

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“OPTIMIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LA  
CHANCADORA METSO C-110, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE  
UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA  
TPM, PARA LA COMPAÑÍA MINERA ALPAYANA S.A.,  
HUAROCHIRI - 2020”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**PALOMINO VITTOR, DIEGO SIMON**

**Villa el Salvador**  
**2020**

**DEDICATORIA:** El presente trabajo va dedicado a mis padres, hermanos, amigos y profesores de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

**AGRADECIMIENTO:** Agradezco a todas las personas que de uno otro modo colaboró con la realización de mi trabajo y especialmente a mis profesores por darme un vasto conocimiento y consejos, para rendir profesionalmente en el ámbito laboral.

## INDICE

DEDICATORIA: .....	ii
AGRADECIMIENTO: .....	iii
ÍNDICE: .....	iv
LISTADO DE FIGURAS: .....	v
LISTADO DE TABLAS: .....	vi
RESUMEN .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	viii
OBJETIVOS .....	11
a. Objetivo General.....	11
b. Objetivos Específicos .....	11
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.....	12
1.1 Bases Teóricas.....	12
1.2 Definición de Términos Básicos .....	32
CAPITULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL.....	34
2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo .....	34
2.1.1 Delimitación temporal .....	34
2.1.2 Delimitación espacial.....	34
2.2 Determinación y análisis del problema.....	34
2.3 Modelo de solución Propuesto .....	36
2.4 Resultados .....	58
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES .....	78
BIBLIOGRAFÍA .....	79
ANEXOS .....	81

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1:	Enfoque del TPM.....	18
Figura 2:	Ciclo Deming o PHVA .....	20
Figura 3:	La filosofía de las 5S.....	25
Figura 4:	Etapas de implantación del TPM.....	27
Figura 5:	Tiempo de operación (TO) .....	28
Figura 6:	Perdidas y la efectividad del equipos .....	31
Figura 7:	Procedimiento de las actividades para realizar en el plan de mantenimiento.....	36
Figura 8:	Resultados de la criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110.....	41
Figura 9:	Diagrama Causa – Efecto .....	42
Figura 10:	Modelo de gestión de mantenimiento productivo total .....	43
Figura 11:	Modelo de mantenimiento autónomo .....	44
Figura 12:	Organigrama de la compañía Minera Alpayana S.A. ....	45
Figura 13:	Programa de capacitación del TPM .....	46
Figura 14:	Tarjeta para la selección de herramientas .....	47
Figura 15:	Reporte del análisis de fallas.....	54
Figura 16:	Programación de los equipos del área de chancado.....	56
Figura 17:	Programación de los componentes de la chancadora METSO C-110 .....	57
Figura 18:	Registro de órdenes de mantenimiento.....	58
Figura 19:	Horas de programación y mantenimiento del mes de enero 2020 ..	59
Figura 20:	Horas de programación y mantenimiento del mes de febrero 2020	62
Figura 21:	Horas de programación y mantenimiento del mes de marzo 2020 .	64
Figura 22:	Horas de programación y mantenimiento del mes de abril 2020....	66
Figura 23:	Horas de programación y mantenimiento del mes de mayo 2020...	68
Figura 24:	Horas de programación y mantenimiento del mes de junio 2020....	70
Figura 25:	Horas de programación y mantenimiento del mes de julio 2020.....	72
Figura 26:	Comparación de la disponibilidad mecánica del año 2018-2020.....	76

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1:	Matriz de criticidad .....	38
Tabla 2:	Valoración de criticidad de los equipos .....	39
Tabla 3:	Criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110....	40
Tabla 4:	Codificación de los equipos del área de chancado .....	47
Tabla 5:	Codificación de los componentes de la chancadora METSO C-11048	
Tabla 6:	Check list de limpieza.....	49
Tabla 7:	Fallas funcionales de los componentes de la chancadora METSO C-110 .....	51
Tabla 8:	Modos de fallas de los componentes de la chancadora METSO C-110 .....	52
Tabla 9:	Modos de fallas de los componentes de la chancadora METSO C-110 .....	53
Tabla 10:	Actividades de mantenimiento para las fallas.....	55
Tabla 11:	Resumen de los resultados del mes de enero 2020 .....	60
Tabla 12:	Resumen de los resultados del mes de febrero 2020 .....	63
Tabla 13:	Resumen de los resultados del mes de marzo 2020.....	65
Tabla 14:	Resumen de los resultados del mes de abril 2020.....	67
Tabla 15:	Resumen de los resultados del mes de mayo 2020.....	69
Tabla 16:	Resumen de los resultados del mes de junio 2020.....	71
Tabla 17:	Resumen de los resultados del mes de julio 2020 .....	73
Tabla 18:	Disponibilidad mecánica del mes de enero a julio 2020.....	74
Tabla 19:	Disponibilidad mecánica del año 2018 .....	75
Tabla 20:	Disponibilidad mecánica del año 2019 .....	75

## RESUMEN

En este trabajo de suficiencia profesional, describo un plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, con la finalidad de optimizar la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, en la Compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí; para lo cual se evaluó la criticidad de los componentes de la chancadora, estableciendo una alta criticidad para el eje principal, spider, cuerpo, excéntrica y sistema de accionamiento, y una mediana criticidad para la unidad hidráulica y sistema de sello de polvo. Con ello se logró establecer el modelo y los procesos del plan de mantenimiento, el cual tiene entradas relacionadas a las paradas y condiciones de la maquinas; asimismo cuenta con procesos, como el mantenimiento autónomo y la filosofía de las 5S, para finalmente mostrar las salidas que es la optimización de la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110. Seguidamente se calculó la disponibilidad mecánica, obtenida luego de la aplicación del plan de mantenimiento, la cual es en promedio entre los meses de enero a julio del 2020 de 93.11%; con ello finalmente se llega a la conclusión que se optimizó la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, existiendo una mejora entre el año 2018 y 2020 de 40.33%, y entre el año 2019 y 2020 de 56.32%.

## INTRODUCCIÓN

Sanzol (2010), señala que, a lo largo de la evolución de la tecnología en los procesos productivos a nivel industrial, se han evidenciado desde finales del siglo anterior, cambios en la forma de llevarse a cabo. En los inicios de la revolución industrial eran los mismos operarios quienes desarrollaban las reparaciones de los equipos. Conforme los equipos se fueron haciendo más complejos y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse las primeras áreas de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

En esa misma línea de pensamiento, Domínguez (2018), señala que, a manera de comprender y entender el concepto de mantenimiento, se puede decir, que éste ha estado siempre asociado al desarrollo tecnológico, y que a medida que ha evolucionado la tecnología, también ha ido cambiando la forma de concebir el concepto de mantenimiento.

Con la finalidad de encontrar una definición en términos concretos de mantenimiento, es que cito a Alavedra et al. (2016), quien señala que mantenimiento, es la conservación planeada de una máquina o equipo y que tiene como propósito permitir el conocimiento sistemático del estado de dichas máquinas y equipos, para programar la tarea que debe realizarse, en los momentos más oportunos y de menor impacto.

Sin embargo, para Domínguez (2018), señala que no puede hablarse de etapas definitivas o determinadas, ni fijarse límites en el tiempo a las diferentes maneras de entender el mantenimiento, que se han dado a lo largo del tiempo; esto por deberse a un proceso de mejora continua y como tal, las transformaciones sufridas han resultado de hitos o mejoras puntuales que han propiciado nuevas formas de trabajo y objetivos en un proceso de desarrollo permanente.

Barrientos (2017), señala que, en la actualidad, la gestión de mantenimiento es una actividad de gran importancia, que toda empresa debe monitorear para mantener



su activo fijo operable. Si una empresa carece de una buena gestión de mantenimiento esta ocasionara inevitables pérdidas por paradas imprevistas de sus máquinas o equipos.

Considerando los diferentes tipos de mantenimiento y su gestión, resalto lo señalado por Villena (2017), quien se concentra en el Mantenimiento Productivo Total (TPM), indicando que es una herramienta que presenta tres características principales: primero, la efectividad total, ya que persigue una eficiencia económica o rentabilidad a través de la búsqueda de un mejoramiento operativo de las máquinas o equipos; segundo, se enfoca de manera global en el mantenimiento, es decir incluye prevención y mejora en el mantenimiento de la máquina o equipo. Tercero, busca la participación total de todos los trabajadores del departamento del mantenimiento, que incluye el mantenimiento autónomo por los operarios a través de las actividades en pequeños sectores o grupos.

Así también Alcaraz (2010), resalta que el Mantenimiento Productivo Total es en la actualidad una de las principales herramientas para lograr la eficiencia y competitividad, lo que supone cumplir con especificaciones de calidad, tiempo y costo de la producción.

Hernández y Navarrete (2001), señalan que la gestión del mantenimiento se evalúa a través de la funcionalidad, disponibilidad y conservación de las máquinas y los equipos; que forman parte del proceso productivo a nivel industrial. Dicho de otra forma, una buena aplicación de la gestión del mantenimiento conlleva a un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones.

Ahora, en cuanto a la disponibilidad de una máquina o equipo en la gestión del mantenimiento, al respecto Fernández (2018), señala que la disponibilidad de una máquina o equipo se define como la proporción del tiempo que dicho equipo o máquina ha estado en disposición de producir, con independencia de que finalmente lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico.

Continuando con la definición de disponibilidad de una máquina o equipo, como parte de la gestión del mantenimiento, al respecto Alavedra (2016), señala que la

disponibilidad de un equipo solo puede aumentarse disminuyendo el tiempo fuera de servicio, lo cual es posible con la mejora de los procedimientos, la selección, el entrenamiento, la motivación del personal, la calidad y dotación de herramientas, el equipo de diagnóstico, los sistemas de información de equipos y la optimización de los sistemas de abastecimiento.

Así también Fernández (2018), señala que la disponibilidad es un indicador que ofrece muchas posibilidades de cálculo y de interpretación. La definición de la fórmula de cálculo de la disponibilidad tiene un papel importante para juzgar si el área de mantenimiento de cualquier organización industrial está realizando su trabajo correctamente o es necesario introducir algún tipo de mejora.

Bajo lo citado en los párrafos anteriores, en este trabajo de suficiencia profesional, describo un plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, con la finalidad de optimizar la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, en la Compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí; para lo cual se evaluará la criticidad de los componentes de la chancadora, a fin de establecer el modelo y sus procesos del plan de mantenimiento, para luego calcular la disponibilidad mecánica, obtenido luego de la aplicación del plan de mantenimiento descrito.

## OBJETIVOS

### a. **Objetivo General**

Optimizar la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, mediante la aplicación de un plan de mantenimiento basado en la metodología TPM, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí – 2020.

### b. **Objetivos Específicos**

- Evaluar la criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110, a fin de establecer el modelo y sus procesos del plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, a fin de optimizar la disponibilidad mecánica, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí – 2020.
- Determinar el modelo y sus procesos del plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, a fin de optimizar la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí – 2020.
- Calcular la disponibilidad mecánica de la Chancadora METSO C-110, obtenida luego de la aplicación del plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí – 2020.

# CAPITULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Bases Teóricas

#### 1.1.1 Estado de arte

Antonio (2016) en su tesis titulada *Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria de confitados en industrias alimentarias S.R.L.*, en la Universidad Nacional del Centro del Perú (Perú), define como objetivo: Modificar la gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria de confitados en Industrias Alimentarias S.R.L. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: Se modificó fácilmente la gestión de mantenimiento basándose en el enfoque del TPM, lo que permitió aumentar la disponibilidad mecánica en un 75% de la maquinaria de confitados, generando además un trabajo ordenado, limpio, responsable y comprometido por todos los implicados en el proceso de mantenimiento y producción.

Fernández (2018) en su tesis titulada *Gestión de mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*, en la Universidad de Oviedo (España), define como objetivo: Implementar la gestión de mantenimiento Lean Maintenance y TPM para optimizar la disponibilidad de maquinarias. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: Se implementó la gestión de mantenimiento TPM, logrando optimizar la disponibilidad de las maquinarias, previniendo y prediciendo las averías, garantizando la fiabilidad, calidad y competitividad de la organización. Además, al evaluar la criticidad de los componentes se reduce los costes y tiempo de reparación, lo que conlleva a un aumento de producción y economía de la empresa.

Tejada (2019) en su tesis titulada *Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestranza de la Empresa FAMAI, Utilizando la Metodología del*

*Mantenimiento Productivo Total – TPM*, en la Universidad Tecnológica del Perú (Perú), define como objetivo: Proponer un modelo de optimización de disponibilidad de las máquinas y equipos del área de maestranza de la empresa FAMAI basándonos en la metodología TPM. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: Al aplicar la propuesta del modelo de mantenimiento con el método del TPM, se optimiza en un 97.20% la disponibilidad de las máquinas y equipos del área de maestranza de la empresa FAMAI; con ello se obtuvo un beneficio económico, según la relación costo/beneficio de S/ 1.984 por cada sol invertido en el proyecto.

Jurado (2017) en su tesis titulada *Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para una máquina empacadora de cereales*, en la Universidad de San Carlos de Guatemala (Guatemala), define como objetivo: Diseñar un plan de mantenimiento productivo total en una máquina empacadora de cereales. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: Al aplicar el plan de mantenimiento productivo total, se reduce el tiempo perdido por problemas mecánicos que según el análisis representan el 80%, para ello se centró en la criticidad de cada equipo. Este mantenimiento logra la eficiencia del equipo, aumenta su productividad, y genera una mejora continua, disminuyendo los problemas mecánicos de la maquina en un 86.1%, lo que genera un gran beneficio para la empresa.

Silva (2017) en su tesis titulada *Implementación de TPM (mantenimiento productivo total) para una planta industrial de telares*, en la Universidad Inca Garcilazo de la Vega (Perú), define como objetivo: Realizar la implementación de TPM en plantas industriales del sector textil. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: Se realizó la implementación de TPM logrando mejorar el proceso en el mantenimiento de telares, anticipando los desperfectos, reduciendo las paradas intempestivas de la maquinaria, obteniendo así una mayor productividad; además contribuyo al compromiso de

los operarios, para tener más cuidado con las maquinarias, tomando las medidas que propone la filosofía de TPM.

Mallía (2019) en su tesis titulada *Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de Guayaquil identificando la criticidad de los equipos del proceso productivo y enfocado en la técnica TPM*, en la Universidad de Guayaquil (Ecuador), define como objetivo: Elaborar una propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de Guayaquil identificando la criticidad de los equipos y enfocado en la filosofía TPM. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: Se logró elaborar una propuesta con la filosofía TPM, mejorando la disponibilidad de los equipos en un 98%, la identificación de la criticidad permitió al operador un obtener un alto grado de eficiencia y proactividad del proceso; con ello se mejoró el mantenimiento de la planta de producción, además con la implementación del TPM se espera eliminar el desorden del área de mantenimiento y de las operaciones.

Remache (2016) en su tesis titulada *Implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (MPT) para el manejo eficiente del Centro de Producción Siderometalúrgico El Sol*, en la Universidad Técnica de Cotopaxi (Ecuador), define como objetivo: Implementar el Plan de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en el Centro de Producción Siderometalúrgico “El Sol”, de la ciudad de Ambato, utilizando hojas de control que conlleven a optimizar el manejo prácticas de manufactura. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: Se implementó el plan de mantenimiento productivo total, aumentando la confiabilidad en un 86.84%, como parte de la implementación se evalúa los sistemas críticos y prioriza la planificación de su mantenimiento; además con ello se permite asegurar la óptima operación de los sistemas, maquinas, equipos y operarios, maximizando su eficiencia y eficacia dentro del proceso y aumentando el tiempo de su vida útil.

Pérez (2016) en su tesis titulada *Mejora de la eficiencia operacional de una máquina de envasado mediante TPM*, en la Universidad de Sevilla (España), define como objetivo: Implementar la metodología TPM para la mejora de la eficiencia operacional de una máquina de envasado. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: Se implementó la metodología TPM, en la cual interviene el análisis de criticidad, para el cual se creó fichas de pequeñas paradas, en las que se indica la acción con la que se debe actuar ante cada tipo de parada. Como se observa se logra mejorar la eficiencia operacional de la máquina optimizando el alto número de paradas, consiguiendo con ello que en una sola semana estemos muy cerca del objetivo, alcanzando 7,5 minutos gracias a la gestión autónoma.

Gallegos (2018) en su tesis titulada *Diseño e implementación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la calidad del servicio de mantenimiento de motos en el Taller Mototécnica Maxi SAC*, Lima 2018, en la Universidad Peruana de las Americas (Perú), define como objetivo: Implementar el TPM para mejorar la calidad del servicio de mantenimientos de motos en el Taller Mototécnica Maxi SAC, Lima 2018. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: La implementación del TPM ha mejorado de forma significativa la disponibilidad del servicio de mantenimientos de motos en el Taller Mototécnica Maxi SAC, esta dimensión 1 aumento su media inicial, de un valor de 10 puntos a un valor final de 26,62 puntos, dentro de una escala que llega hasta los 36 puntos.

García et al. (2016) en su investigación titulada *El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos*, en la Universidad Nacional Autónoma de México (México), define como objetivo: Implementar el TPM para incrementar la disponibilidad de la maquinaria y equipos de producción. Al desarrollo de esta, se obtuvo la siguiente conclusión: Se concluye que el TPM aumentó la disponibilidad y la eficacia de la maquinaria y equipo manteniéndolo en el nivel óptimo de servicio e incremento su

ciclo de vida; con el mínimo empleo de recurso humanos, lo que permite disminuir y controlar la variación en el proceso de producción.

## **1.1.2 Marco teórico general**

### **1.1.2.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Según Hemaruce (2013) el Mantenimiento Productivo Total (TPM) se originó y se desarrolló en Japón, por la necesidad de mejorar la gestión de mantenimiento, para alcanzar la velocidad con la que se automatizaron y sofisticaron los procesos productivos. Inicialmente el alcance del TPM se limitó a los departamentos relacionados con los equipos, más tarde los departamentos de administración y de apoyo se involucraron (p.8).

Para Hemaruce (2013) la misión de toda empresa es obtener un rendimiento económico, sin embargo, la misión del TPM es lograr que la empresa obtenga un rendimiento económico creciente en un ambiente agradable como producto de la interacción del personal con los sistemas, equipos y herramientas (p.8).

Según Salinas (2010) el TPM es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera de la producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos (p.13).

Salinas (2010) señala que el TPM es una demonización que nos conduce cerca del ideal sin averías, defectos ni problemas de seguridad. El TPM amplía la base de conocimientos de los operarios y del personal de mantenimiento y los integra para optimizar las actividades de operación y mantenimiento (p.13).



Según Gómez (2015) el proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejorar de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del conocimiento industrial (p.2).

Como lo indica Salinas (2010) la innovación principal del TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo, manteniendo sus máquinas en buen estado de operatividad y desarrollando la capacidad de detectar problemas potenciales antes de que ocasionen averías (p.13).

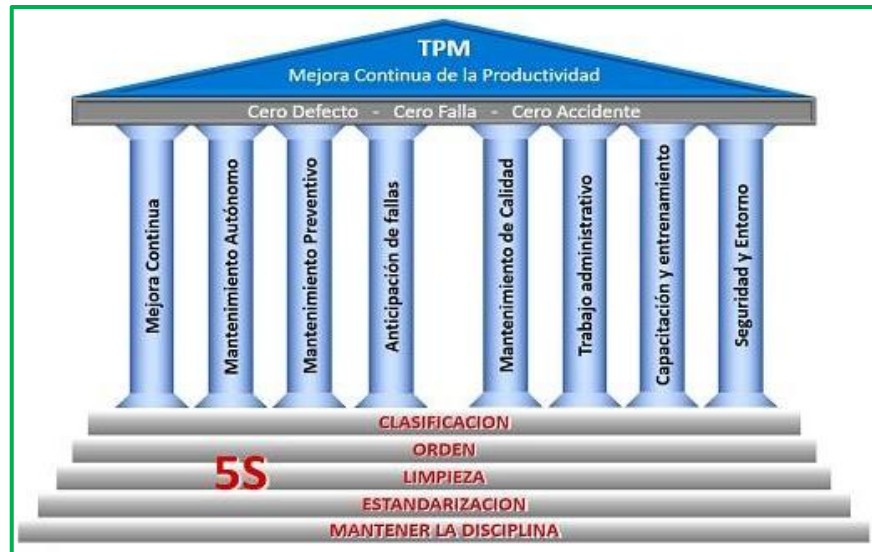
El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas Salinas (2010) señala que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM es una nueva dirección para la producción (p.13).

Gómez (2015) señala que el TPM tiene como propósito que los equipos operen sin averías y fallas, eliminando toda clase de pérdidas, mejorando la fiabilidad de los equipos y empleando verdaderamente la capacidad industrial instalada. Cuando esto se ha logrado, el período de operación mejora, los costos se reducen, el inventario se minimiza y con ello la productividad se incrementa (p.2).

Para Gómez (2015) el TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí;

todo esto con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato (p.2).

En la siguiente figura se muestra el enfoque del TPM, según Gómez (2015).



**Figura 1:** Enfoque del TPM  
Fuente: (Gómez, 2015)

### 1.1.2.2 Beneficios del TPM

Según Salinas (2010) el TPM impacta positivamente en una empresa en la reducción de los costos, en la mejora de los tiempos de respuesta, en la fiabilidad de suministros, y en la calidad de los productos y servicios finales (p.16).

Salinas (2010) señala que una vez que un buen programa de TPM toma lugar, los beneficios comienzan a fluir hacia toda la organización. Los beneficios en relación a la organización, seguridad y productividad se muestran, a continuación: (p.16)

#### A. Beneficios a la organización

- Mejora de calidad del ambiente de trabajo.

- Mejor control de las operaciones.
- Aprendizaje permanente.
- Redes de comunicación eficaces.

#### **B. Beneficios a la seguridad**

- Mejora las condiciones ambientales.
- Incremento de la identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.

#### **C. Beneficios a la productividad**

- Elimina pérdidas que afectan la productividad.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costes de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Menor coste financiero por recambios.
- Mejora de la tecnología de la empresa.

#### **1.1.2.3 Pilares fundamentales TPM**

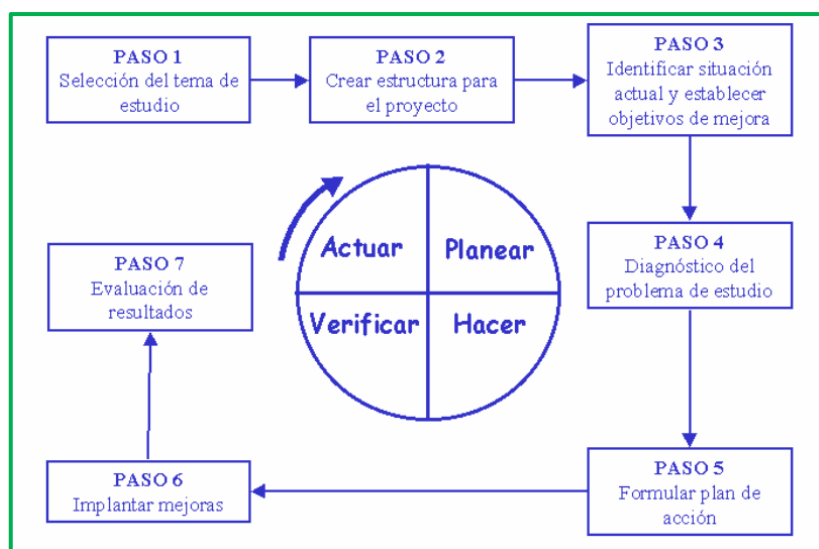
Salinas (2010) señala que los pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM son: (p.17)

#### **A. Mejoras enfocadas**

Según Hemaruce (2013) su objetivo es eliminar sistemáticamente las grandes pérdidas ocasionadas con el proceso productivo, las pérdidas pueden ser tanto de equipos, recursos humanos o de los procesos productivos (p.9).

Según Gómez (2015) son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo con el objetivo de maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de las pérdidas existentes en las plantas industriales (p.6).

Salinas (2010) señala que las técnicas TPM ayudan a eliminar visiblemente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar). El desarrollo de las actividades Kobetsu Kaizen se realizan a través de los pasos mostrados en la siguiente figura (p.17).



**Figura 2:** Ciclo Deming o PHVA  
Fuente: (Salinas, 2010)

## B. Mantenimiento autónomo

Para Salinas (2010) una de las actividades del sistema TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de la productividad. Su

propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipo a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden (p.18).

Según Hemaruce (2013) la idea del mantenimiento autónomo es que cada operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de su equipo y de este modo prolongar la vida útil del mismo. Y se realiza con el objetivo de conservar y mejorar el equipo con la participación del usuario u operador (p.9).

Gómez (2015) señala que el mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas (p.6).

Como lo indica Salinas (2010) el Mantenimiento Autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se

deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que operan (p.18).

### **C. Mantenimiento planificado**

Según Hemaruce (2013) la idea del mantenimiento planeado es la de que el operario diagnostique la falla y la indique con etiquetas con formas, números y colores específicos dentro de la máquina de forma que cuando el mecánico venga a reparar la máquina va directo a la falla y la elimina (p.9).

Por otro lado, Salinas (2010) señala que el objetivo del mantenimiento planificado es el de eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades (p.18).

### **D. Mantenimiento de calidad**

Según Hemaruce (2013) la meta aquí es ofrecer un producto cero defectos como efecto de una máquina cero defectos, y esto último sólo se logra con la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo (p.9)

Salinas (2010) señala que esta clase de mantenimiento tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad mediante el control de las

condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto (p.18).

Para Salinas (2010) el mantenimiento de calidad es una clase de mantenimiento preventivo orientado al cuidado de las condiciones del producto resultante. Según el autor el mantenimiento de calidad es: (p.19)

- Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
- Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para “cero defectos” y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.
- Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.
- Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.

#### **1.1.2.4 Filosofía de las 5s**

Salinas (2010) señala que esta filosofía está basada en palabras japonesas que comienzan con una "S" y se enfocan en el trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados (p.20).

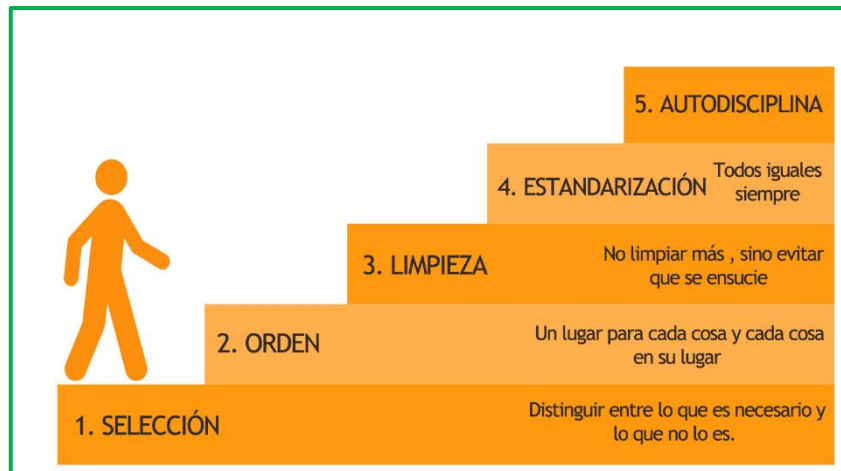
- Seiri – Selección: La primera “S” se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar herramientas rotas, herramientas obsoletas, recortes y

excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso".

- Seiton – Orden: La segunda "S" y se enfoca a sistemas de guardado eficientes y efectivos. Ello se logra con las siguientes preguntas ¿Qué necesito para hacer mi trabajo?, ¿Dónde lo necesito tener?, ¿Cuántas piezas de ello necesito?, en otras palabras, tener un lugar para cada cosa y cada cosa que este en su lugar.
- Seiso – Limpieza: Este paso de limpieza realmente desarrolla un buen sentido de propiedad en los trabajadores. Al mismo tiempo comienzan a aparecer evidentes problemas que antes eran ocultados por el desorden y suciedad. Así, se dan cuenta de fugas de aceite, aire, refrigerante, partes con excesiva vibración o temperatura, riesgos de contaminación, partes fatigadas, deformadas, rotas, desalineamiento, entre otros. Estos elementos, cuando no se atienden, pueden llevarnos a una falla del equipo y pérdidas de producción, factores que afectan las utilidades de la empresa.
- Seiketsu – Estandarizar: Dejemos que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas. Estas normas son fuentes de información muy valiosas en lo que se refiere a su trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta.
- Shitsuke – Autodisciplina: Esta "S" es la más difícil de alcanzar e implementar. La naturaleza humana nos hace resistir al cambio; el sostenimiento consiste en establecer un nuevo status y una nueva serie de normas o estándares en la organización del área de trabajo.

En la siguiente figura se representa la filosofía de las 5S (Salinas, 2010, p.20).





**Figura 3:** La filosofía de las 5S  
Fuente: (Salinas, 2010)

### 1.1.2.5 Etapas de la implementación del TPM

Para Salinas (2010) la implantación de la fase preparatoria del TPM, se ha estimado una media de 3 a 6 meses y de 2 a 3 años, considerando que se ha seguido los siguientes pasos: (p.29)

- 1° Paso – Compromiso de la alta gerencia: La alta gerencia debe estar comprometida e involucrada, además este compromiso debe ser divulgado a todos los niveles indicando las intenciones y expectativas con relación al método.
- 2° Paso – Campaña de difusión del método: La meta del TPM es la reestructuración de la cultura empresarial a través del perfeccionamiento, tanto de los recursos humanos como de los equipos y de las instalaciones. Basado en esto, se debe elaborar un programa de educación introductoria a todos los niveles.
- 3° Paso – Definición del comité de coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo: El TPM está basado en las actividades en equipo realizadas por los trabajadores. Como el éxito depende enormemente de la selección, estos deben ser seleccionados en el ámbito

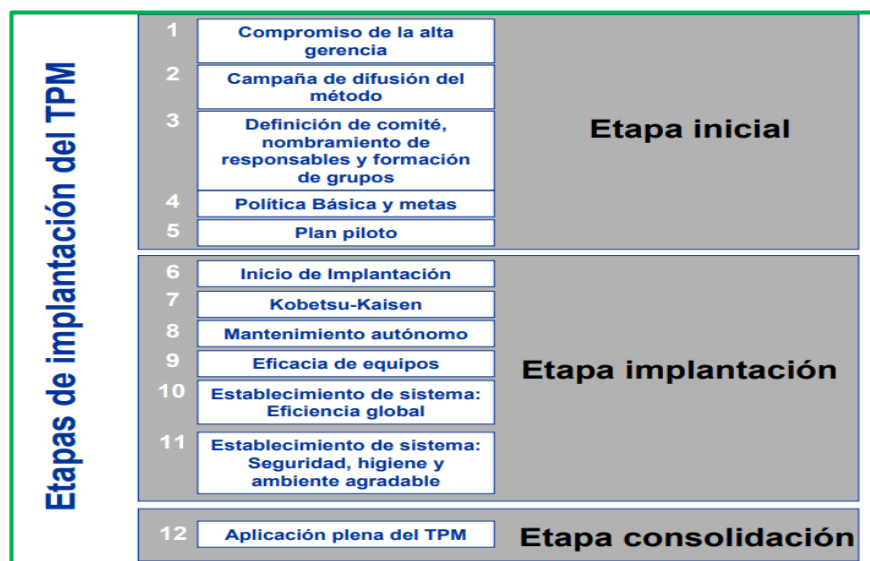
de las personas más responsables para desarrollar esas funciones.

- 4° Paso – Política básica y metas: Promoción del TPM como parte de una política y de una administración objetiva, esclareciendo su integración, a mediano y largo plazo, con las políticas de la empresa, así como la introducción del objetivo comercial de la empresa.
- 5° Paso – Plan piloto: Se debe establecer un plan piloto para el acompañamiento desde la preparación para la introducción del TPM hasta su implantación definitiva para posibilitar la verificación de los progresos obtenidos, establecer parámetros actuales y comparar con el desarrollo cambiando los esquemas, si fuese necesario.
- 6° Paso – Inicio de la implantación: Se debe planificar un evento para dar inicio a la implantación en el cual deberán participar todos los empleados. Es recomendable realizar una visita a todas las áreas con preguntas directas a los empleados para verificar si comprendieron plenamente los objetivos a ser alcanzados a través del TPM.
- 7° Paso – Kobetsu-Kaisen, para la obtención de la eficiencia de los equipos e instalaciones: El grupo debe seleccionar una línea de equipos donde se presente un “cuello de botella”, que genera pérdidas crónicas en la cual sea posible alcanzar la perfección a través de esfuerzos continuos.
- 8° Paso – Establecimiento del “Jishu-Hozen”: El “Jishu-Hozen” es un método de desarrollo que permite al mismo operador controlar su propio equipo y es desarrollado en siete pasos; inspección de limpieza, toma de medidas defensivas contra causas de suciedad y mejora del acceso a las áreas de difícil limpieza y lubricación, formulación de los estándares de trabajo, inspección general, inspección

autónoma, estandarización y por último el control totalmente autónomo.

- 9° Paso – Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción: Implantación de la metodología en el equipo piloto, normalizando y transformando en rutina, todo aquello que fue suministrado en el paso anterior.
- 10° Paso – Establecimiento del sistema para la obtención de la eficiencia global en las áreas de administración: Apoyo a la producción incrementando la eficiencia tanto en el ámbito de las oficinas como de los equipos.
- 11° Paso – Establecimiento del sistema, buscando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y ambiente agradable de trabajo: Planteamiento y búsqueda de la meta: cero accidentes y cero poluciones.
- 12° Paso – Aplicación plena del TPM e incremento de los respectivos niveles: En este paso se hace una ampliación del TPM a los demás equipos de la planta, se definen nuevas metas y desafíos y se realiza una consultoría para la implantación de ajustes.

En relación a lo descrito, en la siguiente figura se observa las etapas de implantación del TPM (Salinas, 2010, p.29).



**Figura 4:** Etapas de implantación del TPM  
Fuente: (Salinas, 2010)

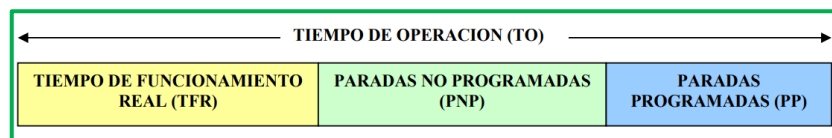
### 1.1.3 Marco teórico específico

#### 1.1.3.1 Efectividad de los equipos

Según Salinas (2010), la efectividad nos muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en un intervalo de tiempo. La efectividad de los equipos se puede calcular mediante los siguientes tres indicadores: (p.21)

##### A. Disponibilidad

Para Gómez (2015), la disponibilidad calcula las pérdidas que ocasionan las paradas no programada, viene a representar el porcentaje del tiempo, en el cual el equipo está operando. En la siguiente figura se muestra la representación del tiempo de operación (p.35).



**Figura 5:** Tiempo de operación (TO)  
Fuente: (Salinas, 2010)

Según Salinas (2010), la disponibilidad se calcula mediante la siguiente fórmula: (p.22)

$$Disponibilidad = \frac{(TO - PP) - PNP}{(TO - PP)} \times 100 \dots (1)$$

##### B. Eficiencia de rendimiento

Este indicador según Salinas (2010) calcula las pérdidas por rendimiento ocasionadas por la incorrecta operatividad del equipo, y la operatividad a velocidades menores a las que fueron diseñadas por cada fabricante; como señala el autor se determina con la siguiente fórmula (p.23).

$$ER = \frac{\text{Tiempo ideal de ciclo} \times \text{Cantidad procesada}}{\text{Tiempo de funcionamiento real TFR}} \dots (2)$$

### C. Índice de calidad

Según Salinas (2010), las pérdidas por calidad vienen hacer el tiempo empleado en producción defectuosa o con problemas de calidad, por motivos del reprocesamiento o pérdida del mismo. El índice de calidad se determina mediante la siguiente formula (p.23).

$$\text{índice de calidad} = \frac{\text{Piezas producidas} - \text{Rechazos}}{\text{Piezas producidas}} \dots (3)$$

#### 1.1.3.2 Perdidas del mantenimiento

Salinas (2010) señala que el TPM aumenta al máximo la efectividad del equipo a través de dos tipos de actividad: (p.24)

- Cuantitativa: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un período dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos estabilizando y mejorando la calidad.

La efectividad del equipo se limita por los siguientes tipos de pérdidas siguientes: (Gómez, 2015, p.35)

#### A. Perdidas por averías

Según Gómez (2015) las averías son el grupo de pérdidas, hay dos tipos, las averías de pérdida de función y las averías de reducción de función. Las averías de pérdida de función suelen producirse esporádicamente y son fáciles de detectar ya que con ellas el equipo se detiene por

completo. Por otra parte, las averías de función reducida permiten que el equipo siga funcionando, pero a un nivel de eficacia inferior. (p.35)

#### **B. Pérdidas por preparación y ajuste**

Para Gómez (2015) las pérdidas por preparación y ajustes, se dan a consecuencia de las paradas que ocurren durante el proceso de reutilización tales como cambio de útiles. Las pérdidas por preparación y ajuste comienzan cuando la fabricación de un producto se ha concluido, y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente (p.35).

#### **C. Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas**

Como lo indica Gómez (2015) la inactividad y paradas pequeñas difieren cualitativamente de las averías normales, pero tienen tanta o mayor incidencia que ellas en la eficacia del equipo sobre todo en máquinas de proceso automático, de ensamble o de línea. Ya que se pueden restaurar con bastante facilidad los tiempos muertos y paradas pequeñas, hay una tendencia a pasarlos por alto y no considerarlos como pérdidas (p.35).

#### **D. Pérdidas por reducción de velocidad**

Gómez (2015) señala que las pérdidas por reducción de velocidad se producen cuando hay una diferencia entre la velocidad prevista en el diseño de la máquina y su velocidad de operación actual. Las pérdidas por reducción de velocidad se ignoran generalmente, aunque constituyen un gran obstáculo para la eficacia del equipo y deben estudiarse cuidadosamente (p.36).

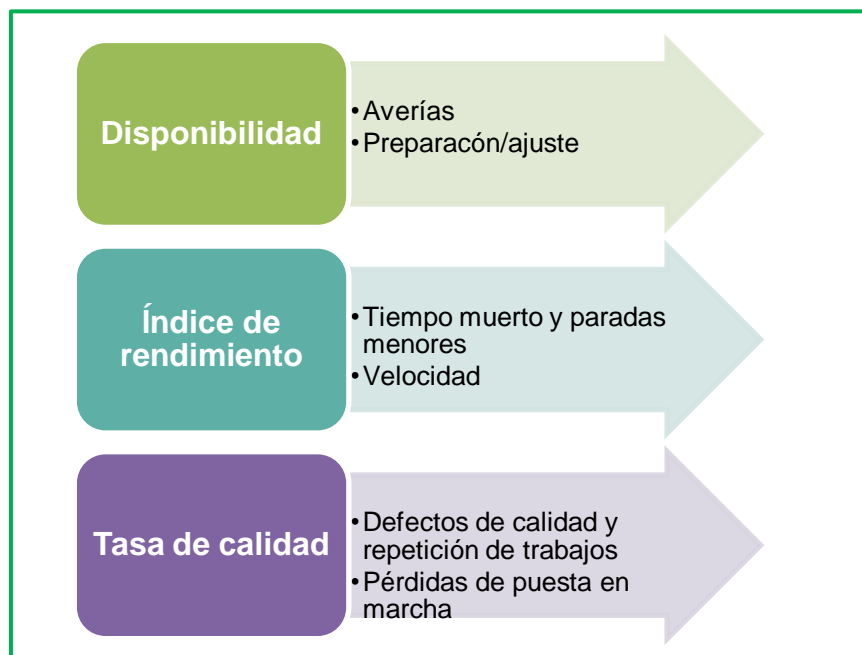
### E. Defectos de calidad y repetición de trabajos

Asimismo, Gómez (2015) señala que los defectos de calidad y repetición de trabajos son pérdidas originadas por disfunciones de las máquinas. En general, los defectos esporádicos se corrigen fácil y rápidamente devolviendo el equipo a su condición normal (p.36).

### F. Pérdidas de puesta en marcha

Según Gómez (2015) las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son las que ocurren debido al rendimiento reducido entre el momento de arranque de máquina y la producción estable. Muchas veces, las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son difíciles de identificar y su alcance varía según la estabilidad de las condiciones del proceso, la disponibilidad de plantillas y troqueles, la formación de los trabajadores, las pérdidas debidas a operaciones de prueba y otros factores (p.36).

En relación a lo descrito, en la siguiente figura se muestra las pérdidas y la efectividad en los equipos (Gómez, 2015, p.35).



**Figura 6:** Pérdidas y la efectividad del equipos  
Fuente: (Salinas, 2010)

## 1.2 Definición de Términos Básicos

- Control inicial: Busca prevenir problemas en equipos, maquinarias, productos o proyectos desde su desarrollo, instalación y puesta en marcha. (Mallía, 2019)
- Criticidad: Es el equilibrio entre la subjetividad con la objetividad, es decir ver la realidad por sí mismo y poderla ver desde el punto de vista de los demás. (Castelo, 2017)
- Degaste: Es el cambio acumulativo e indeseable en el tamaño, forma o propiedades de una estructura, sistema, maquina, equipo o dispositivo que conduce a una falla. (Remache, 2016)
- Disponibilidad: Puede expresarse como la probabilidad de que un equipo pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o durante un determinado periodo de tiempo. (Pérez, 2016)
- Falla: Cualquier cambio en el tamaño, la forma o las propiedades de una estructura, sistema, maquina, equipo o dispositivo, que le haga incapaz de realizar la función para la cual fue diseñada. (Remache, 2016)
- Gestión de mantenimiento: Es la efectiva y eficiente utilización de los materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos de mantenimiento. (Pineda & Vargas, 2015)
- Fiabilidad: Puede expresarse como la probabilidad de que un equipo funcione correctamente en las condiciones operativas de diseño durante un determinado período de tiempo. (Pérez, 2016)
- Logística de mantenimiento: Es la aptitud de una organización de mantenimiento, en unas condiciones dadas, para proporcionar sobre demanda los medios necesarios para mantener un elemento conforme a una política de mantenimiento dada. (Pérez, 2016)
- Mantenibilidad: Se puede expresar como la probabilidad de que un equipo averiado puede ponerse de nuevo en su estado operativo en un periodo de tiempo dado, cuando el mantenimiento se realiza con condiciones determinadas y se efectúa con los medios y procedimientos establecidos. (Pérez, 2016)



- Mantenimiento correctivo: Se denomina aquel que se realiza con la finalidad de reparar fallos o defectos que se presenten en equipos y maquinarias una vez ocurrido el fallo. (Silva, 2017)
- Mantenimiento predictivo: Es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. Se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. (Silva, 2017)
- Mantenimiento preventivo: Es aquel que se realiza de manera anticipado con el fin de prevenir el surgimiento de averías. Algunas acciones son: limpieza, análisis, lubricación, calibración, reparación, cambios de piezas, entre otros. (Silva, 2017)
- Mantenimiento productivo total (TPM): Es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas. (Silva, 2017)
- Procedimiento: Son una serie de labores interrelacionadas para realizar cronológicamente un trabajo; los procedimientos tienen una jerarquía de importancia según el proceso a realizar. (Jurado, 2017)
- Rendimiento: La idea rendimiento refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue. (Castelo, 2017)

## **CAPITULO II**

### **METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL**

#### **2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo**

##### **2.1.1 Delimitación temporal**

El proyecto que se describe en este trabajo de suficiencia profesional, el mismo que está asociado a optimizar la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, mediante la aplicación de un plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, en la compañía Minera Alpayana S.A., se desarrolló durante los meses de enero a abril de 2020.

##### **2.1.2 Delimitación espacial**

En cuanto a la delimitación espacial, preciso que el proyecto al cual se hace mención en este trabajo de suficiencia profesional se aplicó a la flota de chancadoras Metso C-110, de la Compañía Minera Alpayana S.A, ubicado en el kilómetro 129, de la Carretera Central, al este de la ciudad de Lima, en la provincia de Huarochirí, a una altura de 4800 metros sobre el nivel del mar.

#### **2.2 Determinación y análisis del problema**

Antes de precisar de manera particular el problema que motivó el desarrollo del proyecto al cual hago referencia en este trabajo de suficiencia profesional, quiero inicialmente citar a algunos autores que mencionan la problemática y deficiencias que se generan al no estructurar un correcto plan de mantenimiento; y es más, resaltar los inconvenientes que se generan como consecuencia de una carencia de esta herramienta muy importante en una organización que maneja equipos y máquinas como parte de su proceso productivo.

Al respecto Olarte et al. (2010), señala que las pérdidas que se presentan por la falta del mantenimiento programado o cuando las organizaciones no cuentan con un mantenimiento correctamente estructurado, son apreciables,

ya que implican paradas del proceso de producción, averías inesperadas de los equipos, daños en la materia prima, elaboración de productos fuera de los estándares de calidad, accidentes laborales, y el incumplimiento en la entrega o despacho de productos de manera oportuna.

Ahora centrándome principalmente en el problema de la en la Compañía Minera Alpayana S.A, actualmente la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento definido, motivo por el cual las chancadoras sufren paradas no programadas por diversas fallas en algunos componentes de la chancadora, debido también a que no cuenta con un control de históricos.

Por tal motivo se está trabajando solo con mantenimiento correctivo para todos los equipos de la empresa; ciertamente cuando no se cuenta con técnicas de mejora en una empresa se tiene varios problemas, uno de ellos es el aumento de productos defectuosos por los imperfectos de los equipos en la orden de producción, estos a su vez, originan una parada de planta o de la producción por la interrupción de un equipo para su reparación, produciendo así sucesivamente en cada operación, este factor afecta mucho a la empresa, en la cual hace que tenga que aumentar la valorización.

Para efectos de tener una referencia de la evaluación de los diferentes indicadores de mantenimiento, puedo precisar según reportes de la Compañía Minera Alpayana S.A, la disponibilidad en promedio de la flota de chancadoras Metso C-110, durante los años 2018 y 2019, fue de 66.35% y 59.56%, respectivamente.

En ese sentido, en este trabajo de suficiencia profesional se parte de que el problema principal es: ¿Cómo optimizar la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, mediante la aplicación de plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí – 2020?

Con la finalidad de responder a la formulación general del problema es que a continuación procedo a describir la solución.

### 2.3 Modelo de solución Propuesto

Con la finalidad de optimizar la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, se muestra el siguiente diagrama de bloques, de los aspectos a desarrollar, en el plan de mantenimiento implantado en la compañía Minera Alpayana S.A., ubicada en Huarochirí – 2020.



**Figura 7:** Procedimiento de las actividades para realizar en el plan de mantenimiento  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Para realizar el plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, inicialmente, se evalúa la criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110.

El análisis de criticidad de los equipos está enfocado básicamente a los componentes que forman parte directa y auxiliar con la chancadora METSO C-110. Para llegar a obtener la valoración de criticidad de los equipos, se analizará los siguientes indicadores: Frecuencia de fallas, impacto operacional, impacto en la seguridad, impacto ambiental y costo de reparación.

- I. Frecuencia de fallas: Es de suma importancia la cantidad de veces que falla de un equipo, este será un indicador que está relacionado con la eficiencia del plan de mantenimiento.
- II. Impacto operacional: La interrupción de la operación, que ocasionan las fallas en los equipos, es un indicador importante de determinar, debido a que nos mostrarán que tan eficaz es el mantenimiento establecido.
- III. Impacto en la seguridad: La seguridad tanto de los operarios como de los equipos, también es un indicador que se debe tomar en cuenta, debido a que son el pilar del sistema de operación.
- IV. Impacto ambiental: La conservación del medio ambiente es un criterio importante que tomar en consideración, por ello los equipos deben estar 100% operativos y en buen estado, con el fin de no causar daños en el medio ambiente.
- V. Costo de reparación: Este indicador surge a casusa de las frecuencias de fallas, ello ocasiona gastos de reparación de los equipos y sobrecostos de instalación, todo ello se evita con una buena gestión del mantenimiento.

Con estos indicadores, se establecerá la matriz de criticidad, la cual está dividida en 5 niveles de riesgo, cada una con su valoración; ello se puede visualizar en la siguiente tabla.

**Tabla 1:** Matriz de criticidad


INDICADORES	CRITICIDAD	PESO	VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO				
			MUY BAJO = 1	BAJO = 3	MEDIO = 5	ALTO = 7	MUY ALTO = 9
	Frecuencia de falla	1	≥ 1 Año	3 meses - 1 año	15 días – 3 meses	1 día – 2 semanas	1 día
	Impacto operacional (por falla)	0.3	1 hora	6 horas	12 horas	1 día	≤ 3 días
	Impacto en la seguridad	0.3	No existe riesgo	Daños leves	Daños graves	Daños graves con secuelas	Riesgo de muerte
	Impacto ambiental	0.3	No genera daño	Daños reversibles	Daños que incumplen las normas	Daños irreversibles dentro de la Compañía Minera	Daños irreversibles fuera de la Compañía Minera
	Costo de reparación	0.1	Gastos irrelevantes < \$ 1,000	Gastos bajos \$ 1,000 - \$ 10,000	Gastos razonables \$ 10,000 - \$ 50,000	Gastos importantes \$ 50,000 - \$ 100,000	Gastos altos > \$ 100,000

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Cabe señalar que la matriz de criticidad, se realizó con la finalidad de determinar la valoración de la criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110; en ella se ha establecido los criterios de frecuencia por falla, y otros indicadores que impactan o traen consecuencias en el sistema y por ende a la Compañía Minera Alpayana S.A.

Ante lo descrito, se puede determinar la siguiente valoración de criticidad de los equipos, cuyos valores se muestran a continuación:

**Tabla 2:** Valoración de criticidad de los equipos

	<b>CRITICIDAD</b>	<b>ABREVIATURA</b>	<b>RANGO</b>
	Alta Criticidad	AC	> 25
	Mediana Criticidad	MC	<9-25>
	Baja Criticidad	BC	<9

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Estos valores se han determinado calificando al equipo por su incidencia sobre cada variable; para ello se debe conocer muy bien al equipo, en este caso a la chancadora METSO C-110, conocer tanto sistema, su operación, su valor, y los daños que podría ocasionar una falla.

Con lo establecido se evalúa la criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110, en la siguiente tabla se muestra, los valores proporcionados según, lo determinando en la matriz de criticidad y en la tabla de valoración de los equipos.

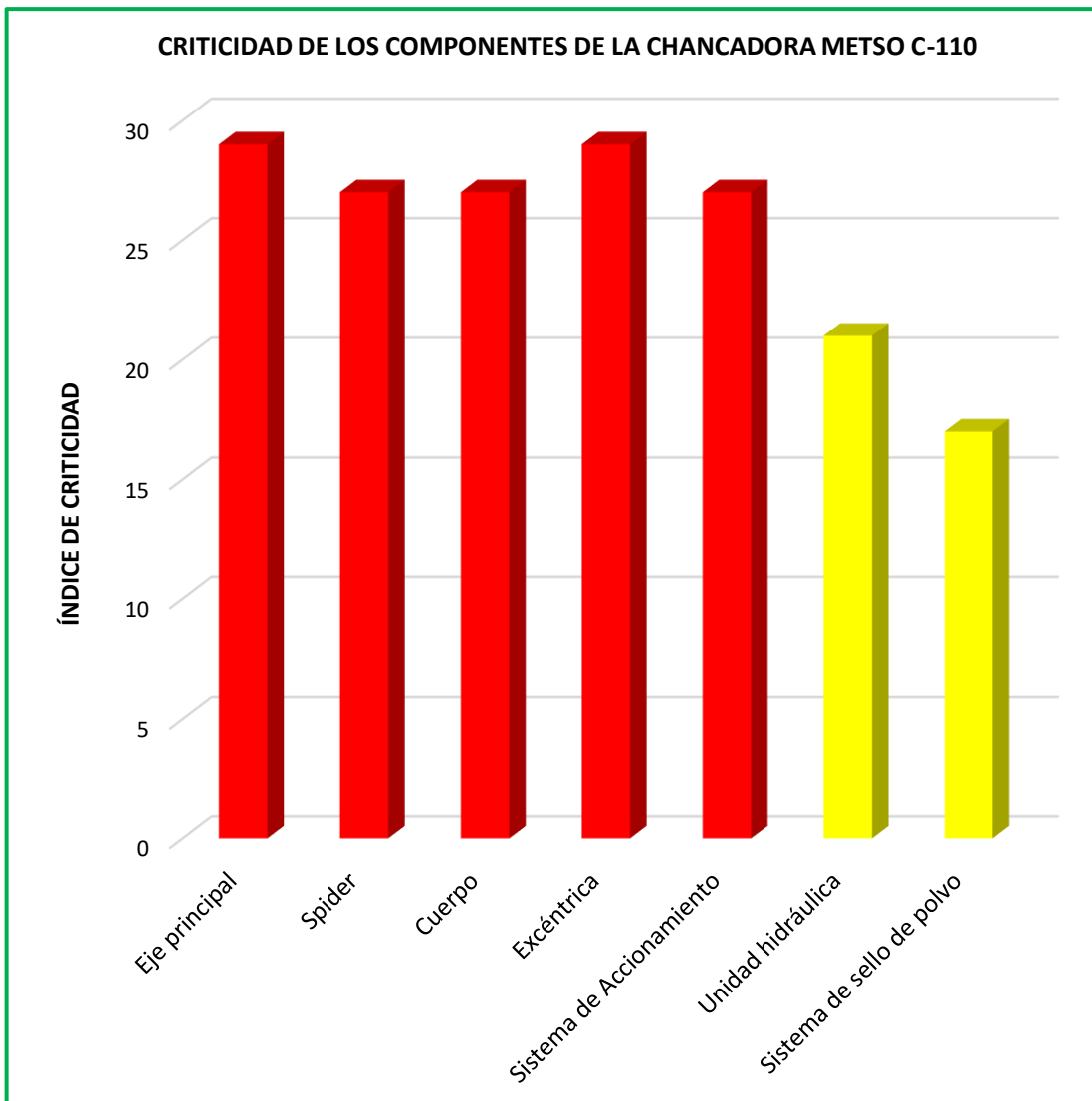
**Tabla 3:** Criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110

<b>CHANCADORA METSO C-110</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLA</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>COSTO DE REPARACIÓN</b>	<b>VALOR DE CRITICIDAD</b>	<b>CRITICIDAD</b>
Eje principal	7	7	7	1	7	29	<b>Alta Criticidad</b>
Spider	7	7	7	1	5	27	<b>Alta Criticidad</b>
Cuerpo	5	7	7	1	7	27	<b>Alta Criticidad</b>
Excéntrica	7	7	7	1	7	29	<b>Alta Criticidad</b>
Sistema de Accionamiento	5	7	7	1	7	27	<b>Alta Criticidad</b>
Unidad hidráulica	7	5	3	1	5	21	<b>Mediana Criticidad</b>
Sistema de sello de polvo	5	5	1	1	5	17	<b>Mediana Criticidad</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

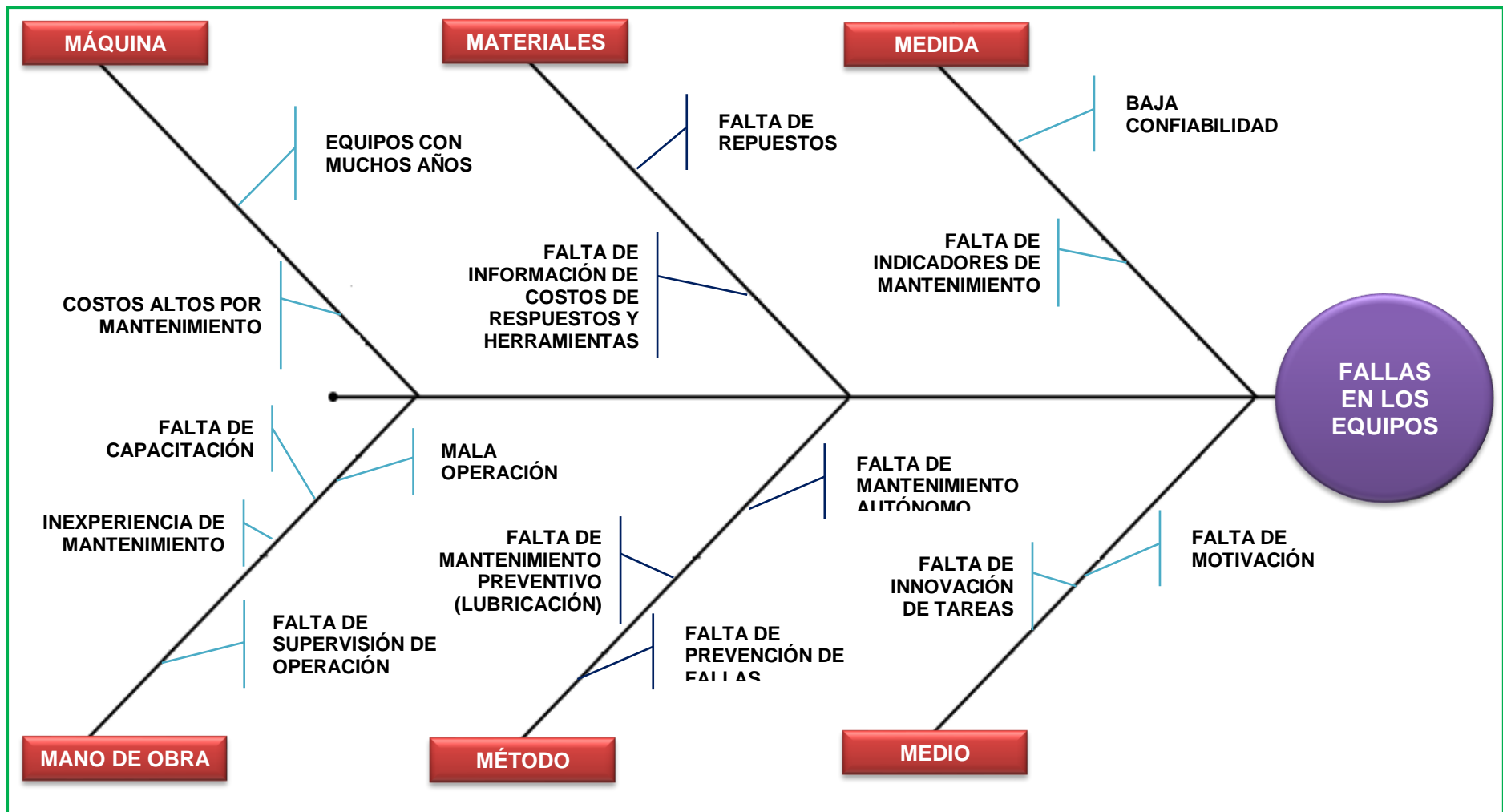


De acuerdo con los resultados en la siguiente figura, se muestra la Criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110.



**Figura 8:** Resultados de la criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110  
Fuente: Excel

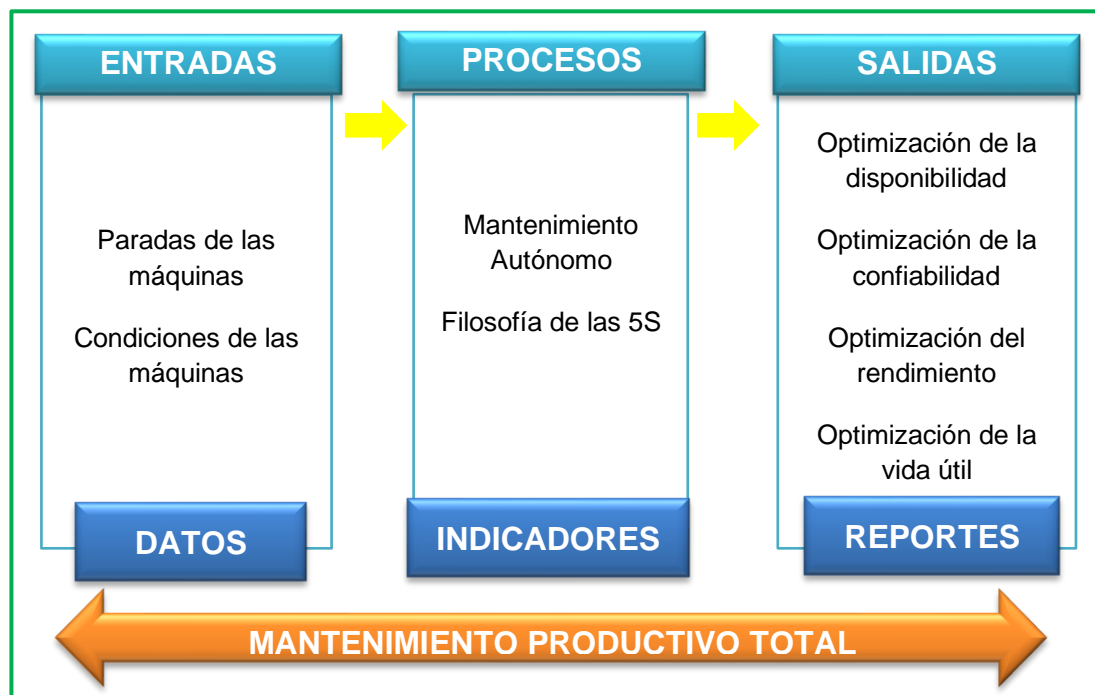
Seguidamente, se realizará el modelo del plan de mantenimiento basado en la metodología TPM, para ello se debe tener en cuenta los problemas encontrados y las causas que lo originan, como las paradas imprevistas por falla de la máquina, falta de capacitación, de motivación, entre otras; motivo, por el cual es necesario analizar al detalle las causas de estos problemas, para finalmente actuar sobre cada uno de los factores encontrados; en ese sentido por medio del diagrama causa – efecto, establecemos las posibles causas que generan las fallas en los equipos.



**Figura 9:** Diagrama Causa – Efecto  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Mostradas las causas que generan las fallas; se determinará el modelo y sus componentes del sistema de gestión de mantenimiento, basado en la metodología TPM, a fin de optimizar la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, en la compañía Minera Alpayana S.A., ubicada en Huarochiri.

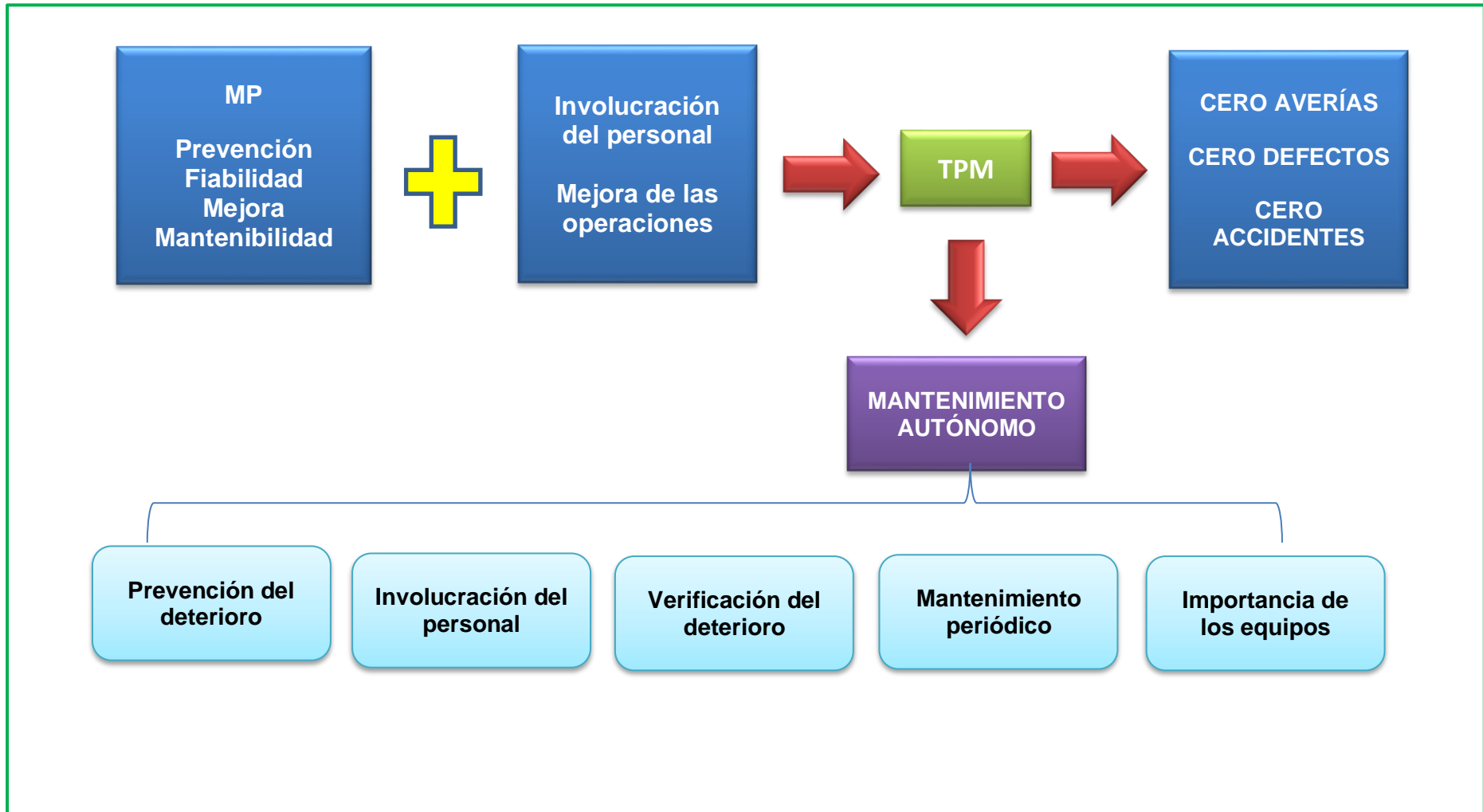
El modelo del plan de mantenimiento productivo total, se enfoca en la problemática (Entradas), seguidamente se establece la metodología a ejecutar (Procesos), centrándose en un mantenimiento autónomo y planificado, además de las capacitaciones y la aplicación de la filosofía de las 5S, y finalmente se muestra las salidas, que viene hacer la finalidad de la aplicación de este procedimiento, la optimización de la disponibilidad, confiabilidad, rendimiento, vida útil y la mejora de la calidad.



**Figura 10:** Modelo de gestión de mantenimiento productivo total  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

### A. Plan de mantenimiento autónomo

En este punto se trabajará el plan de mantenimiento autónomo, mostrando sus beneficios y aspectos más importantes para tener en cuenta; en la siguiente figura, se muestra el modelo del mantenimiento autónomo de manera detallada.



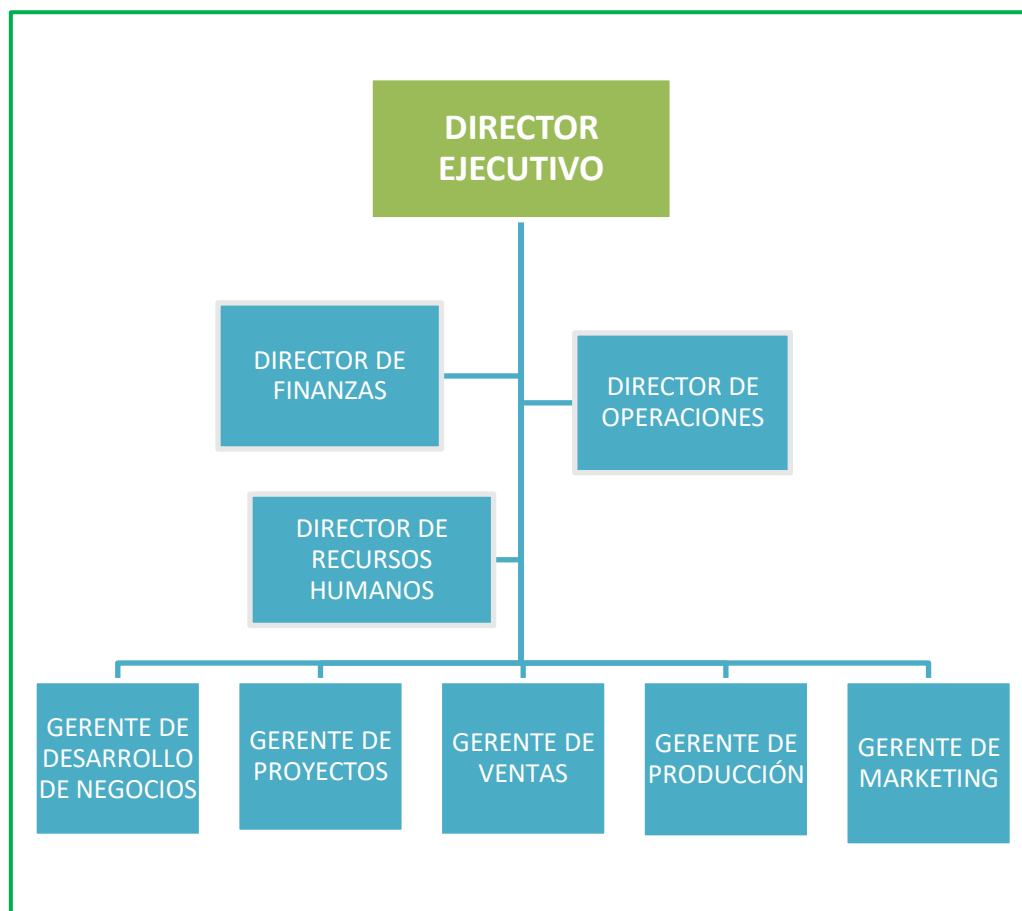
**Figura 11:** Modelo de mantenimiento autónomo  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Inicialmente se establecerá el plan de mantenimiento; implantando dos pasos importantes el compromiso de la gerencia y la campaña de difusión del método.

- **1° paso - Compromiso de la gerencia**

Para ello, se expone ante la gerencia de la compañía Minera Alpayana S.A., los beneficios y la necesidad, de implantar un mantenimiento productivo total; ello con la necesidad de comprometer e involucrar a los directivos para que proporcionen los recursos necesarios para implementar el TPM; debido a que el éxito del mantenimiento dependerá de la motivación de todos los que forman parte de la compañía Minera Alpayana S.A.

A continuación, se muestra el organigrama de la alta gerencia de la compañía Minera Alpayana S.A.



**Figura 12:** Organigrama de la compañía Minera Alpayana S.A.  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

- **2° Paso - Campaña de difusión del método**

Como parte de la difusión del mantenimiento productivo total, se realiza charlas de capacitación, donde se expone los objetivos que se quieren dar a conocer, la filosofía de las 5S y la metodología de mantenimiento a implementar; la capacitación se logró con el apoyo de la gerencia, de los supervisores y encargados de las áreas de producción, así como de todos los operarios.

En la siguiente figura se muestra el un resumen del programa de capacitación de la implantación de la metodología TPM.

Alpayana		PROGRAMA DE CAPACITACIÓN DEL TPM									
LUGAR:	SALA DE CAPACITACIONES										
APROBADO:	GERENTE DE PRODUCCIÓN										
TIPO	PUESTOS INVOLUCRADO			TEMA CAPACITACION	Ago-19						
	GERENTES	SUPERVISORES / ENCARGADOS	OPERARIOS		12	13	14	15	16	17	Horas
Capacitación	x	x		Dar a conocer los objetivos							2
Capacitación		x	x	Dar a conocer la filosofía de las 5S							2
Capacitación		x	x	Dar a conocer la metodología del TPM							2

**Figura 13:** Programa de capacitación del TPM  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

## B. Filosofía de las 5S

Se tomará en cuenta las 3S (Clasificar, Ordenar y Limpiar), las medidas establecidas se exponen a continuación:

- SEIRI (Selección): Se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar herramientas rotas u obsoletas; para ello se propone la realización de tarjetas de colores. Las tarjetas se realizaron en tres

colores verde (Herramientas de uso diario), amarillo (Herramientas de uso no tan frecuente) y rojas (Herramientas que casi no se usan).

The figure shows three overlapping cards for tool selection. Each card is a different color: green, red, and yellow. Each card contains the following text and checkboxes:

- Green Card:** N°: 001, FECHA:, TURNO:, ELIMINAR , REUBICAR , REPARAR , RECICLAR , OBSERVACIONES:
- Red Card:** N°: 001, FECHA:, TURNO:, ELIMINAR , REUBICAR , REPARAR , RECICLAR , OBSERVACIONES:
- Yellow Card:** N°: 001, FECHA:, TURNO:, ELIMINAR , REUBICAR , REPARAR , RECICLAR , OBSERVACIONES:

**Figura 14:** Tarjeta para la selección de herramientas  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

- SEITON (Orden): Para establecer un orden se realizará el inventario de las maquinarias y componentes con sus respectivos códigos, el supervisor será el encargado de establecer el estado de las maquinarias, si están operativas o inoperativas.

**Tabla 4:** Codificación de los equipos del área de chancado

EQUIPOS DEL ÁREA DE CHANCADO	CÓDIGOS	ESTADO
Chancadora	CH01	Operativo
Apron Feeder	AF01	Operativo
Faja de transferencia	FT01	Operativo
Faja de traspaso	FDT01	Operativo
Faja overland	FO 01	Operativo
Colector de polvo	CP01	Inoperativo
Jib crane	JB01	Operativo
Rock breaker	RB01	Operativo
Electroimán	ELM01	Operativo
Balanza	BZ01	Operativo
Tolva de desechos	TD01	Operativo
Detector de metales	DT01	Operativo
Compresoras de Aire	CA01	Inoperativo

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Asimismo, se establecerá los códigos de los componentes que forman parte de la chancadora METSO C-110, ello se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5:** Codificación de los componentes de la chancadora METSO C-110

<b>COMPONENTES DE LA CHANCADORA METSO C-110</b>	<b>CÓDIGOS</b>	<b>ESTADO</b>
Cuerpo	CHC01	Operativo
Eje principal	CHEP01	Operativo
Spider	CHS01	Operativo
Excéntrica	CHEX01	Operativo
Sistema de accionamiento	CHSA1	Operativo
Unidad hidráulica	CHUH01	Operativo
Sistema de sello de polvo	CHSSP01	Operativo

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

- **SEISO (Limpieza):** Esta etapa se realiza identificando y eliminando las fuentes de suciedad, realizando acciones para que el estado operativo siempre se encuentre en correctas condiciones. Para ello se realizará una evaluación que nos permitirá identificar correctamente la raíz de la suciedad como ubicación de la fuente, tipo de suciedad y por qué se ensucia.

Establecido este punto se realizará un formato para realizar el control interno continuo de la limpieza que debe hacerse a las maquinas, antes, durante y después de su operación; con la finalidad de crear una cultura de limpieza y orden en las operaciones.

En la siguiente tabla se muestra el formato establecido para el estándar de limpieza y lubricación de las maquinas.



**Tabla 6:** Check list de limpieza

EQUIPOS	CÓDIGOS	REALIZADO		OBSERVACIÓN
		SI	NO	
<b>Chancadora METSO C-110</b>	Limpieza de equipo			
	Lubricación			
	Revisión de válvulas			
	Ajuste de los pernos			
	Ajuste del chancador			
	Cambio de filtros			
	Revisión del cojinete			
<b>Apron Feeder</b>	Lavado del motor			
	Limpieza de equipo			
	Lubricación			
<b>Faja de transferencia</b>	Revisión de empalmes			
	Cambio de faja			
	Revisión de faja			
<b>Faja de traspaso</b>	Revisión de empalmes			
	Cambio de faja			
	Revisión de faja			
<b>Faja overland</b>	Revisión de empalmes			
	Cambio de faja			
	Revisión de faja			
<b>Colector de polvo</b>	Limpieza de equipo			
	Limpieza de filtro			
	Revisión de válvulas			
<b>Tolva de deshechos</b>	Limpieza de equipo			
	Limpieza de rodillo			
	Reajuste de conectores			
<b>Compresoras de Aire</b>	Limpieza de equipo			
	Reajuste de conectores			
	Lavado del motor			
	Lubricación			
	Limpieza del tablero eléctrico			

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

- Seiketsu – Estandarizar: En este punto se deja que los trabajadores de la Compañía Minera Alpayana S.A., participen en el desarrollo de estos estándares o normas; las cuales son fuentes de información muy valiosas en lo que se refiere a la operación.

Esta etapa involucra desarrollar condiciones para que las 3'S especificadas anteriormente (Selección, Orden y Limpieza) se desarrollen y conserven de forma adecuada, y se cree una cultura de las actividades diarias del área de producción de la Compañía Minera Alpayana S.A.

Para estandarizar esta filosofía se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- I. Asignar de manera clara las responsabilidades de la filosofía de las 3S (Selección, Orden y Limpieza).
  - II. Establecer una cultura de las actividades de los operarios de la filosofía de las 3S (Selección, Orden y Limpieza).
  - III. Supervisar periódicamente que se cumpla la filosofía de las 3S (Selección, Orden y Limpieza).
- Shitsuke – Autodisciplina: El sostenimiento consiste en establecer un nuevo status y una nueva serie de normas o estándares en la organización del área de trabajo, en este caso a los operarios de la Compañía Minera Alpayana S.A.

En el proceso de implementación de la metodología TPM, se debe realizar una supervisión de las primeras 4'S, para mantener una cultura de trabajo, y lograr estandarizar y autodisciplinar a los operarios de la Compañía Minera Alpayana S.A., con los procesos establecidos del plan de mantenimiento, y así evitar, que no se consideren los cambios realizados.

### C. Inspección general del equipo

En esta etapa se realizará la inspección de la máquina, con el fin de pronosticar la falla de estas, para tomar las medidas preventivas o correctivas según sea el caso; realizado la evaluación de criticidad de los componentes de la chancadora a inicios del punto 2.2; ahora se realiza el análisis de fallas, efectos y criticidad de las fallas.

En la siguiente tabla se muestra el análisis de las fallas funcionales de los componentes de la chancadora METSO C-110.

**Tabla 7:** Fallas funcionales de los componentes de la chancadora METSO C-110

COMPONENTES	NÚMERO DE FALLAS	FALLA FUNCIONAL
<b>Cuerpo</b>	1	Agrietamiento de cóncavos
	2	Desgaste de revestimiento de la carcasa
	3	Rotura de anillo
	4	Desgaste de pernos
<b>Eje principal</b>	1	Rotura de mantos
	2	Desajuste de tuercas del cabezal
<b>Spider</b>	1	Falla en el cojinete
	2	Tapa desprendida
<b>Excéntrica</b>	1	Desgaste del engranaje
	2	Agrietamiento del cojinete
<b>Sistema de accionamiento</b>	1	Ruido del empalme tipo engranaje
<b>Unidad hidráulica</b>	1	Parada del chancador
	2	Falla en los ajustes
	3	Alta temperatura del lubricante
	4	Filtración del lubricante en el sello
<b>Sistema de sello de polvo</b>	1	Exceso de polvo en el lubricante
	2	Rotura del anillo del sello de polvo

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Seguidamente, en la siguiente tabla se muestra el análisis de modos de fallas de los componentes de la chancadora METSO C-110.

**Tabla 8:** Modos de fallas de los componentes de la chancadora METSO C-110

<b>COMPONENTES</b>	<b>NÚMERO DE FALLAS</b>	<b>MODO DE FALLA</b>
<b>Cuerpo</b>	1	Cóncavos muy delgados
	2	Acción abrasiva de la roca chancada
	3	Daño por el removimiento de cóncavos
	4	Torque inadecuado
<b>Eje principal</b>	1	Desgaste excesivo de mantos
	2	Oscilación excesiva de tuercas
<b>Spider</b>	1	Falta de lubricación
	2	Desgaste del ajuste de la tapa
<b>Excéntrica</b>	1	Final de su vida útil
	2	Falla prematura
<b>Sistema de accionamiento</b>	1	Falta de lubricación
	1	Tubería rota
<b>Unidad hidráulica</b>	2	Filtración de aceite
	3	Falla de la válvula
	4	Desgastamiento del sello
<b>Sistema de sello de polvo</b>	1	Mal ajuste
	2	Daño durante la instalación

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Asimismo, en la siguiente tabla se muestra los efectos de los modos de fallas de los componentes de la chancadora METSO C-110.

**Tabla 9:** Modos de fallas de los componentes de la chancadora METSO C-110

COMPONENTES	NÚMERO DE FALLAS	EFFECTOS DE LOS MODO DE FALLA
	1	
<b>Cuerpo</b>	2	Afecta la falta de productividad en las operaciones y al mantenimiento
	3	
	4	
	1	
<b>Eje principal</b>	1	Afecta la falta de productividad en las operaciones y al mantenimiento
	2	
<b>Spider</b>	1	Afecta la falta de productividad en las operaciones y al mantenimiento
	2	
<b>Excéntrica</b>	1	Afecta la falta de productividad en las operaciones y al mantenimiento
	2	
<b>Sistema de accionamiento</b>	1	Afecta la falta de productividad en las operaciones y al mantenimiento
<b>Unidad hidráulica</b>	1	Afecta la falta de productividad en las operaciones y al mantenimiento
	2	
	3	
	4	
<b>Sistema de sello de polvo</b>	1	Afecta la falta de productividad en las operaciones y al mantenimiento
	2	

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Cabe señalar que, en el análisis de los efectos de las fallas, ninguna de estas, afecta a la seguridad, ni al medio ambiente, los efectos se dan directamente hacia las operaciones y el mantenimiento.

Seguidamente se muestra el formato establecido para el análisis de las fallas y las acciones de mantenimiento a realizar, en ellas.

		<b>N° 001000</b>	
<b>REPORTE DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO</b>			
MANUAL DE MANTENIMIENTO, FORMATO		COD.	FM 102 M.
SOLICITUD N°	<input type="text"/>	CÓDIGO	<input type="text"/>
EQUIPO:	<input type="text"/>	LÍNEA: (UBICACIÓN)	<input type="text"/>
ESTADO DEL EQUIPO O VEHICULO:		PARADO-DETENIDO <input type="checkbox"/>	EN OPERACIÓN <input type="checkbox"/>
FECHA DE INICIO	HORA DE INICIO	FECHA DE TERMINO	HORA DE TERMINO
	: A.M.		: A.M.
	: P.M.		: P.M.
FALLAS ENCONTRADAS:			
<input type="text"/>			
<input type="text"/>			
CAUSA:			
<input type="text"/>			
<input type="text"/>			
ACCION TOMADA:			
<input type="text"/>			
<input type="text"/>			
REPUESTOS Y MATERIALES NUEVO EMPLEADOS:			
CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
REALIZADO POR:		REVISADO POR:	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
NOMBRE		NOMBRE	

**Figura 15:** Reporte del análisis de fallas  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Una vez determinado el análisis de las fallas funcionales, el modo de fallas y los efectos de estas fallas; que se presentan en los componentes de la chancadora METSO C-110, se establece las siguientes acciones de mantenimiento.

**Tabla 10:** Actividades de mantenimiento para las fallas

<b>COMPONENTES</b>	<b>NÚMERO DE FALLAS</b>	<b>ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</b>
<b>Cuerpo</b>	1	Realizar cambio de manto
	2	Reemplazar los revestimientos
	3	Reemplazar el anillo de segmentación
	4	Reemplazar los pernos rotos
<b>Eje principal</b>	1	Revisar el manto
	2	Analizar la unión entre la tuerca y el manto
<b>Spider</b>	1	Cubrir la cavidad del Spider con lubricante
	2	Reemplazar la tapa o reconstruirla
<b>Excéntrica</b>	1	Reemplazar el engranaje
	2	Revisar las condiciones del lubricante
<b>Sistema de accionamiento</b>	1	Rellenar el empalme con lubricante
	1	Inspeccionar las tuberías buscando filtración o rotura
<b>Unidad hidráulica</b>	2	Revisar las tuberías
	3	Reemplazar la válvula
	4	Reemplazar el sello
<b>Sistema de sello de polvo</b>	1	Revisar la descarga de la cámara
	2	Revisar el anillo del sello

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.


Establecido los aspectos a tener en cuenta en mantenimiento autónomo a continuación, se muestra la programación establecida para realizar el mantenimiento preventivo, de los equipos del área de chancado de la Compañía Minera Alpayana S.A., seguidamente se muestra la programación de los componentes de la chancadora METSO C-110.







Como parte del plan de mantenimiento de creo un registro de órdenes de mantenimiento, en la siguiente figura aplicaremos el plan de mantenimiento a esta orden de trabajo (OT).

		<b>REGISTRO DE ÓRDENES DE MANTENIMIENTO</b>		Código: R-018-MANT Elaborado: P. MANT Revisado: J. MANT Aprobado: J.MANT Fecha: 16-01-2020 Rev: 03	
Nº SOLICITUD	<input type="text" value="OT-1678"/>				
Nº REPORTE	<input type="text"/>				
PERSONAL	<input type="text" value="PALOMINO VITTOR, DIEGO"/>				5
FECHA	<input type="text" value="16/01/2020"/>				
TIPO	<input type="text" value="PREVENTIVO"/>				8
MÁQUINA	<input type="text" value="CHANCADORA METSO C-110"/>				2
COMPONENTE DE MAQUINA	<input type="text" value="EJE PRINCIPAL"/>				101
MODO DE FALLA	<input type="text" value="PROGRAMADA"/>				208
CAUSA DE FALLA	<input type="text" value="RUPTURA"/>				80
FRECUENCIA	<input type="text" value="PROGRAMADA"/>				6
DESCRIPCION	<input type="text" value="Rotura de mantos, por desgaste excesivo de mantos"/>				
TAREA RECOMENDADA	<input type="text" value="Revisar el manto&lt;br/&gt;Analizar la unión entre la tuerca y el manto"/>				
HORA DE INICIO	<input type="text" value="9:00:00"/>				
HORA DE TERMINO	<input type="text" value="15:30:00"/>				
HORAS MAQUINA PARADA	<input type="text" value="6:30:00"/>			<input type="button" value="REGISTRAR"/>	
Nº DE PADIF	<input type="text"/>				
AREA RESPONSABLE	<input type="text"/>				7
HORA DE INICIO PADIF	<input type="text"/>				
HORA DE TERMINO PADIF	<input type="text"/>				
HORAS MAQUINA PARADA PADIF	<input type="text"/>				
FECHA PADIF	<input type="text"/>				
FIRMA PRODUCCION	<input type="text"/>				9

**Figura 18:** Registro de órdenes de mantenimiento  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

## 2.4 Resultados

Con la finalidad de calcular la disponibilidad mecánica de la Chancadora METSO C-110, obtenida luego de la aplicación del plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, en la compañía Minera Alpayana S.A., se muestra en la siguiente figura los resultados mensuales, obtenidos de lo que va del año 2020. Inicialmente se muestra los resultados del mes de enero.

Fecha	HORAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CHANCADORA METSO C-110									
	Horómetro Inicial	Horómetro Final	Tiempo de funcionamiento REAL (TFR)	Paradas no programadas (PNP)	Paradas programadas (PP)	Inspecc.	Horas de mantenimiento preventivo	Horas Stand By	Tiempo de Operación (TO) (TFR+PNP+PP)	DISPONIBILIDAD (%)
1/01/2020	3785	3800.5	15.5	1	1	1	0	8	17.5	93.9
2/01/2020	3,800.50	3816	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
3/01/2020	3,816.00	3831.5	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
4/01/2020	3,831.50	3847	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
5/01/2020	3,847.00	3862.5	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
6/01/2020	3,862.50	3878	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
7/01/2020	3,878.00	3893.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
8/01/2020	3,893.50	3909	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
9/01/2020	3,909.00	3924.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
10/01/2020	3,924.50	3940	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
11/01/2020	3,940.00	3952.5	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
12/01/2020	3,952.50	3968	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
13/01/2020	3,968.00	3983.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
14/01/2020	3,983.50	3995	11.5	1	2	1	4	8	14.5	92.0
15/01/2020	3,995.00	4010.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
16/01/2020	4,010.50	4026	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
17/01/2020	4,026.00	4041.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
18/01/2020	4,041.50	4057	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
19/01/2020	4,057.00	4,072.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
20/01/2020	4,072.50	4,088.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
21/01/2020	4,088.00	4103.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
22/01/2020	4,103.50	4115	11.5	1	2	1	4	8	14.5	92.0
23/01/2020	4,115.00	4130.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
24/01/2020	4,130.50	4146	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
25/01/2020	4,146.00	4161.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
26/01/2020	4,161.50	4177	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
27/01/2020	4,177.00	4192.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
28/01/2020	4,192.50	4205	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
29/01/2020	4,205.00	4220.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
30/01/2020	4,220.50	4236	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
31/01/2020	4,236.00	4251.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
<b>Total</b>			<b>466.50</b>	<b>34</b>	<b>61</b>	<b>31</b>	<b>14</b>	<b>248</b>	<b>561.5</b>	<b>93.2%</b>

Figura 19: Horas de programación y mantenimiento del mes de enero 2020

Fuente: Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

**Tabla 11:** Resumen de los resultados del mes de enero 2020

<b>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL MES DE ENERO 2020</b>	
Tiempo de Operación de la máquina (TO)	561.5
Horas totales de mantenimiento preventivo	14
Número de Inspecciones	31
Tiempo total de funcionamiento (TFR)	466.50
Horas Stand by	248
Paradas no programadas (PNP)	34
Paradas programadas (PP)	61
<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>93.2%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Cabe señalar que la disponibilidad mecánica de las flotas de Chancadoras METSO C-110, se ha calculado mediante la siguiente formula (1):

$$Disponibilidad = \frac{(TO - PP) - PNP}{(TO - PP)} \times 100 \dots (1)$$

Como se observa en la figura 19, la disponibilidad de las Chancadoras METSO C-110, para el 2/01/2020, se calculó de la siguiente manera:

Donde:

TO: Tiempo de operación = 18.5

PP: Paradas programadas = 2

PNP: Paradas no programadas = 1

Asimismo, el tiempo de operación (TO) viene hacer igual a la suma del tiempo de funcionamiento real (TFR), más las paradas programadas (PP), más las paradas no programadas (PNP); es decir:

$$TO = TFR + PP + PNP \dots (2)$$

Donde:

TFR: Tiempo de funcionamiento real = 15.5

PP: Paradas programadas = 2

PNP: Paradas no programadas = 1

Reemplazando en la fórmula 2:

$$TO = 15.5 + 2 + 1$$

$$TO = 18.5$$

Con ello, ahora reemplazando en la fórmula 1:

$$Disponibilidad = \frac{(18.5 - 2) - 1}{(18.5 - 2)} \times 100$$

$$Disponibilidad = 93.9\%$$

De la misma manera se calcula la disponibilidad de la Chancadora METSO C-110, para el 3/01/2020.

Donde:

TO: Tiempo de operación = 19.5

PP: Paradas programadas = 2

PNP: Paradas no programadas = 2

$$Disponibilidad = \frac{(19.5 - 2) - 2}{(19.5 - 2)} \times 100$$

$$Disponibilidad = 88.6\%$$

De esta manera se realizó el cálculo para cada día de la disponibilidad del mes de enero, de la flota de Chancadoras METSO C-110, obteniendo todos los resultados diarios; se observa en la figura 19, que en el mes de enero del 2020 se obtuvo una disponibilidad promedio de 93.2%.

Seguidamente, se muestra los resultados de las horas de programación y mantenimiento del mes de febrero 2020.

Fecha	HORAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CHANCADORA METSO C-110									
	Horómetro Inicial	Horómetro Final	Tiempo de funcionamiento REAL (TFR)	Paradas no programadas (PNP)	Paradas programadas (PP)	Inspecc.	Horas de mantenimiento preventivo	Horas Stand By	Tiempo de Operación (TO) (TFR+PNP+PP)	DISPONIBILIDAD (%)
1/02/2020	4251.5	4262	10.5	1	2	1	5	8	13.5	91.3
2/02/2020	4,267.00	4282.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
3/02/2020	4,282.50	4298	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
4/02/2020	4,298.00	4313.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
5/02/2020	4,313.50	4329	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
6/02/2020	4,329.00	4341	12	1	2	1	3.5	8	15	92.3
7/02/2020	4,341.00	4356.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
8/02/2020	4,356.50	4372	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
9/02/2020	4,372.00	4387.5	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
10/02/2020	4,387.50	4397	9.5	1	2	1	6	8	12.5	90.5
11/02/2020	4,397.00	4412.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
12/02/2020	4,412.50	4428	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
13/02/2020	4,428.00	4443.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
14/02/2020	4,443.50	4459	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
15/02/2020	4,459.00	4474.5	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
16/02/2020	4,474.50	4490	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
17/02/2020	4,490.00	4505.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
18/02/2020	4,505.50	4518	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
19/02/2020	4,518.00	4,533.50	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
20/02/2020	4,533.50	4,549.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
21/02/2020	4,549.00	4564.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
22/02/2020	4,564.50	4580	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
23/02/2020	4,580.00	4595.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
24/02/2020	4,595.50	4608	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
25/02/2020	4,608.00	4623.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
26/02/2020	4,623.50	4639	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
27/02/2020	4,639.00	4654.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
28/02/2020	4,654.50	4670	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
29/02/2020	4,654.50	4670	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
<b>Total</b>			<b>429.00</b>	<b>32</b>	<b>58</b>	<b>29</b>	<b>20.5</b>	<b>232</b>	<b>519</b>	<b>93.0%</b>

Figura 20: Horas de programación y mantenimiento del mes de febrero 2020

Fuente: Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

**Tabla 12:** Resumen de los resultados del mes de febrero 2020

<b>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL MES DE FEBRERO 2020</b>	
Tiempo de Operación de la máquina (TO)	519
Horas totales de mantenimiento preventivo	20.5
Número de Inspecciones	29
Tiempo total de funcionamiento (TFR)	429
Horas Stand by	232
Paradas no programadas (PNP)	32
Paradas programadas (PP)	58
<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>93%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Como se observa en la figura 20, la disponibilidad de la Chancadora METSO C-110, para el 1/02/2020, se calculó de la siguiente manera:

Donde:

TO: Tiempo de operación = 13.5

PP: Paradas programadas = 2

PNP: Paradas no programadas = 1

Remplazando en la fórmula 1:

$$Disponibilidad = \frac{(13.5 - 2) - 1}{(13.5 - 2)} \times 100$$

$$Disponibilidad = 91.3\%$$

De esta manera se realizó el cálculo para cada día de la disponibilidad del mes de febrero, de la flota de Chancadoras METSO C-110, obteniendo todos los resultados diarios; se observa en la figura 20, que en el mes de febrero del 2020 se obtuvo una disponibilidad promedio de 93%.

Seguidamente, se muestra los resultados de las horas de programación y mantenimiento del mes de marzo 2020.

Fecha	HORAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CHANCADORA METSO C-110									
	Horómetro Inicial	Horómetro Final	Tiempo de funcionamiento REAL (TFR)	Paradas no programadas (PNP)	Paradas programadas (PP)	Inspecc.	Horas de mantenimiento preventivo	Horas Stand By	Tiempo de Operación (TO) (TFR+PNP+PP)	DISPONIBILIDAD (%)
1/03/2020	4670	4685.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
2/03/2020	4,685.50	4701	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
3/03/2020	4,701.00	4716.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
4/03/2020	4,716.50	4732	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
5/03/2020	4,732.00	4747.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
6/03/2020	4,747.50	4763	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
7/03/2020	4,763.00	4778.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
8/03/2020	4,778.50	4791	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
9/03/2020	4,791.00	4803.5	12.5	2	2	1	3	8	16.5	86.2
10/03/2020	4,803.50	4819	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
11/03/2020	4,819.00	4834.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
12/03/2020	4,834.50	4850	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
13/03/2020	4,850.00	4865.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
14/03/2020	4,865.50	4881	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
15/03/2020	4,881.00	4896.5	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
16/03/2020	4,896.50	4912	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
17/03/2020	4,912.00	4927.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
18/03/2020	4,927.50	4943	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
19/03/2020	4,943.00	4,958.50	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
20/03/2020	4,958.50	4,974.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
21/03/2020	4,974.00	4989.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
22/03/2020	4,989.50	5002	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
23/03/2020	5,002.00	5017.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
24/03/2020	5,017.50	5033	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
25/03/2020	5,033.00	5048.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
26/03/2020	5,048.50	5061	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
27/03/2020	5,061.00	5076.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
28/03/2020	5,076.50	5092	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
29/03/2020	5092	5107.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
30/03/2020	5107.5	5123	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
31/03/2020	5123	5138.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
<b>Total</b>			<b>468.50</b>	<b>34</b>	<b>62</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>248</b>	<b>564.5</b>	<b>93.2%</b>

Figura 21: Horas de programación y mantenimiento del mes de marzo 2020  
Fuente: Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.



**Tabla 13:** Resumen de los resultados del mes de marzo 2020

<b>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL MES DE MARZO 2020</b>	
Tiempo de Operación de la máquina (TO)	564.5
Horas totales de mantenimiento preventivo	12
Número de Inspecciones	31
Tiempo total de funcionamiento (TFR)	468.5
Horas Stand by	248
Paradas no programadas (PNP)	34
Paradas programadas (PP)	62
<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>93.2%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Como se observa en la figura 21, la disponibilidad de la Chancadora METSO C-110, para el 1/03/2020, se calculó de la siguiente manera:

Donde:

TO: Tiempo de operación = 18.5

PP: Paradas programadas = 2

PNP: Paradas no programadas = 1

Remplazando en la fórmula 1:

$$Disponibilidad = \frac{(18.5 - 2) - 1}{(18.5 - 2)} \times 100$$

$$Disponibilidad = 93.9\%$$

De esta manera se realizó el cálculo para cada día de la disponibilidad del mes de marzo, de la flota de Chancadoras METSO C-110, obteniendo todos los resultados diarios; se observa en la figura 21, que en el mes de marzo del 2020 se obtuvo una disponibilidad promedio de 93.2%.

Seguidamente, se muestra los resultados de las horas de programación y mantenimiento del mes de abril 2020.

Fecha	HORAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CHANCADORA METSO C-110									
	Horómetro Inicial	Horómetro Final	Tiempo de funcionamiento REAL (TFR)	Paradas no programadas (PNP)	Paradas programadas (PP)	Inspecc.	Horas de mantenimiento preventivo	Horas Stand By	Tiempo de Operación (TO) (TFR+PNP+PP)	DISPONIBILIDAD (%)
1/04/2020	5138.5	5147	8.5	1	2	1	7	8	11.5	89.5
2/04/2020	5,147.00	5162.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
3/04/2020	5,162.50	5178	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
4/04/2020	5,178.00	5190.5	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
5/04/2020	5,190.50	5206	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
6/04/2020	5,206.00	5221.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
7/04/2020	5,221.50	5237	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
8/04/2020	5,237.00	5252.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
9/04/2020	5,255.50	5271	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
10/04/2020	5,271.00	5286.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
11/04/2020	5,286.50	5302	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
12/04/2020	5,302.00	5317.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
13/04/2020	5,317.50	5333	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
14/04/2020	5,333.00	5348.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
15/04/2020	5,348.50	5364	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
16/04/2020	5,364.00	5379.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
17/04/2020	5,379.50	5395	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
18/04/2020	5,395.00	5407.5	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
19/04/2020	5,407.50	5,423.00	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
20/04/2020	5,423.00	5,438.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
21/04/2020	5,438.50	5454	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
22/04/2020	5,454.00	5466.5	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
23/04/2020	5,466.50	5482	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
24/04/2020	5,482.00	5497.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
25/04/2020	5,497.50	5513	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
26/04/2020	5,513.00	5525.5	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
27/04/2020	5,525.50	5541	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
28/04/2020	5,541.00	5556.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
29/04/2020	5556.5	5572	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
30/04/2020	5572	5587.5	15.5	1	2	1	0	9	18.5	93.9
<b>Total</b>			<b>446.00</b>	<b>33</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>19</b>	<b>241</b>	<b>539</b>	<b>93.1%</b>

Figura 22: Horas de programación y mantenimiento del mes de abril 2020  
Fuente: Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

**Tabla 14:** Resumen de los resultados del mes de abril 2020

<b>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL MES DE ABRIL 2020</b>	
Tiempo de Operación de la máquina (TO)	539
Horas totales de mantenimiento preventivo	19
Número de Inspecciones	30
Tiempo total de funcionamiento (TFR)	446
Horas Stand by	241
Paradas no programadas (PNP)	33
Paradas programadas (PP)	60
<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>93.1%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Como se observa en la figura 22, la disponibilidad de la Chancadora METSO C-110, para el 1/04/2020, se calculó de la siguiente manera:

Donde:

TO: Tiempo de operación = 11.5

PP: Paradas programadas = 2

PNP: Paradas no programadas = 1

Remplazando en la fórmula 1:

$$Disponibilidad = \frac{(11.5 - 2) - 1}{(11.5 - 2)} \times 100$$

$$Disponibilidad = 89.5\%$$

De esta manera se realizó el cálculo para cada día de la disponibilidad del mes de abril, de la flota de Chancadoras METSO C-110, obteniendo todos los resultados diarios; se observa en la figura 22, que en el mes de abril del 2020 se obtuvo una disponibilidad promedio de 93.1%.

Seguidamente, se muestra los resultados de las horas de programación y mantenimiento del mes de mayo 2020.

Fecha	HORAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CHANCADORA METSO C-110									
	Horómetro Inicial	Horómetro Final	Tiempo de funcionamiento REAL (TFR)	Paradas no programadas (PNP)	Paradas programadas (PP)	Inspecc.	Horas de mantenimiento preventivo	Horas Stand By	Tiempo de Operación (TO) (TFR+PNP+PP)	DISPONIBILIDAD (%)
1/05/2020	5587.5	5599	11.5	1	2	1	4	8	14.5	92.0
2/05/2020	5,599.00	5614.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
3/05/2020	5,614.50	5630	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
4/05/2020	5,630.00	5645.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
5/05/2020	5,645.50	5661	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
6/05/2020	5,661.00	5676.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
7/05/2020	5,676.50	5692	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
8/05/2020	5,692.00	5707.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
9/05/2020	5,707.50	5723	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
10/05/2020	5,723.00	5736.5	13.5	1	2	1	2	8	16.5	93.1
11/05/2020	5,736.50	5752	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
12/05/2020	5,752.00	5767.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
13/05/2020	5,767.50	5783	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
14/05/2020	5,783.00	5795.5	12.5	1	2	1	3	8	15.5	92.6
15/05/2020	5,795.50	5811	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
16/05/2020	5,811.00	5826.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
17/05/2020	5,826.50	5842	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
18/05/2020	5,842.00	5857.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
19/05/2020	5,857.50	5,873.00	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
20/05/2020	5,873.00	5,888.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
21/05/2020	5,888.50	5904	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
22/05/2020	5,904.00	5919.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
23/05/2020	5,919.50	5935	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
24/05/2020	5,935.00	5950.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
25/05/2020	5,950.50	5966	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
26/05/2020	5,966.00	5981.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
27/05/2020	5,981.50	5997	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
28/05/2020	5,997.00	6006.5	9.5	1	2	1	6	8	12.5	90.5
29/05/2020	6006.5	6022	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
30/05/2020	6022	6037.5	15.5	1	2	1	0	9	18.5	93.9
31/05/2020	6037.5	6053	15.5	1	2	1	0	9	18.5	93.9
<b>Total</b>			<b>465.50</b>	<b>34</b>	<b>62</b>	<b>31</b>	<b>15</b>	<b>250</b>	<b>561.5</b>	<b>93.2%</b>

Figura 23: Horas de programación y mantenimiento del mes de mayo 2020

Fuente: Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

**Tabla 15:** Resumen de los resultados del mes de mayo 2020

<b>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL MES DE MAYO 2020</b>	
Tiempo de Operación de la máquina (TO)	561.5
Horas totales de mantenimiento preventivo	15
Número de Inspecciones	31
Tiempo total de funcionamiento (TFR)	465.50
Horas Stand by	250
Paradas no programadas (PNP)	34
Paradas programadas (PP)	60
<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>93.1%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Como se observa en la figura 23, la disponibilidad de la Chancadora METSO C-110, para el 1/05/2020, se calculó de la siguiente manera:

Donde:

TO: Tiempo de operación = 14.5

PP: Paradas programadas = 2

PNP: Paradas no programadas = 1

Remplazando en la fórmula 1:

$$Disponibilidad = \frac{(14.5 - 2) - 1}{(14.5 - 2)} \times 100$$

$$Disponibilidad = 92\%$$

De esta manera se realizó el cálculo para cada día de la disponibilidad del mes de mayo, de la flota de Chancadoras METSO C-110, obteniendo todos los resultados diarios; se observa en la figura 23, que en el mes de mayo del 2020 se obtuvo una disponibilidad promedio de 93.2%.

Seguidamente, se muestra los resultados de las horas de programación y mantenimiento del mes de junio 2020.

Fecha	HORAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CHANCADORA METSO C-110									
	Horómetro Inicial	Horómetro Final	Tiempo de funcionamiento REAL (TFR)	Paradas no programadas (PNP)	Paradas programadas (PP)	Inspecc.	Horas de mantenimiento preventivo	Horas Stand By	Tiempo de Operación (TO) (TFR+PNP+PP)	DISPONIBILIDAD (%)
1/06/2020	6037.5	6047.5	10	1	2	1	5.5	8	13	90.9
2/06/2020	6047.5	6058.5	11	1	2	1	4.5	8	14	91.7
3/06/2020	6058.5	6067.5	9	1	2	1	6.5	8	12	90.0
4/06/2020	6067.5	6078.5	11	1	2	1	4.5	8	14	91.7
5/06/2020	6078.5	6093.5	15	1	2	1	0.5	8	18	93.8
6/06/2020	6093.5	6109	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
7/06/2020	6109	6121	12	1	2	1	3.5	8	15	92.3
8/06/2020	6121	6136.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
9/06/2020	6136.5	6151.5	15	2	2	1	0.5	8	19	88.2
10/06/2020	6151.5	6167	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
11/06/2020	6167	6182.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
12/06/2020	6182.5	6198	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
13/06/2020	6,198.00	6213.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
14/06/2020	6,213.50	6229	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
15/06/2020	6,229.00	6244.5	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
16/06/2020	6,244.50	6260	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
17/06/2020	6,260.00	6275.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
18/06/2020	6,275.50	6291	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
19/06/2020	6,291.00	6306.5	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
20/06/2020	6,306.50	6322	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
21/06/2020	6,322.00	6337.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
22/06/2020	6,337.50	6353	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
23/06/2020	6,353.00	6368.5	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
24/06/2020	6,368.50	6,380.50	12	1	2	1	3.5	8	15	92.3
25/06/2020	6,380.50	6,393.50	13	1	2	1	2.5	8	16	92.9
26/06/2020	6,393.50	6,409.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
27/06/2020	6,409.00	6,424.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
28/06/2020	6,424.50	6,440.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
29/06/2020	6,440.00	6,455.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
30/06/2020	6,455.50	6,471.00	15.5	1	2	1	0	9	18.5	93.9
<b>Total</b>			<b>433.50</b>	<b>33</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>31.5</b>	<b>241</b>	<b>526.5</b>	<b>92.9%</b>

Figura 24: Horas de programación y mantenimiento del mes de junio 2020

Fuente: Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

**Tabla 16:** Resumen de los resultados del mes de junio 2020

<b>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL MES DE JUNIO 2020</b>	
Tiempo de Operación de la máquina (TO)	526.5
Horas totales de mantenimiento preventivo	31.5
Número de Inspecciones	30
Tiempo total de funcionamiento (TFR)	433.50
Horas Stand by	241
Paradas no programadas (PNP)	33
Paradas programadas (PP)	60
<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>92.9%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Como se observa en la figura 24, la disponibilidad de la Chancadora METSO C-110, para el 1/06/2020, se calculó de la siguiente manera:

Donde:

TO: Tiempo de operación = 13

PP: Paradas programadas = 2

PNP: Paradas no programadas = 1

Remplazando en la fórmula 1:

$$Disponibilidad = \frac{(13 - 2) - 1}{(13 - 2)} \times 100$$

$$Disponibilidad = 90.9\%$$

De esta manera se realizó el cálculo para cada día de la disponibilidad del mes de junio, de la flota de Chancadoras METSO C-110, obteniendo todos los resultados diarios; se observa en la figura 24, que en el mes de junio del 2020 se obtuvo una disponibilidad promedio de 92.90%.

Seguidamente, se muestra los resultados de las horas de programación y mantenimiento del mes de julio 2020.

Fecha	HORAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CHANCADORA METSO C-110									
	Horómetro Inicial	Horómetro Final	Tiempo de funcionamiento REAL (TFR)	Paradas no programadas (PNP)	Paradas programadas (PP)	Inspecc.	Horas de mantenimiento preventivo	Horas Stand By	Tiempo de Operación (TO) (TFR+PNP+PP)	DISPONIBILIDAD (%)
1/07/2020	6,471.00	6,486.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
2/07/2020	6,486.50	6,502.00	15.5	2	3	1	0	8	20.5	88.6
3/07/2020	6,502.00	6,517.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
4/07/2020	6,517.50	6,533.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
5/07/2020	6,533.00	6,548.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
6/07/2020	6,548.50	6,564.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
7/07/2020	6,564.00	6,579.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
8/07/2020	6,579.50	6,595.00	15.5	1	3	1	0	8	19.5	93.9
9/07/2020	6,595.00	6,610.50	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
10/07/2020	6,610.50	6,626.00	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
11/07/2020	6,626.00	6,641.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
12/07/2020	6,641.50	6,657.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
13/07/2020	6,657.00	6,672.50	15.5	1	3	1	0	8	19.5	93.9
14/07/2020	6,672.50	6,688.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
15/07/2020	6,688.00	6,703.50	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
16/07/2020	6,703.50	6,719.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
17/07/2020	6,719.00	6,734.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
18/07/2020	6,734.50	6,750.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
19/07/2020	6,750.00	6,765.50	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
20/07/2020	6,765.50	6,781.00	15.5	1	3	1	0	8	19.5	93.9
21/07/2020	6,781.00	6,796.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
22/07/2020	6,796.50	6,812.00	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
23/07/2020	6,812.00	6,827.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
24/07/2020	6,827.50	6,843.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
25/07/2020	6,843.00	6,858.50	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
26/07/2020	6,858.50	6,874.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
27/07/2020	6,874.00	6,889.50	15.5	1	3	1	0	8	19.5	93.9
28/07/2020	6,889.50	6,905.00	15.5	1	2	1	0	8	18.5	93.9
29/07/2020	6,905.00	6,920.50	15.5	2	2	1	0	8	19.5	88.6
30/07/2020	6,920.50	6,936.00	15.5	1	2	1	0	9	18.5	93.9
31/07/2020	6,936.00	6,951.50	15.5	1	3	1	0	9	19.5	93.9
<b>Total</b>			<b>480.50</b>	<b>38</b>	<b>68</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>250</b>	<b>586.5</b>	<b>92.7%</b>

Figura 25: Horas de programación y mantenimiento del mes de julio 2020  
Fuente: Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.



**Tabla 17:** Resumen de los resultados del mes de julio 2020

<b>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL MES DE JULIO 2020</b>	
Tiempo de Operación de la máquina (TO)	586.5
Horas totales de mantenimiento preventivo	0
Número de Inspecciones	31
Tiempo total de funcionamiento (TFR)	480.50
Horas Stand by	250
Paradas no programadas (PNP)	38
Paradas programadas (PP)	68
<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>92.7%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Como se observa en la figura 25, la disponibilidad de la Chancadora METSO C-110, para el 1/07/2020, se calculó de la siguiente manera:

Donde:

TO: Tiempo de operación = 18.5

PP: Paradas programadas = 2

PNP: Paradas no programadas = 1

Remplazando en la fórmula 1:

$$Disponibilidad = \frac{(18.5 - 2) - 1}{(18.5 - 2)} \times 100$$

$$Disponibilidad = 93.9\%$$

De esta manera se realizó el cálculo para cada día de la disponibilidad del mes de julio, de la flota de Chancadoras METSO C-110, obteniendo todos los resultados diarios; se observa en la figura 24, que en el mes de julio del 2020 se obtuvo una disponibilidad promedio de 92.70%.

Obtenido los resultados, a continuación, se muestra en la siguiente tabla la disponibilidad mecánica de la Chancadora METSO C-110, obtenida luego de la

aplicación del plan de mantenimiento TPM, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí, entre los meses de enero a julio.

**Tabla 18:** Disponibilidad mecánica del mes de enero a julio 2020

<b>DISPONIBILIDAD MÉCANICA DE LA CHANCADORA METSO C-110</b>	
Disponibilidad mecánica (enero)	93.2%
Disponibilidad mecánica (febrero)	93%
Disponibilidad mecánica (marzo)	93.2%
Disponibilidad mecánica (abril)	93.2%
Disponibilidad mecánica (mayo)	93.1%
Disponibilidad mecánica (junio)	93.2%
Disponibilidad mecánica (julio)	92.90%
<b>DISPONIBILIDAD PROMEDIO (ENERO-JULIO)</b>	<b>93.11%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Como se observa en la tabla anterior al aplicar el plan de mantenimiento bajo la metodología TPM, entre los meses de enero a julio se ha logrado una disponibilidad mecánica promedio de la Chancadora METSO C-110 de 93.11%.

Ahora con la finalidad de determinar en qué medida se optimizó la disponibilidad mecánica de la flota de chancadoras METSO C-110, mediante la aplicación de un plan de mantenimiento basado en la metodología TPM, se toma en consideración los resultados obtenidos de la base de datos de los años 2019 y 2018, años en los cuales solo se aplicaba mantenimiento correctivo ante cualquier falla presentada por la máquina.

Como se observa en la siguiente tabla, en el año 2018 se obtenía una disponibilidad mecánica de 66.35%; dicho valor se encuentra por debajo del porcentaje de 85%, en la cual la máquina se encuentra apta para su uso y operatividad, que ofrece la contratista.

**Tabla 19:** Disponibilidad mecánica del año 2018

<b>DISPONIBILIDAD MÉCANICA DE LA CHANCADORA METSO C-110</b>	
Disponibilidad mecánica (enero)	85.20%
Disponibilidad mecánica (febrero)	85.90%
Disponibilidad mecánica (marzo)	80.00%
Disponibilidad mecánica (abril)	42.70%
Disponibilidad mecánica (mayo)	65.70%
Disponibilidad mecánica (junio)	43.00%
Disponibilidad mecánica (julio)	80.10%
Disponibilidad mecánica (agosto)	79.50%
Disponibilidad mecánica (setiembre)	87.50%
Disponibilidad mecánica (octubre)	22.20%
Disponibilidad mecánica (noviembre)	50.40%
Disponibilidad mecánica (diciembre)	74.00%
<b>DISPONIBILIDAD PROMEDIO</b>	<b>66.35%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

De igual manera en la siguiente tabla se muestra los resultados de la disponibilidad mecánica del año 2019.

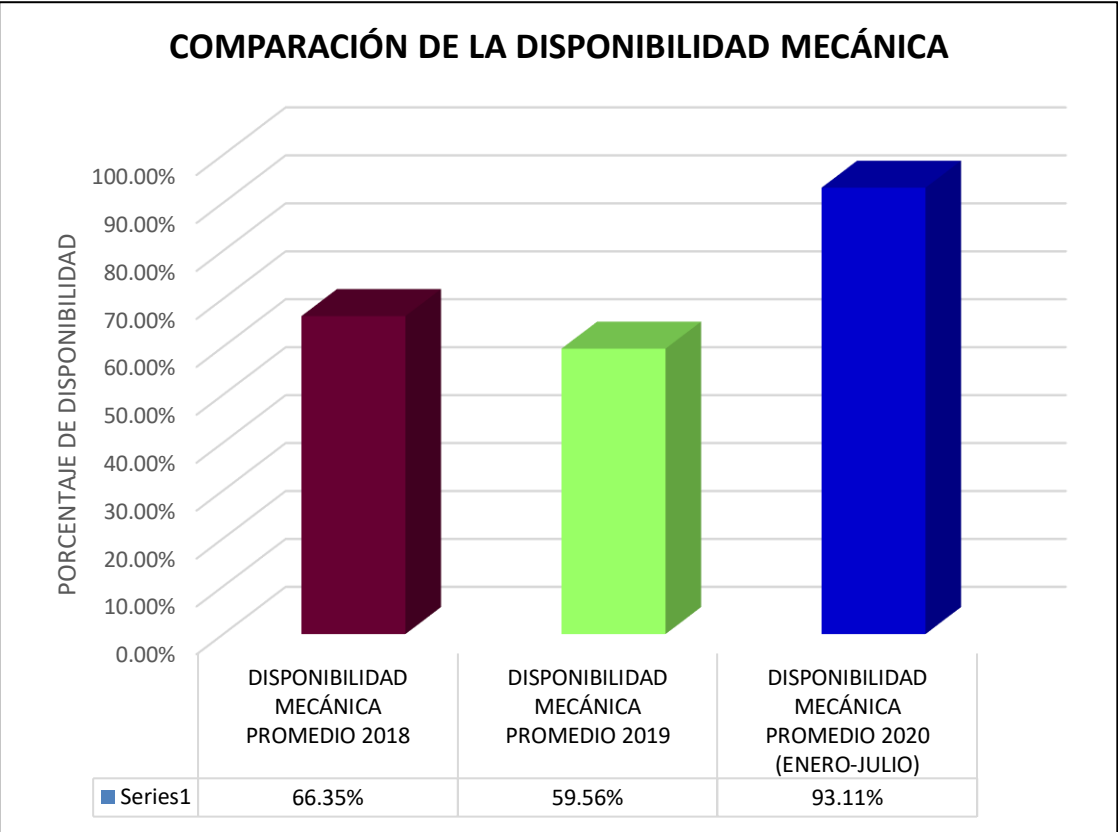
**Tabla 20:** Disponibilidad mecánica del año 2019

<b>DISPONIBILIDAD MÉCANICA DE LA CHANCADORA METSO C-110</b>	
Disponibilidad mecánica (enero)	80.50%
Disponibilidad mecánica (febrero)	83.90%
Disponibilidad mecánica (marzo)	74.00%
Disponibilidad mecánica (abril)	38.90%
Disponibilidad mecánica (mayo)	53.10%
Disponibilidad mecánica (junio)	40.50%
Disponibilidad mecánica (julio)	80.10%
Disponibilidad mecánica (agosto)	50.50%
Disponibilidad mecánica (setiembre)	85.50%
Disponibilidad mecánica (octubre)	40.20%
Disponibilidad mecánica (noviembre)	50.40%
Disponibilidad mecánica (diciembre)	37.10%
<b>DISPONIBILIDAD PROMEDIO</b>	<b>59.56%</b>

Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Como, se observa en la tabla anterior, en el año 2019 se obtenía una disponibilidad mecánica de 59.56%; dicho valor se encuentra por debajo del porcentaje de 85%, en la cual la máquina se encuentra apta para su uso y operatividad, que ofrece la contratista.

Ante estos resultados, se representa en la siguiente figura el promedio anual de la disponibilidad mecánica de la flota de chancadoras METSO C-110.



**Figura 26:** Comparación de la disponibilidad mecánica del año 2018-2020  
Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A.

Según los resultados entre el año 2018 y 2020 existe una optimización del 40.33%, asimismo entre el año 2019 y 2020 hubo una optimización del 56.32%; esta optimización de la chancadora METSO C-110, fue posible por la aplicación del plan de mantenimiento basado en la metodología TPM, en la compañía Minera Alpayana S.A., ubicado en Huarochirí.

## CONCLUSIONES

- Se optimizó la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, existiendo una mejora entre el año 2018 y 2020 de 40.33%, y entre el año 2019 y 2020 de 56.32%; ello mediante la aplicación de un plan de mantenimiento basado en la metodología TPM, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí.
- Se evaluó la criticidad de los componentes de la chancadora METSO C-110, estableciendo una alta criticidad para el eje principal, spider, cuerpo, excéntrica y sistema de accionamiento, y una mediana criticidad para la unidad hidráulica y sistema de sello de polvo; con ello se logró establecer el modelo y los procesos del plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, con el cual se logró optimizar la disponibilidad mecánica, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí – 2020.
- Se determinó el modelo y sus procesos del plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, el cual tiene entradas relacionadas a las paradas y condiciones de la máquinas; asimismo cuenta con procesos, como el mantenimiento autónomo y la filosofía de las 5S, para finalmente mostrar las salidas que es la optimización de la disponibilidad mecánica de la chancadora METSO C-110, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí – 2020.
- Se calculó la disponibilidad mecánica de la Chancadora METSO C-110, la cual es en promedio entre los meses de enero a julio de 93.11%; esta fue obtenida luego de la aplicación del plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, en la compañía Minera Alpayana S.A., Huarochirí,

## RECOMENDACIONES

- En relación al plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, se recomienda, desarrollar y aplicar planes de mantenimiento para otros equipos o maquinarias de la compañía Minera Alpayana S.A., con la finalidad de optimizar su disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.
- En relación a los componentes de la chancadora METSO C-110, se recomienda, realizar el monitoreo de las actividades de mantenimiento, con la finalidad de verificar el cumplimiento de cada una de ella, salvaguardando así la vida útil de los componentes.
- En relación al modelo y sus procesos del plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, se recomienda, implantar el proceso de evaluación de costos relacionados, con la finalidad de realizar un análisis comparativo en referencia al costo de la Chancadora METSO C-110 y su mantenimiento.
- En relación a la disponibilidad mecánica de la Chancadora METSO C-110, se recomienda, realizar capacitaciones a los operarios, con la finalidad de minimizar las horas de paradas de las maquinarias, por una mala operación de la misma.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., . . . Moreno, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 11-26.
- Antonio, L. (2016). Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria de confitados en industrias alimentarias S.R.L. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Castelo, H. (2017). Modelo de gestión de mantenimiento de producción total y su incidencia en el rendimiento operacional en el área de extrusión. (*Tesis de posgrado*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Domínguez, I. (2018). Plan maestro para la implantación de TPM (total productive maintenance) en una planta Industrial de fabricación de malla electro Soldada. (*Tesis de pregrado*). Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Sevilla, España.
- Fernández, E. (2018). Gestión de mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. (*Tesis de posgrado*). Universidad de Oviedo, España.
- Gallegos, Z. (2018). Diseño e implementación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la calidad del servicio de mantenimiento de motos en el Taller Mototécnica Maxi SAC, Lima 2018. (*Tesis de pregrado*). Universidad Peruana de las Americas, Lima, Perú.
- García, J., Romero, J., & Noriega, S. (2016). El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos. *l mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos*, 173-196.
- Gómez, J. (2015). *Mantenimiento Productivo Total*. Ecuador. Obtenido de [https://www.academia.edu/9353979/MANTENIMIENTO\\_PRODUCTIVO\\_TOTAL](https://www.academia.edu/9353979/MANTENIMIENTO_PRODUCTIVO_TOTAL)
- Hemaruce, A. (2013). *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. Argentina. Obtenido de <http://hemaruce.angelfire.com/tpm.pdf>
- Hernández, & Navarrete. (2001). Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento. *XX Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*, 1-15.
- Jurado, O. (2017). Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para una máquina empacadora de cereales. (*Tesis de pregrado*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Mallía, J. (2019). Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de Guayaquil identificando la criticidad de los

- equipos del proceso productivo y enfocado en la técnica TPM. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*, 354-356.
- Pérez, M. (2016). Mejora de la eficiencia operacional de una máquina de envasado mediante TPM. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Pineda, C., & Vargas, K. (2015). Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento productivo total (TPM), para mejorar la productividad y confiabilidad en el molino Don Julio S.A.C - Lambayeque 2015. (*Tesis de pregrado*). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Remache, M. (2016). Implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (MPT) para el manejo eficiente del Centro de Producción Siderometalúrgico El Sol. (*Tesis de pregrado*). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Salinas, J. (2010). *Mantenimiento Productivo Total* . Lima, Perú: Universidad de Piura.
- Sanzol, L. (2010). Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración. (*Tesis de pregrado*). Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Oamplona, España.
- Silva, D. (2017). Implementación de TPM (mantenimiento productivo total) para una planta industrial de telares. (*Tesis de pregrado*). Universidad Inca Garcilazo de la Vega, Lima, Perú.
- Tejada, J. (2019). Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestranza de la Empresa FAMAI, Utilizando la Metodología del Mantenimiento Productivo Total –TPM. (*Tesis de pregrado*). Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, Perú.



## **ANEXOS**

## ANEXO 01- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

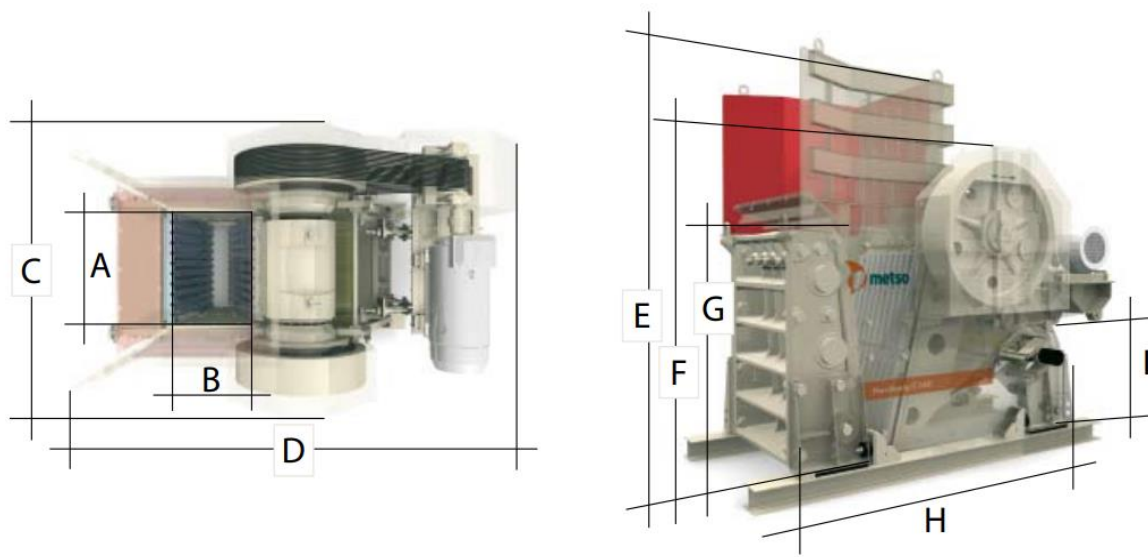
### Chancadora METSO C-110



### Capacidades y especificaciones técnicas

	C80	C100	C96	C106	C116	C3054	C110	C125	C140	C145	C160	C200	
Anchura de la abertura de alimentación mm	800	1000	930	1060	1150	1375	1100	1250	1400	1400	1600	2000	
Profundidad de la abertura de alimentación mm	510	760	580	700	800	760	850	950	1070	1100	1200	1500	
Potencia kW	75	110	90	110	132	160	160	160	200	200	250	400	
Velocidad (rpm)	350	260	330	280	260	260	230	220	220	220	220	200	
Tamaño del producto mm	Lado cerrado Reglaje mm	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	
0-30	20												
0-35	25												
0-45	30												
0-60	40	55 - 75											
0-75	50	65 - 95											
0-90	60	80 - 110		105 - 135									
0-105	70	95 - 135	125 - 175	125 - 155	150 - 185	165 - 205	210 - 270	160 - 220					
0-120	80	110 - 150	145 - 200	140 - 180	165 - 215	180 - 235	240 - 300	175 - 245					
0-135	90	125 - 175	160 - 220	160 - 200	190 - 235	205 - 255	260 - 330	190 - 275					
0-150	100	140 - 190	180 - 250	175 - 225	205 - 265	225 - 285	285 - 365	215 - 295	245 - 335				
0-185	125	175 - 245	220 - 310	220 - 280	255 - 325	270 - 345	345 - 435	260 - 360	295 - 405	325 - 445	335 - 465		
0-225	150	210 - 290	265 - 365	265 - 335	305 - 385	320 - 405	405 - 515	310 - 430	345 - 475	380 - 530	395 - 545	430 - 610	
0-260	175	245 - 335	310 - 430	310 - 390	355 - 450	370 - 465	465 - 595	350 - 490	395 - 545	435 - 605	455 - 625	495 - 695	630 - 890
0-300	200		355 - 490		395 - 500	410 - 520	530 - 670	405 - 555	445 - 615	495 - 685	510 - 710	560 - 790	710 - 1000
0-340	225								495 - 685	550 - 760	570 - 790	625 - 880	785 - 1105
0-375	250								545 - 755	610 - 840	630 - 870	685 - 965	865 - 1215
0-410	275										690 - 950	745 - 1055	940 - 1320
0-450	300											815 - 1145	1015 - 1435

**INFORMACIÓN TÉCNICA**



**Dimensiones y pesos**

		C80	C100	C96	C106	C116	C3054	C110	C125	C140	C145	C160	C200
A	mm	800	1000	930	1060	1150	1380	1100	1250	1400	1400	1600	2000
B	mm	510	760	580	700	800	760	850	950	1070	1100	1200	1500
C	mm	1526	2420	1755	2030	2400	2640	2385	2800	3010	3110	3700	4040
D	mm	2577	3670	2880	3320	3600	3540	3770	4100	4400	4600	5900	6700
E	mm	1990	2890	1610	2075	2675	2470	2890	3440	3950	4100	4580	4950
F	mm	1750	2490	1460	2005	2730	2470	2750	2980	3140	3410	3750	4465
G	mm	1200	1700	755	1135	1790	1080	1940	2100	2260	2430	2650	2800
H	mm	2100	2965	2500	2630	2885	2950	2820	3470	3755	3855	4280	4870
I	mm	625	775	465	700	1255	690	580	980	1050	1050	1300	1400
Peso de la trituradora básica	kg	7 670	20 060	9 759	14 350	18 600	25 900	25 800	37 970	47 120	54 540	71 330	121 510
Peso de la trituradora en operación	kg	9 520	23 300	11 870	17 050	21 500	30 300	29 500	43 910	54 010	63 190	83 300	137 160

Los diagramas certificados de disposición general, cimentación y requisitos de espacio para servicio técnico están disponibles a través de Metso.