

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en la planta concentradora de una empresa minera, Áncash, 2022

Edwin Campos Landeo

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Lima, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ing. Erika Karin Málaga Velásquez
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 1 de Febrero de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE UNA EMPRESA MINERA, ÁNCASH 2022”**, perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Edwin Campos Landeo, de la E.A.P. de Ingeniería Industrial; se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
(Nº de palabras excluidas: 10) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Edwin Campos Landeo, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 42569422, de la E.A.P. de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE UNA EMPRESA MINERA, ÁNCASH 2022**”, es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

01 de Febrero de 2024.

Revision final tesis - Edwin Campos

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.direcmin.com Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE	1%

Trabajo del estudiante

10	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
16	Submitted to Universidad Tecnológica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %
17	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	KLOHN CRIPPEN BERGER S.A.. "MEIA del Proyecto Minero Antamina por Incremento de Reservas y Optimización del Plan de Minado.- IGA0013037", R.D. N° 054-2011-MEM-AAM , 2021 Publicación	<1 %
19	journalingeniar.org Fuente de Internet	

		<1 %
20	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
21	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to University of Southern Queensland Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
25	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
28	ri.teziutlan.tecnm.mx Fuente de Internet	<1 %
29	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

30	repositorio.uvm.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Corporación Universitaria Iberoamericana Trabajo del estudiante	<1 %
32	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	accesoabierto.uh.cu Fuente de Internet	<1 %
36	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1 %
37	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
38	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1 %
39	Submitted to Universidad de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %
40	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

41	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias e Informatica Trabajo del estudiante	<1 %
42	Submitted to University of Arizona Trabajo del estudiante	<1 %
43	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
48	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
49	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
50	ojs.unisangil.edu.co Fuente de Internet	<1 %
51	Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados Trabajo del estudiante	<1 %

52	manglar.uninorte.edu.co Fuente de Internet	<1 %
53	repositori.uji.es Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	Submitted to Mountain Lakes High School Trabajo del estudiante	<1 %
56	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
57	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
58	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
60	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
61	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
62	Submitted to utn Trabajo del estudiante	<1 %

63	www.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
64	C. I. Ochoa-Martínez, A. Ayala-Aponte. "MODELOS MATEMÁTICOS DE TRANSFERENCIA DE MASA EN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA MATHEMATICAL MODELS OF MASS TRANSFER IN OSMOTIC DEHYDRATION MODELOS MATEMÁTICOS DE TRANSFERENCIA DE MASA EN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA", Ciencia y Tecnología Alimentaria, 2005 Publicación	<1 %
65	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
66	Submitted to Universidad de Lima Trabajo del estudiante	<1 %
67	expansion.mx Fuente de Internet	<1 %
68	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
69	web2.pdh.org.gt Fuente de Internet	<1 %
70	www.interrogantes.net Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

ASESOR

Ma. Ing. Erika Karin Málaga Velásquez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas Marleny Mitma Quinto por su apoyo y respaldo a lo largo de mis estudios universitarios.

A mis Padres, Pedro y Julia y a mis 7 hermanos quienes siempre están a mi lado brindándome el soporte emocional.

A la Universidad Continental, especialmente a los docentes por sus enseñanzas y paciencia a lo largo de todos estos años con el fin de lograr mi desarrollo profesional como ingeniero.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a nuestro Señor Dios, y a mis hijos Keyra Julia y Alejandro Pedro quienes son la fuerza y el núcleo principal para continuar con mis estudios, así como perseverar en mis metas y sueños, y ser para ellos el ejemplo que les pueda servir de guía en el correcto camino de sus vidas para ser personas de bien para la sociedad y nuestro país.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	xii
DEDICATORIA	xiii
Índice de tablas.....	xvii
Índice de figuras.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	xxi
CAPÍTULO I.....	23
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	23
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.2.1. Problema General.....	24
1.2.2. Problema Específicos	24
1.3. OBJETIVOS.....	24
1.3.1. Objetivo General.....	24
1.3.2. Objetivos Específicos.....	25
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	25
1.4.1. Justificación Teórica	25
1.4.2. Justificación Práctica	26
1.4.3. Justificación Metodológica	26
1.4.4. Justificación Social.....	26
1.4.5. Justificación Ambiental	26
1.5. DELIMITACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN	27
1.5.1. Delimitación temporal	27
1.5.2. Delimitación espacial	27
1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
1.6.1. Hipótesis general.....	27
1.6.2. Hipótesis Específica.....	27
1.7. VARIABLES.....	28
1.7.1. Descripción de variables.....	28
1.7.2. Operacionalización de variables	28
CAPÍTULO II.....	30
MARCO TEÓRICO	30

2.1.	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	30
2.1.1.	Antecedentes Artículos Científicos.....	30
2.1.2.	Antecedentes Internacionales.....	31
2.1.3.	Antecedentes Nacionales	33
2.1.4.	Antecedentes Locales.....	35
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	36
2.2.1.	Programa de Mantenimiento.....	36
2.2.2.	Productividad.....	36
2.2.3.	Indicadores de Gestión (KPI)	37
2.2.4.	Efectividad	37
2.2.5.	Capacidad Instalada	37
2.2.6.	Disponibilidad	38
2.2.7.	Mantenimiento Preventivo.....	38
2.2.8.	Planta Concentradora	38
2.2.9.	Proceso de chancado	38
2.2.10.	Proceso de molienda	39
2.2.11.	Proceso de flotación	40
2.2.12.	Proceso de filtrado.....	41
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	42
CAPÍTULO III		44
METODOLOGÍA		44
3.1.	MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.1.1.	Tipo de Investigación	44
3.1.2.	Alcance de la Investigación.....	44
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	45
3.3.1.	Población.....	45
3.3.2.	Muestra.....	45
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS	46
3.4.1.	Técnicas	46
3.4.2.	Instrumentos	46
CAPÍTULO IV		47
DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS.....		47
4.1.	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SUS PROCESOS	47

4.2.	DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	49
4.2.1.	Análisis de la situación actual de la planta concentradora.....	49
4.2.2.	Implementación de Check List para los equipos de planta concentradora	60
4.2.3.	Implementación de un programa de mantenimiento para equipos de planta concentradora.....	68
4.3.	RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	70
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
4.5.	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PLANTA CONCENTRADORA EMPRESA MINERA ÁNCASH 2022.....	81
4.6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA, AMBIENTAL	81
4.6.1.	Evaluación Económica.....	81
4.6.2.	Evaluación Ambiental	83
	CONCLUSIONES	84
	RECOMENDACIONES	85
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
	ANEXOS.....	90
	Anexo 01: Matriz de consistencia	90
	Anexo 02: Plan de implementación de un programa de mantenimiento preventivo	91
	Anexo 03: Mantenimiento de chancadora de quijada	109
	Anexo 04: Mantenimiento de chancadora cónica	110
	Anexo 05: Mantenimiento de zaranda vibratoria.....	110
	Anexo 06: Mantenimiento de molino de bolas	111
	Anexo 07: Mantenimiento de hidrociclones	111
	Anexo 08: Mantenimiento de zaranda de alta frecuencia ZAF	112
	Anexo 09: Mantenimiento de bomba de lodos.....	112
	Anexo 10: Mantenimiento de celdas WS	113
	Anexo 11: Mantenimiento de celdas OK.....	113
	Anexo 12: Mantenimiento de celdas SP-18, SP-24	114

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Matriz de operacionalización de variables.....</i>	29
Tabla 2	<i>Muestra de equipos</i>	46
Tabla 3	<i>Horas de operación y tonelaje de mineral tratado. Diciembre 2022</i>	50
Tabla 4	<i>Horas de operación, paradas de la planta concentradora y causas, diciembre 2022 ..</i>	51
Tabla 5	<i>Horas de parada por reparación y/o mantenimiento de equipos, diciembre 2022</i>	52
Tabla 6	<i>Horas de parada de los equipos de planta concentradora por reparación y/o manteamiento.....</i>	53
Tabla 7	<i>Horas de reparación y/o mantenimiento de equipos y porcentaje de inoperatividad de equipos, diciembre 2022</i>	55
Tabla 8	<i>KPI de horas de operación de la planta concentradora, diciembre 2022.....</i>	56
Tabla 9	<i>Producción de concentrado cobre en el mes de diciembre 2022</i>	58
Tabla 10	<i>Programa de mantenimiento preventivo de inspección, limpieza y lubricación.....</i>	68
Tabla 11	<i>Programa de mantenimiento correctivo, cambio y/o reparación de componentes y repuestos.....</i>	69
Tabla 12	<i>Horas de operación y tonelaje de mineral tratado, febrero 2023.....</i>	70
Tabla 13	<i>Horas de operación, paradas de la planta concentradora y causas, febrero 2023. ...</i>	71
Tabla 14	<i>Horas de parada por reparación y/o mantenimiento de equipos, febrero 2023</i>	72
Tabla 15	<i>Horas de parada de los equipos de planta concentradora por reparación y/o manteamiento.</i>	73
Tabla 16	<i>Horas de reparación y/o mantenimiento de equipos y porcentaje de inoperatividad de equipos, febrero 2022</i>	75
Tabla 17	<i>KPI de horas de operación de la planta concentradora, febrero 2023.....</i>	76
Tabla 18	<i>Producción de concentrado cobre en el mes de febrero 2023.....</i>	77
Tabla 19	<i>Diferencia de costo de producción de concentrado de cobre por mes</i>	79
Tabla 20	<i>Producción de concentrado de cobre y costo por tonelada, Diciembre 2022</i>	81
Tabla 21	<i>Producción de concentrado de cobre y costo por tonelada, Febrero 2023.....</i>	82
Tabla 22	<i>Diferencia de producción de concentrado de cobre por mes.....</i>	82
Tabla 23	<i>Diferencia de costo de producción de concentrado de cobre por mes</i>	83

Índice de figuras

Figura 1	<i>Área del proceso de chancado de mineral</i>	39
Figura 2	<i>Área del proceso de molienda de mineral</i>	40
Figura 3	<i>Área del proceso de flotación de mineral</i>	41
Figura 4	<i>Área del proceso de filtrado de concentrado</i>	42
Figura 5	<i>Flow sheet (diagrama de flujo) de la planta concentradora</i>	48
Figura 6	<i>Horas de parada de equipos de planta concentradora durante el mes de diciembre 2022</i>	54
Figura 7	<i>Tonelaje de tratamiento de mineral por mes durante el año 2022</i>	57
Figura 8	<i>Balance metalúrgico ejecutado del mes de diciembre 2022</i>	59
Figura 9	<i>Balance metalúrgico programado del mes de diciembre 2022</i>	59
Figura 10	<i>Formato de Check List para chancadora cónica</i>	61
Figura 11	<i>Formato de Check List para molinos</i>	62
Figura 12	<i>Formato de Check List para celdas de flotación SP 24</i>	63
Figura 13	<i>Formato de Check List para celdas de flotación WS 8'x8' y WS 6'x6'</i>	64
Figura 14	<i>Formato de Check List para celdas de flotación OK 10</i>	65
Figura 15	<i>Formato de Check List para Zaranda de Alta Frecuencia ZAF</i>	66
Figura 16	<i>Formato de Check List para hidrociclones</i>	67
Figura 17	<i>Horas de parada de equipos de planta concentradora durante el mes de febrero 2023</i>	74
Figura 18	<i>Balance metalúrgico ejecutado del mes de febrero 2023</i>	78
Figura 19	<i>Balance metalúrgico programado del mes de febrero 2023</i>	78

RESUMEN

La presente tesis titulada *Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en la planta concentradora de una empresa minera, Áncash 2022* tuvo como objetivo la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para eliminar o reducir las paradas de los equipos de la planta concentradora para mejorar la disponibilidad operativa con la finalidad de incrementar la productividad de una empresa minera.

La metodología que se aplicó ha sido de tipo y nivel de investigación básica aplicada y explicativo y con diseño y enfoque de investigación experimental mixto, donde la población fue los equipos de todos los procesos de la planta concentradora y la muestra fue los equipos del proceso de chancado y molienda por ser los más críticos.

La técnica que se utilizó para la recopilación de información fue la observación y la entrevista, y como instrumento se usó la ficha de observación y la guía de entrevista.

Los resultados obtenidos de la implementación del programa de mantenimiento preventivo incrementaron la disponibilidad operacional de los equipos y redujeron, considerablemente, las horas de parada por problemas mecánicos o por problemas de operación. Por consecuencia, se tuvo mayor producción de concentrado de cobre con contenido de plata en la planta concentradora. La aplicación del programa de mantenimiento preventivo permitió reducir, considerablemente, las paradas constantes que tenían los equipos de la planta concentradora, lo que incrementa así las horas de operación de 77.15% a 95.16% y el tonelaje de tratamiento de mineral promedio de 654.797 a 817.69 toneladas de mineral por día. Esto logra, finalmente, el incremento de la productividad de concentrado de cobre con contenido de plata en la empresa minera de 13.307 a 16.081 toneladas de concentrado por día.

Palabras clave: Programa, mantenimiento, preventivo, productividad, disponibilidad, equipos

ABSTRACT

The research work entitled IMPLEMENTATION OF A PREVENTIVE MAINTENANCE PROGRAM TO INCREASE PRODUCTIVITY IN THE CONCENTRATOR PLANT OF A MINING COMPANY, ÁNCASH 2022 had as its objective the implementation of a preventive maintenance program to eliminate or reduce plant equipment stoppages. concentrator to improve operational availability in order to increase the productivity of a mining company.

The methodology that was applied has been of the type and level of applied and explanatory basic research and with a mixed experimental research design and approach, where the population was the equipment of all the processes of the concentrator plant and the sample was the equipment of the crushing and grinding as being the most critical.

The technique used to collect information was observation and interview and the observation sheet and interview guide were used as instruments.

The results obtained from the implementation of the preventive maintenance program increased the operational availability of the equipment, considerably reducing the hours of downtime due to mechanical problems or operational problems and, consequently, there was greater production of copper concentrate with silver content in the plant. concentrator. The application of the preventive maintenance program made it possible to considerably reduce the constant stops that the concentrator plant equipment had, thus increasing the operating hours from 77.15% to 95.16% and the average ore treatment tonnage from 654,797 to 817.69 tons of ore per day finally achieving an increase in the productivity of copper concentrate with silver content in the mining company from 13,307 to 16,081 tons of concentrate per day.

Keywords: Program, maintenance, preventive, productivity, availability, equipment.

INTRODUCCIÓN

La productividad de las empresas está ligada íntimamente con las horas de operación de sus instalaciones, ya que de esto depende la cantidad productividad. Las plantas concentradoras de las empresas mineras están sujetas a las horas de operaciones que tienen diariamente para lograr una buena producción: a más horas de operación se tendrá más producción. Cabe resaltar que las plantas concentradoras tienen una operación continua de 24 horas y 7 días a la semana.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal implementar un programa de mantenimiento preventivo para eliminar o minimizar las horas de paradas que tienen los equipos de la planta concentradora de una empresa minera para lograr incrementar la productividad de concentrado de cobre con contenido de plata.

La problemática en la empresa minera radica que en el área de planta concentradora donde solo se viene utilizando del 70 % a 73 % de toda la capacidad instalada. La capacidad instalada de la planta concentradora es de 900 toneladas métricas secas por día (TMSD) de tratamiento o procesamiento de mineral y solo se está logrando procesar 654.797 TMSD de mineral, que genera una baja producción de concentrado de cobre por constantes paradas que tiene la planta concentradora a causa de la inoperatividad de los equipos por fallas mecánicas o de operación.

Por tal razón, se busca realizar la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad operativa de los equipos eliminando o minimizando las paradas intempestivas y prolongadas por varias horas o días, de los equipos de los diferentes procesos de la planta concentradora.

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad se encargará de mantener y controlar los equipos de planta concentradora para detectar anomalías que afectan la disponibilidad operativa de los equipos y, también, afectan la productividad de la empresa minera. Dentro del contenido, se consideró lo siguiente:

Capítulo I, “Planteamiento del estudio”, muestra detalladamente el planteamiento del problema, objetivos generales, objetivos específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de variables.

Capítulo II, “Marco teórico”, está conformado por el marco teórico donde se describe los antecedentes de estudios realizados anteriormente referente al tema de la tesis, así, también, conceptualiza y explica los términos necesarios para entender el trabajo de investigación.

Capítulo III, “Metodología”, está compuesta por la metodología, alcance y diseño de la investigación, la población, la muestra utilizada, técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de datos.

Capítulo IV, “Diagnostico, análisis y resultados”, se presentan los requerimientos y resultados del tratamiento y análisis de la información e implementación y discusión de los resultados. Finalmente, se determinan las conclusiones y las recomendaciones del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel internacional, las empresas mineras se desarrollan en entornos de gran competitividad siendo necesaria la innovación, mejora e implementación de métodos que ayuden a optimizar la productividad con el menor costo posible principalmente en insumos, materiales y equipos. Esto se debe a que sus procesos de producción se realizan de forma continua. Es decir, la productividad depende de la disponibilidad operativa que tienen los equipos para realizar un trabajo continuo de lo contrario los gastos operativos serían mayores que el costo de producción.

Situación similar se replica en nuestro país, tal es el caso de la empresa Minera Antamina, que incrementó en un 3.7% la producción de cobre, logro que se debe a la implementación e innovación de métodos desde el año 2021 como la metodología “Agile” que ha permitido la recopilación de datos para poder determinar si los equipos están trabajando en su real capacidad en la operación, e identificar cuellos de botella, oportunidades de mejora y, en paralelo, generar la arquitectura de datos en la nube (VALDIVIA LOZADA, y otros, 2023).

En la ciudad de Áncash, se encuentra una empresa minera dedicada a la producción de concentrado de cobre, la misma que realiza operaciones de procesamiento de minerales de cobre y plata en la planta concentradora. En los últimos meses, se realizaron pruebas metalúrgicas al mineral obteniéndose muy buenos resultados que tendrían un impacto económico positivo en la empresa teniendo en cuenta que el precio de los metales, en especial el cobre, se ha ido elevando considerablemente. Para aprovechar el incremento del precio del cobre en el mercado, se ha decidido realizar estudios técnicos a los equipos de la planta concentradora donde se ha identificado una serie de problemas tanto mecánicos como operativos, siendo uno de ellos las constantes paradas de los equipos por mantenimiento, reparación y/o deficiente operación en los equipos de chancado, molienda y flotación presentando muchas horas de paradas por problemas mecánicos, y por deficiente operación debido al uso inadecuado por parte de los operadores de estos equipos. Generó una disminución de la capacidad instalada de la planta concentradora, en un 35 % a 40 %, que perjudica así la productividad. Cabe resaltar que la capacidad instalada de la planta concentradora es de 900 Toneladas Métricas Secas por Día (TMSD) y, actualmente, solo se trabaja con 660 Toneladas Métricas Secas por Día (TMSD) por las razones ya mencionadas.

Según los reportes de operaciones de la planta concentradora de la empresa minera, se puede evidenciar que, casi todos los días, se tienen paradas durante las operaciones y la principal causa es por reparación y/o mantenimiento de los equipos del proceso de chancado o molienda por fallas mecánicas o de operación. Ello afecta estas paradas la productividad de manera considerable, las que provocan que solo se utilice el 60% de la capacidad instalada de la planta el cual es de 900 TMSD.

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la planta concentradora de la empresa minera es la propuesta que evitará que los equipos tengan paradas constantes o queden inoperativos por varias horas o por varios días perjudicando el proceso de la planta y reduciendo la capacidad de tratamiento de mineral. Por ende, la productividad, de este modo, permitirá usar el 100% de la capacidad instalada de la planta para lograr así mayor producción de concentrado de cobre con contenido de plata.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cómo implementar un programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en la planta concentradora de una empresa minera, Áncash 2022?

1.2.2. Problema Específicos

- ¿Cuál será el resultado de realizar un diagnóstico a los equipos de la planta concentradora para incrementar la productividad en una empresa minera, Áncash 2022?
- ¿Cómo se analizará el índice de efectividad en cuanto a la capacidad y horas de operación de los equipos para incrementar la productividad en la planta concentradora en una empresa minera, Áncash 2022?
- ¿Cuál será el impacto de implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la planta concentradora en una empresa minera, Áncash 2022?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Implementar un programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en la planta concentradora en una empresa minera, Ancash 2022

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el adecuado diagnóstico a los equipos para incrementar la productividad de la planta concentradora en una empresa minera, Áncash 2022
- Realizar un análisis del índice de efectividad en cuanto a la capacidad y horas de operación de los equipos para incrementar la productividad de la planta concentradora en una empresa minera, Áncash 2022
- Determinar el impacto de implementar un programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la planta concentradora en una empresa minera, Áncash 2022

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La implementación de un programa de mantenimiento en la planta concentradora permitirá minimizar las paradas de los equipos por mantenimiento o reparación para lograr aprovechar la máxima capacidad instalada de la planta concentradora, lo que incrementará la producción de la empresa. Por lo tanto, tendrá un impacto económico favorable.

La baja ley del mineral y el incremento de los precios de los metales en especial del cobre obligan a incrementar el tonelaje de mineral a procesar para obtener una producción de cobre con contenido de plata que justifique los gastos operativos. De esta manera, se reducirán los costos y ampliarán nuestras ganancias, que permita seguir operando los equipos de manera eficiente.

1.4.1. Justificación Teórica

En el desarrollo del trabajo de investigación, se realiza para diagnosticar y hacer un análisis preventivo, predictivo y correctivo para obtener datos e información de los equipos de la planta concentradora que ayudará a mejorar y/o corregir los principales problemas que afectan la operación continua de los equipos que impiden llegar a la máxima capacidad instalada de la planta.

Con los datos obtenidos, también, se espera realizar mejoras continuas en la planta concentradora y, también, proyecciones a mediano, corto o largo para seguir incrementando la producción a futuro, porque la productividad de la empresa minera depende de la disponibilidad operativa de todos los equipos los cuales deben trabajar de forma continua diariamente. Es decir, los equipos deben estar operativos las 24 horas del día.

1.4.2. Justificación Práctica

La investigación se realiza teniendo conocimiento de los problemas que, actualmente, se presenta en la planta concentradora con los equipos que no vienen trabajando en cuanto a disponibilidad operativa y horas de operación que se requiere, ya sea por el uso deficiente de los operadores o por problemas mecánicos.

Considerando esta necesidad este trabajo de investigación, tiene finalidad implementar un programa de mantenimiento para minimizar las paradas de los equipos durante las operaciones para lograr de esta manera incrementar la productividad de concentrado de cobre. La disponibilidad operativa de los equipos es importante, porque solo, de esta forma, se logrará mejorar la productividad.

1.4.3. Justificación Metodológica

Para lograr reducir las paradas de los equipos en la planta concentradora y aumentar la producción de concentrado en el presenta trabajo de investigación, se empleará técnicas y estrategias de control, verificación y predicción como los Check List, programas de mantenimiento, control de vida útil de equipos y la disposición de repuestos para prevenir. Asimismo, se minimizará el mantenimiento innecesario, así como no programados que provocan las paradas consecutivas, y prolongadas de los equipos de la planta concentradora que afectan la operación continua y por ende la producción de concentrado de cobre.

1.4.4. Justificación Social

Para incrementar la producción de concentrado de cobre con el presente trabajo de investigación, se implementará un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta concentradora, lo que significa que la empresa minera tendrá mayores ganancias. Esto no solo beneficia a la empresa minera sino también a los trabajadores en cuanto a utilidades y sueldos y, también, beneficiará el Estado, que obtendrá mayores tributos e impuestos que tendrá que pagar la empresa minera.

1.4.5. Justificación Ambiental

Con la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la planta concentradora, se logrará tener una operación más continua y reducir las constantes interrupciones por reparación o mantenimiento de los equipos. Finalmente, habrá una mejor planificación y prevención para programar paradas de los equipos que requieran mantenimiento preventivo y correctivo, y, también, se tendrá una operación adecuada y correcta de los equipos

por parte de los operadores evitando así paralizaciones intempestivas por problemas mecánicos o por deficiente operación.

Teniendo un mejor control de las paradas intempestivas de los equipos de la planta concentradora, ya sea por problemas mecánicos o deficiente operación, se evitarán derrames en grandes cantidades del mineral en forma de pulpa que está en pleno proceso y contiene reactivos químicos, porque es casi imposible de controlar estos derrames ocasionados por detenimientos intempestivos de los equipos, que lleguen a tener contacto con el medio ambiente y provocar un impacto ambiental negativo.

1.5. DELIMITACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Delimitación temporal

El estudio de este trabajo de investigación se desarrolló entre los meses de enero a diciembre del 2022, obteniendo y recolectando datos limitados temporalmente.

1.5.2. Delimitación espacial

El estudio de este trabajo de investigación se desarrolló en el área de producción de planta concentradora de una empresa minera dedicada a la explotación y producción de mineral de cobre con contenido de plata ubicado en el departamento de Áncash, provincia de Huaraz, distrito de Pira.

1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Hipótesis general

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo permitirá el incremento de la productividad de la planta concentradora en una empresa minera, Áncash 2022.

1.6.2. Hipótesis Específica

- Realizar un adecuado diagnóstico a los equipos de la planta concentradora permitirá incrementar la productividad de una empresa minera, Áncash 2022.
- Realizar el análisis del índice de efectividad en cuanto a la capacidad y horas de operación de los equipos de la planta concentradora incrementará la productividad en una empresa minera, Áncash 2022.

- La implementación de un programa de mantenimiento preventivo para determinar el impacto en el uso de los equipos de la planta concentradora incrementará la productividad en una empresa minera, Áncash 2022.

1.7. VARIABLES

1.7.1. Descripción de variables

- **Variable independiente:** Implementación de un programa de mantenimiento preventivo
- **Variable dependiente:** Productividad

1.7.2. Operacionalización de variables

Tabla 1*Matriz de operacionalización de variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Implementación de un programa de mantenimiento preventivo.	Según GALARZA CURISINCHE (2021), el programa de mantenimiento preventivo es el proceso en donde se identifica las partes y se controla el estado de los equipos, el cual nos ayudara a recolectar información de las fallas, anomalías y defectos que causan las paradas de los equipos que afectan la productividad, así como la calidad del producto y las pérdidas de materiales e insumos.	Diagnóstico de equipos.	Estado en que se encuentran los equipos.	Check List
		Plan de mantenimiento de equipos.	Tiempo de vida útil de los equipos.	Cronograma de mantenimiento.
Variable Dependiente: Productividad.	Según GALARZA CURISINCHE (2021), la productividad es el producto de la medición de los resultados obtenidos y los recursos utilizados durante el proceso de producción, la productividad se puede medir en unidades o monetariamente, cuando la productividad tiene un efecto negativo o positivo se debe a la forma de cómo se está usando los recursos durante el proceso de producción.	Capacidad de equipos.	Índice de efectividad.	$KPI = \frac{\text{Cap. Instalada}}{\text{Cap. Actual}} \times 100\%$
		Horas de operación de equipos.	Índice de efectividad.	$KPI = \frac{\text{Hrs. Dia}}{\text{Hrs. trabajadas}} \times 100\%$

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. Antecedentes Artículos Científicos

Según PILLADO PORTILLO y otros (2022), en su artículo científico titulado “Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas”, el sistema de mantenimiento preventivo tiene que ver con todas aquellas actividades relacionadas con el mantenimiento del buen estado de los equipos. Actualmente, es necesario establecer un sistema de mantenimiento preventivo para minimizar las fallas mecánicas de los equipos y máquinas. Este estudio demuestra que un sistema de mantenimiento preventivo es necesario para las industrias, porque muestra los procedimientos para lograr buenos resultados, por ejemplo, una empresa que fabrica productos médicos. Se logró demostrar que, implementando el sistema de mantenimiento preventivo, se optimizó el tiempo de fallas de 1176 horas a 1699 horas. Asimismo, se eliminan las diferencias entre programas de 79.5 horas a 17 horas. Este artículo científico nos muestra la relación entre los elementos que actúan en el mantenimiento preventivo como las técnicas de mantenimiento, rendimiento de los equipos, estandarización de procedimientos, limitaciones y resultados.

Según BALLESTEROS SANABRIA y otros (2020), en el artículo de la revista matices tecnológicos denominado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo del proceso de trituración para la industria minera”, se muestra un diseño de un mantenimiento planificado preventivo con el propósito de llevar un idóneo control de la operatividad y disponibilidad de los equipos del proceso de reducción de tamaño del mineral y brindar soporte al área de mantenimiento que aún no cuenta con herramientas e instrumentos que ayuden al orden, clasificación y sistematización de la información de un plan de mantenimiento. Un plan de mantenimiento no se debe considerar como una inversión o gasto innecesario, sino como un beneficio que involucra a toda la empresa si se aplica correctamente.

Según VERA ZAMBRANO y TORRES RODRÍGUEZ (2021), en su artículo de la revista científica Ingeniar titulado “Pautas de un programa de mantenimiento y su importancia en el proceso agroindustrial”, se presenta la problemática de la agroindustria

en cuanto a la uso de las máquinas y equipos que aún siguen trabajando después de haber cumplido su vida útil tan solo realizando actividades para corregir fallas. Considerando esta problemática, se realiza un estudio de la importancia del mantenimiento industrial a través de la revisión de documentos de 54 fuentes de información como artículos científicos, libros y trabajos de investigación para fundamentar, argumentar y sustentar la importancia de implementar un plan de mantenimiento industrial teniendo en cuenta las siguientes variables: organización, programación, control, fallas, capacitación, costos, productividad, entre otros. En este artículo científico, se llega a la conclusión de que dentro de los procesos de producción se debe considerar el mantenimiento de máquinas y equipos como una herramienta vital para la producción de productos y bienes industriales.

Según MAGO RAMOS y otros (2020), en el artículo científico denominado “Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo a los equipos del proceso de producción en la empresa EQUIACEROS SAS”, en la empresa Equiaceros SAS, se implementó un programa de mantenimiento preventivo y predictivo para los equipos que se usan en el proceso de producción y tienen en cuenta el análisis de la información de los equipos como histórico de fallas, funcionamiento, tiempo de operación se propuso el modelo de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM) para un mejor análisis y toma de decisiones en el comportamiento de los equipos durante los procesos para mejorar la productividad y reducir costos. La metodología empleada fue el de Análisis De Modo y Efecto de Fallas (AMEF), la cual consiste en priorizar y clasificar los equipos, fallas y la determinación del Número de Prioridad de Riesgo (NPR), para, finalmente, elaborar e implementar un programa de mantenimiento que permitirá controlar, evaluar la operatividad de los equipos reduciendo las paradas, y mejorando la eficiencia de los servicios que brinda la empresa Equiaceros SAS.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Según GODOY T. (2021), en su trabajo de tesis *Programa de mantenimiento para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de ingeniería industrial de la Universidad Valle del Momboy*, presentada en Venezuela, tiene en cuenta la necesidad de controlar los equipos del laboratorio de Ingeniería Industrial, para prolongar la vida útil y evitar tiempos muertos de su equipo. El objetivo es diseñar un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de sus equipos. El tipo de estudio en el que se basa es proyectivo, porque es una propuesta de diseño no

experimental que utiliza técnicas y herramientas como como entrevistas, revisión y análisis de documentación, observación directa, guías de entrevista, escalas de opinión, hojas de datos, resúmenes de equipos, condiciones de falla y diagramas de causa, y efecto para la recopilación de datos, así cuando se obtienen resultados para establecer recomendaciones para reducir y evitar errores, y eventos no planificados en los equipos, para mejorar así la eficiencia, confiabilidad y disponibilidad.

Según FLORES LOPÉZ (2020), en su trabajo de investigación presentado en la Universidad del Desarrollo de Chile, denominado *Mejora continua: propuesta de proceso para la formulación de proyectos por metodología DMAIC*, donde el objetivo es proponer un enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para la mejora continua de los procesos de producción de cobre en la planta de la Compañía Minera Ojos, el tipo de investigación utilizado fue mixta que consiste que incluye la recopilación y análisis de datos cuantitativos y cualitativos con un enfoque en la investigación de acción como parte del diseño exploratorio. La implementación del método DMAIC ha resultado en un aumento del 3% en la producción de cobre, y concluye así que la metodología DMAIC puede adaptarse a las plantas concentradoras de las pequeñas, medianas y grandes empresas mineras para mejorar sus procesos y su productividad.

Según BERNAL, SOCHA (2021), en su trabajo de tesis *Propuesta de programa de mantenimiento planificado para equipos de laboratorio Quibi*, sustentado en la Universidad ECCI en Bogotá, Colombia, tuvo como objetivo elaborar una propuesta de mantenimiento planificado para garantizar el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipos, ya que, en la actualidad no se cuenta con técnicas de mantenimiento eficaces que identifiquen y eviten las causas que provocan las paradas no programadas de los equipos, el tipo de investigación empleado es de tipo “estudio del caso”, el cual consiste en la recolección de datos de diferentes fuentes como tesis, artículos, textos entre otros. Los resultados alcanzados, a partir de la recolección de datos, pudieron identificar que hay equipos que afectan al proceso normal para los cuales se realizó una matriz de criticidad determinando, así que el análisis de fallas es muy importante para prevenir y aumentar la confiabilidad, y disponibilidad de los equipos y máquinas del laboratorio

Según CAMPOS, ALARCÓN (2020), en su tesis de investigación titulada *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la optimización del proceso en el área de producción, COMERCIALIZADORA KETER S.A. DE C.V.*, presentado en el

Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, en el país de México, tiene como objetivo el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo en el área de producción de la planta realizando un prototipo de semáforo de cuatro colores para optimizar los recursos de la empresa y advertir mediante colores las necesidades operativas de las 170 máquinas que operan en la empresa con la finalidad de realizar instructivos de especificaciones para la instalación y uso adecuado de más máquinas, el tipo de investigación aplicado en este trabajo de investigación es la explicativa para determinar causas y consecuencias, cuantitativa para el estudio y análisis de información recolectada y aplicada, porque se buscarán mecanismos o estrategias que permitan lograr el objetivo.

2.1.3. Antecedentes Nacionales

Según GALARZA, CURISINCHE (2021), en su trabajo de investigación titulado, *Implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la línea de producción de moldes de panetón para el incremento de la productividad en la empresa Multimoldes S.A.C. – 2018*, presentando en la Universidad del Callao (Perú). Se utilizó un diseño de estudio cuasiexperimental, en el que se estudiaron los datos de las órdenes de trabajo en dos grupos, pre implementación y post implementación de un programa de mantenimiento preventivo. Los resultados del uso del programa SPSS muestran que la productividad aumentó un 20,97%, la eficiencia aumentó un 16,20% y la eficiencia aumentó un 7,18% después de implementar el programa de mantenimiento. La investigación concluyó que la implementación de mantenimiento preventivo en la línea de producción de moldes para panetón de la empresa Multimoldes S.A.C. aumenta la productividad.

CHACÓN, LEÓN (2020), en su tesis *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de los equipos de chancado secundario en una empresa minera*, presentada en la Universidad Peruana los Andes en la ciudad de Huancayo, Perú, determinó el impacto que genera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la productividad de los equipos del proceso de chancado secundario, que presenta como método de investigación tipo aplicativo con nivel descriptivo explicativo y con diseño cuasi experimental, las técnicas utilizadas es la observación, análisis de documentos y la entrevista. Los instrumentos usados para la recolección de información fueron la ficha de registro, orden de trabajo, reporte de programas, cuestionarios y análisis de datos estadísticos, para determinar la productividad de la empresa. Se establece el análisis de datos en un período de 24 horas de eficiencia y eficacia de las cuales se obtuvo información de horas de operación de máquinas ejecutado y estimado, producción

ejecutado y estimado, disponibilidad y confiabilidad de equipos, horas de operación real, número de fallas donde, finalmente, se demostró que la productividad incremento de un 82.98% a 87.54%.

CRUZ, AGUSTÍN (2019) sustenta en su trabajo de investigación denominado *Propuesta de implementación un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de equipos en el área de chancado de la planta concentradora*, presentando en la universidad Continental (Huncayo), tiene como objetivo establecer los resultados del uso de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos del área chancado de la planta Amistad de Morococha de la Compañía Minera Argentum S.A. Para ello, se utiliza el método tecnológico, y como método general un diseño del prototipo tecnológico. Los resultados de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo son la mejora de la disponibilidad de los equipos. Para lograr estos resultados, se debe contar con los servicios de empresas especializadas en análisis de parámetros de operación y procesos. Según la revisión del Plan de Inversiones de la Empresa (PIE), es importante el análisis y la comparación de cómo se genera los altos costos de reparación y compra de repuestos para luego evitar reparaciones recurrentes de los equipos y buscar su reposición cuando hayan cumplido el tiempo de vida útil estimado.

Según MEDINA UEMA (2022), en su tesis *Distribución de planta y mejora de procesos mediante el mantenimiento preventivo para aumentar la productividad en una empresa agroindustrial en el distrito de chao, 2020*, sustentado en la Universidad Señor de Sipán en la ciudad de Trujillo, Perú, tuvo como objetivo incrementar la productividad en una empresa agroindustrial que utiliza herramientas de la ingeniería industrial como una adecuada distribución de planta y la implementación de un programa de mantenimiento preventivo. Esta investigación es de tipo descriptivo propositiva el cual hace uso de un conjunto de técnicas para analizar, diagnosticar y solucionar los problemas que afectan la productividad de la empresa de manera cuantitativa. Las herramientas usadas fueron la metodología SLP para la elaboración de un esquema de distribución adecuado de la planta y la otra herramienta fue el plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos y máquinas. Los resultados finales, tras la aplicación de la propuesta, fue el incremento de la productividad de 66.48% a 86.76%.

2.1.4. Antecedentes Locales

Según ORELLANA HUAMÁN (2020), en su trabajo de investigación *Implementación de un plan de mejoras basadas en el TPM (Mantenimiento Productivo Total) en el área de producción en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa – Huaraz – Áncash 2019*, publicado en la casa de estudios Universidad Privada del Norte, es necesario la implementación de un plan enfocado en el Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad de la empresa Minera Huínac S.A.C. , con este plan de mejora se lograría la mejor productividad de los equipos y máquinas con beneficios para la empresa en cuanto a costos, mediante el uso de herramientas y actividades provistas de diversos métodos de la Ingeniería Industrial y con la gestión e implementación del plan mantenimiento se logró el incremento de la eficiencia global de la planta en un 90.64%, del cual un 5.78% se debió al TPM y los ingresos aumentaron en 8.20%.

Según CARLOS CAMPOS y SANTIESTEBAN CARY (2022), en su trabajo de investigación llamado *Incremento de la productividad mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa San Lucas S.A.C. Chimbote – 2022*, sustentado en la casa de estudios Universidad Cesar Vallejo (Chimbote, Áncash), tuvo como objetivo la cuantificación o valoración de la productividad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. El tipo de investigación usado es la aplicada con diseño preexperimental. Las técnicas e instrumentos utilizados son la observación y la ficha de recolección de datos, con respecto a la población y muestra fue no probabilístico, donde se considera las cuatro máquinas que tiene la empresa. Para el análisis y diagnóstico de las máquinas, se hace uso de herramientas de calidad, determinación de indicadores y criticidad, programa de actividades y elaboración del programa del mantenimiento preventivo. Con respecto a los resultados, se logró incrementar la eficacia de 86.20% a 93.30%, eficiencia de 74.40% a 91.80% y la productividad de 64.10% a 85.70%.

CAMPOS ESQUEN y RUÍZ RUÍZ (2020), en su tesis titulada *Mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los camiones mineros de una empresa minera ubicada en la región Áncash*, presentado en la Universidad Privada del Norte, tiene como objetivo mejorar el plan de mantenimiento preventivo para incrementar la vida útil de los repuestos o componentes que presentan mayor cantidad de fallas las cuales se determinaron mediante la elaboración de un registro de tareas de

acuerdo a las indicación del fabricante y de especialistas. En el estudio, el tipo de investigación es la aplicada, explicativa, cuasi experimental y cuantitativa. En el diagnóstico de los vehículos, se evidencia diferentes fallas que afectan la disponibilidad hasta en un 88%. Los resultados obtenidos con la mejora de programa de mantenimiento fue el incremento de la utilización hasta en un 94.84%, la operatividad incremento en un 97.20% y la disponibilidad se incrementó en un 97.09%.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Programa de Mantenimiento

Según GALARZA CURISINCHE (2021), el programa de mantenimiento preventivo es el proceso en donde se identifica las partes y se controla el estado de los equipos, el cual nos ayudara a recolectar información de las fallas, anomalías y defectos que causan las paradas de los equipos que afectan la productividad, así como también la calidad del producto y las pérdidas de materiales e insumos.

2.2.2. Productividad

De acuerdo con MORRIS MOLINA (2020), la productividad es una parte muy importante para sostener la competitividad de las empresas, la producción se relaciona con los recursos empleados para generar bienes y servicios con calidad y cantidad deseada. Estos recursos que se emplean en los procesos de producción pueden ser operadores, empleados, materiales, insumos, equipos, máquinas, etc. Teniendo en cuenta ello, la Ingeniería es una de las áreas que tiene las herramientas, conocimientos, habilidades y competencias necesarias para poder cumplir el rol de causar un impacto positivo en el incremento de la productividad. Ello logrará tener la capacidad de dominar técnicas y la tecnología, que son necesarias para la innovación y el desarrollo de las organizaciones. La necesidad de optimizar los diferentes procesos de manufactura, servicios y bienes obligan que la ingeniería se enfoque en la utilización de modelos que ayuden a mejorar la productividad.

Para medir el indicador de gestión KPI de la producción se calcula utilizando la siguiente formula:

$$KPI \text{ Producción} = \frac{\text{Producción programado}}{\text{Producción ejecutado}} \times 100\%$$

2.2.3. Indicadores de Gestión (KPI)

De acuerdo con CCARI y otros (2020), los indicadores de gestión es la formulación cualitativa y cuantitativa que permite identificar los comportamientos y fenómenos del estado actual en que se desarrolla una o más variables de modo que, si se comparan con datos anteriores, productos y proyecciones o metas establecidas, facilite evaluar la ejecución y evolución en el tiempo de estas variables.

$$INDICADOR\ KPI = \frac{Resultados\ de\ la\ medición}{Meta\ establecida\ para\ la\ variable} \times 100\%$$

2.2.4. Efectividad

Según DE LA CRUZ y otros (2021), la efectividad es la cuantificación cuando se llega a una objetivo o meta de acuerdo con determinados parámetros y normas, se debe tener en cuenta que la efectividad puede ser igual a la eficacia si se trata de la capacidad de obtener un impacto o efecto que se desea, pero teniendo en cuenta que la efectividad es algo fehaciente y comprobable no solo tiene la capacidad de lograr un impacto positivo y esperado sino también lo cuantifica y lo realiza.

Para medir este indicador de gestión KPI de efectividad se utilizan las siguientes formulas:

Horas de operación de equipos:

$$KPI\ Horas\ Operación. = \frac{Horas\ de\ operación\ programados}{Horas\ de\ operación\ ejecutadas} \times 100\%$$

Capacidad de equipos:

$$KPI\ Capacidad\ de\ Equipos = \frac{Capacidad\ total\ de\ equipo}{Capacidad\ utilizada} \times 100\%$$

2.2.5. Capacidad Instalada

Según GÓMEZ (2022), la capacidad instalada es aquella capacidad que tiene una un sección o proceso de una empresa de producir algo en grandes cantidades durante un determinado tiempo o periodo considerando los recursos disponibles con los que se cuenta, ya sea materiales, equipos, máquinas, instalaciones, mano de obra, tecnología, entre otros.

El indicador de gestión KPI de la capacidad instalada se mide utilizando la siguiente formula:

$$KPI \text{ Capacidad Instalada} = \frac{\text{Capacidad instalada}}{\text{Capacidad Utilizada Actual}} \times 100\%$$

2.2.6. Disponibilidad

Según FLORES y otros (2020), la disponibilidad es cuando un equipo se encuentra en la capacidad de estar operativo el mayor tiempo posible según se requiera o se planifique para un trabajo o proceso. Actualmente, las empresas, en su mayoría, no planifican u programan mantenimientos a sus equipos, ya sea preventivo o correctivo, ya que de esto depende la disponibilidad operativa de los equipos. La disponibilidad de su equipo se determina con la cantidad de horas que se encuentra funcionando dentro de un determinado periodo.

El indicador de gestión KPI de la disponibilidad se mide utilizando la siguiente formula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de mantenimiento}}{\text{Horas Totales}} \times 100\%$$

2.2.7. Mantenimiento Preventivo

De acuerdo con CCARI y otros (2020), el mantenimiento preventivo son las prácticas y acciones que realizan para planificar y programar inspecciones, trabajos, limpieza, reparaciones, ajustes, calibraciones, lubricaciones, etc., de forma constante, cada cierto tiempo o periodo para que se establezca un plan de mantenimiento según lo requiera los procesos u operaciones de los equipos o máquinas.

2.2.8. Planta Concentradora

Es una instalación industrial que está compuesta por una serie de equipos en cadena y están ubicadas de acuerdo con un diagrama de flujo, En esta, los minerales son procesados para obtener uno o más productos valiosos los cuales se les conoce como concentrado. También, se obtiene otro producto final no valioso conocido como relave (PATIÑO FRANCO, 2019).

2.2.9. Proceso de chancado

Según CRUZ SALDAÑA (2020), el proceso de chancado es la fase en donde el mineral proveniente de mina de gran tamaño ingresa al chancado primario para ser

reducido de tamaño, seguidamente, ingresa a un chancado secundario donde se reduce a medidas mucho más pequeñas y, por medio de fajas transportadoras, es llevado y almacenado en tolvas metálicas para luego ser llevados a proceso de molienda.

Figura 1

Área del proceso de chancado de mineral



Fuente: Planta concentrado de la empresa minera, Ancash 2022.

2.2.10. Proceso de molienda

Según HILARIO SUAZO (2022), el proceso de molienda es la reducción a tamaños muy finos de 30 a 40 micras del mineral que proviene de la etapa de chancado que, mediante fajas transportadoras, se alimenta a molinos primarios y con bombas de lodos a molinos secundarios y, de ser necesario o según lo requiera el proceso, también, se lleva el mineral a los molinos terciarios. En proceso de molienda, se realiza juntamente con agua y reactivos químicos, que se mezclan durante la molienda del mineral y forman la pulpa que es una mezcla de mineral fino, agua y reactivos; esta pulpa es enviada al proceso de flotación.

Figura 2

Área del proceso de molienda de mineral



Fuente: Planta concentrado de la empresa minera, Ancash 2022.

2.2.11. Proceso de flotación

Según HILARIO SUAZO (2022), el proceso de flotación es aquel proceso en donde se recupera los metales valiosos como cobre, plomo, zinc, plata, oro, entre otros; para este proceso, se utiliza celdas de flotacion de diferentes moldelos como celdas denver, celdas OK, celdas WS, entre otros. En este proceso, la pulpa, que proviene del proceso de molienda, es llevada a las celdas de flotación donde se agrega reactivos químicos que cumplen la función de colectores, espumantes, depresores, modificadores, etc., y con la agitacion de las celdas de flotación y la inyección de aire se generan colchones de espumas en donde las particulas de los metales valiosos se adhieren a las burbujas y obtienen así el concentrado de cobre, plomo o zinc. Estos son llevados al proceso de filtrado, porque este concentrado contiene gran cantidad de agua, el resto del mineral se le conoce como relave que es un material que ya no tiene valores y es enviado a una poza o cancha de relaves para su almacenamiento.

Figura 3

Área del proceso de flotación de mineral



Fuente: Planta concentrado de la empresa minera, Ancash 2022.

2.2.12. Proceso de filtrado

Según HILARIO SUAZO (2022), en el proceso de filtrado en la etapa final de todo el proceso de la planta concentradora, donde se obtiene el producto final que es el concentrado de Pb, Cu y Zn, con contenido de plata u oro, este proceso consiste en separar el agua de los sólidos hasta obtener el concentrado con una humedad del 10% al 12%, que es la humedad ideal para la manipulación, el transporte y la venta; para el proceso de filtrado, se utilizan equipos como espesadores y filtros de disco o tambores, el agua recuperado de la filtración del concentrado se reutiliza en el proceso de molienda y flotación. En caso de que no se logre, la humedad deseada después del filtrado se opta por secar el concentrado en hornos o se tiende en pisos de concreto para que seque con el sol.

Figura 4

Área del proceso de filtrado de concentrado



Fuente: Planta concentrado de la empresa minera, Ancash 2022.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Mantenimiento:

El mantenimiento son todos esos conjuntos de acciones necesarios para controlar el estado de los elementos y/o equipos que conforman una organización y así restaurarlos a las condiciones proyectadas de operación o en su debido caso las condiciones para las cuales fueron creados, buscando siempre una mayor seguridad, calidad y eficiencia posible. Por esto, debería tener la importancia que se merece al interior de cada empresa, ya que si se analiza, los beneficios de este en las utilidades son de gran valor (SANABRIA, y otros, 2020).

Planeamiento y programación:

“Los trabajos de mantenimiento en la mina se llevan a cabo a partir de una revisión rutinaria la cual tienen especificada en un formato de “revisión de maquinaria”, la cual no cuenta con una inspección detallada de los equipos” (SANABRIA, y otros, 2020).

Equipos y máquinas:

Un equipo o máquina es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza. Estos dispositivos pueden recibir cierta forma de energía y transformarla en otra para generar un determinado efecto. De acuerdo con sus fuentes de energía. La maquinaria puede clasificarse de distintas formas. Los equipos y maquinarias manuales, cuyo funcionamiento requiere de la fuerza humana. Estos (como los generadores o los transformadores), en cambio, transforman la energía cinética en otra energía gracias a contar con circuitos magnéticos y circuitos eléctricos (GODOY T., 2021).

Optimizar:

“Optimizar un proceso industrial significa mejorarlo utilizando o asignando todos los recursos que intervienen en la manera óptima orientándose a maximizar las ganancias y producir y mejor a un menor costo” (CRUZ AGUSTÍN, 2019).

Proceso:

Se puede definir como una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados. Un proceso es un conjunto de tareas lógicamente relacionadas que existen para conseguir un resultado bien definido dentro de un negocio; por lo tanto, toman una entrada y le agregan valor para producir una salida (ORELLANA HUAMÁN, 2020).

Ley de cabeza o mineral:

“Es una medida que indica la cantidad o grado de contenido de un metal valioso en un determinado volumen de mineral” (PATIÑO FRANCO, 2019).

Concentrado de cobre:

Es un producto final obtenido de diferentes procesos de un mineral en una planta concentradora que constituida por una mezcla de metales valiosos (cobre, plomo, zinc, oro, plata) y que reciben el nombre del metal que predomina o el que se encuentra en mayor proporción o porcentaje (PATIÑO FRANCO, 2019).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es básica y aplicada, ya que tenemos la necesidad de realizar diagnósticos y análisis a los equipos de la planta concentradora con el objetivo de mejorar el uso de los equipos y así incrementar la productividad.

Según NOVOA (2021), la investigación básica es un conjunto de actividades sistemáticas y prácticas con un enfoque crítico que se aplican a situaciones y fenómenos específicos con el objetivo de cambiar las condiciones iniciales en las que se encuentran. La investigación básica contribuye a al desarrollo de nuevos conocimientos y al fortalecimiento de diversos modelos establecidos en un campo de conocimiento específico, condicionado únicamente por la complejidad del proceso de lo que se va a descubrir y para el cual se asigna un determinado tiempo. La investigación aplicada, por otra parte, es práctica y concreta que está diseñado para resolver un problema. Estos problemas se pueden resolver en un corto período de tiempo logrando obtener beneficios en el mismo lapso.

3.1.2. Alcance de la Investigación

La presente investigación de acuerdo con la intencionalidad es de nivel correlacional.

En este alcance de la investigación, surge la necesidad de plantear una hipótesis en la cual se proponga una relación entre 2 o más variables. En el nivel cuantitativo, surge la aplicación de procesos estadísticos inferenciales que buscan extrapolar los resultados de la investigación para beneficiar a toda la población. En el enfoque cualitativo se proponen estudios con análisis del contenido lingüístico, como es el análisis de codificación selectiva, en donde se proponen las relaciones que se pueden generar entre las categorías que surgen en los discursos de los participantes (RAMOS-GALARZA, 2020).

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo, es de diseño de investigación experimental.

El sub-diseño experimental, propiamente dicho, se caracteriza por una asignación aleatoria probabilística de los participantes en el grupo experimental y control. De esta manera, las diferentes condiciones no controladas por el investigador se distribuyen por el azar en ambos grupos disminuyendo así la probabilidad de su influencia en los resultados. Este tipo de investigación se caracteriza por contar con dos o más niveles de manipulación de la variable independiente (todo dependerá de los grupos que necesite el investigador) y por la medición pre y post test de la variable dependiente (RAMOS-GALARZA, 2021).

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

Según ARIAS GONZÁLES y otros (2021), la población es un conjunto infinito o finito de personas, cosas u objetos con características similares o comunes. La población se la conoce como el total de elementos que se desean o eligen estudiar donde el límite depende del investigador. A la población también se le conoce como universo puesto que tienen las mismas características.

Para el presente estudio, esta categoría estará conformada por un total de 48 equipos. La investigación se realizará en el área planta concentradora de una empresa minera en Áncash, que cuenta con los procesos de chancado, molienda, flotación y filtrado. Los equipos de la planta representan el universo población finito que está conformado por un total de 48 equipos.

3.3.2. Muestra

La muestra es una parte representativa de la población, del cual se recolectan y obtienen datos para realizar una investigación de una problemática. Hay dos tipos de muestras. La probabilística es una muestra, donde los elementos tienen las mismas probabilidades a que sean elegidas y las muestras no probabilísticas las cuales se caracterizan. Se eligen porque tienen aspectos comunes y su elección está relacionado con las características que busca el investigador en el estudio (ARIAS GONZÁLES, y otros, 2021).

Para la presente investigación, se ha decidido considerar una muestra de tipo no probabilístico por conveniencia de 24 equipos del área de planta concentradora de los procesos de chancado y molienda son los más críticos. HERNÁNDEZ GONZÁLEZ (2021) plantea que “la muestra se elige de acuerdo con la conveniencia del investigador, le permite elegir de manera arbitraria cuántos participantes puede haber en el estudio”.

Tabla 2

Muestra de equipos

ÁREA	CANTIDAD DE EQUIPOS
Chancado	12
Molienda	12
TOTAL DE EQUIPOS	24

Fuente: Elaboración propia.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

El proceso de medición de una variable requiere de técnicas como: la entrevista, observación, revisión documental, encuestas. La técnica de recolección de datos son un conjunto de reglas y procedimientos que permiten al investigador comprobar el problema planteado de la variable de investigación (USECHE, y otros, 2019).

Las técnicas que se emplearan en la presente investigación para la recolección de datos son:

Observación:

Según USECHE y otros (2019), “la observación es la técnica que utiliza el investigador para involucrarse con la realidad en un determinado tiempo y lugar para obtener y recolectar información sobre un determinado tema que se investiga”.

Entrevista:

Según USECHE y otros (2019), es aquella actividad entre dos personas de forma presencial donde uno cumple con el rol de entrevistador y el otro el rol de entrevistado con el fin de intercambiar opiniones e informaciones sobre un determinado tema. Los tipos de entrevista puede ser estructurada y no estructurada según el número de entrevistados. Las limitantes son que toman mucho tiempo; se debe tener destreza y capacidad como entrevistador, en cuanto a las ventajas son que se obtiene gran cantidad de información.

3.4.2. Instrumentos

Según USECHE y otros (2019) “los instrumentos son herramientas y mecanismos que el investigador emplea para poder obtener datos de la realidad que se estudia”. Los instrumentos que se utilizarán, en la presente investigación, para la recolección de datos de los equipos de planta concentradora son la ficha de observación y la guía de entrevista.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SUS PROCESOS

La empresa minera peruana ubicado en el departamento de Áncash, provincia de Huaraz, distrito de Pira se dedica principalmente a la explotación y procesamiento de minerales de cobre con contenido de plata, cuenta con una planta concentradora que tiene la capacidad de procesar mineral 900 toneladas métricas secas por día (900 TMSD).

El proceso de mineral en la planta concentradora inicia con la recepción de mineral proveniente de mina, el cual se almacena en una cancha de mineral para luego ser alimentado a la tolva de gruesos. Seguidamente, se inicia con el proceso de chancado que haciendo uso de equipos principalmente chancadoras quijadas, cónicas y zaranda vibratoria se reduce el mineral a un tamaño menos $\frac{1}{2}$ " y se almacena en una tolva de finos. Luego, este mineral chancado pasa al proceso de molienda donde se tiene equipos como molino de barras y de bolas, zaranda de alta frecuencia, hidrociclones y bombas de lodo que, junto con el agua y reactivos químicos, ingresan a estos molinos para reducir el mineral lo más fino posible para liberar el metal valioso. En este proceso, se genera y obtiene la pulpa de mineral; esta pulpa de mineral ingresa al proceso de flotación y se dosifica reactivos químicos. Este proceso se cuenta con celdas OK, celdas WS, Celdas SP o Denver para separar el cobre, la plata y otros elementos del mineral estéril (Relave), que obtiene el concentrado de cobre con contenido de plata con una concentración de 20 a 25% de cobre y 30 a 40 onzas de plata por tonelada de concentrado. Este concentrado de cobre es enviado a un espesador para sedimentar los sólidos y separar el agua, para luego ser enviado al proceso de filtrado, donde se separa el agua con unos filtros de discos. Finalmente, el concentrado es llevado al proceso de secado para reducir la humedad a 9% como mínimo. Este concentrado de cobre se despacha en camiones encapsulados para ser vendidos y exportados.

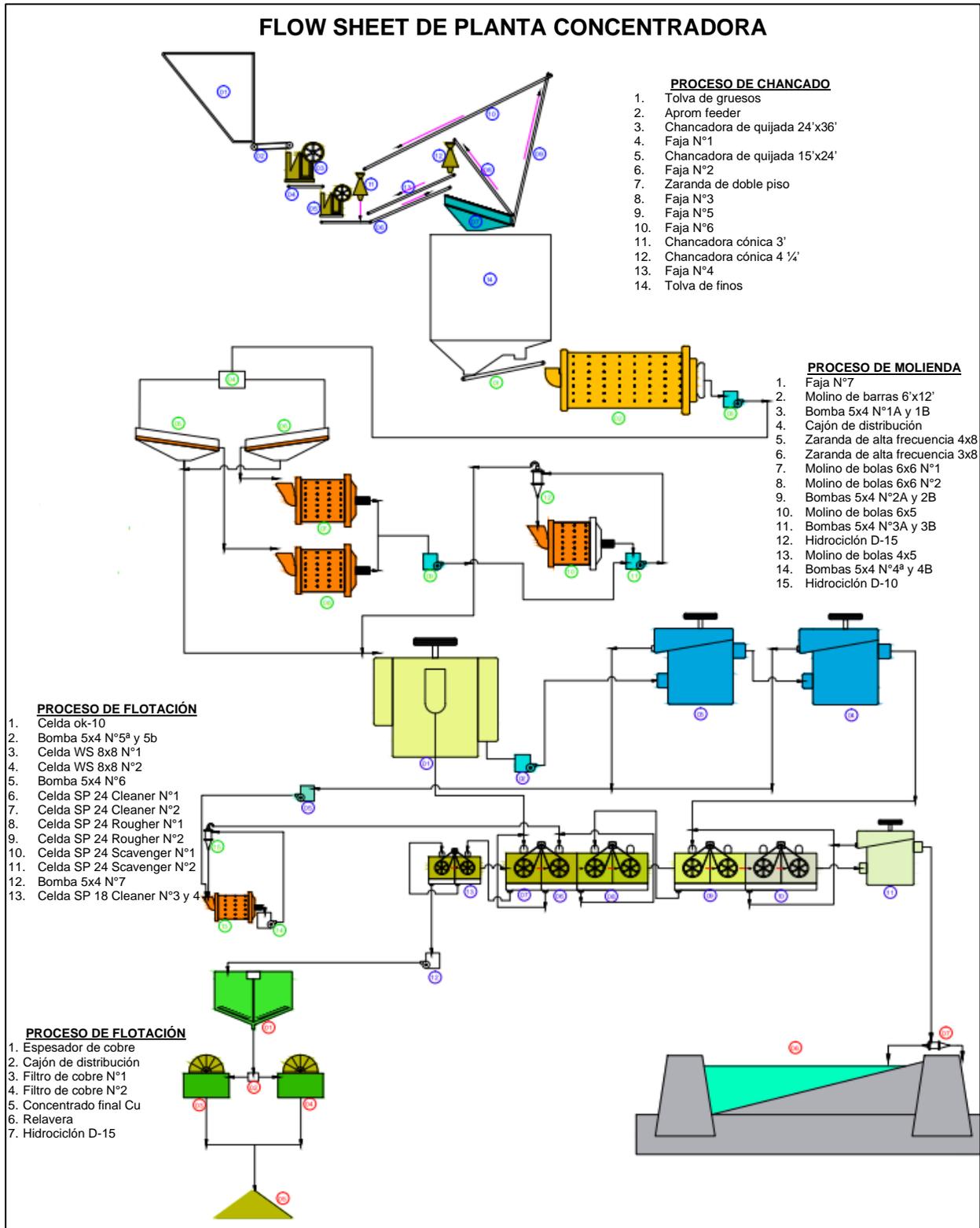
A continuación, se presenta el Flow Sheet (Diagrama de Flujo) de las diferentes etapas del tratamiento o procesamiento de mineral de cobre en la planta concentradora. Estos procesos o etapas son los siguientes:

- Proceso de chancado
- Proceso de molienda
- Proceso de flotación

- Proceso de filtrado

Figura 5

Flow sheet (diagrama de flujo) de la planta concentradora



Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, diciembre 2022.

4.2. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.2.1. Análisis de la situación actual de la planta concentradora

La planta concentradora de la empresa minera tiene una capacidad instalada de 900 TMSD y solo está siendo utilizada el 70% de esta capacidad. Es decir, solo se está procesado 650 TMSD de mineral de cobre, como ya se mencionó, se debe a las constantes paradas de los equipos de la planta concentradora, principalmente del proceso de chancado y molienda. Las continuas paradas se deben a deficiente operación del equipo, reparación o falta de mantenimiento, estas causas finalmente afectan a la productividad de la empresa minera.

A continuación, se presentan las tablas donde se reportan las operaciones de planta en cuanto a horas de operación, tonelaje de mineral tratado, paradas, entre otros, para muestra se toma como referencia el mes de diciembre del 2022.

Tabla 3

Horas de operación y tonelaje de mineral tratado. Diciembre 2022

MES: DICIEMBRE 2022												
DIA	OPERACIÓN PLANTA											
	HORAS DE OPERACION				MINERAL TRATADO							
	GDA. A	GDA. B	TOTAL	ACUM.	TMH G.A.	% H ₂ O	TMS G.A.	TMH G.B.	% H ₂ O	TMS G.B.	TOT. TMS	ACUM.
1-Dic	11.00	8.00	19.00	19.00	424.50	2.98	411.83	330.80	2.73	321.76	733.591	733.59
2-Dic	12.00	12.00	24.00	43.00	453.64	2.76	441.12	458.96	2.87	445.80	886.921	1620.51
3-Dic	6.00	12.00	18.00	61.00	133.88	2.83	130.10	449.59	2.57	438.04	568.137	2188.65
4-Dic	12.00	0.00	12.00	73.00	424.37	2.75	412.70	0.00	2.80	0.00	412.705	2601.35
5-Dic	12.00	12.00	24.00	97.00	412.25	2.56	401.69	443.05	2.72	431.01	832.707	3434.06
6-Dic	12.00	6.00	18.00	115.00	461.55	2.49	450.04	232.78	2.62	226.67	676.711	4110.77
7-Dic	0.00	10.00	10.00	125.00	0.00	0.00	0.00	384.87	3.08	373.00	373.004	4483.78
8-Dic	12.00	12.00	24.00	149.00	404.18	2.88	392.52	424.25	2.98	411.60	804.124	5287.90
9-Dic	12.00	12.00	24.00	173.00	411.52	2.44	401.49	417.25	3.18	403.98	805.468	6093.37
10-Dic	12.00	11.00	23.00	196.00	423.06	2.59	412.11	428.27	2.80	416.29	828.402	6921.77
11-Dic	8.00	12.00	20.00	216.00	352.40	2.53	343.50	300.27	2.72	292.11	635.607	7557.38
12-Dic	12.00	12.00	24.00	240.00	443.20	2.54	431.95	422.28	2.60	411.29	843.237	8400.62
13-Dic	12.00	10.00	22.00	262.00	461.29	2.54	449.59	392.28	2.56	382.25	831.833	9232.45
14-Dic	11.00	0.00	11.00	273.00	420.28	2.33	410.50	0.00	2.49	0.00	410.498	9642.95
15-Dic	12.00	12.00	24.00	297.00	400.68	2.77	389.59	414.02	2.89	402.07	791.655	10434.60
16-Dic	12.00	6.00	18.00	315.00	435.55	2.49	424.73	228.08	2.62	222.10	646.825	11081.43
17-Dic	8.00	12.00	20.00	335.00	404.87	2.72	393.86	460.01	2.57	448.19	842.046	11923.47
18-Dic	0.00	12.00	12.00	347.00	0.00	0.00	0.00	461.11	2.51	449.55	449.552	12373.03
19-Dic	11.00	12.00	23.00	370.00	412.41	2.56	401.86	323.18	2.55	314.95	716.809	13089.83
20-Dic	10.00	11.00	21.00	391.00	395.62	2.45	385.94	456.62	2.59	444.79	830.731	13920.57
21-Dic	4.00	12.00	16.00	407.00	165.58	2.44	161.54	428.25	2.60	417.10	578.631	14499.20
22-Dic	12.00	0.00	12.00	419.00	403.06	2.62	392.48	0.00	0.00	0.00	392.483	14891.68
23-Dic	12.00	12.00	24.00	443.00	446.49	2.79	434.03	421.27	3.08	408.30	842.329	15734.01
24-Dic	11.00	12.00	23.00	466.00	448.55	3.01	435.07	452.33	3.56	436.22	871.291	16605.30
25-Dic	9.00	5.00	14.00	480.00	330.85	3.13	320.49	205.98	3.08	199.63	520.118	17125.42
26-Dic	12.00	12.00	24.00	504.00	447.11	3.10	433.24	433.36	3.27	419.17	852.408	17977.83
27-Dic	12.00	12.00	24.00	528.00	425.19	3.02	412.37	413.38	3.01	400.94	813.305	18791.13
28-Dic	10.00	0.00	10.00	538.00	378.50	3.29	366.06	0.00	0.00	0.00	366.060	19157.19
29-Dic	0.00	0.00	0.00	538.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	19157.19
30-Dic	10.00	2.00	12.00	550.00	320.50	3.00	310.89	60.90	0.00	60.90	371.785	19528.98
31-Dic	12.00	12.00	24.00	574.00	365.63	2.73	355.65	415.63	2.61	404.79	760.440	20289.42
TOTAL	301.00	273.00	574.00		11006.71		10,706.92	9858.77		9,582.50	20,289.415	

Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, diciembre 2022.

En la tabla 3, se puede observar que en casi todos los días del mes de diciembre del 2022. Tuvo paradas en las operaciones, lo cual impide llegar al tonelaje de mineral tratado de 900 TMSD. En el mes de diciembre 2022, se tuvo un tratamiento de mineral promedio diario de 654.497 TMSD.

Tabla 4*Horas de operación, paradas de la planta concentradora y causas, diciembre 2022*

OPERACIONES DICIEMBRE 2022						
DIA	HORAS OPERACIÓN DE PLANTA				Horas de parada	Causas de paradas de planta concentradora
	Guardia "A"	Guardia "B"	Total	Acumulado		
1-Dic	11.00	8.00	19.00	19.00	5.00	Reparación y mantenimiento de chancadora cónica 4 ¼ pies y celda WS 6'x6'
2-Dic	12.00	12.00	24.00	43.00	0.00	
3-Dic	6.00	12.00	18.00	61.00	6.00	Reparación y mantenimiento de molino de bolas 6'x6' N.º
4-Dic	12.00	0.00	12.00	73.00	12.00	Reparación y mantenimiento chancadora cónica de 3 pies
5-Dic	12.00	12.00	24.00	97.00	0.00	
6-Dic	12.00	6.00	18.00	115.00	6.00	Reparación y mantenimiento chancadoras cónicas de 4 ¼
7-Dic	0.00	10.00	10.00	125.00	14.00	Reparación y mantenimiento de molinos de bolas 6'x6' N.º 2 y 6'x5' y celdas de flotación WS
8-Dic	12.00	12.00	24.00	149.00	0.00	
9-Dic	12.00	12.00	24.00	173.00	0.00	
10-Dic	12.00	11.00	23.00	196.00	1.00	Reparación y mantenimiento de molino de bolas 6'x6' N.º
11-Dic	8.00	12.00	20.00	216.00	4.00	Reparación y mantenimiento de zaranda de alta
12-Dic	12.00	12.00	24.00	240.00	0.00	
13-Dic	12.00	10.00	22.00	262.00	2.00	Reparación y mantenimiento de molino de bolas 6'x5'
14-Dic	11.00	0.00	11.00	273.00	13.00	Reparación y mantenimiento chancadora cónica de 3 pies y celdas de flotación SP 24
15-Dic	12.00	12.00	24.00	297.00	0.00	
16-Dic	12.00	6.00	18.00	315.00	6.00	Reparación y mantenimiento de chancadora cónica 4 ¼
17-Dic	8.00	12.00	20.00	335.00	4.00	Reparación y mantenimiento de molino de bolas 6'x6' N.º
18-Dic	0.00	12.00	12.00	347.00	12.00	Reparación y mantenimiento de molino de bolas 6'x5', zaranda de alta frecuencia 3'x8' e hidrociclón
19-Dic	11.00	12.00	23.00	370.00	1.00	Reparación y mantenimiento de hidrociclón
20-Dic	10.00	11.00	21.00	391.00	3.00	Reparación y mantenimiento de celda WS 6'x6' y WS
21-Dic	4.00	12.00	16.00	407.00	8.00	Reparación y mantenimiento chancadora cónica de 3 pies
22-Dic	12.00	0.00	12.00	419.00	12.00	Corte de energía eléctrica
23-Dic	12.00	12.00	24.00	443.00	0.00	
24-Dic	11.00	12.00	23.00	466.00	1.00	Reparación y mantenimiento de zaranda de alta
25-Dic	9.00	5.00	14.00	480.00	10.00	Reparación y mantenimiento de chancadora cónica 4 ¼ pies, zaranda de alta frecuencia 4'x8'
26-Dic	12.00	12.00	24.00	504.00	0.00	
27-Dic	12.00	12.00	24.00	528.00	0.00	
28-Dic	10.00	0.00	10.00	538.00	14.00	Reparación y mantenimiento de molino de barras 6'x12', zaranda de alta frecuencia 3'x8'
29-Dic	0.00	0.00	0.00	538.00	24.00	Reparación y mantenimiento de molino de barras 6'x12', chancadoras cónicas 4 ¼ pies y 3 pies
30-Dic	10.00	2.00	12.00	550.00	12.00	Reparación y mantenimiento de molino de bolas 6'x6' N.º 2, celda de frotación OK 10 y SP 24
31-Dic	12.00	12.00	24.00	574.00	0.00	
TOTA	301.00	273.00	574.0		170.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4, se puede observar que durante las operaciones del mes de diciembre del 2022 casi todos los días hubo constantes paradas en las que no se pudo lograr a las 24 horas de operación por día, esto debido a las paradas durante la operación por reparación o mantenimiento de los equipos. Durante el mes de diciembre 2021. Se debió tener 744 horas de operación y solo se tuvo 574 horas de operación y 170 horas de parada. Es decir, se tuvo solo una operatividad de la planta del 77.15%.

Tabla 5

Horas de parada por reparación y/o mantenimiento de equipos, diciembre 2022

DIA	Reparación y/o mantto de chancadora 4.25 pies	Reparación y/o mantto de chancadora 3 pies	Reparación y/o mantto de molino de barras 6'x12'	Reparación y/o mantto de molino 6'x6' N°1	Reparación y/o mantto de molino 6x6 N°2	Reparación y/o mantto de molino 6'x5'	Reparación y/o mantto de ZAF 3'x8'	Reparación y/o mantto de ZAF 4'x8'	Reparación y/o mantto de celda OK-10	Reparación y/o mantto de hidrociclón	Reparación y/o mantto de celdas SP24	Reparación y/o mantto de celdas WS 6x6	Reparación y/o mantto de celdas WS 8'x8'	Corte de energía eléctrica
1-Dic	4.00											1.00		
2-Dic														
3-Dic			6.00											
4-Dic		12.00												
5-Dic														
6-Dic	3.00	3.00												
7-Dic					3.00	3.00						3.00	5.00	
8-Dic														
9-Dic														
10-Dic				1.00										
11-Dic								4.00						
12-Dic														
13-Dic						2.00								
14-Dic		10.00									3.00			
15-Dic														
16-Dic	6.00													
17-Dic			2.00						2.00					
18-Dic						4.00	4.00			4.00				
19-Dic										1.00				
20-Dic												1.00	2.00	
21-Dic		8.00												
22-Dic														12.00
23-Dic														
24-Dic								1.00						
25-Dic	8.00							2.00						
26-Dic														
27-Dic														
28-Dic			6.00				4.00				4.00			
29-Dic	6.00	6.00	12.00											
30-Dic					4.00				5.00		3.00			
31-Dic														
TOTAL	27.00	39.00	18.00	9.00	7.00	9.00	8.00	7.00	7.00	5.00	10.00	5.00	7.00	12.00

Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, diciembre 2022.

En la tabla 4, se puede evidenciar los equipos que tuvieron problemas por día y las cuales se realizaron reparaciones y/o mantenimientos y el tiempo que se tardaron en realizar dichas actividades.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 5, se puede identificar los equipos que más horas de parada tuvieron por las diferentes causas como reparación y/o mantenimiento. A continuación, se muestra la tabla 6 con la cantidad de horas de parada de cada equipo.

Tabla 6

Horas de parada de los equipos de planta concentradora por reparación y/o mantenimiento

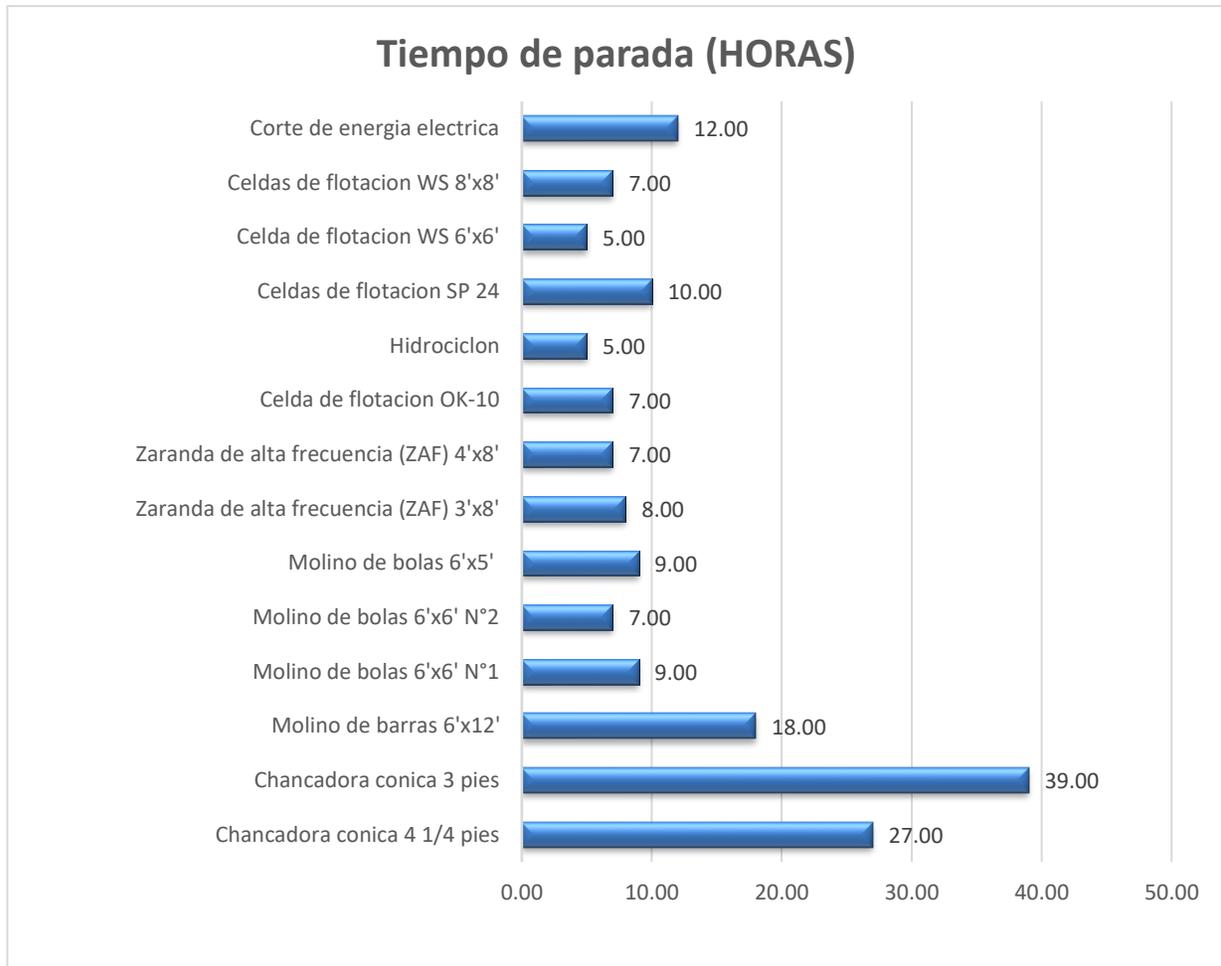
Equipos en reparación y mantenimiento	Tiempo de parada (HORAS)
Chancadora cónica 4 ¼ pies	27.00
Chancadora cónica 3 pies	39.00
Molino de barras 6'x12'	18.00
Molino de bolas 6'x6' N°1	9.00
Molino de bolas 6'x6' N°2	7.00
Molino de bolas 6'x5'	9.00
Zaranda de alta frecuencia (ZAF) 3'x8'	8.00
Zaranda de alta frecuencia (ZAF) 4'x8'	7.00
Celda de frotación OK-10	7.00
Hidrociclón	5.00
Celdas de frotación SP 24	10.00
Celda de flotación WS 6'x6'	5.00
Celdas de frotación WS 8'x8'	7.00
Corte de energía eléctrica	12.00
TOTAL	170.00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6, se puede evidenciar la lista de los equipos que han tenido problemas electromecánicos y, por esta razón, han parado para realizar su reparación y/o mantenimiento para perjudicar la producción.

Figura 6

Horas de parada de equipos de planta concentradora durante el mes de diciembre 2022



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2, se puede identificar que los equipos como la chancadora cónica de 3 pies, la chancadora cónica 4 ¼ pies y el molino de barras 6'x12' son los que mayor tiempo de parada tuvieron con horas de 39 horas, 27 horas y 18 horas, respectivamente, ya sea por reparación o mantenimiento, seguido de los equipos como celdas de flotación, ZAF, molinos de bolas e hidrociclón que tuvieron tiempo de paradas por reparación o mantenimiento entre 5 y 10 horas.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 6 y figura 1, se determina la inoperatividad que ha tenido cada equipo durante las operaciones en el mes de diciembre 2022 por reparación y/o mantenimiento. A continuación, se muestra la tabla 7, de horas de reparación y mantenimiento e inoperatividad de los equipos.

Tabla 7

Horas de reparación y/o mantenimiento de equipos y porcentaje de inoperatividad de equipos, diciembre 2022

ACTIVIDAD	TIEMPO (HORAS)	% INOPERATIVIDAD
Reparación y/o mantto de chancadora 4.25 pies	27.00	15.88%
Reparación y/o mantto de chancadora 3 pies	39.00	22.94%
Reparación y/o mantto de molino de barras 6'x12'	18.00	10.59%
Reparación y/o mantto de molino 6'x6' N°1	9.00	5.29%
Reparación y/o mantto de molino 6x6 N°2	7.00	4.12%
Reparación y/o mantto de molino 6'x5'	9.00	5.29%
Reparación y/o mantto de ZAF 3'x8'	8.00	4.71%
Reparación y/o mantto de ZAF 4'x8'	7.00	4.12%
Reparación y/o mantto de celda OK-10	7.00	4.12%
Reparación y/o mantto de hidrociclón	5.00	2.94%
Reparación y/o mantto de celdas SP24	10.00	5.88%
Reparación y/o mantto de celdas WS 6x6	5.00	2.94%
Reparación y/o mantto de celdas WS 8'x8'	7.00	4.12%
Corte de energía eléctrica	12.00	7.06%
TOTAL	170.00	100.00%

Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, diciembre 2022.

En la tabla 7, se puede observar el tiempo que tarda en reparar y/o realizar mantenimiento cada equipo y las horas de paradas en total de la parada de planta concentradora que es de 170 horas a causa de la reparación y mantenimiento de los equipos. También, se puede apreciar el porcentaje de inoperatividad de cada equipo. Los equipos que más problemas han tenido, ya sea por fallas mecánicas, eléctricos o de operación son la chancadora cónica 4 ¼', chancadora cónica 3', el molino de barras 6'x12' y los molinos de bolas 6'x6' y 6'x5'.

Teniendo en cuenta las tablas y figuras anteriores, se muestran las horas de operación y las paradas por reparación y/o mantenimiento. Se determina el KPI de horas de las operación de la

planta concentradora por día durante el mes de diciembre del 2022. A continuación, se presenta la siguiente tabla de KPI de horas de operación de la planta concentradora.

Tabla 8

KPI de horas de operación de la planta concentradora, diciembre 2022

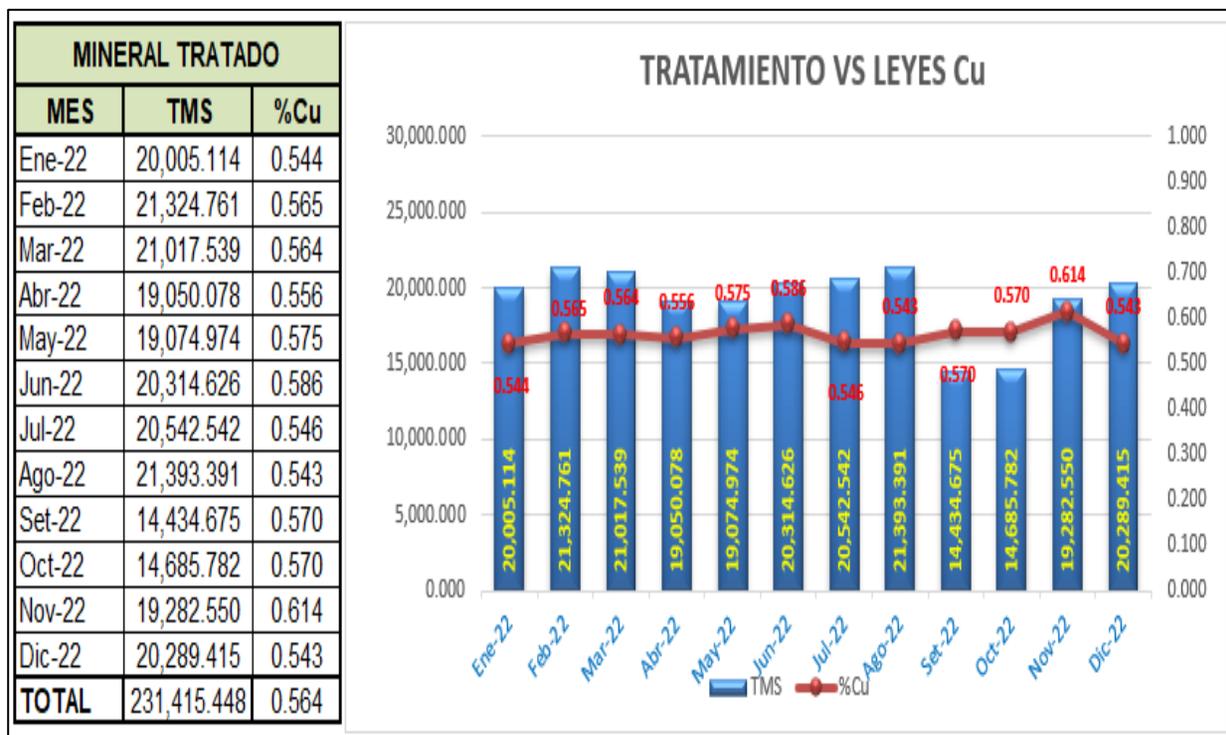
KPI DE HORAS DE OPERACIÓN – DICIEMBRE 2022				
	Horas de Operación programadas	Horas de Operación Ejecutadas	Horas de Parada	KPI
1-Dic	24.00	19.00	5.00	79.17%
2-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
3-Dic	24.00	18.00	6.00	75.00%
4-Dic	24.00	12.00	12.00	50.00%
5-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
6-Dic	24.00	18.00	6.00	75.00%
7-Dic	24.00	10.00	14.00	41.67%
8-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
9-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
10-Dic	24.00	23.00	1.00	95.83%
11-Dic	24.00	20.00	4.00	83.33%
12-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
13-Dic	24.00	22.00	2.00	91.67%
14-Dic	24.00	11.00	13.00	45.83%
15-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
16-Dic	24.00	18.00	6.00	75.00%
17-Dic	24.00	20.00	4.00	83.33%
18-Dic	24.00	12.00	12.00	50.00%
19-Dic	24.00	23.00	1.00	95.83%
20-Dic	24.00	21.00	3.00	87.50%
21-Dic	24.00	16.00	8.00	66.67%
22-Dic	24.00	12.00	12.00	50.00%
23-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
24-Dic	24.00	23.00	1.00	95.83%
25-Dic	24.00	14.00	10.00	58.33%
26-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
27-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
28-Dic	24.00	10.00	14.00	41.67%
29-Dic	24.00	0.00	24.00	0.00%
30-Dic	24.00	12.00	12.00	50.00%
31-Dic	24.00	24.00	0.00	100.00%
PROMEDIO DE KPI DE HORAS DE OPERACIÓN				77.15%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8, se evidencia que según el KPI de horas de operación solo 10 días del mes de diciembre del 2022 tienen un cumplimiento del 100%. El KPI de horas de operación en el mes de diciembre 2022 tuvo un cumplimiento de 77.15%.

Figura 7

Tonelaje de tratamiento de mineral por mes durante el año 2022



Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, diciembre 2022.

En la figura 3, se puede observar que el tonelaje de tratamiento de mineral por mes durante el año 2022 es de 19,284.621 TMS en promedio por mes. Se sabe que la planta concentradora tiene una capacidad instalada de 27,000.00 TMS por mes (900.00 TMSD), por lo tanto, se tuvo una diferencia de 7,715.379 TMS de mineral por mes que no se procesó debido. Cabe resaltar que, durante el año 2022, el tonelaje tratado de mineral fue de 231,415.448 TMS y en comparación con lo proyectado según la capacidad de la planta debió ser aproximadamente de 324,000.00 TMS teniendo una diferencia de 92,584.552 TMS, esto debido a las constantes paradas de los equipos por los problemas ya mencionados.

A continuación, se muestra la tabla 9, de producción de concentrado de cobre y la calidad en relación con el tonelaje tratado y la ley de cabeza del mineral que se tuvo durante el mes de diciembre 2022.

Tabla 9*Producción de concentrado cobre en el mes de diciembre 2022*

DIA	PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO DE COBRE Y LEYES					
	MINERAL TRATADO	Cu. PRODUCCIÓN	LEY DE CABEZA		CALIDAD CONCENTRADO	
	TMS	TMS	Ley de Cab. Ag	Ley de Cab. Cu	Grado Onz. Ag	CONC. Cu %
1-Dic	733.59	15.247	1.04	0.62	37.41	25.28
2-Dic	886.92	18.137	1.00	0.61	37.36	25.22
3-Dic	568.14	12.061	0.91	0.62	32.81	24.85
4-Dic	412.70	7.831	0.79	0.58	31.52	25.92
5-Dic	832.71	15.436	0.89	0.56	36.45	25.75
6-Dic	676.71	18.065	1.04	0.77	30.07	25.17
7-Dic	373.00	6.125	0.83	0.50	38.18	25.54
8-Dic	804.12	15.063	0.83	0.55	32.94	24.84
9-Dic	805.47	17.858	0.86	0.64	31.15	25.25
10-Dic	828.40	18.384	0.87	0.62	30.24	24.40
11-Dic	635.61	11.511	0.88	0.52	36.55	24.38
12-Dic	843.24	17.381	0.94	0.59	35.35	24.66
13-Dic	831.83	15.182	0.90	0.55	37.04	25.56
14-Dic	410.50	8.430	0.90	0.59	32.42	24.99
15-Dic	791.66	16.307	1.03	0.61	37.43	25.40
16-Dic	646.82	12.888	0.92	0.59	35.39	25.20
17-Dic	842.05	16.238	0.88	0.58	34.98	25.75
18-Dic	449.55	9.050	0.83	0.60	30.40	25.50
19-Dic	716.81	15.097	0.88	0.62	31.77	25.46
20-Dic	830.73	16.698	0.86	0.60	31.97	25.61
21-Dic	578.63	11.132	0.82	0.57	31.99	25.22
22-Dic	392.48	6.864	0.79	0.51	36.20	24.70
23-Dic	842.33	16.454	0.85	0.58	32.88	25.50
24-Dic	871.29	17.504	0.87	0.60	33.58	25.78
25-Dic	520.12	13.334	0.99	0.73	30.89	25.16
26-Dic	852.41	17.617	0.87	0.61	32.41	25.39
27-Dic	813.31	15.475	0.78	0.59	32.50	26.34
28-Dic	366.06	8.295	0.89	0.65	29.96	25.07
29-Dic	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
30-Dic	371.79	7.043	0.89	0.57	35.20	25.88
31-Dic	760.44	15.800	1.00	0.61	30.99	24.11
	20289.42	412.51				

Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, diciembre 2022.

En la tabla 9, se puede observar que durante el mes de diciembre del 2022. Se logró procesar 20,289.42 TMS de mineral y se tuvo una producción de concentrado de cobre de 412.51 TMS, esto según el balance metalúrgico ejecutado del mes de diciembre del 2022. A continuación, se presenta la figura 3 del balance metalúrgico del mes de diciembre.

Figura 8

Balance metalúrgico ejecutado del mes de diciembre 2022

BALANCE METALURGICO ACUMULADO MENSUAL

FECHA: 31-Dic

HORAS DE OPERACIÓN: 620.25

Producto	TMS	LEYES				CONTENIDOS				DISTRIBUCION (%)		
		Ag	%Cu	%Zn	As %	Oz Ag	TM Cu	TM Zn	TM As	%Ag	% Cu	Ratio
CABEZA	20289.415	0.89	0.60	0.18	0.08	18,155.652	121.488	36.391	15.416	100.00	100.00	
CONC. CU	412.511	33.66	25.27	3.45	0.13	13,883.158	104.253	14.247	0.548	76.34	85.81	49.19
RELAVE	19876.905	0.22	0.087	0.11	0.06	4,302.832	17.236	21.257	11.795	23.66	14.19	

Fuente: Balance metalúrgico Empresa minera, Ancash 2022, diciembre 2022.

En la figura 4 se puede evidenciar el balance metalúrgico ejecutado del mes de diciembre del 2022 donde se observa el tonelaje tratado o procesado de mineral 20,289.415 TMS, la producción de concentrado de cobre 412.511 TMS, la calidad de concentrado de cobre 25.27%, el contenido de plata en el concentrado 33.66 onzas/TMS además del porcentaje de recuperación de cobre y plata, como se mencionó la cantidad de producción de concentrado de cobre, también, dependerá de la ley de cabeza del mineral, el tonelaje tratado o procesado de mineral y el porcentaje de recuperación de cobre y plata que se logra en el proceso.

Según lo programado el tratamiento o procesamiento de mineral y la producción de concentrado de cobre debió ser de 27,000.00 TMS de mineral y 550.779 TMS de concentrado de cobre con una ley de cabeza del mineral de 0.60 % de cobre por tonelada métrica seca (% Cu/TMS). A continuación, se muestra la figura 4 del balance metalúrgico programado del mes de diciembre del 2022.

Figura 9

Balance metalúrgico programado del mes de diciembre 2022

BALANCE METALURGICO PROGRAMADO A LA FECHA - DICIEMBRE 2022

HORAS DE OPERACIÓN 720

Producto	TMS	LEYES				CONTENIDOS				DISTRIBUCION (%)			Ratio
		Ag	%Cu	%Zn	As %	Oz Ag	TM Cu	TM Zn	TM As	%Ag	% Cu	% Zn	
CABEZA	27000.000	0.78	0.60	0.15	0.09	21,060.00	162.000	40.500	24.300	100.00	100.00	100.00	
CONC.	550.779	27.00	25.00	5.90	0.15	14,871.02	137.695	32.496	0.826	75.00	85.00	39.35	49.02
RELAVE	26449.221	0.187	0.0919	0.189	0.031	4,956.58	24.305	50.077	8.079	25.00	15.00	60.65	

Fuente: Balance metalúrgico Empresa minera, Ancash 2022, diciembre 2022.

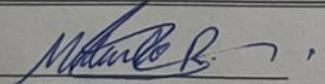
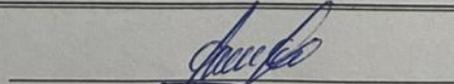
En la figura 5 se puede evidenciar el balance metalúrgico programado del mes de diciembre del 2022 donde se observa que el tonelaje tratado o procesado de mineral debió ser de 27,000.00 TMS y la producción de concentrado de cobre 550.779 TMS. Haciendo una comparación el balance metalúrgico programado con el balance metalúrgico ejecutado (ver figura 3) en el tratamiento de mineral se tiene 6,710.585 TMS menos y en la producción de concentrado de cobre se tiene 138.268 TMS de diferencia, por tanto, no se logró objetivo en la producción por los problemas de paradas que tuvo la planta concentradora.

4.2.2. Implementación de Check List para los equipos de planta concentradora

El Check List que es una herramienta que se utiliza para inspeccionar las partes o componentes de un equipo para poder conocer y hacer seguimiento continuo las condiciones o estado en que se encuentran, de esa forma se puede programar con anticipación mantenimientos preventivos o correctivos según se requiera. A continuación, se muestra las figuras del formato del Check List que se empezó a utilizar para los equipos más críticos que tuvieron horas de paradas durante las operaciones.

Figura 10

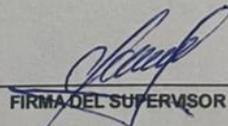
Formato de Check List para chancadora cónica

CHECK LIST DE MOLINOS CHANCADORA CONICA 4 1/4' - 3'		
OPERADOR: <u>Rerelo Medrano Colonia</u>	FECHA: <u>17-11-2022</u>	
SUPERVISOR: <u>Edwin Campos P.</u>	TIPO DE CHANCADORA: <u>3 pies.</u>	
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES
	BUENO MALO	
1.0 MOTOR Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
1.1 Temperatura de motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Polea de trasmisión de motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Correas de transmisión.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.4 Polea de chancadora.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.5 Amperaje de operación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.0 PARTES DE LA CHANCADORA		
2.1 Forro de Bowl Liner.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2 Forro de Mantle.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3 Temperatura de contraeje de piñón .	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4 Nivel de aceite de sistema de lubricación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5 Bomba de lubricación.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.6 Mangueras de lubricación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7 Resortes laceración de chancadora.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8 Estructura principal de chancadora.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9 Chute de alimentación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.10 Guardas de protección.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.0 BASE PRINCIPAL DE CHANCADORA		
3.1 Base de concreto de chancadora.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2 Espárragos de base principal.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:		
<u>Hacer mantenimiento de chancadora</u>		
<u>Hacer engrase.</u>		
 FIRMA DE OPERADOR	 FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11

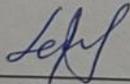
Formato de Check List para molinos

CHECK LIST DE MOLINOS BOLAS - BARRAS		
OPERADOR: <u>Elmer Sanchez Ramirez</u>	FECHA: <u>15-11-2022</u>	
SUPERVISOR: <u>Edwin Campos J.</u>	TIPO DE MOLINO: <u>Molino de Piedras 6x12</u>	
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES
	BUENO MALO	
1.0 MOTOR Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
1.1 Motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.2 Acople de sistema de transmisión.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.3 Correas de transmisión.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.4 Polea de contra eje de piñón de ataque.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.5 Polea de transmisión.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<i>tiene ruido.</i>
		<i>tiene desgaste</i>
2.0 PARTES DEL MOLINO		
2.1 Casquillo del molino.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.2 Chaquetas parte cilíndrica.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.3 Chaquetas de tapa de descarga.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.4 Pernos de chaquetas.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.5 Spot feeder.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.6 Trunnion de alimentación	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.7 Trunnion de descarga.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.8 Chumaceras y rodamientos de contra eje de piñón.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.9 Chumaceras de alimentación y descarga de molino.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.10 Piñón de ataque	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.11 Catalina de molino.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.12 Bombas horizontales.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.13 Tuberías de descarga de bombas.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.14 Cajón de descarga.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.15 Guardas de protección	<input checked="" type="checkbox"/>	
		<i>los pernos están rotos</i>
		<i>" " " "</i>
		<i>" " " "</i>
		<i>hay vibración</i>
		<i>hay vibración</i>
3.0 BASE PRINCIPAL DE MOLINO Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
3.1 Estructura de la base de molino.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2 Estructura de base de sistema transmisión Pernos de base principal.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3 Pernos de base principal de molino y sistema de transmisión.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.4 Guardas de protección.	<input checked="" type="checkbox"/>	
		<i>esta rajado</i>
		<i>esta roto</i>
4.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:		
<i>hacer mantenimiento de molinos urgente.</i>		
<i>lubricar y engrasar.</i>		
 FIRMA DEL OPERADOR	 FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12

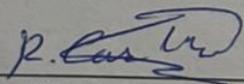
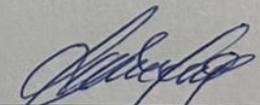
Formato de Check List para celdas de flotación SP 24

CHECK LIST DE CELDAS DE FLOTACION SP 24		
OPERADOR: <u>Victor Leyva Trujillo</u>	FECHA: <u>15/11/2022</u>	
SUPERVISOR: <u>Elain Campos P.</u>	TIPO DE CELDA: <u>SP-24</u>	
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES
	BUENO MALO	
1.0 MOTOR Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
1.1 Temperatura de motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.2 Polea de trasmision de motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.3 Polea de arbol.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.4 Correas de transmision.	<input type="checkbox"/>	Están cuarteadas
1.5 Ampareje de operacion.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.0 PARTES DE LA CELDA DE FLOTACIÓN		
2.1 Estructura principal.	<input type="checkbox"/>	esta oxidado
2.2 Temperatura chumacera de albol de transmision.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.3 Impulsor.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.4 Difusor.	<input type="checkbox"/>	esta desgastado.
2.5 Paletas de espuma.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.6 Canaleta de espumas.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.7 Colcon de espumas en el banco de la celda.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.8 Guardas de protección.	<input checked="" type="checkbox"/>	
3.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:		
<u>Cambiar correas y soldar plancha de celde.</u>		
<u>Cambiar difusor</u>		
<u>Lubricacion</u>		
 FIRMA DEL OPERADOR	 FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13

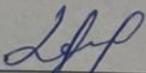
Formato de Check List para celdas de flotación WS 8'x8' y WS 6'x6'

CHECK LIST DE CELDAS DE FLOTACION DE WS		
OPERADOR: <u>TEOFANEZ RAMIREZ C.</u>	FECHA: <u>22-11-2022</u>	
SUPERVISOR: <u>Edwin Campos S.</u>	TIPO DE CELDAWS: <u>WS 8x8</u>	
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES
	BUENO MALO	
1.0 MOTOR Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
1.1 Temperatura de motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Polea de trasmision de motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Correas de transmision.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.4 Polea de arbol.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.5 Ampareje de operacion.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		ESTA ROTO TIENE RUIDO ANORMAL
2.0 PARTES DE LA CELDAWS		
2.1 Estructura principal.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2 Temperatura de chumacera de arbol de transmision	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3 Agitador.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.4 Estator.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5 Canal de espumas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6 Cajon de alimentacion.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7 Tuberia de descarga.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8 Guardas deproteccion.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		NECESITA CAMBIO
3.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:		
<u>CAMBIA AGITADOR PARA MEJORAR LA FLOTACION.</u>		
<u>- FERRASE</u>		
<u>- MANTENIMIENTOS -</u>		
 FIRMA DEL OPERADOR	 FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14

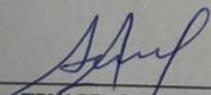
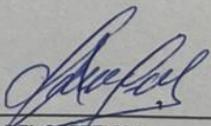
Formato de Check List para celdas de flotación OK 10

CHECK LIST DE CELDAS DE FLOTACION DE OK 10		
OPERADOR: <u>Victor Leyva T.</u>	FECHA: <u>15-11-2022</u>	
SUPERVISOR: <u>Elwin Campa S.</u>	TIPO DE CELDA: <u>OK-10</u>	
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES
	BUENO MALO	
1.0 MOTOR Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
1.1 Temperatura de motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.2 Polea de trasmision de motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.3 Correas de transmision.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.4 Polea de arbol.	<input checked="" type="checkbox"/>	
1.5 Tablero de control de nivel de espumas.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.5 Ampareje de operacion.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>esta fallando</i>
2.0 PARTES DE LA CELDA OK 10		
2.1 Estructura principal.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.2 Temperatura de chumacera de arbol de transmision	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.3 Agitador.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.4 Estator.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.5 Rotor.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.6 Soplador de aire.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.7 Boya de control de nivel.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.8 Dardos de control de descarga.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.9 Cajon de descarga	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.10 Bombas horizontal.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.11 Tuberias de descarga.	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.12 Guardas de proteccion.	<input checked="" type="checkbox"/>	
		<i>no tiene fuerza</i>
		<i>estan desgastados</i>
3.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:		
<u>Hacer mantenimiento de tablero de espumas.</u>		
<u>Cambiar dardos.</u>		
<u>Inspeccion</u>		
 FIRMA DEL OPERADOR	 FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15

Formato de Check List para Zaranda de Alta Frecuencia ZAF

CHECK LIST DE ZARANDA DE ALTA FRECUENCIA (ZAF)			
OPERADOR: <u>Elmer Sanchez R.</u>	FECHA: <u>16-11-2022</u>		
SUPERVISOR: <u>Edwin Campos S.</u>	TIPO DE ZAF: <u>4x8 y 3x6</u>		
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES	
	BUENO MALO		
1.0 MOTORES DE ALTA FRECUENCIA			
1.1 Temperatura de motores de alta frecuencia.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Esta calentando</i>
1.2 Amperaje de operación.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Está alto</i>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.0 PARTES DE LA ZAF			
2.1 Estructura principal.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.2 Mallas de polietileno.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>esta tapado</i>
2.3 Frecuencia de Vibración de la ZAF.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.4 Resortes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.5 Cajon de alimentacion.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.6 Tuberia de alimentacion.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Tiene hueco</i>
2.7 Tuberia de descarga.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.8 Tuberias de agua.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:			
<i>Realizar mantenimiento a todo el equipo.</i>			
<i>Hacer limpieza de mallas y equipo.</i>			
 FIRMA DEL OPERADOR	 FIRMA DEL SUPERVISOR		

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Implementación de un programa de mantenimiento para equipos de planta concentradora

De acuerdo con los resultados que arroje los Check List, se podrá conocer el estado de los equipos basado en estos datos; se realiza el programa de mantenimiento que servirá para planificar los mantenimientos preventivos de los equipos de la planta concentradora según la prioridad de cada uno de estos, para lograr que los equipos tengan disponibilidad mecánica y operativa, y prevenir las paradas intempestivas prolongadas durante las operaciones que afecten la productividad. A continuación, de muestra la tabla 10 y tabla 11, de programa de mantenimiento preventivo según las actividades a realizar.

Tabla 10

Programa de mantenimiento preventivo de inspección, limpieza y lubricación

PROGRAMA SEMANAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																		
Ítem	EQUIPOS	P	Hrs	ENERO 2023																														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CHANCADO				S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L
1	Chancadora cónica 4 1/4'	1	4		M						M						M						M									M		
2	Chancadora cónica 3'	1	4	M							M						M						M									M		
MOLIENDA																																		
1	Molino de barras 6'x12'	1	4	M						M							M						M								M			
2	Molino bolas 6'x8' N.º 1	1	2		M						M							M						M							M			
3	Molino bolas 6'x8' N.º 2	1	2			M						M							M						M						M			
4	Molino bolas 6'x5'	1	2			M						M								M					M						M			
5	Zaranda de alta frecuencia ZAF 3'x8'	2	2		M						M									M					M						M			
6	Zaranda de alta frecuencia ZAF 4'x8'	2	2			M						M									M					M					M			
7	Hidroclonones	3	2			M						M									M					M					M			
FLOTACIÓN																																		
1	Celda SP 24 Rougher	1	2				M						M									M						M						
2	Celda SP 24 Scavenger	1	2					M							M									M						M				
3	Celda SP 24 Cleaner	1	2						M							M									M						M			
4	Celda OK 10	1	4							M							M								M						M			
5	Celda WS 8x8' N.º 1	1	3				M							M											M						M			
6	Celda WS 8x8' N.º 2	1	3					M								M										M					M			
7	Celda WS 6x6'	2	3						M									M									M							
OTROS																																		
1																																		
2																																		

P: PRIORIDAD 1 ALTO 2 MEDIO 3 BAJO
Hrs: HORAS DE MANTENIMIENTO
M: MANTENIMIENTO

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10, se puede evidenciar el programa semanal del mantenimiento preventivo para el mes de enero del 2023, de los equipos de la planta concentradora, que tiene en cuenta que se trata de un mantenimiento preventivo. El mantenimiento de los equipos será semanalmente y de acuerdo con la prioridad de los equipos en la operación y teniendo en cuenta el tiempo que demorará el mantenimiento de cada equipo.

De ser necesario posterior al mantenimiento preventivo (tabla 10), también, se realizará un mantenimiento correctivo, para ello se realiza un programa anual de mantenimiento correctivo.

Tabla 11

Programa de mantenimiento correctivo, cambio y/o reparación de componentes y repuestos

PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO															
Ítem	EQUIPOS	P	Hrs.	AÑO 2023											
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
CHANCADO															
1	Chancadora cónica 4 1/4'	1	24	M		M		M		M		M		M	
2	Chancadora cónica 3'	1	24	M		M		M		M		M		M	
MOLIENDA															
1	Molino de barras 6'x12'	1	24	M		M		M		M		M		M	
2	Molino bolas 6'x6' N.º 1	1	24		M		M		M		M		M	M	
3	Molino bolas 6'x6' N.º 2	1	24		M		M		M		M		M	M	
4	Molino bolas 6'x5'	1	24		M		M		M		M		M	M	
5	Zaranda de alta frecuencia ZAF 3'x8'	2	24	M		M		M		M		M			
6	Zaranda de alta frecuencia ZAF 4'x8'	2	24	M		M		M		M		M			
7	Hidrociclones	3	24		M		M		M		M		M	M	
FLOTACIÓN															
1	Celda SP 24 Rougher	1	24	M		M		M		M		M		M	
2	Celda SP 24 Scavenger	1	24	M		M		M		M		M		M	
3	Celda SP 24 Cleaner	1	24	M		M		M		M		M		M	
4	Celda OK 10	1	24		M		M		M		M		M	M	
5	Celda WS 8'x8' N.º 1	1	24		M		M		M		M		M	M	
6	Celda WS 8'x8' N.º 2	1	24		M		M		M		M		M	M	
7	Celda WS 6'x6'	2	24		M		M		M		M		M	M	
OTROS															
1	Fajas transportadoras	2	3	M		M		M		M		M		M	
2	Bombas de horizontales de lodos	1	3		M		M		M		M		M	M	

P: PRIORIDAD	1	ALTO	2	MEDIO	3	BAJO
Hrs: HORAS DE MANTENIMIENTO						
M: MANTENIMIENTO						

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, se puede evidenciar el programa de mantenimiento correctivo que se realizará a los equipos cada mes durante el año 2023. Este tipo de mantenimiento se realiza con la finalidad de corregir de raíz las fallas que tienen los equipos y alargar su vida útil.

4.3. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con la implementación y uso de los instrumentos como el Check List, programa de mantenimiento y control de KPI'S, se logró minimizar las horas de parada de los equipos más críticos, con esto las horas de operación programas mejoraron de un 77.15% a un 95.16%. A continuación, se muestra la tabla 12 de horas de operación y tonelaje de mineral tratado en el mes de febrero 2023.

Tabla 12

Horas de operación y tonelaje de mineral tratado, febrero 2023

MES: FEBRERO 2023												
DIA	OPERACIÓN PLANTA											
	HORAS DE OPERACION				MINERAL TRATADO							
	GDA. A	GDA. B	TOTAL	ACUM.	TMH G.A.	% H ₂ O	TMS G.A.	TMH G.B.	% H ₂ O	TMS G.B.	TOT. TMS	ACUM.
1-Feb	12.00	12.00	24.00	24.00	443.00	2.88	430.24	463.72	2.92	450.17	880.409	880.41
2-Feb	12.00	12.00	24.00	48.00	465.00	2.69	452.47	461.07	2.78	448.25	900.722	1781.13
3-Feb	11.00	12.00	23.00	71.00	424.78	2.97	412.18	464.28	3.04	450.16	862.342	2643.47
4-Feb	11.00	12.00	23.00	94.00	393.40	3.31	380.37	465.69	2.94	452.01	832.384	3475.86
5-Feb	12.00	12.00	24.00	118.00	414.80	3.75	399.23	382.98	3.28	370.42	769.656	4245.51
6-Feb	11.00	12.00	23.00	141.00	409.96	2.97	397.78	421.38	2.96	408.93	806.705	5052.22
7-Feb	12.00	8.00	20.00	161.00	430.74	3.06	417.55	300.05	2.71	291.91	709.461	5761.68
8-Feb	8.00	12.00	20.00	181.00	315.86	2.87	306.79	431.85	2.80	419.78	726.567	6488.25
9-Feb	12.00	12.00	24.00	205.00	422.69	2.82	410.78	440.29	2.90	427.51	838.288	7326.53
10-Feb	12.00	12.00	24.00	229.00	425.23	3.29	411.24	431.43	3.06	418.23	829.467	8156.00
11-Feb	11.00	12.00	23.00	252.00	407.80	3.15	394.97	436.68	2.98	423.66	818.629	8974.63
12-Feb	12.00	12.00	24.00	276.00	421.08	3.11	408.00	430.72	2.86	418.40	826.408	9801.04
13-Feb	12.00	12.00	24.00	300.00	431.28	2.97	418.46	436.23	3.06	422.90	841.364	10642.40
14-Feb	12.00	12.00	24.00	324.00	431.07	2.96	418.31	438.00	3.07	424.57	842.880	11485.28
15-Feb	12.00	11.50	23.50	347.50	438.65	2.95	425.71	434.65	3.56	419.19	844.900	12330.18
16-Feb	12.00	12.00	24.00	371.50	449.52	3.29	434.73	452.07	3.02	438.41	873.139	13203.32
17-Feb	12.00	12.00	24.00	395.50	450.90	3.74	434.04	460.19	2.99	446.42	880.457	14083.78
18-Feb	11.00	11.50	22.50	418.00	410.58	2.91	398.64	415.59	2.95	403.31	801.948	14885.73
19-Feb	11.00	12.00	23.00	441.00	428.71	3.05	415.65	454.56	3.16	440.21	855.857	15741.58
20-Feb	12.00	12.00	24.00	465.00	437.64	2.96	424.69	440.07	3.01	426.84	851.531	16593.11
21-Feb	11.00	12.00	23.00	488.00	399.16	2.97	387.32	448.17	3.00	434.74	822.060	17415.17
22-Feb	11.00	12.00	23.00	511.00	446.42	3.02	432.93	448.60	3.32	433.69	866.619	18281.79
23-Feb	11.00	12.00	23.00	534.00	404.84	2.87	393.24	438.85	2.84	426.37	819.602	19101.39
24-Feb	11.00	12.00	23.00	557.00	438.35	3.08	424.86	407.75	2.99	395.55	820.413	19921.81
25-Feb	11.00	12.00	23.00	580.00	370.57	2.96	359.61	457.60	3.13	443.26	802.870	20724.68
26-Feb	0.00	12.00	12.00	592.00	0.00	0.00	0.00	424.80	3.12	411.54	411.543	21136.22
27-Feb	12.00	12.00	24.00	616.00	457.23	3.02	443.44	447.93	3.14	433.87	877.318	22013.54
28-Feb	12.00	11.50	23.50	639.50	465.55	3.09	451.18	444.60	3.12	430.75	881.924	22895.46
TOTAL	309.00	330.50	639.50		11434.81		11,084.41	12179.80		11,811.05	22,895.462	

Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, febrero 2023.

En la tabla 12, se evidencia que las horas de parada en las operaciones en el mes de febrero 2023 han reducido considerablemente en comparación con el mes de diciembre 2022. El tonelaje de mineral tratado por día fue de 654.49 TMSD en promedio (ver tabla 3), en el mes de febrero 2023 el promedio diario es de 817.69 TMSD de mineral tratado. Es decir, se logró un incremento de 163.20 TMSD de mineral tratado en planta concentrado.

Tabla 13

Horas de operación, paradas de la planta concentradora y causas, febrero 2023.

DIA	OPERACIONES FEBRERO 2023					
	HORAS DE OPERACIÓN DE PLANTA				HORAS DE PARADA	Causas de paradas de planta concentradora
	GDA. A	GDA. B	TOTAL	ACUM		
1-Feb	12.00	12.00	24.00	24.00	0.00	
2-Feb	12.00	12.00	24.00	48.00	0.00	
3-Feb	11.00	12.00	23.00	71.00	1.00	Reparación y mantenimiento chancadora cónica de 3 pies
4-Feb	11.00	12.00	23.00	94.00	1.00	Reparación y mantenimiento de molino de bolas 6'x5'
5-Feb	12.00	12.00	24.00	118.00	0.00	
6-Feb	11.00	12.00	23.00	141.00	1.00	Reparación y mantenimiento chancadoras cónicas de 4 ¼pies y molino de bolas 6'x6' N°2
7-Feb	12.00	8.00	20.00	161.00	4.00	Reparación y mantenimiento chancadora cónica de 3 pies
8-Feb	8.00	12.00	20.00	181.00	4.00	Reparación y mantenimiento chancadora cónica de 3 pies y celda de flotación OK 10
9-Feb	12.00	12.00	24.00	205.00	0.00	
10-Feb	12.00	12.00	24.00	229.00	0.00	
11-Feb	11.00	12.00	23.00	252.00	1.00	Reparación y mantenimiento chancadoras cónicas de 4 ¼pies y molino de bolas 6'x6' N°1
12-Feb	12.00	12.00	24.00	276.00	0.00	
13-Feb	12.00	12.00	24.00	300.00	0.00	
14-Feb	12.00	12.00	24.00	324.00	0.00	
15-Feb	12.00	11.50	23.50	347.50	0.50	Reparación y mantenimiento chancadora cónica de 3 pies
16-Feb	12.00	12.00	24.00	371.50	0.00	
17-Feb	12.00	12.00	24.00	395.50	0.00	
18-Feb	11.00	11.50	22.50	418.00	1.50	Reparación y mantenimiento chancadoras cónicas de 4 ¼pies y 3 pies y molino de bolas 6'x6' N°2
19-Feb	11.00	12.00	23.00	441.00	1.00	Reparación y mantenimiento chancadora cónica de 3 pies
20-Feb	12.00	12.00	24.00	465.00	0.00	
21-Feb	11.00	12.00	23.00	488.00	1.00	Corte de energía eléctrica
22-Feb	11.00	12.00	23.00	511.00	1.00	Reparación y mantenimiento chancadoras cónicas de 4 ¼ pies
23-Feb	11.00	12.00	23.00	534.00	1.00	Reparación y mantenimiento de zaranda de alta frecuencia 4'x8'
24-Feb	11.00	12.00	23.00	557.00	1.00	Reparación y mantenimiento de molino de bolas 6'x6' N°2
25-Feb	11.00	12.00	23.00	580.00	1.00	Reparación y mantenimiento de celda de flotación OK 10
26-Feb	0.00	12.00	12.00	592.00	12.00	Reparación y mantenimiento de molino de barras 6'x12', molino de bolas 6'x6' N°2, ZAF 3'x8', hidrociclón y celdas WS 8'x8'
27-Feb	12.00	12.00	24.00	616.00	0.00	
28-Feb	12.00	11.50	23.50	639.50	0.50	Reparación y mantenimiento de molino de barras 6'x12', zaranda de alta frecuencia 3'x8'
TOTAL	309.00	330.50	639.50		32.50	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13, se puede observar que durante las operaciones del mes de febrero 2023 se tuvieron paradas en varios días, pero estas paradas fueron cortas que duraron de 1 a 2 horas. En comparación con el mes de diciembre 2022 (ver tabla 4), las horas de operación promedio por día fueron de 18.52 horas y en el mes de febrero 2022 (ver tabla 12) fueron de 22.84 horas.

Tabla 14

Horas de parada por reparación y/o mantenimiento de equipos, febrero 2023

DIA	Reparación y/o mantto de chancadora 4.25 pies	Reparación y/o mantto de chancadora 3 pies	Reparación y/o mantto de molino de barras 6'x12'	Reparación y/o mantto de molino 6'x6' N°1	Reparación y/o mantto de molino 6x6 N°2	Reparación y/o mantto de molino 6'x5'	Reparación y/o mantto de ZAF 3'x8'	Reparación y/o mantto de ZAF 4'x8'	Reparación y/o mantto de celda OK-10	Reparación y/o mantto de hidrociclón	Reparación y/o mantto de celdas SP24	Reparación y/o mantto de celdas WS 6x6	Reparación y/o mantto de celdas WS 8'x8'	Corte de energía eléctrica
1-Feb														
2-Feb														
3-Feb		1.00												
4-Feb						1.00								
5-Feb														
6-Feb	0.50				0.50									
7-Feb		4.00												
8-Feb		2.00							2.00					
9-Feb														
10-Feb														
11-Feb	0.50			0.50										
12-Feb														
13-Feb														
14-Feb														
15-Feb		0.50												
16-Feb														
17-Feb														
18-Feb	0.50	0.50			0.50									
19-Feb		1.00												
20-Feb														
21-Feb														1.00
22-Feb	1.00													
23-Feb								1.00						
24-Feb					1.00									
25-Feb									1.00					
26-Feb			5.00		3.00		1.00			1.00			2.00	
27-Feb														
28-Feb		0.50												
TOTAL	2.50	9.50	5.00	0.50	5.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	0.00	0.00	2.00	1.00

Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, febrero 2023.

En la tabla 14, se puede evidenciar los equipos que tuvieron problemas por día y las cuales se realizaron reparaciones y/o mantenimientos. El tiempo que duraron estas actividades en comparación con el mes de diciembre 2022 (ver tabla 5) se evidencia una disminución notable del tiempo.

Tabla 15

Horas de parada de los equipos de planta concentradora por reparación y/o mantenimiento.

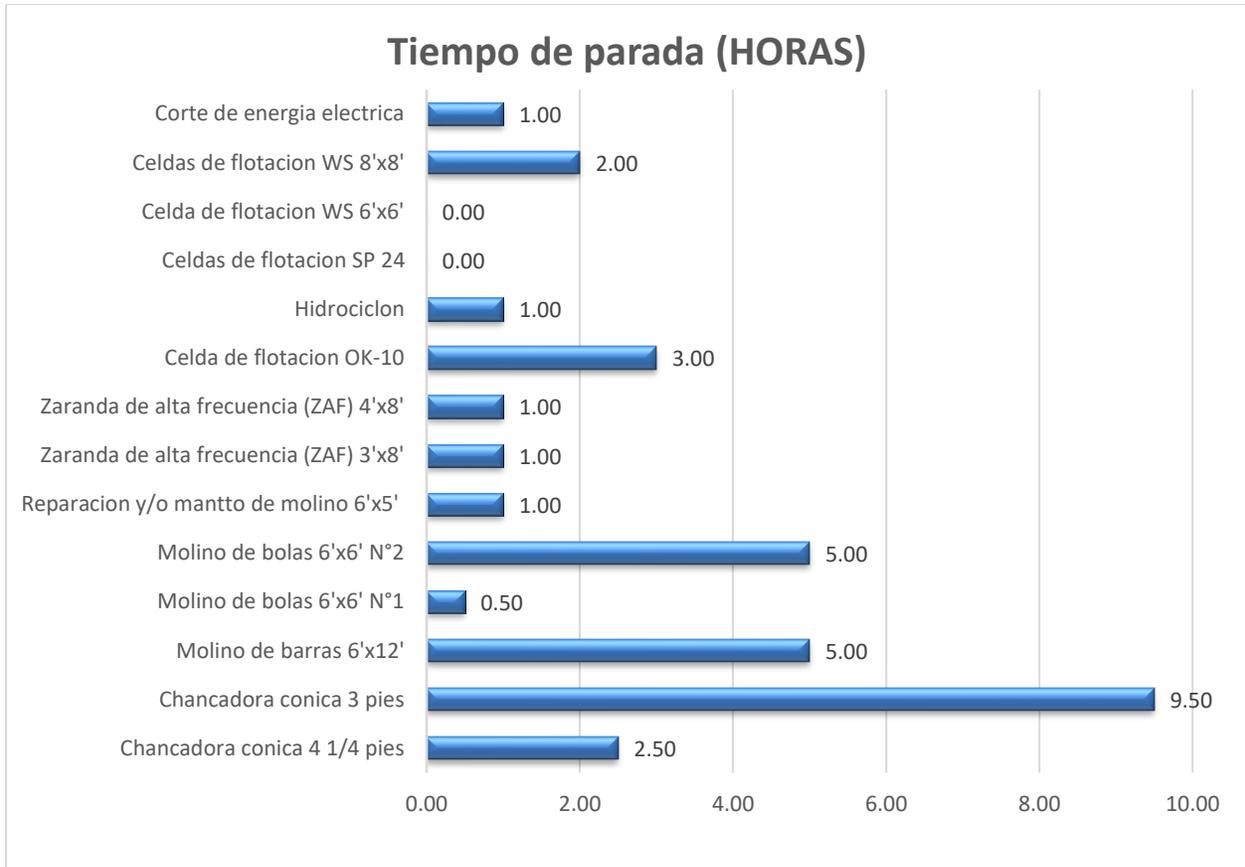
Equipos en reparación y mantenimiento	Tiempo de parada (HORAS)
Reparación y/o mantto de chancadora 4.25 pies	2.50
Reparación y/o mantto de chancadora 3 pies	9.50
Reparación y/o mantto de molino de barras 6'x12'	5.00
Reparación y/o mantto de molino 6'x6' N°1	0.50
Reparación y/o mantto de molino 6x6 N°2	5.00
Reparación y/o mantto de molino 6'x5'	1.00
Reparación y/o mantto de ZAF 3'x8'	1.00
Reparación y/o mantto de ZAF 4'x8'	1.00
Reparación y/o mantto de celda OK-10	3.00
Reparación y/o mantto de hidrociclón	1.00
Reparación y/o mantto de celdas SP24	0.00
Reparación y/o mantto de celdas WS 6x6	0.00
Reparación y/o mantto de celdas WS 8'x8'	2.00
Corte de energía eléctrica	1.00
TOTAL	32.50

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15, se puede evidenciar en la lista de los equipos que han tenido problemas electromecánicos el tiempo de paradas se ha reducido en gran proporción, en total las horas de paradas de los equipos era de 170.00 horas (ver tabla 6) reduciendo tiempo a 32.50 horas.

Figura 17

Horas de parada de equipos de planta concentradora durante el mes de febrero 2023



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 13, se puede identificar que el tiempo de paradas de los equipos fueron más cortas que las del mes de diciembre 2022 (ver figura 2) principalmente en la chancadora cónica de 3 pies que tuvo un tiempo de parada de 39 horas y se logró reducir a 9.50 horas, la chancadora cónica 4 ¼ pies tuvo un tiempo de parada de 27 horas y se logró reducir a 2.5 horas, el molino de barras 6'x12' tuvo un tiempo de parada de 18 horas se recude a 5 horas y los molinos de bolas 6'x6' N°1 y N°2 que tuvieron un tiempo de parada de 9 y 7 horas y se redujeron a 0.50 y 5 horas respectivamente.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 14 y figura 10 se determina la inoperatividad que ha tenido cada equipo durante las operaciones en el mes de febrero 2023 por reparación y/o mantenimiento. A continuación, se muestra la tabla 15 de horas de reparación y mantenimiento e inoperatividad de los equipos.

Tabla 16

Horas de reparación y/o mantenimiento de equipos y porcentaje de inoperatividad de equipos, febrero 2022

ACTIVIDAD	TIEMPO (HORAS)	% INOPERATIVIDAD
Reparación y/o mantto de chancadora 4.25 pies	2.50	7.69%
Reparación y/o mantto de chancadora 3 pies	9.50	29.23%
Reparación y/o mantto de molino de barras 6'x12'	5.00	15.38%
Reparación y/o mantto de molino 6'x6' N°1	0.50	1.54%
Reparación y/o mantto de molino 6x6 N°2	5.00	15.38%
Reparación y/o mantto de molino 6'x5'	1.00	3.08%
Reparación y/o mantto de ZAF 3'x8'	1.00	3.08%
Reparación y/o mantto de ZAF 4'x8'	1.00	3.08%
Reparación y/o mantto de celda OK-10	3.00	9.23%
Reparación y/o mantto de hidrociclón	1.00	3.08%
Reparación y/o mantto de celdas SP24	0.00	0.00%
Reparación y/o mantto de celdas WS 6x6	0.00	0.00%
Reparación y/o mantto de celdas WS 8'x8'	2.00	6.15%
Corte de energía eléctrica	1.00	3.08%
TOTAL	32.50	100.00%

Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, febrero 2023.

En la tabla 16, se puede observar el tiempo total de inoperatividad por reparación y/o mantenimiento de los equipos fueron de 32.50 horas, en el mes de diciembre 2022 (ver tabla 7). Este tiempo de inoperatividad fue de 170 horas. Es decir, se tuvo una disminución de 137.50 horas de tiempo de paradas. En cuanto al porcentaje de inoperatividad, se observa que en el mes de diciembre 2022 la chancadora cónica de 3 pies, la chancadora cónica 4 ¼ pies, el molino de barras 6'x12' y los molinos de bolas 6'x6' N°1 y N°2 fueron los equipos con más porcentaje de inoperatividad seguido de las celdas de flotación y en el mes de febrero 2023 solamente la chancadora cónica de 3 pies, molino de barras 6'x12' y el molino de bolas 6'x6' N°2 fueron los equipos que presentaron mayor porcentaje de inoperatividad.

Teniendo en cuenta las tablas y figuras anteriores donde nos muestra las horas de operación y las paradas por reparación y/o mantenimiento se determina el KPI de horas de la operación de la planta concentradora por día durante el mes de febrero 2023. A continuación, se presenta la siguiente tabla 16 de KPI de horas de operación de la planta concentradora

Tabla 17

KPI de horas de operación de la planta concentradora, febrero 2023

KPI DE HORAS DE OPERACIÓN - FEBRERO 2023				
	Horas de Operación programadas	Horas de Operación Ejecutadas	Horas de Parada	KPI
1-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
2-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
3-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
4-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
5-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
6-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
7-Feb	24.00	20.00	4.00	83.33%
8-Feb	24.00	20.00	4.00	83.33%
9-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
10-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
11-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
12-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
13-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
14-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
15-Feb	24.00	23.50	0.50	97.92%
16-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
17-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
18-Feb	24.00	22.50	1.50	93.75%
19-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
20-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
21-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
22-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
23-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
24-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
25-Feb	24.00	23.00	1.00	95.83%
26-Feb	24.00	12.00	12.00	50.00%
27-Feb	24.00	24.00	0.00	100.00%
28-Feb	24.00	23.50	0.50	97.92%
PROMEDIO DE KPI DE HORAS DE OPERACIÓN				95.16%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17, se observa que el en mes de febrero 2023 se logró llegar a un KPI de horas de operación de planta concentradora de 95.16% de cumplimiento si hacemos una comparación con el KPI de las horas de operación del mes diciembre del 2022 donde solo se tuvo un KPI con un cumplimiento de 77.15% (ver tabla 8) podemos afirmar que se ha mejorado la operatividad de la planta en un 18.01%.

Tabla 18

Producción de concentrado cobre en el mes de febrero 2023

DIA	PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO DE COBRE Y LEYES					
	MINERAL TRATADO	Cu. PRODUCCIÓN	LEY DE CABEZA		CALIDAD CONCENTRADO	
	TMS	TMS	Ley de Cab. Ag	Ley de Cab. Cu	Grado Onz. Ag	CONC. Cu %
1-Feb	880.41	16.121	0.77	0.55	31.70	25.79
2-Feb	900.72	18.633	0.79	0.61	29.13	25.70
3-Feb	862.34	20.345	0.87	0.70	28.37	25.82
4-Feb	832.38	16.549	0.74	0.59	28.50	25.67
5-Feb	769.66	15.031	0.73	0.57	27.76	25.11
6-Feb	806.71	15.636	0.77	0.56	29.59	24.45
7-Feb	709.46	15.438	0.89	0.64	30.09	25.48
8-Feb	726.57	14.069	0.81	0.57	30.75	25.19
9-Feb	838.29	15.446	0.78	0.56	30.82	25.68
10-Feb	829.47	17.044	0.80	0.58	29.68	24.41
11-Feb	818.63	16.004	0.75	0.59	28.91	25.92
12-Feb	826.41	17.731	0.81	0.63	28.90	25.43
13-Feb	841.36	16.536	0.76	0.57	29.10	24.77
14-Feb	842.88	16.270	0.80	0.57	30.57	25.09
15-Feb	844.90	15.808	0.76	0.55	30.13	24.79
16-Feb	873.14	17.115	0.79	0.57	30.22	24.75
17-Feb	880.46	17.406	0.78	0.59	29.98	25.56
18-Feb	801.95	16.117	0.80	0.59	29.88	25.21
19-Feb	855.86	16.686	0.78	0.58	29.81	25.31
20-Feb	851.53	17.031	0.78	0.57	29.26	24.15
21-Feb	822.06	15.047	0.72	0.52	29.67	24.11
22-Feb	866.62	16.571	0.82	0.58	31.95	25.70
23-Feb	819.60	15.366	0.73	0.56	29.20	25.15
24-Feb	820.41	15.729	0.78	0.56	30.70	24.94
25-Feb	802.87	13.611	0.73	0.54	32.35	26.68
26-Feb	411.54	7.375	0.73	0.53	30.98	25.13
27-Feb	877.32	17.432	0.79	0.58	30.01	25.14
28-Feb	881.92	18.111	0.87	0.60	31.85	25.04
	22895.46	450.26				

Fuente: Reporte de operaciones Empresa minera, Ancash 2022, febrero 2023.

En la tabla 18, se puede observar que durante el mes de febrero del 2023. Se logró procesar 22,895.46 TMS de mineral y se tuvo una producción de concentrado de cobre de 450.26 TMS. Esto según el balance metalúrgico fue ejecutado del mes de febrero del 2023. A continuación, se presenta la figura 14 del balance metalúrgico del mes de febrero.

Figura 18

Balance metalúrgico ejecutado del mes de febrero 2023

BALANCE METALURGICO ACUMULADO MENSUAL													
FECHA: 28-Feb												HORAS DE OPERACIÓN: 639.50	
Producto	TMS	L E Y E S				C O N T E N I D O S				D I S T R I B U C I O N (%)			
		Ag Oz/TM	%Cu	%Zn	As %	Oz Ag	TM Cu	TM Zn	TM As	%Ag	% Cu	%Zn	Ratio
CABEZA	22895.462	0.78	0.58	0.19	0.06	17,951.674	132.941	44.285	13.935	100.00	100.00	100.00	
CONC. CU	450.257	29.95	25.22	5.34	0.06	13,483.892	113.563	24.064	0.249	75.03	85.42	54.24	50.85
RELAVE	22445.206	0.200	0.086	0.090	0.047	4,487.239	19.378	20.305	10.496	24.97	14.58	45.76	

Fuente: Balance metalúrgico Empresa minera, Ancash 2022, febrero 2023.

En la figura 14, se puede evidenciar el balance metalúrgico ejecutado del mes de febrero del 2023 donde se observa el tonelaje tratado o procesado de mineral 22,895.462 TMS, la producción de concentrado de cobre 450.257 TMS, la calidad de concentrado de cobre 25.22%, el contenido de plata en el concentrado 29.95 onzas/TMS además del porcentaje de recuperación de cobre y plata.

Según lo programado el tratamiento o procesamiento de mineral y la producción de concentrado de cobre debió ser de 25,200.00 TMS de mineral y 488.366 TMS de concentrado de cobre con una ley de cabeza del mineral de 0.57 % de cobre por tonelada métrica seca (% Cu/TMS). Se debe tener en cuenta que el mes de febrero tiene solo 28 días y el tonelaje de tratamiento o procesamiento de mineral es de 900 TMS por día. A continuación, se muestra la figura 15 del balance metalúrgico programado del mes de febrero 2023.

Figura 19

Balance metalúrgico programado del mes de febrero 2023

BALANCE METALURGICO PROGRAMADO A LA FECHA - FEBRERO 2023													
										HORAS DE OPERACIÓN 552			
Producto	TMS	L E Y E S				C O N T E N I D O S				D I S T R I B U C I O N (%)			
		Ag Oz/TM	%Cu	%Zn	As %	Oz Ag	TM Cu	TM Zn	TM As	%Ag	%Cu	%Zn	Ratio
CABEZA	25200.000	0.85	0.57	0.13	0.09	21,420.00	143.640	32.760	22.680	100.00	100.00	100.00	
CONC. CU	488.366	33.00	25.00	5.90	0.15	16,116.07	122.091	28.814	0.733	75.00	85.00	38.11	51.60
RELAVE	24711.634	0.217	0.087	0.189	0.031	5,372.31	21.549	46.787	7.548	25.00	15.00	61.89	

Fuente: Balance metalúrgico Empresa minera, Ancash 2022, febrero 2023.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el análisis del estado de la planta concentrando, se obtuvo resultados iniciales fueron del 77.15% de operatividad y luego de haber implementado los instrumentos como el Check List, programas de mantenimiento y el control de los KPI. Se ha demostrado que las constantes paradas de la planta concentradora que afecta la productividad se deben a los problemas mecánicos que tiene cada equipo es principalmente por falta de mantenimiento.

La productividad antes de aplicar el programa de mantenimiento preventivo fue 412.51 TMS de concentrado de cobre en el mes de diciembre 2022 con un valor de \$3,093,825.00 (tres millones noventa y tres mil ochocientos veinte y cinco dólares) y después de ser aplicado el programa de mantenimiento preventivo la producción de concentrado de cobre se incrementó 450.26 TMS 2023 con un valor de \$3,376,950.00 (tres millones trecientos setenta y seis mil novecientos cincuenta). Es decir, se tuvo 34.75 TMS más de concentrado de cobre en el mes de enero 2023 con un valor de \$283,125.00 (doscientos ochenta y tres mil ciento veinte y cinco dólares). Esto indica que, al aplicar la variable independiente en la empresa minera (Implantación de un programa de mantenimiento preventivo) tuvo un impacto positivo en la variable dependiente (productividad), porque incremento la producción de concentrado de cobre.

Tabla 19

Diferencia de costo de producción de concentrado de cobre por mes

Productividad de concentrado de cobre, diciembre 2022 – enero 2023					
Producción diciembre 2022 TMS	Valor de Producción diciembre 2022	Producción febrero 2023 TMS	Valor de Producción febrero 2023	Diferencia de Producción TMS	Diferencia Valor de Producción Mes
412.51	\$3,093,825.00	450.26	\$3,376,950.00	37.75	\$283,125.00

Fuente: Elaboración propia.

Con el uso del Chuck List se pudo obtener resultados de los equipos que presentan problemas frecuentes estos resultados son desgaste de sus partes y componentes que requieren cambio, reparación, lubricación, limpieza, etc. Estas son las causas que los equipos fallan en plena operación ocasionando largas horas de parada de la planta concentradora.

Teniendo en cuenta los resultados de los reportes de operación se implementó el uso de los Check List, se realizó un programa semanal de mantenimiento preventivo para el mes de enero 2023 y, adicionalmente, se realizó un programa anual de mantenimiento correctivo durante

el año 2023 en caso se requiera esto con el fin de mejorar la operatividad de los equipos. Después de haber realizado los mantenimientos preventivos y correctivos durante el mes de enero 2023, los resultados obtenidos en las operaciones del mes de febrero 2022 fueron del 95.16% de KPI de operatividad. Los KPI de horas de operación diaria mejoraron en un 77.15% a 95.16%. Es decir, se tuvo una mejora del 18.01% en horas de operación reduciendo significativamente las horas de parada de los equipos y por ende de la planta concentradora y aumentando la productividad debido a que el tonelaje de tratamiento incremento en promedio de 654.49 TMSD a 817.69 TMS, es decir, se procesó 163.20 TMSD de mineral.

En el trabajo de investigación titulado, *Implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la línea de producción de moldes de panetón para el incremento de la productividad en la empresa Multimoldes S.A.C. – 2018* de autoría de Edwin Galarza, en el año 2021. Ha logrado incrementar la producción de moldes de panetón en un 20.97% en el presente trabajo de investigación con la implementación del programa de mantenimiento preventivo se ha logrado incrementar en un 9.15% la producción de concentrado de cobre. Esto demuestra que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo tiene un impacto positivo en la productividad de una empresa.

En la tesis *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de los equipos de chancado secundario en una empresa minera*, presentado por Chacón León Henry Alex, en el año 2020, tuvo un impacto positivo después de implementar el plan de mantenimiento preventivo incrementando la productividad en el área chancado de un 4.56%, que demostró así que el plan o programa de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad y confiabilidad de los equipos y máquinas. En la presente tesis, después de implementar el programa de mantenimiento preventivo las horas paradas intempestivas y no planificadas por reparación o mantenimiento se redujeron hasta en un 18.01%.

En el trabajo de investigación *Incremento de la productividad mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa San Lucas S.A.C. Chimbote – 2022*, presentado por Carlos Campos, Luis Yadir y Santisteban Cary, Nilo Bryan, 2022, demostraron que se logró incrementar la productividad de 64.10% a 85.70%. lo que incrementó, también, la eficacia y eficiencia de los equipos. En el presente trabajo de investigación, se demostró el incremento de la productividad de concentrado de cobre en un 9.15%, es decir, que de 412.51 TMS de producción de concentrado de cobre se incrementó la producción a 450.26 TMS.

4.5. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PLANTA CONCENTRADORA EMPRESA MINERA ÁNCASH 2022

Se realiza un plan de implementación del programa de mantenimiento preventivo para la planta concentradora. Dicho plan de implementación se presenta en el Anexo 02.

4.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA, AMBIENTAL

4.6.1. Evaluación Económica

Como ya se explicó, por las constantes paradas de la planta concentradora, por problemas con los equipos del área de chancado y molienda, no se lograba la productividad programada de concentrado de cobre, que presentó pérdidas económicas por la baja productividad. Cabe resaltar que la tonelada de concentrado de cobre está valorizado, aproximadamente, en 7,500.00 dólares la tonelada métrica seca. Este costo varía de acuerdo al porcentaje de contenido de cobre y el contenido de plata en onzas por tonelada de concentrado.

A continuación, se muestra la tabla 20 de producción de concentrado de cobre durante el mes de diciembre del 2022, costo por tonelada y costo total de la producción.

Tabla 20

Producción de concentrado de cobre y costo por tonelada, diciembre 2022

PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO DE Cu, DICIEMBRE 2022				
Producción por Mes TMS	Producción Promedio por Día TMS	Valor Aproximado por TMS	Valor de Producción por Día	Valor Total de Producción por Mes
412.51	13.31	\$7,500.00	\$99,800.81	\$3,093,825.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se evidencia en la tabla 20, en el mes de diciembre del 2022, se tuvo una producción total, en dicho de 412.51 TMS de concentrado de cobre, la producción de concentrado promedio por día fue de 13.31 TMS. En cuanto al valor de la producción por día, fue de 99,800.81 dólares, el valor total de la producción del mes fue de 3'093,825.00 dólares.

A continuación, se muestra la tabla 20 de producción de concentrado de cobre durante el mes de febrero del 2023, costo por tonelada y costo total de la producción.

Tabla 21*Producción de concentrado de cobre y costo por tonelada, febrero 2023*

PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO DE Cu, FEBRERO 2023				
Producción por Mes TMS	Producción Promedio por Día TMS	Valor Aproximado por TMS	Valor de Producción por Día	Valor Total de Producción por Mes
450.26	16.08	\$7,500.00	\$120,605.36	\$3,376,950.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se evidencia en la tabla 21, en el mes de febrero del 2023, en comparación del mes de diciembre 2022 (ver tabla 19). Se tuvo una producción total en dicho de 450.26 TMS de concentrado de cobre, la producción de concentrado promedio por día fue de 16.08 TMS. En cuanto al valor de la producción por día fue de 120,650.36 dólares, el valor total de la producción del mes fue de 3'376,950.00 dólares.

Para determinar el impacto económico que tuvo la implementación del programa del mantenimiento preventivo en la planta concentrado de la empresa minera, se realizó una comparación entre el mes de diciembre 2022 y febrero 2023 para evidenciar la diferencia en la producción de concentrado de cobre entre ambos meses, así como la diferencia del valor de la productividad por día y mes de concentrado.

Tabla 22*Diferencia de producción de concentrado de cobre por mes*

DIFERENCIA DE PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO DE COBRE		
Producción diciembre 2022 TMS	Producción febrero 2023 TMS	Diferencia de Producción TMS
412.51	450.26	37.75

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 22, en el mes de diciembre del 2022 se tuvo una producción de concentrado de cobre de 412.51 TMS y en el mes de febrero 2023 se tuvo 450.26 TMS. Esto indica que en el mes de febrero 2023 la producción de concentrado de cobre tuvo un incremento de 37.75 TMS de concentrado en comparación con el mes de diciembre 2022. Este incremento de productividad fue de 9.15%.

Tabla 23*Diferencia de costo de producción de concentrado de cobre por mes*

DIFERENCIA DE COSTOS DE CONCENTRADO DE COBRE					
Valor de Producción Dia Diciembre 2022	Valor de Producción Dia Febrero 2023	Diferencia Valor de Producción Dia	Valor de Producción Diciembre 2022	Valor de Producción Febrero 2023	Diferencia Valor de Producción Mes
\$99,800.81	\$120,605.36	\$20,804.55	\$3,093,825.00	\$3,376,950.00	\$283,125.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 23, el valor de la producción en el mes de diciembre 2022 por día fue de 99,800.81 dólares y en el mes de febrero 2023 fue de 120,605.36 dólares, lo cual hace una diferencia de 20,804.55 dólares por día. En los meses de diciembre 2022 y febrero 2023, se tuvo un valor total de producción de 3'093,825.00 dólares y 3'376,950.00 dólares respectivamente evidenciando que la diferencia entre ambos meses fue de 283,125.00 dólares. Es decir, en el mes de febrero 2023, se logró obtener 283,125.00 dólares más en productividad en comparación de diciembre 2022.

4.6.2. Evaluación Ambiental

Durante el proceso de tratamiento de mineral, en la planta concentradora, se utilizan productos químicos para poder separar el metal valioso de mineral, en este caso el cobre y la plata. Estos productos químicos, o también llamados reactivos, son nocivos para la salud y el medio ambiente, que causa contaminación si están en contacto con el agua o la tierra.

Cuando los equipos de la planta concentrado tienen paradas y más aún cuando estas paradas son intempestivas provocan derrames de esta pulpa de mineral que causan rebales que en ocasiones salen del circuito de la planta llegando a tener contacto con el medio ambiente, por esta razón es necesario que las operaciones sean continuas evitando paradas de los equipos.

En el mes de diciembre del 2022, se tuvo 170 horas de paradas en total (ver tabla 6) y muchas de estas paradas causaron derrames de pulpa de mineral teniendo como consecuencias la contaminación ambiental de suelos y agua. En el mes de febrero del 2023, después de haber implementado el programa de mantenimiento preventivo, estas paradas de la planta concentradora se redujeron a 32.50 horas (ver tabla 15) y disminuyeron considerablemente los derrames y rebales de pulpa, que evitó, de esta manera, contaminación ambiental.

CONCLUSIONES

1. Con la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la planta concentradora se logró incrementar el tonelaje promedio por día de tratamiento o procesamiento de mineral de 654.497 TMS a 817.79 TMS. Es decir, se tuvo una mejora en los KPI de horas de operación en un 95.16%, con esto, también, incremento la productividad de la empresa minera, donde su producción de concentrado de cobre era de 13.31 TMS y se incrementó 16.08 TMS que equivale a un 20.81% más de producción.
2. Haciendo uso de las herramientas como Check List y controlando las horas de operaciones, se logró recolectar datos e información del estado actual de los equipos, los cuales fueron analizados y diagnosticados. Se obtuvo como resultado que las causas principales son las actividades de reparación y mantenimiento de los equipos por fallas mecánicas o de operación que generan la parada de toda la planta concentradora y perjudican la productividad de la empresa minera.
3. Basado en los datos e información recolectada de los equipos de la planta concentradora, se determinó y analizó el índice de efectividad de la capacidad en la que trabaja la planta y las horas de operación. Se pudo determinar que antes de la implementación del programa de mantenimiento preventivo el que, de acuerdo con la capacidad de la planta concentradora que es 900 TMS, solo se utilizaba el 72.72% y el KPI de las horas de operación de planta era de 77.15%. Después de la implementación de dicho programa de mantenimiento, se llega a utilizar el 90.86% de su capacidad instalada de la planta y se mejoró el KPI de horas de operación hasta el 95.16%.
4. El impacto que tuvo la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa minera fue la mejora e incremento de la productividad y trajo beneficios económicos, ya que se logró mejorar la producción de concentrado de cobre con contenido de plata de un valor de 99,800.81 dólares a 120,605.36 dólares, es decir, 20,804.55 dólares más de producción por día. Al mes se tuvo un incremento de la producción de un valor de hasta 283,125.00 dólares más. Asimismo, se tuvo un impacto ambiental positivo, porque se logró reducir las paradas intempestivas y no planificadas de los equipos de la planta concentradora que provocaban derrames y rebalses de pulpa de mineral que contaminaban el medio ambiente como las aguas y las tierras.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación y aplicación de un programa mantenimiento preventivo y de ser necesario un programa de mantenimiento correctivo para los equipos de la planta concentradora para minimizar las horas de paradas de los equipos durante las operaciones, porque afectan de forma directa la productividad.
2. Se debe capacitar a los operadores de planta sobre el uso de herramientas de gestión de mantenimiento como el Check List y registro de horas de operación para obtener datos de horas de operación y disponibilidad operativa de cada equipo.
3. Se debe implementar y aplicar un programa de mantenimiento preventivo con fechas establecidas que mejoren el KPI de horas de operación. El mantenimiento preventivo evita que se realice mantenimientos correctivos que son más costosos.
4. Realizar un estudio económico sobre las pérdidas que se generan con las constantes paradas de los equipos por problemas mecánicos y los beneficios que se obtiene reduciendo las paradas de los equipos por problemas mecánicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS GONZÁLES, José Luis y COVINOS GALLARDO, Mitsuo. 2021. *Diseño y metodología de la investigación.* s.l. : Enfoques Consulting EIRL., 2021. págs. 66-78. Vol. 1.

BERNAL SOCHA, Fredy Hernando. 2021. *Propuesta de programa de mantenimiento planificado para equipos de Laboratorio Quibi [Tesis de grado, Universidad ECCI].* Repositorio institucional, s.l. : 2021.

CAMPOS ALARCON, Antali. 2020. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la optimización del proceso en el área de producción, COMERCIALIZADORA KETER S.A. DE C.V. [Tesis de licenciatura, Instituto Superior Tecnológico de Teziutlán].* Repositorio institucional, s.l. : 2020.

CAMPOS ESQUEN, Bruno Alonso y RUÍZ RUÍZ, Yover Ubelser. 2021. *Mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los camiones mineros de una empresa minera ubicada en la región Ancash [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].* Repositorio institucional, s.l. : 2021.

CAPARACHIN CONDORI, Williams Emilio Junior. 2019. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad mediante kpi's de mantenimiento, aplicado a la chancadora de quijada comesa 24" x 36" de la Planta Concentradora Polimetálica Cia. Minera Lincuna S.A. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa].* Repositorio institucional, s.l. : 2019.

CARLOS CAMPOS, Luis Yadir y SANTISTEBAN CARY, Nilo Bryan. 2022. *Incremento de la productividad mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa San Lucas S.A.C. Chimbote – 2022 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].* Repositorio institucional, s.l. : 2022.

CCARI, Herrera y CARLOS, Bryan. 2020. *Propuesta de un sistema de indicadores de eficiencia general de equipos (OEE) para mejorar la productividad en el área de tejeduría de una empresa textil [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].* Repositorio institucional, s.l. : 2020.

CHACÓN LEÓN, Henry Alex. 2020. *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de los equipos de chancado secundario en una empresa minera [Tesis de pregrado, Universidad Peruana los Andes].* Repositorio institucional, s.l. : 2020.

CRUZ AGUSTÍN, Percy Clifor. 2019. *Propuesta de implementación un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de equipos en el área de chancado de la planta concentradora [Tesis de pregrado, Universidad Continental].* Repositorio institucional, s.l. : 2019.

CRUZ SALDAÑA, Victor Manuel. 2020. *Mejora del plan de mantenimiento preventivo y su impacto en la disponibilidad de la Mejora del plan de mantenimiento preventivo y su impacto en*

la disponibilidad de la perforadora sks12 en una empresa minera [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional, s.l. : 2020.

DE LA CRUZ, Leudis Vega y DELGADO, Fernando Marredo. 2021. Evolución del control interno hacia una gestión integrada al control de gestión. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*. 2021. 10, págs. 211-230.

FLORES LOPÉZ, Guillermo Jesús. 2020. *Mejora continua: Propuesta de proceso para la formulación de proyectos por metodología DMAIC* [Tesis de maestría, Universidad del Desarrollo]. Repositorio institucional, s.l. : 2020.

FLORES, Marcelo, y otros. 2020. Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. *CienciAmérica*. 2020. Vol. 9, 4, págs. 27-34.

GALARZA CURISINCHE, Erwin Pablo. 2021. *Implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la línea de producción de moldes de panetón para el incremento de la productividad en la empresa Multimoldes S.A.C – 2018* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio institucional, s.l. : 2021.

GODOY T., Luis Adrián. 2021. *Programa de mantenimiento para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de ingeniería industrial de la universidad valle del momboy* [Tesis de doctorado, Universidad Valle de Momvoy]. Repositorio institucional, s.l. : 2021.

GÓMEZ, Meliza Andrea Bedoya. 2022. Modelo de toma de decisiones para integrar la demanda a la capacidad instalada de la Planta Plantos-Loza en Locería Colombiana S.A.S. *Elementos*. 2022. Vol. 7, 1, págs. 1-21.

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Osvaldo. 2021. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*. 2021. Vol. 37, 3, págs. 1-3.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto y MENDOZA TORRES, Christian Paulina. 2020. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. s.l. : Mcgraw-hill, 2020.

HILARIO SUAZO, Wilmer Abilio. 2022. *Diseño de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de la planta concentradora – compañía minera Casapalca* [Tesis de maestría, universidad del Centro del Peru]. Repositorio institucional, s.l. : 2022.

MEDINA UEMA, Christian Yukihiro. 2022. *Distribución de planta y mejora de procesos mediante el mantenimiento preventivo para aumentar la productividad en una empresa agroindustrial en el distrito de chao, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional, s.l. : 2022.

MORRIS MOLINA, Lloyd Herbert. 2020. Entre Ingeniería, Tecnología y Productividad. *Entre Ciencia e Ingeniería*. 2020. Vol. 14, 28, págs. 7-9.

NOVOA, Yeider Gutiérrez. 2021. Nociones de la investigación y el potencial de la investigación aplicada como estrategia de innovación. *Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño*. 2021. Vol. 7, 1, págs. 21-44.

ORELLANA HUAMÁN, Rubén Paulino. 2020. *Implementación de un plan de mejoras basadas en el TPM (mantenimiento productivo total) en el área de producción en la empresa Minera Huínac S. A. C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio institucional, s.l. : 2020.

PATIÑO FRANCO, Jairsinho Joshué. 2019. *Mejora del Proceso de la Planta Concentradora de una Compañía Minera Mediante la Implantación e Integración de PISystem de Osidoft [Tesis de pregrado, Universidad Continental]*. Repositorio institucional, s.l. : 2019.

PORTILLO, Martín Pillado, PÉREZ, Velia Herminia Castillo y DE LA RIVA RODRÍGUEZ, Jorge. 2022. Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. 2022. Vol. 12, 24.

RAMOS, María Gabriela Mago, LOZANO, Brenda Yasneir Perea y SUÁREZ, Henry Norholey López. 2020. Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo a los equipos del proceso de producción en la empresa EQUIACEROS SAS. *Ingenio Libre*. 2020. Vol. 8, 18, págs. 70-77.

RAMOS-GALARZA, Carlos Alberto. 2021. Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*. 2021. Vol. 10, 1, págs. 1-7.

—. 2020. Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*. 2020. Vol. 9, 3, págs. 1-6.

SANABRIA, Silvia Lorena Ballesteros, PALOMINO, Nicolás Alonso Gómez y SILVA, Wilson Robles. 2020. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo del proceso de trituración para la industria minera. *Revista Matices Tecnológicos*. 2020. Vol. 12, págs. 45-51.

URIBE APAZA, Miguel Fortunato. 2020. *Nivel de efectividad bajo el modelo Deming en un proceso de mantenimiento de una empresa minera en la región Cajamarca, 2020 [Tesis de maestría, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio institucional, s.l. : 2020.

USECHE, María Cristina, y otros. 2019. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cualitativos*. 1. s.l. : Universidad de La Guajira, 2019. 978-956-6037-04-0.

VALDIVIA LOZADA, Hernando, y otros. 2023. Incremento de producción metálica en planta concentradora mediante la implementación de Machine Learning en Antamina. *Revista Minera*. 2023. Vol. 4, 159, págs. 24-26.

VERA-ZAMBRANO, Roger Andrés y TORRES-RODRÍGUEZ, Roberto. 2021. Pautas de un programa de mantenimiento y su importancia en el proceso agroindustrial. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. 2021. Vol. 4, 8, págs. 96-113. 2737-6249.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	PROBACIÓN Y MUESTRA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN
¿Cómo implementar un programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en la planta concentradora de una empresa minera?	Implementar un programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en la planta concentradora en una empresa minera.	La implementación de un programa de mantenimiento preventivo permitirá el incremento de la productividad de la planta concentradora en una empresa minera.	Implementación de un programa de mantenimiento preventivo.	Tipo de investigación <ul style="list-style-type: none"> • Básica aplicada. Nivel de la investigación <ul style="list-style-type: none"> • Correlacional. 	Población finita Equipos de los diferentes procesos de la planta concentradora: Población = 48 equipos.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	MUESTRA
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál será el resultado de realizar un diagnóstico a los equipos de la planta concentradora para incrementar la productividad en una empresa minera? • ¿Cómo se analizará el índice de efectividad en cuanto a la capacidad y horas de operación de los equipos para incrementar la productividad en la planta concentradora en una empresa minera? • ¿Cuál será el impacto de implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la planta concentradora en una empresa minera? 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el adecuado diagnóstico a los equipos para incrementar la productividad de la planta concentradora en una empresa minera. • Realizar un análisis del índice de efectividad en cuanto a la capacidad y horas de operación de los equipos para incrementar la productividad de la planta concentradora en una empresa minera. • Determinar el impacto de implementar un programa de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la planta concentradora en una empresa minera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un adecuado diagnóstico a los equipos de la planta concentradora permitirá incrementar la productividad de una empresa minera. • Realizar el análisis del índice de efectividad en cuanto a la capacidad y horas de operación de los equipos de la planta concentradora incrementará la productividad en una empresa minera. • La implementación un programa de mantenimiento preventivo para determinar el impacto en el uso de los equipos de la planta concentradora incrementará la productividad en una empresa minera. 	Productividad.	Diseño de la investigación <ul style="list-style-type: none"> • Experimental. Enfoque de la investigación <ul style="list-style-type: none"> • Mixto 	No probabilístico – Por conveniencia Equipos del proceso de chancado y molienda. Muestra= 24 equipos.

Anexo 02: Plan de implementación de un programa de mantenimiento preventivo

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN UNA EMPRESA MINERA, ÁNCASH 2022.

MISIÓN DEL MANTENIMIENTO

Lograr incrementar la productividad de la empresa minera con la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta concentradora y así reducir los excesivos tiempos de paradas de los equipos que perjudican las operaciones de la planta y por ende afectan la productividad.

VISIÓN DEL MANTENIMIENTO

La implementación del programa de mantenimiento preventivo reducirá las paradas de los equipos por actividades de reparación y/o, este programa de mantenimiento estará acorde a las condiciones y al tiempo de operaciones de los equipos, para determinar la efectividad y la disponibilidad operativa de los equipos y el impacto del mantenimiento preventivo se medirán la producción y los KPI'S de horas de operación y disponibilidad.

OBJETIVO GENERAL

Mejorar la disponibilidad de los equipos de la planta concentradora y controlar el mantenimiento preventivo de los equipos involucrados en el proceso de producción de concentrado de cobre

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear compromiso en los trabajadores de la empresa minera con el fin de llegar a un efectivo plan de mantenimiento.
- Asegurar al máximo la operatividad de los de la planta concentradora.
- Reducir las horas de paradas intempestivas y no planificadas de la planta concentradora causados por fallas imprevistas de los equipos.

ALCANCE

Aplica a todos los equipos de los diferentes procesos de la planta concentradora, principalmente a los equipos más críticos de los procesos de chancado y molienda.

DESCRIPCIÓN

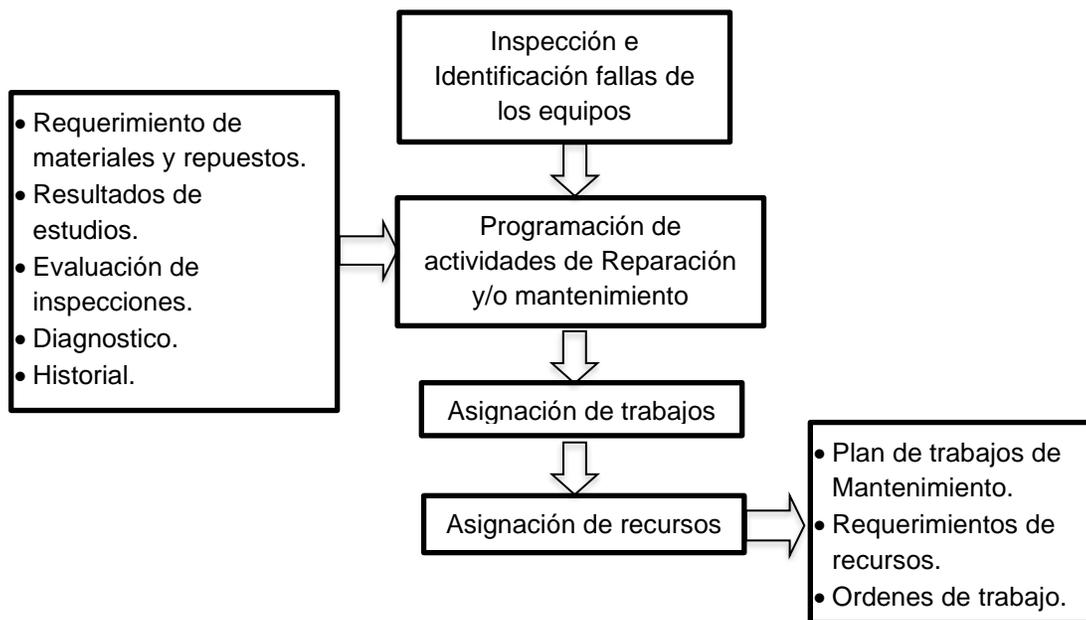
El mantenimiento preventivo es un sistema de prevención de fallas de equipos que consiste principalmente en planificar y programar controles, inspecciones de operaciones y actividades

de reparaciones y/o mantenimiento de equipos de acuerdo una base de información, datos e historial que se tiene de los equipos, para reducir las horas de paradas de la planta concentradora a causa de las fallas que tienen los equipos que afectan la productividad de la empresa. para lograr este objetivo se debe de detectar las fallas de los equipos para poder controlarlos y corregirlos logrando así incrementar la disponibilidad operativa de los equipos y por ende incrementando la productividad.

El proceso de la implementación del programa de mantenimiento preventivo en el área de producción de planta concentradora tiene un rol muy importante en la productividad por esta razón se debe cumplir a cabalidad cada uno de los objetivos propuestos para realizar las actividades de mantenimiento de los equipos. El orden de la secuencia para la ejecución de las tareas y las actividades en la planificación debe estar de acorde las necesidades operativas que presentan los equipos, a continuación se muestra una propuesta del plan de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta las variables que afectan el proceso en la planta concentradora.

Figura 1

Diagrama de secuencia de tareas en la planificación



Fuente: Elaboración propia.

Para el proceso de implementación de un programa de mantenimiento preventivo se debe contar con:

- El programa de mantenimiento preventivo mensual, el cual se planea con anticipación para coordinar y alistar toda la logística necesaria requerida en cuanto a los herramientas, materiales, repuestos e insumos.
- Un programa de mantenimiento preventivo mensual de actividades que se realizaría de acuerdo con la información de la situación de los equipos.
- Inspecciones diarias de los equipos
- Registro de horas de operación y paradas y causas.

TAREAS DE MANTENIMIENTO

Las tareas de mantenimiento son una serie de actividades programadas que se ejecutan a los equipos de instalaciones o plantas para mantener en estado optimo y con disponibilidad de funcionamiento, las tareas de mantenimiento son:

- Inspecciones del estado de los equipo.
- Reparaciones basados a las indicaciones del fabricante o a través de determinar una frecuencia de fallas.
- Cambios de componentes o partes del equipos según lo requiera.
- Lubricación.
- Cambios de partes.

ASIGNACIÓN DE PRIORIDAD PARA MANTENIMIENTO

Se contemplan 3 niveles de prioridad:

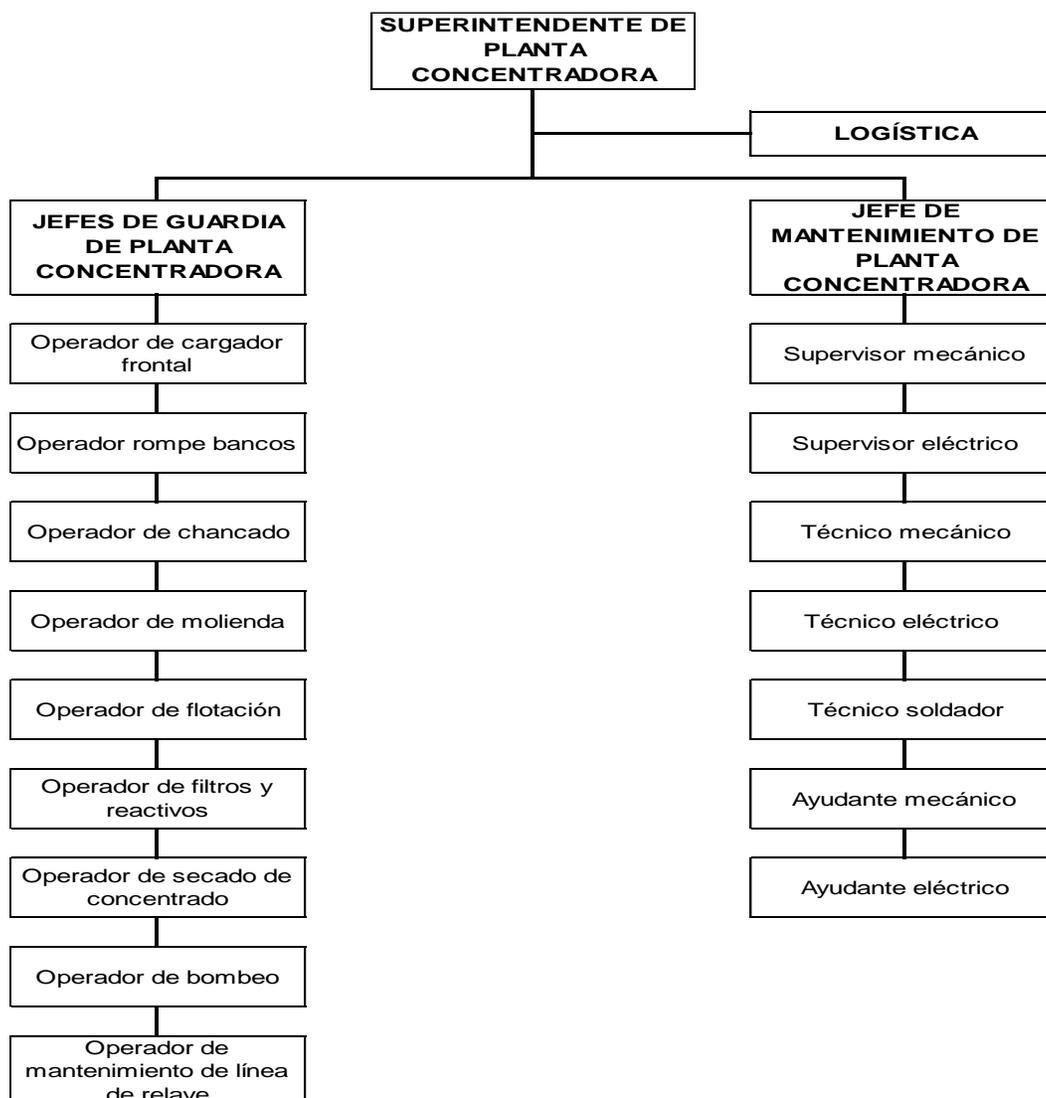
- **BAJO:** Cuando el equipo se encuentra en operación y no se observan fallas o solo se observan problemas menores que no afectara su operatividad.
- **MEDIO:** Cuando el equipos está en operación y se detectan fallas que deben ser corregidos en un determinado plazo.
- **ALTO:** Cuando el equipo está a punto de salir de operación o ya paro por fallas mecánicas o de operación y está causando o puede causar que pare todo el proceso de la planta.

RESPONSABLES DEL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los responsables para la implementación del programa de mantenimiento preventivo se dará según el nivel de responsabilidades de las jefaturas, supervisores, mecánicos y operadores en el área de planta concentradora. Para identificar a los responsables se presenta el organigrama de la planta concentradora.

Figura 2

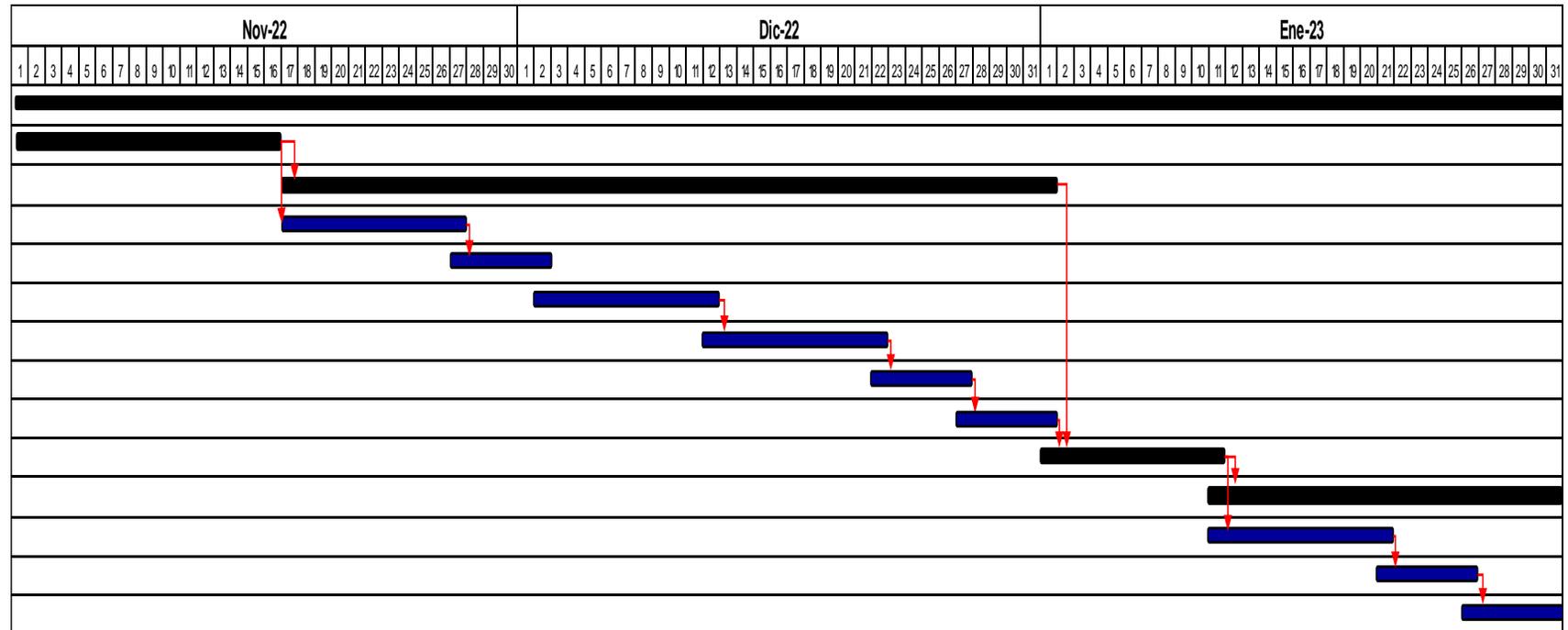
Organigrama de responsables del programa de mantenimiento preventivo



Fuente: Elaboración propia.

CRONOGRAMA DE TAREAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

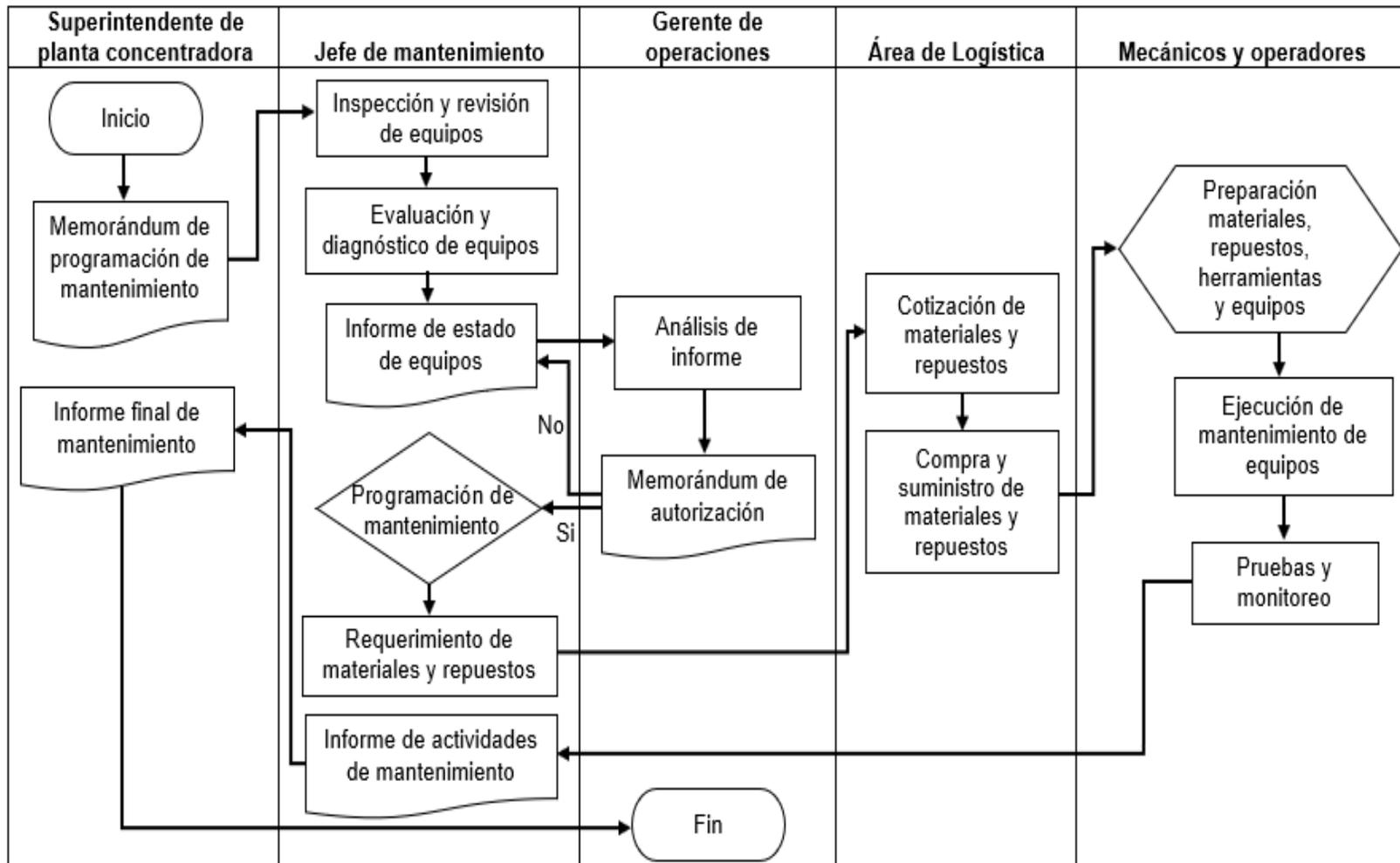
ITEM	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	Duración	Inicio	Final
1	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	90	1/11/2022	31/01/2023
1.1	Inspección e Identificación fallas de los equipos	15	1/11/2022	16/11/2022
1.2	Programación de actividades de Reparación y/o mantenimiento	45	17/11/2022	1/01/2023
1.2.1	Requerimiento de materiales y repuestos	10	17/11/2022	27/11/2022
1.2.2	Resultados de estudios	5	27/11/2022	2/12/2022
1.2.3	Evaluación de inspecciones	10	2/12/2022	12/12/2022
1.2.4	Diagnostico	10	12/12/2022	22/12/2022
1.2.5	Historial	5	22/12/2022	27/12/2022
1.2.6	Objetivos	5	27/12/2022	1/01/2023
1.3	Asignación de trabajos	10	1/01/2023	11/01/2023
1.4	Asignación de recursos	20	11/01/2023	31/01/2023
1.4.1	Plan de trabajos de mantenimiento	10	11/01/2023	21/01/2023
1.4.2	Requerimientos de recursos	5	21/01/2023	26/01/2023
1.4.3	Ordenes de trabajo	5	26/01/2023	31/01/2023



FLUJOGRAMA DE PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Figura 3

Flujograma de programación de mantenimiento preventivo



Fuente: Elaboración propia.

IMPLEMENTACIÓN DE CHECK LIST PARA INSPECCIÓN DE EQUIPOS DE PLANTA CONCENTRADORA

La planta concentradora no contaba con el Check List para realizar inspecciones, por ello implementó un Check List para recolectar información de los equipos más críticos.

Figura 4

Formato de Check List para chancadora cónica

CHECK LIST DE MOLINOS CHANCADORA CONICA 4 1/4' - 3'			
OPERADOR: _____	FECHA: _____		
SUPERVISOR: _____	TIPO DE CHANCADORA: _____		
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES		OBSERVACIONES
	BUENO	MALO	
1.0 MOTOR Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN			
1.1 Temperatura de motor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.2 Polea de trasmisión de motor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3 Correas de transmisión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4 Polea de chancadora.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.5 Amperaje de operación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.0 PARTES DE LA CHANCADORA			
2.1 Forro de Bowl Liner.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.2 Forro de Mantle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.3 Temperatura de contraeje de piñón .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.4 Nivel de aceite de sistema de lubricación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.5 Bomba de lubricación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.6 Mangueras de lubricación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.7 Resortes laceración de chancadora.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.8 Estructura principal de chancadora.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.9 Chute de alimentación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.10 Guardas de protección.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.0 BASE PRINCIPAL DE CHANCADORA			
3.1 Base de concreto de chancadora.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2 Espárragos de base principal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:			

_____	_____		
FIRMA DE OPERADOR	FIRMA DEL SUPERVISOR		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5

Formato de Check List para molinos

CHECK LIST DE MOLINOS BOLAS - BARRAS		
OPERADOR: _____	FECHA: _____	
SUPERVISOR: _____	TIPO DE MOLINO: _____	
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES
	BUENO MALO	
1.0 MOTOR Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
1.1 Motor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Acople de sistema de transmisión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Correas de transmisión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4 Polea de contra eje de piñón de ataque.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5 Polea de transmisión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.0 PARTES DEL MOLINO		
2.1 Casquillo del molino.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2 Chaquetas parte cilíndrica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3 Chaquetas de tapa de descarga.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4 Pernos de chaquetas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5 Spot feeder.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6 Trunnion de alimentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7 Trunnion de descarga.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8 Chumaceras y rodamientos de contra eje de piñón.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9 Chumaceras de alimentación y descarga de molino.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.10 Piñón de ataque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.11 Catalina de molino.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.12 Bombas horizontales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.13 Tuberías de descarga de bombas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.14 Cajón de descarga.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.15 Guardas de protección	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.0 BASE PRINCIPAL DE MOLINO Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
3.1 Estructura de la base de molino.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2 Estructura de base de sistema transmisión Pernos de base principal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3 Pernos de base principal de molino y sistema de transmisión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4 Guardas de protección.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:		
_____ _____ _____		
_____ FIRMA DEL OPERADOR	_____ FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7

Formato de Check List para celdas de flotación WS 8'x8' y WS 6'x6'

CHECK LIST DE CELDAS DE FLOTACION DE WS		
OPERADOR: _____	FECHA: _____	
SUPERVISOR: _____	TIPO DE CELDA WS: _____	
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES
	BUENO MALO	
1.0 MOTOR Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
1.1 Temperatura de motor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Polea de trasmision de motor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Correas de transmision.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4 Polea de arbol.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5 Ampareje de operacion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.0 PARTES DE LA CELDA WS		
2.1 Estructura principal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2 Temperatura de chumacera de arbol de transmición	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3 Agitador.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4 Estator.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5 Canal de espumas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6 Cajon de alimentación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7 Tubería de descarga.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8 Guardas deproteccion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:		

_____	_____	
FIRMA DEL OPERADOR	FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9

Formato de Check List para Zaranda de Alta Frecuencia ZAF

CHECK LIST DE ZARANDA DE ALTA FRECUENCIA (ZAF)		
OPERADOR: _____	FECHA: _____	
SUPERVISOR: _____	TIPO DE ZAF : _____	
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES
	BUENO	MALO
1.0 MOTORES DE ALTA FRECUENCIA		
1.1 Temperatura de motores de alta frecuencia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Amperaje de operación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.0 PARTES DE LA ZAF		
2.1 Estructura principal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2 Mallas de polietileno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3 Frecuencia de Vibracion de la ZAF.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4 Resortes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5 Cajon de alimentacion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6 Tuberia de alimentacion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7 Tuberia de descarga.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8 Tuberias de agua.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:		

_____	_____	
FIRMA DEL OPERADOR	FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10

Formato de Check List para hidrociclones

CHECK LIST DE HIDROCICLONES		
OPERADOR: _____	FECHA: _____	
SUPERVISOR: _____	TIPO DE HIDROCICLON : _____	
1. VERIFICACION DE PARTES:	CONDICIONES	OBSERVACIONES
1.0 PARTES DEL HIDROCICLÓN	BUENO MALO	
1.1 Estructura cilindrica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Estructura conica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Forro cilindrico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4 Foro conico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5 Apex.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6 Bortex.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7 Tuberia de alimentacion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7 Tuberia de Over Flow.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7 Tuberia de alimentacion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.0 MEDIDAS CORRECTIVAS / RECOMENDACIONES:		

_____	_____	
FIRMA DEL OPERADOR	FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN PLANTA CONCENTRADORA

ACTIVIDADES PREVIAS

- Revisión del plan de mantenimiento preventivo juntamente con el área de mantenimiento de planta.
- Capacitación al personal encargado de realizar las actividades de mantenimiento.
- Suministros y preparación de materiales, insumos y maquinaria de apoyo.

Para realizar las actividades de mantenimiento preventivo se tendrá en cuenta las inspecciones actualizadas de los equipos, si en caso no se cuenta con dicha información se tomará como base las características técnicas de fabricación de los equipos.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE CHANCADO

Alimentador Apron Feeder

- Desmontaje de mecanismo de pivoteo, para su lubricación.
- Verificación y/o cambio de chumaceras de pie.
- Mantenimiento de compuerta y chute de alimentación.
- Mantenimiento y cambio de rodio de vaivén.

Chancadora de Quijada

- Desmontaje del pitman para la inspección y lubricación de los rodamientos, laberintos. Cambio de rodamiento de ser necesario.
- Desmontaje de muelas fija y móvil para la toma de medidas y verificación del desgaste y cambio si fuese necesario.
- Desmontaje de sistema de toggle plate de regulación de cámara de chancado.
- Inspección de faja de transmisión para verificar el desgaste y/o cambio.

Fajas Transportadoras:

- Mantenimiento de sistema de transmisión, piñón cadena.
- Mantenimiento de polines de carga e impacto.
- Tomar medidas de polines para realizar un plano de fabricación.
- Inspección y mantenimiento de banda transportadora.
- Inspección de chasis para estabilidad de carga de productos.

Zaranda Vibratorio:

- Desmontaje de mecanismo de vibración para inspeccionar los rodamiento y retenes.
- Revisión y/o Cambio de faja de transmisión.
- Inspección de carcasa y chasis.
- Comprobación de elasticidad de resorte de vibración.
- Inspección y refuerzo de chute de descarga.

Chancadora Cónica:

- Desmontaje de cámara de chacado para verificación de accesorios internos.
- Se verificará el estado de soccer liner (sellador) para rectificar y descartar fuga de aceite.
- Inspección de tuberías de lubricación de ingreso y retorno de aceite y/o cambio.
- Mantenimiento de caja de aceite y bombas de lubricación

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE MOLIENDA**Faja Transportadora de alimentación**

- Mantenimiento de sistema de transmisión, piñón cadena.
- Mantenimiento de polines de carga e impacto.
- Plano de polines para fabricación.
- Inspección y mantenimiento de banda transportadora.
- Inspección de casis para estabilidad de carga de productos.

Molino de Bolas y de Barras:

- Inspección y alineamientos de piñón contra eje.
- Verificación y/o cambio de rodamiento de chumaceras de contra eje.
- Alineamiento y verificación de back Flash.
- Inspección y mantenimiento de muñones de carga y descarga.
- Alineamiento axial y radial de catalina.
- Cambio de aceite de chumaceras.
- Verificación posibles fuga de aceites.
- Lubricación de todo el equipo.

Zaranda de Alta Frecuencia ZAF:

- Desmontaje de mecanismo de vibración para inspeccionar y/o Cambiar los rodamiento y retenes.
- Cambio de faja de transmisión.
- Inspección de carcasa y chasis.
- Comprobación de elasticidad de resorte de vibración.
- Inspección y refuerzo de chute de descarga.
- Lubricación de todo el equipo.

Bomba Horizontal de lodos:

- Desmontaje de cámara de bombeo para revisión y/o cambio de forros internos y empaquetaduras.
- Desmontaje de botella de rodamientos para cambio e inspección.
- Cambio de fajas de transmisión.

Hidrociclones

- Revisión y cambio de forros internos.
- Revisión y cambio de vortex y apex.
- Revisión y reparación de la carcasa de la parte cilíndrica y cónica.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE FLOTACIÓN**Celda de Flotación Unitaria WS y OK:**

- Desmontaje de árbol y chumacera de botella para el cambio e inspección de rodamientos inferior y superior.
- Inspección y alineamiento de árbol.
- Levantamiento de plano de accesorios como: impulsor, difusor y árbol.
- Inspección y cambio de cilindro y bases, compuerta de regulación de descarga.
- Verificación de estado de tuberías, cambio si lo amerita.

Banco Celdas de Flotación SP:

- Revisión y cambio de rodamientos de cumacera de árbol.
- Inspección, verificación y cambio de impulsores y difusores.
- Levantamiento de plano de accesorios para stock de almacén.

- Desmontaje de paleta de espumas para lubricación y mantenimiento.
- Cambio de fajas de transmisión.

Otros

- Mantenimiento de tableros eléctricos de las diferentes áreas de la planta concentradora.
- Mantenimiento de infraestructura de la planta concentradora.

PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE PLANTA CONCENTRADORA

La periodicidad con que se realizaran el mantenimiento preventivo de los equipos será semanal o mensual según la actividad de mantenimiento se requiere el equipo.

Tabla 1

Mantenimiento de inspección, cambio y/o reparación de componentes y repuestos.

ÍTEM	ÁREA	EQUIPO	CANT.	PERIODICIDAD
1	Chancado	Alimentador Apron Feeder	1	Mensual
2		Chancadora de Quijada	2	Mensual
3		Fajas Transportadoras	6	Mensual
4		Zaranda Vibratorio	1	Mensual
5		Chancadoras Cónicas	2	Mensual
6	Molienda	Faja Transportadora de alimentación	2	Mensual
7		Molinos de Bolas y de Barras	5	Mensual
8		Zaranda de Alta Frecuencia ZAF	2	Mensual
9		Bomba Horizontal de lodos	10	Mensual
10		Hidrociclones	2	Mensual
11	flotación	Celda de Flotación Unitaria WS y OK	4	Mensual
12		Banco Celdas de Flotación SP	7	Mensual
13	Otros	Tableros eléctricos	12	Mensual
14		Infraestructura de la planta concentradora	-	Mensual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2*Mantenimiento de inspección, limpieza y lubricación*

ÍTEM	ÁREA	EQUIPO	CANT.	PERIODICIDAD
1	Chancado	Alimentador Apron Feeder	1	Semanal
2		Chancadora de Quijada	2	Semanal
3		Fajas Transportadoras	6	Semanal
4		Zaranda Vibratorio	1	Semanal
5		Chancadoras Cónicas	2	Semanal
6	Molienda	Faja Transportadora de alimentación	2	Semanal
7		Molinos de Bolas y de Barras	5	Semanal
8		Zaranda de Alta Frecuencia ZAF	2	Semanal
9		Bomba Horizontal de lodos	10	Semanal
10		Hidrociclones	2	Semanal
11	flotación	Celda de Flotación Unitaria WS y OK	4	Semanal
12		Banco Celdas de Flotación SP	7	Semanal
13	Otros	Tableros eléctricos	12	Semanal

Fuente: Elaboración propia

PERSONAL, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS ELECTROMECAÑICAS REQUERIDOS PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Personal para Evaluación de Equipos

Ítem	Cargo	Cantidad
1	Supervisor Electromecánico	01
2	Mecánico de Mantenimiento	01
Total		02

Personal para Actividades de Mantenimiento

Ítem	Cargo	Cantidad
1	Supervisor Electromecánico	02
2	Técnico Eléctrico Industrial	01
3	Mecánico de Mantenimiento	02
4	Mecánico Soldador	01
5	Ayudante Mecánico	01
6	Ayudante Eléctrico	01
Total		08

Equipos y Herramientas Mecánico:

Ítem	Equipos / Herramienta	Cantidad
1	Máquina de Soldar R-330	01
2	Amoladoras de 7" 220 VAC	02
3	Tecles de Izaje de 1 TN	06
4	Eslingas de 2 TN	06
5	Estrobo de 3 TN	04
6	Equipo Oxicorte Completo	01
7	Llaves Francesas de 24"	01
8	Caja de Herramientas Manuales	Glb

Equipos y Herramientas Eléctrico:

Ítem	Equipos / Herramienta	Cantidad
1	Ohmímetro Digital	01
2	Pirómetro	01
3	Amperímetro Digital	01
4	Multitester Digital	01
5	Caja de Herramientas manuales	Glb
6	Borneras de Cables	Glb

Anexo 03: Mantenimiento de chancadora de quijada



Anexo 04: Mantenimiento de chancadora cónica



Anexo 05: Mantenimiento de zaranda vibratoria



Anexo 06: Mantenimiento de molino de bolas



Anexo 07: Mantenimiento de hidrociclones



Anexo 08: Mantenimiento de zaranda de alta frecuencia ZAF



Anexo 09: Mantenimiento de bomba de lodos



Anexo 10: Mantenimiento de celdas WS



Anexo 11: Mantenimiento de celdas OK



Anexo 12: Mantenimiento de celdas SP-18, SP-24

