436	
	Falta de condiciones técnicas		5%	5%				10%	S/15,720	
	Poco compromiso del proveedor					3%	4%	7%	S/11,004	
	Poca vida de los repuestos			3%				2%	5%	S/7,860
	No hay plan de compra de repuestos						5%	5%	S/7,860	
	Falta control de gestión de equipos		2%	1%					3%	S/4,716
	No existe planes de capacitaciones						3%		3%	S/4,716
Sub total		0%	22%	9%	8%	31%	29%	100%	S/157,200	
Ausencia de Mantenimiento Preventivo en los equipos	Falta de repuestos y materiales			11%		11%		22%	S/14,487	
	Ausencia de un plan de compra					20%		20%	S/31,440	
	Control preventivo insuficiente					8%	12%	20%	S/31,440	

Alta rotación del personal		7%			4%		11%	S/17,292
Desconocimiento del proceso		4%			4%		8%	S/12,576
Falta de planeamiento preventivo					3%	5%	8%	S/12,576
Personal con poca habilidad		5%					5%	S/7,860
Manuales insuficientes					4%		4%	S/6,288
Escasez de repuestos en almacén			2%				2%	S/3,144
Sub total		0%	16%	13%	0%	54%	17%	S/137,103

Debido al aumento de las fallas en los equipos y las paradas no programadas se ha detectado la pérdida progresiva de la disponibilidad de los equipos como lo muestra la data procesada suministrada por el área de mantenimiento.



Figura 11 Análisis Disponibilidad Real de los equipos Año 2018-2019

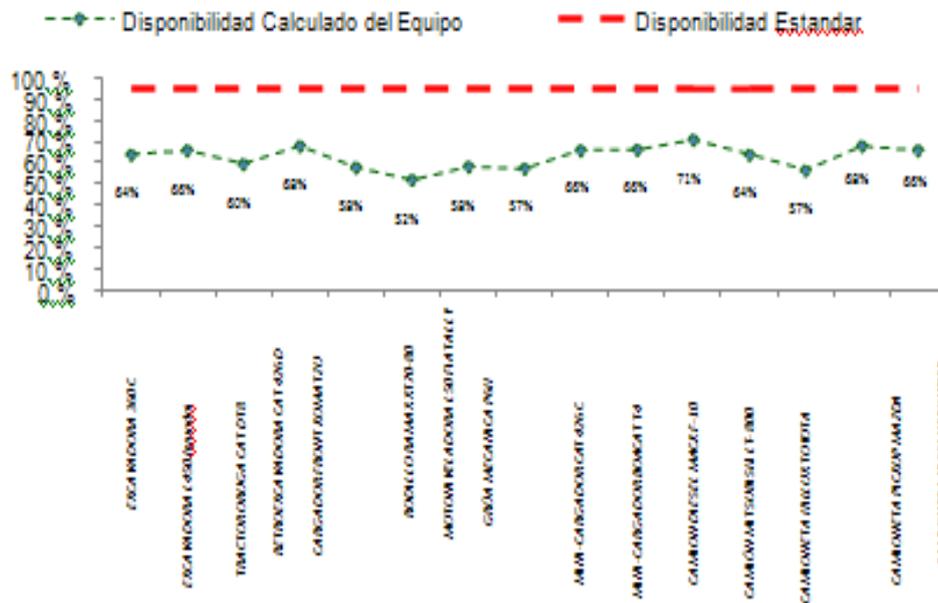


Figura 12. Disponibilidad calculada de equipos y disponibilidad estándar

Tabla 9

Check list de diagnóstico de desgastes

ANÁLISIS DE DESGASTES			
EQUIPO	PARTES OK (%)	ESTADO	OBSERVACION
RETROEXCAVADORA 420E	80	REGULAR	Las fallas se presentan en los niveles de aceite
RETROEXCAVADORA 420E	70	REGULAR	ajuste en el sistema hidráulico
RETROEXCAVADORA 420D	68	MALO	filtros en mal estado
RETROEXCAVADORA 420D	74	MALO	necesidad de llantas
EXCAVADORA 220D	69	MALO	filtros en mal estado
EXCAVADORA 220D	80	MALO	fugas hidráulicas
EXCAVADORA 320C	60	MALO	filtros y escape en mal estado
EXCAVADORA 320DL	78	MALO	falta de accesorios eléctricos en la cabina
EXCAVADORA 320DL	75	MALO	cucharon en mal estado
CARGADOR FRONTAL 966H	80	MALO	neumáticos en mal estado

CARGADOR FRONTAL 966H	70	MALO	fugas hidráulicas
CARGADOR FRONTAL 966H	80	MALO	culata rajada
CARGADOR FRONTAL 966H	76	MALO	necesidad de mantenimiento básico en el motor
CARGADOR FRONTAL 966H	77	MALO	descaste de cuchilla
BULLDOZER D7T	80	MALO	ajuste en el sistema hidráulico
BULLDOZER D7T	90	MALO	carriles en mal estado

Solución de la propuesta

El proyecto consiste en aumentar la disponibilidad de los equipos y maquinarias de movimiento de tierra mediante la técnica del Mantenimiento productivo total (TPM) y generar un planeamiento del control de mantenimiento para las unidades a fin de incrementar la productividad y disponibilidad de los equipos.

Tabla 10

Matriz de proceso de jerarquía analítica

Criterio	Enfoque en el control	Necesidad de datos	Estandarización de procesos	Tiempo de implementación	Costo de implementación
Enfoque en el control	1	7	7	8	8
Necesidad de datos	0.143	1	7	8	8
Estandarización de procesos	0.143	0.143	1	8	5
Tiempo de implementación	0.125	0.125	0.125	1	9
Costo de implementación	0.125	0.125	0.200	0.111	1
TOTAL	1.536	8.393	15.325	25.111	31

Objetivo estratégicos

Los objetivos estratégicos ayudan a generar competitividad a partir de las mismas operaciones de la empresa. A través de los planes de gestión del mantenimiento se busca lograr que los equipos trabajen en la obra sin presentar fallas inesperadas de manera que no

generen retrasos en los cronogramas de operaciones de la obra y permitan concluir las mismas en los plazos establecidos en los contratos.

Logros Esperados y efectos deseados son:

Generar una mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos mediante la planificación.

Implementar un mantenimiento autónomo ligado al seguimiento y control de la herramienta de trabajo (maquinas).

Lograr un control constante del mantenimiento de las unidades mediante el análisis de los indicadores de rendimiento.

Objetivos específicos

Desarrollar un Plan de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos.

Estandarizar los procedimientos y las tareas de mantenimiento en cada una de las maquinarias así como también sus intervalos de realización.

2.3.3 Evaluación económica financiera

Inversión

Tabla 11

Costo del Mantenimiento General por Maquinaria

COSTO GENERAL DE MANTENIMIENTO EN OBRA				
N°	Maquinaria Descripción	Código CIC	Total(S/.)	Acumulado (%)
1	Excavadora Caterpillar 360C	360 CL BOB	21,850.00	12.91
2	Excavadora Hyundai L450	450L HTD	16,430.00	24.78
3	Cargador Frontal K300	K300 AEO	19,400.00	38.81
4	Retroexcavadora 426C	LF426 RTE	12,100.00	47.56
5	Retroexcavadora 420E	LF420 RTO	11,920.00	56.18
6	Grúa Articulada P&H L90	FR500 OET	10,160.00	63.52
7	Camión Articulado Dámper	T200 MCC	8,050.00	70.79
8	Moto niveladora Fiatallis	D426 TCC	10,020.00	78.03
9	Rodillo Compactador Dinapac	CS533 RTE	6,300.00	84.04

10	Tractor Oruga Caterpillar DT8	DT8 RHO	8,940.00	89.78
11	Mini Cargador 236B	M950 CDD	7,110.00	94.92
12	Mini Cargador Bobcat S113	LT800 BOB	7,030.00	100.00
Total General			139,310.00	

El Costo de Mantenimiento está dado por ser el valor monetario pagado por los repuestos, materiales y servicios requeridos para restaurar una maquinaria a su estado operativo y que de esta forma pueda realizar la función requerida (producción)

Tabla 12

Cuadro de Costo de Mantenimiento Preventivo

COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CASA S.A						
AÑO	COSTO DE MANO DE OBRA		COSTO DE MATERIALES		COSTO ANUAL	COSTO ANUAL MP S/.
	MANO OBRA	COSTO	COSTO	COSTO		
2018	6,400.00	2,050.60	2,730.00	38,960.00	12,890.00	63,030.60
2019	7,910.00	4,750.00	2,810.00	42,100.00	14,300.00	71,870.00

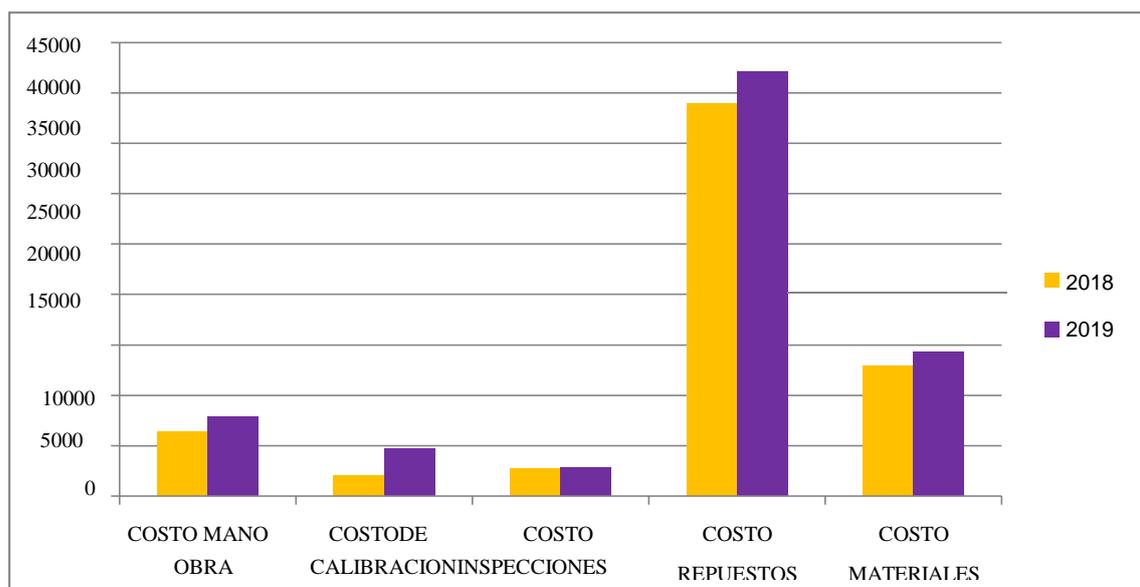


Figura 13 Histograma comparativo de Costo de mantenimiento preventivo

Tabla 13

Cuadro Comparativo de la Propuesta

Cuadro comparativo del ahorro anual	
Costo actual de mantenimiento (2018) sin TPM	S/. 269,165.00
Inversión propuesta con técnica TPM	S/. 117,303.80
AHORROANUAL	S/. 151,861.20

Tabla 14

Costo actual de Mantenimiento (2018) sin TPM

N°	Maquinaria Descripción	Código CIC	Total(S/.)	(%)
1	Excavadora Caterpillar 360C	360 CL BOB	23,150.00	8.60%
2	Excavadora Hyundai L450	450L HTD	17,369.00	6.45%
3	Cargador Frontal K300	K300 AEO	15,213.00	5.65%
4	Retroexcavadora 426C	LF426 RTE	11,009.00	4.09%
5	Retroexcavadora 420E	LF420 RTO	8,321.00	3.09%
6	Grúa Articulada P&H L90	FR500 OET	8,892.00	3.30%
7	Camión Articulado Dámper	T200 MCC	7,324.00	2.72%
8	Moto niveladora Fiatallis	D426 TCC	9,200.00	3.42%
9	Rodillo Compactador Dinapac	CS533 RTE	7,672.00	2.85%
10	Tractor Oruga Caterpillar DT8	DT8 RHO	7,782.00	2.89%
11	Mini Cargador 236B	M950 CDD	5,321.00	1.98%
12	Mini Cargador Bobcat S113	LT800 BOB	6,561.00	2.44%
13	Moto niveladora FIAT	FG-085	10,054.00	3.74%
14	Camión articulado CAT	CHL-157	9,231.00	3.43%
15	Camión Mitsubishi L600	WD-4640	12,234.00	4.55%
16	Camión Volvo FH400	CHL-125	11,254.00	4.18%
17	Mini-Cargador CAT	MC-260	11,442.00	4.25%
18	Mini-cargador BOBCAT	TR-250	9,981.00	3.71%
19	Grúa-autopropulsada	GA- 900	20,132.00	7.48%
20	Camioneta Toyota Hillux 50	PQH-048	3,025.00	1.12%

21	Camioneta Mazda LX 250	PCQ-243	3,525.00	1.31%
22	Camioneta Nissan pick up	FHG-640	2,987.00	1.11%
23	Rodillo Ramax XT126	RW-1440	20,132.00	7.48%
24	Cargador Frontal K800	WA-250	18,231.00	6.77%
25	Camión Volvo FH400	CHL-125	9,123.00	3.39%
Total			269,165.00	100.00%

Tabla 15

Flujo de caja Inversión Anual del Mantenimiento Propuesto-TPM

Inversión anual del mantenimiento propuesto

Descripción	Fecha	Monto S/.
Plan de mantenimiento productivo total		
Plan de compra repuestos programado de los equipos		48,000.00
Plan de compra de aceite Hidráulico		34,465.00
Materiales consumibles y suministros de insumos		11,063.80
Compra Herramientas de inspección y repuestos		5,680.00
Mantenimiento Anual del programa		3,500.00
	Sub-total	102,708.80
Entrenamiento y capacitaciones		
Plan de Capacitación para los Gerentes y ejecutivo		3,800.00
Plan de Capacitación para los Técnicos/Operadores		3,200.00
Plan de Promoción e incentivos del programa		1,800.00
Compra de materiales y recursos necesarios		1,495.00
	Sub-total	10,295.00
Generación de una base de datos		
Compra de un Programa Mantenimiento		2,050.00
Compra de Proyectoros		1,150.00
Capacitación y entrenamiento del programa		1,100.00
	Sub-total	4,300.00
Costo total Anual		117,303.80

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 16

Disponibilidad operativa de la maquinaria de la empresa constructora

Tipo de maquinaria	Modelo	Disponibilidad de maquinaria para trabajar						
		Jul	Agos	Setie	Octu	Novie	Dicie	Promedio
Cargador Frontal	962H	67%	67%	65%	85%	89%	93%	78%
	962H	89%	87%	78%	94%	78%	87%	86%
	PC350LC-8	87%	87%	93%	92%	91%	87%	90%
	PC350LC-8	78%	95%	92%	88%	86%	93%	89%
	PC350LC-8	76%	89%	87%	88%	87%	92%	87%
Excavadoras	336D2L	87%	87%	87%	89%	77%	67%	82%
	336D2L	98%	95%	86%	76%	89%	87%	89%
	336D2L	76%	87%	88%	56%	78%	88%	79%
	EC220DL	87%	87%	76%	87%	77%	76%	82%
	EC220DL	76%	86%	65%	65%	89%	56%	73%
	EC220DL	95%	76%	67%	78%	90%	65%	79%
	D8T	78%	85%	87%	67%	95%	76%	81%
	D8T	67%	87%	94%	56%	65%	78%	75%
	D6T XL	98%	87%	78%	98%	78%	65%	84%
	D6T	45%	68%	45%	87%	65%	45%	59%
	D8T	78%	78%	56%	89%	67%	67%	73%
Tractor de orugas	D8T	87%	68%	45%	77%	78%	78%	72%
	D8T	67%	89%	67%	79%	78%	78%	76%
	D6T	56%	68%	87%	87%	67%	67%	72%
	D6T	87%	78%	65%	86%	56%	67%	73%
	D6T	69%	87%	45%	85%	98%	87%	79%
	D6T	56%	89%	68%	67%	76%	77%	72%
Motoniveladora	140K	87%	80%	67%	54%	98%	78%	77%
	160K	87%	67%	87%	97%	56%	87%	80%
Rodillo vibratorio Liso	CS56B	89%	79%	88%	96%	45%	56%	76%

Tabla 17

Resumen de la disponibilidad operativa de la maquinaria de la empresa constructora de Julio a Diciembre del 2018

Resumen de la disponibilidad de maquinaria		
Maquinaria	Cantidad	%
Cargador frontal	2	78%
Excavadoras	9	83%
Tractor de oruga	11	74%
Motoniveladora	2	79%
Rodillo vibratorio	1	76%
Total	25	

Tabla 18

Análisis de los costos de mantenimiento de la maquinaria pesada por hora trabajada

Tipo de maquinaria	Modelo	Mt. Desgaste	Mantenimiento de maquinaria por hora trabajada				Depreciación	Total mantenimiento
			Gastos generales de obra	Lubricantes + Filtro	Repuesto	Material rodante		
Cargador Frontal	962H	21.77	10.69	18.60	33.98	12.21	79.44	176.69
	962H	21.77	10.69	18.60	33.98	12.21	79.44	176.69
	PC350LC-8	20.46	10.69	26.84	40.53	23.83	108.97	231.32
	PC350LC-8	20.46	10.69	26.84	40.53	23.83	108.97	231.32
	PC350LC-8	20.46	10.69	26.84	40.53	23.83	108.97	231.32
Excavadoras	336D2L	20.46	10.69	26.84	40.53	23.83	108.97	231.32
	336D2L	20.46	10.69	26.84	40.53	23.83	108.97	231.32
	336D2L	20.46	10.69	26.84	40.53	23.83	108.97	231.32
	EC220DL	19.21	20.52	17.40	40.79	16.35	127.42	241.69
	EC220DL	19.21	20.52	17.40	40.79	16.35	127.42	241.69
	EC220DL	19.21	20.52	17.40	40.79	16.35	127.42	241.69
	D8T	11.34	10.69	24.20	33.19	44.35	163.24	287.01
	D8T	11.34	10.69	24.20	33.19	44.35	163.24	287.01
	D8T	11.34	10.69	24.20	33.19	44.35	163.24	287.01
	D8T	11.34	10.69	24.20	33.19	44.35	163.24	287.01
Tractor de orugas	D8T	11.34	10.69	24.20	33.19	44.35	163.24	287.01
	D8T	11.34	10.69	24.20	33.19	44.35	163.24	287.01
	D6T XL	10.06	10.69	21.96	35.48	32.34	87.51	198.04
	D6T	10.06	10.69	21.96	35.48	32.34	87.51	198.04
	D6T	10.06	10.69	21.96	35.48	32.34	89.51	198.04

Tabla 19

Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Julio 2018

Tipo de maquinaria	Precio hora	T/horas	Total	P.	P. mano de obra	P. de materiales
				Maquinaria		
Cargador frontal	241.98	189	45,734.22	3.19	2.04	3.56
	241.98	455	110,100.90	3.09	1.34	4.33
	343.21	212	72,760.52	2.79	2.32	3.98
	343.21	387	132,822.27	3.14	2.02	3.59
	343.21	417	143,118.57	3.07	1.34	3.41
	343.21	396.3	136,014.12	3.05	2.04	2.91
Excavadoras	343.21	396.3	136,014.12	2.89	1.04	2.64
	343.21	421.3	144,594.37	2.05	2.02	2.62
	314.19	200.1	62,869.42	2.81	2.02	4.52
	314.19	158.4	49,767.70	3.11	2.04	4.46
	314.19	158.4	49,767.70	2.14	1.04	2.45
	404.3	399.6	161,558.28	3.18	2.02	2.45
	404.3	281.7	113,891.31	3.33	2.04	2.14
	404.3	432.6	174,900.18	1.61	1.04	3.11
	404.3	401.2	162,205.16	2.02	2.02	3.16
	404.3	339.6	137,300.28	3.84	2.21	2.47
Tractor de oruga	294.62	241.6	71,180.19	4.11	1.02	3.3
	294.62	336.3	99,080.71	3.22	2.03	2.04
	294.62	321.4	94,690.87	2.44	2.02	2.14
	294.62	405.2	119,380.02	3.05	2.04	3.11
	294.62	189.6	55,859.95	2.51	2.02	3.4
	294.62	233.7	68,852.69	3.11	2.03	4.11
Motoniveladora	262.53	136.9	35,940.36	3.22	2.02	2.52
	262.53	114.6	30,085.94	3.25	2.04	4.46
Rodillo vibratorio liso	157.23	121.7	19,134.89	2.14	2.02	2.45
Total				72.36	45.83	79.33
Productividad del mes de Julio				2.89	1.83	3.17

Tabla 20

Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Agosto 2018

Tipo de maquinaria	Precio hora	T/horas	Total	P. de maquinaria	P. mano de obra	P. de materiales
Cargador frontal	241.98	442.4	107,051.95	3.71	1.87	2.56
	241.98	366.9	88,782.46	3.79	1.44	2.33
	343.21	332	113,945.72	3.07	1.78	3.98
	343.21	228	78,251.88	3.55	2.03	3.59
	343.21	431	147,923.51	3.07	2.04	3.41
	343.21	432	148,266.72	3.55	1.34	2.91
Excavadoras	343.21	371.7	127,571.16	3.07	2.32	2.64
	343.21	411	141,059.31	3.55	2.21	2.62
	314.19	85.1	26,737.57	2.81	1.34	2.52
	314.19	107	33,618.33	3.25	1.89	4.46
	314.19	321.2	100,917.83	2.81	1.98	2.45
	404.3	446.2	180,398.66	4.18	1.78	2.45
	404.3	314.5	127,152.35	3.45	1.45	2.14
	404.3	440.6	178,134.58	4.19	1.33	3.49
	404.3	396.4	160,264.52	3.45	1.98	1.16
	404.3	390.6	157,919.58	4.19	1.54	2.47
Tractor de orugas	294.62	336.2	99,051.24	2.51	2.03	3.30
	294.62	362.4	106,770.29	3.05	2.31	2.45
	294.62	382.5	112,692.15	2.51	2.04	2.14
	294.62	430.1	126,716.06	3.05	2.02	3.49
	294.62	470.5	138,618.71	2.51	2.34	3.40
	294.62	331.1	97,548.68	3.05	1.54	4.11
Motoniveladora	262.53	103.4	27,145.60	3.47	2.03	2.52
	262.53	76.9	20,188.56	3.76	2.31	4.46
Rodillo vibratorio liso	157.23	122.1	19,197.78			
Total				82.16	46.98	73.52
Productividad total del mes de Agosto				3.42	1.96	3.06

Tabla 21

Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Setiembre 2018

Tipo de maquinaria	Precio hora	T/horas	Total	P. Maquinaria	P. mano de obra	P. de materiales
Cargador frontal	241.98	265.9	64,342.48	3.71	2.04	3.56
	241.98	501.1	121,256.18	3.79	1.34	4.33
	343.21	212	72,760.52	3.07	2.32	3.98
	343.21	469	160,965.49	3.55	2.21	3.59
	343.21	438	150,325.98	3.07	1.34	3.41
Excavadoras	343.21	430.9	147,889.19	3.55	2.04	2.91
	343.21	438.6	150,531.91	3.07	1.34	2.64
	343.21	447	153,414.87	3.55	2.32	2.62
	314.19	200.8	63,089.35	2.81	2.21	4.52
	314.19	163.9	51,495.74	3.25	2.04	4.46
	314.19	166.6	52,344.05	2.81	1.34	2.45
	404.3	411.6	166,409.88	4.18	2.32	2.45
	404.3	282.4	114,174.32	3.45	2.04	2.14
	404.3	484.4	195,842.92	1.61	1.34	3.49
	404.3	411.8	166,490.74	2.32	2.32	3.16
Tractor de oruga	404.3	405.7	164,024.51	5.00	2.21	2.47
	294.62	256	75,422.72	5.55	1.34	3.30
	294.62	379.6	111,837.75	4.47	2.03	2.45
	294.62	367.1	108,155.00	2.51	2.31	2.14
	294.62	451	132,873.62	3.05	2.04	3.49
	294.62	485.2	142,949.62	2.51	2.02	3.40
	294.62	392.8	115,726.74	3.05	2.03	4.11
Motoniveladora	262.53	168.9	44,341.32	3.47	2.31	2.52
	262.53	192.5	50,537.03	3.76	2.04	4.46
Rodillo vibratorio liso	157.23	111.2	17,483.98	2.58	2.02	2.45
Total				83.72	48.91	80.52
Productividad del mes de Setiembre				3.49	2.04	3.36

Tabla 22

Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Octubre 2018

Tipo de maquinaria	Precio hora	T/horas	Total	P.	P. mano de obra	P. de materiales
				Maquinaria		
Cargador frontal	241.98	189	45,734.22	4.14	2.04	3.11
	241.98	455	110,100.90	4.14	1.34	3.24
	343.21	212	72,760.52	4.14	2.32	3.16
	343.21	387	132,822.27	4.14	2.02	3.09
	343.21	417	143,118.57	3.89	1.04	3.51
	343.21	396.3	136,014.12	3.89	2.04	2.91
Excavadoras	343.21	396.3	136,014.12	4.89	1.04	2.64
	343.21	421.3	144,594.37	4.15	2.02	2.62
	314.19	200.1	62,869.42	3.36	2.02	3.11
	314.19	158.4	49,767.70	3.36	2.04	3.31
	314.19	158.4	49,767.70	3.36	1.04	3.54
	404.3	399.6	161,558.28	4.26	2.02	3.54
	404.3	281.7	113,891.31	3.33	2.04	3.54
	404.3	432.6	174,900.18	3.67	2.14	3.11
	404.3	401.2	162,205.16	4.59	2.02	3.06
	404.3	339.6	137,300.28	4.58	2.06	2.47
Tractor de oruga	294.62	241.6	71,180.19	4.11	1.02	3.87
	294.62	336.3	99,080.71	3.22	2.03	2.04
	294.62	321.4	94,690.87	4.57	2.02	2.14
	294.62	405.2	119,380.02	3.05	2.04	3.21
	294.62	189.6	55,859.95	4.21	2	3.89
	294.62	233.7	68,852.69	4.21	2	4.11
Motoniveladora	262.53	136.9	35,940.36	3.99	2	2.51
	262.53	114.6	30,085.94	3.99	2	3.21
Rodillo vibratorio liso	157.23	121.7	19,134.89	4.11	2.11	2.45
Total				99.35	46.46	77.39
Productividad del mes de Octubre				3.97	1.86	3.10

Tabla 23

Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Noviembre 2018

Tipo de maquinaria	Precio hora	T/horas	Total	P.	P. mano de obra	P. de materiales
				Maquinaria		
Cargador frontal	241.98	189	45,734.22	2.16	3.36	3.26
	241.98	455	110,100.90	2.69	2.56	3.24
	343.21	212	72,760.52	2.16	2.56	3.16
	343.21	387	132,822.27	2.37	3.01	3.09
	343.21	417	143,118.57	2.19	3.01	3.51
	343.21	396.3	136,014.12	2.56	1.04	2.91
Excavadoras	343.21	396.3	136,014.12	2.56	2.14	2.64
	343.21	421.3	144,594.37	2.14	2.56	2.62
	314.19	200.1	62,869.42	2.23	2.34	3.11
	314.19	158.4	49,767.70	3.11	1.69	3.31
	314.19	158.4	49,767.70	2.89	1.04	3.54
	404.3	399.6	161,558.28	2.24	3.29	2.89
	404.3	281.7	113,891.31	2.14	3.67	3.54
	404.3	432.6	174,900.18	2.19	3.56	2.89
	404.3	401.2	162,205.16	2.24	3.25	3.06
	404.3	339.6	137,300.28	2.69	2.06	2.47
Tractor de oruga	294.62	241.6	71,180.19	2.17	3.33	3.87
	294.62	336.3	99,080.71	2.05	3.36	2.04
	294.62	321.4	94,690.87	2.11	2.02	2.14
	294.62	405.2	119,380.02	2.01	2.04	3.21
	294.62	189.6	55,859.95	2.14	3.56	3.89
	294.62	233.7	68,852.69	2.11	2.89	4.11
Motoniveladora	262.53	136.9	35,940.36	2.09	2.14	2.51
	262.53	114.6	30,085.94	2.11	3	3.21
Rodillo vibratorio liso	157.23	121.7	19,134.89	2.45	3	2.45
Total				57.8	66.48	76.67
Productividad del mes de Noviembre				2.31	2.66	3.07

Tabla 24

Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales mes de Diciembre 2018

Tipo de maquinaria	Precio hora	T/horas	Total	P.	P. mano de obra	P. de materiales
				Maquinaria		
Cargador frontal	241.98	189	45,734.22	4.89	3.36	3.26
	241.98	455	110,100.90	4.05	2.56	3.24
	343.21	212	72,760.52	4.114	2.56	3.16
	343.21	387	132,822.27	3.995	3.01	3.09
	343.21	417	143,118.57	3.87	3.01	3.51
	343.21	396.3	136,014.12	4.22	1.04	2.91
Excavadoras	343.21	396.3	136,014.12	4.029	2.14	2.64
	343.21	421.3	144,594.37	4.96	2.56	2.62
	314.19	200.1	62,869.42	4.73	2.34	3.11
	314.19	158.4	49,767.70	4.88	2	3.31
	314.19	158.4	49,767.70	4.59	4.11	3.54
	404.3	399.6	161,558.28	4.11	3.29	2.89
	404.3	281.7	113,891.31	4.29	3.67	3.54
	404.3	432.6	174,900.18	4.33	3.56	2.89
	404.3	401.2	162,205.16	4.15	3.25	3.06
	404.3	339.6	137,300.28	3.89	3.89	4.14
Tractor de oruga	294.62	241.6	71,180.19	4.02	3.33	3.87
	294.62	336.3	99,080.71	4.51	3.36	3.59
	294.62	321.4	94,690.87	4.73	3.59	2.14
	294.62	405.2	119,380.02	4.56	2.04	3.21
	294.62	189.6	55,859.95	3.99	3.56	3.89
	294.62	233.7	68,852.69	4.55	2.89	3.55
Motoniveladora	262.53	136.9	35,940.36	4.58	2.14	2.56
	262.53	114.6	30,085.94	4.69	3	3.21
Rodillo vibratorio liso	157.23	121.7	19,134.89	4.89	3	2.45
Total				109.618	73.26	79.38
Productividad del mes de Diciembre				4.38	2.93	3.18

Tabla 25

Análisis de la productividad de maquinaria, mano de obra y de materiales por meses desde julio a diciembre

Mes	Tipo de productividad		
	P. Maquinaria	P. mano de obra	P. de materiales
Julio	2.89	1.83	3.17
Agosto	3.42	1.96	3.06
Setiembre	3.49	2.04	3.36
Octubre	3.97	1.86	3.10
Noviembre	2.31	2.66	3.07
Diciembre	4.38	2.93	3.18
Productividad Total	3.41	2.21	3.16

Tabla 26

Matriz de indicadores

CR	Causa Raíz	Indicador	Formula	Descripción	Valor Actual	Valor Meta	Ahorro	Herramienta de mejora
CR1	Falta indicadores de control cumplimiento	% control cumplimiento	Control de cumplimiento / Total de control de cumplimiento x 100%	Control de los equipos de seguimiento y de medición	100%	76%	53,448	Formato de indicadores de control cumplimiento
CR2	Falta de procedimientos de reparación en equipos	% procedimientos de reparación en equipos	Procedimiento de reparación de equipos / Total de procedimientos de reparación de equipos x 100%	Planificación de la realización del producto	100%	82%	39,300	Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo
CR3	Falta de repuestos disponibles en almacén	% repuestos disponibles en almacén	Repuestos disponibles en almacén/ total de repuestos x 100%	Provisión de recursos	100%	94%	14,487	Formato de control de almacén
CR4	Ausencia de un plan de compra de materiales	% plan de compra de materiales	Compra de materiales / total de compras x 100%	Verificación de los productos comprados	100%	94%	13,170	Formato de control de inventario.
CR5	Falta indicadores de control cumplimiento OT	% mejora de indicadores de control de cumplimiento OT	Indicadores de control/total de hrs*100	Verificación de los indicadores para solucionar el problema	100%	85%	13,170	Formato de control de indicadores de cumplimiento OT

ESQUEMA GENERAL DE LA PROPUESTA

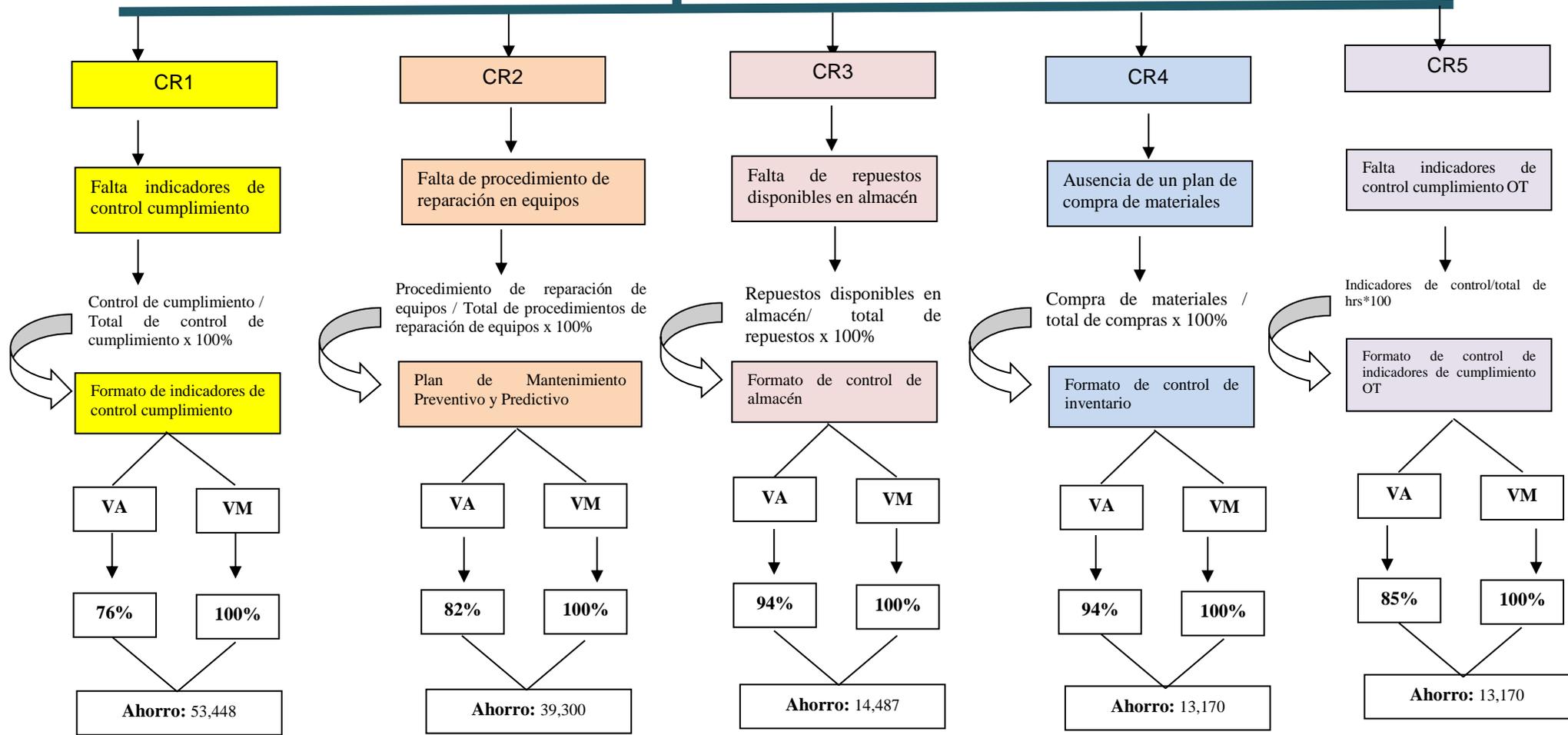


Tabla 27*Ponderación categorías del departamento de mantenimiento*

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO			
Equipo se trabajo	Área de mantenimiento	Empresa auditora	Corporación de Ingeniería Civil
Categoría	Todas	Unidad de operación :	Total
Auditoria :		Fecha :	27/03/2015
Aprobado :		Resultado :	47%
N°	Descripción	Peso (10)	Ponderación (%)
1	Organización y administración mantenimiento	10	57
2	Planeamiento de mantenimiento	10	49
3	Ejecución de mantenimiento	10	42
4	Habilidad de personal de mantenimiento	10	35
5	Abastecimiento de recursos	10	52
	TOTAL		47%

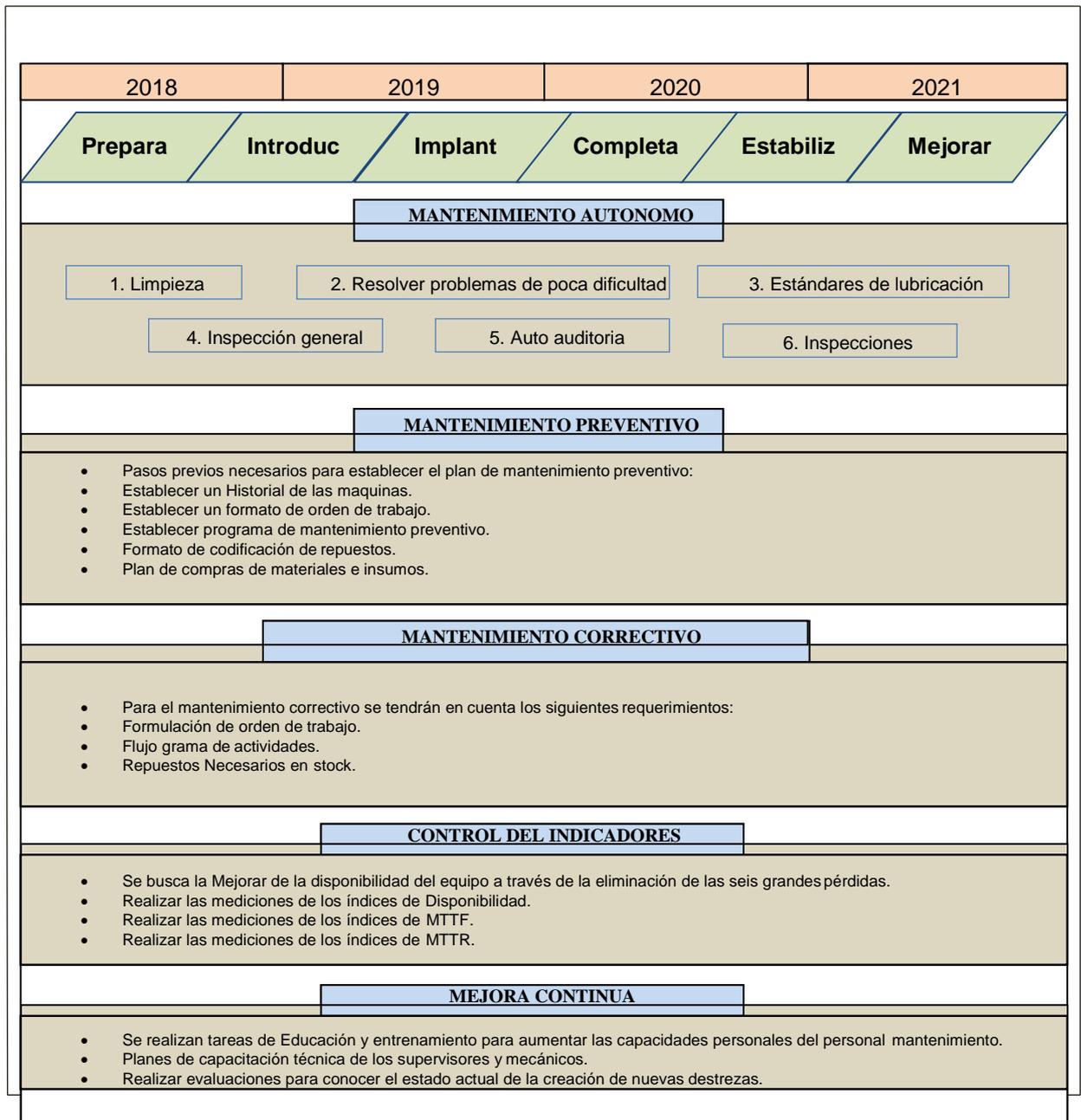
Tabla 28*Inventario de equipos en la planta*

INVENTARIO DE EQUIPOS EN LA PLANTA				
Planta:				
Realizado:	FECHA:	VERIFICADO POR:		FECHA:
Nombre del equipo	Código	Fabricante	Modelo/Serie	Observaciones/Potencia
TALLER DE EQUIPO PESADO				
Excavadora 360 C	JKL-789	CATERPILLAR	CBX/360B	320Kw/450hp
Excavadora HL450	HGH-476	HYUNDAI	450D/H L	460.8Kw/5500rpm
Tractor Oruga DT8	GHW-389	CATERPILLAR	FM370/ CV	800Kw/2400rpm
Retroexcavadora 426 D	NFR-154	CATERPILLAR	426D—10E	60kW/75hp
Cargador Frontal 160 C	GFR-525	KOMATZU	160LC-001	360Kw/3300rpm
Rodillo Ramax XT126	RW-1440	RAMAX	X126/002T	2560.3kg/m3
Cargador Frontal K800	WA-250	KOMATZU	800R/9RT	147kW/210hp
Moto niveladora FIAT	FG-085	FIATALLY	GF640-3M	192kW/260hp
Camión articulado CAT	CHL-157	CATERPILLAR	4CLM/960	400Kw/3600rpm
Camión Mitsubishi L600	WD-4640	MITSUBISHI	L600K/T07	600Kw/780hp
Camión Volvo FH400	CHL-125	VOLVO R.L	7FHM-400	448.7cu/8m3

Mini-Cargador CAT	MC-260	CATERPILLAR	246E/012	84.5kW/92hp
Mini-cargador BOBCAT	TR-250	BOBCAT	MBO60/07	80.7kW/96hp
Grúa-autopropulsada	GA- 900	P&H	GRF480-22	140 Kw/190 hp
Camioneta ToyotaHillux 50	PQH-048	TOYOTA	7A-9900E	147.5hp/3400rpm
Camioneta Mazda LX 250	PCQ-243	MAZDA	5TMZ10-D	177.0hp/5200rpm
Camioneta Nissan pick up	FHG-640	NISSAN	ZE4800-5N	220.5hp/2800rpm

Tabla 29

Plan anual de mantenimiento de equipos



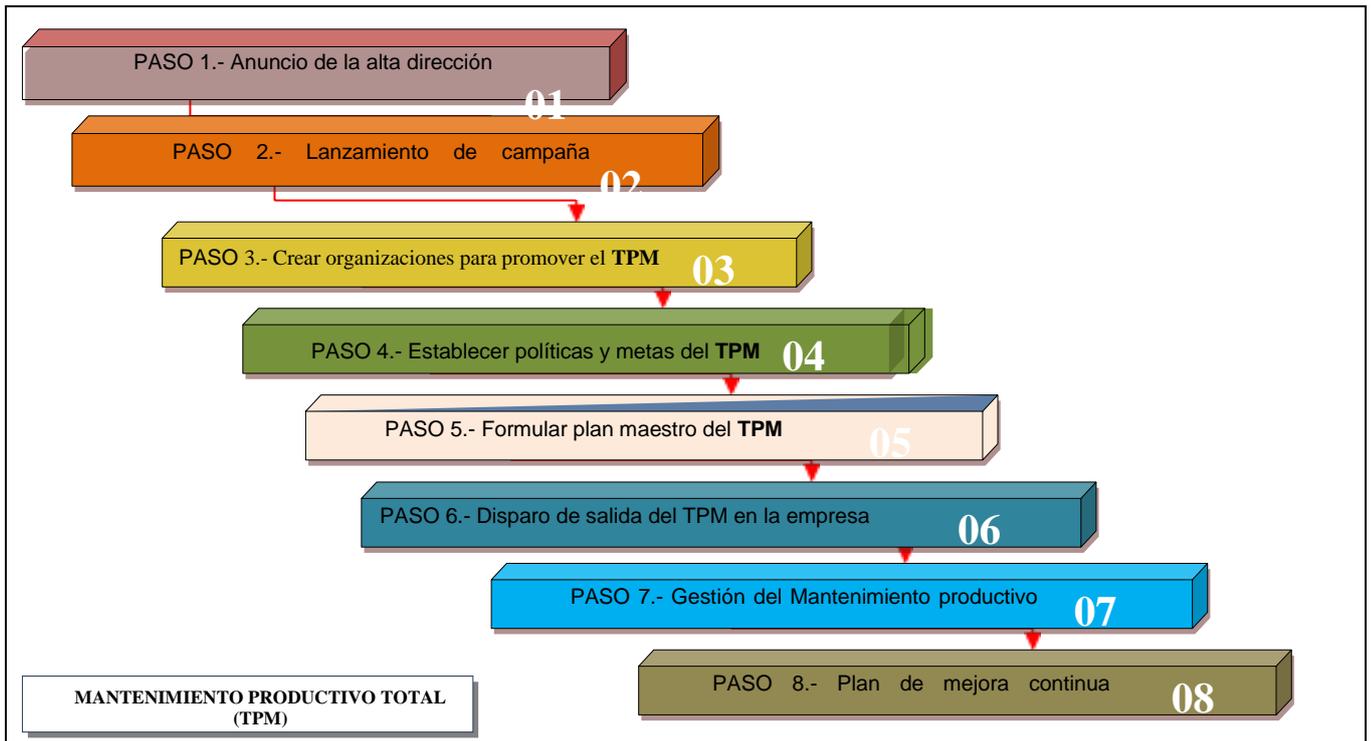


Figura 14 Pasos en el Desarrollo de la Implementación de TPM

PROPUESTA

El desarrollo de un programa TPM se lleva a cabo normalmente en cuatro fases de manera clara diferenciadas con unos objetivos en cada una de ellas, las cuales se indican a continuación.

1.- PREPARACIÓN

Considerada como fase fundamental la planificación, quien establece un cuidadoso programa TPM el cual debe de evitar o limitar el máximo de modificaciones futuras en su implantación. Tendrá como eje principal el plan maestro de desarrollo TPM en la constructora.

Plan maestro de desarrollo del TPM

Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello.

- Realizar las peticiones para la compra de repuestos.
- Establecer las políticas de mantenimiento.
- Supervisión de los trabajos de mantenimiento.
- Elaboración y ejecución del programa anual de mantenimiento.
- Realización de las auditorías de mantenimiento.
- Capacitación constante del personal técnico y obrero.
- Llenado y consulta de la base de datos.
- Prevenir detenciones inútiles o paro de los camiones de la flota.
- Balancear los costos de mantenimiento con el beneficio de la actividad.
- Conservar la flota en condiciones seguras de operación.
- Asegurar las condiciones óptimas necesarias para un buen funcionamiento de la flota.

1.1.- Información del TPM:

Esta etapa comprende una política de difusión al alcance de todo el personal el cual debe permitir entender el concepto de TPM, mediante las campañas informativas que hacer comprender a todo el personal, sea cual sea su nivel dentro de la compañía y su grado de responsabilidad, el porqué de la introducción del TPM.

Una parte fundamental es eliminar la resistencia que se genera en toda una organización cuando se promulga la decisión de introducir un cambio que va a afectar a todos de manera

directa o indirectamente. El TPM va a ser un factor importante que permita que la división del trabajo y la carencia de una especialización técnico mecánica se lleguen a superar.

La importancia, radica en convencer a los operarios de producción de que vale la pena la implementación del TPM, aunque esto conlleve que deberán de dedicar una parte de su tiempo a limpiar y mantener en correcto funcionamiento su equipo de producción, en lugar de estar produciendo. El cual se trata de una resistencia que al inicio de los programas de TPM se presenta con gran frecuencia, ya que los operarios creen que de esta forma se pierde productividad.

1.2.- Estructura promocional del TPM:

Esta etapa se lleva a cabo a través de la formación de pequeños grupos que se encuentran dentro de la organización. Cada líder de grupo es miembro de otro grupo del nivel superior. De esta forma existe conexión entre cada nivel y la comunicación es de manera horizontal y vertical y cada vez más fluida.

Es adecuado tener una oficina de promoción del TPM, tendrá como función promover y desarrollar estrategias eficaces para la promoción del TPM. Tendrá vital importancia en la fase de implantación del mantenimiento autónomo, y es importante que funcione en profesionales cualificados.

1.3.- Establecer políticas básicas del TPM y fijar los objetivos:

En esta etapa de la organización, la alta dirección de la empresa deberá de incorporar el TPM dentro de la política estratégica de la compañía, de esta manera fijará los objetivos concretos de alcanzar y las directrices a seguir a mediano y largo plazo. La empresa debe de fijar su punto de partida y tener una base de referencia, para lo cual debe de conocer la situación actual de la empresa, disponer de los datos cuantitativos de las averías, los defectos, rendimientos, etc.

1.4.- Desarrollo de un plan maestro del TPM:

Es el paso tal vez más importante, acá se trata de establecer un plan concreto para la implantación del TPM que integra las actividades a desarrollar para conseguir las metas propuestas, las principales actividades que debe ejecutar son:

- Establecer un programa de mantenimiento autónomo llevado a cabo por los propios

operarios.

- Incrementa la efectividad del equipo.
- Establecer un programa de mantenimiento planificado por el personal de mantenimiento.
- Aseguramiento de la calidad.
- Gestión anticipada de equipos.
- Formación y entrenamiento para aumentar aptitudes personales.

2.- INTRODUCCIÓN

Ésta etapa es considerada como la puesta en práctica del TPM. Se recomienda organizar un acto formal de presentación donde asistan todos los empleados y clientes o representantes de empresas relacionadas, en donde se informe de las actividades llevadas a cabo en la fase de preparación y de los planes futuros. Es muy importante que la alta dirección deba de procurar que su interés por el TPM alcance a toda la empresa, inyectando moral y disposición hacia el TPM a todos sus trabajadores.

En esta etapa la dirección debe de informar a todos los empleados y órganos empresariales de la intención de implantar el TPM. Previo a dar este paso, resulta imprescindible que la alta dirección tenga la plena convicción primero de la necesidad y segundo de la utilidad de implantar un programa de TPM. Si no hay un fuerte y sincero compromiso por su parte, que promueva la creación de un entorno favorable al cambio, sería un esfuerzo inútil, concluyendo que la alta dirección debe de estar absolutamente involucrada.

Conviene llevarlo a cabo invitando al personal de mantenimiento, supervisores y trabajadores de la empresa.

ACTA DE COMPROMISO DE LA ALTA GERENCIA DE LA CONSTRUCTORA CONFORMACION DEL GRUPO DE TRABAJO PARA LA IMPLMENTACION DEL TPM EN LA EMPRESA

ASISTENTES:

Cargo	Nombre	Firma

Acuerdos

- Se estableció la lista de participantes para las reuniones de capacitaciones sobre la implementación del TPM en la empresa.
- Las reuniones establecidas serán en días laborables.
- Se han establecido 4 reuniones de capacitaciones con una duración de 40 minutos.
- Una vez culminado las 4 capacitaciones propuestas en el programa de capacitación, se iniciará la capacitación al personal involucrado.
- Es necesario que todos los participantes asistan a las reuniones, asimismo deben tener entera predisposición.

3.- IMPLANTACIÓN

3.1.- Mejorar la efectividad de los equipos:

En esta fase debe de desarrollarse las actividades planificadas, con la adecuada asignación de los responsables y el acuerdo acerca de las fechas de implantación de éstas. Para que esta implantación no caiga en demoras y retrasos excesivos, así como la falta de coordinación que puede darse en la introducción de un nuevo sistema de gestión, es muy importante ajustarse a los plazos previstos en el plan de implantación, por lo cual es indispensable tener asignados los objetivos a una fecha y contar con un responsable.

3.2.- Mejorar la eficiencia del equipo:

Formar grupos multifuncionales compuestos por ingenieros de producción, personal de mantenimiento y operarios con el propósito de eliminar las pérdidas y mejorar la efectividad del equipo. Deberá de elegirse un equipo que sufra pérdidas crónicas y, una vez medidas y evaluadas cuidadosamente, se actuará de forma que se obtengan mejoras significativas en un período de aproximadamente tres meses.

3.3.- Establecer un programa de mantenimiento autónomo:

El mantenimiento autónomo es una de las características más inherentes al TPM. Donde se requiere la especialización producción - mantenimiento, los operarios manejan el equipo, el personal de mantenimiento los repara, se mantiene vigente hasta que aparece el mantenimiento autónomo en un programa TPM. Después de la implantación del TPM, operarios de producción participan en las funciones de dar un mantenimiento diario y en actividades de mejora que evitan el deterioro rápido de los equipos.

3.4.- Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado:

Esta etapa consiste en efectuar un mantenimiento programado el cual se lleve en forma periódica dado por el departamento de mantenimiento. El personal debe centrar sus energías en las tareas que requieren su propia experiencia técnica y aprender técnicas más sofisticadas de mantenimiento, al tiempo que es de ayuda en el mantenimiento autónomo.

3.5.- Creación de un programa de gestión temprana de equipos:

Es necesario contar con un programa de gestión temprana de equipos el cual tiene como objetivos la prevención del mantenimiento y un diseño de nuevos equipos que minimicen el mantenimiento e incluso estén exentos de él. Para llegar a estos objetivos se tiene que actuar desde la formación del equipo, su proyecto inicial, hasta su madurez, en donde tendrá lugar la operación normal con producción estable de procesos y productos con calidad.

A esta etapa en el tiempo se le denomina ciclo de vida del sistema o ciclo de vida total. El TPM se enfoca en minimizar el costo económico del ciclo de vida de un sistema, iniciando con las fases tempranas del desarrollo de este: fases de planificación de inversiones de equipos, de diseño, de fabricación, de instalación, de pruebas y de arranque. El programa de gestión temprana no acaba aquí, si no que abarca las fases de operación y mantenimiento bajo un enfoque de sistema total integrado, donde se combinan los esfuerzos de los ingenieros de diseño, de mantenimiento y mejorar la mantenibilidad.

Tabla 30

Seleccionar un (os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.

Causas de los problemas	Falla en el motor	Falla en los neumáticos	Falla en el sist. del motor	Falla en la bomba	Total
No existen procedimientos establecidos	x		x	x	3
Falta de compromiso		x			1
Falta de capacitación del personal	x	x	x	x	4
Falta de mantenimiento	x	x	x	x	4
Herramientas inapropiadas				x	1
Aceite inadecuado	x			x	2
Ingreso de cuerpos extraños			x		1
Malas condiciones operativas				x	1
Mala conducción de la maquinaria		x			1
Fuga de aceite	x				1

3.6.- Desarrollar un programa de mantenimiento planificado

Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo.

- Controlar el uso del aceite del motor ya que es un buen indicador de problemas en el motor.
- Controlar el uso del refrigerante.
- Revisar la pureza del combustible.
- Revisar la ocurrencia de humo.
- Revisar el filtro de aire ya que un filtro sucio genera un mayor consumo de combustible.
- Revisar las luces de advertencia las cuales pueden indicar problemas en el motor.
- Revisar el turbocompresor ya que si se encuentra dañado puede ocasionar graves fallas en el motor.
- Revisar el DPF debido a que si este está obstruido puede generar grandes fallas en el motor.

Tabla 31

Desperfectos más comunes

Desperfectos más comunes	Frecuencia	%	% Acum.
Motor	43	24.29	24.29
Neumático	31	17.51	41.81
Sincronización de motor	23	12.99	54.80
Bomba de inyección	20	11.30	66.10
Sistema eléctrico	20	11.30	77.40
Sistema de refrigeración	17	9.60	87.01
Sistema de escape	12	6.78	93.79
Otros	11	6.21	100.00
Total	177	100.00	

4.- CONSOLIDACIÓN

Consolidación del TPM y elevación de los objetivos:

El paso final de un programa TPM es conservar y perfeccionar las mejoras conseguidas a lo largo de cada de las etapas mencionadas. Se debe de cuantificar el progreso alcanzado y dar a conocer a todos los empleados, el cual ayudará a la comprensión y valoración de su trabajo. Se debe de mantener la filosofía de la mejora continua, revisando los objetivos establecidos y fijando otras ambiciones.

Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que pueda basarse en la aplicación

Tabla 32

Factores a minimizar

Tipo	Pérdidas	Tipo y Características	Objetivo
Tiempos muertos de vacío.	1. Averías	Tiempo de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas de los equipos	Eliminar
	2. Tiempos de preparación y ajustes de los equipos	Tiempos de paro del proceso por preparación de máquinas útiles necesarios para su puesta en marcha	Reducir al máximo

Pérdidas de velocidad del proceso	3. Funcionamiento a velocidad reducida	Diferencia entre la velocidad actual y la del diseño del equipo según su capacidad. Se puede contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño.
	4. Tiempo en vacío y paradas cortas	Intervalos de tiempos en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios.	Eliminar
Productos o procesos defectuosos	5. Defectos de calidad y repetición de trabajos	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos.	Eliminar productos y procesos fuera tolerancias
	6. Puesta en marcha	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.	Eliminar o minimizar según exigencias técnicas.

PROPUESTA ECONÓMICA

Tabla 33

Presupuesto de obra

Ingresos

COMPONENTES DE LOS GASTOS GENERALES	MONEDA NACIONAL	
	S/.	%
COSTO DIRECTO	S/.50,239,602.60	
1.- <u>GASTOS GENERALES</u>		
A.- GASTOS FIJOS	S/.1,300,592.62	2.59%
No directamente relacionados con el tiempo		
B.- GASTOS VARIABLES	S/.13,853,701.62	27.58%
Directamente relacionados con el tiempo		
TOTAL DE GASTOS GENERALES	S/.15,154,294.24	30.17%
2.- <u>UTILIDAD</u> 10.00%	S/.5,023,960.26	10.00%
PRESUPUESTO REFERENCIAL SIN IGV	S/.70,417,857.10	
3.- <u>I.G.V.</u> 18.00%	S/.12,675,214.28	18.00%
PRESUPUESTO REFERENCIAL INC IGV	S/.83,093,071.38	

Obra viaducto Piura - Paita tramo I y II	Monto Total	%
Total presupuesto de obra	83,093,071.38	100
Total presupuestado mantenimiento preventivo	120,484.95 *	0.145

**Partida consignada de setiembre 2017 a diciembre 2018*

Gastos de implementación del proyecto

La propuesta de mejora expuesta en el presente estudio pretende disminuir los costos incurridos por las paradas no programadas. Para ello se realiza la implementación propuesta en la cual los recursos necesarios están representados por:

- Costos de mantenimiento preventivo.
- Gastos para la implementación.
- Compra de repuestos originales y soporte de ser necesario.
- Capacitación a dos 2 supervisores que iniciaran el proceso de mantenimiento.

Tabla 34

Gastos de implementación de la propuesta de mejora

Sueldos	
Supervisor de confiabilidad	6,500
Supervisor de confiabilidad	6,500
Adquisiciones tangibles	
Soporte de confiabilidad	3,000
Gastos de implementación	
Capacitación al personal de la empresa	4,000
Compra utilitarios	5,000
Total de Egresos	25,000

Gastos en herramientas operativas

Herramientas operativas	Costos de implementación
Implementación de nuevos ambientes	10,943

Gastos en herramientas de mantenimiento

Herramientas de mantenimiento	Costos de implementación
Recuperación de maquinarias	1,498
Compra de repuestos críticos	21,440
Total	22,938

Gastos varios del proyecto

Gastos Varios	Costos de implementación
Uniformes	376
Herramientas de seguridad para el personal	218
Pago de tiempos extras	1,325
Capacitaciones a personal de actividades específicas	453
Total	2,372

En la tabla, se muestra el total de gastos de implementación de la propuesta de aplicación de la propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de una empresa constructora la cual supone un desembolso de 64,003 soles para el proyecto.

Recurso	Costos de implementación
Reparación de base de datos*	2,300
Capacitación operativos	450
Herramientas operativas	10,943
Herramientas de mantenimiento	22,938
Gastos varios	2,372
Personal	25,000
Total	64,003

* Adiciones a la base de datos para mejorar los indicadores de mantenimiento preventivo

Tabla 35

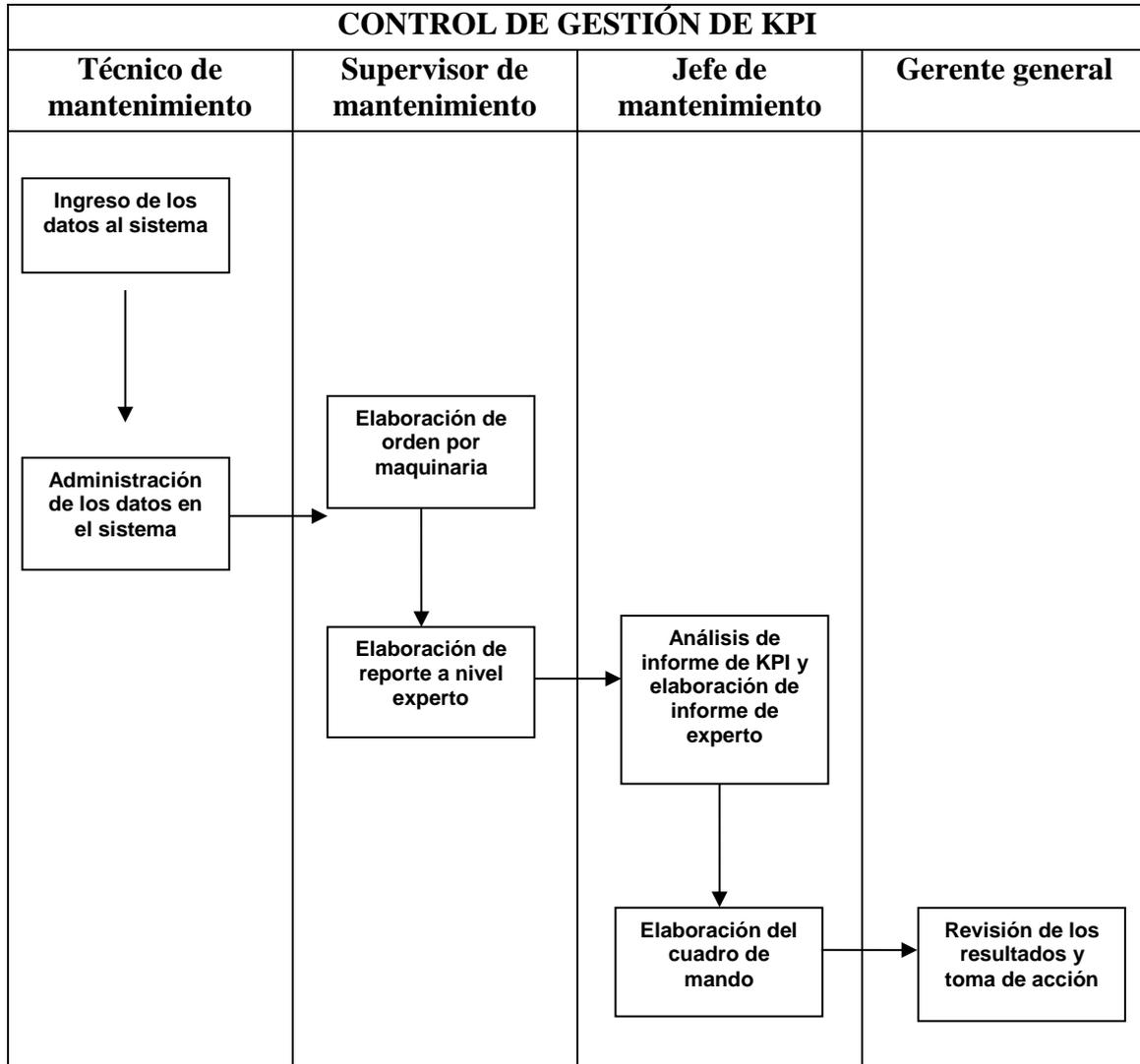
CONCEPTO	0	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
INGRESOS	-	56,481.95	100,439.00	102,863.00	105,343.00	107,880.00	110,476.00	110,124.00	110,767.00	113,429.00	116,152.00	116,637.00	119,311.00	120,295.00	123,028.00	122,638.00	123,351.00
COSTOS DE INVERSIÓN	64,003.00	61,253.00															
Reparación de BD	2,300.00																
Capacitación de operativos	450.00																
Herramientas operativas	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00	10,943.00
Herramientas de mantenimiento	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00	22,938.00
Gastos Varios	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00	2,372.00
Personal	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00
FLUJO DE CAJA	(64,003.00)	(4,771.05)	39,186.00	41,610.00	44,090.00	46,627.00	49,223.00	48,871.00	49,514.00	52,176.00	54,899.00	55,384.00	58,058.00	59,042.00	61,775.00	61,385.00	62,098.00

COK % 10
VAN 273,119
TIR 45%

INDICADORES KPI

Tabla 36

Control de gestión del KPI



Indicadores de desempeño (KPI)

Un indicador es un parámetro numérico que facilita la información en procesos respecto a las expectativas o percepción de lo deseado. Al medir podremos controlar, aprender, ser más eficientes y desarrollar estrategias y procedimientos que nos ayuden a mejorar nuestra gestión. Medir será esencialmente importante para comparar los datos de una magnitud con un patrón pre establecido previamente en los objetivos del programa.

Las mediciones buscan entregar información permanente sobre el desempeño en la gestión del mantenimiento de los equipos. Estas mediciones permitirán tener un marco comparativo

del desempeño del plan de mantenimiento y el cumplimiento del mismo en los diferentes procedimientos establecidos para los equipos.

Estos indicadores son:

- Tiempo Promedio entre Servicio (MTBF).
- Tiempo Promedio para Fallar (MTTF)
- Tiempo Promedio para Reparar (MTTR)
- Disponibilidad de las maquinarias
- Eficiencia global de Equipo (OEE)

La presente tabla muestra los indicadores de mantenimiento que serán usados para realizar las evaluaciones de manera que se puedan ser anexadas al historial del equipo permitiendo obtener cuadros comparativos y gráficos que muestren el estado y gastos de mantenimiento que ha acumulado cada equipo.

Tabla 37

Indicadores del desempeño

Indicador	Unidad	Fórmula
Efectividad global del equipamiento	%	Disponibilidad x ejecución x calidad
Tasa de disponibilidad neta	%	$\frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo disponible}}$
Tasa de ejecución	%	$\frac{\text{horas producción nominal}}{\text{horas producida en condiciones óptimas}}$
MTBF (tiempo medio entre fallas)	Horas	Tiempo promedio entre dos fallas para una reparación sobre un período de tiempo dado
Número de paradas que causan detención de la producción	Número	La suma de las paradas que ocurrieron durante un período dado
MTTR (tiempo medio para la reparación)	Horas	Tiempo promedio entre el momento cuando ocurre la falla y el momento cuando esta es reparada

1.- MTBF (Mean Time between Failures)

Uno de los indicadores más útiles y usados a nivel mundial para el estudio del comportamiento de los equipos es el Tiempo Medio entre Fallos (Mean Time Between Failures) ya que facilitara la evaluación de la eficiencia del mantenimiento preventivo. Este indicador nos va permitir realizar estudios para la mejora de la fiabilidad y mantenibilidad.

Este indicador incluye en sus análisis la evaluación de los siguientes parámetros:

- Las paralizaciones pueden ser programadas y no programadas.
- Incluyen todos los mantenimientos y reparaciones a excepciones de engrases rutinarios, re-abastecimientos de combustible, e inspecciones diarias.
- Se excluyen las demoras operativas, cambios de turno, almuerzo, etc.
- Las reparaciones de grupo se cuentan como una paralización.
- Indicador de confiabilidad (efectividad del mantenimiento).

Para preparar estos indicadores será necesario adecuados reportes de mantenimiento, informes sobre intervenciones, partes utilizadas, tiempos empleados. Sin esta información el diagnóstico se hace más complejo y no garantiza poder identificar las causas profundas del problema fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “fallo”. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. Asimismo, para determinar el valor de este indicador se deberá utilizar la data primaria histórica almacenada en los sistemas de información.

Es posible conocer el comportamiento de equipos en operación con el fin de:

- Optimizar el uso de los recursos humanos y materiales necesarios para el mantenimiento.
- Diseñar y/o modificar las políticas de mantenimiento a ser utilizadas.
- Calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos.
- Establecer frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo.

El MTBF actual o histórico se calcula utilizando observaciones en el mundo real. (Existe una disciplina aparte para que los diseñadores de equipo pronostiquen el MTBF, basándose en los componentes y la carga de trabajo prevista).

El cálculo del MTBF actual requiere de un conjunto de observaciones, cada una de estas observaciones son realizadas en los siguientes tiempos:

- Momento del tiempo de funcionamiento: el momento en el cual una máquina empieza a trabajar (inicialmente o después de una reparación)
- Momento del tiempo de inactividad: el momento en el cual una máquina falló después de trabajar a partir del momento de tiempo de funcionamiento previo
- Por lo que cada Tiempo Entre Falla (TBF) es la diferencia entre una observación del Momento del tiempo de funcionamiento y el subsecuente momento del tiempo de inactividad.

Se necesitan tres cantidades:

n = Número de observaciones.

u_i = Este es el i ésimo Momento del tiempo de funcionamiento

d_i = Este es el i ésimo Momento del tiempo de inactividad que sigue al i ésimo Momento del tiempo de funcionamiento

Por lo que el MTBF = Sumatoria ($d_i - u_i$) / n, para todos los $i = 1$ durante n observaciones

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de Horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

2.- MTTR Tiempo Promedio para Reparar

Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento.

La mantenibilidad, es una función del diseño del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico. Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación dependerá únicamente de la naturaleza del fallo dado y la facilidad de llegar al punto del fallo.

3.- Disponibilidad mecánica de equipo

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el MTBF y el MTTR, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad.

Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado.

La "disponibilidad" de un aparato es, matemáticamente, $MTBF / (MTBF + MTTR)$ para el tiempo de trabajo programado.

4.- La Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

Es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial mientras esta está en funcionamiento. El OEE se basa en tres indicadores que se detallan a continuación

El rendimiento, es el porcentaje que se obtiene de dividir la Horas-maquina real que la maquina ha estado trabajando entre las horas-maquina planificadas de operación. Para determinar el rendimiento de una maquina se debe considerar los tiempos de paradas menores no programadas por mantenimiento.

La calidad, se estima a partir de la Horas-maquina real menos las horas de paradas por ajustes menores y perdidas de velocidad todo ello dividido entre el horas-maquina real.

Tabla 38

Indicadores de mantenimiento de excavadoras

CODIGO	Horas de Equipo	HORAS CALENDARIO	HORAS TRABAJADAS	DEMORAS (HORAS)			INDICES OPERATIVOS %		INDICE DE MANTENIMIENTO %		
				OPERATIVAS + STAND BY	MECANICAS PROGRAMADAS	MECANICAS IMPREVISTAS	UTILIZACION	OPERATIVIDAD	DISPONIBILIDAD MECANICA	MTTR	MTBF
360 CL BOB	11,310	720	336	369	12	2.9	48%	96%	97.9%	0.8	67.7
450L HTD	5,541	720	271	377	70	2.2	42%	79%	89.9%	6.0	69.0
TOTAL		1440	606	746	83	5	45%	87%	93.9%	5.0	68.3
BENCHMARK							90%	80%	90%	3.4	70.0

Tabla 39

Indicadores de mantenimiento de cargador frontal

TRACTORES	HORAS CALENDARIO	HORAS TRABAJADAS	DEMORAS (HORAS)	INDICES OPERATIVOS %	INDICE DE MANTENIMIENTO %
-----------	------------------	------------------	-----------------	----------------------	---------------------------

CODIGO	Horas de Equipo			OPERATIVAS + STAND BY	MECANICAS PROGRAMADAS	MECANICAS IMPREVISTAS	UTILIZACION	OPERATIVIDAD	DISPONIB. MECANICA	MTTR	MTBF
K300 AEO	3,806	720	287	420	7.2	5.4	41%	96%	98.3%	1.0	72.3
TOTAL		720	287	420	7	5	41%	96%	98.3%	1.0	72.3
BENCHMARK							90%	85%	92.0%	5	70

Tabla 40
Consolidado de Indicadores de la propuesta

Objetivo	Indicador	Actual	Meta
Asegurar la Disponibilidad Mecánica de los Equipos	Baja utilización de las maquinarias	45%	90%
	MTTR	5	3.4
	MTBF	68.30%	70%
	Disponibilidad	81.40%	92%
	Horas de paradas	260	
	Retroexcavadoras	65%	30%
	Excavadoras	70%	30%
	Cargadores frontales	62%	30%
	Tractores	75%	30%
	N° horas de paradas no programadas	178.0	
Cumplir el Presupuesto (Gastos de Mantenimiento)	Impacto económico	70,416	0
Asegurar la definición del Plan de Mantenimiento programado de Equipos	Condición de los repuestos		
	Malos	80%	0
	Regulares	19%	20
Asegurar la ejecución del Plan de Mantenimiento programado	Cumplimiento del programa de MTTO preventivo	25%	90

Tabla 41

Fórmulas para hallar el OEE

Fórmulas para Hallar la Eficiencia Global de los Equipos (OEE)			
Indicadores		Forma de Cálculo	Descripción
Tiempo Disponible	TD	Investigación	Es el tiempo disponible que operan la maquinas durante todo el año, semestre o mes.
Tiempo de Parada Planificada	TPP	Investigación	Es el tiempo que se hace para un mantenimiento planificado, horarios no laborables y feriados.
Tiempo de Funcionamiento	TF	$TF = TD - TPP$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo Disponible menos el Tiempo de Parada Planificada.
Tiempo de Preparación de Equipo	TPE	Investigación	Es el tiempo destinado para los cambios de producto, arranque de equipo, etc.
Tiempo del Periodo de Operación	TPO	$TPO = TF - TPE$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo de Funcionamiento menos el Tiempo de Preparación de Equipo.
Tiempo de Parada no Planificada por Equipos	TPPE	Investigación	Es el tiempo perdido por las fallas de los equipos, desde su avería hasta su reparación.
Tiempo de Operación Neta	TON	$TON = TPO - TPPE$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo del Periodo de Operación menos el Tiempo de Parada no Planificada por Equipos.
Tiempo Perdido por Operación	TPOP	Investigación	Es el tiempo perdido por marchas en vacío, reducción de velocidad de los equipos, falla en el suministro de materia prima o insumos, etc.
Tiempo de Operación Utilizable	TOU	$TOU = TON - TPOP$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo de Operación Neta menos el Tiempo Perdido por Operación.
Tiempo Perdido por Defectos	TPD	Investigación	Es el tiempo perdido por mermas reproceso, rechazos, etc.
Tiempo Productivo Neto	TPN	$TPN = TOU - TPD$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo de Operación Utilizable menos el Tiempo Perdido por Defectos.
Disponible	D	$D = (TON/TF)*100\%$	Coeficiente de disponibilidad o fracción de tiempo que el equipo está operando.
Efectividad	E	$E = (TOU/TON)*100\%$	Efectividad o nivel de funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paro.
Calidad	C	$C = (TPN/TOU)*100\%$	Coeficiente de Calidad o fracción de la producción obtenida que cumple con los estándares de calidad.
Efectividad Global de los Equipos	EG	$EG = E*D*C$	Este indicador mide el % del tiempo en que un equipo produce realmente, para nuestro caso será la molienda comparada con el tiempo ideal que fue planeado para hacerlos. Expresa la diferencia entre real e ideal que debe eliminarse, puesto que es potencialmente un desperdicio.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En el estudio realizado a la empresa Constructora, hemos podido comprobar que existen errores en la aplicación de un buen sistema de mantenimiento preventivo, lo cual está generando costos adicionales a dicha empresa, como es el caso de alquiler de maquinarias, horas-hombre referentes al trabajo.

También se ha podido comprobar problemas de comunicación en el área de mantenimiento debido a una falta de capacitación del personal, lo que genera demoras en la entrega de las órdenes de mantenimiento y la posterior realización del mantenimiento requerido.

Otros de los aspectos resaltantes dentro de la problemática de gestión de mantenimiento preventivo es lo referido a la capacitación técnica para el arreglo de las máquinas, esto debido a que la empresa cuenta con maquinaria de diferente tipo y diferentes marcas, lo que genera aumento de parada de las máquinas, siendo esto perjudicial para la empresa, debido al retraso que acarrea, también, del análisis realizado se desprende que el personal responsable del manejo de las máquinas no es capacitado y muchas veces deviene de una ley que permite que los lugareños accedan a un puesto de trabajo.

El apremio en cumplir los plazos establecidos de entrega de obras a solicitud del estado, ha generado en casi todas las del sector construcción, que la maquinaria se utilice sin respetar los manuales de mantenimiento enviados por las diferentes empresas que venden maquinaria para obras de construcción.

Y, por último, de la investigación realizada, podemos decir que la base de datos del programa de mantenimiento de esta empresa, adolece de una actualización en su base de datos, esto sumado a la poca capacitación del manejo del programa, ha generado demora en la emisión de reportes y la contestación de los mismos.

La “Propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de una constructora”, desarrollada en el presente informe de investigación, está centrada en un eficiente manejo del mantenimiento preventivo, el cual estuvo enfocado a factores a minimizar, como es el caso de los Tiempos muertos y de vacío, los cuales generan tiempo de paro del proceso por fallos, errores o

averías, ocasionales o crónicas de los equipos; la finalidad de esta propuesta es eliminar este problema.

Otro de los problemas a eliminar es las pérdidas de velocidad del proceso, que genera diferencia entre la velocidad actual y la del diseño del equipo según su capacidad. Con la eliminación de este problema se podrá hacer mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño, mejora en los intervalos de tiempos en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios.

Con esta propuesta se trata de eliminar o minimizar según exigencias técnicas procesos defectuosos de mantenimiento preventivo, lo cual genera en la empresa, mantenimientos con defectos crónicos u ocasionales, de igual modo genera pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.

En nuestra “Propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de una constructora”, se aplicaron indicadores muy importantes y que avalaron la factibilidad del estudio, nos estamos refiriendo al Tiempo Promedio entre Servicio (MTBF), Tiempo Promedio para Fallar (MTTF), Tiempo Promedio para Reparar (MTTR), Disponibilidad de las maquinarias y Eficiencia global de Equipo (OEE).

Siendo los resultados pasar de un actual de 45% de capacidad de uso de la maquinaria a un 90% de capacidad productiva; mejorar el Tiempo Promedio para Fallar de un 5 a 3.4; mejorar el Tiempo Promedio para Reparar de un 68.30% a 70%; y, lo referente a la Disponibilidad de las maquinarias y Eficiencia global de Equipo (OEE) se pasó de un 81.40 % a un 92%.

4.2 Conclusiones

En relación al objetivo de determinar de qué manera la propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de equipos de una constructora, esto se pudo corroborar porque se mejoró la disponibilidad de la maquinaria de un 81.40% a un 92%.

En lo relacionado al diagnosticar la situación actual de la disponibilidad de equipos de la empresa constructora, se identificaron fallas en el proceso de mantenimiento preventivo lo que incrementa pérdidas a la empresa, esto muchas veces por el poco tiempo de capacitación

del personal de manejo de maquinarias, demora en la comunicación de órdenes de trabajo y sus respectivas respuestas dentro del área de mantenimiento, la base de datos ha quedado desfasada en el tiempo debido a la carga de trabajo realizada y también porque el personal técnico operativo no fue capacitado de forma correcta en el manejo de programa.

En lo relacionado a desarrollar la propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo, se mejoró la disponibilidad de los equipos de una empresa constructora, esto debido que se pasó de un actual de 45% de capacidad de uso de la maquinaria a un 90% de capacidad productiva; mejorar el Tiempo Promedio para Fallar de un 5 a 3.4; mejorar el Tiempo Promedio para Reparar de un 68.30% a 70%; y, lo referente a la Disponibilidad de las maquinarias se pasó de un 81.40 % a un 92%.

En lo relacionado a la evaluación económica y financiera existió una propuesta de aplicación de mantenimiento preventivo por parte de la empresa con un gasto de S/.117,253.00 frente a nuestra propuesta de S/.64,003.00.

Por otro lado, en este caso, el VAN es de S/.273,119.00 y la TIR sería igual a 45%; en el periodo de 17 meses, para el caso de la empresa, podemos concluir que la inversión en el proyecto vale la pena, ya que el VAN es positivo, debido a que el periodo de recuperación de la inversión es corto.

REFERENCIAS

- Altamirano, Y. & Zabaleta, M. (2016) en su investigación “Plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejora de la productividad en la Empresa Naylamp–Chiclayo2016”, Recuperado de: <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/uss/4123/1/Altamirano%20->
- Gamarra C. (2010), La administración del mantenimiento y el nivel de productividad. Madrid, editorial Profit
- Gamarra, F. (2009) Mejora del sistema de mantenimiento de la maquinaria en una empresa constructora. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería.
- García, S. (2017) Gestión del mantenimiento para la operatividad de la maquinaria de movimientos de tierras ICCGSA en la vía Huancayo – Ayacucho. Tesis de Pregrado. Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Gonzales, J. (2005). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. 2da edición. Madrid. Editorial Fundación Confemetal.
- Gonzales, J. (2009) Auditoría del Mantenimiento e Indicadores, Madrid, Editorial Confemetal
- Guevara, M. & Tapia, C. (2015) Plan de mantenimiento total para la maquinaria pesada en la empresa ángeles –proyecto minero la granja, 2015. Tesis de Pregrado Lima. Universidad Norber Winner.
- López, M. & Valdivieso, J. (2017). Optimización del sistema de gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada, a través de la gestión por procesos. Tesis de Pregrado. Cuenca. Universidad de Cuenca.
- Lourival, J. (2000) El mantenimiento y el desempeño de los equipos. Madrid, Editorial Confemetal

- Meléndez, G. y Rodríguez, J. (2016). Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la flota de transporte pesado de la empresa San Joaquín S.A.A. Pomalca-2016. Tesis de Pregrado Chiclayo. Universidad Señor de sipán
- Pascual, F. (2008), Tipos de mantenimiento centrado en el tiempo de operación de los equipos. Madrid, editorial Profit
- Pinto, C. (2002), Labores de mantenimiento preventivo. México DF. Mc Graw-Hill.
- Quinde, R, (2015) Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa constructora que se dedica a la elaboración de vías lastradas en la provincia del Guayas, Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Ramírez J, (2007), Implementación de gestión del mantenimiento. Bogotá. Edit Nuevo Mundo
- Sierra, M. (2004), ¿Qué tareas deben realizarse para impedir una falla? Madrid. Observatorio 21
- Torrell, F. (2010) TPM en un Entorno Lean Management. Madrid, editorial Profit.
- Valdivia, M. (2012) Gestión de mantenimiento y reparación de equipo pesado en la construcción de carreteras. Tesis de Pregrado. Universidad de Cauca.
- Vásquez, S. & Zapata, M (2016) Propuesta de una gestión del mantenimiento preventivo para una mejor disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria pesada de la municipalidad provincial de Chiclayo. Tesis de Pregrado Chiclayo. Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Villavicencio, F. & Maldonado, H. (2012). Propuesta de un plan de mantenimiento de maquinaria pesada. Tesis de Pregrado Cuenca. Universidad de Cuenca.

Propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la empresa constructora CASA S.A

