



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A
LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE
LOS MOLINOS SAG”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Richard Edgar Gutierrez Valera

Asesor:

Ing. Carlos Enrique Mendoza Ocaña

Trujillo - Perú

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Carlos Enrique Mendoza Ocaña, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Gutierrez Valera, Richard Edgar

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS SAG para aspirar al título profesional de: INGENIERO INDUSTRIAL por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Carlos Mendoza Ocaña
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

DEDICATORIA

*A mi Papá Dios por darme la sabiduría y provisión
para poder culminar todo este proceso de estudios en
la universidad.*

*A mis padres Ricardo y Martha por heredarme lo
mejor y darme el ejemplo con hechos a seguir.*

*A mis abuelas Selfa, Cleria y Grimanesa que a tiempo
me alentaron instruyeron con sus consejos durante
largas conversaciones, oraciones y ejemplo de vida.*

*A mis abuelos Gonzalo y Glicerio por sus oraciones y
consejos para la vida.*

Richard Edgar.

AGRADECIMIENTO

A Papá Dios por darme la vida, salud y respaldo durante todo este tiempo para poder cumplir este objetivo.

A mi amigo el Pastor Tito Cabrera por ser mi apoyo espiritual durante todo este proceso.

A mi mentor profesional, el ingeniero Delbi Molina Guillen por su guía, consejos y apoyo incondicional desde que inicie mi vida profesional.

Richard Edgar.

TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	3
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO	6
TABLA DE CONTENIDOS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	25
CAPÍTULO III. RESULTADOS	27
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Valorización cualitativa según expertos</i>	20
Tabla 2. <i>Técnicas, procedimientos e instrumentos</i>	26
Tabla 2. <i>Matriz del Impacto de las Causas Raíces.</i>	30
Tabla 3. <i>Cuadro de indicadores</i>	32
Tabla 4. <i>Costos que asume el cliente por tener el Molino detenido para mantenimiento</i> ..	35
Tabla 5. <i>Propuestas de Mejora para cada ICR</i>	36
Tabla 6. <i>Cronograma de Charlas propuestas.</i>	37
Tabla 7. <i>Criterios de ordenamiento de la Metodología 5s</i>	40
Tabla 8. <i>Actividades de etapa de limpieza.</i>	41
Tabla 9. <i>Secuencia de actividades del proceso del servicio de mantenimiento.</i>	42
Tabla 10. <i>Procedimiento de trabajo y el Gantt para el servicio de mantenimiento de molino SAG</i>	45
Tabla 11. <i>Diagrama de Gantt del Servicio de mantenimiento de los molinos SAG.</i>	49
Tabla 12. <i>Cronograma de Charlas propuestas a técnicos.</i>	52
Tabla 14. <i>Inversión de la propuesta de mejora al servicio de mantenimiento de molinos SAG</i>	63
Tabla 15. <i>Inversión de la propuesta de mejora al servicio de mantenimiento de molinos SAG</i>	63
Tabla 16. <i>Inversión de la propuesta de mejora al servicio de mantenimiento de molinos SAG</i>	64
Tabla 17. <i>Inversión de la propuesta de mejora al servicio de mantenimiento de molinos SAG</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa para el Mantenimiento de Molinos SAG.	29
Figura 2. Diagrama de Pareto del Impacto de las Causas Raíces.....	31
Figura 3. Tarjeta amarilla de identificación de equipos o herramientas inseguras.....	39
Figura 4. Datos necesarios para el cálculo de los indicadores OEE.....	53
Figura 5. Cálculos obtenidos con las fórmulas de OEE	54
Figura 6. Datos necesarios para el cálculo de los indicadores OEE.....	55
Figura 7. Cálculos obtenidos con las fórmulas de OEE con la mejora	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Tiempo total</i>	18
<i>Ecuación 2. Tiempo planeado</i>	18
<i>Ecuación 3. Tiempo disponible</i>	18
<i>Ecuación 4. Tiempo productivo</i>	18
<i>Ecuación 5. Tiempo muerto</i>	18
<i>Ecuación 6. Disponibilidad</i>	18
<i>Ecuación 7. Capacidad productiva</i>	19
<i>Ecuación 8. Producción real</i>	19
<i>Ecuación 9. Eficiencia</i>	19
<i>Ecuación 10. Calidad</i>	19
<i>Ecuación 11. OEE</i>	19
<i>Ecuación 12. Tiempo productivo</i>	19
<i>Ecuación 13. MTBT</i>	20
<i>Ecuación 14. MTTR</i>	20

RESUMEN

La presente propuesta de mejora tiene como objetivo determinar el efecto que la aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total tiene en el servicio de mantenimiento de molinos SAG. A continuación, se muestran los aspectos generales sobre el problema de la investigación, se describen los planteamientos teóricos relacionados con la presente propuesta de mejora, se realiza el diagnóstico situacional de la empresa, donde hace mención a los problemas existentes en el servicio de mantenimiento y sus respectivas causas raíz, esto mediante un diagrama Ishikawa se realiza el desarrollo de las herramientas y metodologías a utilizar para la solución de estas causas raíces. Por último y con toda la información analizada y recolectada; a partir del diagnóstico realizado, se presenta un análisis de resultados y discusión para poder corroborar con datos las evidencias presentadas y la mejora lograda con la propuesta en el servicio de mantenimiento de molinos SAG. Se concluye que la aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total tiene en el servicio de mantenimiento de molinos SAG un efecto positivo en el servicio de mantenimiento de molinos SAG dado que genera un ahorro de S/350 000,00 anuales en el servicio.

Palabras clave: TPM, 5S, Molinos SAG, Mantenimiento

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Durante la primera mitad del siglo XX, la solución de trituración consistía en usar una planta de chancado fino para reducir la producción mineral bruta de la mina de 300 mm a aproximadamente 15 mm, un tamaño apropiado para alimentar los molinos trituradores de barras. Normalmente, los molinos trituradores de barras reducen el mineral de 15 mm a aproximadamente 1 mm. Luego, se utilizaban molinos de bolas, que reducían la alimentación de 1mm proveniente de los molinos trituradores de barras al tamaño necesario para la separación de minerales, de 75 a 150 micrones. Las plantas de chancado secundario tienen una disponibilidad relativamente baja (alrededor del 65%), su mantenimiento es costoso y presentan diversos riesgos a la seguridad y salud ocupacional, especialmente en cuanto a las actividades de mantenimiento y al polvo en el aire.

A finales del siglo XX, el chancado secundario, los molinos trituradores de barras y los molinos de bolas fueron reemplazados por molinos autógenos (AG) y semi autógenos (SAG) de gran capacidad, acompañados normalmente por molinos de bolas. Según el diccionario Webster, autógeno se define como “producido independientemente de ayuda o influencia externas”. En esta aplicación de molinos, autógeno se refiere a que el tamaño de los minerales se reduce por la mera acción de moverse dentro del molino, como en el caso de un molino autógeno (AG). El tamaño del mineral en movimiento dentro de un molino semiautógeno (SAG), se reduce parcialmente debido a este movimiento y mediante una agitación adicional producida por la adición de bolas de acero. Las empresas mineras para procesar el mineral que explotan usa como parte de la planta procesadora a los molinos SAG, estos molinos trituran el mineral proveniente de chancado.

Los molinos SAG tienen la forma de un cilindro gigante el cual se encuentra instalado de forma horizontal y gira a unas determinadas rpm, en su interior cuenta con bolas de acero que junto con el giro del molino reducen el diámetro del material que ingresa en el molino, también cuentan con componentes internos llamados liners los cuales presentan un índice de desgaste elevado debido a la abrasión que se genera en su interior, ya que estos liners funcionan como protectores de la parte interna del shell del molino SAG. Todos los molinos SAG poseen mantos estructurales cilíndricos que están protegidos contra la abrasión por liners o revestimientos extraíbles y reemplazables. Este desgaste causa que las empresas mineras realicen un mantenimiento preventivo programado anualmente, para evitar que el shell sea fracturado a causa de los impactos de la carga interna de las bolas de acero y el mineral. Por este motivo se realiza los servicios de “cambio de liners o revestimientos”, en los cuales los clientes, es decir, las empresas mineras, necesitan de empresas altamente especializadas y calificadas para cumplir con la calidad de servicio requerido y los tiempos establecidos para dicho mantenimiento, ya que extender los tiempos de mantenimiento significaría pérdida de producción de la planta, cuando la planta que procesa el mineral se detiene para las tareas necesarias de mantenimiento, se interrumpe el proceso de producción y por ende el flujo de dinero de toda la mina. la vida útil y el reemplazo de los revestimientos definen el tiempo disponible para el procesamiento de minerales.

Por cada hora que el concentrador está apagado debido al cambio de revestimientos de los molinos, los activos de la mina pierden entre 50 000 y 500 000 dólares de ingresos, dependiendo de la ley de cabeza, el rendimiento y los precios de los productos de la mina. A la fecha existe esta necesidad de reducir el tiempo sin producir de los Molinos SAG por el alto costo que causa en toda la empresa minera debido a los cambios de

revestimientos, todo este asunto ha llevado a mantener un constante estudio no tan solo en la Maquinaria y Herramientas utilizadas en él, sino también en adoptar una estrategia operacional que optimice los recursos, estrategias de mantenimiento y una óptima elección en la decisión de los equipos a utilizar para ejecutar el mantenimiento. El mercado se estima en promedio \$ 5 millones anuales al 2019 y se proyecta al 2021 en \$ 8 millones. El crecimiento en este sector ser aprovechado para ganar mayor participación de mercado. Para esto, se impone un cambio de estrategia del servicio, ya que uno de los principales servicios que brinda es el cambio de liners de molinos SAG.

Por ese motivo, un nuevo “tipo de servicio” ayudaría a una mayor participación de mercado y crecimiento de la compañía. Lo mencionado en líneas anteriores, se enfoca en los siguiente: seguridad, medio ambiente, tiempos de ejecución, mejoras enfocadas y plan estratégico del mantenimiento a ejecutar que nos diferenciarán de la competencia actual en el mercado y con esta propuesta de mejora se espera que la compañía estudiada sea mejor opción para sus clientes, quienes podrán verse beneficiados por el desarrollo del mantenimiento de molinos SAG de manera que el cumplimiento de sus objetivos de gestión interna sea optimo, hay necesidades de autofinanciamiento que se considera que sean del 100%.

Asimismo, dicho cumplimiento se ve enmarcado en la inversión de los colaboradores, que se detallarán a lo largo de los capítulos de esta tesis, que demostrará que se puede obtener al final de esta propuesta una cartera de clientes consolidada, contratos renovados y clientes adjudicados. El objetivo principal del mantenimiento es mantener los equipos y activos de una empresa en las mejores condiciones de funcionamiento, por ende, esto se reflejará en un buen nivel de calidad, confiabilidad y disponibilidad al menor costo posible. Estos elevados niveles se plasman directamente a la capacidad

de producción y productividad y así a los beneficios económicos de la empresa (Jasper, 2008).

El mantenimiento tradicionalmente es considerado como un centro de costo, pero no es valorado por el impacto significativo que tiene en la empresa a través de la disponibilidad del equipo (Duffa, 2010). El Mantenimiento Productivo Total tiene un impacto considerable en puntos estratégicos de las empresas, tales como la rentabilidad (Ahuja y khamba, 2008), las inversiones de capital (Chan, 2005), así como el rendimiento, el desempeño, la reducción del ausentismo y el desarrollo de los colaboradores en la empresa (Robbins y Judge, 2009). El TPM se encarga de acaparar las deficiencias desde el punto más insignificante en la que se puedan encontrar, lo que demuestra que una inserción de un método como este en cualquier tipo de industria, sin importar la magnitud de la empresa, abre las puertas a una nueva fase de competitividad (Pinto y Mesa, 2011). El TPM causa que la empresa se diferencie de su competencia gracias a que sus costos, tiempos de trabajo disminuyen considerablemente, se extiende el tiempo de vida de la planta, mejora el desarrollo de los colaboradores y mejora la calidad de los servicios (Apaza, 2015, p. 56).

Las empresas del rubro minero, con la inserción del TPM buscan optimizar sus procesos de mineral, con la mira de reducir sus costos, reducir el tiempo de parada de planta, para mejorar la productividad, la calidad de los productos y contar con un equipo seguro (Becerra y Paulino, 2012).

El TPM asegura la operación de los equipos por medio de la aplicación de los conceptos de cero defectos, prevención, cero accidentes y participación activa de todos los colaboradores; la aplicación del TPM también nos lleva a una mejora de productividad mediante el aumento del tiempo disponible del equipo. El Mantenimiento Productivo Total se basa en seis pilares según Salazar (2019):

- Mejoras Enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Mantenimiento de calidad
- Educación y entrenamiento
- Seguridad y medio ambiente.

Pilar 1: Mejoras enfocadas tienen como objetivo mejorar la eficiencia de los equipos, operaciones y todo el sistema, sus indicadores de rendimiento son desarrollados de manera individual o colectiva, según su complejidad. Este proceso hace que el sistema adopte una mejora continua dinámica tales como el planear, hacer, verificar y actuar (Salazar, 2019).

Pilar 2: Mantenimiento autónomo, este se desarrolla con la participación de los colaboradores, los cuales realizarán limpieza, inspecciones, lubricación, ajustes, observaciones del equipo y de las instalaciones en su entorno (Salazar, 2019).

Los objetivos de la autonomía contribuyen a mantener en buen estado a los equipos y esto permite que los colaboradores adquieran un nuevo conocimiento por el estudio del equipo, desarrollaran habilidades para solucionar los problemas que se presenten durante la ejecución de mantenimiento, por ende, esto orientará a la empresa a desarrollar una mejor cultura organizacional referente a la gestión colaborativa. Como metodología específica de mantenimiento autónomo el JIPM recomienda lo siguiente:

- a) Limpieza inicial: eliminar suciedad en los equipos, identificar fugas de líquidos y realizar ajustes menores.
- b) Acciones correctivas: mantener el equipo limpio, accesible, realizar inspecciones en el equipo.
- c) Realizar estándares de inspección: diseño y aplicación de estándares para mantener los equipos limpios, lubricados y con los ajustes menores cubiertos.
- d) Inspección general: Entrenar a los colaboradores para

ejecutar las inspecciones haciendo uso de los manuales y así se puedan eliminar averías menores y se obtenga mayor conocimiento de los equipos. e) Inspección autónoma f) estandarización g) control autónomo pleno.

Pilar 3: Mantenimiento planificado: conocido como mantenimiento preventivo y tiene que ver con el mejoramiento del estado de los equipos, instalaciones y sistema en general, también tiene que ver con el cómo es ejecutado el mantenimiento de cada equipo y el tiempo en el que se ejecuta, es por este punto importante establecer un plan de ejecución fino para evitar extender el tiempo programado para la ejecución del mantenimiento preventivo en cada equipo.

Pilar 4: Mantenimiento de calidad, con este pilar se alcanza el objetivo de cero defectos (Salazar, 2019).

Pilar 5: Educación y Entrenamiento, se necesita la participación activa de todos los colaboradores involucrados para así desarrollar las competencias de los colaboradores, teniendo en cuenta los objetivos de la empresa.

Pilar 6: Seguridad y medio ambiente, es importante mantener íntegros a los colaboradores y además conservar el medio ambiente en cada trabajo ejecutado de la empresa, el propósito de este pilar es lograr cero accidentes y cero impactos ambientales; de esta manera lograremos un ambiente agradable y seguro de trabajo en cada ejecución de servicio (Salazar, 2019).

La metodología 5s, desarrolla mejoras significativas en la seguridad de los colaboradores, productividad, eficiencia y limpieza, además que lleva a la compañía a mejorar de varias maneras tales como al aprovechamiento correcto del área de trabajo, mejora del ambiente laboral, no perdidas de herramientas, disminución del indicador de accidentes (Rao, Nallusamy, y Rajaram, 2017).

La Efectividad Global de Equipos (conocida como OEE), por sus siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness), es un indicador vital que representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos. Es un indicador poderoso que requiere de información diaria del proceso.

El indicador OEE es una herramienta integral de evaluación comparativa, eso quiere decir que puede ser utilizado para evaluar los diferentes componentes del proceso de producción, por ejemplo, la disponibilidad, rendimiento y calidad. Del mismo modo, es un indicador apropiado al momento de medir los avances reales en 5S, Lean Manufacturing, Kaizen, TPM y Six Sigma (Belohlavek, 2006).

La Eficiencia General de Equipos es considerada por muchos especialistas como una de las herramientas de evaluación, más eficaz para la toma de decisiones referentes al sistema productivo.

Las siguientes, son las fórmulas utilizadas para el cálculo del OEE (Belohlavek, 2006):

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

Ecuación 1. Tiempo total

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

Ecuación 2. Tiempo planeado

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

Ecuación 3. Tiempo disponible

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

Ecuación 4. Tiempo productivo

$$\textit{Tiempo muerto} = \textit{Tiempo averías} + \textit{Tiempo cambio de producto}$$

Ecuación 5. Tiempo muerto

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

Ecuación 6. Disponibilidad

$$\textit{Capacidad productiva} = \textit{Tiempo productivo} \times \textit{capacidad estándar}$$

Ecuación 7. Capacidad productiva

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

Ecuación 8. Producción real

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

Ecuación 9. Eficiencia

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

Ecuación 10. Calidad

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

Ecuación 11. OEE

El valor obtenido en el indicador OEE tiene una valoración cualitativa, muchos expertos coinciden en la siguiente relación que se muestra en la Tabla 1.

El Tiempo Medio Entre Fallas conocido como MTBF, por sus siglas en inglés (Mean Time Between Failures), es un indicador que representa el tiempo promedio en el que un equipo funciona sin fallas, dicho de otra forma, el tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente. Se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo productivo} = \text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de inactividad (fallas)}$$

Ecuación 12. Tiempo productivo

Tabla 1.

Valorización cualitativa según expertos

OEE	Valoración	Descripción
0% - 64%	Deficiente (Inaceptable).	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
65% - 74%	Regular.	Es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75% - 84%	Aceptable.	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% - 94%	Buena.	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95%-100%	Excelente.	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Fuente: Ingeniería Industrial, 2020.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Número de fallas}}$$

Ecuación 13. MTBF

El Tiempo Medio Entre Reparaciones conocido como MTTR, por sus siglas en inglés (Mean Time Through Repair), es una medida que indica el tiempo estimado que un equipo estará parado mientras es reparado. Se obtiene de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de inactividad (fallas)}}{\text{Número de fallas}}$$

Ecuación 14. MTTR

En nuestro caso por el tiempo de mantenimiento solamente se encontró antecedentes aplicados en otros sectores y no en el perfil de esta tesis. A continuación, se nombran los siguientes:

Acuña (2019) en su estudio Propuesta de mejora para la gestión de mantenimiento mediante la aplicación de herramientas del mantenimiento productivo total (TPM) en el área de tejeduría en una empresa textil, presentada a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas para optar el título profesional de Ingeniero Industrial cuyo objetivo es desarrollar una propuesta de mejora para la gestión de mantenimiento

mediante la aplicación de herramientas del mantenimiento productivo total (TPM) en el área de tejeduría en una empresa textil. Utilizando la metodología de investigación aplicada y con diseño pre experimental concluye que al implementar los pilares del TPM en el área de tejeduría dio como resultado un impacto fuerte en la reducción de los costos de mantenimiento y horas de paradas por mantenimiento correctivo y por lo tanto ayuda a que las maquinarias, tengan un flujo de trabajo más constante. Esta investigación refuerza que el TPM tiene un fuerte impacto en la reducción de costos y horas de parada por mantenimiento.

García (2018) en su estudio Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM), presentada a la Pontificia Universidad Católica del Perú para optar el título de Ingeniero Industrial cuyo objetivo es la propuesta de implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para una empresa que elabora alimentos balanceados concluyendo que la innovación tecnológica en cuanto a los procesos industriales siempre tiene que ir de la mano de una adecuada gestión de planta y poder establecer metas que ayuden a tener mejores resultados y sobre todo que genere una mayor satisfacción por parte de los colaboradores. Esta investigación refuerza de que una mejor gestión a través de metodologías modernas como TPM mejoran los resultados de la empresa.

Aguilar (2018) en su estudio Análisis y mejoras de la gestión del área de mantenimiento mecánico molienda procesos c2 de la planta concentradora de cobre de sociedad minera cerro verde Arequipa basado en la filosofía de mantenimiento productivo total (TPM), presentada a la Universidad Continental para optar el título en Ingeniería Industrial cuyo objetivo es mejorar la gestión del área de mantenimiento mecánico de los procesos en el área de molienda de la planta concentradora de cobre

de SMCV manejando la filosofía de Mantenimiento Productivo Total. Utilizando la metodología de enfoque descriptivo no experimental longitudinal en su investigación concluye que las mejoras planteadas atacan las principales causas desde la visión de las cinco pérdidas del TPM que incluyen la implementación de maquinaria, elaboración de procedimientos, capacitación del personal y el trabajo con los proveedores sobre el diseño y mejora de la maquinaria, así como la medición de la fiabilidad y eficiencia de los equipos Esta investigación refuerza que utilizando TPM se puede atacar las cinco pérdidas y con esto mejorar los resultados de la empresa.

Llontop (2018) en su estudio Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la Agroindustria Pomalca SAA, presentada a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Escuela de Postgrado para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Industrial con Mención en Gestión de Operaciones y Logística cuyo objetivo es proponer la implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la agroindustria Pomalca SAA. Utilizando la metodología de investigación aplicada y con diseño pre experimental concluye que el apoyo mediante el mantenimiento autónomo llega a un 75% de efectividad, lo cual ayuda en la productividad al dar mayor tiempo a la disponibilidad que es el punto indispensable que mejorar. Esta investigación refuerza que la aplicación del TPM mejora la productividad de la empresa.

Martínez (2015) en su estudio Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del mantenimiento productivo total (TPM). Aplicación En Una Empresa Industrial. Esta tesis profundiza en la dificultad que supone la implantación del TPM.

Rodríguez (2010) en su estudio para el mejoramiento del mantenimiento de revestimientos en Molinos SAG. Codelco Chile división El Teniente, el cual tiene como objetivo la elaboración e implementación de un modelo para el mantenimiento de revestimientos de molinos SAG, basado en la mejora continua de la gestión de mantenimiento, se presentan algunas tareas que facilitan y presentan una evolución del primer modelo presentado en la memoria, por medio de un análisis de causa-raíz a los problemas que se presentaron en la primera implementación del modelo al mantenimiento de los molinos. Por medio de identidades de registro, se elaboran plantillas de control, bases de datos y planos que ayudan con el control del montaje y desmontaje de revestimientos. Además, se presenta un modelo predictivo de desgaste en revestimientos de molino SAG.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la propuesta de mejora mediante la aplicación de la metodología de Mantenimiento Productivo Total en el servicio de mantenimiento de molino SAG?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto que la aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total tiene en el servicio de mantenimiento de molinos SAG.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual en el servicio de mantenimiento.
- Formular propuesta de aplicación de las herramientas de Mantenimiento Productivo Total.

- Evaluación económico-financiera de la propuesta.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La propuesta de aplicación de la metodología de Mantenimiento Productivo Total mejora los servicios de mantenimiento de molinos SAG.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Esta investigación es no experimental propositiva porque no se manipulará la variable de estudio y propositiva, porque permitirá realizar una propuesta a los servicios de mantenimiento de molinos SAG basado en el TPM.

2.2 Materiales, instrumentos y métodos

La población estará conformada por todos los procesos de mantenimiento del molino SAG y la muestra por los procesos realizados durante el periodo de estudio.

2.3 Procedimiento

Tabla 2.

Técnicas, procedimientos e instrumentos

Objetivo específico	Fuente	Técnica	Instrumento	Logro
Analizar y diagnosticar la situación actual del proceso de mantenimiento de molinos SAG que ejecuta la empresa.	Colaboradores involucrados en el mantenimiento de los molinos SAG	Observación. Entrevistas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Guía de recolección de datos ▪ Checklist 	<p>Tener el alcance de como se está desarrollando el servicio.</p> <p>Tener el alcance del estado de cumplimiento del servicio solicitado.</p>
Formular la propuesta de las herramientas de Mantenimiento Productivo Total a utilizar.	Colaboradores.	Encuestas Entrevistas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apuntes ▪ Cuestionario ▪ Guía de entrevista 	Propuesta elaborada para mejorar el servicio en mantenimiento de molinos SAG.
Evaluación económico-financiera del impacto de la propuesta.	El autor	Observación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apuntes ▪ Checklist 	Conocer el impacto económico financiero que puede lograrse con esta propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Aspectos Éticos

En esta investigación la ética será considerada como un factor importante, y se evidenciará en esta investigación llevando a cabo todo el proceso con una voluntaria participación de los involucrados, con una participación anónima y confidencial, además la información de la empresa es usada única y exclusivamente para esta investigación, por ende, esta información no será difundida en ningún otro medio. También mencionamos que se respetará la autoría de conceptos, definiciones e información adquirida haciendo las respectivas referencias.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Realizar un diagnóstico de la situación actual en el servicio de mantenimiento.

3.1.1 Determinación de las causas raíces y valor de pérdidas

Para realizar el diagnóstico del servicio de mantenimiento de Molinos SAG se utilizó el diagrama de Ishikawa para determinar e identificar la causa-raíz que originan los problemas en el mantenimiento de los molinos. El diagrama de Ishikawa se presenta en la Figura 1. Donde se puede apreciar el análisis de las 6M y las causas raíces del problema.

A continuación, se elaboró la matriz del impacto de las causas raíces, donde se pudo priorizar las causas raíces del problema, ubicando en primer lugar a la falta de sensibilización y cultura de seguridad, seguida por la falta de procedimientos, la falta de capacitación, la falta de indicadores y la falta de herramientas de control para el mantenimiento las cuales representan el 80% de impacto en el servicio de mantenimiento. Se realizó el gráfico dónde se apreciar que si solucionamos estas 5 causas se solucionará el 80% de problemas en el servicio de mantenimiento (Ver Figura 1).

Finalmente se identificaron los indicadores y los valores actuales de cada una de las causas raíces y cuáles deberían ser sus indicadores para realizar la mejora en el servicio de mantenimiento de molinos SAG.

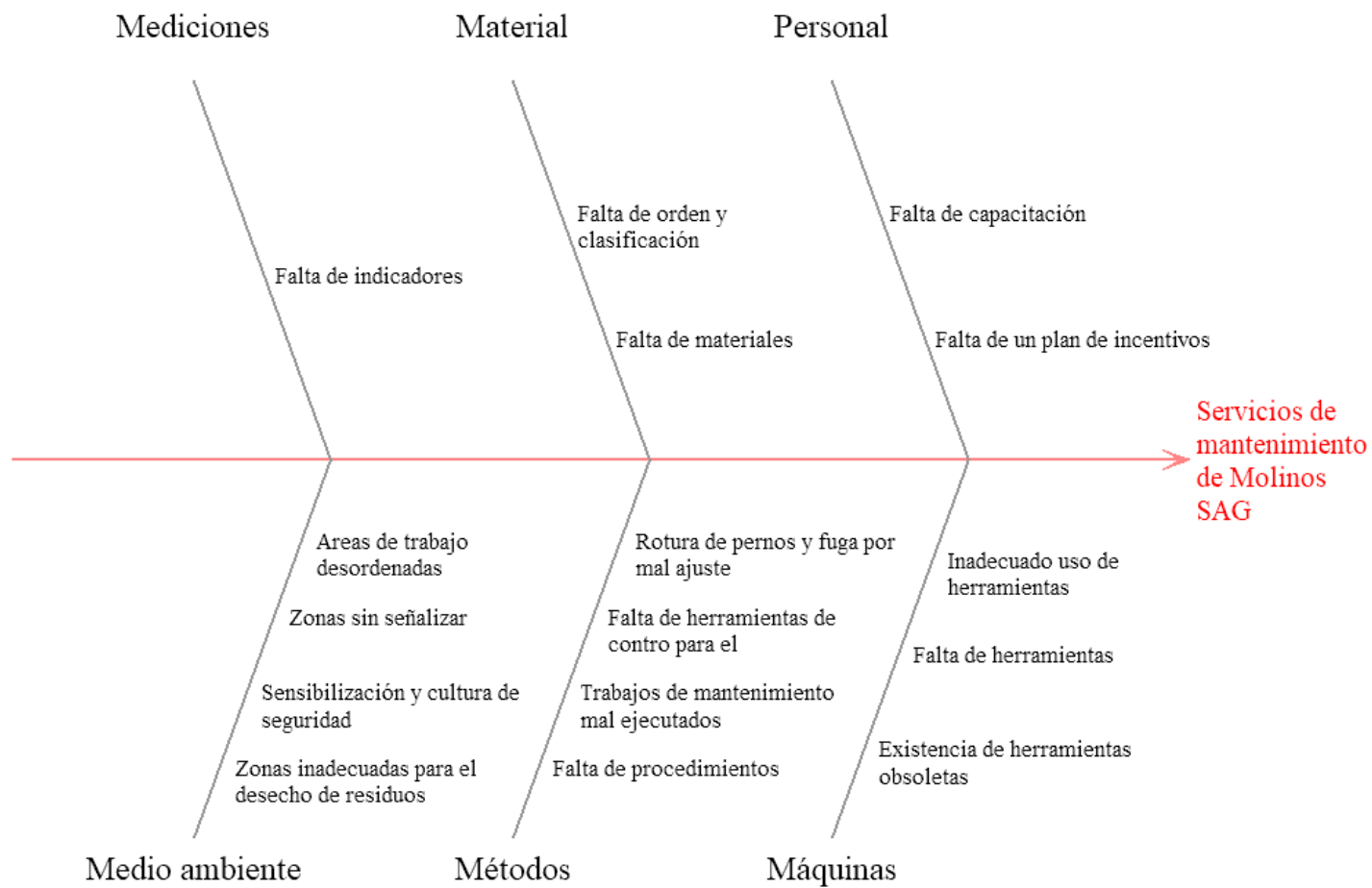


Figura 1. Diagrama de Ishikawa para el Mantenimiento de Molinos SAG.

Fuente: Elaboración Propia Minitab 2019.

Tabla 3.

Matriz del Impacto de las Causas Raíces.

Causa Raíz	Descripción	Impacto	% Acumulado
CR6	Sensibilización y cultura de seguridad	100	17%
CR2	Falta de procedimientos	95	33%
CR7	Falta de capacitación	93	49%
CR1	Falta de indicadores	92	65%
CR4	Falta de herramientas de control para el mantenimiento	90	80%
CR10	Áreas de trabajo desordenadas	21	83%
CR18	Falta de materiales	15	86%
CR3	Trabajos de mantenimiento mal ejecutados	13	88%
CR16	Rotura de pernos o fugas por mal ajuste	13	90%
CR9	Zonas sin señalizar	11	92%
CR11	Inadecuado uso de los equipos	9	94%
CR5	Zonas inadecuadas para el desecho de residuos	8	95%
CR15	Inadecuado uso de herramientas	7	96%
CR14	Falta de herramientas	7	97%
CR13	Existencia de herramientas obsoletas	5	98%
CR17	Falta de orden y clasificación de materiales	4	99%
CR8	Falta de un plan de incentivos	4	100%
CR12	Existencia de equipos obsoletos	2	100%
	Total	589	

Fuente: Elaboración Propia.

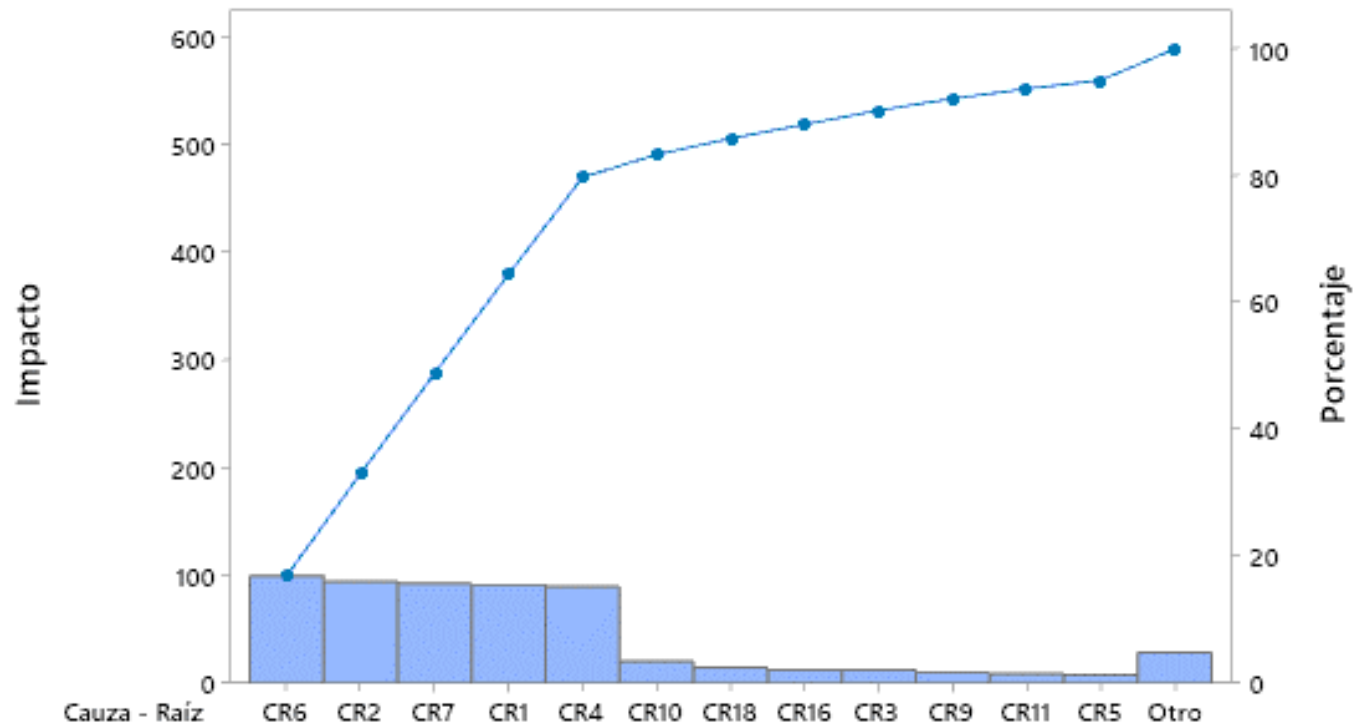


Figura 2. Diagrama de Pareto del Impacto de las Causas Raíces.

Fuente: Elaboración Propia Minitab 2019.

PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS SAG

Tabla 4.

Cuadro de indicadores

N°	Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Escala	Valor Actual	Pérdida (S.)	Valor propuesto	Pérdida (disminuida)	Beneficio propuesto (\$)	Herramienta propuesta	Metodología Propuesta
ICR 6	Sensibilización y cultura de seguridad	Frecuencia de accidentes	$\frac{\text{Frecuencia de accidentes}}{\text{HH trabajadas}} \times 100$	%	60%		0			6° PILAR TPM: Seguridad y Medio Ambiente.	
ICR 2	Falta de procedimientos	% de procedimientos para trabajos realizados	$\frac{\text{Procedimiento de trabajos}}{\text{Total de etapas del mantto.}} \times 100$	%	0%		90%			3° PILAR TPM: Mantenimiento planificado.	
ICR 7	Falta de Capacitación	% de colaboradores capacitados	$\frac{N^{\circ} \text{ colaboradores capacitados}}{\text{Total de colaboradores}} \times 100$	%	0%	\$1 000 000,00		\$900 000,00	\$100 000,00	5° PILAR TPM: Educación y Entrenamiento.	Mantenimiento Productivo Total
ICR 1	Falta de indicadores	% de indicadores para el mantenimiento de molinos SAG	$\frac{\text{Indicadores}}{\text{Total de impacto de causas raices}} \times 100$	%	0%		90%			1° PILAR TPM: Mejoras Enfocadas	
ICR 4	Falta de Herramientas de control para el mantenimiento	% de Herramientas de control para el mantenimiento de molinos SAG.	$\frac{\text{Herramientas de control}}{\text{Total de herramientas para el mantto.}} \times 100$	%	0%		90%			2° PILAR TPM: Mantenimiento autónomo.	

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2 Descripción del impacto de las causas raíces y valor de pérdidas

A) ICR 6: Sensibilización y cultura de seguridad

La empresa que brinda el servicio de mantenimiento de molinos SAG no tiene sensibilizados a sus colaboradores en cuanto al tema de las prácticas de seguridad y medio ambiente al ejecutar el servicio, la empresa no provee una zona para eliminar correctamente los residuos y los colaboradores toman la decisión de eliminar dichos residuos incorrectamente, esto es una causa de demora ya que los colaboradores tienen que volver a clasificar y a reubicar los residuos, tampoco tiene un programa de sensibilización para sus colaboradores, por ende, se genera un ambiente de trabajo inseguro evidenciado por un área de trabajo desordenada y zonas sin señalizar correctamente, por tal condición se considera el 60% en cuanto a sensibilización de los colaboradores.

B) ICR 2: Falta de procedimientos

La empresa no posee con un procedimiento de mantenimiento fidedigno, es por esta razón que cuando se realiza el mantenimiento, los colaboradores no saben con certeza la manera en que van a realizar el trabajo y esa duda genera retrasos por el mal desmontaje y montaje de revestimientos, además la empresa tiene deficiencia al realizar las actividades del mantenimiento, se ejecuta un mal ajuste y torqueo de los pernos ubicados en los revestimientos del molino SAG, esta mala práctica desencadena fugas y que los revestimientos se caigan mientras el molino se encuentra operando, también se hace un mal corte de los pernos al momento del desmontaje de los revestimientos dañando a la carcasa del molino y ocasionando que los pernos no sellen el interior del molino de

manera correcta.. Por tal motivo este indicador tiene como valoración el 0%.

C) ICR 7: Falta de capacitación

La empresa no cuenta con colaboradores técnicos, ya que en su mayoría son colaboradores que trabajan por un nivel de experiencia en el mantenimiento de los molinos, solamente son empíricos y por esta razón que al momento de realizar trabajos que demanden de información técnica ellos no son capaces de realizarlo de la mejor manera, también se observa un uso inadecuado de los equipos y herramientas a utilizar lo que también genera que la ejecución de las actividades se alargue. Además, resaltamos que la empresa en los dos últimos años no realizó ni un tipo de capacitación a sus colaboradores por esto este indicador tiene como valor un 0%

D) ICR 1: Falta de indicadores

La empresa no cuenta con indicadores para mapear con datos reales la manera en que se esta ejecutando los servicios de mantenimiento de molinos SAG. Este indicador está valorado con un porcentaje del 0% ya que no existe ningún indicador con el que se trabaje a la fecha.

E) ICR 4: Falta de herramientas de control para mantenimiento

No existen herramientas de control para inspección de equipos, para clasificar y ordenar los materiales de la manera adecuada, lo que causa que se opere con incertidumbre ante una falla y esto cause una vez mas una acumulación de demoras por falta de inspecciones en los equipos que se utilizan para ejecutar el trabajo. La empresa que solicita el servicio de mantenimiento en este caso se encarga de suministrar los materiales para la ejecución del mantenimiento, pero cuando los colaboradores están

montando los revestimientos se dan con la sorpresa de que faltan pernos, tuercas y revestimientos para culminar el mantenimiento, además la empresa solicitante del servicio no brinda las herramientas completas para realizar el mantenimiento, es por esto que también se ocasionan demoras que extienden el tiempo de trabajo y por falta de clasificación y orden de los materiales a utilizar en el mantenimiento de molinos SAG, por tal motivo este impacto tiene una valoración del 0%.

3.1.3 Monetización de Perdidas para los impactos que generan las causas raíces

La falta de atención y solución sobre todos estos impactos ocasiona que el trabajo de mantenimiento de molinos SAG se realiza en un tiempo más extenso de lo que en realidad podría realizarse. En promedio el costo por día de que el cliente tenga el molino sin producir es de \$125 000,00 datos provenientes del cliente, teniendo en cuenta que el servicio de mantenimiento se ejecuta en 8 días el costo total es de \$1 000 000,00.

Tabla 5.

Costos que asume el cliente por tener el Molino detenido para mantenimiento

	Datos Actuales
Costo de Molino SAG sin actividad por día	\$125 000,00
Días de Mantenimiento de Molino SAG	8
Total de costo	\$1 000 000,00

Fuente: Elaboración Propia.

3.2 Formular propuesta de aplicación de las herramientas de mantenimiento productivo total a utilizar para la mejora de satisfacción del cliente

Después de haber ubicado las causas raíces y ver el impacto en el servicio de mantenimiento de molinos SAG, se plantea las propuestas de mejora para cada causa raíz utilizando las herramientas del Mantenimiento Productivo Total.

A continuación, las propuestas para mejorar cada ICR.

Tabla 6.

Propuestas de Mejora para cada ICR

ICR	Descripción	Herramienta a utilizar	Pilar del TPM
ICR 6	Sensibilización y cultura de seguridad	- Programa de sensibilización - 5s - Elaboración de procedimientos para el desarrollo del servicio de mantenimiento de molinos SAG	Seguridad y Medio Ambiente
ICR 2	Falta de procedimientos	- Elaboración de Gantt	Mantenimiento Planificado
ICR 7	Falta de Capacitación	- Programas de Capacitaciones	Educación y Entrenamiento
ICR 1	Falta de indicadores	- Desarrollar indicadores	Mejoras enfocadas
ICR 4	Falta de Herramientas de control para el mantenimiento	- Elaboración de formatos - Hoja de inspección de los equipos y herramientas	Mantenimiento Autónomo

Fuente: Elaboración Propia.

A) PARA ICR 6: Sensibilización y Cultura de Seguridad

La empresa que brinda el servicio de mantenimiento de molinos SAG no tiene sensibilizados a sus colaboradores en cuanto al tema de las prácticas de seguridad y medio ambiente al ejecutar el servicio, la empresa no provee una zona para eliminar correctamente los residuos y los colaboradores toman la decisión de eliminar dichos residuos incorrectamente, tampoco tiene un programa de sensibilización para sus colaboradores evidenciado por un área de trabajo desordenada y zonas sin señalizar correctamente.

Por tal se propone desarrollar una programación de charlas para sensibilizar a los colaboradores en cuanto a trabajar de manera segura y cuidando al medio ambiente; además de esto se aplicará la herramienta 5s para fomentar una cultura de orden y limpieza en el área de trabajo.

A continuación, en la Tabla 6, se muestra el cronograma de charlas propuesta.

Tabla 7.

Cronograma de Charlas propuestas.

N°	Temas	Dirigido a	Cronograma			Objetivo	Expositor	Costo
			Mes 1	Mes 2	Mes 3			
1	Política de seguridad, salud en el trabajo y medio ambiente	Todos los colaboradores	X			Que los colaboradores tengan conocimiento de las políticas, la difunda y sea aplicada en los servicios.	SENATI	Convenio
2	Causas de no tener en cuenta los factores de seguridad y salud en el trabajo	Todos los colaboradores	X			Que los colaboradores tengan en consideración las consecuencias de evadir las recomendaciones de seguridad.	SENATI	Convenio
3	Selección y eliminación de residuos	Todos los colaboradores	X			Que los colaboradores aprendan a seleccionar los residuos y desecharlos correctamente.	SENATI	Convenio
4	Funciones y responsabilidades de staff	Gerencia, Jefatura y Supervisión		X		Que el staff identifique sus responsabilidades y las desarrolle activamente durante el servicio.	SENATI	Convenio
5	Equipos de protección personal	Todos los colaboradores		X		Concientización al personal sobre la importancia del uso del EPP.	SENATI	Convenio
6	Identificación de peligros y evaluación de riesgos	Todos los colaboradores		X		Que todos los colaboradores cuenten con el conocimiento para observar e identificar su entorno laboral y puedan tomar acciones preventivas antes, durante y al culminar el servicio.	SENATI	Convenio
7	Manos a salvo	Todos los colaboradores			X	Que todos los colaboradores sean capaces de entender la importancia de sus manos y cuál es la razón de cuidar esta parte de nuestro cuerpo.	SENATI	Convenio
8	Tu familia te espera	Todos los colaboradores			X	Que los colaboradores adopten la responsabilidad de que hay que trabajar correctamente, pues hay alguien esperando en casa.	SENATI	Convenio
9	Derecho a decir no	Todos los colaboradores			X	Que los colaboradores tengan en cuenta que poseen el derecho a decir no ante cualquier orden de sus superiores que pueda afectar a su integridad.	SENATI	Convenio

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se proponen las siguientes actividades para el programa de Seguridad y Medio Ambiente.

ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

1. Mejora del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo
 - Difusión de política de seguridad y salud en el trabajo (Semestral)
 - Revisión y Difusión del reglamento de seguridad, salud en el trabajo (Semestral)
2. Garantizar el Cumplimiento de los Estándares, Procedimientos y Controles
 - Supervisión permanente de los trabajos en el servicio de mantenimiento
 - Auditorías internas en el tema de seguridad y salud en el trabajo
 - Difusión de procedimientos
 - Simulacros de primeros auxilios
 - Inspección de la selección y eliminación de los residuos
3. Seguimiento del Cronograma de Charlas, Concientización y Desarrollo de Competencias en Seguridad y medio ambiente.
 - Difusión de cuadro de obligaciones y sanciones (semestral)
 - Inducción de ingreso a los colaboradores nuevos
 - Monitoreo de calidad de aire y nivel de ruido en planta
 - Evaluación ergonómica y de iluminación

Estas actividades se deben desarrollar en todos los servicios de mantenimiento, con el fin de fortalecer la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales, así como el impacto al medio ambiente.

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5S

a) Etapa 1: Seiri – Clasificar

En esta etapa los colaboradores tienen como tarea principal clasificar todas las máquinas, herramientas, componentes e insumos existentes en el área de trabajo separando lo que es de uso seguro de lo inseguro; lo que se identifique como inseguro deberá ser etiquetado con una tarjeta amarilla de fuera de servicio que se presenta líneas abajo, en esta se coloca la descripción del equipo o herramienta, nombre, área y fecha, estos objetos etiquetados con la tarjeta amarilla deberán ser contabilizados para su posterior análisis.



Figura 3. Tarjeta amarilla de identificación de equipos o herramientas inseguras.

Nota. Elaboración propia.

b) Etapa 2: Seiton – Ordenar

Luego de clasificar los equipos y herramientas en el área de trabajo se sigue con el orden y ubicación en lugares de fácil acceso y para aquellos equipos o herramientas inseguras se les dará un tratamiento para ver si

se vuelve a poner operativo o se desecha en caso de que se evidencie que se encuentran obsoletos.

Las actividades a seguir durante esta etapa se detallan a continuación en la Tabla 7.

Tabla 8.

Criterios de ordenamiento de la Metodología 5s

Área	Criterios	Responsable
Planta	- Delimitar el área.	- Técnicos mecánicos. - Líderes. - Supervisor mecánico. - Supervisor de seguridad y medio ambiente.
	- Señalizar con cartillas visibles.	
	- Ordenar herramientas de acuerdo a clasificación interna.	
	- Realizar inventario de equipos y herramientas.	
Oficina	- Ordenar el área adecuadamente.	- Colaboradores administrativos.

Fuente: Elaboración propia.

Estos campos deben contener la siguiente información:

Ubicación: Se refiere al código de compartimiento donde está ubicado, esto permitirá que las herramientas, materiales y equipos sean ubicadas de manera más rápida.

Detalle: Es el nombre con el que se identifica la herramienta.

Existencias: indica la cantidad de herramientas, materiales y equipos disponibles.

Estado: indica la condición de la existencia, nuevo o usado.

Código: se refiere a la identificación del equipo.

Comentario: indica alerta por falta de alguna existencia o daños encontrados, por lo cual se debe coordinar una solución inmediata.

Terminadas las actividades de esta etapa, se procede a realizar una inspección por parte del equipo responsable de la implementación del

programa de mantenimiento productivo total, los cuales darán paso para el inicio de la siguiente etapa.

c) Etapa 3: Seiso – Limpiar

Terminadas las anteriores etapas se procede con una limpieza exhaustiva de herramientas, equipos, materiales y del área de trabajo. Esta etapa es considerada como una actividad de inspección que sirve para cerciorarnos de que las las etapas anteriores de clasificación y ordenamiento se ejecutaron de manera correcta. Las actividades a considerar se muestran en la Tabla 8.

Tabla 9.

Actividades de etapa de limpieza.

Área	Criterios	Responsable
Planta	- Limpieza de herramientas, equipos y materiales.	- Técnicos mecánicos
	- Limpieza del área de trabajo.	- Líderes
	- Inspección del área de trabajo.	- Supervisor mecánico
	- Limpieza de equipos y herramientas.	- Supervisor de seguridad
Oficina Administrativa	- Limpieza del área de trabajo.	- y medio ambiente
	- Inspección final.	- Colaboradores administrativos

Fuente: Elaboración propia.

d) Etapa 4: Seiketsu - Estandarizar

Esta etapa tiene como objetivo conservar y practicar interrumpidamente los buenos hábitos de orden y limpieza en las áreas de trabajo, para lo cual se propone establecer procedimientos para su cumplimiento obligatorio por responsables de cada área. En la Tabla 9 se ha desarrollado la secuencia de actividades del proceso del servicio de mantenimiento cuyo cumplimiento es obligatorio por todos los involucrados.

Tabla 10.

Secuencia de actividades del proceso del servicio de mantenimiento.

Nº	Actividad	Documento	Descripción	Responsable
1	Recepción	Registro de recepción de molino SAG	Condiciones de recepción del molino y el área	Jefe de Mantenimiento. Supervisor Mecánico. Líder.
2	Preparación	Check list de herramientas, equipos y materiales	Revisión de herramientas, equipos y materiales a utilizar para el servicio de mantenimiento	Supervisor Mecánico. Líder.
3	Mantenimiento	Manual de molino	Ejecución del servicio de mantenimiento de acuerdo al tipo de molino.	Técnico Mecánico. Líder. Supervisor Mecánico.
4	Inspección Final	Hoja de verificación	Control de calidad del servicio de mantenimiento de acuerdo a los estándares de seguridad establecidos	Supervisor Mecánico. Supervisor de Seguridad y medio ambiente. Jefe de Mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

e) Etapa 5: Shitsuke - Disciplina

Esta etapa se encarga de concientizar a los colaboradores para que mantengan el orden, limpieza y las buenas prácticas de trabajo en cada puesto de trabajo que permitirá reducir los incidentes y accidentes en el área y así cumplir con las metas del cliente y a la misma vez de la empresa que brida el servicio de mantenimiento de molinos SAG.

A continuación, se describen actividades que deben ser ejecutadas por los colaboradores en todo el proceso del servicio de mantenimiento para de esta manera alcanzar una disciplina de acuerdo a las exigencias de las 5s.

PLAN DE MANTENIMIENTO DE MOLINO SAG

a) Al iniciar el servicio de mantenimiento:

- Utilizar el uniforme y EPPs adecuadamente.
- Planificar actividades a ejecutar
- Identificar los peligros y riesgos en el área de trabajo.

b) Durante el Mantenimiento:

- Alistar y organizar las herramientas, equipos y materiales a utilizar.
- Seguir el proceso de mantenimiento.
- Utilizar las herramientas, equipos y materiales adecuados para la ejecución del mantenimiento.
- Utilizar constantemente el EPP.
- Mantener el orden y limpieza.

c) Al Finalizar el Servicio de Mantenimiento:

- Re ubicar cada herramienta, equipo a su lugar.
- Limpiar el área de trabajo.
- Verificar que todo quede en perfecto estado para volver a poner en funcionamiento el molino SAG.

Si los colaboradores continúan con las malas prácticas de trabajo y no muestra interés por el cambio, se procederá a escuchar su versión para poder aclarar los puntos y así apoyarlo y tener como resultado que no se vuelva a presentar los mismos errores en ningún colaborador involucrado en el servicio de mantenimiento.

B) PARA ICR 2: Falta de Procedimientos.

La empresa no posee con un procedimiento de mantenimiento fidedigno, es por esta razón que cuando se realiza el mantenimiento, los colaboradores

no saben con certeza la manera en que van a realizar el trabajo y esa duda genera retrasos por el mal desmontaje y montaje de revestimientos, además la empresa tiene deficiencia al realizar las actividades del mantenimiento, ejecuta un mal ajuste y torqueo de los pernos ubicados en los revestimientos del molino SAG, esta mala práctica desencadena fugas y que los revestimientos se caigan mientras el molino se encuentra operando, también se hace un mal corte de los pernos al momento del desmontaje de los revestimientos dañando a la carcasa o shell del molino y ocasionando que los pernos no sellen el interior del molino de manera correcta.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Se propone elaborar un procedimiento de trabajo para el servicio de mantenimiento.

Se propone elaborar un diagrama Gantt para que los colaboradores tengan una referencia y recordatorio de como se desarrolla el servicio de mantenimiento.

A continuación, se muestra el procedimiento de trabajo y el Gantt para el servicio de mantenimiento de molino SAG.

Tabla 11.

Procedimiento de trabajo y el Gantt para el servicio de mantenimiento de molino SAG

PROCEDIMIENTO ESTANDÁR DE TRABAJO	Servicio de Mantenimiento de Molinos SAG		
	Código: P01		
	Versión: 01		
	Fecha de aprobación:		
Tarea:	Mantenimiento de Molino SAG – Cambio de liners		
Área:	Planta Molienda		
Colaboradores:	Líder Mecánico	Operador de Portalainers	
	Técnico Mecánico	Operador de Montacarga	
	Técnico Soldador	Operador de Lainero	
	Supervisor mecánico	Operador de Puente grúa	
	Ayudante mecánico		
Herramientas, equipos y materiales:	Dados	Destornilladores	Sprays
	Botadores	Escobillas de fierro	Grasa
	Espátulas	Llaves allen	Acetileno
	Alicates	Extensiones	Oxígeno
	Combas	Luminarias	Equipo Oxicorte
	Escaleras	Martillos	Liners y arandelas
	Cuchillas	Llaves mixtas	Pernos y tuercas
	Ventiladores	Parihuelas	Tuercas
	Montacargas	Enlainadora	
Consideraciones:	<ul style="list-style-type: none"> - Se programará turnos no mayores a las 16 horas. - Se debe realizar un monitoreo de gases antes iniciar trabajos de mantenimiento. - Se debe lavar con agua a presión para asegurar que ningún material caiga sobre los colaboradores cuando ingresen al molino. - Se bloqueará obligatoriamente el molino por cada involucrado en el servicio de mantenimiento del molino SAG 		

PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS SAG

Continúa...

N°	Paso	Responsable	Descripción
1	Inspeccionar y delimitar el área de trabajo.	Supervisor Mecánico y de Seguridad Líder Mecánico	<p>Se inspecciona el área de trabajo para determinar si se encuentra en condiciones seguras para ejecutar el servicio.</p> <p>Se verifica que los pisos por donde se va a transitar se encuentren sin obstáculos que provoquen tropezones o caídas de los colaboradores.</p> <p>Se delimita el área restringiendo el acceso a personas ajenas a la operación para evitar eventos.</p> <p>Se delimitará con cinta de color rojo considerando el espacio en que se va a realizar las maniobras de izaje y movimientos de carga.</p> <p>Mantener el área de trabajo limpia y ordenada antes, durante y después de ejecutar el servicio de mantenimiento</p>
2	Inspeccionar Herramientas, equipos y materiales.	Técnico Mecánico Técnico Líder	<p>Los colaboradores deben inspeccionar las herramientas, equipos y materiales viendo que se encuentren en buen estado.</p> <p>Revisar que las extensiones eléctricas, luminarios y enchufes se encuentren en perfecto estado.</p> <p>Revisar las conexiones de aire para las herramientas neumáticas se encuentren en buen estado tanto conexiones como equipos.</p> <p>Revisar las conexiones hidráulicas para las herramientas hidráulicas y que se encuentren operativas.</p>
3	Instalación de equipos hidráulicos, instalación de herramientas neumáticas e hidráulicas	Técnico Mecánico Técnico Soldador Técnico Líder	<p>El traslado de las botellas de oxígeno y acetileno se realizará en los carros adecuados para esta tarea.</p> <p>Las pistolas neumáticas y herramientas hidráulicas se instalarán con acoples y seguros.</p> <p>Antes de desconectar las herramientas se debe de drenar la presión acumulada.</p>
4	Transporte de materiales	Operador de montacargas Técnico Líder Supervisor Mecánico	<p>Los materiales se trasportan del almacén hacia la plataforma del molino SAG.</p> <p>Los vigías deberán asegurarse de que ninguna persona ni equipo interfiera con el desplazamiento del montacargas.</p> <p>Apilar adecuadamente los liners.</p> <p>Acomodar adecuadamente los pernos y tuercas.</p> <p>Distribuir el orden de los materiales de tal manera que no interrumpa el momento en que el montacargas se encuentre retirando los liners desgastados.</p> <p>Adecuar un espacio para descargar los liners desgastados.</p>

PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS SAG

Continúa...

5	Realizar bloqueo y rotulado	Todos los colaboradores involucrados en el mantenimiento del molino SAG.	Se coordina con el área de mantenimiento y operaciones del cliente para realizar el bloqueo del molino SAG. Todos los colaboradores involucrados deben bloquear. Se realiza pruebas de energía cero del molino SAG. Se realiza una verificación por parte del cliente que ningún colaborador se encuentre en el interior o exterior cercano al molino SAG antes de cada giro.
6	Retiro de chute de alimentación del molino SAG	Técnico Mecánico Líder Mecánico Personal del cliente	Luego de bloquear el equipo se procede a retirar el chute de alimentación con el equipo adecuado para su traslado, ninguna persona debe estar debajo de la compuerta de la faja de alimentación hasta que se coloque en su posición adecuada para evitar que alguna roca caiga sobre los colaboradores.
7	Posicionamiento del molino SAG	Supervisor Mecánico Líder Mecánico	Se instala el ventilador para extraer los gases del interior del molino. Luego se alumbró con las luminarias para ubicar el molino en la posición adecuada y así poder iniciar con el mantenimiento.
8	Ingreso de máquina enlainadora	Supervisor Mecánico Líder Mecánico Operador de enlainadora	Se realiza el traslado de la enlainadora hasta la boca del molino y se asegura con los anclajes al piso para estabilizar la enlainadora. Se instala accesorios de enlainadora.
9	Retiro de Liners	Ayudante Mecánico Técnico Mecánico Técnico Soldador Técnico Líder Supervisor Mecánico Supervisor de Seguridad Operador de Enlainadora Operador de montacargas Operador de portalainers	Antes de retirar los pernos se realiza una inspección para determinar que pernos serán cortados y derretidos para facilitar el retiro de los liners. El personal que se encuentra en el interior del molino debe salir al exterior antes de proceder a golpear los pernos con el martillo hidráulico desde el exterior y así evitar que los pernos que salen con fuerza impacten con algún colaborador en el interior del molino. Una vez que se retiran todos los pernos, se procede a retirar los liners con la máquina enlainadora hacia el exterior del molino, se retira liner por liner hacia el portalainers y se traslada al exterior para ser llevado por el montacargas hacia la zona de descarga de liners usados.

PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS SAG

Continúa...

10	Montaje de Liners	Ayudante Mecánico Técnico Mecánico Técnico Soldador Técnico Líder Supervisor Mecánico Supervisor de Seguridad Operador de Enlainadora Operador de montacargas Operador de portaliners	<p>Verificar el estado del shell del molino y el protector de caucho, si se requiere reparar los mecánicos deben ingresar para realizar dicha tarea.</p> <p>Durante estos trabajos no se debe de realizar ningún trabajo de soldadura en el interior del molino.</p> <p>Se debe de restringir de manera obligatoria el transito de colaboradores y equipos en toda el área de molienda ya que a partir de esta tarea el peligro de que se genere un accidente con pérdidas humanas con atropello o colisión con el montacargas es extremadamente alto.</p> <p>Se alimenta el molino de liners nuevos con el montacargas.</p> <p>El enlainador asegura el liner y lo ubica en su posición para colocar los pernos y ser asegurado y fijado desde el exterior.</p> <p>Torquear los pernos con herramientas adecuadas.</p> <p>Luego de colocar los liners retirar a los colaboradores del interior del molino para realizar giro y volver hacer la misma operación desde el retiro de liners.</p>	
11	Retirar enlainador	Supervisor Mecánico Líder Mecánico Operador de enlainadora	Al culminar los giros del molino y cambio de liners, se procede a retirar el enlainador y a ubicar en su lugar de estacionamiento.	
12	Ubicar chute de alimentación en la boca del molino SAG	Técnico Mecánico Líder Mecánico Personal del cliente	Se retira compuerta de faja y se ubica el chute de alimentación con el equipo de transporte adecuado.	
13	Realizar desbloqueo	Todos los colaboradores involucrados en el servicio de mantenimiento	Se retiran las pinzas y candados de la caja de bloqueo, luego se energiza el molino y se coordina con el operador de planta para poder seguir con las pruebas del molino.	
14	Prueba de Molino	Líder Mecánico Supervisor Mecánico	<p>Se verifica el torqueo adecuado de los pernos</p> <p>Se verifica que ningún liner caiga dentro del molino al operar.</p>	
15	Orden y limpieza	Todos los colaboradores involucrados en el servicio	<p>Las herramientas y equipos deben ser limpiados y dejados en su ubicación respectiva.</p> <p>El área debe quedar ordenada y todos los residuos generados durante el servicio de mantenimiento deben ser desechados correctamente.</p>	
Elaborado por		Revisado por	Aprobado por	
Colaborador	Richard Gutierrez	Jefe de Mantenimiento	Gerente de Seguridad	Gerente General
Fecha: 23-09-2020				Fecha:

Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
A LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS SAG

Tabla 12.

Diagrama de Gantt del Servicio de mantenimiento de los molinos SAG.

N°	Actividades	Comienzo	Fin	Días								
				1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Lectura de procedimiento, difusión de pets y elaboración PETAR	23/09/20	23/09/20	■								
2	Inspeccionar y delimitar el área de trabajo	23/09/20	23/09/20	■								
3	Inspección de herramientas, equipos y materiales	23/09/20	23/09/20	■								
4	Instalación de equipos hidráulicos, herramientas neumáticas e hidráulicas	23/09/20	23/09/20	■								
5	Transporte de materiales	23/09/20	24/09/20		■							
6	Aislamiento de energía	24/09/20	24/09/20		■							
7	Retiro de chute móvil	24/09/20	24/09/20		■							
8	Posicionamiento de molino	24/09/20	24/09/20		■							
9	Instalación de máquina enlainadora	24/09/20	24/09/20		■							
10	Instalación de extractores de gases	24/09/20	24/09/20		■							
11	Verificación y monitoreo de espacio confinado	24/09/20	24/09/20		■							
12	Retiro de guardas e instalación de thunderbolts	24/09/20	24/09/20		■							
13	Inspeccionar liners para cortar pernos	24/09/20	24/09/20		■							
14	Desplazar pernos de liners	24/09/20	25/09/20		■	■						
15	Cortar pernos de liners	25/09/20	25/09/20			■						
16	Retirar tuercas de liners	25/09/20	25/09/20			■						
17	Desmontar liners	25/09/20	25/09/20			■						
18	Retirar liners del interior del molino	25/09/20	25/09/20			■						
19	Limpieza de alojamiento de discharge grates	25/09/20	25/09/20			■						
20	Verificar shell	25/09/20	25/09/20			■						

PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS SAG

Continúa...

N°	Actividades	Comienzo	Fin	Días									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
21	Reparar protector de caucho	25/09/20	25/09/20										
22	Ingreso de liners	25/09/20	25/09/20										
23	Montaje de liners	25/09/20	28/09/20										
24	Ajuste y torque de pernos de liners	28/09/20	28/09/20										
25	Orden y limpieza de área de trabajo	28/09/20	28/09/20										
26	Desbloqueo de energía	28/09/20	28/09/20										
27	Giro de molino y posición de molino	28/09/20	28/09/20										
28	Repetir tareas hasta el último giro	28/09/20	30/09/20										
29	Orden y limpieza de área de trabajo	30/09/20	30/09/20										
30	Retiro de Herramientas	30/09/20	30/09/20										
31	Instalación de guardas	30/09/20	30/09/20										
32	Retiro de carro lainador	30/09/20	30/09/20										
33	Desbloqueo	30/09/20	30/09/20										

Fuente: Elaboración propia.

C) PARA ICR 7:

La empresa no cuenta con colaboradores técnicos, ya que en su mayoría son colaboradores que trabajan por un nivel de experiencia en el mantenimiento de los molinos, solamente son empíricos y por esta razón que al momento de realizar trabajos que demanden de información técnica ellos no son capaces de realizarlo de la mejor manera, también se observa un uso inadecuado de los equipos y herramientas a utilizar lo que también genera que la ejecución de las actividades se alargue.

Para dar un servicio que supere las expectativas del cliente y así conseguir su satisfacción, es necesario brindar capacitaciones que presenten temas que potencie el conocimiento técnico de los colaboradores para realizar el servicio de mantenimiento. Para desarrollar esta mejora se propone aplicar el siguiente pilar del TPM.

Quinto Pilar: Educación y Entrenamiento

se necesita la participación activa de todos los colaboradores involucrados para así desarrollar las competencias de los colaboradores, teniendo en cuenta los objetivos de la empresa.

Este programa de capacitación consta de 5 capacitaciones que se realizarán a lo largo de lo que resta del año 2020 y 2021.

A continuación, en la tabla N°10 se muestra el cronograma para las capacitaciones propuestas.

Tabla 13.

Cronograma de Charlas propuestas a técnicos.

N°	Temas	Dirigido a	Cronograma					Expositor	Costo
			Nov	Dic	Ene	Feb	Mar		
1	TPM	Staff	■					TECSUP	Convenio
2	Indicadores de gestión	Staff		■				TECSUP	Convenio
3	Uso de herramientas hidráulicas	Técnicos mecánicos	■					SENATI	Convenio
4	Uso de herramientas neumáticas	Técnicos mecánicos	■					SENATI	Convenio
5	Uso correcto de herramientas	Técnicos mecánicos		■				SENATI	Convenio
6	Uso de thunderbolt	Técnicos mecánicos		■				RMH	Convenio
7	Operación de montacargas	Técnicos mecánicos			■			TECSUP	Convenio
8	Operación de enlainadora	Técnicos mecánicos				■	■	RMH	Convenio
9	Uso de equipo oxicorte	Técnicos soldadores	■					SENATI	Convenio

Fuente: Elaboración propia.

D) PARA ICR 1: Falta de Indicadores

La empresa no cuenta con indicadores para mapear con datos reales la manera en que se está ejecutando los servicios de mantenimiento de molinos SAG.

<i>Unidad de tiempo</i>	Horas	
<i>Tiempo estándar de fabricación</i>	3125	Unidades/hora
<i>Tiempo por turno</i>	8	Horas/turno
<i>Tiempo planeado (comidas, reuniones, juntas, etc.)</i>	0	Horas/turno
<i>Tiempo de paradas</i>	0,1753	Horas/turno
<i>Tiempo de alistamiento</i>	0	Horas/turno
<i>Tiempo de cambios</i>	0	Horas/turno
<i>Tiempo de esperas</i>	0	Horas/turno
<i>Producción real</i>	23356,56	Unidades/turno
<i>Número de unidades defectuosas</i>	0	Unidades/turno
<i>Número de unidades remanufacturadas</i>	0	Unidades/turno

Figura 4. Datos necesarios para el cálculo de los indicadores OEE

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4 podemos apreciar los datos necesarios para los cálculos de los indicadores, se debe tener en cuenta las unidades de tiempo, el tiempo estándar, los tiempos por turno, los tiempos perdidos, la producción real,

las unidades defectuosas. Los datos ingresados corresponden al proceso de mantenimiento de molinos SAG.

Tiempo disponible	8	Horas/turno
Tiempo muerto	0,1753	Horas/turno
Tiempo productivo	7,8247	Horas/turno
Tiempo eficiente	7	Horas/turno
Disponibilidad	97,81%	Tasa
Capacidad productiva	24452,1875	Unidades/turno
Eficiencia	95,52%	Tasa
Calidad	100,00%	Tasa
Tiempo de calidad	7,4740992	Horas/turno
OEE	93,43%	

Figura 5. Cálculos obtenidos con las fórmulas de OEE

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5 se puede apreciar los resultados obtenidos con los datos de la Figura 4, aquí con las fórmulas de los indicadores OEE se hallan los valores de Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. Y así con estos datos obtener el OEE del proceso de mantenimiento de molinos SAG que asciende a 93,43% que, si bien es un buen indicador, este se podría mejorar aún más con la implementación del TPM.

PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS SAG

Unidad de tiempo	Horas	
Tiempo estándar de fabricación	3125	Unidades/hora
Tiempo por turno	8	Horas/turno
Tiempo planeado (comidas, reuniones, juntas, etc.)	0	Horas/turno
Tiempo de paradas	0,1315	Horas/turno
Tiempo de alistamiento	0	Horas/turno
Tiempo de cambios	0	Horas/turno
Tiempo de esperas	0	Horas/turno
Producción real	23767,19	Unidades/turno
Número de unidades defectuosas	0	Unidades/turno
Número de unidades remanufacturadas	0	Unidades/turno

Figura 6. Datos necesarios para el cálculo de los indicadores OEE

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo disponible	8	Horas/turno
Tiempo muerto	0,1315	Horas/turno
Tiempo productivo	7,8685	Horas/turno
Tiempo eficiente	8	Horas/turno
Disponibilidad	98,36%	Tasa
Capacidad productiva	24589,0625	Unidades/turno
Eficiencia	96,66%	Tasa
Calidad	100,00%	Tasa
Tiempo de calidad	7,6055008	Horas/turno
OEE	95,07%	

Figura 7. Cálculos obtenidos con las fórmulas de OEE con la mejora

Fuente: Elaboración propia.

E) PARA ICR 4: Falta de Herramientas de Control

No existe documentación para inspección de equipos, para clasificar y ordenar los materiales de la manera adecuada, lo que causa que se opere con incertidumbre ante una falla y esto cause una vez más una acumulación de demoras por falta de inspecciones en los equipos que se utilizan para ejecutar el trabajo. La empresa que solicita el servicio de mantenimiento en este caso se encarga de suministrar los materiales para la ejecución del mantenimiento, pero cuando los colaboradores están montando los revestimientos se dan con la sorpresa de que faltan pernos, tuercas y revestimientos para culminar el mantenimiento, además la empresa

solicitante del servicio no brinda las herramientas completas para realizar el mantenimiento, es por esto que también se ocasionan demoras que extienden el tiempo de trabajo.

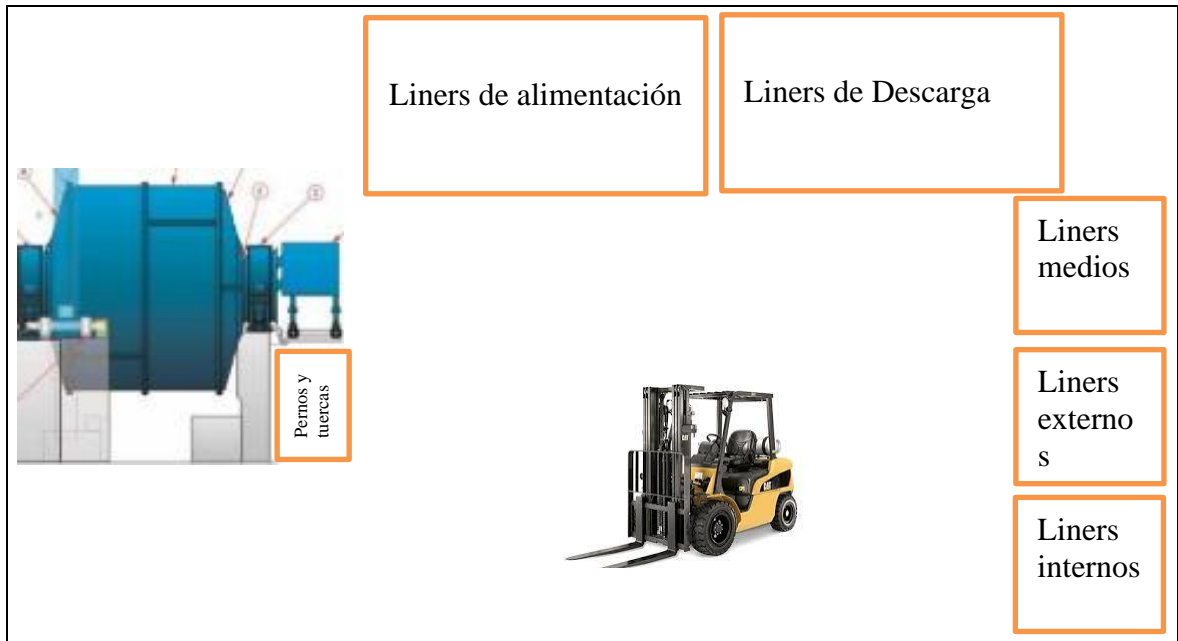
Los formatos que se proponen a continuación son:

- Formato para ubicación de liners en plataforma.
- Formato para requerimiento de herramientas
- Formato para requerimiento de materiales
- Formato para requerimiento de Equipos
- Matriz para torque de pernos y tuercas

Formato de Ubicación de Liners en Plataforma	Servicio de Mantenimiento de Molinos SAG
	Código: F01
	Versión: 01
	Fecha de aprobación:

Tarea: **Mantenimiento de Molino SAG – Cambio de liners**

Área: Planta Molienda



Instrucciones:

- Realizar limpieza del área antes de ubicar liners, pernos y tuercas en ubicación designada.
- Delimitar el área antes de realizar ubicación de liners.
- Ubicar tacos de madera para apilar liners de manera ordenada y segura.

Elaborado por		Revisado por	Aprobado por	
Colaborador	Richard Gutierrez			
Fecha: 23-09-2020		Jefe de Mantenimiento	Gerente de Seguridad	Gerente General
				Fecha:

Formato para Requerimiento de Herramientas	Servicio de Mantenimiento de Molinos SAG
	Código: F02
	Versión: 01
	Fecha de aprobación:

Tarea:

Mantenimiento de Molino SAG – Cambio de liners

Área: Planta Molienda

Nombre del solicitante: _____

Fecha de solicitud: _____

Item	Herramienta	Marca	Cantidad	Descripción
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Elaborado por		Revisado por	Aprobado por	
Colaborador	Richard Gutierrez			
Fecha: 23-09-2020		Jefe de Mantenimiento	Gerente de Seguridad	Gerente General
				Fecha:

Formato para Requerimiento de Materiales	Servicio de Mantenimiento de Molinos SAG
	Código: F03
	Versión: 01
	Fecha de aprobación:

Tarea:

Mantenimiento de Molino SAG – Cambio de liners

Área: Planta Molienda

Nombre del solicitante: _____

Fecha de solicitud: _____

Item	Materiales	Marca	Cantidad	Descripción
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por
Colaborador	Richard Gutierrez			
Fecha: 23-09-2020		Jefe de Mantenimiento	Gerente de Seguridad	Gerente General
				Fecha:

Formato para Requerimiento de Equipos	Servicio de Mantenimiento de Molinos SAG
	Código: F04
	Versión: 01
	Fecha de aprobación:

Tarea: Mantenimiento de Molino SAG – Cambio de liners

Área: Planta Molienda

Nombre del solicitante: _____

Fecha de solicitud: _____

Item	Equipos	Marca	Cantidad	Descripción
1				
2				
3				
4				
5				
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por
Colaborador	Richard Gutierrez			
Fecha: 23-09-2020		Jefe de Mantenimiento	Gerente de Seguridad	Gerente General
				Fecha:

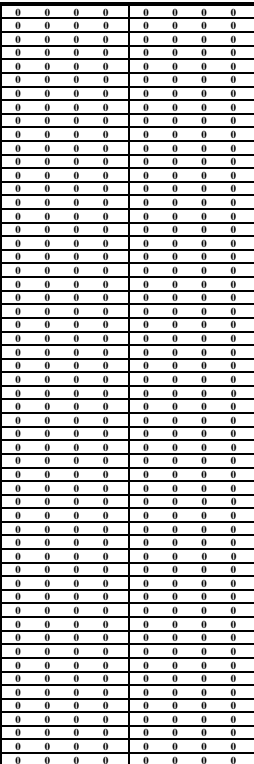
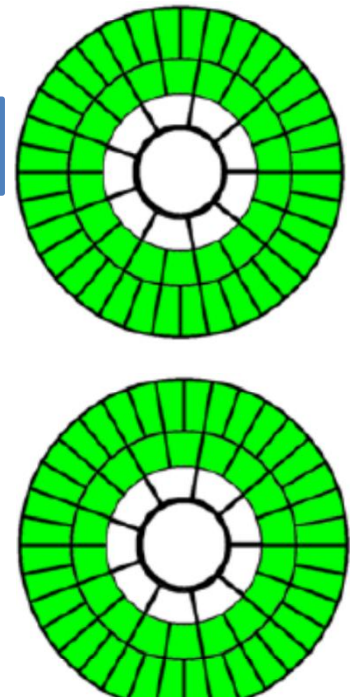
Formato para Torqueo de pernos y tuercas	Servicio de Mantenimiento de Molinos SAG
	Código: F04
	Versión: 01
	Fecha de aprobación:

Tarea: Mantenimiento de Molino SAG – Cambio de liners

Área: Planta Molienda

Nombre del solicitante: _____

Fecha de solicitud: _____

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">Pernos del Shell (448 unds)</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">Pernos de Alimentación (328 unds)</div>	
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">Pernos de Descarga (328 unds)</div>	

Instrucciones:

- Torquear pernos a un torque de 4500 Lbs-Ft, verificando con el torquímetro
- Pintar cada perno después de ser torqueado.
- Marcar el liner torqueado en el esquema presentado.

Elaborado por		Revisado por	Aprobado por	
Colaborador	Richard Gutierrez			
Fecha:	23-09-2020	Jefe de Mantenimiento	Gerente de Seguridad	Gerente General
				Fecha:

3.3 Evaluación económico-financiera de la propuesta.

La evaluación económica de la propuesta de mejora tendría una inversión en S/67 500,00 que incluye capacitaciones a cargo de Senati y Tecsup, la implementación de las 5S, la compra de una PC de escritorio y una impresora láser. Se complementa con la compra de mobiliario para el área de Control de TPM.

Tabla 14.

Inversión de la propuesta de mejora al servicio de mantenimiento de molinos SAG

Descripción	Monto (S/)
Capacitaciones Senati	S/21 000,00
Capacitaciones Tecsup	S/30 000,00
Implementación 5S	S/8 500,00
Computadora	S/3 500,00
Impresora	S/1 000,00
Mobiliario	S/3 500,00
Total	S/67 500,00

Fuente: Elaboración propia.

Los ingresos anuales de la propuesta de mejora están dados por el ahorro que se realizará al momento de efectuar el mantenimiento de los molinos SAG siguiendo las recomendaciones y proceso estandarizado de la propuesta. Con lo cual reduciremos en dos días el mantenimiento generando un ahorro de US\$ 100 000,00, dicho calculo esta establecido por el área de contabilidad de la empresa. El tipo de cambio se ha considerado de 3,50 soles por dólar.

Tabla 15.

Ingresos anuales de la propuesta de mejora al servicio de mantenimiento de molinos SAG

Ingresos	Monto (S/)
Reducción del tiempo de mantenimiento (2 días)	S/350 000,00
Total	S/350 000,00

Fuente: Elaboración propia.

Los egresos anuales se darán por la contratación de un Ingeniero Industrial para el control y monitoreo de los indicadores TPM con un sueldo de 3 400,00 soles más sus

beneficios sociales (EsSalud, SCRT, Asignación Familiar, Vacaciones, CTS, etc.) y los útiles de escritorio por un monto mensual de 125,00 soles, para asegurar los beneficios que se pretenden alcanzar con la propuesta de mejora (Ver Anexo 4).

Tabla 16.

Egresos anuales de la propuesta de mejora al servicio de mantenimiento de molinos SAG

Egresos	Monto (S/)
Personal contratado para el monitoreo de TPM	S/56 202,37
Útiles escritorio	S/1 500,00
Total	S/57 702,37

Fuente: Elaboración propia.

Toda esta información ha generado el siguiente flujo de efectivo que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17.

Flujo Económico de la propuesta de mejora al servicio de mantenimiento de molinos SAG

	2020	2021	2022	2023
Ingresos		S/350 000,00	S/350 000,00	S/350 000,00
Inversión	S/67 500,00			
Egresos		S/57 702,37	S/57 702,37	S/57 702,37
Flujo Neto	-S/67 500,00	S/292 297,63	S/292 297,63	S/292 297,63

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación económica a este flujo de efectivo considerando una tasa de interés del 15% es:

$$VAN = S/599 881,29$$

$$TIR = 430\%$$

Lo que indica que nuestra propuesta de mejora en el servicio de mantenimiento de molinos SAG es factible y genera rentabilidad.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

- Realizar un diagnóstico de la situación actual en el servicio de mantenimiento.

Se logró realizar el diagnóstico de la situación actual del servicio de mantenimiento de molinos SAG a través de las herramientas de Diagrama de Ishikawa, Matriz de Priorización y Diagrama de Pareto, ubicando 5 causas raíces—Sensibilización y cultura de seguridad, Falta de procedimientos, Falta de capacitación, Falta de indicadores y Falta de herramientas de control para el mantenimiento— que son las que originan el 80% de problemas en el servicio como se aprecia en las Figuras 1 y 2, y la Tabla 2. Esto coincide con Aguilar (2018) quien manifiesta en su investigación que las mejoras planteadas atacan las principales causas como la implementación de maquinaria, elaboración de procedimientos, capacitación del personal y el trabajo con los proveedores sobre el diseño y mejora de la maquinaria, así como la medición de la fiabilidad y eficiencia de los equipos.

- Formular propuesta de aplicación de las herramientas de Mantenimiento Productivo Total a utilizar para la mejora del servicio de mantenimiento.

En la Tabla 3 se presenta la situación actual e indicadores, y asimismo los indicadores propuestos con la mejora del TPM. Para lograr estos objetivos se plantean capacitaciones a todo el personal involucrado en el servicio de mantenimiento de molinos SAG, Tablas 6 y 12, por parte de instituciones como Senati y Tecsup líderes en capacitación tecnológica. Asimismo, se plantea una estandarización de los procesos de mantenimiento de los molinos SAG y la reducción de los tiempos de mantenimiento como se muestra en la Tabla 10 y 11.

Coincidimos con García (2018) quien concluye que la innovación tecnológica en cuanto a los procesos industriales siempre tiene que ir de la mano de una adecuada gestión de planta y poder establecer metas que ayuden a tener mejores resultados y sobre todo que genere una mayor satisfacción por parte de los colaboradores.

- Evaluación económico-financiera de la propuesta.

La evaluación económica de la propuesta de mejora tendría una inversión en S/67 500,00 (Tabla 14) que incluye capacitaciones a cargo de Senati y Tecsup, la implementación de las 5S, la compra de una PC de escritorio y una impresora láser. Se complementa con la compra de mobiliario para el área de Control de TPM. Asimismo, los ahorros en mantenimiento vendrían a ser nuestros ingresos anuales los cuales ascienden a S/350 000,00 (Tabla 15) y los egresos anuales ascenderían a S/ 57 500,00 entre personal y útiles de escritorio (Tabla 16). El análisis de los indicadores de evaluación utilizando una tasa de descuento de 15% nos da un VAN de S/600 343,35 y una TIR de 430%. Se coincide con Llontop (2018) quien indica que con apoyo mediante el mantenimiento autónomo se llega a un 75% de efectividad, lo cual ayuda en la productividad para mayor reducción de tiempo a la disponibilidad que es el punto más indispensable que mejorar y por otro lado Acuña (2019) indica que implementar los pilares del TPM en el área de producción dio como resultado un impacto fuerte en la reducción de los costos de mantenimiento y horas de paradas por mantenimiento correctivo y por lo tanto ayuda a que las maquinarias tengan un flujo de trabajo constante.

4.2 Conclusiones

- Determinar el efecto que la aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total tiene en el servicio de mantenimiento de molinos SAG.

Se concluye que la aplicación de la metodología de TPM tuvo un efecto positivo en el servicio de mantenimiento de molinos SAG dado que genera un ahorro de S/350 000,00 anuales en el servicio.

- Realizar un diagnóstico de la situación actual en el servicio de mantenimiento.

Se logró realizar el diagnóstico del servicio de mantenimiento de molinos SAG utilizando el diagrama de Ishikawa, la matriz de priorización y el diagrama de Pareto que permitieron encontrar las causas raíces —Sensibilización y cultura de seguridad, Falta de procedimientos, Falta de capacitación, Falta de indicadores y Falta de herramientas de control para el mantenimiento— que originan el 80% de problemas.

- Formular propuesta de aplicación de las herramientas de Mantenimiento Productivo Total a utilizar para el servicio de mantenimiento de molinos SAG.

Se formulan planes de estandarización del proceso de servicio de mantenimiento, formatos e indicadores que permiten controlar y monitorear dichas actividades bajo el TPM. Logrando una reducción de S/350 000,00 anuales en el servicio de mantenimiento de molinos SAG.

- Evaluación económico-financiera de la propuesta.

Se concluye que el proyecto de mejora en el servicio de mantenimiento de molinos SAG es factible y rentable dado que presenta unos indicadores de evaluación, utilizando una tasa de descuento de 15%; iguales a VAN de S/600 343,35 y una TIR de 430%.

REFERENCIAS

- Acuña, B. (2019). *Propuesta de mejora para la gestión de mantenimiento mediante la aplicación de herramientas del mantenimiento productivo total (TPM) en el área de tejeduría en una empresa textil*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Recuperado de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/651599>.
- Aguilar, R. (2018). *Análisis y mejoras de la gestión del área de mantenimiento mecánico molienda procesos C2 de la planta concentradora de cobre de Sociedad Minera Cerro Verde Arequipa basado en la filosofía de mantenimiento productivo total*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Continental, Arequipa, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4970>.
- Ahuja, I. y Khamba, J. (2008). Total productive maintenance implementation in a manufacturing organization. Punjabi University, Patiala.
- Apaza, R. (2015). El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad de la empresa minera Chama Perú E.I.R.L. (Tesis de Licenciatura). Universidad Andina, Juliaca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/438/TESIS.pdf>
- Becerra, G. & Paulino, J. (2012). El análisis de confiabilidad como herramienta para optimizar la gestión del mantenimiento preventivo de los equipos de la línea de flotación en un Centro Minero. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni.pdf>
- Belohlavek, P. (2006). OEE. Overall Equipment Effectiveness. (1ª. ed.). Buenos Aires: Blue Eagle Group.


- Duffuaa, S., Raouf, A. & Dixon, J. (2010). *Sistemas de Mantenimiento. Planeamiento y Control*. México: LIMUSA WILEY
- García, G. (2018). *Propuesta de mejora de la Gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM)* (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12015>.
- Kotler, P. & Keller, K. (2012). *Dirección de Marketing*. (14^a. ed.). México: Pearson Educación.
- Llontop, L. (2018). *Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo Trapiche para medir el impacto de la productividad de la Agroindustria Pomalca S.A.A.* (Tesis de Maestría). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Escuela de Postgrado, Chiclayo, Perú. Recuperado de: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1426>.
- Pérez, H., Pérez, J., López, L., y Caballero, C. (2013). *Comunicación y atención al cliente*. Madrid: McGraw - Hill Interamericana de España.
- Pinto, D. & Mesa, J. (2011). *Implementación de Plan Piloto de TPM en una Industria de Cerámica*. (Tesis de Licenciatura). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
Recuperado de: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4362/DiegoPinto>.
- Rao, G., Nallusamy, S. y Rajaram, M. (2017). *Augmentation of production level using different lean approaches in medium scale manufacturing industries*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/322328682_Augmentation_of_production_level_using_different_lean_approaches_in_medium_scale_manufacturing_industries

Robbins, S. & Judge, T. (2009). Comportamiento organizacional. (13ª. ed.). México:
Pearson Educación.

Salazar, B. (15 de octubre de 2019). Mantenimiento Productivo Total (TPM). Total
Productive Maintenance. Recuperado de
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

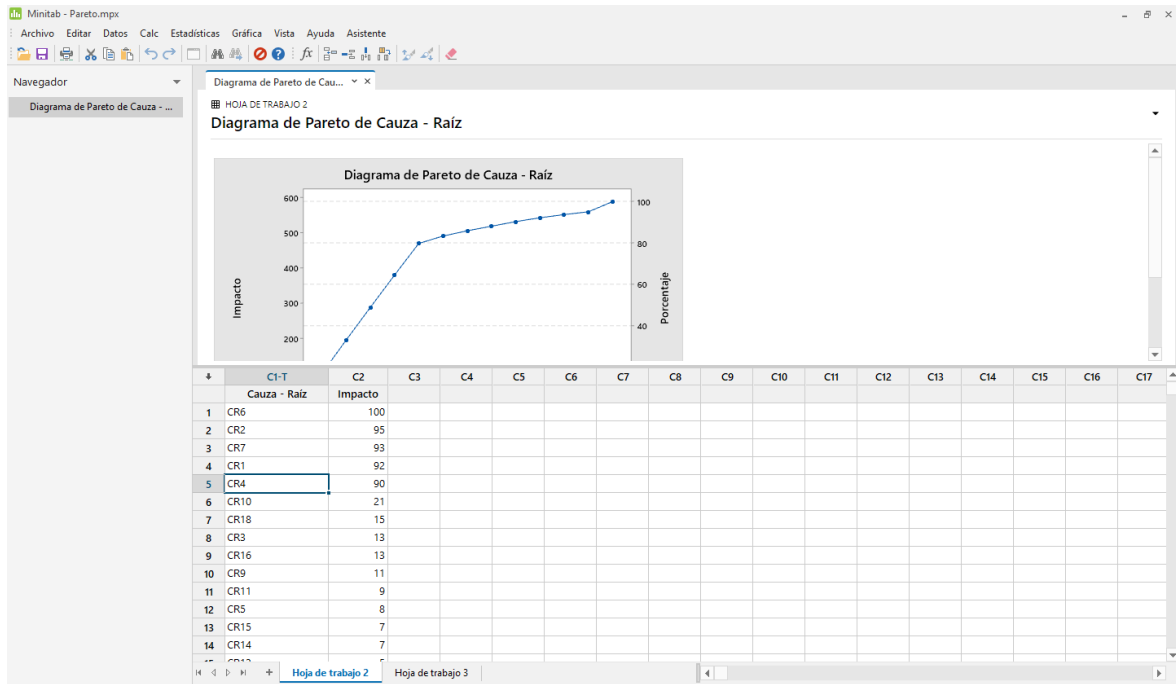
ANEXOS

Anexo N° 1. Formato de clasificación de accesorios.

	FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE ACCESORIOS	Código:	MTTO-PL-001	
		Área:	Molienda	
		Versión:	Fecha de Aprobación:	Página:
		01		

UBICACIÓN	DETALLE	EXISTENCIAS	ESTADO	TIPO DE UNIDAD	COMENTARIO

Anexo N°2. Desarrollo de Pareto en MiniTAB 2019.



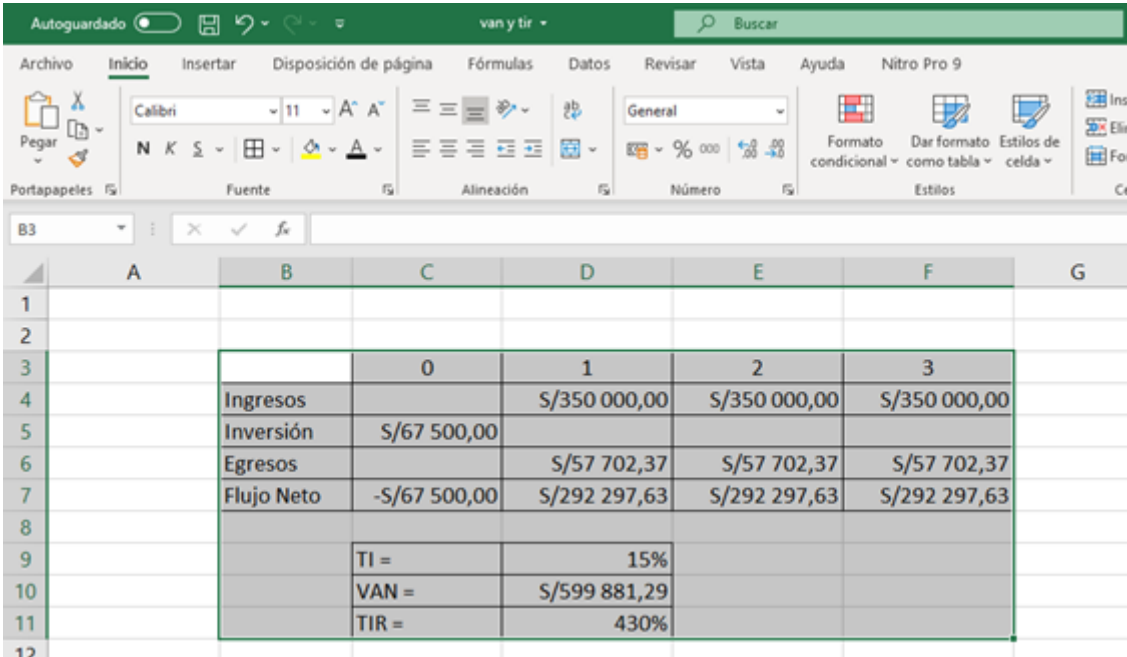
Anexo N°3. Cálculo del OEE antes de la propuesta.

EFFECTIVIDAD TOTAL DE LOS EQUIPOS - OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)	
Unidad de tiempo	Horas
Tiempo estándar de fabricación	3125 Unidades/hora
Tiempo por turno	8 Horas/turno
Tiempo planeado (comidas, reuniones, juntas, etc.)	Horas/turno
Tiempo de paradas	0,1315 Horas/turno
Tiempo de alistamiento	Horas/turno
Tiempo de cambios	Horas/turno
Tiempo de esperas	Horas/turno
Producción real	23256,56 Unidades/turno
Número de unidades defectuosas	0 Unidades/turno
Número de unidades remanufacturadas	0 Unidades/turno
Tiempo disponible	8 Horas/turno
Tiempo muerto	0,1315 Horas/turno
Tiempo productivo	7,8685 Horas/turno
Tiempo eficiente	7 Horas/turno
Disponibilidad	98,36% Tasa
Capacidad productiva	24589,0625 Unidades/turno
Eficiencia	94,99% Tasa
Calidad	100,00% Tasa
Tiempo de calidad	7,4740992 Horas/turno
OEE	93,43%

Anexo N°4. Egresos de Propuesta de TPM.

Cargo	TPM
Departamento	Mantenimiento
R. Laboral	DL 728
RMV	S/3 400,00
Asig. Fam.	S/93,00
Total Mes	S/3 493,00
Total Anual	S/41 916,00
Vacaciones	S/3 493,00
CTS	S/3 493,00
EsSalud	S/314,37
Gratificaciones	S/6 986,00
Total Anual	S/56 202,37

Anexo N°5. Determinación del VAN, TIR en hoja Excel.



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	0	1	2	3
Ingresos		S/350 000,00	S/350 000,00	S/350 000,00
Inversión	S/67 500,00			
Egresos		S/57 702,37	S/57 702,37	S/57 702,37
Flujo Neto	-S/67 500,00	S/292 297,63	S/292 297,63	S/292 297,63
	TI =	15%		
	VAN =	S/599 881,29		
	TIR =	430%		

Anexo N°6. Macro en Excel para hallar el OEE

