



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional
de Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación

Análisis y mejoras de la gestión del área de mantenimiento mecánico molienda procesos C2 de la planta concentradora de cobre de Sociedad Minera Cerro Verde Arequipa basado en la filosofía de mantenimiento productivo total

Roberto Norbil Aguilar Bustamante

Arequipa, 2018

Para optar el Grado Académico de Bachiller
en Ingeniería Industrial



Repositorio Institucional Continental

Trabajo de Investigación



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

MBA Ing. Polhett Coralí Begazo Velásquez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mis pasos y brindarme paciencia y sabiduría para cumplir metas.

A mi adorada familia en especial a mi Esposa por su paciencia y apoyo.

Agradecimiento a la Universidad Continental, directivos, docentes de la escuela de ingeniería de la quienes fueron mis mentores durante el tiempo de mi formación profesional.

Un agradecimiento especial a mis asesores de tesis, por haberme guiado en la elaboración de mi tesis.

Agradecimiento mis compañeros de grupo que con mucho esfuerzo y trabajo en equipo logramos desarrollar los trabajos asignados para el cumplimiento de nuestras metas.

DEDICATORIA

A Dios porque me dio el don de la perseverancia, a mi amada Esposa Milady con mucho cariño, a mis hijos Rollyn y Laila porque son mi motor y mi mayor inspiración, a mi Madre Angélica que me dio la vida, a mi Padre que desde lo alto del cielo guía mis pasos y a todos mis seres queridos que siempre estuvieron motivándome para cumplir mis anhelados sueños.

INDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE DIAGRAMAS	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCION.....	3
CAPITULO I.....	5
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	5
1.1 TITULO DE LA INVESTIGACION.....	5
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	6
A Problema general.....	6
B. Problemas específicos	6
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
1.5 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION	7
1.5.1 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	7
1.5.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION.....	7
1.6 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.6.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	8
1.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	8
1.6.3 DELIMITACIÓN SOCIAL	8
1.6.4 DELIMITACIÓN CONCEPTUAL.....	8
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.8 HIPOTESIS.....	8
1.9 VARIABLES E INDICADORES.....	9
1.9.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	9
1.9.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	9
1.10 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	9

CAPITULO II.....	11
MARCO TEORICO	11
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	11
2.2 BASES TEORICAS.....	12
2.2.1 MANTENIMIENTO	13
2.2.2 ELTPM: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	13
2.2.3 PRINCIPIOS DEL TPM.....	14
2.2.4 PILARES DEL TPM	15
2.2.5 SEIS GRANDES PERDIDAS DEL TPM.....	21
2.2.6 LAS 5 S.....	23
2.3 BASES TEORICAS DEL PROCESOS DE MINERALES	25
2.3.1 CONMINUCION DE MINERALES.....	25
2.3.2 MOLIENDA	26
2.3.3 TIPOS DE MOLIENDA.....	30
2.4 ELEMENTOS CRITICOS EN LA MOLIENDA	33
2.5 TIPOS DE MOLIENDA.....	34
2.6 CIRCUITOS DE MOLIENDA.....	34
2.6.1 CIRCUITOS ABIERTOS	34
2.6.2 CIRCUITOS CERRADOS	34
2.7 COSTO DE PRODUCCIÓN.....	34
2.8 TENDENCIAS A FUTURO DE LA DESINTEGRACIÓN DE MATERIALES.....	35
2.9 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	35
CAPITULO III.....	37
METODOLOGIA	37
3.1 METODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACION	37
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.2.1 TIPO DE INVESTIGACION.....	37
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	38
3.3.1 TÉCNICAS.....	38
3.3.2 INSTRUMENTOS	38
CAPITULO IV	39
DIAGNOSTICO, RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
4.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA	39
4.1.1 DATOS GENERALES.....	39
4.1.2 ACCIONISTAS.....	40

4.1.3	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	40
4.1.4	DESCRIPCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA CERRO VERDE	41
4.2	ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	42
4.2.1	VISIÓN DE LA EMPRESA	42
4.2.2	MISIÓN	42
4.2.3	ESTRUCTURA ORGANICA DE LA EMPRESA	42
4.3	PROCESO PRODUCTIVO	44
4.3.1	DESCRIPCION DEL PROCESO DE CATODOS SMCV	44
4.3.2	DIAGRAMA DE BLOQUES.....	45
4.3.3	DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL AREA DE MOLIENDA	47
4.4	DESCRIPCION DEL AREA DE MANTENIMIENTO	49
4.4.1	VISION.....	49
4.4.2	MISION	49
4.4.3	ESTRUCTURA ORGANICA DE MANTENIMIENTO MECANICO C2.....	49
4.4.4	PERSONAL	51
4.4.5	MANUAL DE FUNCIONES	51
4.4.6	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	53
4.4.7	MAQUINAS Y EQUIPOS	53
4.4.8	DOCUMENTOS USADOS EN EL AREA DE MANTENIMIENTO	53
4.5	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	54
4.5.1	BRAINSTORMING.....	54
4.5.2	ANALISIS DE LOS PROBLEMAS SEGÚN EL TIPO DE PERDIDA	56
4.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
4.6.1	PILAR MEJORAS ENFOCADAS	57
4.6.2	PILAR CAPACITACION Y EDUCACION	71
4.6.3	PILAR CONTROL INICIAL.....	73
4.6.4	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5´S	75
4.6.5	VALIDACION DEL TPM.....	79
	CONCLUSIONES	82
	BIBLIOGRAFIA.....	85
	ANEXOS.....	90

LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1.</i> Operacionalización de las variables	10
<i>Cuadro 2.</i> Seis grandes perdidas.....	21
<i>Cuadro 3.</i> Tipo de carga aplicada	26
<i>Cuadro 4.</i> Accionariado de SMCV	40
<i>Cuadro 5.</i> Relación de personal del área de mantenimiento	51
<i>Cuadro 6.</i> Principales funciones en el área de mantenimiento.....	52
<i>Cuadro 7.</i> Técnica del Por Que para perdidas por reducción de velocidad	68
<i>Cuadro 8.</i> Mejoras propuestas para perdidas por reducción de velocidad	71
<i>Cuadro 9.</i> Indicadores propuestos sobre fiabilidad	80
<i>Cuadro 10.</i> Indicadores propuestos sobre eficiencia del mantenimiento	81

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Pilares del TPM	16
<i>Figura 1.</i> Circulo PHVA.....	18
<i>Figura 2.</i> Molienda en el proceso de concentración de sulfuros.....	27
<i>Figura 4.</i> Área de Molienda SMCV.....	28
<i>Figura 5.</i> Ubicación del Área de Molienda SMCV	29
<i>Figura 6.</i> Molino SAG.....	30
<i>Figura 7.</i> Molino de barras	31
<i>Figura 8.</i> Molino de bolas (Planta concentradora C2)	32
<i>Figura 9.</i> Molino de rodillos.....	33
<i>Figura 10.</i> Ubicación geográfica de SMCV	41
<i>Figura 11.</i> Vista de la planta concentradora (Área seca y húmeda)	48
<i>Figura 12.</i> Zarandas húmedas y molinos de bola.....	48
<i>Figura 13.</i> Clasificación centrífuga (Ciclones primarios).....	48
<i>Figura 14.</i> Evaluación de conocimientos del personal del área de mantenimiento.....	72
<i>Figura 15.</i> Tarjeta roja de identificación de objetos innecesarios	77

LISTA DE DIAGRAMAS

<i>Diagrama 1.</i> Organigrama SMCV.....	43
<i>Diagrama 2.</i> Diagrama de Bloques SMCV	46
<i>Diagrama 3.</i> Diagrama de operaciones del proceso productivo de SMCV.....	47
<i>Diagrama 4.</i> Organigrama del área de mantenimiento de SMCV	50
<i>Diagrama 5.</i> Diagrama del Árbol para las pérdidas por preparación y ajuste	59
<i>Diagrama 6.</i> Diagrama de Ishikawa para tiempos muertos en tareas de mantenimiento.....	62
<i>Diagrama 7.</i> Diagrama de Ishikawa para paradas por mala coordinación	63
<i>Diagrama 8.</i> Diagrama de Ishikawa para trabajos de oportunidad por trabajos programados	64
<i>Diagrama 9.</i> Diagrama de flujo propuesto para la compra de repuestos especiales	74

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Plan de mantenimiento a largo plazo	91
Anexo 2: Plan de mantenimiento preventivo	96
Anexo 3: Plan de mantenimiento predictivo	99
Anexo 4: Matriz de evaluación de conocimientos técnicos y operativos.....	102
Anexo 5: Programa de capacitación técnica - PCT	104
Anexo 6: Programa de capacitación operativa - PCO	106

RESUMEN

La presente investigación tiene como título “Análisis Y Mejora De La Gestión Del Área De Mantenimiento Mecánico Molienda Procesos C2 De La Planta Concentradora De Cobre De Sociedad Minera Cerro Verde Arequipa Basado En La Filosofía De Mantenimiento Productivo Total “teniendo como objetivo principal plantear la mejora de procesos, con la finalidad de reducir los elementos que no generan valor y eliminar desperdicios.

El planteamiento del problema se da a partir de la necesidad de tener gestión eficiente de los recursos que maneja en el área de Mantenimiento del área de Molienda de la planta concentradora de cobre, por lo que se plantearán elementos para de encontrar e implementar las herramientas necesarias para identificar y eliminar los elementos que no aportan valor a los objetivos.

La investigación se centra en la aplicación de la filosofía del TPM utilizando las herramientas como el diagrama de Ishikawa, la técnica de los 5 porque, el árbol de decisiones entre otras para definir las causas y proponer las soluciones óptimas, producto de ello también se consideró la filosofía del as 5 S para la implementación del TPM

Entre los resultados que se espera obtener con la propuesta es la reducción de paradas por fallos, reducción de paradas por calidad, mejorar el entrenamiento del trabajador y su eficiencia.

Palabras clave: TPM, mantenimiento, fallos, confiabilidad, perdidas, minerales, molienda

ABSTRACT

The present research entitled "Analysis and Improvement the Mechanical Maintenance Area Management in the Grinding Process Area C2 from the cooper concentrator plant of Sociedad Minera Cerro Verde Based on the Philosophy of Total Productive Maintenance". The main objective is to raise the improvement of processes, based on Total Productive Maintenance, in order to reduce the elements that do not generate value and eliminate waste.

The approach of the problem is based on the need to have efficient management of the resources in the maintenance area of the Grinding Process Area from the cooper concentrator plant, for which elements to find and implement will be considered, the necessary tools to identify and eliminate the elements that do not add value to the objectives.

The research focuses on the application of the philosophy of the TPM using tools such as the Ishikawa diagram, the technique of the 5 why, the decision tree among others to define the causes and propose the optimal solutions, product of it was also considered the philosophy of 5 S for the implementation of the TPM.

The results that are expected to be obtained with the proposal is the reduction of stops due to failures, reduction of stops due to quality, improving worker training and efficiency.

Key Words: TPM, maintenance, failures, reliability, losses, minerals, grinding.

INTRODUCCION

En las últimas décadas el mundo de los negocios y las organizaciones han ido cambiando y ha obligado a estas, a ser más competitivas, buscando herramientas que las ayuden a crear empresas cada vez más flexibles y fuertes, cimentadas en un sólido manejo de los costos y orientadas a la mejora continua.

Sin embargo muchas de estas empresas no lo han logrado o han logrado resultados poco exitosos condenándolas a la desaparición y en otros casos impidiendo su crecimiento.

En el mundo de la minería esta reflexión tiene mayor asidero debido a los numerosos problemas que en esta década como nunca ha enfrentado el sector y sobre todo por la estructura de estas compañías es que se hace imperioso el encontrar la estrategia en el cual como para todo fin de una organización la rentabilidad se vea beneficiada.

Problemas como el manejo personal, el uso de insumos y recursos, problemas con las comunidades, baja eficiencia en los procesos, baja operatividad de la maquinaria y equipos, tiempos muertos por paradas, fallas y poca confiabilidad de la maquinaria generan incremento de los costos y reducen el buen uso de los recursos en una relación ganar-ganar con todos los demás actores del proceso.

En el caso de la maquinaria y los equipos a cargo del Área de Mantenimiento en general existe una herramienta muy valiosa que es la generadora de la reducción de la mayoría de situaciones de perdida dentro de este proceso, el TPM cuya filosofía ayuda a crear elementos competitivos a través de la eliminación sistemática de las deficiencias del sistema operativo y mantenimiento en la organización.

Es por ello que en el presente trabajo se muestra los efectos de la filosofía TPM como estrategia de mejora para el área de mantenimiento del área de molienda de una planta concentradora de cobre.

En el Capítulo I se muestra el planteamiento del problema, la declaración de objetivos, la fundamentación del porque es importante la investigación, la formulación de la hipótesis y Operacionalización de variables de la investigación.

En el Capítulo II se sustenta la investigación en un Marco teórico dividido en cuatro aspectos: los antecedentes previos, las bases teóricas de la investigación, la descripción teórica de los procesos de la empresa y finalmente la definición de términos.

En el Capítulo III se desarrolla la metodología de investigación, y alcances de la investigación, diseño de investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el Capítulo IV se muestran los resultados y discusión de los mismos, previamente para ello se realizó el diagnóstico de la situación actual del área y la interpretación de resultados, se dan las propuestas de mejora y por último las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 TITULO DE LA INVESTIGACION

Análisis Y Mejora De La Gestión Del Área De Mantenimiento Mecánico Molienda Procesos C2 De La Planta Concentradora De Cobre De Sociedad Minera Cerro Verde Arequipa Basado En La Filosofía De Mantenimiento Productivo Total

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de una organización, el área de mantenimiento es uno de los pilares más importantes para asegurar que los diversos factores que intervienen (maquinaria, equipos instalaciones, etc.) tengan un servicio óptimo, logrando así la disponibilidad de los equipos, incrementar la productividad, mejorar la calidad del producto o servicio, incremento del bienestar de los trabajadores, entre otros.

Por lo tanto una gestión eficiente de los recursos que maneja esta área, será un gran aporte para el cumplimiento de los objetivos de la organización, de allí el interés de encontrar e implementar las herramientas necesarias para identificar y eliminar los elementos que no aportan valor a los objetivos.

El área de mantenimiento mecánico encargada de dar el soporte a la planta del área de molienda, cuenta con personal, equipos, herramientas e insumos como parte de sus recursos asignados, los que no están exentos de los problemas mencionados, por

lo que se han identificado actividades que generan desperdicios, diversas fallas, falta de operatividad, pérdidas de tiempo impidiendo cumplimiento de sus metas y objetivos y contribuyendo al incremento de los costos dentro del área.

1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

A. Problema general

¿Qué relación existe entre la implementación del TPM y la mejora de la gestión del Área de Mantenimiento Mecánico en el Área de Molienda de la Planta Concentradora de Cobre de SMCV?

B. Problemas específicos

- ¿Cómo los elementos teóricos del TPM sustentan el diagnóstico y proceso de mejora del área de Mantenimiento Mecánico del Área de Molienda de la planta concentradora de cobre?
- ¿De qué manera las paradas de mantenimiento correctivo de las máquinas y equipos, los desperdicios y las actividades repetitivas afectan la productividad del Área de Mantenimiento Mecánico del Área de Molienda de la planta concentradora de cobre?
- ¿Cómo se pueden mejorar las pérdidas y elementos que restan valor al proceso de Mantenimiento Mecánico del Área de Molienda de la planta concentradora de cobre?
- ¿De qué manera la falta de entrenamiento del personal se relaciona con la eficiencia del proceso de Mantenimiento Mecánico del Área de Molienda de la planta concentradora de cobre?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar la Gestión del área de mantenimiento mecánico procesos en el área de Molienda de la planta concentradora de cobre de SMCV utilizando la filosofía de Mantenimiento Productivo Total.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos definidos para el presente trabajo son:

1. Utilizar los conceptos teóricos que apliquen sobre el Mantenimiento Productivo Total como sustento para el diagnóstico y proceso de mejora de la empresa.
2. Realizar el diagnóstico situacional del área de Mantenimiento Mecánico Procesos en el área de Molienda, para identificar los problemas que generen deficiencias, desperdicios o actividades repetitivas en los procesos de las mismas.
3. Plantear la mejora de procesos, basados en el Mantenimiento Productivo Total, con la finalidad de reducir los elementos que no generan valor y eliminar desperdicios.
4. Determinar la necesidad de entrenamiento del personal del Área de mantenimiento mecánico para mejorar la eficiencia del área.

1.5 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

1.5.1 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

- En el área de mantenimiento mecánico existe personal calificado con los conocimientos necesarios para llevar a cabo los diferentes aspectos de la metodología planteada.
- Uno de los elementos básicos para lograr la competitividad de las empresas es la optimización de sus recursos.
- La necesidad creciente de cuidar el bienestar y la salud de los trabajadores.
- La exigencia de mantener equipos en óptimas condiciones de operatividad que aseguren su buen desempeño y aumento de su vida útil.
- La existencia de condiciones favorables dentro de la administración, para la implementación de la filosofía de TPM.

1.5.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

La investigación es importante debido a que con la aplicación de la filosofía de TPM le permitirá minimizar las fallas, desperdicios, reprocesos, paradas, accidentes entre otros y las consecuencias que conlleven, de tal manera que se traduzca en un beneficio económico y social para la organización; generando mayor competitividad y sobre todo asegurar la confiabilidad y operatividad de las máquinas y equipos del área.

1.6 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La investigación se realizó en el Área de Mantenimiento Mecánico Molienda de Procesos de la Planta Concentradora de Cobre de SMCV.

1.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

La investigación y el levantamiento de información se realizaron entre los meses de junio y diciembre del 2017.

1.6.3 DELIMITACIÓN SOCIAL

La investigación comprendió a los trabajadores responsables del Área de Mantenimiento Mecánico Molienda de Procesos de la Planta Concentradora de Cobre.

1.6.4 DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

La investigación abarca los conceptos fundamentales de la filosofía de TPM, para ser aplicados en la mejora de gestión del Área de Mantenimiento Mecánico Molienda de Procesos de la Planta Concentradora de Cobre.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es viable porque se dispone de los recursos humanos, económicos y de información necesarios para llevarla a cabo. Se realizara las coordinaciones con personal administrativo y operativo del área de mantenimiento mecánico, quienes brindaran los datos técnicos de los procedimientos involucrados quienes constituirán una de las fuentes de información para la presente investigación. De otro lado se tiene los fundamentos teóricos sobre la filosofía de TPM que se necesitan para la implementación de la misma.

1.8 HIPOTESIS

Dado que el Mantenimiento Productivo Total busca mantener los equipos disponibles para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, es probable que la aplicación de la Metodología del mantenimiento Productivo Total, permita la mejora de la Gestión del Área de Mantenimiento Mecánico Molienda de Procesos de la Planta Concentradora de Cobre de SMCV alcanzando cifras de eficiencia y eficacia que permitan la optimización de los recursos asignados.

1.9 VARIABLES E INDICADORES

1.9.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

En el caso de la presente investigación se ha determinado como variable independiente el Mantenimiento Productivo Total.

1.9.2 VARIABLE DEPENDIENTE

La variable dependiente para esta investigación es la Gestión del Área de Mantenimiento Mecánico Molienda de Procesos de la Planta Concentradora de Cobre de SMCV.

1.10 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Se presenta a continuación el cuadro de Operacionalización de variables:

VARIABLE INDEPENDIENTE	SUB VARIABLE	INDICADORES
Metodología del Mantenimiento Productivo Total	Preparación	Objetivos y políticas del TPM
		Plan de desarrollo del TPM
	Introducción	Inducción del TPM
	Implantación	Desarrollar un programa de Mantenimiento Planificado
		Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento
		Gestión temprana de equipos
Consolidación	Seguimiento y verificación	
VARIABLE DEPENDIENTE	SUB VARIABLE	INDICADORES
Gestión de Mantenimiento Mecánico	Fiabilidad y mantenibilidad	Frecuencia de fallos
		Tasa de mantenimientos de emergencia
		Tiempo medio de reparaciones (MTTR)
	Eficiencia	Número de paradas por mantenimiento (SMD)
		Tasa de logros del programa de mantenimiento.

Cuadro 1.Operacionalización de las variables

Nota. Elaboración propia adaptado de “Manual de indicadores de mantenimiento” de Gutiérrez, R. (20 de abril del 2016). Recuperado de <https://www.slideshare.net/RichardGutierrezDeza/manual-de-indicadores-de-mantenimiento>

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Dentro de los trabajos e investigaciones previas sobre el tema de uso del TPM como filosofía de mejora consultados mostramos los siguientes:

En la tesis de Tuárez (2013) Diseño de un Sistema de Mejora Continua en una Embotelladora y Comercializadora de Bebidas Gaseosas de la Ciudad de Guayaquil por Medio de la Aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total). Tesis para optar el grado de Magister en Gestión de la Productividad y la Calidad Escuela Superior Politécnica, Ecuador; se plantea el objetivo de aumentar la confiabilidad de los equipos, incrementar la eficiencia de sus líneas de producción, minimizar los desperdicios producto de las fallas e involucrar y comprometer a los trabajadores en los cambios del TPM.

Dentro de los resultados obtenidos se tuvo la mejora de las habilidades de los trabajadores, reducción de tiempos de operación por calibración, reducción de paradas por daño y optimización del mantenimiento preventivo

Para Salas (2012) en su Propuesta De Mejora Del Programa De Mantenimiento Preventivo Actual En Las Etapas De Prehilado E Hilado De Una Fábrica Textil. Tesis para optar el grado de Ingeniero Industrial. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, su principal objetivo es implementar un TPM de tal manera que pueda reducir los costos de producción y optimizar sus recursos, prolongar la vida útil de sus recursos y aumentar la disponibilidad para poder cumplir con sus objetivos

estratégicos. Se pudo evidenciar como resultado una reducción de costos en las horas extras del personal las cuales se eliminaron, una mejora en la vida útil de las maquinarias y un retorno de inversión a 1 año y un beneficio /costo de 1.83 después de la implementación de las 5 "S"

Canales (2017) en su trabajo: Aplicación de TPM para mejorar la productividad de las máquinas en el área de producción de la empresa Pinturas TRICOLOR S.A.C, SJL, 2017. Tesis Para Obtener El Título Profesional De Ingeniero Industrial .Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú plantea dentro de sus objetivos establecer como la aplicación del TPM mejora la producción de las máquinas del área de producción y mejora el uso de los insumos en las máquinas del área de producción en la empresa Pinturas Tricolor SAC. Según el sustento los resultados fueron positivos notándose una mejora en 12.89 la productividad a comparación con el diagnostico, asimismo se evidencio una reducción en el uso de insumos de hasta 1.62 puntos en el estudio.

En el artículo científico titulado Mejora de las perdidas crónicas TPM : Mantenimiento Productivo Total se establece el concepto de pérdidas como «La acumulación de efectos de una serie de pequeños defectos puede afectar de forma importante tanto el normal funcionamiento de los equipos como la calidad de la producción» (Corregter,2000, p.35-41) , es entonces que se debe conseguir condiciones óptimas de fiabilidad utilizando la filosofía del TPM para dicho efecto , la cual es desarrollado a partir de una estructura que permite alcanzar las metas del TPM

El artículo científico titulado Barreras y facilitadores de la implantación del TPM muestra que resulta difícil la implementación de la metodología del TPM y tiene como objetivo principal el aproximarse a dichas dificultades para "confirmar el impacto positivo que su desarrollo tiene en las organizaciones y su amplia utilización en grandes corporaciones, así como la dificultad que presenta la implantación de su modelo de desarrollo"(Marin Garcia & Martinez, 2013, p.823-853)

En la misma dirección del artículo anterior, el trabajo Discussion on key successful factors of TPM in enterprises , también nos plantea las dificultades y sobre todo el tiempo que le lleva a una organización adaptarse a su implementación pero a la vez analiza el gran éxito que a pesar de la dificultad se obtiene por la reducción de costos por perdidas en el proceso de mantenimiento las cuales representan un gran margen de significancia a la hora de plantear las estrategias de la empresa.(Shen,2013,p.425-427)

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 MANTENIMIENTO

Según Berger E., Núñez M., y Yarín A.(2014) en su artículo para la Revista de Investigación de la UNMSM dicen que el mantenimiento puede ser considerado como un elemento base del proceso de calidad de los productos y como estrategia de éxito . Es considerado un sistema paralelo y estrechamente ligado al sistema de producción.

Dentro del mismo artículo estos autores establecen claramente ciertas diferencias entre los dos tipos de sistema : el de producción y el de mantenimiento y dicen que mientras que el de producción tiene como objetivos maximizar las utilidades a través de la satisfacción del mercado, con la más alta calidad y oportunidad, el otro contribuye a alcanzar los objetivos minimizando los tiempos muertos, incrementando la calidad y la productividad así como la eficacia en el cumplimiento oportuno de los pedidos a los clientes.

En ese contexto es necesario alinear los elementos de mejora y aplicarlos bajo una metodología para obtener los resultados de la optimización de recursos dentro del área de mantenimiento

En otro concepto el mantenimiento se define:

El mantenimiento es la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas, puede ser correctivo si las actividades son necesarias debido a que dicha calidad del servicio ya se perdió y preventivo si las actividades se ejecutan para evitar que disminuya la calidad de servicio. (Newbrough , 1998, p.23-49)

2.2.2 ELTPM: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Para Partida (2012) un TPM es sistema en el cual el objetivo es la máxima eficiencia, los operarios se encargan de tareas de mantenimiento y de producción simultáneamente, por lo que para el autor, el operario es responsable de su equipo.

Otra definición dice que:

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de 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. (Silva, 2005, p.13)

También conceptualiza el mantenimiento como:

“TPM es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas. Esto supone:

- Cero averías
- Cero tiempos muertos
- Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos

Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debido a estos equipos” (García, 2011, p.299)

2.2.3 PRINCIPIOS DEL TPM

2.2.3.1 PRINCIPIO PREVENTIVO

En su tesis Rubio (2009) muestra el principio preventivo:

- El fallo de los equipos es una realidad.
- Los equipos pueden ocultar problemas.
- Hay pérdidas de cualquier tipo.
- Los accidentes pueden presentarse.
- Los defectos de calidad están presentes.

2.2.3.2 PRINCIPIO CERO DEFECTOS

En su tesis Rubio (2009) muestra el principio cero defectos:

- Implica: 100 % productos de calidad.
- Las paradas de equipos llevadas a cero
- Cero incidentes y cero accidentes.
- Cero desperdicios: ni en reprocesos, ni en tiempo
- Uso óptimo de las destrezas y recursos.

2.2.3.3 PRINCIPIO PARTICIPACIÓN DE TODOS

Para Rubio (2009) el TPM debe involucrar a todo el personal en la diferentes tareas que se programen asimismo implica que todos tengan una meta común y se cree el concepto de equipo, esta meta es la búsqueda de la mejora de las máquinas.

2.2.4 PILARES DEL TPM

El TPM se sustenta en 8 pilares. Según Marín-García y Martínez (2013) la empresa Niponndenso Co. Ltd, una de las pioneras en el uso del TPM para la mejora en el año 1971 considera 5 pilares:

- Pilar 1: Entrenamiento
- Pilar 2: Mantenimiento Autónomo
- Pilar 3: Mejora Enfocada
- Pilar 4: Mantenimiento Planificado
- Pilar 5: Establecimiento de un programa de gestión inicial del Equipo.

Luego en 1989 crea una versión extendida, como paso adicional en la implementación del TPM, añadiendo otras áreas al sistema de mejora de la eficiencia, considerando así 3 pilares adicionales:

- Pilar 6: Establecimiento de un sistema de mantenimiento de la calidad
- Pilar 7: Establecimiento de un sistema para la mejora de la eficiencia de los departamentos administrativos
- Pilar 8: Establecimiento de un sistema para el control de la Seguridad y Salud, y el Medioambiente

Otros autores como Tokutaro Suzuki en su libro TPM en Industrias en Proceso define las 8 actividades fundamentales del TPM y agrega otras tres a tomarse en cuenta como parte de consolidar el proceso de implementación del TPM. Tokutaro considera las siguientes actividades tradicionales:

- Mejoras orientadas.
- Mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento planificado.
- Formación y adiestramiento.
- Gestión temprana de los equipos.

- Mantenimiento de calidad.
- Actividades de departamentos administrativos y de apoyo.
- Gestión de seguridad y entorno.(Suzuki, 1996, p.12)

Se nombran las siguientes actividades adicionales para cerrar el círculo de TPM:

- Diagnósticos y mantenimiento predictivo
- Gestión del equipo
- Desarrollo de productos y diseño y construcción de equipos .(Suzuki, 1996, p.12)



Figura 1. Pilares del TPM

Nota.Calle J. (2018) recuperado de <https://bsgrupo.com/bs-campus/blog/Los-8-Pilares-del-TPM-1134>

2.2.4.1 MEJORA ENFOCADA

Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan individualmente o con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado individualmente o en equipos interfuncionales, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales. (Álvarez, 2013, p.1)

Para el mismo Álvarez (2013) las pérdidas pueden ser:

A. DE LOS EQUIPOS:

- ✓ Fallas en los equipos principales
 - ✓ Cambios y ajustes no programados
 - ✓ Fallas de equipos auxiliares
 - ✓ Ocio y paradas menores
 - ✓ Reducción de Velocidad
 - ✓ Defectos en el proceso
- Arranque (Álvarez, 2013, p.1)

B. RECURSO HUMANO

- ✓ Gerenciales
 - ✓ Movimientos
 - ✓ Arreglo/ acomodo
 - ✓ Falta de sistemas automáticos
- Seguimiento y corrección (Álvarez, 2013, p.1)

C. PROCESO PRODUCTIVO

- ✓ De los recursos de producción
 - ✓ De los tiempos de carga del equipo
- Paradas programadas (Álvarez, 2013, p.1)

En este aspecto y por lo expuesto anteriormente según Torres (2005) estas pérdidas mencionadas en líneas anteriores se pueden clasificar en pérdidas del equipo, recursos humanos y proceso productivo, sumando entre las tres, 16 pérdidas que se busca eliminar mediante la implementación del TPM.

En cuanto a metodología los círculos PHVA son los preferidos por diversos autores, creando común coincidencia.

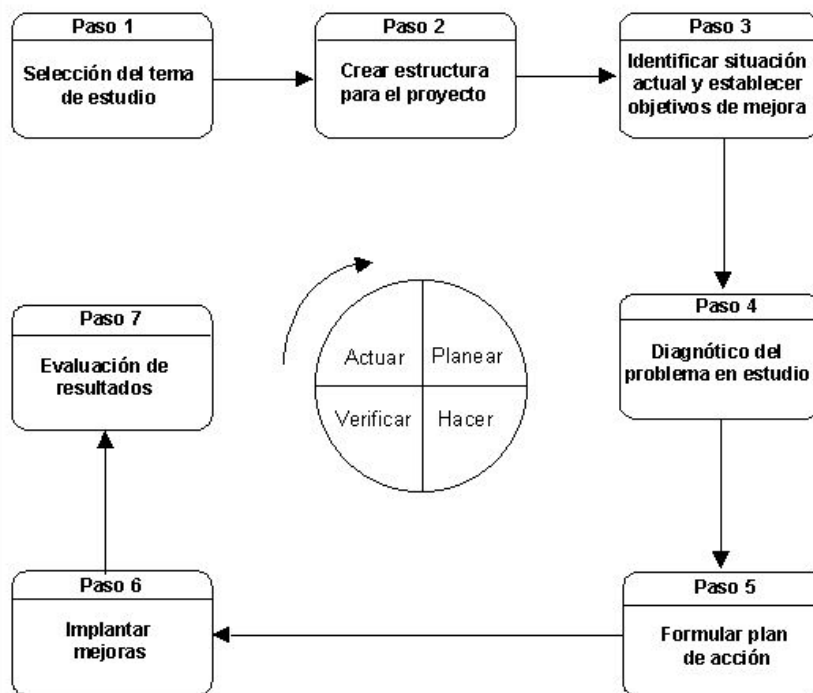


Figura 1. Circulo PHVA

Nota. Recuperado de <http://www.ceroaverias.com/centroTPM/mejorasenfocadas.htm>

2.2.4.2 MANTENIMIENTO AUTONOMO

Según Álvarez (2013) consiste en: “conservar y mejorar el equipo con la participación del usuario u operador, los operadores se hacen cargo del mantenimiento de sus equipos, lo mantienen y desarrollan la capacidad para detectar a tiempo fallas potenciales.” (p.1)

En el mismo artículo, expresa que los objetivos básicos del mantenimiento autónomo son:

- Emplear el equipo como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento.
- Desarrollar nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo.
- Mediante una operación correcta y verificación permanente de acuerdo a los estándares se evite el deterioro del equipo.

- Mejorar el funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador.
- Construir y mantener las condiciones necesarias para que el equipo funcione sin averías y rendimiento pleno.
- Mejorar la seguridad en el trabajo.
- Lograr un total sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador.
- Mejora de la moral en el trabajo. (Alvarez,2013, p.1)

Según Torres (2005) El mantenimiento autónomo puede prevenir:

- Contaminación por agentes externos
- Rupturas de ciertas piezas
- Desplazamientos
- Errores en la manipulación

Adicional también se previene capacitando e instruyendo al operario en:

- Limpiar
- Lubricar
- Revisar (Torres, 2005, p.183)

2.2.4.3 MANTENIMIENTO PLANIFICADO

La idea del mantenimiento planificado 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. Este sistema de etiquetas con formas, colores y números es bastante eficaz ya que al mecánico y al operario le es más fácil ubicar y visualizar la falla. (Torres, 2005, p.183)

2.2.4.4 CAPACITACION Y EDUCACION

Consiste en aumentar las capacidades y habilidades de los empleados. Aquí se define lo que hace cada quien y se realiza mejor cuando los que instruyen sobre lo que se hace y como se hace, son la

misma gente de la empresa, sólo hay que buscar asesoría externa cuando las circunstancias lo requieran. (Torres, 2005, p.183)

2.2.4.5 CONTROL INICIAL

Para Torres (2005) en su artículo Mantenimiento su implementación y Gestión indica que el control inicial tiene como objetivo “reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento. Este control nace después de ya implantado el sistema cuando se adquieren máquinas nuevas”. (p.183)

2.2.4.6 MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD

Se define como tomar acciones preventivas para obtener un proceso y equipo cero defectos. 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.(Torres, 2005, p.183)

2.2.4.7 TPM EN AREAS ADMINISTRATIVAS

El TPM es aplicable a todos los departamentos, en finanzas, en compras, en almacén, para ello es importante es que cada uno haga su trabajo a tiempo En estos departamentos las siglas del TPM toman estos significados:

- ✓ **T:**Total Participación de sus miembros
- ✓ **P:**Productividad (volúmenes de ventas y ordenes por personas)
- ✓ **M:**Mantenimiento de clientes actuales y búsqueda de nuevos”
(Torres, 2005, p.184)

2.2.4.8 SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Citando a Torres (2005) este aspecto sirve para “crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación. Aquí lo importante es buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro”. (p.184)

2.2.5 SEIS GRANDES PERDIDAS DEL TPM

Para poder alcanzar los objetivos que nos plantea el TPM debemos apuntar a metas de cero defectos y cero averías las cuales se pueden conseguir eliminando las seis grandes pérdidas que limitan la eficiencia del equipo, las cuales se muestran en el cuadro 2:

LAS 6 GRANDES PERDIDAS	CATEGORÍA DE PERDIDAS
1. Fallos de equipos 2. Cambios y Preparaciones	Utilización (Disponibilidad)
3. Esperas y paradas menores 4. Reducción de la velocidad de producción	Perdidas velocidad (Ejecución)
5. Rechazos y retrabajos 6. Perdidas al arrancar	Rentabilidad (Calidad)

Cuadro 2. Seis grandes pérdidas

Nota. Las Seis Grandes Pérdidas: Una Nueva Aproximación A Viejos Problemas En La Industria De Proceso. Recuperado de www.aptean.com

2.2.5.1 PÉRDIDAS POR AVERÍAS

De acuerdo a Torres (2005) en Mantenimiento su implementación y Gestión, las averías son anomalías que ocurren en un sistema, de tal manera que sin impedir que funcione el sistema, lo altera para que no funcione de la forma esperada.

Para poder encontrar la solución a estos fallos hay que identificar las causas básicas, y para ello se emplean los diagramas causa-efecto, también llamados espina de pescado o Ishikawa para realizar un análisis completo de los fallos y sus causas.

2.2.5.2 PÉRDIDAS DE PREPARACIÓN Y AJUSTE

Al aparecer procesos de fabricación flexibles, en los que una misma máquina puede producir diferentes productos, las pérdidas asociadas al tiempo requerido para cambiar y ajustar la máquina se hacen evidentes y pueden crear una diferencia al momento de optimizar el tiempo invertido. (Torres, 2005, p.192)

Para Torres la respuesta a este costo viene de Japón a través del método SMED, que reduce el tiempo de cambio de herramientas dotando al proceso de mayor flexibilidad.

2.2.5.3 INACTIVIDAD Y PERDIDAS DE PARADAS MENORES

Son pequeñas paradas interrumpidas por un mal funcionamiento temporal o cuando la máquina está inactiva. Este tipo de problema causa generalmente un efecto sobre la eficiencia del equipo y es común cuando están implicados procesos automatizados con robots y cintas transportadoras. (Torres, 2005, p.193)

2.2.5.4 PÉRDIDAS DE VELOCIDAD REDUCIDA

Son las diferencias entre la velocidad diseñada para el equipo y la velocidad real operativa y el propósito es reducir esa diferencia al máximo. La velocidad inferior a la ideal por diseño se puede presentar por problemas mecánicos y calidad defectuosa, problemas antecedentes, por temor al abusar del equipo o sobrecargarlo. (Shirose, 1991, p.29-33)

2.2.5.5 DEFECTOS DE CALIDAD Y REPETICIÓN DE TRABAJO

Estas pérdidas son causadas por el mal funcionamiento del equipo de producción y se dan por la fabricación de productos defectuosos que obligan a un reproceso. Por lo general los defectos en calidad son problemas crónicos que no son fáciles de detectar, por eso es necesario hacer un estudio a profundidad de conocimiento de la máquina y de la operación que ésta maneja. (Shirose, 1991, p.29-33)

2.2.5.6 PÉRDIDAS DE PUESTA EN MARCHA

Son las pérdidas de rendimiento que se ocasionan durante las fases iniciales de producción desde la puesta en marcha de la máquina hasta su estabilización. El nivel de pérdidas varía con el grado de estabilidad de las condiciones del proceso y depende entre otras cosas del nivel de mantenimiento del equipo, habilidades técnicas del operador, planillas y matrices (Shirose, 1991, p.29-33)

2.2.6 LAS 5 S

Las 5 S en la definición de múltiples autores, es en resumen una metodología dedicada a minimizar el desperdicio, creando áreas limpias y organizadas, incrementando la productividad, la seguridad y quitando todo lo que no agrega valor creando procesos más esbeltos.

Se inició en Toyota en los años 1960 con el objetivo de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral. Aunque las 5S son de origen Japonés, los fonemas inician cada una de las palabras suenen como un S, de ahí el nombre de las 5S. (Carpio, 2013, p.1-4)

2.2.6.1 SEIRI – CLASIFICAR

Esta S nos indica que hay que diferenciar entre los elementos necesarios y los innecesarios, y retirar del lugar de trabajo lo innecesario.

En la opinión de Cura (2012) existen muchas cosas de las que nos rodeamos que en realidad no son útiles y que generan desorden, retrasos y costos a la producción:

Herramientas inservibles, máquinas obsoletas, piezas rotas sobrantes, recipientes vacíos y rotos, bancales de madera, materias primas, productos discontinuados y defectuosos, contenedores, estantes, tarimas, revistas, libros y catálogos obsoletos, basura, artículos que no se requieren en el proceso, oficinas y construcciones inservibles, entre muchos otros (Cura, 2012, p.4)

2.2.6.2 SEITON – ORDENAR

Significa poner las cosas en orden, es decir, disponer en forma ordenada todos los elementos que quedan después del Seiri.

Debemos organizar lo necesario, lo que es sinónimo de estandarizar el almacenamiento de los objetos, lo que permitirá que cualquier persona pueda localizar cualquier elemento en forma rápida, tomarlo, utilizarlo y devolverlo fácilmente a su lugar. Para que todo esto se lleve a cabo con todo éxito, se requieren tres definiciones clave, a saber:

- Qué artículo vamos a almacenar.
- Dónde se ubicará el artículo.
- Cuánto podemos almacenar.

Para concretar esto, cada ítem debe tener un nombre, un espacio y un volumen designados. (Cura, 2012, p.6-7)

2.2.6.3 SEISO – LIMPIAR

En el artículo de Cura (2012) se define como “sinónimo de limpieza permanente del entorno de trabajo, incluidas las máquinas y las herramientas, pisos y paredes, erradicando fuentes de suciedad.”(p.7).

En el mismo artículo cuando:

Un operador limpia una máquina puede descubrir muchos defectos de funcionamiento. Cuando la máquina está cubierta de aceite, y polvo, es difícil identificar cualquier problema que se está originando. Al limpiarla, podemos detectar con facilidad una fuga de aceite, una grieta, tornillos flojos, y solucionar estas situaciones con facilidad. Cuando limpiamos un área es inevitable hacer alguna inspección esto puede evitar grandes problemas en los equipos (Cura, 2012, p.7)

En conclusión podemos decir que el Seiso nos ayuda a mejorar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo del puesto de trabajo.

2.2.6.4 SEIKETSU – ESTANDARIZACIÓN

Es extender hacia las personas continuamente los tres pasos anteriores. En esta etapa se crean estándares que recuerdan que el orden y la limpieza deben mantenerse al día. Para conseguir esto tenemos que hacer lo siguiente:

1. Hacer evidentes las consignas de cantidades mínimas e identificación de zonas.

2. Favorecer una gestión visual (que pueda contarse, valorarse, visualmente).
3. Estandarizar los procedimientos de operación.
4. Formar al personal en estos estándares. (Ferrer, 2017, p.1)

2.2.6.5 SHITSUKE – DISCIPLINA

En esta S se tiene que considerar un elemento que formara parte de un estilo de vida propio producto de la práctica de la 4 S anteriores.

La disciplina nos marca el camino que nos conduce a la formación de los hábitos, es decir, que podamos ejecutar de manera natural ciertas tareas que antes presentaban dificultad. La clave está en la sucesiva repetición de esas tareas, hasta que las ejecutemos de manera inconsciente.” “...Las personas que continuamente practican las Cuatro primeras S, deben adquirir el hábito de hacer estas actividades como parte de su trabajo diario, con autodisciplina, en conformidad con las reglas que se han acordado”. (Cura, 2012, p.10)

2.3 BASES TEORICAS DEL PROCESOS DE MINERALES

2.3.1 CONMINUCION DE MINERALES

Proceso a través del cual se produce una reducción de tamaño de las partículas de mineral, mediante trituración y/o molienda, con el fin de:

- Liberar las especies diseminadas.
- Facilitar el manejo de los sólidos.
- Obtener un material de tamaño apropiado y controlado.”(Apunte Molienda, 2017, p.7)

2.3.1.1 PRINCIPIOS DE LA CONMINUCION

La mayor parte de los minerales son materiales cristalinos que se unen por enlaces químicos o fuerzas físicas y que poseen gran cantidad de defectos en su estructura.

Ante la aplicación de fuerzas de compresión o de tracción, el material debería distribuir de manera uniforme estas fuerzas y fallar una vez se

haya aplicado una fuerza igual o superior a la resistencia de los enlaces que unen a los átomos que constituyen al mineral, sin embargo, este generalmente se fractura a fuerzas mucho menores debido a:

- Los defectos que éste posee.
- Durante el proceso de formación, minado y manejo previo en el mineral se pueden formar grietas.
- El mineral está constituido por especies diseminadas de diferente comportamiento mecánico.

Dependiendo de la forma de aplicación de la carga y de la mecánica de la fractura de las partículas, se obtendrá un mecanismo de falla característico y una distribución granulométrica propia que se muestra en la tabla 3.(Apunte Molienda, 2017, p.7-8).

En el Cuadro 3 se muestra los tipos de carga que se puede aplicar

TIPO DE CARGA APLICADA	MECANISMO DE FRACTURA	DISTRIBUCION DE TAMAÑOS DE PARTICULA
IMPACTO	Estallido por fuerzas de tracción aplicadas a alta velocidad	Homogéneo
COMPRESION	Compresión	Partículas gruesas y algunos finos
FRICCION	Abrasión por esfuerzo cortante superficial	Finos y gruesos

Cuadro 3.Tipo de carga aplicada

Nota. Apunte Molienda. 2017 Recuperado de http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf

2.3.2 MOLIENDA

Según Apunte Molienda (2017) “El área de Molienda es la segunda sección funcional del proceso de concentración de sulfuros de cobre, en esta se desarrollan una serie de procesos y operaciones que permiten acondicionar el mineral para la etapa de flotación...” (p.3)



Figura 2. Molienda en el proceso de concentración de sulfuros

Nota. Apunte Molienda. 2017 Recuperado de http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf

El mineral proveniente de chancado primario es recepcionado y dispuesto en distintos equipos a utilizar como molino SAG, molino de bolas y otros para lograr la liberación del mineral de la ganga, para ser transportado a la siguiente etapa de concentración por flotación. (Apunte Molienda, 201, p.3).

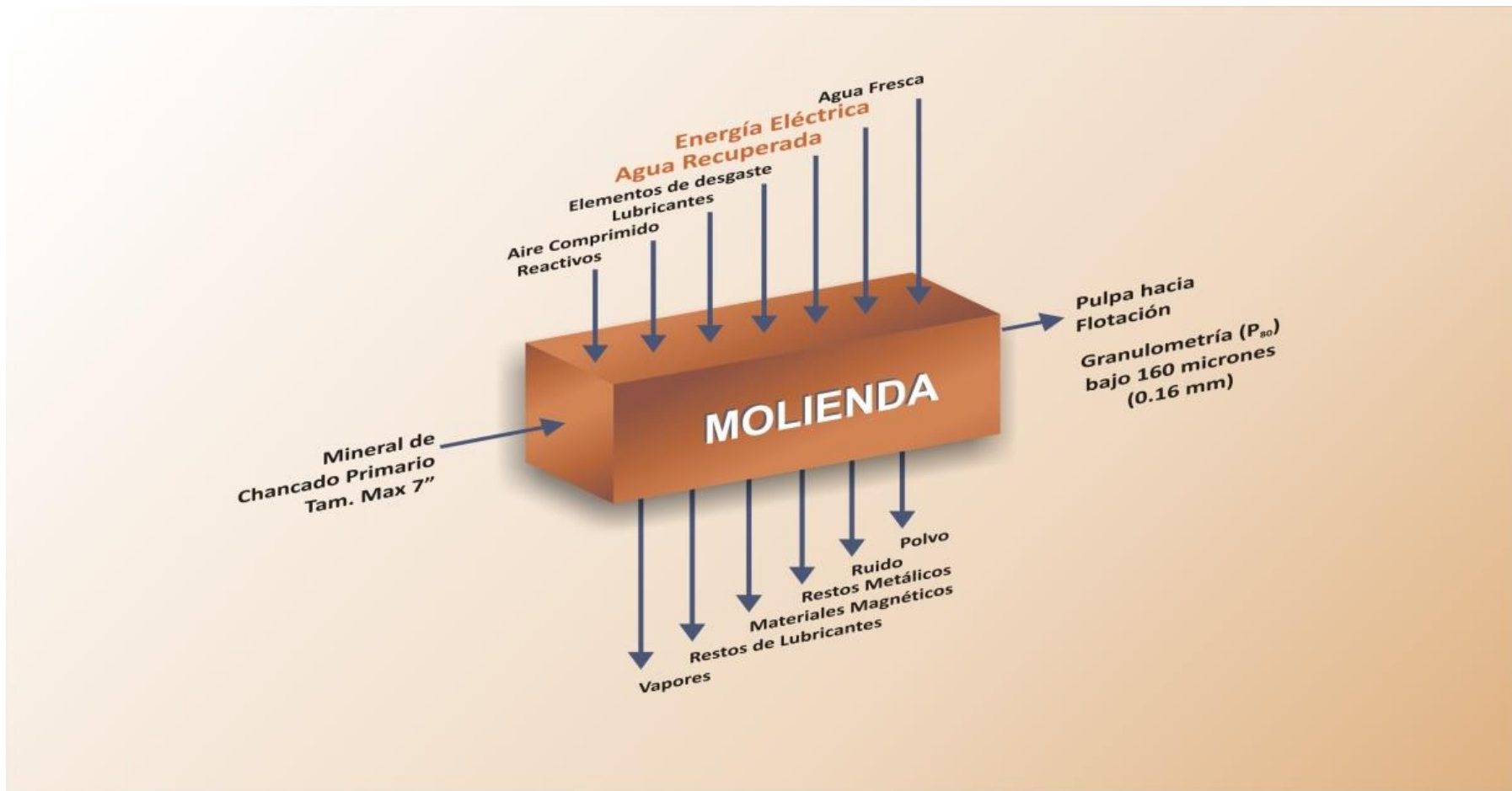


Figura 4. Área de Molienda SMCV

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

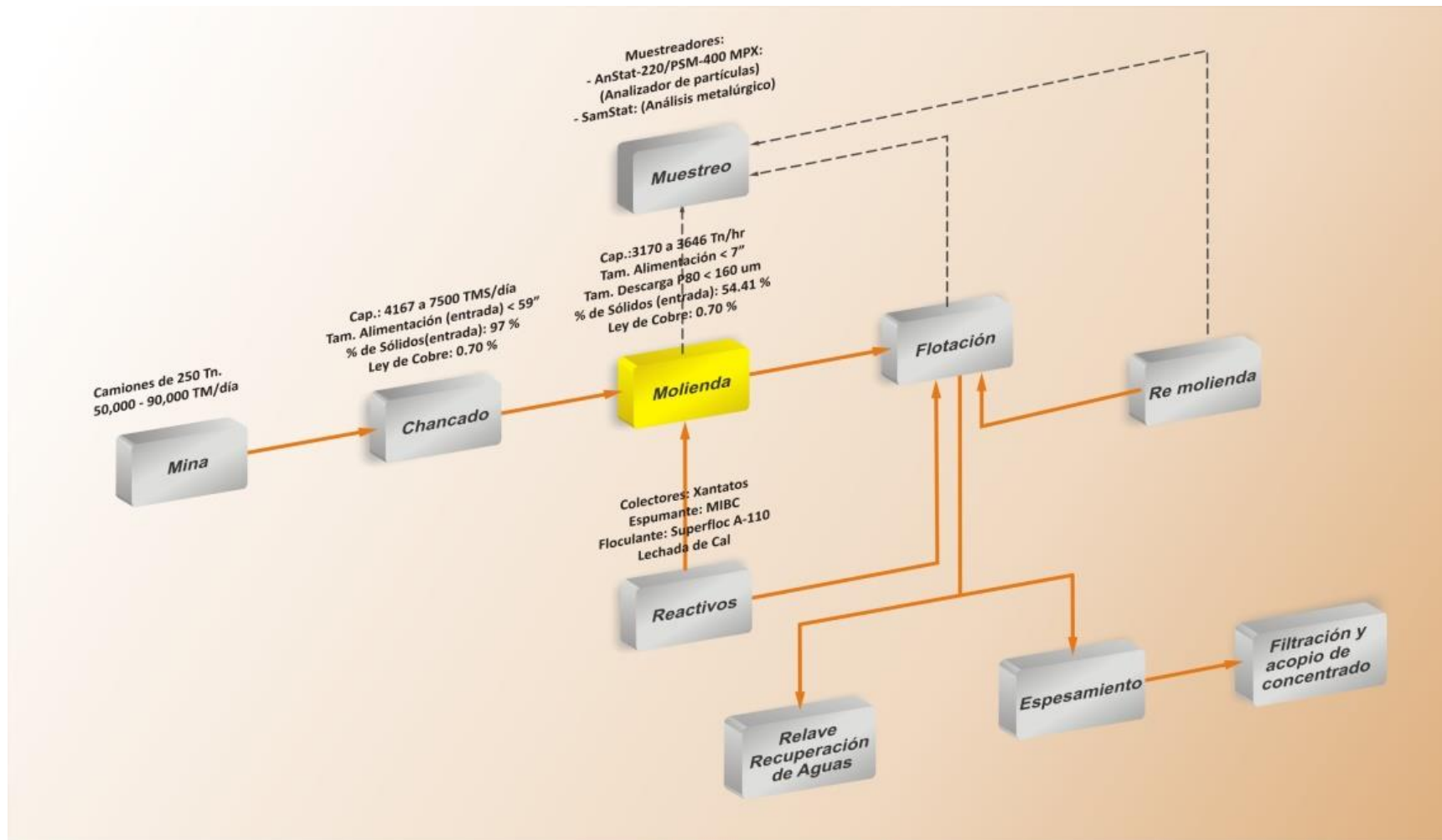


Figura 5. Ubicación del Área de Molienda SMCV

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

En el área de molienda, podemos distinguir los siguientes circuitos:

- Transporte de mineral por faja transportadora
- Clasificación por zarandas húmedas.
- Bomba de Hidrociclones primarios
- Molino de Bolas.
- Clasificación centrífuga por hidrociclones primarios.
- Dosificación de reactivos. (Apunte Molienda, 2017, p.4).

2.3.3 TIPOS DE MOLIENDA

A. MOLIENDA SAG

Dados el tamaño y la forma del molino, estas bolas son lanzadas en caída libre cuando el molino gira, logrando un efecto conjunto de chancado y molienda más efectivo y con menor consumo de energía por lo que, al utilizar este equipo, no se requieren las etapas de chancado secundario ni terciario. (Codelco, 2018, p.1)

La mayor parte del material molido en el SAG va directamente a la etapa siguiente, la flotación, es decir tiene granulometría requerida bajo los 180 micrones, y una pequeña proporción debe ser enviada a un molino de bolas. (Codelco, 2018, p.1)

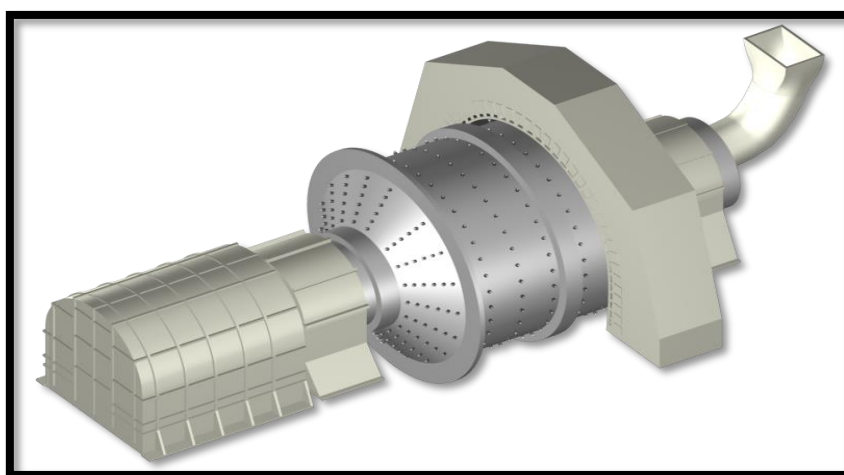


Figura 6. Molino SAG

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

B. MOLIENDA CONVENCIONAL

La molienda convencional se realiza en dos etapas, utilizando molinos de barras y molinos de bolas, respectivamente, aunque en las plantas modernas solo se utiliza el segundo. En ambos molinos el mineral se mezcla con agua para lograr una mezcla homogénea y eficiente. La pulpa obtenida en la molienda es llevada a la etapa siguiente que es flotación. (Codelco, 2018, p.1)

C. MOLIENDA DE BARRAS

Este equipo tiene en su interior las barras de acero de 3.5 pulgadas de diámetro que son elementos de molienda. El molino gira con el material proveniente del chancador terciario, que llega continuamente por una faja transportadora. El material se va moliendo por la acción del movimiento de las barras que se encuentran libres y que caen sobre el mineral. El mineral molido continua el proceso, pasando en línea al molino de bolas.(Codelco, 2018, p.1)

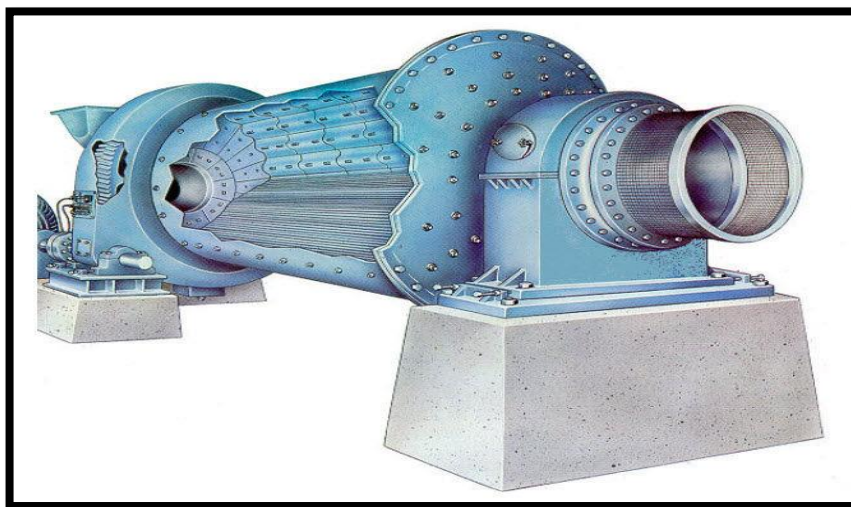


Figura 7. Molino de barras

Nota. Torres A. (2015) Tipos de molinos recuperado de <https://www.emaze.com/@ALCILCCZ/-copy4>

D. MOLINO DE BOLAS

Es un molino de acción periódica que está formado de un casco o shell soldado eléctricamente, con anillos de acero fundido calzados en caliente o soldados de entrada y salida sostenidos por cojines o chumaceras. Este molino funciona girando sobre sus muñones de apoyo a una velocidad determinada para cada tamaño de molino. (Codelco, 2018, p.1)

En calidad de agente de molienda se usa bolas de acero de diferentes diámetros, de distinta dureza y composición siderúrgica. Cuando el molino gira, las bolas junto con el mineral es elevado por las ondulaciones de una chaqueta y suben hasta una altura determinada, de donde caen girando sobre sí y golpeándose entre ellas y contra las chaquetas o revestimiento interiores. Luego vuelven a subir y caer y así sucesivamente. En cada vuelta del molino hay una serie golpes producidos por las bolas, estos golpes son los que van moliendo el mineral.

Normalmente los molinos de bolas trabajan 70% a 78% de sólidos, dependiendo del peso específico del mineral. La cantidad de bolas que se coloca dentro de un molino depende en gran cantidad disponible de energía para mover el molino está en un rango de 40% a 50% generalmente nunca se llega a 50% del volumen.” (Codelco, 2018, p.1)

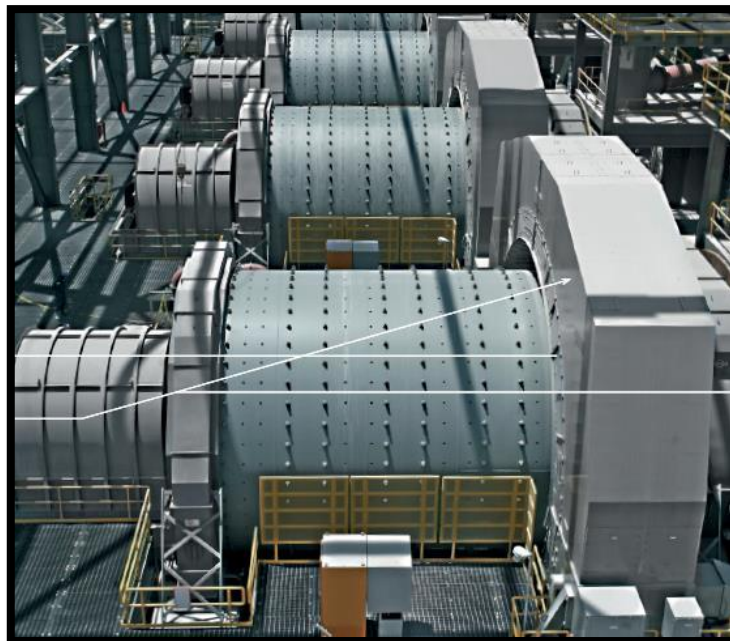


Figura 8. Molino de bolas (Planta concentradora C2)

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

E. MOLINO DE RODILLOS

En el artículo de Apunte Molienda (2017) de la Universidad de Buenos Aires se describe la molienda en estos tipos de rodillos y a su vez el molino de la siguiente manera: Esta máquina consta de tres rodillos moledores grandes, los cuales son mantenidos a presión por medio de cilindros hidráulicos, sobre un mecanismo giratorio con forma de disco sobre el que existe una huella. El material que se quiere reducir se carga a través de una boca de alimentación ubicada al costado de la estructura principal, y cae directamente en las huellas de molido (pistas). Cuando el material es triturado por los rodillos, se va desplazando por fuerza centrífuga, hacia los bordes del sistema giratorio, ubicándose en el perímetro. A la vez, una corriente lateral de gas caliente ingresa a la zona de molido a través de un anillo que la rodea; debido a esto el material triturado es elevado hacia la zona superior de la caja y el que tiene la medida indicada pasa a través de un clasificador hacia una puerta de descarga. El material que tiene una medida mayor, cae nuevamente a la zona de molido y se somete a un proceso de remolienda para obtener la medida adecuada.

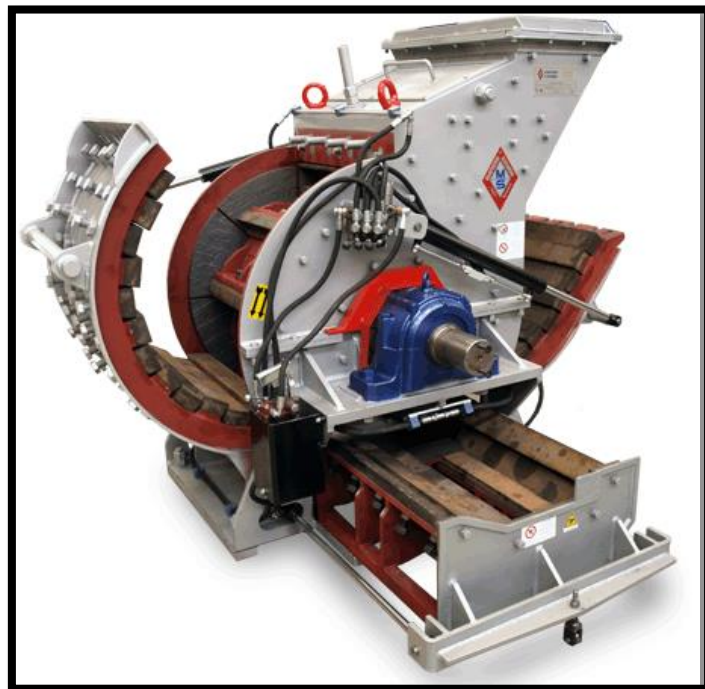


Figura 9. Molino de rodillos

Nota. Apunte Molienda. 2017 Recuperado de http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf

2.4 ELEMENTOS CRITICOS EN LA MOLIENDA

Dentro de los principales elementos que son críticos para la molienda tenemos:

- Velocidad Crítica.
- Relaciones entre los elementos variables de los molinos.
- Tamaño máximo de los elementos moledores.
- Volumen de carga.
- Potencia.
- Tipos de Molienda: húmeda y seca. (Apunte Molienda, 2017, p.4).

2.5 TIPOS DE MOLIENDA

Se pueden moler diferentes materiales, si son secos o suspensiones de sólidos en líquido estamos ante una molienda Húmeda.

En la molienda húmeda el material a moler es mojado en el líquido elevando su humedad, favoreciéndose así el manejo y transporte de pulpas, que podrá ser llevado a cabo por ejemplo con bombas en cañerías” (Apunte Molienda, 2017, p.7).

El otro tipo de molienda es la Seca como la que se aplica en la industria cementera, esta requiere de más equipos para el tratamiento de los polvos y consume mayor potencia.

2.6 CIRCUITOS DE MOLIENDA

2.6.1 CIRCUITOS ABIERTOS

Generalmente los circuitos abiertos funcionan de la siguiente manera: las partículas entregadas por un molino de barras ingresan directamente como alimentación a un molino de bolas, y la descarga de este último se envía a una etapa de concentración. (Apunte Molienda, 2017, p.19).

2.6.2 CIRCUITOS CERRADOS

Según Apunte Molienda (2017) , estos circuitos cuentan con un clasificador que puede distinguir los diferentes tamaños del material dejando pasar los adecuados y regresando los de mayor tamaño al molino garantizando así una dimensión máxima del material, incrementando la producción. La desventaja, de este tipo de circuito es mayor inversión y costo de operación ya que usan transportadores de cinta adicionales.

2.7 COSTO DE PRODUCCIÓN

Para Apunte Molienda (2017) los molinos de Barras y Bolas, son sencillos y de con un periodo de vida útil bastante largo, el consumo de energía, de revestimientos y elementos moledores, representan mayor inversión que la depreciación de la maquina Para el molino de Bolas, se debe considerar el tonelaje de la carga del molino y el diámetro. En el mercado hay estudios sobre el comportamiento de los molinos en minería que han determinado los desgastes de los revestimientos y los elementos moledores teniendo así claro y muy ajustado el costo de la utilización de estas máquinas.

2.8 TENDENCIAS A FUTURO DE LA DESINTEGRACIÓN DE MATERIALES

Según Apunte Molienda (2017) teniendo numerosos estudios y expertos en el mundo de la desintegración de materiales, a tendencia en este campo se podría dar a través de:

1. Máquinas de tamaño y capacidad cada vez mayores
2. Mejora en el mantenimiento; con dispositivos eléctricos, hidráulicos o neumáticos que permitan desmontajes más fáciles y rápidos.
3. Adaptación a aparatos de telemedición y telemando.
4. Incremento en la confiabilidad de las maquinas debido a la mejora en la calidad de los materiales utilizados en las industrias.
5. Desarrollo de investigación en la industria del caucho y de plásticos resistentes para reemplazar las partes metálicas e inclusive revestimientos.
6. Hay en estudio procesos de fragmentación NO mecánica, los cuales aún se encuentran en etapa de experimentación. Estos son:
 - Procesos Electrotérmicos:
 - Procesos Electrohidráulicos.
 - Acción bacteriana
7. Preferencia por los procesos semiautógenos y autógenos, donde se reduce y en algunos casos se elimina el uso de elementos moledores por lo que la función de molienda es hecha por la roca de mayor tamaño.

2.9 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

Mantenimiento.- El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de seguridad integral.(Hung,2008,p.2)

TPM.- Un conjunto integrado de actividades destinadas a maximizar la efectividad del equipo mediante la participación de todos en todos los departamentos en todos los niveles, por lo general a través de actividades en grupos pequeños. TPM por lo general implica la aplicación del sistema 5S, la medición de las seis grandes pérdidas, dando prioridad a los problemas, y la aplicación de la resolución de problemas, con el objetivo de lograr cero averías. (Manufacturingterms, 2016, p.1)

Fallos.- Deterioro o desperfecto en las instalaciones, maquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento (Torres, 2005, p.24)

Confiabilidad.- Probabilidad de no falla del mismo o de alguno de sus componentes en un determinado tiempo (Zegarra, 2016, p.33)

Pérdidas.- Cualquier cosa que agrega costo y tiempo pero no agrega valor (Wyngaard, 2011, p.14)

Minerales.-Un mineral es una materia natural, inorgánica, sólida, cristalina y con una composición química fija o que varía entre límites muy estrechos. (Jimeno, 2005, p.1)

Son los principales constituyentes de las rocas de la corteza terrestre; se trata de sustancias sólidas naturales, y homogéneas de composición química definida, disposición atómica ordenada y fruto de procesos inorgánicos. (Duque, 2017, p.120)

Molienda.- La molienda es una operación de reducción de tamaño de rocas y minerales de manera similar a la trituración. Los productos obtenidos por molienda son más pequeños y de forma más regular que los surgidos de trituración se utiliza en la concentración de minerales ferrosos y no ferrosos, donde se muele la mena previamente extraída de canteras y luego se realiza un proceso de flotación por espumas para hacer flotar los minerales y hundir la ganga y así lograr la separación. (Apunte Molienda, 2017, p.3).

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 METODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACION

Dentro del alcance de la investigación se definió para la presente investigación el uso del enfoque descriptivo no experimental, según Salkind (1998) se describen las características de la situación o fenómeno objeto de estudio

Para Bernal (2010) es frecuente que en la práctica el alcance vaya más allá de un enfoque y en esta ocasión también consideraremos el enfoque explicativo y que tiene como fundamento la prueba de hipótesis y busca que las conclusiones lleven a la formulación o al contraste de leyes o principios científicos. Son aquellas investigaciones en que el investigador se plantea estudiar el porqué de las cosas, hechos, fenómenos y se analizan causas y efectos.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a nuestra investigación, se trata de un estudio donde no se hace variar de forma intencional las variables independientes, por lo que se observa el fenómeno en un ambiente natural para luego diagnosticarlo y analizarlo, coincidiendo de una investigación no experimental.

Ya que los datos que se recolectaran se dan en una línea de tiempo se trata de una investigación no experimental longitudinal.

3.2.1 TIPO DE INVESTIGACION

Según el objeto de estudio que se abordara, se utilizara para la presente investigación la investigación de tipo Aplicativa y de Campo. Según su naturaleza será descriptiva y explicativa.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.3.1 TÉCNICAS

Para profundizar en el conocimiento, se utilizara dentro de la Investigación de campo como técnica de obtención de datos la técnica de la observación.

Esta nos ayudara a hacer un examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio en donde se desenvuelve éste.

Dentro de la técnica de observación usaremos la observación directa participativa ya que el investigador del presente trabajo forma parte de los elementos de estudio.

3.3.2 INSTRUMENTOS

Existen diversas técnicas e instrumentos relacionados con la recolección de datos, para la presente investigación utilizaremos el material existente, incluyendo documentos de la empresa, documentos generados en campo y el registro estadístico oficial.

Se hará un análisis de los documentos, notas de campo, indicadores y registros generados por la organización.

CAPITULO IV

DIAGNOSTICO, RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA

4.1.1 DATOS GENERALES

Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. es una empresa minera ubicada en el distrito de Uchumayo, en la provincia de Arequipa, departamento de Arequipa. La mina ha sido ampliada hacia una tasa de procesamiento de 174.500 toneladas por día.

Las operaciones de la mina Cerro Verde datan del siglo XIX.

En 1916 la empresa Anaconda se convirtió en propietaria extendiéndose hasta 1970 cuando el Estado Peruano se hizo cargo de la mina.

En el año 1994 la compañía estadounidense Cyprus Amax compró la operación e invirtió un capital importante en la propiedad para aumentar y mejorar la productividad. Durante los ocho años posteriores a la privatización la producción de cobre aumento en alrededor de 350% y los costos se redujeron en más de 40%.

Cerro Verde pasó a formar parte de la cartera de explotación minera de la Corporación Phelps Dodge en 1999, tras la compra de Cyprus Amax Minerals Company.

En diciembre del 2006 entró en operación la Concentradora de Sulfuros Primarios, proyecto que demandó una inversión de US\$ 850 millones, con una capacidad de tratamiento de 108,000 TMD de mineral.

En el año 2007, Freeport - McMoRan adquiere la corporación Phelps Dodge. La marca de los cátodos de Cerro Verde fue registrada en la Bolsa de Valores de Shanghai en 2009. En el 2012 y 2013 se aprueba EIAS de expansión de la unidad de producción Cerro Verde.

4.1.2 ACCIONISTAS

La empresa informa de los siguientes accionistas:

Accionistas	Porcentaje (%)
Freeport McMoRan Copper & Gold Inc.	53.56%
SMM Cerro Verde Netherlands B.V	21.00%
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.	19.58%
Por accionistas varios	5.86%

Cuadro 4. Accionariado de SMCV

Nota. Elaboración propia en base a los datos proporcionados por Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

4.1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La mina Cerro Verde se encuentra ubicada a unos 30 km al sur de Arequipa, capital de la provincia del mismo nombre y segunda ciudad más grande e importante del Perú. La ubicación general se muestra en la Figura N° 4.1. Arequipa se ubica a una elevación de alrededor de 2300 msnm y la mina se sitúa a unos 2700 msnm a 16° 30' de latitud sur y 71° 36' de longitud oeste. El área de la mina es un desierto árido con precipitaciones que promedian unos 40 mm por año. Las temperaturas van desde el punto de congelación cuando raramente cae nieve, hasta unas altas de aproximadamente 30°C.

Figura 3: Ubicación geográfica de SMCV



Figura 10. Ubicación geográfica de SMCV

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

4.1.4 DESCRIPCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA CERRO VERDE

La Planta Concentradora de Sociedad Minera Cerro Verde procesa mineral de sulfuro primario proveniente de las minas de cobre y de molibdeno, que en su mayor proporción se encuentra como calcopirita (que contiene aproximadamente 34% de Cu combinado con hierro y con azufre) y molibdenita (que tiene aproximadamente 60% de molibdeno y 40% de azufre) respectivamente.

La Planta tiene una capacidad de procesamiento de diseño de 108,000.00 toneladas por día (t/d), pero actualmente procesa hasta 120,000.00 t/d, las leyes promedios de alimentación son de 0.64% Cu y 0.019% Moly, después de todos las operaciones y procesos efectuados en la planta, se obtiene productos finales

en forma de concentrado de Cu y Mo con leyes promedio de 27%Cu y 54%Mo (siendo la ley esperada prevista del concentrado bulk Cu-Mo es 29.1% Cu y 0.677% Mo, con una recuperación del 91.4% de Cu y una recuperación de 71.6% de Moly). (Manual de Operaciones SMCV, 2018, p.1-2)

4.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

4.2.1 VISIÓN DE LA EMPRESA

Sociedad Minera Cerro Verde ha adoptado la visión de la corporación Freeport McMoran la cual establece que: “ Los objetivos de crecimiento y negocio se logran a través de una fuerza de trabajo altamente motivada, comprometida con la salud, la producción segura y las operaciones no perjudiciales para el medio ambiente. La calidad de vida de nuestros empleados, sus familias y las comunidades aledañas es crítica para el fortalecimiento y el éxito. La producción Segura es el núcleo de todo nuestro negocio y es una condición de empleo.”

4.2.2 MISIÓN

“Sociedad Minera Cerro Verde es una empresa minera peruana líder e innovadora en la producción de cátodos de cobre, concentrado de cobre y molibdeno de alta calidad. Sus actividades agregan valor para el país, las comunidades, trabajadores y contratistas. Está comprometida con la seguridad en sus actividades y el respeto por el medio ambiente. Para cumplir nuestra misión: Invertimos en nuestra gente y nuestras operaciones. Fomentando la colaboración mutua entre nuestra empresa, comunidades, proveedores, contratistas y los clientes.”

4.2.3 ESTRUCTURA ORGANICA DE LA EMPRESA

En el diagrama 1 se presenta el organigrama de Sociedad Minera Cerro verde.

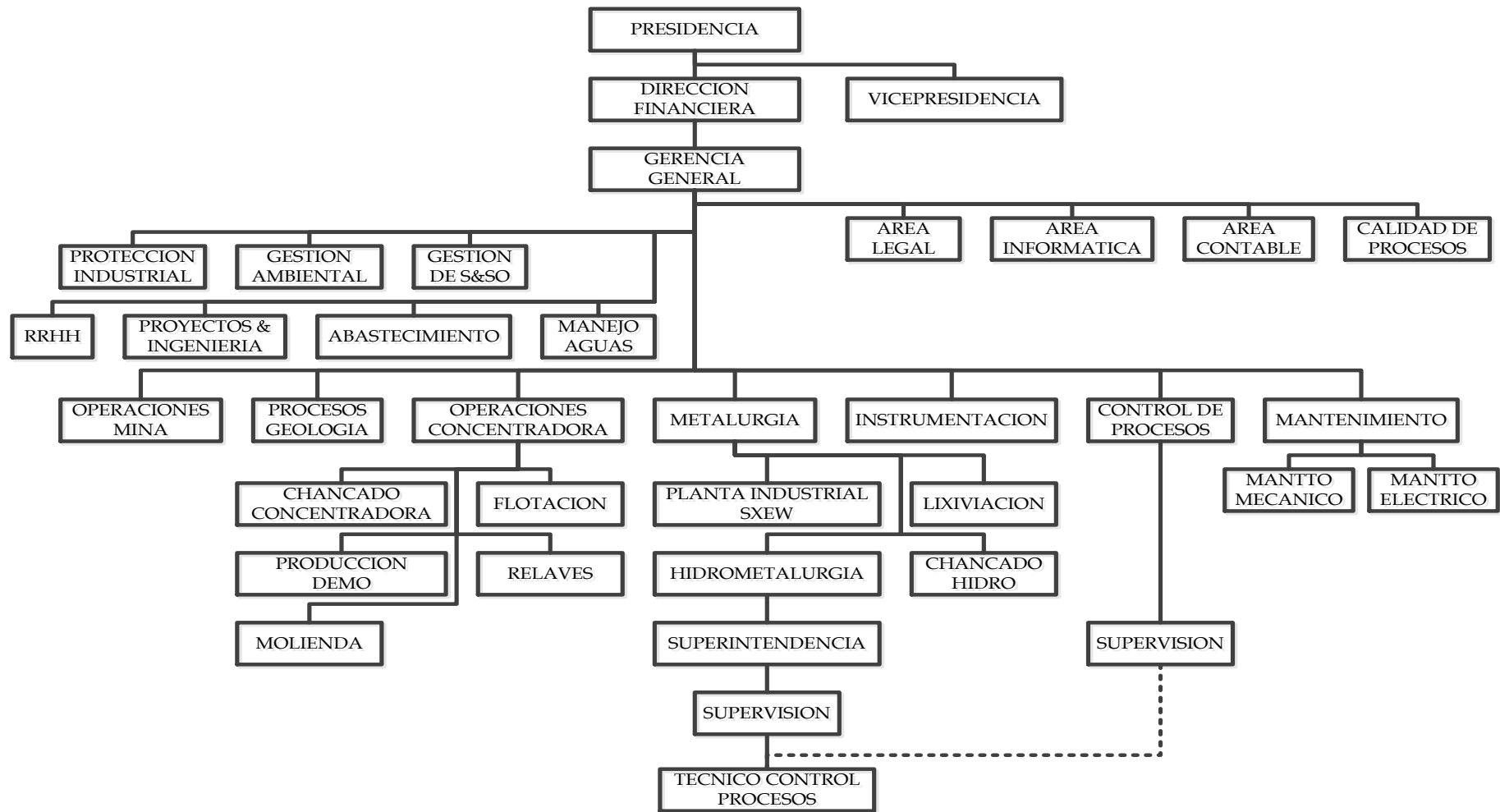


Diagrama 1. Organigrama SMCV

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

4.3 PROCESO PRODUCTIVO

4.3.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE CATODOS SMCV

Las operaciones realizadas para la extracción de material consisten en cuatro etapas importantes:

A. EXTRACCION

La extracción a tajo abierto, se hace cuando una mina presenta una forma regular y el mineral está ubicado en la superficie y el material estéril que lo cubre pueda ser retirado con facilidad. Un tajo se construye con un determinado ángulo de talud, con bancos y bermas en las que se realizan las tronaduras (detonaciones), de donde sale el material que luego será transportado por estas mismas vías.

Las operaciones unitarias realizadas para la extracción de material consisten en cuatro etapas: perforación, voladura, carguío y acarreo, además de las operaciones auxiliares. Los camiones llevan distintos tipos de material a su respectivo destino: desbroce al botadero, mineral de baja ley directamente de la mina (ROM) al pad ROM de lixiviación, y mineral de alta ley al chancado. (Codelco, 2018, p.2)

B. CHANCADO

Etapas en la cual grandes máquinas reducen las rocas a un tamaño uniforme de no más de 1,2 cm. (Codelco, 2018, p.3)

C. MOLIENDA

Grandes molinos continúan reduciendo el material, hasta llegar a unos 0,18 mm, con el que se forma una pulpa con agua y reactivos que es llevada a flotación, en donde se obtiene concentrado de cobre. En esta parte, el proceso del cobre puede tomar dos caminos: el de la fundición y electro-refinación (etapas mostradas en esta infografía), o el de la lixiviación y electro obtención. (Codelco, 2018, p.4)

D. FUNDICION

Para separar del concentrado de cobre otros minerales (fierro, azufre y sílice) e impurezas, este es tratado a elevadas temperaturas en hornos especiales. Aquí se obtiene cobre RAF, el que es moldeado en placas llamadas ánodos, que van a electro refinación. (Codelco, 2018, p.5)

E. LIXIVIACION

Es un proceso hidrometalúrgico, que permite obtener el cobre de los minerales oxidados que lo contienen, aplicando una mezcla de ácido sulfúrico y agua. (Codelco, 2018, p.6)

F. ELECTRO-REFINACION

Los ánodos provenientes de la fundición se llevan a celdas electrolíticas para su refinación. De este proceso se obtienen cátodos de alta pureza o cátodos electrolíticos, de 99,99% de cobre. (Codelco, 2018, p.7)

G. ELECTRO-OBTENCION

Consiste en una electrólisis mediante la cual se recupera el cobre de la solución proveniente de la lixiviación, obteniéndose cátodos de alta pureza. (Codelco, 2018, p.8)

H. DESPACHO

Los cátodos son despachados en trenes o camiones hacia los puertos de embarque y desde ahí, a los principales mercados de compradores.

4.3.2 DIAGRAMA DE BLOQUES

A continuación se presenta el diagrama de bloques del proceso productivo de Cerro Verde

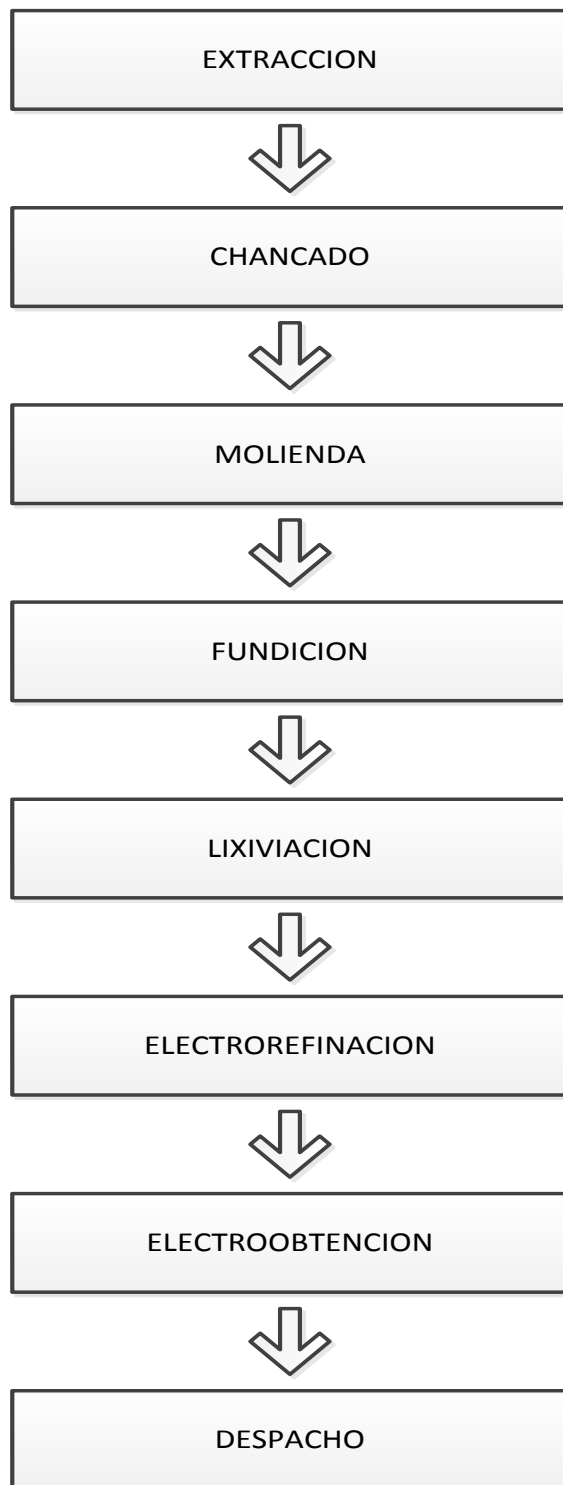


Diagrama 2. Diagrama de Bloques SMCV

Nota. Elaboración propia basado en el Departamento de Producción de Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

4.3.3 DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL AREA DE MOLIENDA

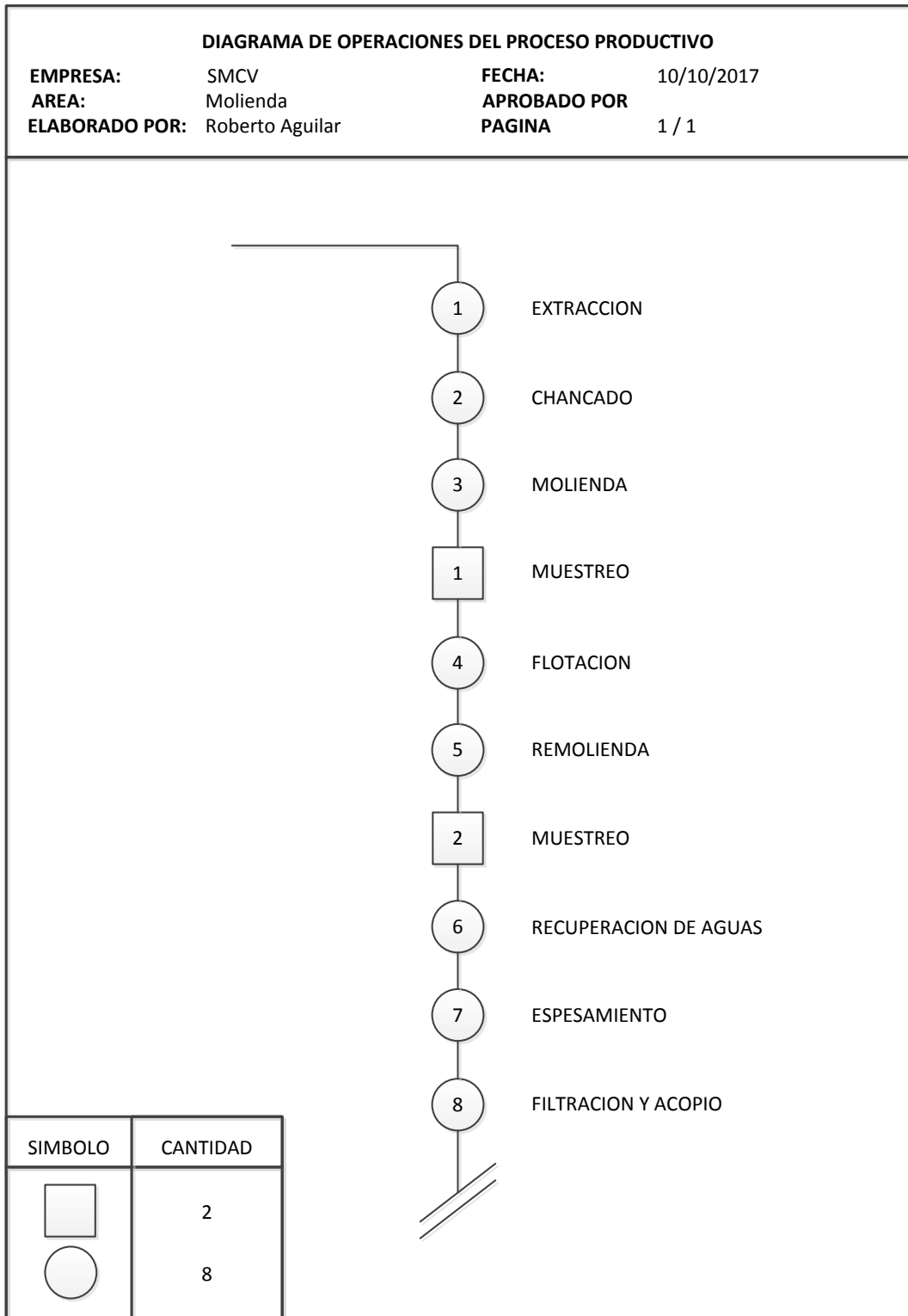


Diagrama 3. Diagrama de operaciones del proceso productivo de SMCV

Nota. Elaboración propia basado en el Diagrama de Bloques de SMCV

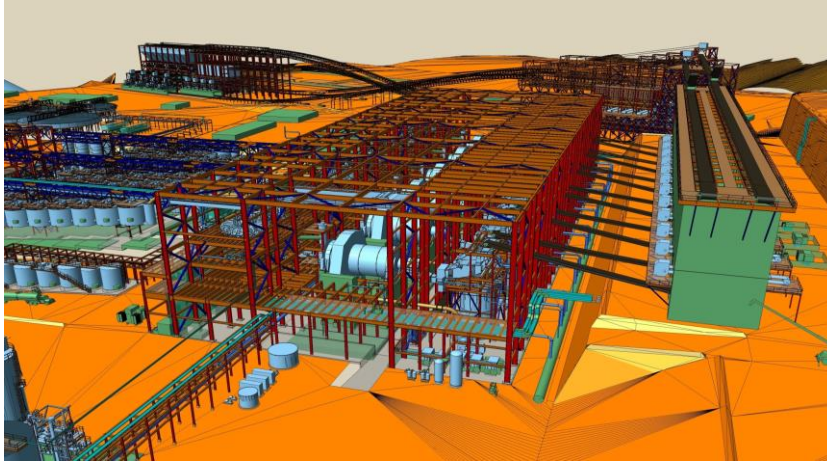


Figura 11. Vista de la planta concentradora (Área seca y húmeda)

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

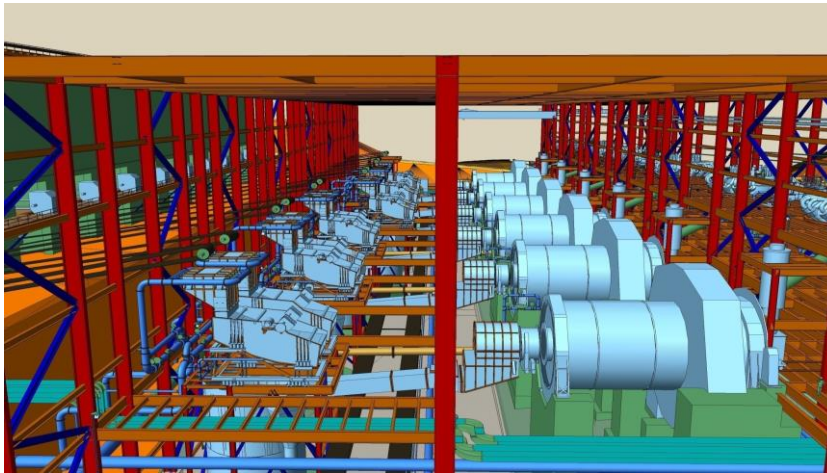


Figura 12. Zarandas húmedas y molinos de bola

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

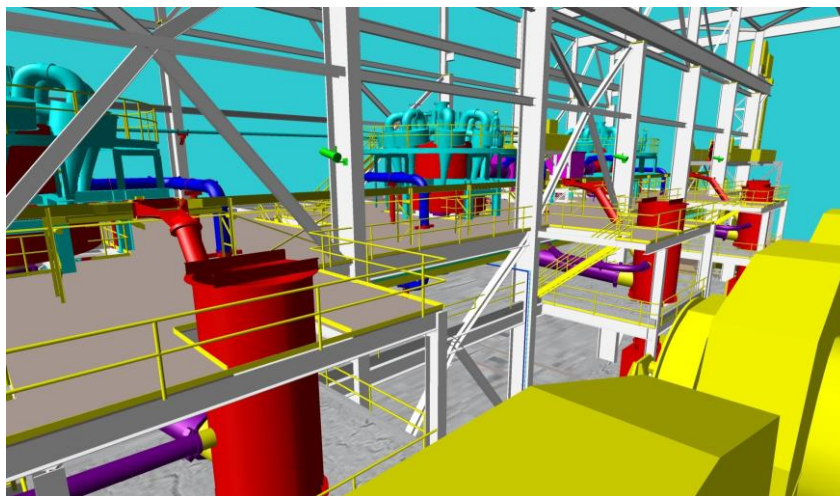


Figura 13. Clasificación centrífuga (Ciclones primarios)

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

4.4 DESCRIPCION DEL AREA DE MANTENIMIENTO

4.4.1 VISION

La visión del área de mantenimiento responde a la visión general de la empresa SMCV. No hay declaración de una visión específica para el área.

4.4.2 MISION

La misión del área de mantenimiento responde a la misión general de la empresa SMCV. No hay declaración de una misión específica para el área

4.4.3 ESTRUCTURA ORGANICA DE MANTENIMIENTO MECANICO C2

En el siguiente diagrama se presenta el organigrama del área de mantenimiento.

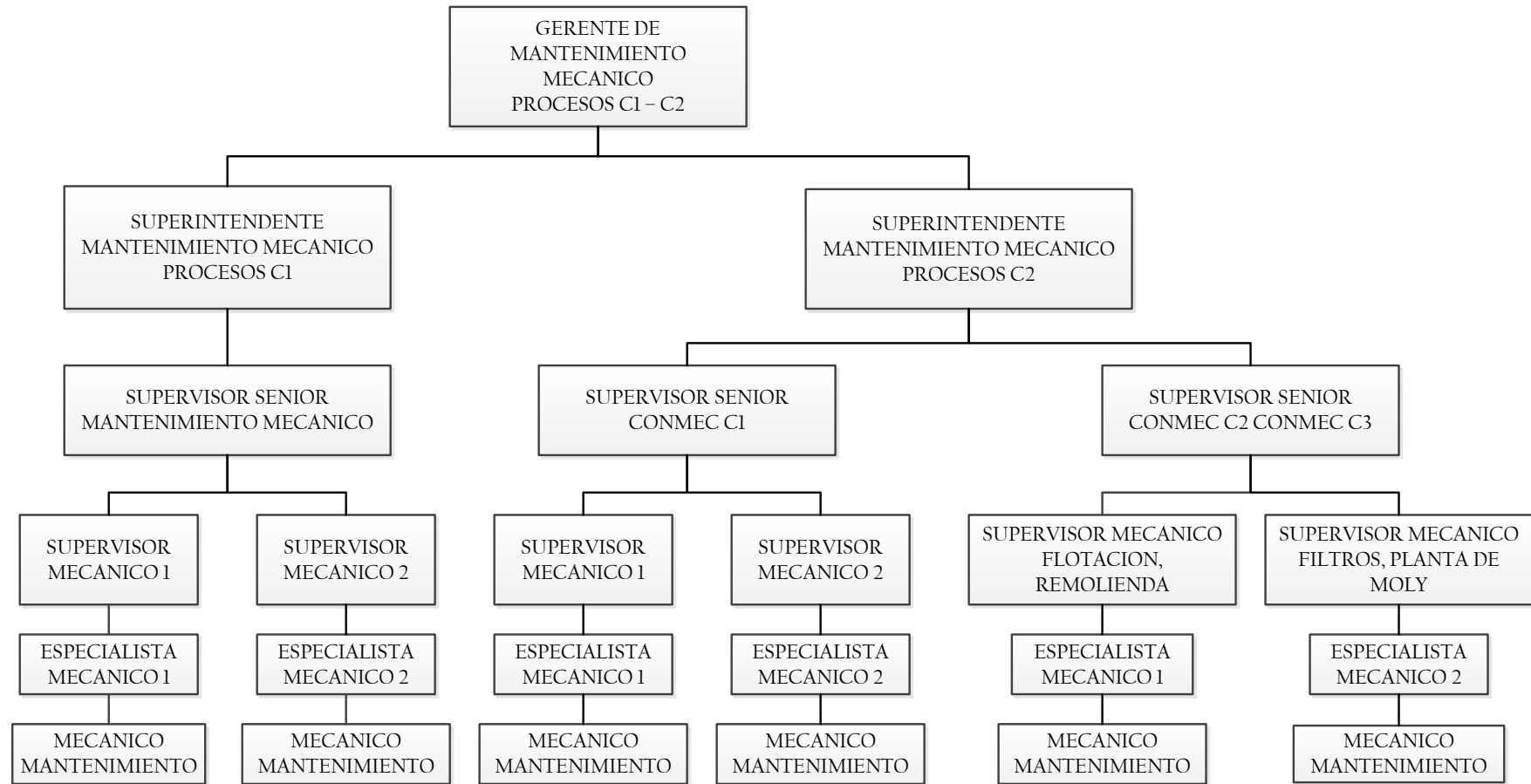


Diagrama 4. Organigrama del área de mantenimiento de SMCV

Nota. Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

4.4.4 PERSONAL

En el siguiente cuadro se presenta el personal que labora en el área de mantenimiento mecánico procesos de la empresa SMCV

ITEM	CANT	CARGO	ROL
1	1	Gerente	Funcionario
2	1	Superintendente	Funcionario
3	1	Supervisor Sénior	Funcionario
4	2	Supervisor	Funcionario
5	4	Especialista	Funcionario
6	1	Asistente	Funcionario
7	2	Becarios	Empleados
8	20	Mecánicos	Empleados

Cuadro 5. Relación de personal del área de mantenimiento

Nota. Elaboración propia basada en información del Área de Mantenimiento de Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

4.4.5 MANUAL DE FUNCIONES

En el cuadro 6 se presenta en forma resumida y concisa, las principales funciones de los trabajadores del área de mantenimiento mecánico procesos:

CANT	CARGO	FUNCIONES
1	Gerente	Encargado de dirigir el mantenimiento mecánico y planificación concentradora C1,C2
1	Superintendente	Encargado de dirigir el mantenimiento mecánico concentradora C2 (molienda, flotación, remolienda, filtros, espesadores, planta de cal y planta moly)
2	Supervisor Sénior	Las funciones se dividen entre los dos Seniors uno encargado de dirigir el mantenimiento mecánico concentradora C2 (molienda, planta de cal, planta de reactivos) y por la otra parte (flotación, remolienda, filtros, espesadores, planta moly)
4	Supervisor	Las funciones se dividen entre los supervisores encargado de dar soporte en el mantenimiento mecánico concentradora C2 (molienda, planta de cal, planta de reactivos) y por la otra parte (flotación, remolienda, filtros, espesadores, planta moly)
6	Especialistas	Las funciones se dividen entre los 6 Especialistas apoyo a la supervisión de campo en el mantenimiento mecánico concentradora C2 (molienda, planta de cal, planta de reactivos) y por la otra parte (flotación, remolienda, filtros, espesadores, planta moly)
1	Asistente	Encargado de asistir ala superintendencia del área
2	Becarios	Brindan apoyo a la supervisión y a los especialistas
20	Mecánicos	Encargados de ejecutar las tareas programadas en el plan semanal.

Cuadro 6. Principales funciones en el área de mantenimiento

Nota. Elaboración propia basada en información del Manual de Funciones del Área de Mantenimiento de Sociedad Minera Cerro Verde (2018)

4.4.6 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

El Área de mantenimiento cuenta con un programa anual el cual es parte del mantenimiento preventivo de las maquinas. En el Anexo 2 se muestra una parte del Programa de Mantenimiento para el año 2018 y 2019.

En la empresa Minera Cerro verde existe un área que se encarga exclusivamente al planeamiento del mantenimiento.

Las máquinas y equipos del área de Molienda de Procesos C2 de la Planta Concentradora de cobre Sociedad Minera Cerro Verde, se controlan mediante un sistema informático, en el cual se detalla el plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y equipos.

En el anexo 3 se detallan la el mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

4.4.7 MAQUINAS Y EQUIPOS

El Área de Molienda de la empresa SMCV cuenta con la siguiente maquinaria y equipos dentro de los considerados en la responsabilidad de Mantenimiento Mecánico Procesos

- Molinos de bolas
- Bombas de ciclones primarios
- Zarandas húmedas
- Hidrociclones primarios
- Puentes grúa
- Compresores
- Analizadores de pulpa

4.4.8 DOCUMENTOS USADOS EN EL AREA DE MANTENIMIENTO

En el anexo 4 se muestran los documentos que se usan como parte del proceso de Mantenimiento de la maquinaria y equipos del área de molienda de la empresa SMCV.

- Formato de análisis de riesgo operación (ARO)
- Formato de Permiso de trabajo seguro (PTS)
- Formato de trabajos de espacio confinado
- Formato de trabajos en caliente

- Formatos de check list de operación de puente grúa, montacargas, manlift, camión grúa, teleboon, thunderbolt, maquina enlainadora y camioneta.

4.5 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Para esta etapa de implementación del TPM utilizaremos las herramientas de identificación de problemas de la ingeniería de métodos.

4.5.1 BRAINSTORMING

Dentro de los problemas existen 2 tipos que se han podido identificar son:

- a) Problemas de gestión
- b) Problemas de los equipos

4.5.1.1 PROBLEMAS DE GESTION

Estos problemas están relacionados directamente con la parte administrativa y planeamiento del área. Dentro de la metodología del brainstorming se pudo identificar los siguientes problemas:

1. Falta implementar procedimiento de uso para controlar la disponibilidad de las herramientas del área
2. Falta de implementar periodo de prueba de nuevos materiales y/o cuando se cambia de proveedor
3. Se tiene problemas cuando se cambia los trabajos de oportunidad por los programados, debido a que la disponibilidad de herramientas y materiales no es inmediata y que la planificación del tiempo y mano de obra es más corta, incrementando la probabilidad que ocurran accidentes debido a la presión por el cumplimiento.
4. Falta implementar un sistema de disponibilidad de información técnica de los equipos (manuales, POE) hacia el personal.
5. No hay un sistema de FEED BACK de las tareas realizadas a todo el personal involucrado.
6. Carencia de un sistema para realizar trabajos previos a las tareas que se vayan a realizar (provisionar materiales, equipos, herramientas y permiso)

7. Existen tiempos muertos en tareas importantes en paradas de planta y/o paradas de línea (Cambio de forros de tapas y de cilindros de molino de bolas).
8. Deficiencia en la coordinación de tareas con el área de planeamiento y chancado.
9. Hay un porcentaje de tareas que no cumplen con las especificaciones de calidad, por lo cual deben ser reprogramadas.

4.5.1.2 PROBLEMAS DE LOS EQUIPOS

Estos problemas están relacionados con el desgaste de los componentes de los equipos, estos causan problemas en las operaciones provocando detención en los equipos, es necesario realizar mejoras cambiar de tipo de materiales, realizar modificaciones (DMI). Dentro de ellos después del análisis se ha identificado los siguientes:

A. MOLINO DE BOLAS

1. Problemas en el sellado de chute de alimentación.
2. Desperdicio de pulpa por ineficiente lavado de chips en la descarga del molino.
3. Problemas para retiro de pernos en revestimientos de lado norte descarga del molino de bolas.
4. Problemas en los bancos de acumuladores de nitrógeno del sistema de lubricación del molino de bolas.

B. ZARANDAS HUMEDAS

1. Desgaste prematuro en revestimiento de Chute oversize de zarandas
2. Desgaste prematuro de cajón acondicionador en alimentación de zarandas.

4.5.2 ANALISIS DE LOS PROBLEMAS SEGÚN EL TIPO DE PERDIDA

En este punto analizaremos cada problema encontrado y lo tipificaremos en la respectiva perdida del TPM que corresponde para aplicar la técnica seleccionada y darle solución:

A. PERDIDAS POR PREPARACION Y AJUSTES

- **Información técnica no disponible:** En varias ocasiones los operarios de mantenimiento no tienen a disponibilidad los manuales técnicos de las maquinas del área de molienda, falta implementar un sistema practico de información técnica de los equipos (manuales, POE) hacia el personal.
- **Mala planificación de trabajos previos:** Hay demoras en el área porque los repuestos no que se compran o no e aprovisionan en su debido momento (materiales, equipos, herramientas, etc)
- **Falta feed back de tareas realizadas:** Falta implementar un sistema de FEED BACK) de las tareas realizadas.

B. PERDIDAS POR INACTIVIDAD O PARADAS MENORES

- **Tiempos muertos en tareas de mantenimiento:** Existen tiempos muertos en tareas importantes en paradas de planta y/o paradas de línea (Cambio de forros de tapas y de cilindros de molino de bolas).
- **Paradas por mala coordinación:** Paradas mal coordinadas con el área de chancado.
- **Cambio de trabajos programados por trabajos de oportunidad:** Se tiene problemas cuando se cambia los trabajos de oportunidad por los programados, debido a que cuando se cambian toma un tiempo para poder implementarse de herramientas y materiales y causa auto presión porque el tiempo para realiza el mismo trabajo se acorta y hay más probabilidad que ocurran accidentes debido a la auto presión.

C. PERDIDAS POR REDUCCION DE VELOCIDAD

- Problemas en el sellado del chute de alimentación, por donde ingresa la caja hacia el molino.
- Problemas para retiro de pernos en revestimientos de lado norte descarga del molino de bolas

- Problemas en los bancos de acumuladores de nitrógeno del sistema de lubricación del molino de bolas
- Desgaste prematuro en revestimiento de Chute oversize de zarandas.
- Desperdicio de pulpa por ineficiente lavado de chips en la descarga del molino

D. PERDIDAS POR CALIDAD Y TRABAJOS REPETITIVOS

- **Reprogramar tareas de mantenimiento mal realizadas:** Cuando se hacen trabajos de emergencia en turnos donde no hay supervisión, en ocasiones son hechos de manera deficiente por lo que se tiene que volver a realizar dicho trabajo.

E. PERDIDAS POR PUESTA EN MARCHA

- **No hay periodo de prueba de nuevos materiales:** Falta de implementar periodo de prueba de nuevos materiales y/o cuando se cambia de proveedor.

4.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.6.1 PILAR MEJORAS ENFOCADAS

4.6.1.1 PERDIDAS POR PREPARACION Y AJUSTES

A. SELECCIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO

- **Información técnica no disponible:** En varias ocasiones los operarios de mantenimiento no tienen a disponibilidad los manuales técnicos de las maquinas del área de molienda, falta implementar un sistema practico de información técnica de los equipos (manuales, POE) hacia el personal.
- **Mala planificación de trabajos previos:** Hay demoras en el área porque los repuestos no que se compran o no e aprovisionan en su debido momento (materiales, equipos, herramientas, etc)
- **Falta feed back de tareas realizadas:** Falta implementar un sistema de FEED BACK) de las tareas realizadas.

B. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El equipo estará formado por los siguientes trabajadores:

- 1 supervisor.

- 2 becarios
- 2 mecánicos

C. IDENTIFICACION Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

Utilizaremos el diagrama del árbol para analizar y diagnosticar cada una de las posibilidades que pueden existir entorno a los problemas encontrados en el pilar de preparación y ajustes.

En el diagrama 5 se presenta el diagrama del árbol para este caso:

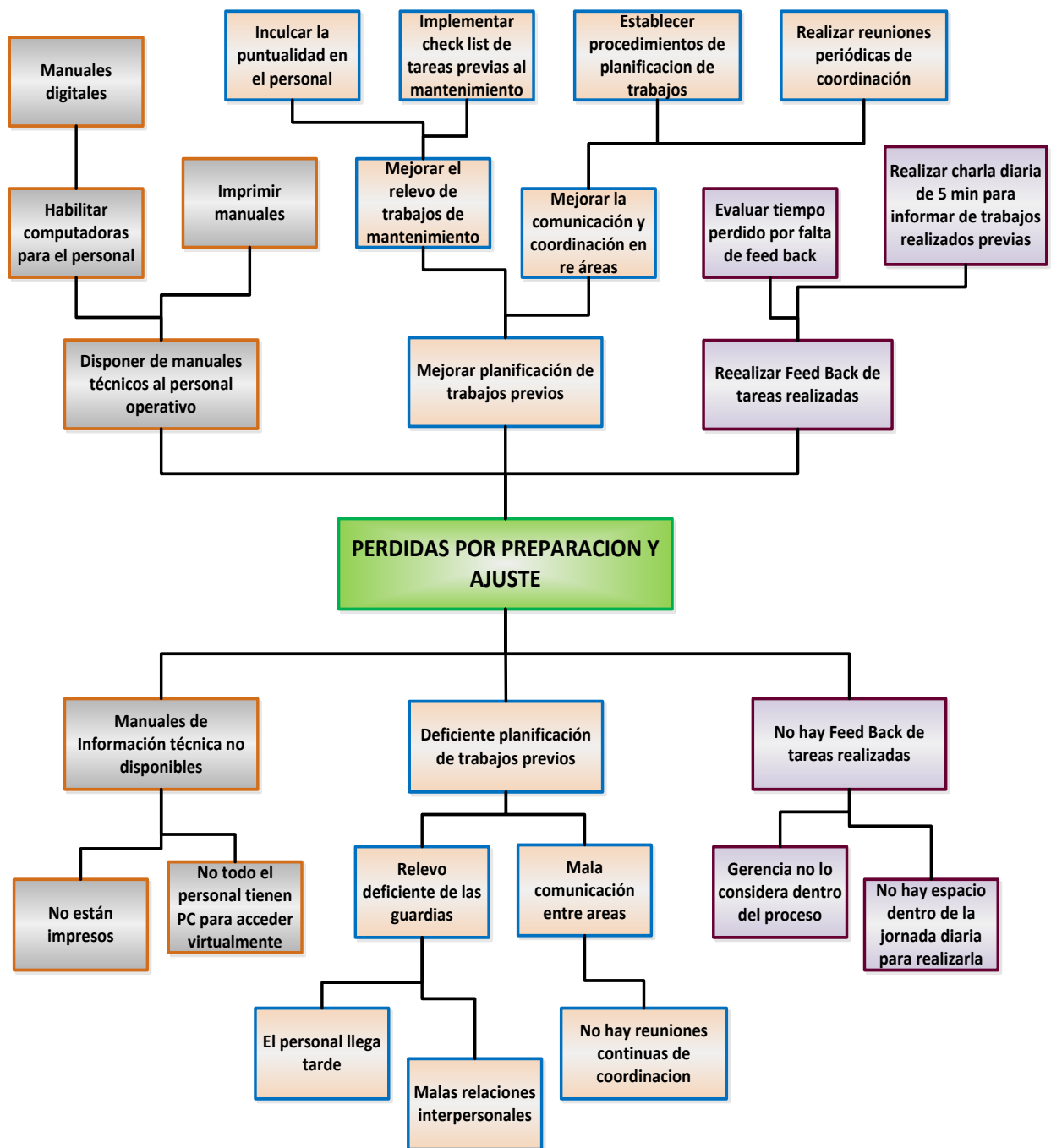


Diagrama 5. Diagrama del Árbol para las pérdidas por preparación y ajuste

Nota. Elaboración propia

D. PROPUESTA DE MEJORAS

Las propuestas de mejora están representadas por las hojas y ramas de la metodología del Diagrama de Árbol.

Información técnica no disponible:

- Para reducir los tiempos de espera por falta de manuales técnicos, se plantea que estos manuales estén disponibles en forma digital a través de la implementación de un terminal de Pc para la parte operativa con códigos por trabajador para controlar el ingreso y uso de los manuales de manera adecuada.
- Se propone también evaluar el que se puedan imprimir y estén disponibles de manera física, bajo responsabilidad de un encargado con su respectivo procedimiento de solicitud para ser usados.

Mala planificación de trabajos previos:

- Inculcar al personal la puntualidad a la hora de sus relevos, para que estos sean más completos y con la trasmisión de toda la información necesaria. Esto se realizara a través de la sensibilización por medio de charlas y la premiación de reconocimiento del más puntual del área.
- Se realizaran e implementaran check list de las áreas previas a la realización de un trabajo de mantenimiento.
- Implementar manuales de procedimientos para la realización de trabajos previos.
- Realizar reuniones con otras áreas para la coordinación sobre los trabajos de mantenimiento a través de la programación de las mismas dentro del trabajo diario por espacio de 15 minutos donde se coordinaran todos los trabajos y las necesidades para la ejecución de los mismos.

Falta feed back de tareas realizadas:

- Realizar charlas internas diarias del área de mantenimiento de 5 minutos para informar y dar indicaciones sobre los trabajos previos que se deben realizar y los ya realizados con los aspectos importantes de los mismos.

- Hacer un análisis del tiempo perdido por falta de feed back vs el tiempo de reunión para demostrar a Gerencia la relación costo / beneficio de las reuniones

4.6.1.2 PERDIDAS POR INACTIVIDAD O PARADAS MENORES

A. SELECCIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO

- **Tiempos muertos en tareas de mantenimiento:** Existen tiempos muertos en tareas importantes en paradas de planta y/o paradas de línea (Cambio de forros de tapas y de cilindros de molino de bolas).
- **Paradas por mala coordinación:** Paradas mal coordinadas con el área de chancado.
- **Cambio de trabajos programados por trabajos de oportunidad:** Se tiene problemas cuando se cambia los trabajos de oportunidad por los programados, debido a que cuando se cambian toma un tiempo para poder implementarse de herramientas y materiales y causa auto presión porque el tiempo para realiza el mismo trabajo se acorta y hay más probabilidad que ocurran accidentes debido a la auto presión.

B. ORGANIZAR EL EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo estará formado por

- 1 supervisor
- 1 asistente
- 1 becario
- 2 mecánicos

C. IDENTIFICACION Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

Se usara el Diagrama Causa Efecto o Ishikawa para la identificación de la causa básica de los problemas presentados en el área de mantenimiento.

En el diagrama 6, 7 y 8 se presentan los Diagramas Causa efecto o Ishikawa.

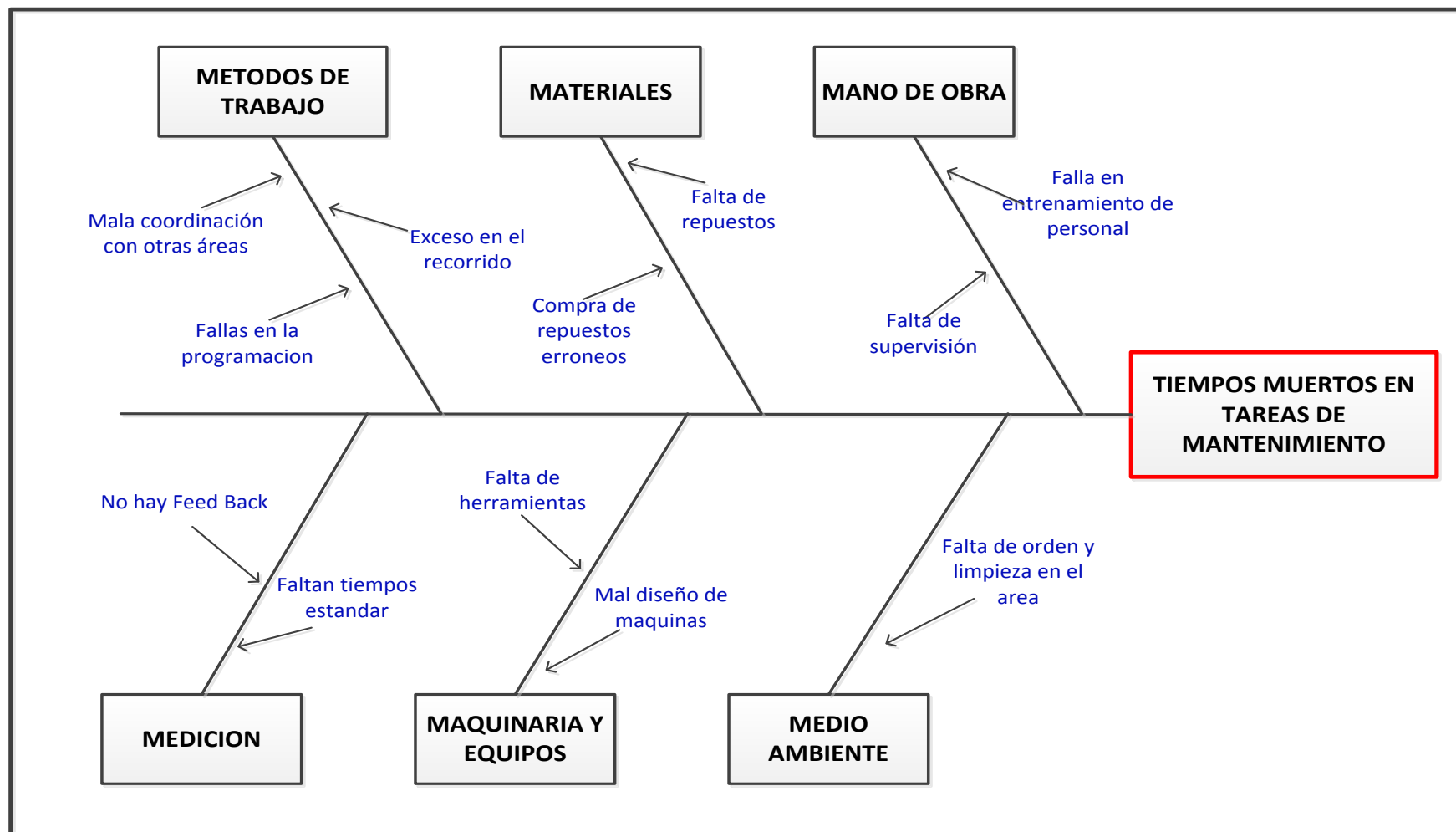


Diagrama6. Diagrama de Ishikawa para tiempos muertos en tareas de mantenimiento

Nota. Elaboración propia

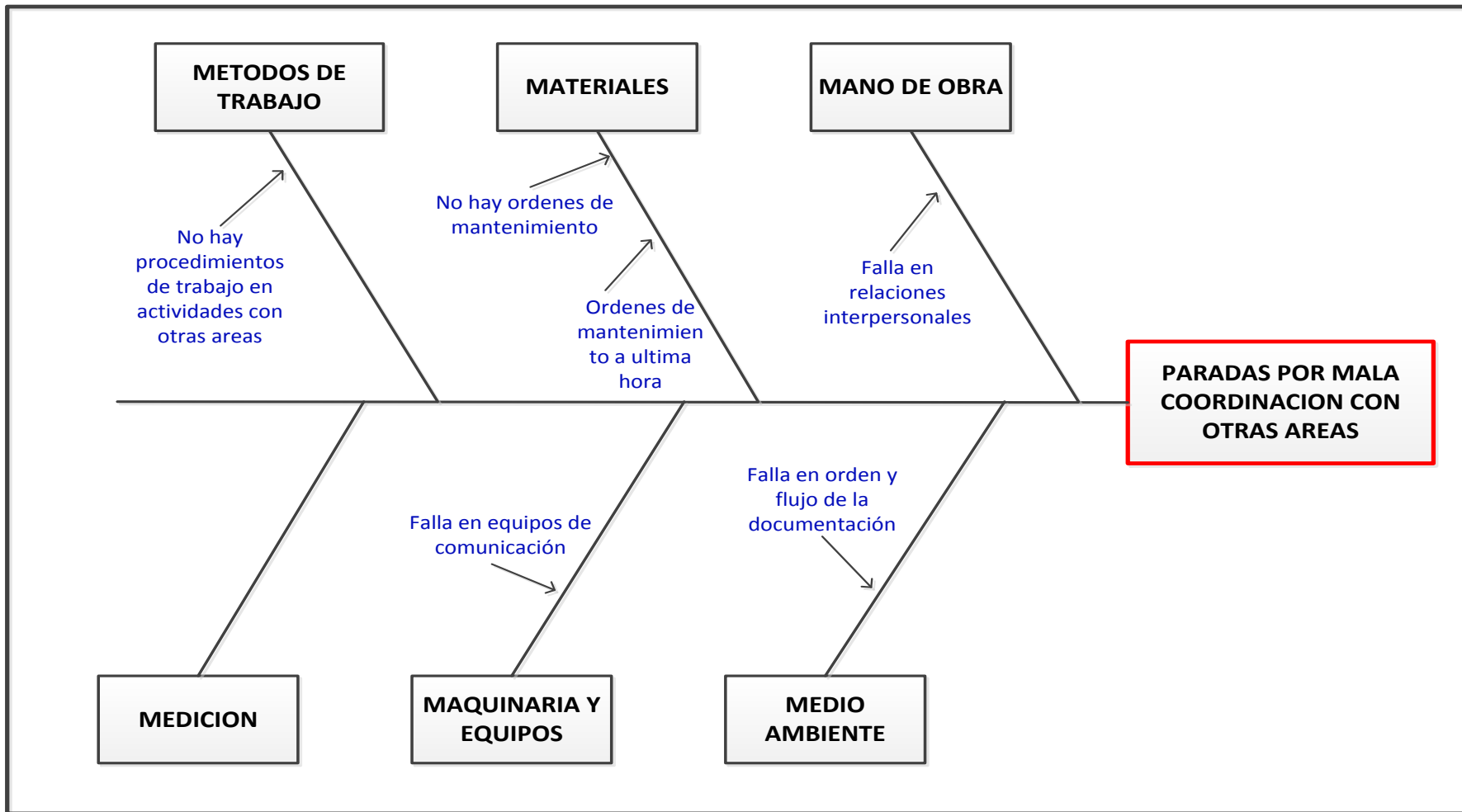


Diagrama 7. Diagrama de Ishikawa para paradas por mala coordinación

Nota. Elaboración propia

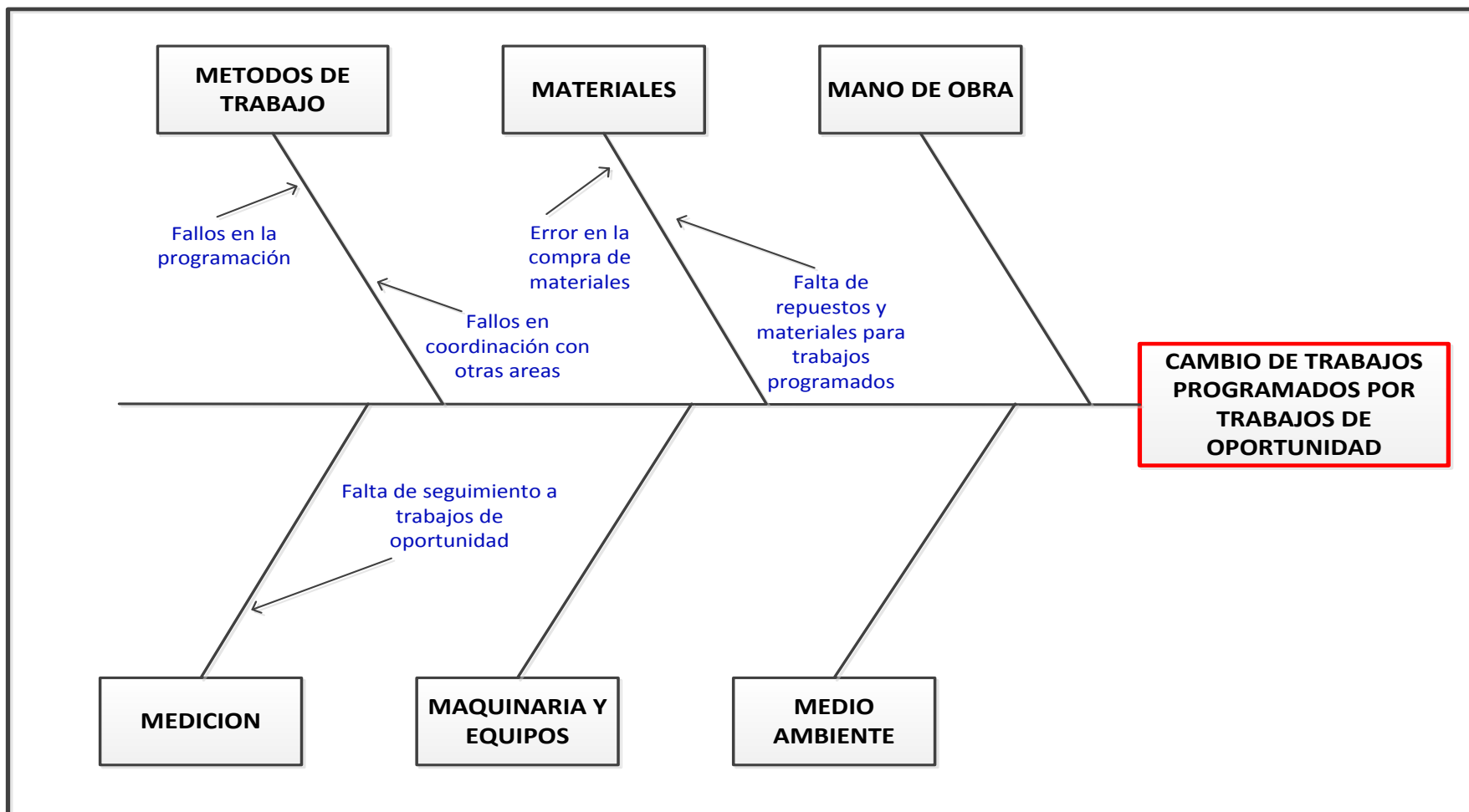


Diagrama 8. Diagrama de Ishikawa para trabajos de oportunidad por trabajos programados

Nota. Elaboración propia

D. PROPUESTA DE MEJORAS

Después de realizado el análisis de los diagramas de Ishikawa y de las causas básicas que generan el problema principal se plantea las mejoras

Tiempos muertos en tareas de mantenimiento:

- Programa de Entrenamiento
- Supervisor en turno noche
- Incluir en el procedimiento de compras del área Logística la revisión previa del área de mantenimiento antes de la aceptación del producto.
- Coordinación con el área de logística para que negocie tiempos de entrega con proveedores
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos de las tareas de mantenimiento según programación.
- Elaborar el bosquejo con la propuesta en el cambio de diseño de las piezas identificadas con este defecto y presentarlo al proveedor para coordinar su fabricación y corrección.
- Implementación de las 5 "S".

Paradas por mala coordinación:

- Talleres de motivación y comportamiento organizacional para la mejora de relaciones interpersonales.
- Crear un procedimiento de trabajo para actividades con otras áreas
- Implementar un check list de mantenimiento de los equipos de comunicación.

Cambio de trabajos programados por trabajos de oportunidad:

- Hacer un seguimiento, registro y análisis estadístico de los trabajos de oportunidad de tal manera que se pueda identificar si son repetitivos para poder asignarlos dentro del programa de mantenimiento

4.6.1.3 PERDIDAS POR REDUCCION DE VELOCIDAD

A. SELECCIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO

- **Sellado de chute de alimentación**, Mejorar el sellado del chute de alimentación, por donde ingresa la caja hacia el molino.
- **Retiro de pernos de revestimiento**, mejorar el sistema para retirar los pernos de los revestimientos de lado norte del molino de bolas.
- **Bancos de acumuladores de Nitrógeno**, solucionar los problemas en los bancos de acumuladores de nitrógeno del sistema de lubricación del molino de bolas
- **Desgaste del revestimiento de chute**, disminuir la velocidad de desgaste del revestimiento de Chute oversize de zarandas.
- **Desperdicio de pulpa**, por ineficiente lavado de chips en la descarga del molino.

B. ORGANIZAR EL EQUIPO DE TRABAJO

Para el desarrollo de este pilar y poder implementar las mejoras se formara un equipo multidisciplinario formado por los siguientes trabajadores:

- 1 supervisor senior
- 2 especialistas.
- 2 becarios
- 8 mecánicos.

C. IDENTIFICACION Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

Para este análisis se utilizara la técnica de los ¿Por qué? Esta técnica consiste en preguntar ¿Por qué está pasando esto? Y continuar preguntando lo mismo hasta al menos en cinco oportunidades; con ello llegaremos hasta el fondo del problema. En el Cuadro 6 se presenta la técnica de los Porque.

PROBLEMA	POR QUE (1)	POR QUE (2)	POR QUE (3)	POR QUE (4)	POR QUE (5)
Sellado del chute de alimentación	Fuga de carga por sello sandwich y spool de chute de alimentación del molino	La fuga de carga se debe a la vibración generada por la excentricidad del chute con relación al molino	La excentricidad se debe a que el chute se encuentra desalineado o verticalmente con respecto al molino	No es posible levantar porque no hay holgura la longitud del spool	
Retiro de pernos del revestimiento de tapa de descarga de molino de bolas	Problema para retirar pernos de revestimiento de tapa descarga lado interno	No existe suficiente espacio para instalar el equipo hidráulico botapernos (Thunder Bolt)	La falta de espacio se debe a un equipo instalado en la descarga de los molinos de bolas Llamado (Tromel Magnetico)	En el diseño e instalación del Tromel Magnético no considero el espacio suficiente	Falla en el diseño
PROBLEMA	POR QUE (1)	POR QUE (2)	POR QUE (3)	POR QUE (4)	POR QUE (5)

Acumuladores del Nitrógeno	Presenta fugas externas e internas en los acumuladores de Nitrógeno de las salas de lubricación de los molinos	No existe un programa de inspección de fugas de Nitrógeno	Como es un equipo crítico las intervenciones solo se realizan con equipo parado	Existe un problema para identificar el acumulador que tiene fuga	Existe un falla en el diseño en el banco de acumuladores de sistema de lubricación de molinos
Desgaste del revestimiento de chute oversize zarandas húmedas	Demasiada altura la carga inside con mayor velocidad e impacto sobre los liners ocasionando desgaste prematuro.	También se observa que la carga no está bien direccionada hacia el conveyor.	Además no cuenta con plataformas y/o camas de impacto para la disminución la velocidad e impacto del material.	Estos detalles no se consideraron en el diseño	
Desperdicio de pulpa por ineficiente lavado de chips en descarga de molino	El sistema no es eficiente	La canaleta que tiene la pared inferior no cuenta con malla para dejar pasar la pulpa del concentrado	Existe baja presión de agua de lavado de chips	A pasar los chips por la canaleta, estos pasan con pulpa	

Cuadro 7. Técnica del Por Que para perdidas por reducción de velocidad

Nota. Elaboración propia

D. PROPUESTA DE MEJORAS

Para eliminar los problemas encontrados que afectan a la productividad del área de mantenimiento, se presenta el plan de acción. En el cuadro 7 se presenta las mejoras propuestas.

PROBLEMA	PROPUESTA DE MEJORA	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA FIN	OBSERVACION
Sellado del chute de alimentación	<p>Alinear la concentricidad del chute con relación al molino.</p> <p>Cambiar spool superior metálico por spool de caucho de dureza 60 shore.</p> <p>Aumentar la presión de agua de sellado.</p> <p>Reforzar la estructura del chute para disminuir la vibración.</p>	Supervisor del equipo de trabajo	1/08/2017	15/08/2017	<p>Coordinar con Logística</p> <p>Personal externo</p>

<p>Retiro de pernos del revestimiento de tapa de descarga de molino de bolas</p>	<p>Comprar botador hidráulico de acuerdo a las dimensiones del espacio.</p> <p>Instalar plataformas regulables en lado alimentación y descarga</p>	<p>Supervisor del equipo de trabajo</p>	<p>15/07/2017</p>	<p>30/08/2017</p>	<p>Coordinar con Logística</p>
<p>Diseño inadecuado distribución en serie de acumuladores del nitrógeno</p>	<p>Rediseñar la distribución con válvulas y manómetros independientes en cada acumulador de nitrógeno</p>	<p>Supervisor del equipo de trabajo</p>	<p>20/07/2017</p>	<p>25/08/2017</p>	<p>Personal interno</p>
<p>Desgaste del revestimiento de chute oversize zarandas húmedas</p>	<p>Instalación de mesas para disminución de la velocidad de la carga y disminución de la abrasión e impacto.</p> <p>Direccionamiento de la carga con paneles a 45 grados en las últimas filas del deck</p>	<p>Supervisor del equipo de trabajo</p>	<p>10/08/2017</p>	<p>25/08/2017</p>	<p>Personal externo</p>

	superior e inferior de zaranda				
Desperdicio de pulpa en descarga de molinos	.	Supervisor del equipo de trabajo	10/08/201 7	25/08/201 7	Personal externo

Cuadro 8. Mejoras propuestas para perdidas por reducción de velocidad

Nota. Elaboración propia

4.6.2 PILAR CAPACITACION Y EDUCACION

4.6.2.1 PERDIDAS POR CALIDAD Y TRABAJOS REPETITIVOS

A. SELECCIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO

Reprogramar tareas de mantenimiento mal realizadas:

Cuando se hacen trabajos de emergencia en turnos donde no hay supervisión, en ocasiones son hechos de manera deficiente por lo que se tiene que volver a realizar dicho trabajo.

B. ORGANIZAR EL EQUIPO DE TRABAJO

Para el desarrollo de este pilar y poder implementar las mejoras se formara un equipo multidisciplinario formado por los siguientes trabajadores:

- 1 supervisor.
- 1 especialistas.
- 1 mecánicos.

C. IDENTIFICACION Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

Se diseñó una matriz de conocimientos (anexo 5) en la cual se evalúan los conocimientos técnicos y operativos de todo el personal involucrado en el área de mantenimiento. De esta

manera se pueden detectar deficiencias y poder corregirlas de manera eficiente.

El resultado de la evaluación se presenta en el siguiente gráfico:

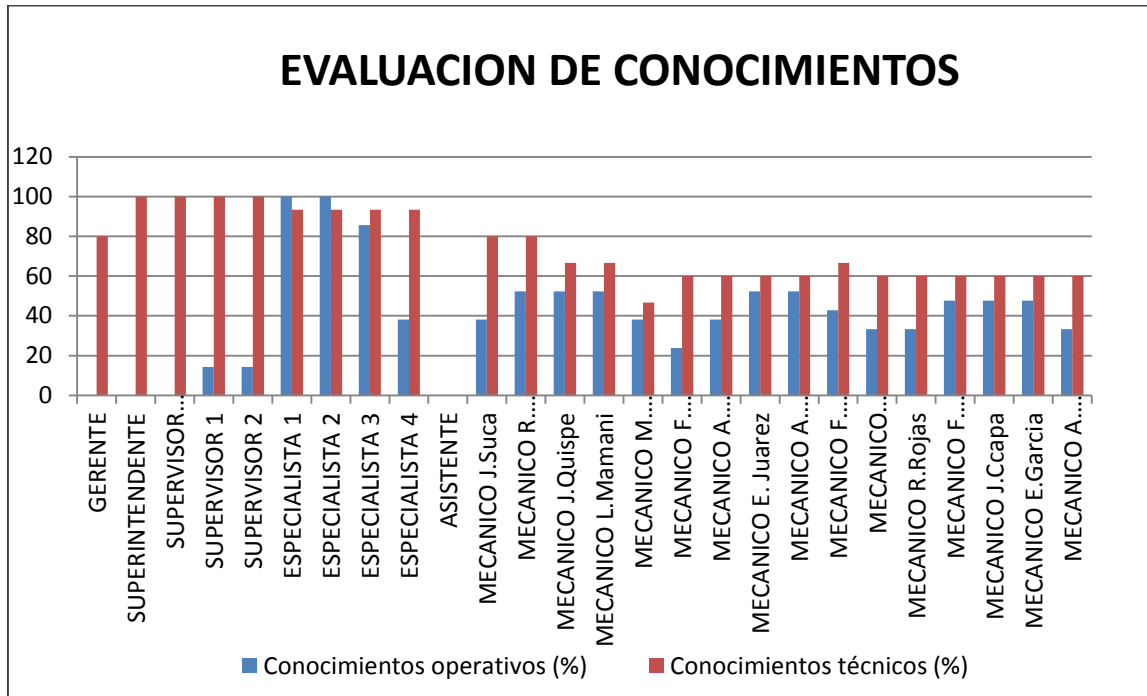


Figura1 4. Evaluación de conocimientos del personal del área de mantenimiento

Nota. Elaboración propia en base a Matriz de conocimiento (Ver Anexo 5)

Como se puede apreciar en el gráfico, los niveles más altos de conocimientos operativos y técnicos, los tienen los supervisores y especialistas que no necesariamente se encuentran en planta las 24 hrs. del día, y los mecánicos tienen un conocimiento operativo del 50 % en promedio, lo cual es una de las razones que se tengan que hacer reprogramación de trabajos ya realizados.

De la matriz se desprende que es necesario implementar un programa de capacitación al personal, sobre todo en la implementación de la filosofía del TPM.

D. PROPUESTA DE MEJORAS

- **PROGRAMA DE MEJORA DE CONOCIMIENTOS TECNICOS**

El Plan de Capacitación Técnica (PCT) se presenta en el anexo 6.

- **PROGRAMA DE MEJORA DE CONOCIMIENTOS OPERATIVOS**

El Plan de Capacitación Operativa (PCO) se presenta en el anexo 7.

4.6.3 PILAR CONTROL INICIAL

4.6.3.1 PERDIDAS POR PUESTA EN MARCHA

A. SELECCIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO

No hay periodo de prueba de nuevos materiales: Falta de implementar periodo de prueba de nuevos materiales y/o cuando se cambia de proveedor.

B. ORGANIZAR EL EQUIPO DE TRABAJO

Se formara un equipo multidisciplinario, el cual coordinara con el Área de Logística sobre el problema presentado:

- 1 supervisor.
- 1 mecánico

C. IDENTIFICACION Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

En función a lo identificado durante del desarrollo del brainstorming se llega a la conclusión que en ocasiones el departamento de Logística en el cumplimiento de sus objetivos busca materiales más económicos que reemplacen a los actuales repuestos, pero sin la debida aprobación o periodo de prueba en planta.

D. PROPUESTA DE MEJORA

En el diagrama 9 se presenta el procedimiento para la compra de repuestos nuevos, con el objetivo de brindar un servicio mejorado, más competitivo y que responda mucho mejor a las exigencias de la empresa.

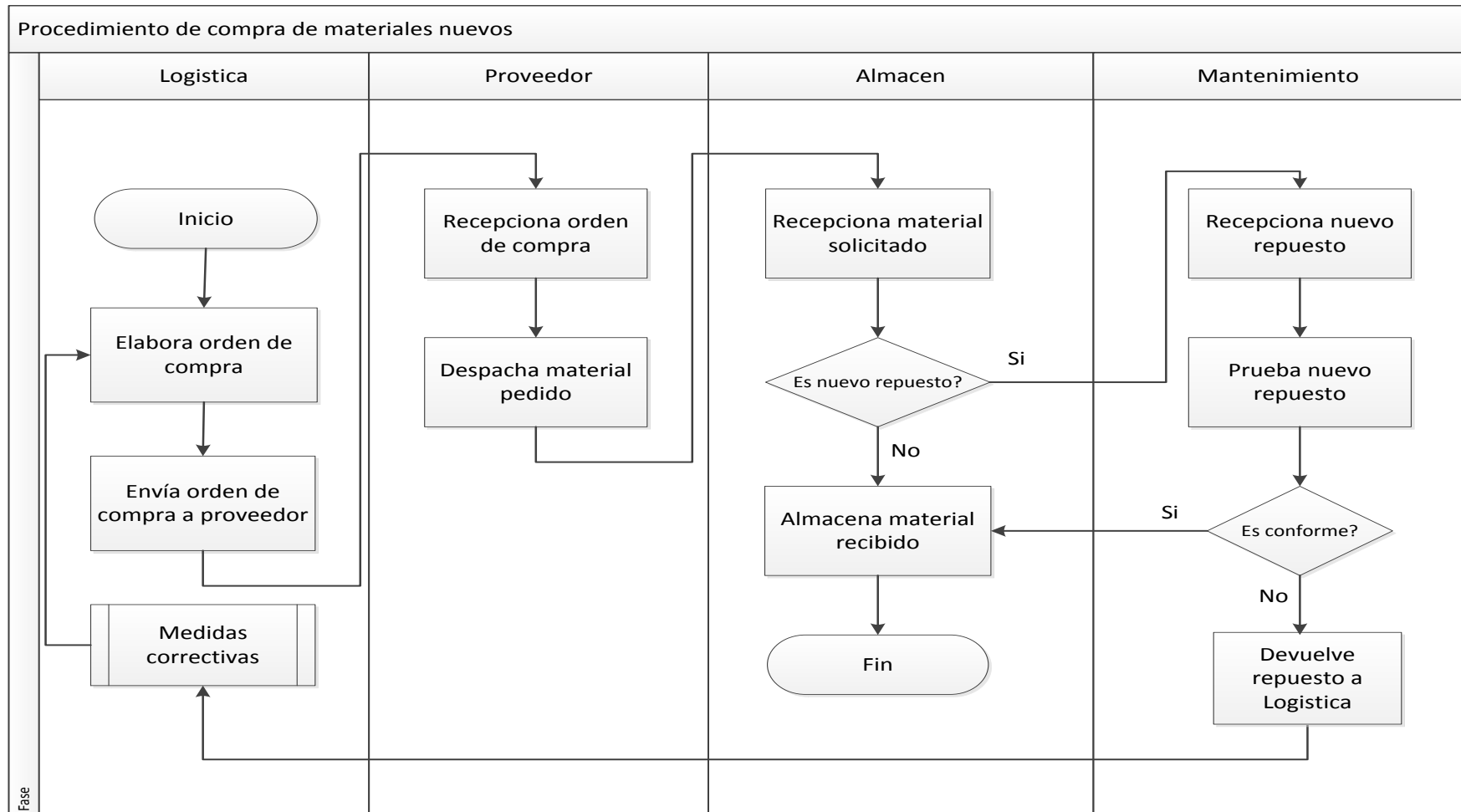


Diagrama 9. Diagrama de flujo propuesto para la compra de repuestos especiales

Nota. Elaboración propia

4.6.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5'S

4.6.4.1 ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN

A. COMITÉ DE AUDITORÍA

Revisará indicadores y avances con la finalidad de verificar los beneficios económicos alcanzados en un intervalo de tiempo. El supervisor seleccionara los miembros del comité. Asimismo, el comité de auditoría brindará apoyo para las capacitaciones de todo el personal.

B. COMITÉ INFORMATIVO

Se encargarán de informar al supervisor sobre los resultados logrados por todos los comités.

C. COMITÉ DE SENSIBILIZACIÓN

Concientización sobre la importancia de la implementación de las 5'S y sus beneficios.

D. COMITÉ DE DESARROLLO

Identifica los cambios realizados dentro de la empresa, crea estándares e indicadores los cuales permitirán evaluar al personal y serán reportados al supervisor.

E. COMITÉ DE ORIENTACIÓN

Orienta al personal sobre los cambios, los avances de las charlas de capacitación e inducción al nuevo personal, para crear los vínculos con la empresa.

4.6.4.2 PROCESO DE INPLEMENTACION DE LAS 5'S

A. IMPLEMENTACION DE SEIRI

En esta etapa se busca clasificar lo que realmente es útil dentro del área de mantenimiento, es decir se centrará en cada área donde se encuentra cada máquina crítica de acuerdo a los parámetros establecidos. Se considera que cada máquina debe mantener cerca los elementos necesarios para realizar el mantenimiento.

En esta primera etapa se programaran reuniones con todo el personal para indicarles la implementación del programa brindando los alcances respectivos y los logros que se espera llegar en el tiempo programado.

Asimismo, enseñará formatos con códigos provenientes de gerencia para que sirva de respaldo y todo el personal se comprometa a realizarlo.

Para implementar esta primera etapa, seguiremos los siguientes pasos:

1. Analizar las herramientas, equipos y maquinaria de cada puesto de trabajo para separar lo que se necesita de lo que no se necesita.
2. Los objetos que se identifiquen como innecesarios deberán ser identificados con la tarjeta roja que se presenta mas abajo, en esta se coloca fecha, área, nombre del elemento, cantidad, disposición que se le dará, número de tarjeta y comentarios.
3. Los objetos identificados con la tarjeta roja se deberán registrar en un formato "Listado de elementos innecesario", para llevar el control de la cantidad de tarjetas utilizadas y así realizar el adecuado análisis para decidir si eliminarlos o guardarlos

Fecha: _____ Numero: _____

Área: _____

Nombre del elemento: _____

Cantidad: _____

ELIMINAR INSPECCIONAR TRANSFERIR

Observaciones:

Figura 15. Tarjeta roja de identificación de objetos innecesarios

Nota. Elaboración propia

B. IMPLEMENTACION DE SEITON

Finalizada la primera etapa se prosigue con la organización de los elementos identificados. Por tal motivo, se debe concientizar a todo el personal con lemas o premisas fáciles de entender como por ejemplo:

**¡UBICAR CADA ELEMENTO EN UN LUGAR QUE SEA
FÁCIL DE ALCANZAR!**

Cada área de trabajo cuenta con una máquina delimitada, la cual tiene a su disposición un conjunto de herramientas y materiales que permiten su normal funcionamiento.

Los pasos para implementar esta etapa son:

1. Determinar un lugar para cada objeto dependiendo de la frecuencia de uso.

2. Realizar la señalización o demarcación de las zonas de trabajo y lugares de almacenamiento.

La manera más óptima para ordenar es mediante el análisis de puesto de trabajo, debido que las máquinas son de magnitud considerable, además son materiales o herramientas que se utilizan de acuerdo a su frecuencia y tiempo de disposición. Se propone la instalación de anaqueles y armarios con la finalidad de colocar las herramientas, materiales de trabajo y repuestos.

C. IMPLEMENTACIÓN DE SEISO

Culminada la segunda etapa de ordenamiento de los elementos necesarios para el área de trabajo, será necesario implementar un programa de limpieza que se efectúe y sea constante. La finalidad de implementar esta etapa es para verificar cómo se realizan la limpieza de todos los equipos y elementos de la empresa.

Asimismo, busca optimizar el procedimiento de limpieza para establecer horarios y turnos. Al realizar la limpieza asegura el normal funcionamiento de los elementos y permite establecer un lugar dónde se pueda almacenar los desperdicios.

Para poder implementar la tercera etapa, seguiremos el siguiente procedimiento:

1. Establecer que elementos de limpieza se van a requerir para el área y determinado el lugar donde se ubicaran.
2. Crear actividades de limpieza identificando los horarios y responsables de estas, cada persona deberá hacerse cargo de su puesto de trabajo.
3. Establecer métodos de prevención que eviten que se ensucie el área y el producto final.

D. IMPLEMENTACIÓN DE SEIKETSU

Se debe asignar trabajos y responsabilidades para mantener las condiciones de las tres primeras "S", asimismo, esta metodología permite mantener todos los logros alcanzados.

En esta etapa elaboraremos los estándares de inspección y de limpieza para poder controlar y derivar a los operarios para que ellos mismos puedan verificarlo.

Los comités de desarrollo, orientación y concientización deben reforzar la participación activa de todo el personal. Tendremos en cuenta los siguientes pasos:

1. Realizar la estandarización de procedimientos y manuales de limpieza para mantener las 3s ya mencionadas.
2. Colocar en lugares visibles dichos procedimientos para que todos lo tengan a su alcance, así mismo colocar en el área fotos de cómo debe mantener el puesto de trabajo.

E. IMPLEMENTACIÓN DE SHITSUKE

La última etapa de la implementación de las 5'S está enfocado en la creación de una cultura de limpieza y orden para cada operario involucrado. Para esto se requiere de la participación de toda la organización para el apoyar el cumplimiento de los estándares.

Los pasos que seguiremos son:

1. Mostrar los resultados de las 5s, ante todo el grupo de trabajo.
2. Realizar una retroalimentación sobre el proceso.
3. Realizar auditorías internas para verificar que se esté cumpliendo el procedimiento, estas auditorías debe realizarlas el Supervisor del área o el encargado de la implementación.

Si el operario continúa con las mismas costumbres y no muestra interés por el cambio, se tendrán reuniones con el personal y con él, se escuchara su versión para poder apoyarlo y no vuelva a seguir cometiendo los mismos errores.

4.6.5 VALIDACION DEL TPM

Evaluar los resultados y supervisar las estrategias propuestas, es la clave para asegurar el éxito de la implementación del programa del TPM. Esta evaluación

debe hacerse periódica, de lo contrario se se descubre qe no se está logrando lo esperado, será demasiado tarde para corregirlo.

Los indicadores de gestión nos permiten sintetizar muchas actividades de control y reflejar los resultados de las actividades TPM. Es difícil medir la mejora lograda con el TPM.

A nivel de mantenimiento evaluaremos los siguientes factores claves:

- Fiabilidad de las máquinas.
- Eficiencia del trabajo de mantenimiento.

4.6.5.1 FIABILIDAD DE LAS MAQUINAS

Entendemos por fiabilidad como la probabilidad de que las máquinas funcionen sin fallos durante un determinado lapso de tiempo. En el Cuadro 9 presentamos los indicadores propuestos para la medición de la fiabilidad:

INDICADOR	FORMULA	INTERVALO	OBSERVACION
Frecuencia de fallos	$\frac{\text{Numero total de paradas } x \text{ fallos}}{\text{Tiempo total de trabajo}}$	Mensual	Paradas mayores a 15 minutos
Tasa de trabajos de oportunidad	$\frac{\text{Numero de trabajos de oportunidad}}{\text{Numero total de trabajos programados}} \times 100$	Mensual	
Tasa de mantenimientos de emergencia	$\frac{\text{Numero de trabajos de emergencia}}{\text{Numero total de trabajos realizados}} \times 100$	Mensual	
Paradas pequeñas y tiempos muertos	Cantidad de parada pequeñas	Mensual	Paradas menores a 15 minutos

Cuadro 9. Indicadores propuestos sobre fiabilidad

Nota. Elaboración propia basada en el *Estudio sobre el Estado de Situación de la Implementación del TPM en Chile*. Morales, J.

4.6.5.2 EFICIENCIA DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO

La Efectividad de las actividades de Mantenimiento estará determinada por las Estrategias de Mantenimiento, por la Gestión de Mantenimiento y las Buenas Prácticas.

Los indicadores propuestos para este factor son los siguientes:

INDICADOR	FORMULA	INTERVALO	OBSERVACION
Número de paradas de mantenimiento (SMD)	$\frac{SMD\ previo}{SMD\ actual}$	Mensual	El objetivo es reducir el número de paradas
Arranque después de paradas	Numero de problemas de arranque después de paradas por mantenimiento	Mensual	Evitar fallos tempranos después de paradas
Logros del mantenimiento planificado	$\frac{Tareas\ planificadas\ terminadas}{Total\ tareas\ planificadas} \times 100$	Mensual	

Cuadro 10. Indicadores propuestos sobre eficiencia del mantenimiento

Nota. Elaboración propia basada en el *Estudio sobre el Estado de Situación de la Implementación del TPM en Chile*. Morales, J.

CONCLUSIONES

PRIMERA.- Dentro de la implementación de la filosofía del TPM se ha hecho uso de las diferentes herramientas básicas que tiene la Ingeniería de Métodos como: los diagramas de operaciones, los arboles de decisiones, los diagramas de Ishikawa y las técnicas del porque y desde la propia TPM con las 5 “S” como pilar básico y tipificando los problemas utilizando la técnica de los Cinco tipos de pérdida que contempla el TPM para definir las mejoras a las situaciones encontradas en el área de Molienda de la planta concentradora de cobre de la SMCV.

SEGUNDA.- Se identificaron varios problemas del Área de Molienda los cuales se dividieron en dos aspectos: la gestión y los equipos. Desde el punto de vista de la gestión se evidencio falta de procedimientos, problemas con la programación del mantenimiento, falta de herramientas y disponibilidad de las mismas, carencia de retroalimentación y existencia de tiempos muertos los cuales mellan en el desempeño general del área de Molienda creando desperdicio y falta de optimización de recursos. En cuanto a los equipos se hizo una selección de la maquinaria más importante : molino de bolas y zarandas húmedas, los cuales muestran deficiencias asociadas sobre todo a su diseño y desgaste prematuro de piezas, así como pérdida de eficiencia y desperdicio de producción.

TERCERA.-Las mejoras planteadas atacan las principales causas desde la visión de las Cinco pérdidas del TPM. Estas mejoras han sido propuestas utilizando las herramientas de análisis diagrama de árbol, Ishikawa y la técnica de los porque. Incluyen la implementación de maquinaria, elaboración de procedimientos, capacitación del

personal y el trabajo con los proveedores sobre el diseño y mejora de la maquinaria, así como la medición de la fiabilidad y eficiencia de los equipos. Para cada perdida se ha planteado una serie de actividades que redundaran en el desempeño del área de molienda. Asimismo se han planteado los indicadores con los que se medirá la efectividad de la propuesta planteada por el TPM.

CUARTA.- El personal del área de Molienda presenta los niveles de conocimientos operativos y técnicos más altos en los supervisores y especialistas (mayor a 80%) y los mecánicos y personal operativo tienen un conocimiento operativo de alrededor del 50 % en promedio, lo cual es una de las razones que los trabajos tengan que reprogramarse o sufran retraso. Por tanto la necesidad de capacitación y entrenamiento es imperiosa, para lo cual se han planteado mejoras de un Plan de Capacitación Técnica (PCT) y un Plan de Capacitación Operativa (PCO).

RECOMENDACIONES

Al ser SMCV una organización que maneja cada actividad como una Área independiente y de un estilo de gestión centrada en la mejora continua se recomienda:

1. Ampliar la propuesta para incluir a las áreas de Planeamiento, Compras, Seguridad y Producción ya que estas áreas están relacionadas en cada uno de los problemas encontrados en el Área de molienda y se necesita el involucramiento de cada uno de ellos en la propuesta de mejora a través filosofía del TPM.
2. Pasar a la parte de factibilidad de la propuesta incluyendo al área de Planeamiento para poder tener a disposición los elementos de costeo, ya que esto representa una limitación para poder llevar adelante la propuesta.

BIBLIOGRAFIA

Apunte molienda [en línea] Universidad de Buenos Aires (2017) [Fecha de consulta: 16 de marzo de 2018]. Recuperado de http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf

BERNAL, Cesar. Metodología de la Investigación. 3ª ed. Pearson: Educación Colombia, 2010. 320 pp. ISBN: 978-958-699-128-5

BERGER Esther, NUÑEZ Luis y YARIN Anwar. *Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad*. Revista de Investigación de la UNMSM [en línea] 2014, vol. 17 n° 1 [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2018]. Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/12033/10749>

CANALES María. Aplicación de TPM para mejorar la productividad de las máquinas en el área de producción de la empresa Pinturas TRICOLOR S.A.C, SJL, 2017. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1412>

Chancado Molienda [en línea] Codelco [Fecha de consulta: 16 de marzo del 2018] Disponible en https://www.codelcoeduca.cl/Movil/pr_chancado_molienda.asp

CORRETER Manuel. Mejora de las pérdidas crónicas TPM: mantenimiento productivo total. Revista Dyna [en línea] 2000, vol. 75 pág. 35-41 [Fecha de consulta: 21 de marzo de 2018]. Disponible en www.revistadyna.com/Articulos/Ficha.aspx?idMenu=a5c9d895-28e0-4f92-b0c2-c0f86f2a940b&Cod=1973&codigoacceso=3e99c50f-86e7-4900-950a-81cfed5b1da1

Development and Design, Taiwan Shoufu University, Taiwan [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2018]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/jart/v13n3/v13n3a10.pdf>

DUQUE Gonzalo. Manual de Geología para Ingenieros. Colombia: Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales, 2017.22 pp. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/269/minerales.pdf>

El método de las 5 “S” [en línea] Carpio, K., (2013) [Fecha de consulta: 20 de marzo del 2018]. Recuperado de <https://es.calameo.com/read/002624606460de97b1b27PAG-1-4>

Estudio sobre el Estado de Situación de la Implementación del TPM en Chile [en línea] Morales, J. [Fecha de consulta: 20 de marzo del 2018]. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/358594102/4-6-indicadores-TPM-chile-pdf>

GARCIA Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. 1ª ed. Díaz de Santos. Madrid: España, 2003.320 pp. ISBN: 9788479785482

GUTIERREZ Richard. Manual de indicadores de mantenimiento [en línea] (20 de abril del 2016). Recuperado de <https://www.slideshare.net/RichardGutierrezDeza/manual-de-indicadores-de-mantenimiento>

HUNG Alberto. Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC. Revista de Ingeniería Energética [en línea] 2008 Vol. XXX, No. 2/2009 [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2018]. Disponible en <http://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/viewFile/35/34>

Introducción a las tecnologías de gestión, las 7 pérdidas. Instituto Nacional de tecnología Industrial [en línea] Wyngaard G. (2011) [Fecha de consulta: 21 de marzo del 2018]. Recuperado de https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2011/3161/M%C3%B3dulo%201%20-%20Las%207%20p%C3%A9rdidas_0.pdf

La importancia del TPM [en línea] Partida A. (2012) [Fecha de consulta: 21 de marzo del 2018]. Recuperado de <https://mantenimiento-mi.es/2012/la-importancia-del-tpm-mantenimiento-productivo-total>

Las Seis Grandes Pérdidas: Una Nueva Aproximación A Viejos Problemas En La Industria De Proceso. [en línea] [Fecha de consulta: 16 de marzo del 2018]. Recuperado de www.aptean.com

Lean Manufacturing la técnica de las 5 S [en línea] Ferrer, R. (2017) [Fecha de consulta: 21 de marzo del 2018]. Recuperado de <http://ramonferrerrullan.com/ingenieria-industrial/la-tecnica-de-5-s/>

Mantenimiento productivo total [en línea] Álvarez, H., (2013) [Fecha de consulta: 16 de marzo del 2018]. Recuperado de <http://www.ceroaverias.com>

Mantenimiento Productivo total (2016)[en línea] Manufacturing terms. [Fecha de consulta: 28 de marzo del 2018]. Recuperado de http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Total_productive_maintenance_TPM.html

Mantenimiento productivo total [en línea] Martínez H. (2009) [Fecha de consulta: 28 de marzo del 2018]. Recuperado de <http://hemaruce.angelfire.com/tpm.pdf>

Manual de operaciones Cerro Verde [en línea] Fecha de consulta: 28 de marzo del 2018]. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/348975540/Manual-de-Operaciones-Mina-Cerro-Verde>

MARÍN-GARCÍA Juan; MARTÍNEZ Rafael .Barreras y facilitadores de la implantación del TPM Intangible Capital [en línea] 2013. vol. 9, n.o 3, pp. 823-853 Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona, España [Fecha de consulta: 21 de marzo de 2018]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.3926/ic.360> <http://www.redalyc.org/pdf/549/54928893011.pdf>

Metodología de las 5 S total [en línea] [Fecha de consulta: 20 de marzo del 2018]. Recuperado de <http://www.leansolutions.co/conceptos/metodologia-5s/>

Minerales Aula 2005 [en línea] Jimeno A.(2005) [Fecha de consulta: 16 de marzo del 2018]. Recuperado de <http://www.aula2005.com/html/cn1eso/05minerales/>

05elsmineralses.htm

NEWBROUGH, E. Administración del mantenimiento industrial. 11ª ed. Diana México, 1998.403pp.ISBN 968-13-0666-X

RUBIO Osvaldo; GUZMAN Nelson. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una planta de suministro de combustible para aviación. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Mecánica). Bogotá: Universidad Central de Colombia, 2009.Disponible en http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/5583/mod_resource/content/1/Documentos/TR_GR_Aviacion.pdf

SALAS Mario . Propuesta De Mejora Del Programa De Mantenimiento Preventivo Actual En Las Etapas De Prehilado E Hilado De Una Fábrica Textil. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Industrial).Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.2012. Disponible en <http://hdl.handle.net/10757/578614>

SALKIND Neil. Métodos de la Investigación 1ª ed . Prentice Hall Mexico 1999.380 pp ISBN: 9789701702345

SHEN C. Discussion on key successful factors of TPM in enterprises [en línea] 2015. vol 13 pp 425-427 Journal of Applied Research and Technology .Department of Product

SHIROSE, Kunio. Programa de desarrollo del TPM. Tecnología de gerencia y producción S.A Madrid. Edición en español 1991. 29-33p

SILVA Jorge. Implantación del TPM en la zona enderezadora de Aceros Arequipa. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Industrial y de sistemas). Piura : Universidad de Piura .2005.Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1263/ING_437.pdf

SUZUKI Tokutaro. TPM en Industrias de Proceso 1ª edición español. TGP Hoshin. Madrid: España,1996.408 pp. ISBN 84-87022-18-9

TORRES Leandro. Mantenimiento su implementación y Gestión. 2ª editorial Universitas Argentina, 2005.339 pp.ISBN: 987-9406-81-8

TUÁREZ Cesar .Diseño de un Sistema de Mejora Continua en una Embotelladora y Comercializadora de Bebidas Gaseosas de la Ciudad de Guayaquil por Medio de la Aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total). Tesis (Magister en Gestión de la Productividad y la Calidad) Guayaquil: Escuela Superior Politécnica,2013. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24859>

VILLARÓN Javier, PINEDA Daniel, PÉREZ Ernestina. La innovación tecnológica en el área del mantenimiento y sus resultados. Estudio de casos. Investigación Administrativa Redalyc [en línea] 2007, nº 99, pp. 19-30 Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Santo Tomás Distrito Federal, México [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2018]. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/4560/456045195002.pdf>

ZEGARRA Manuel. *Indicadores para la gestión de mantenimiento de equipos pesados*. Revista Ciencia y desarrollo de la UAP [en línea] 2016, vol. 19 , nº 1, pp.25-37 [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2018]. Disponible en <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/viewFile/1219/1189>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL				
¿Qué relación existe entre la implementación del TPM y la mejora de la gestión del Área de Mantenimiento Mecánico en el Área de Molienda de la Planta Concentradora de Cobre de SMCV?	Mejorar la Gestión del área de mantenimiento mecánico procesos en el área de Molienda de la planta concentradora de cobre de SMCV utilizando la filosofía de Mantenimiento Productivo Total	Dado que el Mantenimiento Productivo Total busca mantener los equipos disponibles para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, es probable que la aplicación de la Metodología del mantenimiento Productivo Total, permita la mejora de la Gestión del Área de Mantenimiento Mecánico Molienda de Procesos de la Planta Concentradora de Cobre de SMCV alcanzando cifras de eficiencia y eficacia que permitan la optimización de los recursos asignados	<p><u>Variable Independiente</u></p> <p>Mantenimiento Productivo Total. (TPM)</p> <p><u>Variable dependiente</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos y políticas del TPM • Plan de desarrollo del TPM • Inducción del TPM • Desarrollar un programa de Mantenimiento Planificado • Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento • Gestión temprana de equipos • Seguimiento y verificación 	<p><u>Alcance</u> enfoque descriptivo no experimental</p> <p><u>Enfoque</u> Explicativo</p> <p><u>Diseño</u> Investigación no experimental longitudinal.</p> <p><u>Tipo</u> Según el objeto de estudio investigación de tipo Aplicativa y de Campo. Según su naturaleza será descriptiva y explicativa</p>

			<p>Gestión del Área de Mantenimiento Mecánico Molienda de Procesos de la Planta Concentradora de Cobre de SMCV.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de fallos • Tasa de mantenimientos de emergencia • Intervalo medio entre fallos (MTBF) • Tiempo medio de reparaciones (MTTR) • Número de paradas por mantenimiento (SMD) • Tasa de logros del programa de mantenimiento. 	<p><u>Técnica</u> Observación directa participativa</p> <p><u>Instrumento</u> Análisis de los documentos, notas de campo, indicadores y registros generados por la organización.</p>
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS				
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo los elementos teóricos del TPM sustentan el diagnóstico y proceso de mejora del área de Mantenimiento Mecánico del Área de 	<p>5.Utilizar los conceptos teóricos que apliquen sobre el Mantenimiento Productivo Total como sustento para el diagnóstico y proceso</p>				

<p>Molienda de la planta concentradora de cobre?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué manera las paradas de mantenimiento correctivo de las máquinas y equipos, los desperdicios y las actividades repetitivas afectan la productividad del Área de Mantenimiento Mecánico del Área de Molienda de la planta concentradora de cobre? • ¿Cómo se pueden mejorar las pérdidas y elementos que restan valor al proceso de Mantenimiento Mecánico del Área de Molienda de la planta concentradora de cobre? • ¿De qué manera la falta de entrenamiento del 	<p>de mejora de la empresa.</p> <p>6. Realizar el diagnóstico situacional del área de Mantenimiento Mecánico Procesos en el área de Molienda, para identificar los problemas que generen deficiencias, desperdicios o actividades repetitivas en los procesos de las mismas.</p> <p>7. Plantear la mejora de procesos, basados en el Mantenimiento Productivo Total, con la finalidad de reducir los elementos que no generan valor y eliminar desperdicios.</p> <p>8. Determinar la necesidad de</p>				
---	---	--	--	--	--

personal se relaciona con la eficiencia del proceso de Mantenimiento Mecánico del Área de Molienda de la planta concentradora de cobre?	entrenamiento del personal del Área de mantenimiento mecánico para mejorar la eficiencia del área.				
---	--	--	--	--	--

Anexo 2: Plan de mantenimiento a largo plazo

EQUIPO	DESCRIPCION	MODELO	MANTENIMIENTO	FREC	2018												2019											
					3M			6M			9M			12M			3M			6M			9M			12M		
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PP101	CYCLONE FEED PUMP	750 MCR	SUCTION PLATE & IMPELLER	84	10						10													10				
			WET END CHANGE	168																								
PP201	CYCLONE FEED PUMP	750 MCR	SUCTION PLATE & IMPELLER	84																								
			WET END CHANGE	168		12																						
PP301	CYCLONE FEED PUMP	750 MCR	SUCTION PLATE & IMPELLER	84	10																							
			WET END CHANGE	168																								
PP401	CYCLONE FEED PUMP	750 MCR	SUCTION PLATE & IMPELLER	84	10																							
			WET END CHANGE	168																								
PP501	CYCLONE FEED PUMP	750 MCR	SUCTION PLATE & IMPELLER	84																								
			WET END CHANGE	168		10																						
PP601	CYCLONE FEED PUMP	750 MCR	SUCTION PLATE & IMPELLER	84	10																							
			WET END CHANGE	168																								
ML101	BALL MILL ML101	27'X47'	END LINER CHANGE	336																								
			SHELL LINER CHANGE	336																								
ML201	BALL MILL ML201	27'X47'	END LINER CHANGE	336																								
			SHELL LINER CHANGE	336																								
ML301	BALL MILL ML301	27'X47'	END LINER CHANGE	336																								
			SHELL LINER CHANGE	336																								
ML401	BALL MILL ML401	27'X47'	END LINER CHANGE	336																								
			SHELL LINER CHANGE	336																								
ML501	BALL MILL ML501	27'X47'	END LINER CHANGE	336																								
			SHELL LINER CHANGE	336																								
ML601	BALL MILL ML601	27'X47'	END LINER CHANGE	336																								
			SHELL LINER CHANGE	336																								
SC101	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
SC102	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
SC201	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
SC202	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
SC301	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
SC302	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
SC401	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720	10																							
SC402	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720	10																							
SC501	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
SC502	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
SC601	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
SC602	WET SCREEN	12'X 26'	WET SCREEN CHANGE	720																								
ML091	VERTICAL MILL LIME SLAKER	VTM-400-LS	END LINER CHANGE	270																								
			MIDDLE&END LINER CHANGE	540																								
ML503	VERTICAL MILL 503	VTM-1500-SL	END LINER CHANGE	240																								
			MIDDLE&END LINER CHANGE	480																								
ML504	VERTICAL MILL 504	VTM-1500-SL	END LINER CHANGE	240																								
			MIDDLE&END LINER CHANGE	480																								
ML505	VERTICAL MILL 505	VTM-1500-SL	END LINER CHANGE	240																								
			MIDDLE&END LINER CHANGE	480																								
ML506	VERTICAL MILL 506	VTM-1500-SL	END LINER CHANGE	240																								
			MIDDLE&END LINER CHANGE	480																								

Fuente: SMCV

Anexo 3: Plan de mantenimiento preventivo

MAQUINAS	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
MOLINOS DE BOLAS						
Cambio de liners de ciclindro						x
Cambio de liners de tapas						x
Cambio de parrilla de descarga				x		
Cambio liners trunion descarga					x	
Cambio de liners trunion alimentación						x
Cambio de inserto housing				x		
Cambio de liners chute de alimentación					x	
Inspección de fugas de aceite sistema hidráulico		x				
Inspección de fugas aceite sistema de lubricación		x				
Cambio de bombas sistema lubricación						x
Cambio de divisores de flujo						x
Inspección de fugas de banco de acumuladores de nitrógeno		x				

Monitoreo de presiones y temperaturas	x					
ZARANDAS HÚMEDAS						
Cambio de aceite lubricación de excitadores			x			
Cambio de lay shaft						x
Cambio de correas de transmisión					x	
Cambio de excitadores						x
Cambio de pipe tops						x
Cambio liners feed box				x		
Cambio de paneles	x					
Cambio de zocalos				x		
Cambio de liners de chute over size		x				
Cambio de liners de chute under size					x	
MAQUINAS	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
Cambio de eje cardánico						x
Cambio de liners de cajón acondicionador		x				
Cambio de sprays bars						
Limpieza de tuberías y aspersores de agua lavado		x				

HIDROCICLONES PRIMARIOS						
Cambio de vortex y apex					x	
Cambio de ciclón por desgante de forros						x
Inspección y/o reparación revestimiento de tinas under y over size			x			
PUENTES GRUA						
Cambio de aceite reductor					x	
Pm general grúa puente					x	
Lubricación de cables y ganchos					x	
ANALIZADORES DE PULPA						
Cambio de correas de transmisión					x	
Cambio de mangas de muestreo					x	
Lubricación de muestreador			x			

Fuente: SMCV

Anexo 4: Plan de mantenimiento predictivo

1. Vibracional	2. Termogràfico		3. Ultrasónico		4. Aceite	
	MAQUINAS	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
MOLINOS DE BOLAS						
Medición de liners cilindro			3			
Medición de liners tapas			3			
Medición liners trunion descarga				3		
Medición de liners trunion alimentación				3		
Medición de inserto housing			3			
Medición de liners chute de alimentación				3		
Análisis de aceite sistema hidráulico				4		
Análisis de aceite sistema de lubricación			4			
Análisis de temperaturas rodamientos de motores sistema lubricación		2				
BOMBAS DE CICLONES PRIMARIOS						
Análisis de vibración de bomba	1					

Medición de forros lado succión y lado prensa	1					
Análisis de temperatura de botella porta rodamiento			2			
Análisis de temperatura de aceite de reductor	2					
Análisis de vibración de reductor			1			
Medición de espesores de spool de succión y descarga					3	
ZARANDAS HUMEDAS						
Monitoreo vibración de sistema motriz		1				
Análisis de aceite de excitadores		1				
1. Vibracional	2. Termográfico		3. Ultrasónico		4. Aceite	
MAQUINAS	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
HIDROCICLONES PRIMARIOS						
Medición de espesores de revestimientos ciclones			3			
Medición de espesores de tinas (over size under size)			4			
PUNTES GRUA						
Análisis e aceite reductores			4			

COMPRESORES						
Análisis de aceite			4			
Análisis vibración				1		
ANALIZADORES DE PULPA						
Medición de espesores de tuberías de alimentación y descarga					3	

Fuente: SMCV

Anexo 5: Matriz de evaluación de conocimientos técnicos y operativos del personal

AREA DE MANTENIMIENTO																												
PUNTUACION		TRABAJADORES DEL AREA DE MANTENIMIENTO																										
		GERENTE	SUPERINTENDENTE	SUPERVISOR SENIOR 1	SUPERVISOR 1	SUPERVISOR 2	ESPECIALISTA 1	ESPECIALISTA 2	ESPECIALISTA 3	ESPECIALISTA 4	ASISTENTE	MECANICO J.Suca	MECANICO R. Ventura	MECANICO J.Quispe	MECANICO L.Mamani	MECANICO M. Gutierrez	MECANICO F. Centeno	MECANICO A.	MECANICO E. Juarez	MECANICO A. Martinez	MECANICO F. Martinez	MECANICO JC.Mamani	MECANICO R.Rojas	MECANICO F. Carbajal	MECANICO J.Ccapa	MECANICO E.García	MECANICO A. Paucara	
0	No conoce. No recibio Capacitacion y necesita ayuda.																											
1	Conoce,Opera con limitaciones y necesita ayuda.																											
2	Conoce, Opera sin ayudaa unque no conoce los funamentos tecnicos.																											
3	Aplica teoria y realiza las tareas si dificultad y cuenta con certificacion.																											
CONOCIMIENTOS DE OPERACION																												
1	Conocimiento general sobre el funcionamiento de las maquinas del proceso productivo.	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	Conocimiento y certificacion de operacion de thunderbolt.	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Conocimiento general y uso de puentes grua.	0	0	0	0	0	3	3	3	1	0	3	3	3	3	0	0	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3
4	Conocimiento de mantenimiento y operacion de compresores.	0	0	0	0	0	3	3	3	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
5	Certificacion de operacion de montacargas.	0	0	0	0	0	3	3	3	2	0	0	3	3	3	0	0	0	3	3	3	0	0	3	3	0	0	0
6	Certificacion uso de teleboon.	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Certificacion de operacion de maquina enlainadora.	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de cumplimiento (%)		0	0	0	14	14	100	100	86	38	0	38	52	52	52	38	24	38	52	52	43	33	33	48	48	48	33	
CONOCIMIENTOS TECNICOS																												
1	Interpreta los manuales de los equipos del area asignada.	2	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	Conoce el funcionamiento mecanico, hidraulico y neumatico de los equipos del area.	2	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2

3	Conoce los sistemas auxiliares de los equipos de planta (lubricacion, enfriamiento, transmision aplicado al proceso productivo.	2	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	Tiene conocimientos sobre mantenimiento preventivo y predictivo.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	Tiene conocimientos sobre la metodologia del TPM.	3	3	3	3	3	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de cumplimiento (%)		80	100	100	100	100	93	93	93	93	0	80	80	67	67	47	60	60	60	60	67	60	60	60	60	60

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Programa de capacitación técnica - PCT

PRESENTACION

El Programa de Capacitación Técnica (PCT) se enfoca en optimizar los diferentes procesos, métodos, y tecnologías para la realización del mantenimiento en el área de Molienda C2.

OBJETIVO

El objetivo del PCT es impulsar la eficacia organizacional y la nivelación de conocimientos técnicos, se pretende elevar el nivel de rendimiento del personal y con ello, el incremento de la productividad del mantenimiento en el área de Molienda C2.

DIRIGIDO A

Personal mecánico de Mantenimiento en el área de Molienda C2.

CONTENIDO

- **Módulo I:** Beneficios de la implementación del TPM.
Preparar en la aplicación de la filosofía del TPM y en el análisis del uso de recursos de mantenimiento en forma efectiva, para la manufactura Lean (esbelta) apoyando la transformación de la empresa hacia la clase mundial, con mejoras en tiempo de respuesta, costos y calidad.
- **Módulo II:** Conceptos de mecánica, hidráulica y neumática de los equipos del área.
Este curso está diseñado para familiarizarse con los fundamentos teóricos y prácticos referentes a la hidráulica y neumática industrial.
- **Módulo III:** Descripción del proceso sistema productivo de la extracción del cobre.
La capacitación en extracción de cobre le proporcionará una comprensión de cómo se obtiene el cobre y la importancia de la maquinaria durante el proceso productivo y cómo evaluar la calidad de los resultados.
- **Módulo IV:** Sistemas de lubricación, enfriamiento y transmisión.
El conocimiento de los lubricantes usados y de los sistemas de lubricación será un gran apoyo para reducir la cantidad de y asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas. Además de capacitar en la interpretación de la documentación técnica de catálogos de lubricantes y sistemas de lubricación, enfriamiento y transmisión.

- **Módulo V:** Mantenimiento preventivo y predictivo, su importancia y las ventajas de aplicar estas herramientas.

El objetivo principal de este curso es desarrollar en el participante una visión moderna sobre la gestión del mantenimiento. Revisaremos los modelos de gestión de mantenimiento aplicados en empresas clase mundial.

METODOLOGIA

En el desarrollo del programa se basará en un proceso participativo y en un seguimiento y control académico que asegure el máximo aprovechamiento del PCT por los participantes, basándonos en:

- Exposición de planteamientos y conceptos técnicos
- Participación, mediante grupos de trabajo, en casos prácticos y ejercicios, buscando el desarrollo de competencias de trabajo en equipo, comunicación eficaz y liderazgo.

Anexo 7: Programa de capacitación operativa - PCO

PRESENTACION

El Programa de Capacitación Técnica (PCO) se enfoca en brindar el aprendizaje óptimo para el manejo de los equipos y maquinaria utilizada en la línea C2, utilizando la metodología adecuada que garanticen la formación del trabajador.

OBJETIVO

El objetivo es capacitar al trabajador en operar en forma segura los principales equipos y maquinas del área; los componentes así como las normas y procedimientos de su operación, identificar los riesgos de trabajo y saber prevenir accidentes, evitando daños al equipo, maquinaria e instalaciones.

DIRIGIDO A

Personal mecánico y supervisores del área de Mantenimiento de la línea de Molienda C2.

CONTENIDO

- **Módulo I:** Funcionamiento y mantenimiento general del thunderbolt.
- **Módulo II:** Funcionamiento general, uso y mantenimiento de puentes grúas
- **Módulo III:** Sistemas de aire comprimido y mantenimiento general de compresoras
- **Módulo IV:** Funcionamiento y manejo certificado de montacargas
- **Módulo V:** Uso certificado de teleboon
- **Módulo IV:** Mantenimiento general, funcionamiento y uso de maquina enlainadora

METODOLOGIA

- **Parte Teórica:** Desarrollada para la capacitación técnica, manuales y seguridad industrial, para lo cual los instructores utilizan programas multimedia, proyector, videos, audios, entre otros.
- **Parte Teórica – Práctica:** Desarrollada en el tema de operación, donde se brinda una ilustración comparativa entre las piezas y componentes de la maquinaria, con explicaciones directamente en el campo y en la máquina.

- **Parte Práctica:** Realizada en el Centro de Entrenamiento, los instructores y estudiantes realizan la Operación de la Maquinaria Pesada, en los espacios habilitados especialmente para el curso.