

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Diseño de propuesta de mejora para aumentar la  
disponibilidad en la gestión de mantenimiento de la  
Unidad Minera Cerro de Pasco**

Pedro Antonio Gomez Nuñez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

# TESIS FINAL

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1 [repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe) Fuente de Internet 5%

---

2 [hdl.handle.net](https://hdl.handle.net) Fuente de Internet 3%

---

3 [repositorio.upn.edu.pe](https://repositorio.upn.edu.pe) Fuente de Internet 1%

---

4 [repositorio.usm.cl](https://repositorio.usm.cl) Fuente de Internet 1%

---

5 Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante 1%

---

6 [es.slideshare.net](https://es.slideshare.net) Fuente de Internet 1%

---

7 Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante 1%

---

8 Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante 1%

---

9 [www.hacienda.gob.es](http://www.hacienda.gob.es) Fuente de Internet

1 %

10

[scielo.conicyt.cl](http://scielo.conicyt.cl)

Fuente de Internet

1 %

11

[dspace.esPOCH.edu.ec](http://dspace.esPOCH.edu.ec)

Fuente de Internet

1 %

12

[repositoriotec.tec.ac.cr](http://repositoriotec.tec.ac.cr)

Fuente de Internet

1 %

13

[repositorio.unac.edu.pe](http://repositorio.unac.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

14

[vbook.pub](http://vbook.pub)

Fuente de Internet

<1 %

15

[files.akcaker.net](http://files.akcaker.net)

Fuente de Internet

<1 %

16

[www.mobil.com.mx](http://www.mobil.com.mx)

Fuente de Internet

<1 %

17

Submitted to Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

18

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

19

[terotecnic.com](http://terotecnic.com)

Fuente de Internet

<1 %

20

[repositorio.upct.es](http://repositorio.upct.es)

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de  
Administración de Negocios para Graduados

Trabajo del estudiante

<1 %

22

[alicia.concytec.gob.pe](http://alicia.concytec.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

23

Submitted to Pontificia Universidad Catolica  
del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

24

[alterevoingenieros.blogspot.com](http://alterevoingenieros.blogspot.com)

Fuente de Internet

<1 %

25

[prezi.com](http://prezi.com)

Fuente de Internet

<1 %

26

Submitted to Politécnico Colombiano Jaime  
Isaza Cadavid

Trabajo del estudiante

<1 %

27

[repositorio.continental.edu.pe](http://repositorio.continental.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

28

[tesis.usat.edu.pe](http://tesis.usat.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

29

[lektsii.org](http://lektsii.org)

Fuente de Internet

<1 %

30

[slidetodoc.com](http://slidetodoc.com)

Fuente de Internet

<1 %

31	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
32	balto.opendap.org Fuente de Internet	<1 %
33	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	rd.udb.edu.sv:8080 Fuente de Internet	<1 %
39	redi.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	teses.eps.ufsc.br Fuente de Internet	<1 %
41	www.arcadyan.com Fuente de Internet	<1 %
42	www.slideshare.net	

Fuente de Internet

<1 %

43

Submitted to Universidad Católica San Pablo

Trabajo del estudiante

<1 %

44

denygonzalez.files.wordpress.com

Fuente de Internet

<1 %

45

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

46

www.proyectosapp.pe

Fuente de Internet

<1 %

47

www.serviresa.com

Fuente de Internet

<1 %

48

Submitted to University of Wales central institutions

Trabajo del estudiante

<1 %

49

docplayer.com.br

Fuente de Internet

<1 %

50

"VIII Latin American Conference on Biomedical Engineering and XLII National Conference on Biomedical Engineering", Springer Science and Business Media LLC, 2020

Publicación

<1 %

51

Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC

Trabajo del estudiante

<1 %

---

52	<a href="https://docslide.us">docslide.us</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="https://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="http://www.cedinox.es">www.cedinox.es</a> Fuente de Internet	<1 %
55	Submitted to ECCI Trabajo del estudiante	<1 %
56	<a href="http://fir.bsu.by">fir.bsu.by</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://bibing.us.es">bibing.us.es</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://ciencia.lasalle.edu.co">ciencia.lasalle.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://intra.uigv.edu.pe">intra.uigv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="https://repositorio.uasf.edu.pe">repositorio.uasf.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://www.computerworld.es">www.computerworld.es</a> Fuente de Internet	<1 %
62	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %

---

64	<a href="http://predictiva21.com">predictiva21.com</a> Fuente de Internet	<1 %
65	<a href="http://repositorio.unapiquitos.edu.pe">repositorio.unapiquitos.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
66	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
67	<a href="http://www.banrep.org">www.banrep.org</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://www.computrabajo.com.ve">www.computrabajo.com.ve</a> Fuente de Internet	<1 %
69	<a href="http://www.pmmlearning.com">www.pmmlearning.com</a> Fuente de Internet	<1 %
70	<a href="http://www.redmeso.net">www.redmeso.net</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

## **DEDICATORIA**

A mi novia y a mi madre, las gracias por su dedicación y consejos, por motivarme y orientarme a tomar las mejores decisiones en mi vida profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Al divino creador, por fortalecer mi constancia y esmero durante la realización de este trabajo, que complementa mi carrera como Ingeniero Industrial.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE .....	III
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	16
ABSTRACT .....	17
INTRODUCCIÓN.....	18
<b>Capítulo I: Planteamiento del Problema.....</b>	<b>21</b>
<b>1.1. Planteamiento y formulación del problema .....</b>	<b>21</b>
1.1.1. Problema general .....	22
1.1.2. Problemas específicos.....	22
<b>1.2. Objetivos .....</b>	<b>22</b>
1.2.1. Objetivo general.....	22
1.2.2. Objetivos específicos.....	22
<b>1.3. Justificación e importancia.....</b>	<b>23</b>
1.3.1. Justificación económica.....	23
1.3.2. Justificación social .....	23
1.3.3. Justificación metodológica .....	23
<b>1.4. Hipótesis y Descripción de Variables .....</b>	<b>24</b>
1.4.1. Hipótesis general .....	24
1.4.2. Hipótesis específica .....	24
1.4.3. Hipótesis nula .....	24
1.4.4. Descripción de variables.....	25
1.4.4.1 Variables independiente.....	25
1.4.4.2 Variables dependiente.....	25
<b>Capítulo II: Marco Teórico .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1. Antecedentes del problema .....</b>	<b>26</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	27
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	30
<b>2.2. Bases teóricas .....</b>	<b>33</b>

2.2.1.	Disponibilidad .....	34
2.2.2.	Tiempo medio para reparación (MTTR).....	34
2.2.3.	Tiempo medio entre Fallas (MTFB) .....	34
<b>2.3.</b>	<b>Definición de términos básicos .....</b>	<b>35</b>
2.3.1.	¿Qué es el mantenimiento?.....	35
2.3.2.	Historia del mantenimiento .....	35
2.3.3.	Función del mantenimiento.....	36
2.3.3.1	Funciones primarias. ....	36
2.3.3.2	Funciones secundarias.....	36
2.3.4.	Planes de mantenimiento .....	36
2.3.4.1.	Pasos para elaborar un plan de mantenimiento preventivo.....	36
2.3.4.2.	Planes de mantenimiento y la recomendación de los fabricantes. .	37
2.3.5.	Objetivos del mantenimiento .....	38
2.3.6.	Generación del mantenimiento.....	38
2.3.6.1.	Primera generación. ....	38
2.3.6.2.	Segunda generación.....	38
2.3.6.3.	Tercera generación. ....	38
2.3.6.4	Cuarta generación. ....	38
2.3.7.	Estrategias de mantenimiento .....	39
2.3.7.1	Mantenimiento correctivo.....	39
2.3.7.2.	Mantenimiento preventivo.....	39
2.3.7.3.	Mantenimiento predictivo.....	39
2.3.8	¿Qué es el análisis de criticidad? .....	40
2.3.8.1	. Clasificación del sistema de criticidad.....	41
2.3.8.2.	Nivel de criticidad de los equipos. ....	41
2.3.8.2.1	Criticidad 1. ....	41
2.3.8.2.2.	Criticidad 2. ....	41
2.3.8.2.3.	Criticidad 3. ....	41
2.3.8.3.	Pasos para realizar análisis de criticidad.....	42
2.3.8.4.	El riesgo.....	42
2.3.8.5.	Criterios utilizados en el análisis de criticidad.....	42

2.3.9. Descripción de los equipos del sistema transporte de relaves .....	43
2.3.9.1. Bombas Geho TZPM 1200. ....	43
2.3.9.2. Bombas Goulds 3410. ....	43
2.3.9.3. Bomba de carga. ....	44
2.3.9.4. Bomba HR200. ....	44
2.3.9.5. Espesador de relaves 125".....	45
<b>Capítulo III: Metodología .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1. Método y alcance de la investigación.....</b>	<b>46</b>
3.1.1. Método de investigación .....	46
3.1.2. Alcance de investigación .....	46
<b>3.2. Elaboración del estudio .....</b>	<b>47</b>
3.2.1. Niveles de investigación .....	47
3.2.2. Diseño de investigación .....	47
<b>3.3 Población y Muestra.....</b>	<b>47</b>
<b>3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos .....</b>	<b>47</b>
<b>Capítulo IV: Resultados Y Discusión.....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Diagnóstico del sistema transporte de relaves de la unidad minera de Cerro de Pasco .....</b>	<b>48</b>
4.1.1 Datos generales de la planta concentradora .....	48
4.1.2. Ubicación geográfica de la unidad minera .....	51
4.1.3. Vista área de planta concentradora .....	52
4.1.4. Identificación de problemas en el sistema de relaves.....	53
4.1.4.1. Baja disponibilidad de los equipos.....	53
4.1.4.2. No hay plan de mantenimiento predictivo.....	53
4.1.4.3. No hay plan de lubricación en motores eléctricos. ....	53
4.1.4.4. No hay Plan Anual de mantenimiento preventivo. ....	53
4.1.4.5. Falta de reportes de falla de los equipos. ....	54
4.1.4.6. Recurrencia en los mantenimientos correctivos. ....	54
<b>4.2. Organigrama del área de mantenimiento eléctrico.....</b>	<b>54</b>
<b>4.3. Inventario de Equipos .....</b>	<b>55</b>
<b>4.4. Plano de las área de mantenimiento.....</b>	<b>55</b>
4.4.1. Plano del sistema transporte de relaves .....	55

4.4.2. Plano del almacén central.....	56
4.4.3. Plano del taller de mantenimiento eléctrico .....	56
<b>4.5. Resultados del diagnóstico situacional de la disponibilidad.....</b>	<b>56</b>
<b>4.6. Resultado del procesamiento y análisis de datos .....</b>	<b>63</b>
4.6.1. Análisis de fallas por el método de Pareto.....	63
4.6.2. Criticidad en los equipos del sistema transporte de relaves .....	65
4.6.3. Procesamiento para evaluar la criticidad de los equipos .....	65
4.6.4. Criticidad total por riesgo .....	66
<b>4.7. Resultados del diseño de propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento.....</b>	<b>71</b>
4.7.1 Propuesta del plan de mantenimiento (PM).....	71
4.7.2. Lubricación en motores eléctricos.....	73
4.7.2.1. Componentes de motor de inducción jaula de ardilla. ....	74
4.7.2.2. Placa característica. ....	75
4.7.2.3. Rodamientos. ....	76
4.7.2.4. Cálculo de frecuencia de re- engrase. ....	77
4.7.2.5. Características de la grasa Polyrex .....	80
4.7.2.6. Equipo engrasador automático de lubricación. ....	81
4.7.2.7. Plan de lubricación de motores. ....	82
4.7.3. Propuesta del plan de mantenimiento predictivo .....	82
4.7.4. Propuesta de mantenimiento autónomo (tarjetas) .....	83
4.7.5. Propuesta para la información de activos con código QR .....	84
4.7.5.1. Códigos QR. ....	85
4.7.5.2. Procesos de código QR.....	85
4.7.6. Documentación para la gestión de mantenimiento .....	86
4.7.6.1 Formato de inspección preventiva.....	86
4.7.6.2. Formato de mantenimiento preventivo. ....	87
4.7.6.3. Formato de Mantenimiento predictivo.....	87
4.7.6.4. Formato de lubricación. ....	87
4.7.6.5. Formato orden de trabajo. ....	87
<b>4.8. Evaluación Económica Financiera (Relación costo- beneficio).....</b>	<b>88</b>
4.8.1. Ingresos .....	88

4.8.2. Egresos.....	89
4.8.3. Flujo de caja .....	89
<b>4.9. Discusión de Resultados.....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>Referencia Bibliográfica.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación del Mantenimiento Preventivo de Clase Real y Clase Mundial. ....	39
Tabla 2. Comparación del Mantenimiento Predictivo de Clase Real y Clase Mundial para los diferentes tipos de industrias.....	40
Tabla 3. Metas del Cumplimiento en el Mantenimiento Preventivo de Acuerdo al Nivel de Criticidad.....	42
Tabla 4. de Fallas Recurrentes en el Sistema Transporte de Relaves .....	64
Tabla 5. Factor de frecuencia de fallos. ....	66
Tabla 6. Impacto operacional en la producción.....	67
Tabla 7. Flexibilidad operacional.....	67
Tabla 8. Impacto en el coste de mantenimiento .....	63
Tabla 9. Impacto Medio Ambiental y de Seguridad .....	68
Tabla 10. Evaluación de criticidad de los equipos del sistema .....	69
Tabla 11. Equipos críticos con mantenimiento predictivo .....	70
Tabla 12. Equipos críticos con mantenimiento preventivo.....	70
Tabla 13. Descripción de las actividades del programa de mantenimiento .....	73
Tabla 14. Datos Técnicos de Rodamiento .....	77
Tabla 15. Propiedades y características del lubricante Polyrex EM .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Bomba Geho de Desplazamiento Positivo. Tomada en sala del sistema transporte de relaves (STR, 2021) .....	43
Figura 2	Las bombas Goulds son las que impulsa el agua hacia planta concentradora, Tomada en el sistema transporte de relaves (STR, 2021) .....	44
Figura 3	Las bombas de carga preparan y conectan a las bombas Geho. Tomado en el sistema transporte de relaves (STR, 2021) .....	44
Figura 4	Bombas HR200. Tomada del sistema transporte de relaves (STR,2021).....	45
Figura 5	Espesador de relaves 125". Contenedor de todo el subproceso de planta. Tomado del espesador de relaves (STR, 2021).....	45
Figura 6	Información clave de la unidad minera. Memorando anual, Nexa Resources Perú S. A. A., 2020 .....	50
Figura 7	Ubicación geográfica de la unidad Minera. Adaptación del mapa geográfico del Perú (Rigobert Bonne, 2013) .....	51
Figura 8	Mapa de planta concentradora. Vista aérea, Departamento de Topografía Nexa Resources, 2016 .....	52
Figura 9	Organigrama del Departamento de Mantenimiento Eléctrico, 2021 .....	54
Figura 10	Cuadro de relación de inventario de equipos del sistema de relaves. ....	55
Figura 11	Plano de planta del sistema transporte de relaves.....	55
Figura 12	Plano de planta del almacén central. ....	56
Figura 13	Plano de planta del taller de mantenimiento. ....	56
Figura 14	Disponibilidad por mes de la bomba Geho n.º 1 .....	58
Figura 15	Disponibilidad por mes de la bomba Geho n.º 2 .....	58
Figura 16	Disponibilidad por mes de la bomba de carga n.º 1 .....	58
Figura 17	Disponibilidad por mes de la bomba de carga n.º 2 .....	58
Figura 18	Disponibilidad por mes de la bomba Goulds n.º 1 .....	59
Figura 19	Disponibilidad por mes de la bomba Goulds n.º 2.....	59
Figura 20	Disponibilidad por mes de la bomba HR200 n.º 1 .....	59
Figura 21	Disponibilidad por mes de la bomba HR 200 n.º 2 .....	59
Figura 22	Disponibilidad por mes del espesador de relaves .....	60
Figura 23	Cuadro de resultado de tiempos disponibles por cada mes. ....	60
Figura 24	MTBF y MTTR Real, periodo 2021. ....	61
Figura 25	Disponibilidad del sistema, 84.3 % para el año 2021 .....	62
Figura 26	Cuadro de disponibilidad general del sistema transporte de relaves.....	63
Figura 27	Análisis por Pareto de las fallas reportadas por impacto.....	64

Figura 28	Jerarquía de pasos para la criticidad .....	65
Figura 29	Tabla de análisis de criticidad. (Camejo, 2016).....	70
Figura 30	Plan de mantenimiento anual del sistema transporte de relaves.....	72
Figura 31	Leyenda de las actividades de mantenimiento.....	73
Figura 32	Cuadro de identificación de falla en los motores eléctricos del sistema transporte de relaves .....	74
Figura 33	Motor eléctrico de jaula de ardilla con vista de proyección y vista de corte transversal. (Installation and Maintenance Manual, Three – Phase Induction Motor, febrero 2008), identificación de los puntos donde se aloja los rodamientos .....	74
Figura 34	Descripción de componentes. (Phase Induction Motor, febrero 2008) .....	75
Figura 35	Lista de nombres de componentes del motor eléctrico .....	75
Figura 36	Placa característica en un motor eléctrico jaula de ardilla.....	75
Figura 37	Lista descriptiva de los datos que contienen la placa característica.....	76
Figura 38	Nomenclatura en rodamiento SKF PUB BU/P110000/2 ES .....	76
Figura 39	Placa característica de motor eléctrico, bomba Geho. Tomado del sistema transporte de relaves .....	77
Figura 40	Factor de corrección en el cálculo de re- engrase de rodamientos. Noria Corporación, 1997 .....	78
Figura 41	Valores de corrección del sistema transporte de relaves. ....	79
Figura 42	Fórmula, según norma DIN 51825, Parte 2 .....	80
Figura 43	Partes de la pistola de lubricación SKF.....	81
Figura 44	Plan de lubricación de motores eléctricos.....	82
Figura 45	Cuadro de equipos críticos del sistema transporte de relaves .....	83
Figura 46	Tarjeta de operación de color celeste .....	83
Figura 47	Tarjeta de mantenimiento de color rojo.....	84
Figura 48	Tarjeta de color amarillo .....	84
Figura 49	Flujo de código QR.....	85
Figura 50	Pasos para integrar códigos QR.....	86
Figura 51	Uso de códigos QR en equipos por celular.....	86
Figura 52	Costos de producción por hora, de manera global son \$7000, sectorizando por áreas son \$1500, para el sistema transporte de relaves, costo usado para el análisis de la propuesta.....	88
Figura 53	Cuadro de ingresos .....	88
Figura 54	Cuadro de egresos .....	89
Figura 55	indicador del VAN y el TIR.....	90

## RESUMEN

El presente estudio, cuyo título es «Diseño de propuesta de mejora para aumentar la disponibilidad en la gestión de mantenimiento de la unidad minera Cerro de Pasco». Este proyecto nace a razón de la indisponibilidad de los equipos del sistema de transporte de relaves, provocando paradas no programadas en los procesos, pérdida de continuidad en las operaciones y el tratamiento del relave, llevando esto a mostrar una deficiencia en la gestión de mantenimiento. Luego de haber obtenido los datos de la disponibilidad como diagnóstico situacional, se tomó la teoría de mantenimiento productivo total, se evaluó la criticidad de los equipos y se relacionó los reportes de fallas más comunes dentro del sistema a través del método Pareto. El diseño del proyecto es descriptivo simple, dado que nos centraremos en optimizar los recursos a través de las propuestas para aumentar la disponibilidad. La población de estudio está conformada por los equipos, operadores y técnicos especialistas de mantenimiento, de donde se recopiló información histórica que fue procesada y analizada usando el software de Microsoft Excel. Finalmente se llegó a la conclusión de que las propuestas de mejora del plan anual de mantenimiento preventivo, predictivo, autónomo, de lubricación y una gestión de información de activos con códigos QR optimizan la disponibilidad de los activos tratados en la investigación y en consecuencia la gestión de mantenimiento.

**Palabras clave:** Mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento autónomo, disponibilidad, gestión de mantenimiento.

## **ABSTRACT**

The present study whose title is "Design of an improvement proposal to increase the availability in the maintenance management of the Cerro de Pasco mining unit". This project was born due to the unavailability of the tailings transport system equipment, causing unscheduled stops in the processes, loss of continuity in the operations and the treatment of the tailings, this leading to a deficiency in maintenance management. After having obtained the availability data as a situational diagnosis, the theory of total productive maintenance was taken, the criticality of the equipment was evaluated, the most common failure reports within the system were related through the Pareto method. The project design is simple descriptive, since we will focus on optimizing resources through proposals to increase availability. The study population is made up of equipment, operators and technical maintenance specialists, from which historical information was collected, processed and analyzed using Microsoft Excel software. Finally, it was concluded that the proposals for improvements to the annual preventive, predictive, autonomous, lubrication maintenance plan and asset information management with QR codes improve the availability of the assets treated in the investigation and consequently the management. of maintenance.

**Keywords:** Preventive maintenance, Predictive maintenance, Autonomous maintenance, availability, Maintaining management.

## INTRODUCCIÓN

La situación que se vive a nivel mundial en las últimas décadas ha venido en avance paralelamente al desarrollo de la tecnología y los sistemas automatizados. El nivel de disponibilidad de los equipos necesita un mayor control en la gestión de mantenimiento, así mismo, las empresas son cada vez más competitivas y a su vez buscan mejorar la disponibilidad de sus procesos para incrementar la disponibilidad de sus activos, logrando una mejora del plan integral de mantenimiento preventivo, aumentando métodos dinámicos y teniendo como fin general prevenir reportes de falla y evitar paradas en los procesos de producción.

A nivel nacional, las empresas mineras adquieren nuevas tecnologías para incrementar su disponibilidad mejorando el plan de gestión de mantenimiento preventivo. Las normas vigentes obligan a los clientes del exterior a cumplir un sistema de gestión de calidad. El proceso de transporte de relaves consta de cuatro etapas: la primera consiste en bajar la densidad del relave haciendo uso de la planta de floculante; la segunda, en separar las cargas de tamaño regular con la zaranda lineal; la tercera tiene que ver con agitar el relave para evitar su solidificación; la cuarta y última etapa es la de bombear el material de relave hacia la presa de relaves Atacocha.

El presente estudio se desarrolla en la planta concentradora de Chicrin, fundada en 1936, la misma que desarrolla sus actividades en la unidad minera El porvenir, de Cerro de Pasco. La planta cuenta con procesos de chancado, molienda, flotación, espesamiento – filtrado y sistema transporte de relaves. La unidad minera, a pesar de contar con años de funcionamiento en el rubro de procesamiento de mineral, tiene como objetivo ser una de las productoras de mineral polimetálicos de la zona centro, su política es brindar un producto de calidad para garantizar la satisfacción a sus clientes.

Debido a lo mencionado, surge la necesidad de proponer un plan de gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los activos del sistema de relaves de un 84.3 % a un 90 %. Para concretar estos fines, la unidad minera deberá contar con información histórica

de las actividades de mantenimiento y la información de los equipos eléctricos, así mismo, los reportes de fallas registrados en la base de datos.

En el primer capítulo se describen los aspectos generales de la empresa minera y del área de mantenimiento eléctrico, en su rol de dar el servicio de mantenimiento a la planta concentradora.

En el segundo capítulo se dan a conocer los antecedentes del mantenimiento industrial tanto nacionales como internacionales para comprender las estrategias y los indicadores de mantenimiento.

En el tercer capítulo se describen los aspectos técnicos, los métodos, el alcance, técnicas e instrumentos, también se da a conocer la población y muestra.

En el cuarto capítulo se profundiza el contexto real de la empresa y la importancia del subproceso del sistema transporte de relaves, así mismo las condiciones disponibles de los equipos del sistema por lo cual se plantearon cinco propuestas para mejorar la disponibilidad de los equipos y se realiza el análisis financiero de la propuesta de mejora justificando con los indicadores del VAN y TIR.

En referencia a los antecedentes: Díaz, Del Castillo y Villar (1) realizaron un estudio titulado «Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos», concluyéndose que el instrumento mide el objeto de estudio, los ítems dan respuesta al diseño de indicadores y dimensiones que se plantearon para medir la gestión de mantenimiento.

Morales (2), llevó a cabo una investigación denominada «Plan de gestión de mantenimiento preventivo en base a auditoría en curtiembre piel Trujillo S. A. C. para aumentar disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de equipos y reducir costos de fallas», de lo cual se concluye que tras la auditoría de mantenimiento hubo un incremento del 10 % de disponibilidad, un 18 % de confiabilidad y una reducción en el tiempo de reparación de 24 a 16 horas.

Paladines (3), ejecutó una investigación titulada «Propuesta de una gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los vehículos mayores de la I Macro región Policial Piura». De lo cual se concluye que después del proceso de análisis de documentación, se registró una disponibilidad de vehículos en un 79 %. Así mismo, se identificó las fallas más frecuentes de los vehículos policiales que presentan sistema de motor, frenos y suspensión.

## **Capítulo I: Planteamiento del Problema**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

La planta concentradora de una empresa minera de cerro de Pasco, cuenta con nueve equipos industriales en el área del sistema de transporte de relaves, estos equipos están programados para trabajar las 24 horas del día, los 30 días del mes y los 365 días al año. Sin embargo, en los equipos mencionados hay paradas por condición de fallas y averías propias del proceso, dando lugar al mantenimiento reactivo o mantenimiento no programado. El área de operaciones de planta proyecta los acumulados de toneladas de producción diaria que es de 4500 toneladas, para responder los requerimientos del área de despacho de mineral en su última fase. Al manifestarse paros de manera intermitente en los equipos del sistema transporte de relaves por fallas a corregir, no se logra cumplir con el tonelaje programado, ya que el área de operaciones es suministrada con agua tratada desde el sistema de relave y, así mismo, tiene la disposición final de todo el relave del proceso de producción en la planta concentradora.

La existencia del área de mantenimiento no encamina un plan de trabajo organizado, por ende, cuando se suscita una falla que provoca la parada del equipo de los diferentes procesos, el tiempo de respuesta presenta demoras y el lapso de reparación es muy alto. Sumado a esto, al ser paradas reactivas, no hay existencia, necesariamente, de los componentes para sustituir al momento, cambiar componentes, lubricar, reparar, ajustar y regresar la máquina a su condición de operatividad.

Con todo lo mencionado anteriormente, tenemos en el sistema una disponibilidad del 84.3 % desde el mes de enero a diciembre del 2021.

### **1.1.1. Problema general**

¿La propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mejorará la disponibilidad de los equipos en el sistema transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿Cuál es el diagnóstico situacional de la disponibilidad de los equipos en el sistema transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco?

¿La propuesta de mejora requiere el procesamiento y análisis de datos de la gestión de mantenimiento para optimizar la disponibilidad de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco?

¿El diseño de las propuestas en la gestión de mantenimiento mejorará la disponibilidad de los equipos en el sistema transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco?

¿Cuál es la relación costo – beneficio de las propuestas de mejora en la gestión de mantenimiento para optimizar la disponibilidad de los equipos en el sistema transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Diseñar la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Elaborar un diagnóstico situacional de la disponibilidad de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

Procesar y analizar los datos de la gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

Diseñar propuestas de mejora en la gestión de mantenimiento para optimizar la disponibilidad de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

Elaborar la relación costo – beneficio de la propuesta en la gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

### **1.3. Justificación e importancia**

La presente propuesta de mejora demuestra la evaluación del estado y contexto de los motores eléctricos que forman parte de los equipos críticos del proceso de relaves, con base en el método cualitativo (análisis de criticidad) y cuantitativo ( horas de trabajo diario); además, examina el proceso de mantenimiento que se sigue para los equipos mencionados y es vital, porque, considerando el diseño de la gestión de mantenimiento eléctrico, ofrece elevar la disponibilidad de los equipos del sistema transporte de relaves.

#### **1.3.1. Justificación económica**

La justificación económica de la propuesta de mejora se acredita en razón de que no hay una gestión de mantenimiento que canalice la reducción de costos de operación del departamento de mantenimiento en la unidad minera Cerro de Pasco.

#### **1.3.2. Justificación social**

La justificación social de la presente propuesta asocia a toda la parte técnica del área de mantenimiento como servicio de contrato, así mismo al área de operaciones y, por ende, con la mejora continua del departamento de mantenimiento, busca encaminar el modelo hacia los demás departamentos de la empresa, efectuando procedimientos similares para aumentar la disponibilidad para los equipos y reducir los gastos que afectan a la administración.

#### **1.3.3. Justificación metodológica**

La justificación metodológica, justifica el modo demostrativo de la propuesta de mejora, cuyo alcance abordará beneficios a bachilleres, estudiantes, investigadores y profesionales de

distintas escuelas de ingeniería, cuya investigación da el apoyo pertinente al estudio, con la relación entre el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo y la disponibilidad de los equipos en planta concentradora.

#### **1.4. Hipótesis y Descripción de Variables**

##### **1.4.1. Hipótesis general**

El diseño en la propuesta para la gestión de mantenimiento mejorará la disponibilidad de los equipos en el sistema transporte de relaves en una empresa contratista minera de Cerro de Pasco.

##### **1.4.2. Hipótesis específica**

El diagnóstico situacional de los procesos mostrará la disponibilidad de los equipos del sistema transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

El procesamiento de los datos bajo los cuadros estadísticos, será fundamental en la gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos en el sistema transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

Existen propuestas de mejora en la gestión de mantenimiento para optimizar la disponibilidad de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

La elaboración y el análisis de la relación costo - beneficio mejorará la disponibilidad de los equipos en la gestión de mantenimiento del sistema transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

##### **1.4.3. Hipótesis nula**

El diseño en la propuesta para la gestión de mantenimiento NO mejorará la disponibilidad de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.

#### **1.4.4. Descripción de variables**

Las variables son todas aquellas que se van a medir, controlar y estudiar dentro de una investigación.

**1.4.4.1 Variables independiente.** Es aquel parámetro cuyo comportamiento o desempeño no depende de otras variables, es integrante independiente de ella misma al igual que sus resultados. Para este estudio la variable dependiente es «Gestión de mantenimiento».

**1.4.4.2 Variables dependiente.** La propiedad o cualidad que puede ser manipulada, haciendo cambio en la variable independiente. Esta variable es el componente que es examinado, medido y calculado para diagnosticar los efectos que tiene la variable independiente sobre sus resultados. Para este estudio la variable dependiente es «Disponibilidad».

## **Capítulo II: Marco Teórico**

### **2.1. Antecedentes del problema**

La problemática que se vive a nivel mundial en los últimos años se ha hecho presente conforme han ido avanzando los sistemas de producción en las plantas concentradoras de minerales de las industrias mineras. El porcentaje del sistema de disponibilidad del sistema eléctrico requiere mayor control en la gestión de planificación del mantenimiento en el contexto de la industria 4.0 y así mismo de tener hoy en día empresas más competitivas que buscan mejorar la disponibilidad de sus sistemas, para maximizar la confiabilidad de sus activos.

A nivel nacional, las empresas mineras adquieren nueva tecnología para aumentar su disponibilidad, mejorando el plan de gestión de mantenimiento preventivo, en relación a la demanda de producción. Las normas vigentes en medioambiente obligan a nuestra empresa minera a cumplir con el plan de medio ambiente en beneficio de la población y los recursos naturales. La etapa final de nuestra producción es el área de sistema transporte de relaves, la que no cumple muchas veces con la disposición final de relave, ya que hay algunas paradas en los equipos, por lo cual se realiza la intervención correctiva entre los departamentos de la planta, dentro de la organización. El proceso del sistema de transporte de relaves es el área principal que evacúa todo el proceso final que produce la planta concentradora para que esta reinicie su ciclo con sus procesos en todas las secciones.

El presente estudio, se desarrolla en una empresa minera contratista de cerro de Pasco, fundada en 1936, la misma que desarrolla actividades en la unidad minera Cerro Lindo, de la ciudad de chincha y otra unidad minera en El Porvenir del centro poblado de San Juan de Milpo, en la ciudad de cerro de Pasco. La unidad minera de Atacocha cuenta con procesos de chancado, molienda, flotación de cobre, flotación de Zn, espesamiento, filtrado de concentrado y

sistema transporte de relaves. Esta empresa, a pesar de tener varios años de funcionamiento en el rubro minero, tiene como meta ser una de las unidades de producción polimetálica solvente, produciendo con seguridad y con la gestión de cero accidentes.

Por lo expuesto, surge la necesidad de desarrollar un plan estratégico para aumentar la disponibilidad de los activos. Para cumplir con estos fines, la empresa contratista minera deberá contar con la información al día del histórico de mantenimiento.

### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Díaz, Del Castillo y Villar (1), Realizaron un estudio titulado: Instrumento para evaluar la gestión del mantenimiento en plantas industriales de bioproductos en la ciudad de La Habana, Cuba.

El objetivo general del estudio fue diseñar y aplicar una encuesta como instrumento para evaluar y analizar la gestión de mantenimiento en plantas industrial de bioproductos. La muestra estuvo constituida por los especialistas graduados del nivel superior con amplia experiencia de más de cinco años en las ramas de mantenimiento y producción. El diseño la investigación fue experimental, empleándose la encuesta como instrumento. Los resultado obtenidos fueron que el análisis de la validez del instrumento que tomó como base los criterios vertidos por el grupo de especialistas del muestreo, permitió concluir que el instrumento mide el objeto de estudio, los ítemes dan respuesta al diseño de indicadores y dimensiones que se plantearon para medir la gestión de mantenimiento. En su confección se incluyeron criterios y observaciones de tres especialistas en la materia de evaluación, tal herramienta de investigación no fue fruto de la improvisación ni de la traducción de una encuesta similar producida en el extranjero o en otra institución, los encuestados la entendieron vertiendo sus criterios a uno de los autores del presente trabajo que fungió como moderador.

Salazar (4), realizó un estudio titulado «Diseño de una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para el departamento de mantenimiento en la ciudad de Guala pack, Costa rica». El objetivo general del estudio fue el diseño de un modelo de gestión de mantenimiento

para el cumplimiento de la misión, visión y objetivo que permita el rendimiento del departamento de producción de la empresa. La muestra estuvo constituida por los 32 equipos críticos del área de producción. El diseño elegido fue el descriptivo no experimental, los instrumentos que se usaron fueron la auditoría de calidad a la gestión de mantenimiento y los resultados obtenidos han sido que a través de la implementación de la gestión de mantenimiento con respecto a la situación actual se aprovecha el capital intelectual humano, por medio de la incorporación de las partes interesadas, la toma de decisiones en conjunto, la estandarización de actividades, el trabajo en equipo y el conocimiento de la información actual para el fortalecimiento del área de mantenimiento eléctrico de planta. Así mismo se definió que la gestión de mantenimiento es buena, con un índice de 66 %, donde las áreas con resultados más bajos son la administración de los materiales y métodos de trabajo.

Capelo (5), realizó un estudio titulado «Elaboración de un modelo de gestión de mantenimiento mediante la norma EN 16646, para mejorar la eficiencia del departamento en la unidad oncológica en la ciudad de Chimborazo, Ecuador». El objetivo general del estudio fue la elaboración de un modelo de gestión de mantenimiento mediante la norma EN 16646, para mejorar la eficiencia del departamento de mantenimiento oncológico. La muestra estuvo constituida por los colaboradores del área de mantenimiento, como son el personal técnico y los que operan las maquinaria, el diseño que se utilizó fue descriptivo experimental y los instrumentos que se usaron fueron la auditoría cuantitativa y los resultados obtenidos han sido un sistema de gestión de mantenimiento integrado sistemático e iterativo de mejora continua, caracterizado por abordar procesos de gestión, apoyo y control que optimicen el ciclo de la vida de los activos así mismo se presentó la recomendación de implementar la propuesta, que ayuden a tomar mejores decisiones y a estructurar un plan de mantenimiento efectivo y preventivo, cumpliendo con las actividades, procedimientos y la logística justo a tiempo.

Sanmartín (6), realizó un estudio titulado «La función del mantenimiento en una planta industrial en la ciudad de Sevilla, España».

El objetivo general del estudio fue la función del mantenimiento en una empresa dedicada a la fabricación y producción de muebles, diagnóstico de los problemas encontrados en dicha función y planteamiento de soluciones. La muestra estuvo constituida por los 31 equipos de la planta productiva FAB-T. El diseño que se utilizó fue descriptivo experimental, los instrumentos que se usaron fueron la encuesta a las áreas involucradas de mecanizado, inyección, transporte y tratamiento y los resultados obtenidos han sido promover mejoras de acuerdo al plan de mantenimiento elaborado en Excel, de donde se puede obtener la orden de trabajo planificada. Así mismo, la función de gestión de mantenimiento hizo sinergia con las demás áreas de la planta industrial y se orienta a trabajar a futuro desde la metodología *Six sigma*.

Fernández (7), realizó un estudio titulado «Elaborar un plan de mantenimiento basado en la disponibilidad de los diversos equipos que conforman el área de molienda en la bocamina, Chile».

El objetivo general del estudio fue elaborar un plan de mantenimiento basado en la disponibilidad de los diversos equipos que conforman el área de molienda de carbón. La muestra estuvo constituida por el molino de carbón de la central térmica Bocamina. El diseño que se utilizó fue descriptivo no experimental, los instrumentos que se usaron fueron la encuesta de evaluación de reportes de fallas correctivas en los equipos y los resultados obtenidos han sido que se elaboró un árbol jerárquico basado en la norma internacional ISO 14224:2006, que fue la base de este estudio, ya que permitió manejar una gran cantidad de información dispersa con respecto a los componentes existentes en la planta, así como también agruparlos por áreas, con el propósito de facilitar los análisis posteriores.

Del mismo modo, los análisis de criticidad realizados se basan en normas internacionales, que definen una estructura y procedimiento rigurosos para realizarlos. El objetivo de tanta rigurosidad es obtener resultados concretos y con bases que permitan orientar el mantenimiento hacia aquellos activos que requieran mayor atención.

La combinación de estrategias de mantenimiento utilizadas en la confección de las pautas genéricas de mantenimiento, tienen como objetivo detectar tempranamente cualquier condición anómala del equipo crítico.

Considerando el total de actividades propuestas, la gran diferencia porcentual que existe en aplicar técnicas de mantenimiento preventivo, predictivo basado en condiciones, equivale al 23.52 % frente al mantenimiento preventivo (73.52 % restante) el cual refleja la proactividad que se desea obtener en los resultados de este plan. Solo el 1.60 % representan no aplicar una tarea de mantenimiento, debido a que simplemente existen componentes que no requieren de un monitoreo básico de su estado y menos de un reemplazo programado.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Geldres (8), realizó un estudio titulado «Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificación de una empresa de alimentos balanceados acuícola». El objetivo general del estudio es dar la aprobación de la propuesta que conlleva la implementación del Sistema; el cual dio soporte a mejorar una estrategia de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RMC) con el refuerzo de los indicadores de disponibilidad, así mismo eficiencia y eficacia para medir el desempeño del mantenimiento. La muestra estuvo constituida por la producción de tableros elaborados en 12 semanas. Los instrumentos que se utilizaron fueron la técnica de la observación y la recolección de informaciones, el diseño de estudio es cuasi experimental del tipo aplicada. Y los resultados obtenidos fueron: la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) trae consigo un ahorro de s/. 12,300.00 y aumento de la productividad en un 20.75 % como promedio para un periodo de 12 meses.

Morales (2), realizó un estudio titulado «Plan de gestión de mantenimiento preventivo en base a auditoría en curtiembre Piel Trujillo S. A. C. para aumentar disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de equipos y reducir costos de fallas». El objetivo general fue proponer un plan de gestión de mantenimiento preventivo para las máquinas de la curtiembre Piel Trujillo S. A. C.

La muestra estuvo constituida por nueve máquinas críticas. El instrumento que se utilizó fue una auditoría de mantenimiento. El diseño de estudio fue investigación básica y aplicada y los resultados obtenidos fueron un 10 % de incremento en la disponibilidad, un 18 % de confiabilidad, 16 % de mantenibilidad y una reducción en el tiempo de reparación de 16 a 24 horas, con lo cual estos valores demostraron que el estudio realizado es aceptable.

Chávez, (9) realizó un estudio titulado «Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la planta de inyecciones de la empresa industrias plásticas reunidas S. A. C.». El objetivo general del estudio es implementar el enunciado de un plan de mantenimiento preventivo en la planta industrial de inyecciones de la compañía. La muestra estuvo constituida por las máquinas inyectoras de plásticos. Los instrumentos que se utilizaron fueron el análisis de criticidad en función de las paradas por averías y fallas del sistema eléctrico. El diseño de estudio es experimental del tipo aplicado. Los resultado obtenidos fueron: el hallazgo de la máquina inyectora KM100, con más paradas en los periodos normales de producción en función a la matriz de criticidad, también se elaboró un plan anual de mantenimiento preventivo enfocado en mejorar la disponibilidad de las máquinas inyectoras, así mismo, se dio como resultado un incremento del 9 % en la disponibilidad de las máquinas inyectoras; finalmente, respecto al ámbito productivo, este se vio incrementado en un 6.9 %, generando aportes a los objetivos de la empresa.

Paladines (3) realizó un estudio titulado «Propuesta de una gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los vehículos mayores de la I Macro región Policial Piura». El objetivo general del estudio fue la elaboración de una propuesta de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los vehículos mayores de la I Macropol Piura; y a su vez evitar el aumento de vehículos inoperativos. La muestra estuvo constituida por los vehículos mayores policiales. Los instrumentos que se utilizaron fueron la técnica de la observación y se formularon encuestas dirigidas al personal mecánico y conductores de vehículos; adicionalmente se analizó la documentación y se recabó información

del personal que interviene directamente en el proceso. El diseño de estudio es no experimental descriptivo y de corte transversal; los resultados obtenidos fueron: bajo un registro de información, el año 2019 la disponibilidad de los vehículos mayores fue del 79 %; por lo cual se describió la gestión de mantenimiento que viene desarrollando el área de maestranza y se identificó que las fallas más frecuentes de los vehículos policiales se presentan en los sistemas de motor, frenos y suspensión; así mismo se desarrolló una propuesta según el kilometraje recorrido, enfocado en solucionar los problemas que afectan la disponibilidad de los vehículos policiales, con lo cual se proyectó un aumento del tiempo entre fallas y una disminución del tiempo de reparación que permite aumentar la disponibilidad al 94 %. Finalmente se determinó que el costo total de la propuesta es de s/. 897,198.00 y que los beneficios se darán en el aspecto organizacional de la entidad y esto redundará en beneficios sociales, concluyendo que resulta muy necesario para la I Macropol Piura, implementar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los vehículos mayores.

Orlando y Huancoillo (10), realizaron un estudio titulado «Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad, en las líneas de producción de la planta industrial de la compañía minera Lincuna de la ciudad de Ancash, Perú». El objetivo general del estudio fue el incremento de la disponibilidad el cual se verificó a través de la medición del MTFB y MTTR, modelo que establece la estandarización de los procesos de mantenimiento, herramientas y lineamientos que conduzcan a la reducción de costos del tiempo de ejecución, la mejora de la mantenibilidad y el incremento de la disponibilidad de los equipos de producción de la planta concentradora. La muestra estuvo constituida por los equipos del área de chancado de la planta. El diseño que se utilizó fue descriptivo no experimental los instrumentos que se usaron fueron auditoría de mantenimiento efectivo de clase mundial y los resultados obtenidos han sido la reversión de la situación, implementando el plan de mantenimiento preventivo basado en sus principios fundamentales, estableciendo una metodología de gestión práctica.

## **2.2. Bases teóricas**

Para Olart, Botero y Cañón (11), la importancia del mantenimiento dentro de las empresas surge en los años 30, cuando del empresario Henry Ford articuló en su organización un área específica que se encargaba de restaurar los equipos de su sistema de producción; y posteriormente, al desencadenarse al segunda guerra mundial, muchas de las organizaciones tuvieron que incrementar su productividad, lo que hizo que las máquinas se desgasten debido al exceso de uso, brindándole un papel más importante al mantenimiento.

Así mismo para Montilla, Arroyare y Silva (12), el mantenimiento autónomo, centrado en la confiabilidad (RCM), tiene como objetivo principal garantizar que los equipos o maquinarias cumplan con sus respectivas funciones, asegurando la máxima confiabilidad, sabiéndose la integridad como un estado del activo que no presta para paradas en el desarrollo de sus actividades. En otras palabras, el RCM es la forma de gestionar el mantenimiento que asegure el proceso y ritmo de trabajo en las operaciones de una industria que se desempeña bajo parámetros de trabajo ya establecidos.

La estrategia de mantenimiento correctivo consiste en «no hacer nada» o «esperar la falla», no procura determinar del todo el momento de la falla o en prevenir la misma, de acuerdo al uso. Esta estrategia de mantenimiento es empleada en caso no sea posible recurrir a otra estrategia de mantenimiento con mejores resultados finales. El mantenimiento se clasifica en tres clases: reemplazo, reparación y decisión retardada. El reemplazo se emplea para sustituir de forma total el componente o la unidad fallada; la reparación es útil si la determinación es reparar el componente y la decisión retardada será la estrategia si la decisión radica en un reemplazo total del componente o unidad fallada después de una inspección apurada, luego de ocurrida la falla.

### **2.2.1. Disponibilidad**

Es definida como la posibilidad de que un equipo esté listo para desarrollar sus tareas o no, por problemas de averías y propone una forma más práctica de definirla, tomando como referencia el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación, como se detalla en:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

*D*: Disponibilidad

*MTBF*: Tiempo medio entre fallas

*MTTR*: Tiempo medio de reparación

### **2.2.2. Tiempo medio para reparación (MTTR)**

Es una especificación de diseño que determina el tiempo que se tarda en restaurar una máquina a su estado funcional una vez que se ha producido una falla.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo muerto}}{\text{n.º de fallas}}$$

### **2.2.3. Tiempo medio entre Fallas (MTFB)**

Resulta ser el tiempo promedio en el que un equipo opera sin presentar fallos, siendo este el tiempo promedio que pasa entre un fallo y el siguiente.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo muerto}}{\text{n.º de fallas}}$$

El MTBF y MTTR, componentes importantes de confiabilidad. Estos dos indicadores son relevantes, ya que se encuentran dentro de la norma IATF 16949 – 2016, esta es una norma de gestión de calidad para el sector automotriz y que a la vez lidera para las demás industrias, por lo tanto, hay una cláusula muy importante dentro de la especialización del mantenimiento preventivo total (TPM) (13).

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. ¿Qué es el mantenimiento?**

Olivia y otros (14) mencionaron que «El mantenimiento es un servicio que engloba una serie de trabajos mediante los cuales un equipo, máquina, construcción civil o instalación eléctrica» se mantiene o se restablece a un estado apto para realizar sus funciones, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa.

Existen diferentes métodos para abordar el trabajo del mantenimiento entre los cuales se encuentra el mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM por sus siglas en inglés (reliability centered maintenance o mantenimiento centrado en la confiabilidad) y el mantenimiento productivo total, TPM por sus siglas en inglés (total productive maintenance o mantenimiento productivo total).

### **2.3.2. Historia del mantenimiento**

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función del mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, entonces empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento y la gran mayoría de estas actividades fueron de naturaleza correctiva. En la segunda guerra mundial aparece el concepto de fiabilidad. Desde 1930, la evolución del mantenimiento se evidenció en tres generaciones.

### **2.3.3. Función del mantenimiento**

**2.3.3.1 Funciones primarias.** Dentro de las funciones primarias encontramos cuatro principales y son las siguientes:

- ✓ Sostener, reparar e inspeccionar los equipos e instalaciones.
- ✓ Distribución de los servicios eléctricos en planta concentradora.
- ✓ Remodelar y remover equipos e instalaciones.
- ✓ Ejecutar el programa de mantenimiento anual preventivo y predictivo.

**2.3.3.2 Funciones secundarias.** Dentro de las funciones secundarias encontramos cinco principales y son las siguientes.

- ✓ Gestionar la solicitud de nuevos equipos para mejorar procesos.
- ✓ Reportes para la adquisición de repuestos, máquinas y consumibles.
- ✓ Controlar y dotar del buen abastecimiento en inventario de repuestos y consumibles.
- ✓ Conservar los equipos de seguridad y de protección en buen estado.
- ✓ Llevar un historial de consumo e inventario de las máquinas de una compañía.

### **2.3.4. Planes de mantenimiento**

Un plan de mantenimiento pensado son las actividades para atender la necesidad anticipada de falla de una máquina. El diseño contiene todas las actividades para prevenir las principales averías que poseen los equipos. Es vital dominar conceptos sobre el plan de mantenimiento que son tareas agrupada en secciones, y que el alcance de este plan es detener las paradas no programadas. Pesantez (15).

En el plan anual se debe considerar las recomendaciones de mantenimiento del fabricante en función a varios parámetros de servicio. Comúnmente los equipos críticos deben ser considerados como los más importantes dentro de los planes de mantenimiento.

**2.3.4.1. Pasos para elaborar un plan de mantenimiento preventivo.** A continuación, se menciona cinco pasos:

Paso 1: Inventariado de los equipos en general los cuales interactúan con los procesos productivos.

Paso 2: Filtrado y resumen de todas las recomendaciones por el fabricante y técnicas del área de mantenimiento.

Paso 3: Organización de las tareas de mantenimiento, las cuales deben ser anticipadamente seleccionadas, dadas las condiciones seguras de ejecutarse.

Paso 4: Alcance de los recursos necesarios y empoderamiento de responsabilidades al área técnico operativa.

Paso 5: Cumplimiento a los estándares y procedimientos de seguridad.

**2.3.4.2. Planes de mantenimiento y la recomendación de los fabricantes.** La definición de actividades que incluirán el plan de mantenimiento en una planta industrial puede hacerse bajo muchos criterios, sin embargo, la recomendación de diversos fabricantes es la más común. Esta técnica es muy sencilla de elaborar, pero presenta algunos inconvenientes. Es recomendable no fiarse mucho de esta técnica para hacer el plan de mantenimiento ya que el trabajo acumulado de vida de los activos no será igual en la línea de tiempo y eso no soluciona algunos de los graves inconvenientes que tiene basarse en las recomendaciones de los fabricantes.

Plan de mantenimiento basado en protocolos. La sabana de actividades que corresponde a cada tipo de activo se denomina procedimiento de trabajo programado. Si se elabora el paso a paso del mantenimiento de todo el grueso de actividades de una planta industrial y se hace un listado con los activos más críticos, solo hay que seguir el procedimiento de trabajo que contempla a cada uno de ellos para poder tener el historial detallado de todas las actividades de mantenimiento. Lo que sigue en la ejecución de esta lista de actividades encerradas por proceso, frecuencia, cantidad y especialidad es ir elaborando las diferentes gamas que pertenecen al plan anual de mantenimiento de la contratista minera.

### **2.3.5. Objetivos del mantenimiento**

Los objetivos de mantenimiento, son las metas asignadas y aceptadas para las actividades de los mantenedores como: la disponibilidad, optimización de costos, la calidad del servicio, la protección del medio ambiente y la seguridad. Las políticas de mantenimiento son un enfoque general para la provisión del mantenimiento y de la logística del mantenimiento basado en los objetivos y en la forma de vida de las industrias, de los propietarios, usuarios y clientes.

### **2.3.6. Generación del mantenimiento**

**2.3.6.1. Primera generación.** Cubre este periodo hasta la segunda guerra mundial. Es importante mencionar que en esta época la industria no era altamente mecanizada, de modo que los tiempos de inactividad no tenían mucha importancia. En esta época la prevención de fallas en equipos no era prioridad para los gerentes o líderes de las industrias.

**2.3.6.2. Segunda generación.** Después de la segunda guerra mundial, todo cambió. Hubo una disminución de mano de obra notablemente. Esto lleva a un nivel mayor de mecanización. Para 1950, las maquinarias de todo tipo se habían multiplicado en número y complejidad. Ya la industria empezó a depender de ellas. En esta época crece la independencia, entonces la inactividad tuvo un enfoque más cercano. Aparece el concepto de mantenimiento preventivo, ya que las fallas técnicas podrían y deberían ser preventivas.

**2.3.6.3. Tercera generación.** En esta etapa, que es de mediados de 1970, el proceso de cambio de la industria ha conjugado un momento aún mayor. Los cambios pueden clasificarse bajo nuevas expectativas, nuevas investigaciones y técnicas.

**2.3.6.4 Cuarta generación.** Aparece desde finales de los 90 hasta la actualidad. La gestión se basa en grandes cambios con las técnicas de mantenimiento, aparecen nuevas tendencias, nuevas metodologías y también nuevas filosofías, todo por el gran resultado orientado principalmente a evitar fallas. Empiezan a ser familiares términos en temas trascendentales como el riesgo, el medio ambiente, la maximización de la vida útil de los

componentes y un gran aumento en la confiabilidad. La industria en la cuarta generación requiere un cambio de cultura en el recurso humano involucrado.

### **2.3.7. Estrategias de mantenimiento**

Una estrategia de mantenimiento es la decisión que adoptan los responsables de la gestión de una planta para dirigir su mantenimiento, haciendo que un grupo de tareas sean la base de la actividad de mantenimiento, y el resto de tareas estén supeditadas a ese conjunto básico de actividades.

**2.3.7.1 Mantenimiento correctivo.** En un mantenimiento correctivo no se realiza ninguna planificación ni programación, solo se realiza la corrección de los problemas imprevistos que se presentan. La alternativa de esta estrategia es usarla en equipos de bajo costo.

**2.3.7.2. Mantenimiento preventivo.** Según: Smith y Hinchclife (16), el mantenimiento preventivo es la realización de las tareas de inspección y de servicio que han planificado diariamente para su realización en puntos específicos en el tiempo para conservar las capacidades funcionales de los equipos y sistema operativos, a continuación, se muestra la Tabla 1, donde se explica el mantenimiento preventivo de clase real y clase mundial.

**Tabla 1. Comparación del Mantenimiento Preventivo de Clase Real y Clase Mundial.**

TIPO INDUSTRIA	REAL	CLASE MUNDIAL
MONTAJE	29 %	53 %
DISTRIBUCIÓN	56 %	54 %
FABRICA GRANDE	29 %	51 %
FABRICA PEQUEÑA	34 %	52 %
PROCESO	34 %	42 %
CONSULTOR	25 %	44 %
PROMEDIO PONDERADO	33 %	47 %

*Nota:* La Industria automotriz es referente para las demás industrias, aquí se presenta la referencia de la General Motor Company, 2000.

**2.3.7.3. Mantenimiento predictivo.** El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste de una máquina. Así mismo, se

basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. La información más relevante que demuestra este mantenimiento es la tendencia de los valores ya que es la que va a determinar calcular o prever con cierto margen de error la falla del equipo. A continuación, se muestra la Tabla 2, donde se explica el mantenimiento predictivo de clase real y clase mundial.

**Tabla 2. Comparación del Mantenimiento Predictivo de Clase Real y Clase Mundial para los diferentes tipos de industrias**

TIPO INDUSTRIA	REAL	CLASE MUNDIAL
MONTAJE	7 %	39 %
DISTRIBUCIÓN	10 %	30 %
FABRICA GRANDE	12 %	30 %
FABRICA PEQUEÑA	12 %	32 %
PROCESO	15 %	42 %
CONSULTOR	15 %	38 %
PROMEDIO	13 %	35 %

*Nota:* La Industria automotriz es referente para las demás industrias, aquí se presenta la referencia de la General Motor Company, 2000.

**2.3.8 ¿Qué es el análisis de criticidad?** Es una metodología que, en función a su impacto global, tiene la finalidad de facilitar la toma de decisiones en una empresa, ya que no todos los activos son igual de importantes, así mismo los recursos de horas, hombres y el presupuesto siempre son limitados y además un mismo activo puede requerir diferentes tipos de mantenimiento. El Análisis de Criticidad de Modo de Falla y Efectos (FMECA, Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) es una metodología que cuantifica las consecuencias y fallas de los equipos en un sistema y el ritmo con que se suscitan para determinar las actividades de mantenimiento en aquellos procesos que podrían detener la operación. En varias empresas que cuentan con un sistema de mantenimiento preventivo, no se logra realizar todas las actividades

preventivas a tiempo. Un sistema de criticidad permite hacer las tareas importantes de mantenimiento preventivo, incluso si no se cuenta con el tiempo para todas las actividades.

**2.3.8.1. Clasificación del sistema de criticidad.** Por su importancia en los procesos de la planta concentradora y el daño o accidente potencial, si es que el equipo podría fallar.

**2.3.8.2. Nivel de criticidad de los equipos.** De acuerdo al estándar de la industria automotriz, en el presente estudio se puede definir tres niveles de criticidad.

**2.3.8.2.1 Criticidad 1. El equipo que no debe fallar,** son equipos que podrían parar la planta, o la línea de producción y causar una gran pérdida financiera. Así mismo causarían accidentes a los trabajadores de mantenimiento y operadores, tales como calderos, grúas, elevadores, montacargas, winches, chancadoras, molinos de bolas, etc. Estos equipos causarían importantes daños ambientales tales como fugas de aceite, productos contaminantes y desechos.

**2.3.8.2.2. Criticidad 2. El equipo que no debería fallar,** son los equipos aún importantes, pero una avería no tendría un impacto serio en los procesos de la planta (existe equipo similar disponible, o la avería dura poco tiempo).

**2.3.8.2.3. Criticidad 3. Equipo de uso no frecuente,** son equipos de uso no frecuente y que, aunque pare el funcionamiento, no afecta los procesos productivos de la planta. Normalmente las ordenes de trabajo no cuentan con prioridad para poder ejecutar el equipo más crítico y por ende no es posible realizar todas las órdenes preventivas de la programación, en tal sentido, se tiene que proponer que las órdenes de trabajo contengan un ítem donde se vea la criticidad de los equipos a intervenir como mantenimiento. En la Tabla 3, se aprecia las metas de cumplimiento de acuerdo al nivel de criticidad.

**Tabla 3. Metas del Cumplimiento en el Mantenimiento Preventivo de Acuerdo al Nivel de Criticidad**

METAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
<b>CRITICIDAD 1</b>	100 % de Cumplimiento
<b>CRITICIDAD 2</b>	90 % de Cumplimiento
<b>CRITICIDAD 3</b>	80 % de Cumplimiento

*Nota:* La Industria automotriz es referente para las demás industrias, aquí se presenta la referencia de la General Motor Company, 2000.

**2.3.8.3. Pasos para realizar análisis de criticidad.** Los cuales son:

- a) Definir su alcance y propósito para el análisis
- b) Establecer criterios de importancia
- c) Seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de sistemas objeto del análisis (basado en riesgo) de acuerdo a la ISO 55000.

**2.3.8.4. El riesgo.** La norma API RP 580 define el riesgo como la combinación de la probabilidad de que produzca un suceso durante un determinado periodo y las consecuencias de que ese suceso ocurra. En términos matemáticos se define como:

$$RIESGO = PROBABILIDAD \times CONSECUENCIA$$

**2.3.8.5. Criterios utilizados en el análisis de criticidad.** Dentro de los criterios utilizados en el análisis de criticidad tenemos los siguientes conceptos:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costes (operaciones y mantenimiento)
- Frecuencias de fallas

### **2.3.9. Descripción de los equipos del sistema transporte de relaves**

**2.3.9.1. Bombas Geho TZPM 1200.** Las bombas de diafragma pistón son bombas de desplazamiento positivo, diseñadas para manipular líquidos con contaminación sólida, como arena, lodo y fango. Su diseño se puede dividir en la cámara de líquido propulsado (relaves) y en la cámara de líquido propelente, esta consta de la camisa del cilindro y su pistón, así como de la pieza de unión con el alojamiento del diafragma. Esta área está llena de líquido propelente (aceite). La bomba Geho trabaja con una presión normal de entrada desde los 70 Psi y en la presión de salida normalmente utiliza una presión de 1610 Psi a un flujo de carga de 200m<sup>3</sup>/h y bombea a una distancia de 7.5Km.



Figura 1 Bomba Geho de Desplazamiento Positivo. Tomada en sala del sistema transporte de relaves (STR, 2021)

**2.3.9.2. Bombas Goulds 3410.** Las bombas Gould trabajan por nivel de tanque y velocidad, son parámetros que controla el operador, normalmente la velocidad está al 100 %, sin embargo, cuando el nivel de tanque a donde es llevada el agua está al límite, se les baja la velocidad a las bombas Goulds, a un nivel de 2.4 m del tanque (recuperación de agua) se detiene el funcionamiento de las bombas. A continuación, se puede apreciar en la Figura 2 la bomba Goulds.



Figura 2 Las bombas Goulds son las que impulsa el agua hacia planta concentradora, Tomada en el sistema transporte de relaves (STR, 2021)

**2.3.9.3. Bomba de carga.** Equipo normalmente trabaja con flujo de  $197.69\text{m}^3/\text{h}$ , la frecuencia de alternancia de equipo a equipo es por desgaste de componente y fugas en los sellos. Su función es llevar el flujo de carga hacia las bombas Geho.



Figura 3 Las bombas de carga preparan y conectan a las bombas Geho. Tomado en el sistema transporte de relaves (STR, 2021)

**2.3.9.4. Bomba HR200.** Son bombas de modelo espia, cuyo trabajo se da por succión y descarga de flujo, normalmente trabajan a un caudal de  $186\text{ m}^3/\text{h}$ , cuando el sello y la reducción llegan a ser cambiados después de 430 horas, los componentes trabajan a un caudal de  $185\text{m}^3/\text{h}$  hasta un intervalo de 6 a 8 horas, luego el flujo sube a su valor nominal de  $230\text{ m}^3/\text{h}$ , y de ahí desciende a  $180\text{ m}^3/\text{h}$ . Transcurrido del tiempo mencionado, continúa el ciclo.



Figura 4 Bombas HR200. Tomada del sistema transporte de relaves (STR,2021)

**2.3.9.5. Espesador de relaves 125”.** El espesador de relaves trabaja por presión, su valor normal es de 300 a 500 Psi. Si la presión es mayor a 500 Psi, lo que el operador realiza es jalar las cargas hacia los tanques de los agitadores por las líneas de carga y a una presión de 300 Psi el proceso recircula en todo el sistema.



Figura 5 Espesador de relaves 125". Contenedor de todo el subproceso de planta. Tomado del espesador de relaves (STR, 2021)

## **Capítulo III: Metodología**

### **3.1. Método y alcance de la investigación**

#### ***3.1.1. Método de investigación***

El presente estudio se realizó con el método teórico, puesto que recogen reportes de falla, data histórica y datos de motores eléctricos para la elaboración de propuestas en la gestión de mantenimiento. En el desarrollo del presente estudio se analizaron los indicadores de disponibilidad del sistema.

#### ***3.1.2. Alcance de investigación***

Desarrollar una propuesta de modelo de gestión que permita al departamento de mantenimiento eléctrico cumplir con su visión y misión dentro de la empresa minera contratista.

Conocer el grado en que se encuentra la empresa en la gestión de mantenimiento y el conocimiento de los equipos existentes.

Determinar la validez de los indicadores existentes en la empresa, según procedimientos de operación y necesidades características del proceso.

Crear conciencia a través de la sustentabilidad de la empresa con el medio ambiente y las normas de mejora continua.

Analizar la toma de decisiones bajo criterios de peso, situación real del estado de las máquinas y los sustentos de ingeniería.

## **3.2. Elaboración del estudio**

### **3.2.1. Niveles de investigación**

Los niveles de investigación son como escalones para centrarse propiamente en las diferentes ramas de la investigación. Para el estudio en mención, el nivel de investigación es descriptivo, ya que más allá de ver el problema se comenzó describiendo las situaciones a estudiar.

### **3.2.2. Diseño de investigación**

Este estudio es de diseño transversal descriptivo de lo señalado por Fernández y Baptista (17), quienes consideran que con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a algún análisis.

## **3.3 Población y Muestra**

Para Robles (18), la población se define como el conjunto de todos los componentes de interés y la muestra sería un subconjunto de esa población. La población y muestra en este estudio son iguales, por lo tanto, están conformadas por los nueve equipos del sistema transporte de relaves, dos supervisores, tres operadores y ocho técnicos especialistas en electricidad. De acuerdo al estudio, se encontró que los equipos, los operadores y el área de planeamiento gestionan las actividades haciendo sinergia entre los mismos.

## **3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos**

La técnica que se usó para la recolección de datos es la encuesta (Ver Anexo B) y como instrumento, el cuestionario de tipo cualitativo. De acuerdo al procedimiento, se tuvo que hacer la validación del instrumento por tres expertos en el área de mantenimiento de equipos de plantas concentradoras e ingeniería de confiabilidad (Ver Anexo C). Así mismo, se obtuvo la información técnica de los motores eléctricos con sus respectivos niveles de criticidad y se utilizó Microsoft Excel para procesamiento y análisis de datos del historial de mantenimiento.

## **Capítulo IV: Resultados Y Discusión**

### **4.1 Diagnóstico del sistema transporte de relaves de la unidad minera de Cerro de Pasco**

#### ***4.1.1 Datos generales de la planta concentradora***

Nexa Atacocha fue constituida en febrero de 1936, con el fin de desarrollar actividades de extracción, concentración, y comercialización de minerales, principalmente zinc, cobre, plomo, con contenidos de plata, provenientes de minas y/o concesiones de su propiedad o arrendadas.

Luego de que Nexa Perú adquiriera el control de la empresa en el año 2008, la unidad minera de Atacocha inicio en el 2013 un proceso de integración con la unidad minera El Porvenir, en lo que hoy se denomina Complejo minero Pasco.

La mina Atacocha está ubicada en la región de los andes centrales del Perú a una altura de aproximadamente 3,500 metros sobre el nivel del mar en la comunidad de Chicrin. Cerro Pasco se encuentra a unos 16 km por la carretera Lima-Huánuco.

En correspondencia con la declaratoria de estado de emergencia dictada por el Estado, derivada de la crisis sanitaria del COVID-19, Atacocha acató la suspensión temporal de labores desde el 16 de marzo del 2020, atendiendo operaciones críticas de fuerza mayor con mínimo personal. El 08 de junio del 2020 las actividades a tajo abierto de Atacocha (Tajo San Gerardo) fueron retomadas (de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo n.º 101- 2020-PCM), mientras que la mina subterránea permanece suspendida de manera indefinida, bajo el criterio de la compañía de trabajar operaciones rentables. Lo anterior involucró el cese colectivo de

trabajadores, situación que generó la interrupción temporal de la carretera por protestas, ocurridas entre el 17 de diciembre del 2020 al 21 de enero del 2021.

Nexa Atacocha ha implementado mecanismos de seguridad adicionales para prevenir el contagio del COVID-19, con protocolos específicos de sanidad, control de propagación, asistencia médica y soporte comunitario.

La producción actual de mineral es de aproximadamente 4400 Toneladas por día. La planta consta de estructuras de hormigón armado o de estructura de acero de poca altura que soporta la extracción de minerales, plantas de proceso, servicios públicos, transportadores de manipulación de materiales, depósitos de almacenamiento y operaciones de apoyo relacionadas.

Luego de la toma de control por parte del Grupo Nexa en el año 2008, la administración llevó a cabo un plan de reestructuración integral, tanto operativa, como financiera, en la compañía, lo que permitió realizar inversiones en activos fijos e incrementar progresivamente la capacidad de planta, contando en la actualidad con un nivel de tratamiento de 4,500 toneladas por día.

A partir del año 2011, la estrategia de Atacocha ha estado enfocada en llevar a cabo actividades de exploración dirigidas a incrementar los recursos de la Unidad, así como en poder acceder a nuevas zonas que aseguren su sostenibilidad futura. La Compañía además ejecutó inversiones en mecanización y en obras, buscando lograr una mejor gestión del costo de operación.

En el 2013, la Compañía inició un proceso de integración con la unidad minera El Porvenir que concluyó su primera etapa en el 2014 con la integración administrativa, para posteriormente llevar a cabo su integración operativa a través de la unificación de la presa de relaves (2015), construcción de una línea de transmisión eléctrica de 138 Kv en beneficio de ambas plantas, para finalmente concretar la integración tanto de ambas plantas concentradoras (2016), como de la operación en el interior de las minas (2017-2018) y de la unificación de operaciones (2019-2021) buscando alcanzar sinergias, ahorros en CAPEX, y optimización de tarifas y gastos

administrativos, de acuerdo a la estrategia operativa global del Grupo. Actualmente el sistema de transporte de relaves está bombeando 5000 litros diarios de relave desde la planta concentradora hasta la presa Atacocha, ahí se acumula en un pozo de 10000 m<sup>3</sup> de extensión. Posterior al proceso, el relave se asienta por gravedad y en la superficie se acumula agua de relave sin contenido de gruesos, la cual es bombeada en proceso reversible, retornando al espesador 125" del sistema transporte de relave de la planta concentradora Atacocha; los procesos mencionados forman una cadena de ciclo continuo. A continuación, se considera la presentación de informe clave de la unidad minera en la Figura 6.

<b>UM Atacocha - Información clave</b>	
<b>Ubicación</b>	Distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacán Provincia de Pasco Departamento de Pasco
<b>Altitud</b>	4,000 metros sobre el nivel del mar
<b>Producción</b>	Dedicada a la producción de concentrados de zinc, cobre y plomo con contenidos de oro y plata.
<b>Proceso productivo</b>	Mina subterránea con flotación de mineral en planta concentradora.
<b>Capacidad de tratamiento</b>	4,500 toneladas producidas por día
<b>Principales características</b>	Continúa el proceso de integración operativa con la UM El Porvenir.

Figura 6 Información clave de la unidad minera. Memorando anual, Nexa Resources Perú S. A. A., 2020

#### 4.1.2. Ubicación geográfica de la unidad minera



Figura 7 Ubicación geográfica de la unidad Minera. Adaptación del mapa geográfico del Perú (Rigobert Bonne, 2013)

#### 4.1.3. Vista área de planta concentradora



Figura 8 Mapa de planta concentradora. Vista aérea, Departamento de Topografía Nexa Resources, 2016

#### **4.1.4. Identificación de problemas en el sistema de relaves**

**4.1.4.1. Baja disponibilidad de los equipos.** Respecto a otras áreas de la planta concentradora, el área de sistema transporte de relaves actualmente cuenta con un 84.3 % de disponibilidad del sistema, este indicador nos permitirá trazar el objetivo de mejorar la gestión a través de propuestas y estrategias de mantenimiento.

**4.1.4.2. No hay plan de mantenimiento predictivo.** El mantenimiento predictivo nos permite utilizar la tecnología para el análisis de parámetros en tiempo real, es decir, nos permite cuantificar cómo se va desarrollando las variables y dando a conocer las fallas; por consiguiente, esta información nos permite tomar una decisión en base a la criticidad y así evitar caer en una falla sobre el activo. Esta estrategia de mantenimiento no es considerada actualmente en el sistema de transporte de relaves.

**4.1.4.3. No hay plan de lubricación en motores eléctricos.** Actualmente, los equipos del sistema transporte de relaves tienen horómetros eléctricos y digitales en los tableros de arranque directo y los variadores de velocidad, respectivamente; sin embargo, no hay una frecuencia de lubricación en base a las horas para los rodamientos de los motores eléctricos y ya esta deficiencia trajo consigo la inoperatividad de las máquinas cuando estos componentes llegan a fallar por falta de lubricante y tiempo adecuado de re-lubricación.

**4.1.4.4. No hay Plan Anual de mantenimiento preventivo.** En el sistema transporte de relaves hay nueve equipos que interactúan entre sí para dar continuidad al proceso de la evacuación del relave que produce planta desde sus diferentes procesos. Por lo cual nos hace falta un plan preventivo que se ejecute de manera semanal, mensual y anual llegando a una trazabilidad real, esto en base al manual del fabricante como primer criterio; como segundo criterio, en base a la antigüedad del equipo y, finalmente, en base a nuestro historial de fallas recurrentes con previo análisis. Esto nos ayudará a determinar las condiciones de trabajo de todos los componentes en cada equipo.

**4.1.4.5. Falta de reportes de falla de los equipos.** Cuando sucede una avería en el sistema transporte de relaves y la primera persona que puede presenciar la falla en cualquiera de los equipos es el operador del área, este no cuentan con un procedimiento de reporte de fallas y tampoco se llega a aplicar el mantenimiento autónomo.

**4.1.4.6. Recurrencia en los mantenimientos correctivos.** las operaciones en los procesos de la planta concentradora no pueden parar o ser detenidos por máquinas averiadas en alguna de las áreas, lo que hace el área de mantenimiento eléctrico es dar respuesta inmediata a los reportes de falla con lo comúnmente llamado mantenimiento correctivo, ya que se actúa después de la falla y esto conlleva a realizar la actividad sin programación y sin llevar el control de los tiempos, hecho que sucede en varias ocasiones y es debido a la presión del propio trabajo que la reparación no tenga garantía, ya que, al no ser planificado, esto incluye los repuestos y lo que ocurre es que se usan repuestos de otras máquinas que ya trabajaron la vida útil del componente.

## 4.2. Organigrama del área de mantenimiento eléctrico

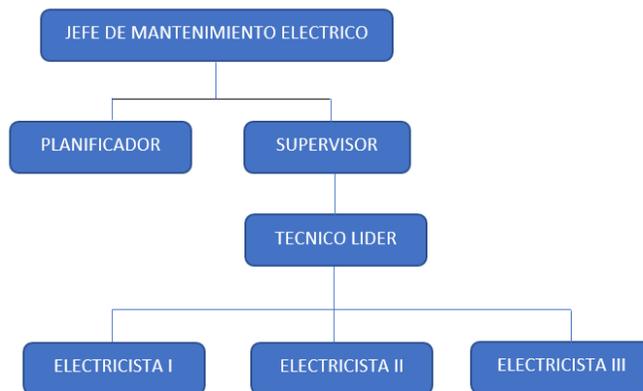


Figura 9 Organigrama del Departamento de Mantenimiento Eléctrico, 2021

### 4.3. Inventario de Equipos

En la siguiente tabla se muestra el inventario de equipos del sistema transporte de relaves de la planta concentradora. La reducción de los inventarios de partes debe ser un objetivo mayor de la organización del mantenimiento. Con las tecnologías del mantenimiento predictivo que están disponibles hoy en día, este puede anticiparse a la necesidad de compra para un equipo específico o partes.

Area	Seccion	Ubicación técnica	Equipo	Denominación de objeto técnico	Denominación de tipo	Fabricante del activo fijo
PLANTA	STR	7920-02-08-15	70095407	BOMBA GEHO TZPM 1200 N° 02	TZPM 1200	GEHO
PLANTA	STR	7920-02-08-14	70095403	BOMBA GEHO TZPM 1200 N° 01	TZPM 1200	GEHO
PLANTA	STR	7920-02-08-27	70095422	BOMBA HR200 N°01 (ESP-RELAVE)	HR200	METSO
PLANTA	STR	7920-02-08-28	70095424	BOMBA HR200 N°02 (ESP-RELAVE)	HR200	METSO
PLANTA	STR	7920-02-08-20	70141743	ESPESADOR DE RELAVES 125'	C-125	ENVIRO CLEAR
PLANTA	STR	7920-02-08-11	70095398	BOMBA DE CARGA WARMAN 8x6 N° 01 (STR)	6/4 D-AH A05/R33S	WARMAN
PLANTA	STR	7920-02-08-12	70095400	BOMBA DE CARGA WARMAN 8x6 N° 02 (STR)	6/4 D-AH A05/R33S	WARMAN
PLANTA	STR	7920-02-08-31	70095430	BOMBA GOULDS 3410 N° 01 (STR)	3410	GOULDS
PLANTA	STR	7920-02-08-32	70095432	BOMBA GOULDS 3410 N° 02 (STR)	3410	GOULDS

Figura 10 Cuadro de relación de inventario de equipos del sistema de relaves.

### 4.4. Plano de las área de mantenimiento

#### 4.4.1. Plano del sistema transporte de relaves

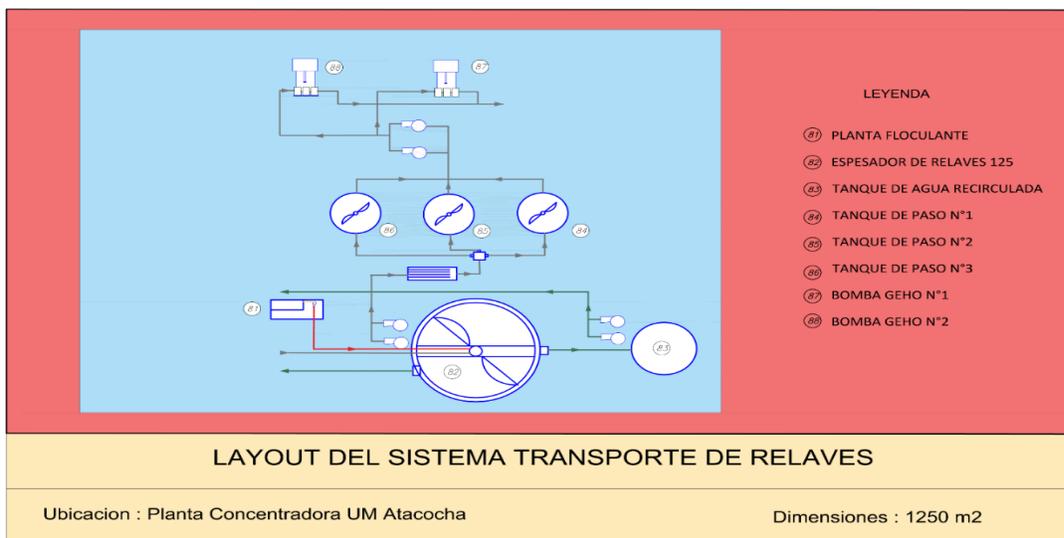


Figura 11 Plano de planta del sistema transporte de relaves.

#### 4.4.2. Plano del almacén central

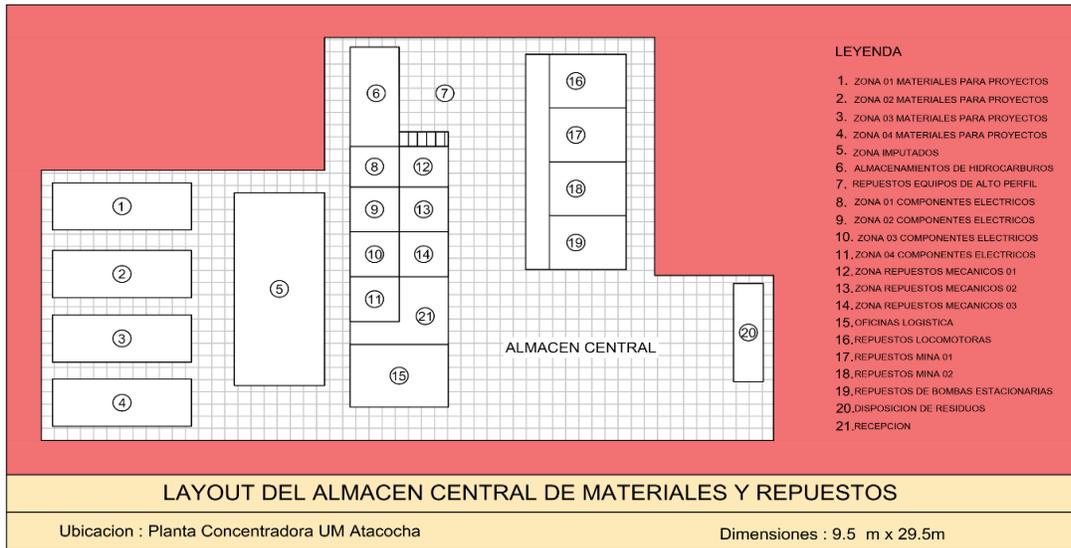


Figura 12 Plano de planta del almacén central.

#### 4.4.3. Plano del taller de mantenimiento eléctrico

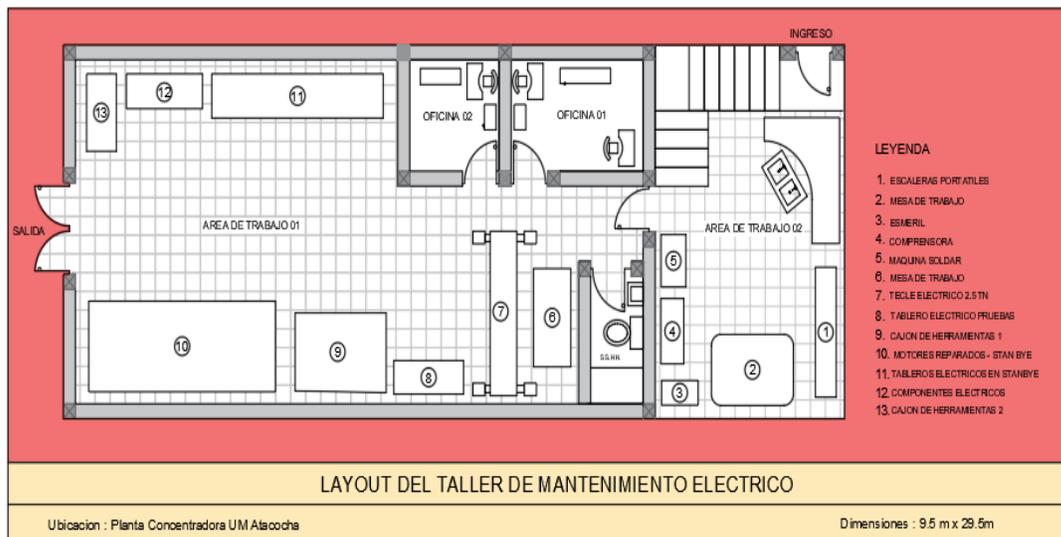


Figura 13 Plano de planta del taller de mantenimiento.

### 4.5. Resultados del diagnóstico situacional de la disponibilidad

En la empresa minera contratista se tiene data histórica de los registros de fallas que almacena el área de planeamiento y que a su vez se encuentra en la data del ERP que utiliza la compañía, es así que después de la obtención de dichos datos respecto al año 2021, se analizó

el número total de fallas en los nueve equipos del sistema, también la cantidad de tiempo de las fallas expresado en minutos. El procedimiento fue el siguiente:

Se filtra los reportes de falla y paradas de los equipos con la transacción iw28 (SAP), a un archivo Microsoft Excel para separarlos por equipo (ver Anexo A). A continuación, se calcula el tiempo disponible con los datos de operaciones donde se trabaja dos turnos de 12 horas de día y 12 horas de noche, en el cual no hay charlas, pero si una hora de refrigerio de lunes a domingo, los 30 días al mes. Para el turno de día se tiene una hora de capacitación en las mañanas, una hora para refrigerio y además 30 minutos de dialogo operativo, quedando expresado de la siguiente manera:

$$\textit{Tiempo Disponible} = 2 \text{ turno de } 12 \text{ horas} * 60 - (2 * 60 + 60 + 30)$$

$$\textit{Tiempo Disponible} = 1230 \text{ minutos}$$

Finalmente se hace el cálculo del MTFB, Mean Time Between Failures (Tiempo medio entre fallas) y el MTTR, Mean Time To Repair (Tiempo medio para reparación).

$$MTBF (\text{min}) = \frac{\textit{Tiempo disponible} - \textit{Tiempo muerto}}{n.^\circ \textit{ de fallas}}$$

$$MTBF (\text{min}) = \frac{38130 - 13140}{3}$$

$$MTBF (\text{min}) = 8330$$

A si mismo se hacen los cálculos para el indicador MTTR; como se muestra:

$$MTTR (\text{min}) = \frac{\textit{Tiempo muerto}}{n.^\circ \textit{ de fallas}}$$

$$MTTR (\text{min}) = \frac{13140}{3}$$

$$MTTR (\text{min}) = 4380$$

De esta manera se realiza el cálculo por cada mes del año y por cada equipo del sistema.

BOMBA GEHO TZPM 1200 N° 01												
70095403	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
corte	31-ene-21	28-feb-21	31-mar-21	30-abr-21	31-may-21	30-jun-21	31-jul-21	31-ago-21	30-sep-21	31-oct-21	30-nov-21	31-dic-21
tiempo disponible	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
Tiempo muerto	13140	13609	15559	18679	28246	36412	43192	45052	51940	56151	76190	86475
Nº fallas	3	4	5	7	9	11	13	14	18	21	24	27
MTBF REAL ( min)	8330	14740	18782	18242	17362	16817	16641	18043	15701	15073	13892	13379
MTBF META	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
MTTR REAL (min)	4380	3402	3112	2668	3138	3310	3322	3218	2886	2674	3175	3203
MTTR META	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
COMPROBACION	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
DISP. REAL	65.5%	81.2%	85.8%	87.2%	84.7%	83.6%	83.4%	84.9%	84.5%	84.9%	81.4%	80.7%
DISP. META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 14 Disponibilidad por mes de la bomba Geho n.º 1

BOMBA GEHO TZPM 1200 N° 02												
70095407	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
corte	31-ene-21	28-feb-21	31-mar-21	30-abr-21	31-may-21	30-jun-21	31-jul-21	31-ago-21	30-sep-21	31-oct-21	30-nov-21	31-dic-21
tiempo disponible	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
Tiempo muerto	8579	26758	27478	27478	27478	34438	37347	64886	66836	71017	71017	72787
Nº fallas	3	9	10	10	10	12	14	19	20	23	23	24
MTBF REAL ( min)	9850	5090	8199	11889	15702	15580	15870	12251	13386	13116	14721	15622
MTBF META	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
MTTR REAL (min)	2860	2973	2748	2748	2748	2870	2668	3415	3342	3088	3088	3033
MTTR META	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
COMPROBACION	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
DISP. REAL	77.5%	63.1%	74.9%	81.2%	85.1%	84.4%	85.6%	78.2%	80.0%	80.9%	82.7%	83.7%
DISP. META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 15 Disponibilidad por mes de la bomba Geho n.º 2

BOMBA DE CARGA WARMAN 8x6 N° 01 (STR)												
70095398	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
corte	31-ene-21	28-feb-21	31-mar-21	30-abr-21	31-may-21	30-jun-21	31-jul-21	31-ago-21	30-sep-21	31-oct-21	30-nov-21	31-dic-21
tiempo disponible	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
Tiempo muerto	6540	9720	13200	16215	25875	36035	41550	44100	55860	66240	71460	79890
Nº fallas	2	4	5	7	9	12	14	15	16	19	21	24
MTBF REAL ( min)	15795	15713	19254	18594	17625	15447	15570	16904	17419	16129	16101	15326
MTBF META	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
MTTR REAL (min)	3270	2430	2640	2316	2875	3003	2968	2940	3491	3486	3403	3329
MTTR META	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
COMPROBACION	19065	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
DISP. REAL	82.8%	86.6%	87.9%	88.9%	86.0%	83.7%	84.0%	85.2%	83.3%	82.2%	82.6%	82.2%
DISP. META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 16 Disponibilidad por mes de la bomba de carga n.º 1

BOMBA DE CARGA WARMAN 8x6 N° 02 (STR)												
70095400	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
corte	31-ene-21	28-feb-21	31-mar-21	30-abr-21	31-may-21	30-jun-21	31-jul-21	31-ago-21	30-sep-21	31-oct-21	30-nov-21	31-dic-21
tiempo disponible	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
Tiempo muerto	9510	15370	17650	26783	27803	34313	39938	46943	48383	51203	59927	64697
Nº fallas	3	6	7	9	12	15	17	20	22	24	27	28
MTBF REAL ( min)	9540	9533	13117	13287	13058	12472	12917	12536	13008	13395	12950	13679
MTBF META	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
MTTR REAL (min)	3170	2562	2521	2976	2317	2288	2349	2347	2199	2133	2220	2311
MTTR META	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
COMPROBACION	12710	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
DISP. REAL	75.1%	78.8%	83.9%	81.7%	84.9%	84.5%	84.6%	84.2%	85.5%	86.3%	85.4%	85.5%
DISP. META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 17 Disponibilidad por mes de la bomba de carga n.º 2

BOMBA GOULDS 3410 N° 01 (STR)												
70095430	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
corte	31-ene-21	28-feb-21	31-mar-21	30-abr-21	31-may-21	30-jun-21	31-jul-21	31-ago-21	30-sep-21	31-oct-21	30-nov-21	31-dic-21
tiempo disponible	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
Tiempo muerto	14415	22914	34744	44282	45062	45062	45062	51487	55452	57932	58687	59372
Nº fallas	6	9	13	15	17	17	17	19	21	23	25	27
MTBF REAL ( min)	3952	5517	5748	6806	8202	10373	12616	12956	13291	13685	14036	14383
MTBF META	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
MTTR REAL (min)	2403	2546	2673	2952	2651	2651	2651	2710	2641	2519	2347	2199
MTTR META	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
COMPROBACION	6355	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
DISP. REAL	62.2%	68.4%	68.3%	69.7%	75.6%	79.6%	82.6%	82.7%	83.4%	84.5%	85.7%	86.7%
DISP. META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 18 Disponibilidad por mes de la bomba Goulds n.º 1

BOMBA GOULDS 3410 N° 02 (STR)												
70095432	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
corte	31-ene-21	28-feb-21	31-mar-21	30-abr-21	31-may-21	30-jun-21	31-jul-21	31-ago-21	30-sep-21	31-oct-21	30-nov-21	31-dic-21
tiempo disponible	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
Tiempo muerto	11700	13612	13612	19349	23699	23729	27689	37199	37199	49844	59429	59909
Nº fallas	3	4	4	7	8	9	11	13	13	16	18	19
MTBF REAL ( min)	8810	14739	23964	18146	20100	21963	21076	20035	22874	20178	19453	20411
MTBF META	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
MTTR REAL (min)	3900	3403	3403	2764	2962	2637	2517	2861	2861	3115	3302	3153
MTTR META	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
COMPROBACION	12710	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
DISP. REAL	69.3%	81.2%	87.6%	86.8%	87.2%	89.3%	89.3%	87.5%	88.9%	86.6%	85.5%	86.6%
DISP. META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 19 Disponibilidad por mes de la bomba Goulds n.º 2

BOMBA HR200 N°01 (ESP-RELAVE)												
70095422	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
corte	31-ene-21	28-feb-21	31-mar-21	30-abr-21	31-may-21	30-jun-21	31-jul-21	31-ago-21	30-sep-21	31-oct-21	30-nov-21	31-dic-21
tiempo disponible	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
Tiempo muerto	8470	10450	13810	17710	23121	26721	26961	35901	41811	52253	54479	57229
Nº fallas	2	3	4	5	7	8	9	12	13	18	19	20
MTBF REAL ( min)	14830	20707	23915	25732	23054	24335	25841	21813	22519	17802	18690	19525
MTBF META	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
MTTR REAL (min)	4235	3483	3453	3542	3303	3340	2996	2992	3216	2903	2867	2861
MTTR META	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
COMPROBACION	19065	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
DISP. REAL	77.8%	85.6%	87.4%	87.9%	87.5%	87.9%	89.6%	87.9%	87.5%	86.0%	86.7%	87.2%
DISP. META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 20 Disponibilidad por mes de la bomba HR200 n.º 1

BOMBA HR200 N°02 (ESP-RELAVE)												
70095424	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
corte	31-ene-21	28-feb-21	31-mar-21	30-abr-21	31-may-21	30-jun-21	31-jul-21	31-ago-21	30-sep-21	31-oct-21	30-nov-21	31-dic-21
tiempo disponible	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
Tiempo muerto	8858	15405	25185	27345	30659	34229	38129	40889	47309	48419	54479	63279
Nº fallas	3	5	6	7	9	11	14	16	17	19	22	25
MTBF REAL ( min)	9757	11433	14048	17004	17093	17016	15814	16048	16897	17067	16141	15378
MTBF META	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
MTTR REAL (min)	2953	3081	4197	3906	3407	3112	2724	2556	2783	2548	2476	2531
MTTR META	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
COMPROBACION	12710	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
DISP. REAL	76.8%	78.8%	77.0%	81.3%	83.4%	84.5%	85.3%	86.3%	85.9%	87.0%	86.7%	85.9%
DISP. META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 21 Disponibilidad por mes de la bomba HR 200 n.º 2

ESPEADOR DE RELAVES 125'												
70141743	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE
corte	31-ene-21	28-feb-21	31-mar-21	30-abr-21	31-may-21	30-jun-21	31-jul-21	31-ago-21	30-sep-21	31-oct-21	30-nov-21	31-dic-21
tiempo disponible	38130	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
Tiempo muerto	11235	16759	33285	34784	35689	37783	38560	42970	44099	44099	54329	62369
Nº fallas	3	5	7	8	10	12	14	16	18	18	20	22
MTBF REAL ( min)	8965	11162	10884	13948	14881	15301	15784	15918	16137	18255	17763	17516
MTBF META	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
MTTR REAL (min)	3745	3352	4755	4348	3569	3149	2754	2686	2450	2450	2716	2835
MTTR META	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
COMPROBACION	12710	72570	109470	146370	184500	221400	259530	297660	334560	372690	409590	447720
DISP. REAL	70.5%	76.9%	69.6%	76.2%	80.7%	82.9%	85.1%	85.6%	86.8%	88.2%	86.7%	86.1%
DISP. META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 22 Disponibilidad por mes del espesador de relaves

Después de haber calculado el MTBF y el MTTR de cada equipo por cada mes, se procedió a realizar la sumatoria de tiempo disponible, tiempo de parada, tiempo total de producción y el número total de fallas por cada mes.

ENERO	TOTAL	JULIO	TOTAL
Tiempo Disponible	343170	Tiempo Disponible	2335770
Tiempo Parada	92447	Tiempo Parada	338428
Tiempo total produccion	250723	Tiempo total produccion	1997342
Numero total Fallas	28	Numero total Fallas	123
FEBRERO	TOTAL	AGOSTO	TOTAL
Tiempo Disponible	653130	Tiempo Disponible	2678940
Tiempo Parada	144598	Tiempo Parada	409426
Tiempo total produccion	508532	Tiempo total produccion	2269514
Numero total Fallas	43	Numero total Fallas	144
MARZO	TOTAL	SETIEMBRE	TOTAL
Tiempo Disponible	985230	Tiempo Disponible	3011040
Tiempo Parada	194523	Tiempo Parada	448888
Tiempo total produccion	790707	Tiempo total produccion	2562152
Numero total Fallas	61	Numero total Fallas	158
ABRIL	TOTAL	OCTUBRE	TOTAL
Tiempo Disponible	1317330	Tiempo Disponible	3354210
Tiempo Parada	232625	Tiempo Parada	497158
Tiempo total produccion	1084705	Tiempo total produccion	2857052
Numero total Fallas	75	Numero total Fallas	181
MAYO	TOTAL	NOVIEMBRE	TOTAL
Tiempo Disponible	1660500	Tiempo Disponible	3686310
Tiempo Parada	267633	Tiempo Parada	559996
Tiempo total produccion	1392867	Tiempo total produccion	3126314
Numero total Fallas	91	Numero total Fallas	172
JUNIO	TOTAL	DICEMBRE	TOTAL
Tiempo Disponible	1992600	Tiempo Disponible	4029480
Tiempo Parada	308721	Tiempo Parada	606006
Tiempo total produccion	1683879	Tiempo total produccion	3423474
Numero total Fallas	107	Numero total Fallas	216

Figura 23 Cuadro de resultado de tiempos disponibles por cada mes.

Luego de haber obtenido los totales por cada mes, se calculó el MTBF y el MTTR del total de los nueve equipos por cada mes, desde enero a diciembre. Se muestra el resultado en el siguiente gráfico.

INDICADOR	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MTFB REAL	8954.40	11826.34	12962.41	14462.74	15306.24	15737.18	16238.55	15760.52	16216.15	15784.82	18176.24	15849.42
MTTR REAL	3301.67	3362.73	3188.90	3101.66	2941.02	2885.25	2751.45	2843.23	2841.06	2746.73	3255.79	2805.58
Nº FALLAS	28	43	61	75	91	107	123	144	158	181	172	216
TIEMPO DISPONIBLE	343170	653130	985230	1317330	1660500	1992600	2335770	2678940	3011040	3686310	3686310	4029480
DISPONIBILIDAD REAL	73.06%	77.86%	80.26%	82.34%	83.88%	84.51%	85.51%	84.72%	85.09%	85.18%	84.81%	84.96%
DISPONIBILIDAD META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
COMPROBACION	343170	653130	985230	1317330	1660500	1992600	2335770	2678940	3011040	3354210	3686310	4029480

Figura 24 MTBF y MTTR Real, periodo 2021.

Finalmente se realizó la sumatoria global desde enero a diciembre del año 2021, los tiempos totales de producción, los tiempos totales de paradas, el número de fallas para sacar un solo MTBF y un solo MTTR y con esos datos aplicar la fórmula de la disponibilidad global del sistema transporte de relaves.

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{MTFB}}{\text{MTFB} - \text{MTTR}}$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{15687.82}{15687.82 - 2930.98}$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \mathbf{84.3 \%}$$

DESCRIPCION	TOTAL
Tiempo Total Produccion (Enero - Diciembre)	21947263
Tiempo Total Paradas (Enero - Diciembre)	4100447
Numero Total Fallas (Enero - Diciembre)	1399

INDICADOR 2021	VALOR
MTFB (Enero - Diciembre)	15687.82
MTTR (Enero - Diciembre)	2930.98

DISPONIBILIDAD TOTAL DEL SISTEMA	PORCENTUAL
<i>Disponibilidad</i>	<b>84.3%</b>

Figura 25 Disponibilidad del sistema, 84.3 % para el año 2021

Finalmente se halló que la disponibilidad del sistema es de 84.3 %. En lo que sigue nos centraremos en este valor para presentar propuestas que mejoren la reducción de fallas y el tiempo muerto en que equipo deja de trabajar. Así mismo, desde este análisis podemos mencionar que el indicador del MTBF es un tiempo que numéricamente, cuando se dirige hacia arriba, es aceptable; en tanto que el MTTR, es otro indicador de mantenimiento que, en cantidad numérica hacia abajo, es mejor y aceptable, dado que el tiempo de reparación debe ser optimizado. A continuación, se puede apreciar un gráfico de barras indicando un resumen completo de la disponibilidad de los equipos por meses, dado que este indicador para su interpretación es acumulativo y uno de los objetivos en este estudio es proponer mejorar la gestión de mantenimiento para llegar a una disponibilidad del 90 %.

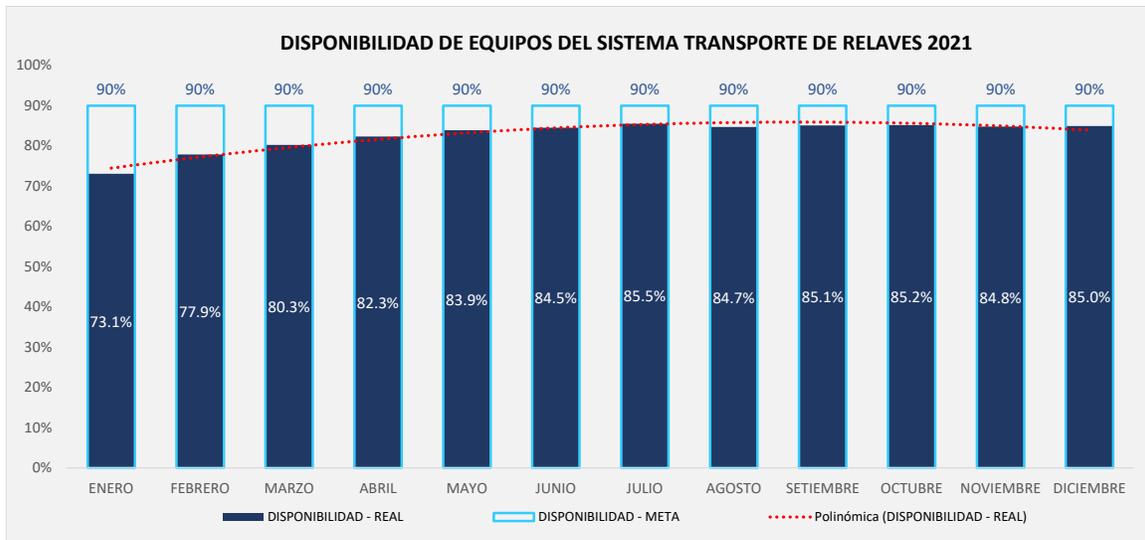


Figura 26 Cuadro de disponibilidad general del sistema transporte de relaves

#### 4.6. Resultado del procesamiento y análisis de datos

##### 4.6.1. Análisis de fallas por el método de Pareto

El método fue creado por el italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), el diagrama es una herramienta de control de calidad basada en el principio de Pareto, también conocida como la ley 80/20. Este principio recurrente en el ámbito de la administración, afirma que el 80 % de las consecuencias vienen del 20 % de las causas. La presente propuesta de mejora se enfocó en la acumulación de fallas de los diferentes equipos del sistema transporte de relaves y se aplicó el método para poder determinar el enfoque centrado en ciertas causas tomadas como fallas en el proceso de trabajo, y así poder trabajar en las propuestas de solución de manera clara.

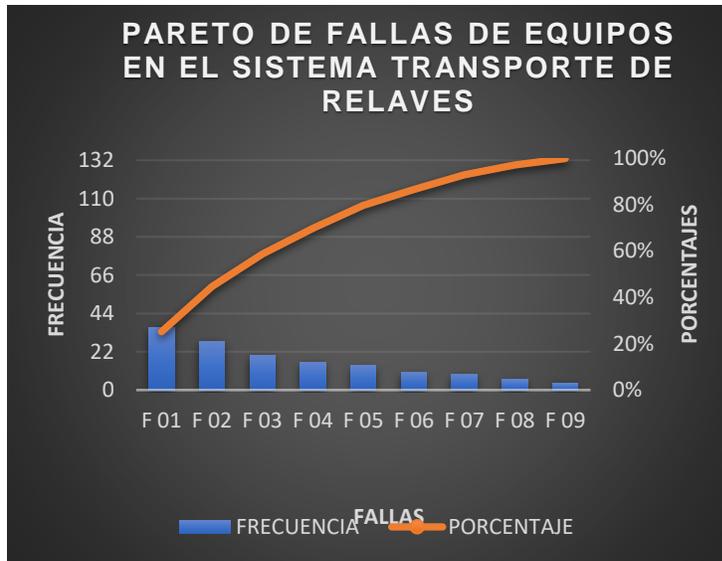


Figura 27 Análisis por Pareto de las fallas reportadas por impacto

**Tabla 4. de Fallas Recurrentes en el Sistema Transporte de Relaves**

TIPO	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
F01	Falla en motores	36	25	36	25
F02	Falla en Válvulas	28	20	64	45
F03	Falla en rodamientos	20	14	84	59
F04	Falla componentes eléctricos	16	11	100	70
F05	Falla por control de carga	14	10	114	80
F06	Falla por variación de temperatura	10	7	124	87
F07	Falla control instrumentación	9	6	133	93
F08	Falla limpieza components	6	4	139	97
F09	Falla por roturas componentes	4	3	143	100
		143	100		

*Nota:* Tabla de frecuencia basada en el diagrama de Pareto, las Fallas 01,02,03, 04 y 05 son el 80 % de fallas en total que generan baja disponibilidad del sistema.

En este estudio se pretende abordar el 80 % de los problemas de paradas intempestivas y fallas recurrentes, así que se trazó una línea horizontal teniendo como eje el nivel del 80 % y cruzó con la intersección de la línea inclinada de color rojo, para poder trazar una línea vertical

que llegue hasta el eje x, donde se encuentran enumerados los tipos de falla. Es de la falla número 05, al lado izquierdo que se tiene 5 fallas que representan el 55.5 % de causas como aquellas a donde se debe enfocar la propuesta de mejora para superar el 80 % de los problemas de la gestión de mantenimiento.

#### **4.6.2. Criticidad en los equipos del sistema transporte de relaves**

De acuerdo a la teoría del análisis de criticidad, existen 03 métodos para poder determinar el árbol de equipo críticos.

- Análisis de criticidad: METODO CUALITATIVO
- Análisis de criticidad: METODO SEMICUANTITATIVO
  - Matriz de criticidad total por riesgo
  - Matriz de criticidad por riesgo
- Análisis de criticidad: METODO CUANTITATIVO

En el presente estudio, se utilizó el método «Semicuantitativo» del tipo criticidad total por riesgo, ya que se ajusta a la realidad de la investigación.

#### **4.6.3. Procesamiento para evaluar la criticidad de los equipos**

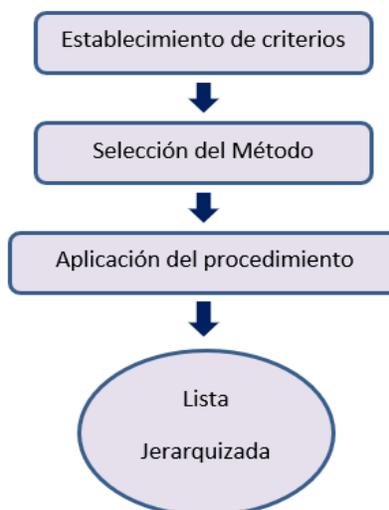


Figura 28 Jerarquía de pasos para la criticidad

#### 4.6.4. Criticidad total por riesgo

$$CTR = FF \times C$$

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

«C» los valores se reemplazan en la primera ecuación, quedando la siguiente expresión:

$$CTR = FF \times [(IO \times FO) + CM + SHA]$$

Donde:

*CTR*: Criticidad total por riesgo

*FF*: Frecuencia de fallos, determinados (fallos /año)

*IO*: Factor de impacto a la producción

*FO*: Factor de flexibilidad operacional

*CM*: Factor de Costes de mantenimiento

*SHA*: Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

**Tabla 5. Factor de frecuencia de fallos**

ITEM	FACTOR DE FRECUENCIAS DE FALLOS (FF)
4	Frecuente: mayor a 20 fallos al año
3	Promedio: 10 a 20 fallos al año
2	Bueno: 5 a 10 fallos al año
1	Excelente: menos de 5 fallos al año

*Nota:* Tabla tomada de la guía para realizar un análisis de criticidad de equipos, SEDISA 2018

Se debe señalar que, para obtener el factor de frecuencias de fallos que se ajusta a la realidad del sistema transporte de relaves, se tomó el equipo referente con más fallas en un año y de la misma manera el equipo con menor número de fallas en un año y se restó entre ambos para luego dividir entre 4 y escalar de acuerdo a la tabla.

**Tabla 6. Impacto operacional en la producción**

<b>ITEM</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL (IO)</b>
10	Perdida de producción superior al 75 %
7	Perdida de producción entre el 50 y 74 %
5	Perdida de producción entre el 25 y 49 %
3	Perdida de producción entre el 10 y 24 %
1	Perdida de producción menor al 10 %

*Nota:* Valores porcentuales con referencia en la producción de planta, guía para el análisis de criticidad, SEDISA, 2018

El impacto operacional hace referencia a qué porcentaje del 100 por ciento de los equipos o procesos de la industria afectaría si el equipo a analizar llegara a parar. Muchas veces hay equipos que si fallan no tienen ningún impacto sobre el resto de equipos, así como muchas veces hay equipos que, si paran la producción o el funcionamiento normal, llegan a detener varios procesos y hasta toda la planta industrial.

**Tabla 7. Flexibilidad operacional**

<b>ÍTEM</b>	<b>IMPACTO POR FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)</b>
4	No se cuenta con unidades muy grandes de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística.
2	Se cuenta con unidades de reserva intermedias que logren cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios.
1	Se cuenta con unidades pequeñas de reserva en línea, tiempo de reparación y logística.

*Nota:* Dentro del rango del 1 al 4 se aprecia la disposición de unidades para cubrir la producción. SEDISA, 2018.

El enfoque de esta metodología es que si tenemos sistemas en paralelo, siempre se tiene que ver qué tan crítica es la maquinaria que se encuentra en reposo, si es que tiene todos los requisitos de arranque, así como también repuestos en caso que se presentara una falla intempestiva para suplir el funcionamiento del equipo en primera línea.

**Tabla 8. Impacto en el coste de mantenimiento**

ÍTEM	IMPACTO DE COSTES DE MANTENIMIENTO (CM)
4	Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 60.000 dólares
2	Costos de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 60.000 dólares

*Nota:* Los costos de un proceso integrado con maquinaria pesada promedian costos mayores a 60.000 dólares. SEDISA, 2018.

Para varias empresas, el tema de costos cargados al área de mantenimiento, ya sea de forma mensual, semestral o anual, tiene un impacto determinado. En el caso específico del área del sistema transporte de relaves, se considera que la reparación, materiales y mano de obra asciende a 60.000 dólares mensuales.

**Tabla 9. Impacto Medio Ambiental y de Seguridad**

ÍTEM	IMPACTO EN SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE (SHA)
8	Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceda los límites permitidos
6	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración
3	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afectación a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.
1	No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afectación a la salud, ni daños ambientales

*Nota:* El factor ambiental y el de seguridad son claves para un proceso sin trabas ni complicaciones, ante el riesgo personal de cada integrante de la compañía. SEDISA, 2018.

Uno de los factores también importante es el impacto que puede tener un activo en algún proceso de la planta. En el área de seguridad, higiene y ambiente es necesario ponderar la escala de análisis realizando comparativa y análisis de qué podría suceder con el equipo fallara. En el sistema transporte de relaves como se evacua relave hacia una presa, la bomba de desplazamiento positivo cumple una función trascendental, ya que si la bomba no estuviera operativa, no habría cómo evacuar el relave que las operaciones generan como parte de su proceso productivo.

En la siguiente tabla se analiza todos los equipos del sistema de transporte de relaves con cada uno de los factores y su propio impacto para determinar el nivel de criticidad.

**Tabla 10. Evaluación de criticidad de los equipos del sistema**

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	SHA	TOTAL	CRITICIDAD
BBA GEHOS	4	7	4	2	8	152	PREDICTIVO
BBA GOULDS	4	5	2	1	6	68	PREVENTIVO
BBA CARGA	4	5	2	1	8	76	PREDICTIVO
ESPESADOR RELAVES	3	10	4	1	8	147	PREDICTIVO
BBA HR 200	4	3	2	1	3	40	PREVENTIVO

Nota. La bomba Geho, la bomba de carga y el espesador de relaves, son equipos críticos que de acuerdo a la evaluación tienen altos puntajes de criticidad.

Realizando un cálculo en el equipo de la bomba Geho:

$$CTR = 4 \times [(7 \times 4) + 2 + 8]$$

$$CTR = 152$$

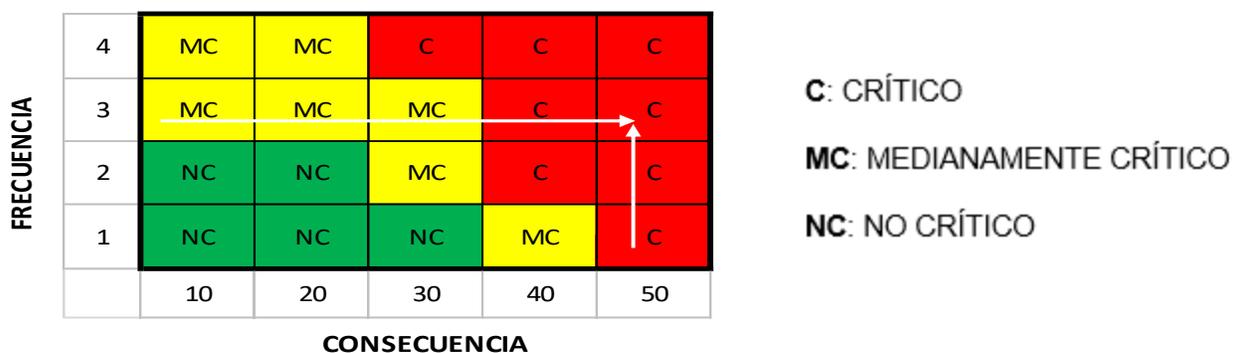


Figura 29 Tabla de análisis de criticidad. (Camejo, 2016)

Después de hacer el análisis de criticidad de los equipos del sistema de transporte de relaves, se encontró tres equipos críticos, cinco equipos medianamente críticos y un equipo no crítico, por ello, se eligió la estrategia de mantenimiento según el grado de criticidad encontrado. Para los equipos con resultado de criticidad tipo «C» se recomienda mantenimiento predictivo. Para aquellos equipos con grado de criticidad medianamente crítico (MC) se define un mantenimiento programado preventivo y finalmente a los equipos no críticos (NC) se aplicará el mantenimiento correctivo.

**Tabla 11. Equipos críticos con mantenimiento predictivo**

ÍTEM	EQUIPOS	CRITICIDAD	MATRIZ	ESTRATEGIA
1	BOMBA DESPLAZAMIENTO	152	C	PREDICTIVO
2	ESPESADOR DE RELAVES	147	C	PREDICTIVO

*Nota:* Después del análisis en los criterios de criticidad, el valor más alto de 152 corresponde a la bomba de desplazamiento positivo Geho. La estrategia sugerida es predictiva.

**Tabla 12. Equipos críticos con mantenimiento preventivo**

ÍTEM	EQUIPOS	CRITICIDAD	MATRIZ	ESTRATEGIA
1	BOMBAS DE	76	MC	PREDICTIVO
2	BOMBAS	68	MC	PREVENTIVO
3	BOMBA HR 200	40	MC	PREVENTIVO

*Nota:* Después del análisis de los criterios de criticidad, se considera para la bomba de Goulds con 68, el mantenimiento preventivo.

## **4.7. Resultados del diseño de propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento**

### **4.7.1 Propuesta del plan de mantenimiento (PM)**

Para poder elaborar el plan de mantenimiento anual nos tuvimos que guiar de los manuales técnicos, así como también en la experiencia y recomendación de los operadores que puedan guiarnos a través de las inspecciones sensoriales de posibles alertas de fallas.

El plan anual de mantenimiento está elaborado considerando el funcionamiento por horas de los equipos críticos como son las bombas Geho, cuya actividad, después de 350 horas de trabajo, debe alternarse. Así mismo las actividades están proyectadas en periodo anual, comenzando desde el mes de enero a diciembre, las actividades son de inspecciones preventivas, mantenimientos preventivos, predictivos, lubricación de equipos, como se detalla en la siguiente figura.



MPV	Mantenimiento Preventivo	D: Detenido
PD	Mantenimiento Predictivo	T : Trabajo
LUB	Lubricacion	T : Trabajo
IR	Reistencia de aislamiento	D: Detenido
INSP	Inspeccion	T : Trabajo

Figura 31 Leyenda de las actividades de mantenimiento

Así mismo se debe detallar que cada estrategia de mantenimiento tiene actividades precisas y únicas cuando se realizan, como las que se detallan a continuación:

**Tabla 13. Descripción de las actividades del programa de mantenimiento**

ÍTEM	TIPO	ACTIVIDAD	EQUIPOS
MPV	Mantto preventivo	Reajuste, limpieza, cambio de	manual
PD	Mantto predictivo	Toma y análisis de parámetros	vibro metro
LUB	Lubricación	Re - engrase de rodamientos	lubricación
IR	Medición aislamiento	Medición de aislamiento de bobinas	mego metro
INSP	Inspección preventiva	Inspeccionar, evaluar, diagnosticar y	sensorial

Nota. Las actividades de inspección preventiva y predictiva contemplan la parte sensorial y los dispositivos online, más las actividades de mantenimiento preventivo son actividades de intervención con equipo parado.

#### **4.7.2. Lubricación en motores eléctricos**

El plan de lubricación es otra de las propuestas de mejora que se describe integrar al presente estudio, dado que una de las fallas más frecuentes es el desgaste de los rodamientos en los motores eléctricos. Según el análisis de fallas por Pareto, es considerada como F 03.

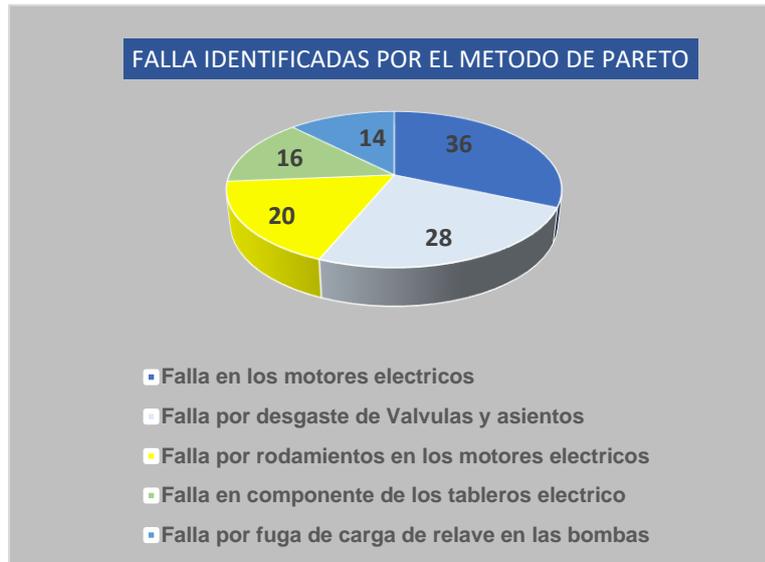


Figura 32 Cuadro de identificación de falla en los motores eléctricos del sistema transporte de relaves

Del gráfico anterior, se puede apreciar que 20 fallas son por rodamientos en motores eléctricos, esto nos lleva a plantear la propuesta de una frecuencia de lubricación en base a horas de trabajo de los rodajes bajo la norma DIN 51825, Parte 2.

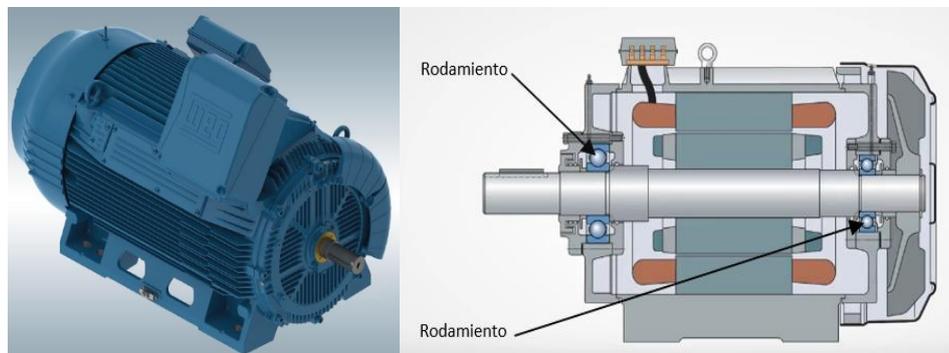


Figura 33 Motor eléctrico de jaula de ardilla con vista de proyección y vista de corte transversal.

(Installation and Maintenance Manual, Three – Phase Induction Motor, febrero 2008), identificación de los puntos donde se aloja los rodamientos

**4.7.2.1. Componentes de motor de inducción jaula de ardilla.** Un motor eléctrico con jaula de ardilla tiene dos partes: el rotor, que es la parte central de giro en su propio eje normalmente constituido de varias láminas de entrehierro y la otra parte es el estator, que es la recubierta y el armazón del motor, formada por ranuras en su interior, espacio donde van alojadas las bobinas ( alambres de cobre) que forman un grupo de conexión entre sí con el

propósito de recibir la fuente de energía que producirá el campo magnético en el cual gira el estator.

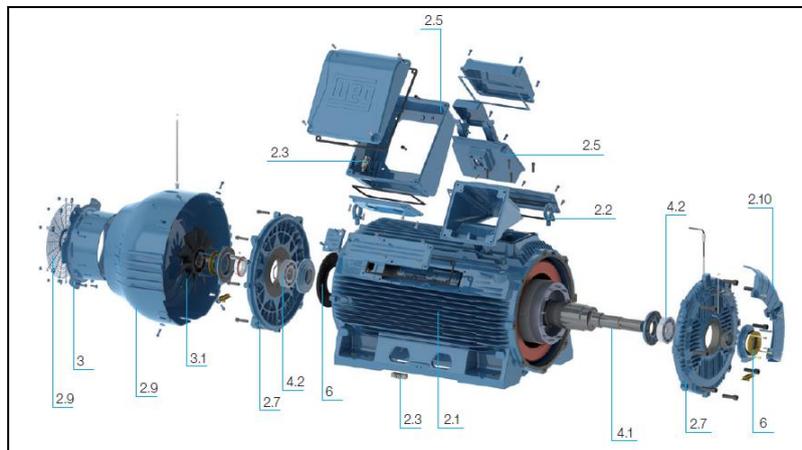


Figura 34 Descripción de componentes. (Phase Induction Motor, febrero 2008)

2.10	Deflector de aire	6	Disco de equilibrio
6	Sellado	4.2	Rodamientos
2.7	Tapa delantera	2.7	Tapa trasera
4.1	Eje	2.3	Puesta a tierra caja
2.2	Cancamo de izamiento	3.1	ventilador
2.5	Caja de conexión	2.9	Tapa deflectora
2.1	Carcasa	3	Deflector
2.3	Puesta a tierra de carcasa	2.9	rejilla
2.5	Caja de conexión principal		

Figura 35 Lista de nombres de componentes del motor eléctrico

**4.7.2.2. Placa característica.** El dato que usaremos de la placa de característica será el número de rodamiento en el lado de acople y lado libre.

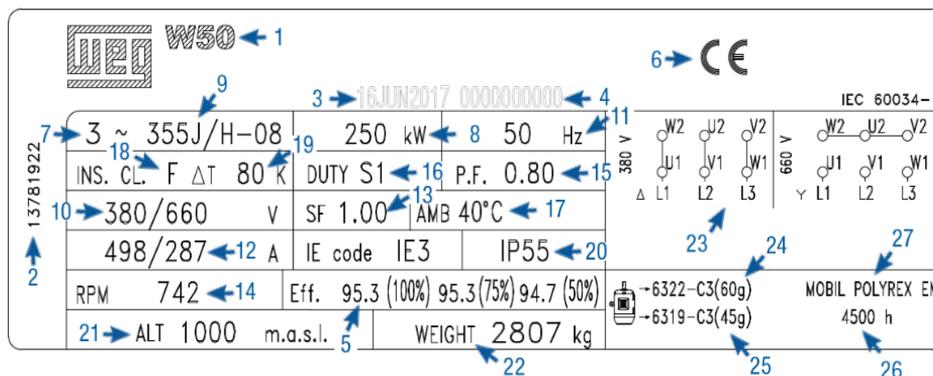


Figura 36 Placa característica en un motor eléctrico jaula de ardilla

1	Línea de motor	15	Factor de potencia
2	Código de motor	16	Factor de servicio
3	Fecha de fabricación	17	Temperatura ambiente
4	Número de serie	18	Clase de aislamiento
5	Eficiencia	19	Elevación de temperatura
6	Certificaciones	20	Grado de protección
7	Número de fases	21	Altitud
8	Potencia	22	Masa
9	Modelo de carcasa	23	Esquema de conexión
10	Tensión nominal	24	Rodamiento delantero y cantidad Grasa
11	Frecuencia	25	Rodamiento trasero y cantidad Grasa
12	Corriente nominal	26	Tiempo de re-lubricación
13	Factor de servicio	27	Tipo de grasa
14	rotación		

Figura 37 Lista descriptiva de los datos que contienen la placa característica

**4.7.2.3. Rodamientos.** Los rodamientos son piezas mecánicas constituidas por dos anillos, uno interior y otro exterior, elementos esféricos de rodaje y una canastilla que los almacena. La función primordial del rodamiento es minimizar la fricción que se produce entre el eje y los componentes que están conectados a él. Normalmente los rodamientos de bolas soportan cargas axiales a altas velocidades.

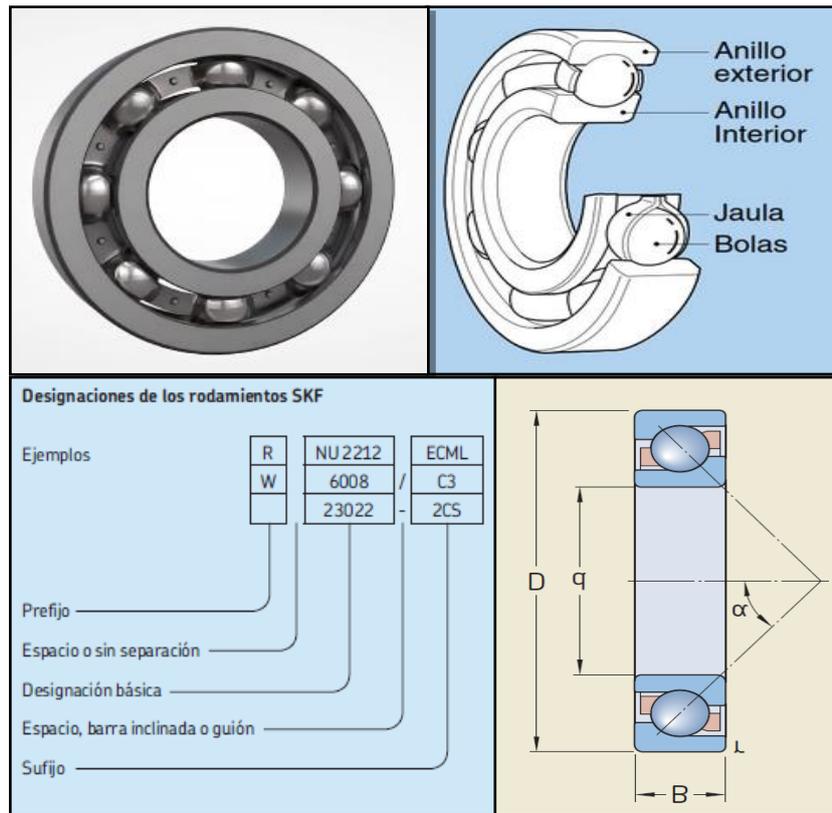


Figura 38 Nomenclatura en rodamiento SKF PUB BU/P110000/2 ES

**4.7.2.4. Cálculo de frecuencia de re- engrase.** Para poder mostrar su desarrollo, nos basaremos en el ejemplo de uno de los equipos críticos del sistema, para esta ocasión trabajaremos con la bomba Geho, cuya placa es característica.

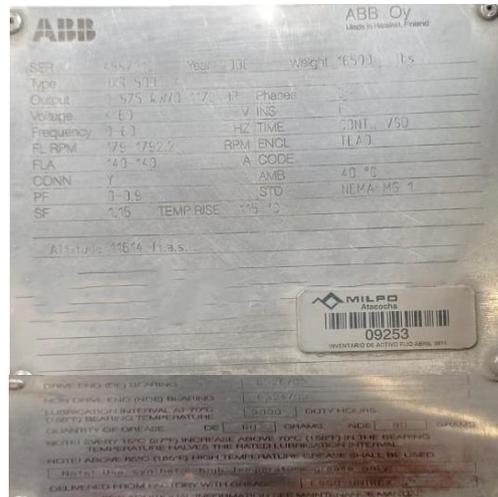


Figura 39 Placa característica de motor eléctrico, bomba Geho. Tomado del sistema transporte de relaves

**Tabla 14. Datos Técnicos de Rodamiento**

DATOS RODAMIENTO	Rodamiento	Cantidad Grasa según placa*	diámetro interno(mm)	Diámetro externo(mm)	Espesor (mm) B
LADO ACOPLE	6326 -C3	80 g	130	280	58
LADO LIBRE	6324 -C3	80 g	120	260	55

*Nota:* Para el cálculo de la cantidad de grasa se requiere de manera exclusiva el diámetro mayor y el espesor del rodaje. Norma DIN 51825, Parte 2

$$CANTIDAD\ GRASA = D \times B \times 0.005$$

Donde:

*D:* Diámetro externo del rodamiento

*B:* Espesor del rodamiento

*0.005:* Factor de multiplicación

Para el rodamiento lado acople: 6326, requiere la siguiente cantidad de grasa

$$CANTIDAD\ GRASA = 138 \times 58 \times 0.005$$

$$CANTIDAD\ GRASA = 81.2\ gramos$$

Tiempo de Re- lubricación en horas (h)

$$T = K \left[ \left( \frac{14000000}{n\sqrt{d}} \right) - 4d \right]$$

Donde:

T: Frecuencia (horas)

K: Producto de todos los factores de corrección: Ft x Fc x Fh x Fv x Fp x Fd

n: velocidad (RPM)

d: diámetro interno del rodamiento (mm)

Factor	Condición	Rango de operación promedio	Factor de corrección
Ft	Temperatura en la carcasa	< 65 °C	1.0
		65 a 80 °C	0.5
		80 a 93 °C	0.2
		> 93 °C	0.1
Fc	Contaminación sólida	Ligera, polvo no abrasivo	1.0
		Severa, polvo no abrasivo	0.7
		Ligera, polvo abrasivo	0.4
		Severa, polvo abrasivo	0.2
Fh	Humedad	Humedad inferior a 80%	1.0
		Entre 80% y 90%	0.7
		Condensación ocasional	0.4
		Agua ocasional en carcasa	0.1
Fv	Vibración	Velocidad pico < 0.2 ips*	1.0
		0.2 a 0.4 ips	0.6
		> 0.4 ips	0.3
Fp	Posición del eje	Horizontal	1.0
		45 grados	0.5
		Vertical	0.3
Fd	Diseño del rodamiento	Rodamiento de bolas	10
		Rodillos cilíndricos/agujas	5
		Rodillos cónicos/esféricos	1

Figura 40 Factor de corrección en el cálculo de re- engrase de rodamientos. Noria Corporación, 1997

Ft	FACTOR DE TEMPERATURA	1
Fc	CONTAMINACION SOLIDA	1
Fh	FACTOR HUMEDAD	1
Fv	VIBRACION	1
Fp	POSICION DE EJE	1
FACTOR DE CORRECCION "K" = 1		

Figura 41 Valores de corrección del sistema transporte de relaves.

En el área del proceso de relaves se tiene una temperatura ambiente de 16 °C siendo considerada menor que 65 °C, por lo cual, el factor es 1. La contaminación es polvo ligero no abrasivo, a diferencia del área de chancado, donde la polución excede los valores propios del proceso de zarandas y chancadoras en sus diferentes etapas, por lo cual, para nuestro caso será 1, para el caso del factor *humedad* es inferior al 80 %, y con respecto a la vibración se tuvo que tomar un vibrometro con el equipo en funcionamiento y se obtuvo 0.9mm/segundo. Se obtuvo un factor de 1, finalmente la posición del eje es de forma horizontal.

Sustituyendo en la primera ecuación del cálculo del tiempo de re - lubricación, se tiene:

$$T = K \left[ \left( \frac{14000000}{n\sqrt{d}} \right) - 4d \right]$$

$$T = 10 \left[ \left( \frac{14000000}{1792\sqrt{130}} \right) - 4(130) \right]$$

$$T = 1652.01 \text{ horas}$$

TIPO DE RODAMIENTO		RODAMIENTO RADIALES DE BOLAS
FORMULA BASE DE CALCULO: $T = \left[ \frac{14000000}{(RPM \cdot d)} - 4 \cdot d \right]$		
diámetro interior (d), en mm	130	
RPM	1792	
Re-lubricar en estas horas de operación		<b>1652</b>

Figura 42 Fórmula, según norma DIN 51825, Parte 2

Con lo cual se concluye que las 1652 horas equivalen a 69 días (2 meses con 7 días) y que dentro de ese periodo se tendrá que lubricar el rodamiento 6326 C3, y la grasa que recomienda el fabricante es de uso estándar para motores de Móvil Polyrex de Polyurea EM, cuya temperatura ambiente de operación es de: -30 °C a 50 °C.

**4.7.2.5. Características de la grasa Polyrex.** La grasa Polyrex está recomendada para la lubricación de rodamientos de bolas y de rodillos cilíndricos en motores eléctricos con temperatura de trabajo normal.

**Tabla 15. Propiedades y características del lubricante Polyrex EM**

PROPIEDADES	VENTAJAS Y BENEFICIOS POTENCIALES
Excepcional vida útil de grasa	Excepcional lubricación de larga duración a altas temperaturas de rodamientos de bolas y de rodillo en aplicaciones de por vida.
Espesamiento avanzado de polyurea	Mayor durabilidad en comparación con las grasas convencionales de polyurea cuando están sujetadas a fuerzas mecánicas de esfuerzo cortante.
Excelente resistencia a la corrosión	La grasa Móvil Polyrex proporciona protección contra la herrumbre y la corrosión. La grasa brinda protección adicional bajo condiciones moderadas de lavado de agua salada.
Propiedades de ruido bajo	La grasa Móvil Polyrex EM es apropiada para la lubricación de rodamientos en muchas aplicaciones sensibles al ruido.

*Nota:* Las especificaciones son tomadas para sugerencia en la clase Polyrex EM, para rodajes de los motores eléctricos de planta concentradora en función al fabricante de cada marca.

**4.7.2.6. Equipo engrasador automático de lubricación.** Como equipo de lubricación se propondrá un dispositivo manual fácil de transportar y fácil de usar para las actividades de campo, el estudio sugiere una pistola engrasadora con batería modelo TLG20, con las siguientes características:

- El medidor de grasa integrado monitorea la grasa suministrada
- La pantalla de carga de la batería de litio indica el nivel de carga
- Contiene soporte de 3 puntos en posición vertical
- La luz led ilumina la zona de trabajo para ayudar a colocar los *fitting* de engrase
- El *fitting* de llenado ayuda a llenar la pistola de manera limpia
- La válvula de ventilación elimina el aire
- Los muelles protectores conservan la vida útil de la manguera flexible y no se forman pliegues.



Figura 43 Partes de la pistola de lubricación SKF

**4.7.2.7. Plan de lubricación de motores.** Se presenta el siguiente cuadro de un plan de lubricación orientado a prevenir la falla en los rodamientos de los equipos.

PLAN DE LUBRICACION DE EQUIPOS DE SISTEMA TRANSPORTE DE RELAVES 2021						
AREA : MANTENIMIENTO ELECTRICO PLANTA						
AREA	EQUIPO	HP	RPM	FREC.(dias)	CANT. GRASA (gr) ACOPLE LIBRE	
STR	BOMBA DE CARGA 1	125	1780	128	45.00	33.00
STR	BOMBA DE CARGA 2	125	1780	128	45.00	33.00
STR	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO 1 (GEHO)	1173	1792	69	81.00	71.00
STR	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO 2 (GEHO)	1173	1792	69	81.00	71.00
STR	BOMBA GOULDS 1	400	1788	13	60.00	40.00
STR	BOMBA GOULDS 2	400	1788	13	60.00	40.00
STR	BOMBAS HR 200 1	30	1765	97	33.00	26.00
STR	BOMBAS HR 200 2	30	1765	97	33.00	26.00
STR	MOTOR HIDRA. ESPESADOR DE RELAVES 125"	10	1770	57	10.00	10.00

Figura 44 Plan de lubricación de motores eléctricos

### 4.7.3. Propuesta del plan de mantenimiento predictivo

El objetivo de esta propuesta es mitigar las fallas en los diferentes equipos del sistema transporte de relaves que se ha mostrado en la teoría que presentada en el capítulo II, donde se explica los conceptos básicos del mantenimiento predictivo y su finalidad que es poder anticiparnos a las fallas bajo las técnicas empleadas en termografía, vibración y toma constante de los parámetros eléctricos como son voltaje, corriente eléctrica y corriente de falla a tierra, para lo cual se propone una ruta de mantenimiento predictivo. Sumado a esto, nuestro análisis de criticidad fortalecerá el enfoque de esta estrategia de mantenimiento. Según el resultado, incluiremos la ruta de inspección predictiva, los equipos críticos (C) y moderadamente críticos (MC).

EQUIPOS	CRITICIDAD	ESTRATEGIA
BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO GEHO	C	PREDICTIVO
ESPEADOR DE RELAVES	C	PREDICTIVO
BOMBAS DE CARGA	MC	PREDICTIVO
BOMBASGOULDS	MC	PREDICTIVO
BOMBAS HR 200	MC	PREDICTIVO

Figura 45 Cuadro de equipos críticos del sistema transporte de relaves

#### 4.7.4. Propuesta de mantenimiento autónomo (tarjetas)

El objetivo de esta estrategia es señalar defectos menores que involucren la operación y mantenimiento como parte de una inspección rutinaria, los operadores están de manera permanente en las áreas de trabajo, por lo cual observan anomalías, ruidos, falta de algún componente en sus equipos y esto debe ser reportado haciendo uso de tarjetas como parte del mantenimiento autónomo.

<div style="font-size: 24px; margin-bottom: 5px;">○</div> <b>OPERACIÓN</b>	¿Qué condiciones o defectos se debe reportar?	¿Quién puede ejecutar su levantamiento?																
ORIGINAL	<p><b>Defectos menores que no necesitan de conocimientos específicos y que pueden ser reparados por los operadores de las áreas de planta, si se tiene el conocimiento y la herramienta se resuelve en el momento. Ejemplos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Falta de tornillos</b></li> <li><b>Apriete de tuercas</b></li> <li><b>Quitar equipos sin uso</b></li> </ul>	<p><b>Las tarjetas TPM OPERACIÓN ( Celestes) se colocan en cualquier defecto y / o condicion que tu como operador, puedas resolverlos.</b></p>																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #00AEEF; color: white; text-align: center;">TARJETAS DE INSPECCION TPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: 8px;">Folio</td> <td style="font-size: 8px;">Fecha de tarjeteo</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">00000</td> <td style="font-size: 8px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: 8px;">persona que encontro la falla/defecto</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: 8px;">Descripción de falla/ defecto:</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: 8px;">Acción correctiva/Contra medida</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: 8px;">Persona que efectuó la acción correctiva</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: 8px;">Fecha de acción correctiva:</td> </tr> </tbody> </table>	TARJETAS DE INSPECCION TPM		Folio	Fecha de tarjeteo	00000		persona que encontro la falla/defecto		Descripción de falla/ defecto:		Acción correctiva/Contra medida		Persona que efectuó la acción correctiva		Fecha de acción correctiva:			
TARJETAS DE INSPECCION TPM																		
Folio	Fecha de tarjeteo																	
00000																		
persona que encontro la falla/defecto																		
Descripción de falla/ defecto:																		
Acción correctiva/Contra medida																		
Persona que efectuó la acción correctiva																		
Fecha de acción correctiva:																		

Figura 46 Tarjeta de operación de color celeste

<b>MANTENIMIENTO</b>	
<b>TARJETAS DE INSPECCION TPM</b>	
Folio 00000	Fecha de tarjeteo
persona que encontro la falla/defecto	
Descripción de falla/ defecto:	
Acción correctiva/Contra medida	
Persona que efectuó la acción correctiva	
Fecha de acción correctiva:	
<b>ORIGINAL</b>	

¿Qué condiciones o defectos se debe reportar?	¿Quién puede ejecutar su levantamiento?
<b>Defectos que requieran de un grado de conocimiento mas específico, requieren de la participación del especialista en las diferentes disciplinas: electrica, mecanica e instrumental</b> <b>Ejemplos:</b> <b>Cambiar partes dañadas</b> <b>Fuga en algun equipo</b> <b>Equipo desengrasado</b>	<b>Las tarjetas TPM MANTENIMIENTO ( Rojo) se colocan en cualquier defecto y / o condicion que tu como mantenedor, puedas resolverlos.</b>

Figura 47 Tarjeta de mantenimiento de color rojo

<b>SEGURIDAD</b>	
<b>TARJETAS DE INSPECCION TPM</b>	
Folio 00000	Fecha de tarjeteo
persona que encontro la falla/defecto	
Descripción de falla/ defecto:	
Acción correctiva/Contra medida	
Persona que efectuó la acción correctiva	
Fecha de acción correctiva:	
<b>ORIGINAL</b>	

¿Qué condiciones o defectos se debe reportar?	¿Quién puede ejecutar su levantamiento?
<b>Defectos o condiciones inseguras sub estandares que ponen en riesgos nuestra salud y las de nuestros colaboradores</b> <b>Ejemplos:</b> <b>Falta de guardas en piezas móviles</b> <b>Cables expuestos</b> <b>Rejillas faltantes</b> <b>tableros sin seguros</b> <b>Accesos sin delimitaciones</b>	<b>Las tarjetas TPM SEGURIDAD ( Amarillo) se colocan en cualquier defecto y / o condicion que el area de seguridad con su equipo en coordinacion con las demás áreas, puedan resolverlos.</b>

Figura 48 Tarjeta de color amarillo

#### 4.7.5. Propuesta para la información de activos con código QR

Mi propuesta responde a la siguiente pregunta: ¿Estamos optimizando nuestros procesos y/o procedimientos de gestión de los activos a la luz de los últimos desarrollos en la tecnología e innovación?

Esta propuesta garantiza que todas las áreas tengan, de primera mano, la información en el lugar y tiempo requerido, es decir, que el mismo activo sea fuente de información de los datos característicos de los motores eléctricos en este caso. Ya que muchas veces los lugares y las instalaciones de los equipos son distantes, poco accesibles y por el uso y desgaste del mismo activo, las placas características de los equipos ya están desgastadas. Con el uso de

los códigos QR para la gestión de activos se organiza la información de los activos, ya que si no lo tenemos de manera inmediata se debe esperar y eso demanda tiempo y costo.

**4.7.5.1. Códigos QR.** Estos códigos son de uso estándar abierto y su decodificación puede realizarse con cualquier teléfono móvil con cámara, sin importar la calidad de esta. Además, como indica su nombre, presentan una gran velocidad de respuesta. A partir del 2003, en Japón comenzaron a emplearse con etiquetas en las que las personas podían leer con sus dispositivos móviles información relacionada con productos, servicios y eventos, cifrando los contenidos en direcciones URL, mensajes de textos, etc. Estos códigos son una evaluación de los códigos de barras, los cuales se han usado para la gestión de los inventarios de productos y activos en todo el mundo.

**4.7.5.2. Procesos de código QR.** En la siguiente figura se muestran los pasos generales que se deben de ejecutar para llegar al objetivo.

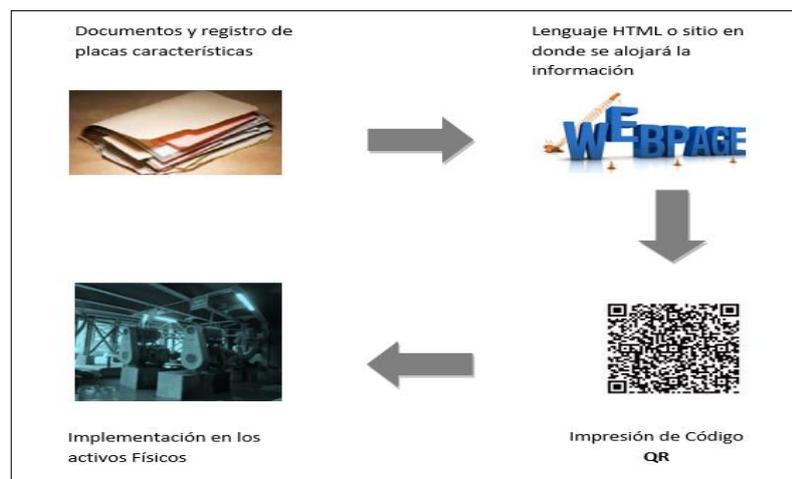


Figura 49 Flujo de código QR

se muestra en el siguiente cuadro los enlaces, páginas y pasos más detallados de cómo ir generando el código QR desde la base de datos. La página que enlaza la información lleva el nombre de QR Code Generator donde se pueden encontrar diversos fines a los cuales se les puede generar los códigos QR.

Pasos	Acción	Software. web	Descripción
N°1	Filtrar	Base de datos EXCEL	Motores eléctricos según MTR
N°2	Revisar por equipo	Separarlo en PDF	Equipo con más detalles técnicos propios del activo
N°3	Almacenarlos	ONEDRIVE	Carpetas por áreas de la planta y crear vínculo (link) <a href="https://principal365-my.sharepoint.com/:b/g/personal/pgomez_confipetrol_pe/EWWIQDNyVN-NHn3xLuOcul-gBSvH7G0pmknwXE4uH81aA7g?e=PMTuA4">https://principal365-my.sharepoint.com/:b/g/personal/pgomez_confipetrol_pe/EWWIQDNyVN-NHn3xLuOcul-gBSvH7G0pmknwXE4uH81aA7g?e=PMTuA4</a>
N°4	insertar el link	<a href="https://www.qrcode-monkey.com/es/#">https://www.qrcode-monkey.com/es/#</a>	Generar el código QR e Imprimirlos y pegar en los equipos del sistema transporte de relaves

Figura 50 Pasos para integrar códigos QR



Figura 51 Uso de códigos QR en equipos por celular

#### 4.7.6. Documentación para la gestión de mantenimiento

**4.7.6.1 Formato de inspección preventiva.** Es un formato en el cual se describe las actividades sensoriales del técnico especialista en función del diagnóstico del equipo, por lo cual este formato contiene varios ítemes solicitantes que deben ser rellenados por el técnico y la condición de intervención es que el equipo esté en funcionamiento. (Ver Anexo D).

**4.7.6.2. Formato de mantenimiento preventivo.** Aquí se propone rellenar todas las actividades de limpieza, ajuste, revisión y diagnóstico minucioso con el equipo detenido de inicio a fin, tales como los parámetros de aislamiento, rellenar ítems del estado en que se encontró el equipo y reportar en los demás ítems de cómo se está dejando y adicionalmente, si fuera el caso, tomar nota de qué componente se está reemplazando o cambiando. (Ver Anexo E).

**4.7.6.3. Formato de Mantenimiento predictivo.** Este formato propuesto se basa en las recomendaciones y manuales de los equipos de confiabilidad, tales como cámara termográfica, vibro metro de SKF y el estetoscopio, así mismo en este formato se registra los parámetros de voltaje y corriente de los equipos monitoreados para llevar una tendencia y ver el comportamiento de los datos. (Ver Anexo F).

**4.7.6.4. Formato de lubricación.** El formato de la ruta de lubricación es puntual con la actividad de re - engrase de los puntos de lubricación en los motores y es llenado por el técnico especialista, anotando todas las observaciones del antes y después de la actividad y si fuera muy crítica la condición observada, está en la obligación de reportarla a su supervisor inmediato. (Ver Anexo G).

**4.7.6.5. Formato orden de trabajo.** El formato propuesto tiene espacios para rellenar actividades de mantenimiento, también hay un espacio para el diagrama pictórico y esquematizado. (Ver Anexo I).

#### 4.8. Evaluación Económica Financiera (Relación costo- beneficio)

En la presente evaluación económica – financiera se hallaron los ingresos y egresos, seguidamente se elaboró el flujo de caja con el objetivo de hallar si la propuesta de mejora para aumentar la disponibilidad de los equipos del sistema transporte de relaves es viable.

##### 4.8.1. Ingresos

Los ingresos en el contexto del presente estudio serán las horas disponibles de los equipos del sistema de relaves que puedan operar y no parar algún proceso de planta concentradora.

PRODUCCION			COSTO
Hora	Minutos	Toneladas (T)	Cash Cost (\$)
24	1440	4500	168000.00
1	60	187.5	7000.00
0.0053	0.32	1	33.20

Figura 52 Costos de producción por hora, de manera global son \$7000, sectorizando por áreas son \$1500, para el sistema transporte de relaves, costo usado para el análisis de la propuesta

SITUACION	DISP.	TIEMPO PARADA (H)	COSTO UNIT. PROD.(\$)	COSTO PROD. (\$)	COSTO UNIT. MANTTO H/H (\$)	COSTO MANTTO(\$)	COSTO EST. REP. & MAT.	COSTO EST. REP.(\$)	SUMA COST. TOTAL	GANANCIA SOBRE COSTO
ACTUAL	84.30%	765.5	1500	\$1,148,250.00	14	\$10,717.00	110	\$84,205.00	1,243,172.00	\$310,793.00
PROPUESTA	90.00%	398	1500	\$597,000.00	14	\$5,572.00	110	\$43,780.00	646,352.00	\$161,588.00
									POR AÑO	\$149,205.00

Figura 53 Cuadro de ingresos

Las paradas de los equipos del sistema transporte de relaves impactan de manera directa sobre las operaciones de planta, este costo para el sistema transporte de relaves es de \$1500.00 dólares. En la situación actual del periodo del 2021, se tiene \$1,148,250.00 dólares de costo de producción con la disponibilidad del 84.30 %. Sin embargo, en la propuesta de mejora se evidencia que hay \$597,000.00 dólares de costo de producción a una disponibilidad del 90.00 %; así mismo, se muestra que los ingresos de la propuesta son de \$149,205.00 dólares.

#### 4.8.2. Egresos

ACTIVIDADES PROPUESTAS	COSTO UNITARIO	COSTO GENERAL
<b>PROPUESTA DEL PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO</b>		
Costo del plan anual de mantenimiento	COSTO UNICO	\$250.00
Costo de mano de mano de obra	1 AÑO	\$322,278.00
Costo de materiales consumibles	1 AÑO	\$14,525.00
<b>SUB TOTAL</b>		<b>\$337,053.00</b>
<b>PROPUESTA DEL PLAN MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>		
Costo alquiler equipos a terceros - Camara termografica	1 AÑO	\$1,260.00
Costo alquiler equipos a terceros - vibrometro	1 AÑO	\$420.00
Costo compra equipos - analizador de espectros	COSTO UNICO	\$3,500.00
Capacitacion en analisis termografico basico (a 2 tecnicos)	COSTO UNICO	\$1,200.00
Capacitacion en analisis vibracional (a 2 tecnicos)	COSTO UNICO	\$1,200.00
<b>SUB TOTAL</b>		<b>\$7,580.00</b>
<b>PROPUESTA DEL PLAN LUBRICACION DE MOTORES</b>		
Costo del plan anual de lubricacion	COSTO UNICO	\$100.00
Capacitacion de lubricacion industrial (a 2 tecnicos)	COSTO UNICO	\$2,000.00
Costo de equipo lubricacion a bateria	COSTO UNICO	\$800.00
<b>SUB TOTAL</b>		<b>\$2,900.00</b>
<b>PROPUESTA DEL MANTTO AUTONOMO CON TARJETAS</b>		
Costo de elaboracion e impresion de tarjetas ( celeste, rojo y amarillo)	COSTO UNICO	\$125.00
Capacitacion a colaboradores de oeraciones y mantto	COSTO UNICO	\$50.00
<b>SUB TOTAL</b>		<b>\$175.00</b>
<b>PROPUESTA DE LAS HERRAMIENTAS GESTION MANTENIMIENTO</b>		
Costo de propuesta de informacion de activos por codigo QR	COSTO UNICO	\$2,500.00
Capacitacion en e uso de los dispositivos moviles para lectura codigo QR	COSTO UNICO	\$50.00
<b>SUB TOTAL</b>		<b>\$2,550.00</b>
<b>PROPUESTA DE LAS HERRAMIENTAS GESTION MANTENIMIENTO</b>		
Costo de elaboracion de las formatos de mantenimiento	COSTO UNICO	\$500.00
<b>SUB TOTAL</b>	COSTO UNICO	<b>\$500.00</b>
<b>TOTAL DE INVERSION PARA LA GESTION DE MANTENIMIENTO</b>		<b>\$350,758.00</b>

Figura 54 Cuadro de egresos

#### 4.8.3. Flujo de caja

Se evalúa la factibilidad del planteamiento a partir de los ingresos y egresos. Se ha considerado una tasa de descuento del 8 %; así mismo, en el flujo neto de caja se consideró \$149,205.00 de los ingresos anuales y se restó los pagos al planificador y supervisor, respectivamente (\$29,000.00), por periodo de un año, teniendo un flujo de caja neto de \$120,205.00 cada año.

## Cálculo de TIR y VAN - "Propuesta de mejora para aumentar la disponibilidad de los equipos del STR"

Análisis Financiero de proyecto

Nombre del proyecto:	PROPUESTA DE MEJORA PARA GESTION DE MANTENIMIENTO
TNA de inversión alternativa	8%
Cantidad de Años	5

AÑOS	FLUJO DE FONDOS
0	-\$ 350,758.00
1	\$ 120,205.00
2	\$ 115,205.00
3	\$ 110,205.00
4	\$ 121,205.00
5	\$ 112,205.00

PROPUESTA DE MEJORA PARA GESTION DE MANTENIMIENTO	
TIR	20%
VAN	\$112,251.06

Figura 55 indicador del VAN y el TIR

Se observa que el valor actual neto (VAN) es mayor a cero. Por tal razón se acepta la inversión para el proyecto y, así mismo, el indicador financiero de la tasa de retorno a la inversión (TIR) es de un 20 %. Por consiguiente, la evaluación económica financiera apoya y sustenta la propuesta de mejora y nos indican que es procedente en el estudio que se hizo.

#### **4.9. Discusión de Resultados**

Validando nuestra primera hipótesis, acerca de que un diagnóstico situacional de los procesos en una gestión de mantenimiento mostrará la disponibilidad de los equipos y los sistemas de trabajo, esta es una primera actividad de manera general para conocer como camina una empresa. San Martín (2020) realizó un estudio titulado: «La función del mantenimiento en una planta industrial en la ciudad de Sevilla, España», donde el objetivo general del estudio fue la función del mantenimiento en una empresa dedicada a la fabricación y producción de muebles, diagnóstico de los problemas encontrados en dicha función y planteamiento de soluciones.

Con respecto al procesamiento y análisis de datos tomados en campo de toda la gestión de mantenimiento, es primordial destacar datos estadísticos en función a los objetivos trazados de la investigación, tal como explica: Paladines (2020) cuyo estudio titulado «Propuesta de una gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los vehículos mayores de la I Macro región Policial Piura», tuvo como objetivo general la elaboración de una propuesta de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los vehículos mayores de la I Macropol Piura, y a su vez evitar el incremento del número de vehículos inoperativos. La muestra estuvo constituida por los vehículos mayores policiales. Las técnicas empleadas fueron la observación y se formularon encuestas dirigidas al personal mecánico y conductores de los vehículos; adicionalmente se analizó y procesó la documentación y se recabó la información del personal que interviene directamente en el proceso.

Continuando con la discusión de los resultados de la hipótesis y los objetivos, en el presente estudio se propone cinco diseños, cuyos objetivos serán aumentar la disponibilidad de los equipos, crear más sinergia entre máquina, colaborador y procesos. A diferencia del antecedente que se mostrará a continuación, en nuestro estudio se ha presentado la propuesta del plan anual, el plan de lubricación de los motores, el plan predictivo, el mantenimiento autónomo y el tratamiento de información de los activos a través de los códigos QR; en tanto que Salazar (2020) en el estudio titulado «Diseño de una propuesta de

modelo de gestión de mantenimiento para el departamento de mantenimiento en la ciudad de Guala pack, Costa rica», donde presenta una propuesta de gestión de mantenimiento basado en el modelo del cumplimiento de la misión, visión y objetivo del rendimiento del departamento de producción de la propia empresa. La muestra estuvo constituida por los 32 equipos críticos de área de producción.

Finalmente tenemos la hipótesis de evaluación en la relación costo beneficio. Es importante la valoración de este resultado, pues determina si la propuesta en este estudio es viable y rentable a nivel de gestión de mantenimiento y costos asociados a este proceso; tal como lo indica Morales (2019) en su estudio titulado «Plan de gestión de mantenimiento preventivo en base a auditoría en curtiembre Piel Trujillo S. A. C. para aumentar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de equipos y reducir costos de fallas», donde el objetivo general fue proponer un plan de gestión de mantenimiento preventivo para las máquinas en el ámbito de estudio. La muestra estuvo constituida por nueve máquinas críticas y el instrumento que se utilizó fue una auditoría de mantenimiento. El diseño de investigación fue básico y aplicado y los resultados obtenidos fueron un 10 % de incremento en la disponibilidad, 18 % de confiabilidad, 16 % de mantenibilidad y una reducción en el tiempo de reparación de 16 a 24 horas, valores que demostraron que el estudio realizado es aceptable. Para este estudio se ha considerado una tasa de descuento del 8 %, así mismo un flujo neto de caja de \$149,205.00 anualmente. De manera general, el valor actual neto (VAN) es mayor a cero, por tal se acepta la inversión de la propuesta y así mismo el indicador financiero de la tasa de retorno a la inversión (TIR) es de un 20 %.

## CONCLUSIONES

Esta investigación tuvo como objetivo diseñar propuestas de mejora en la gestión de mantenimiento con base en la estrecha relación de las máquinas, colaboradores y la gestión de procesos, para finalmente superar la disponibilidad de un 84.3 % a 90 % en los motores eléctricos del sistema de transporte de relaves.

Otro de los objetivos de este estudio fue elaborar un diagnóstico situacional de la disponibilidad de los equipos en el sistema de transporte de relaves de la contratista minera de Cerro de Pasco. En relación al planteamiento se concluye que es necesario saber los datos, los modelos de negocio, los objetivos de la compañía, el rubro económico y el contexto de planta industrial.

Al realizar el análisis de la información, se concluye mencionando al segundo objetivo, que de procesar la información tomada en campo y de registros históricos, se obtiene una disponibilidad inicial, un registro común de fallas y un análisis de criticidad, que fueron los puntos de alta relevancia para poder armar las propuestas de mejoras de manera general, enfocadas en la gestión de mantenimiento.

Al proponer los cinco diseños que mejorarán la disponibilidad de los equipos y, en consecuencia, la gestión del mantenimiento, se concluye que las propuestas del plan de mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento autónomo y el tratamiento de información de los activos a través de los códigos QR van direccionados a trabajar en sinergia con los equipos del sistema, con lo reportes inmediatos de falla por parte de operaciones, con las paradas programadas, con la gestión de planificación y la programación controlada de los procesos.

Luego de poder desarrollar la investigación, se concluye respondiendo al cuarto objetivo específico, que la relación costo – beneficio, en función de la inversión de las propuestas de mejora para aumentar la disponibilidad de los equipos del sistema transporte de relaves de la minera contratista de Cerro de Pasco, es viable por el resultado del VAN de \$112,251.06 dólares y el TIR de 20 %.

## Referencia Bibliográfica

1. **DIAZ A., DEL CASTILLO A. y VILLAR L.** Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, Junio 2017, 25 (2) pp. 303-313. ISBN 0718-3291 [consultado: 20 diciembre 2021].
2. **MORALES, O.** Plan de gestión de Mantenimiento Preventivo en base a la auditoría en curtiembre Piel Trujillo para aumentar Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad de los equipos y reducir costos de fallas. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2019 [fecha de consulta]. 92 pp. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26456>, 2019.
3. **PALADINES, L.** Propuesta de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los vehículos mayores de la I Macro Región Policial Piura Perú, 2019. Piura - Peru [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Piura: Universidad César Vallejo, 2019 [fecha de consulta: 20 enero 2022]. 80 pp. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55570>, 2019.
4. **SALAZAR, L.** Diseño de Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para el departamento de mantenimiento de Gualapack Costa Rica S. A. [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero de Mantenimiento Industrial) Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2020 [fecha de consulta: 29 setiembre 2021]. 122 pp. Disponible en : [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11488/TFG\\_Loren\\_Salazar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11488/TFG_Loren_Salazar.pdf?sequence=1&isAllowed=y), 2020.
5. **CAPELO, Vicente.** Elaboración de un modelo de gestión mediante la norma «EN 16646», para mejorar la eficiencia del Departamento de la unidad oncológica en la ciudad del Chimborazo. [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero de Mantenimiento) Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017 [fecha de consulta: 02 febrero 2022]. 131 pp. Disponible en: <https://1library.co/document/yr38wxpy-elaboracion-gestion-mantenimiento-eficiencia-departamento-mantenimiento-oncologica-chimborazo.html>, 2017,.
6. **SANMARTÍN, J.** Propuesta de un sistema de gestión para el mantenimiento de la empresa Cerámica Andina C.A. [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero de Mantenimiento Industrial) Cuenca: Universidad Politécnica Sede Cuenca, 2014. [fecha de consulta: 18 noviembre 2021]. 202pp. Disponible en : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8944/1/UPS-CT005205.pdf>, 2014.
7. **FERNÁNDEZ, J.** Elaborar un plan de mantenimiento basado en la disponibilidad de los diversos equipos que conforman el area de Molienda en Bocamina. [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero de Mantenimiento Industrial) Concepción: Universidad Técnica Federico Santa María, 2019 [fecha de consulta: 10 diciembre 2021]. 40 pp. Disponible en : <https://1library.co/document/yr20w1jz-elaborar-mantenimiento-disponibilidad-diversos-equipos-conforman-molienda-bocamina.html>, 2019, .
8. **GELDRES, R.** «Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificación de una empresa de alimentos balanceados Acuícola». [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Industrial) Lima:

Universidad Privada del Norte, 2019 [fecha de consulta: 23 agosto 2021]. 86 pp. Disponible en : <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23416>, 2019.

9. **CHÁVEZ, W.** «Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la planta de inyecciones de la empresa industrial Plásticas». [en línea]. Tesis (Título de ingeniero Industrial) Lima: Universidad Privada del Norte, 2017 [fecha de consulta: 29 setiembre 2021] 85 pp. Disponible en : <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11294/Tesis%20Waldo%20Chavez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2017.

10. **CONSOLACIÓN, R. y HUANCOILLO, E.** «Mejora de la gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad en la línea de chancado de la planta concentradora compañía minera Lincuna S.A.» [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero de Mantenimiento Industrial) Ancash: Universidad Privada del Norte, 2018. [fecha de consulta: 19 agosto 2021]. 117 pp. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13979/Ricardo%20Orlando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2018,.

11. **OLARTE W., BOTERO M. y CAÑÓN B.** Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*, Abril 2010, 16 (44) ISSN 0122-1701.

12. **MONTILLA C., ARROYAVE J. y SILVA C.** Caso de aplicación centrado en la confiabilidad RCM, previa existencia de mantenimiento preventivo. *Scientia Et Technica*. Diciembre, 2007, 13 (37), ISSN 0122-1701.

13. **GESTIÓN de la Excelencia Operacional.** [en línea]. Monterrey, 10 abril 2020 [fecha de consulta: 09 febrero 2022]. Monterrey : disponible: <https://www.gestionexcelenciaoperacional.com/>, Disponible en: <https://www.gestionexcelenciaoperacional.com/>, 2020.

14. **OLIVA, K. y otros.** *Sistemas de información para la gestión de mantenimiento en la gran industria del estado Zulia. Revista Venezolana de Gerencia. Marzo 2010, 15 (49). ISSN 13159984.*

15. **PESÁNTEZ, A.** Elaboración de un plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Funcion de la criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón. [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Industrial) Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007. [fecha de consulta: 14 noviembre 2021]. 260 pp. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13353/4/TESIS%20COMPLETA%20%28FINAL%29.pdf>, 2007,.

16. **CHANG, E.** Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler. [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Industrial) Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2008. [fecha de consulta: 24 noviembre 2021] 94 pp. Disponible en : <http://hdl.handle.net/10757/273470>, 2008.

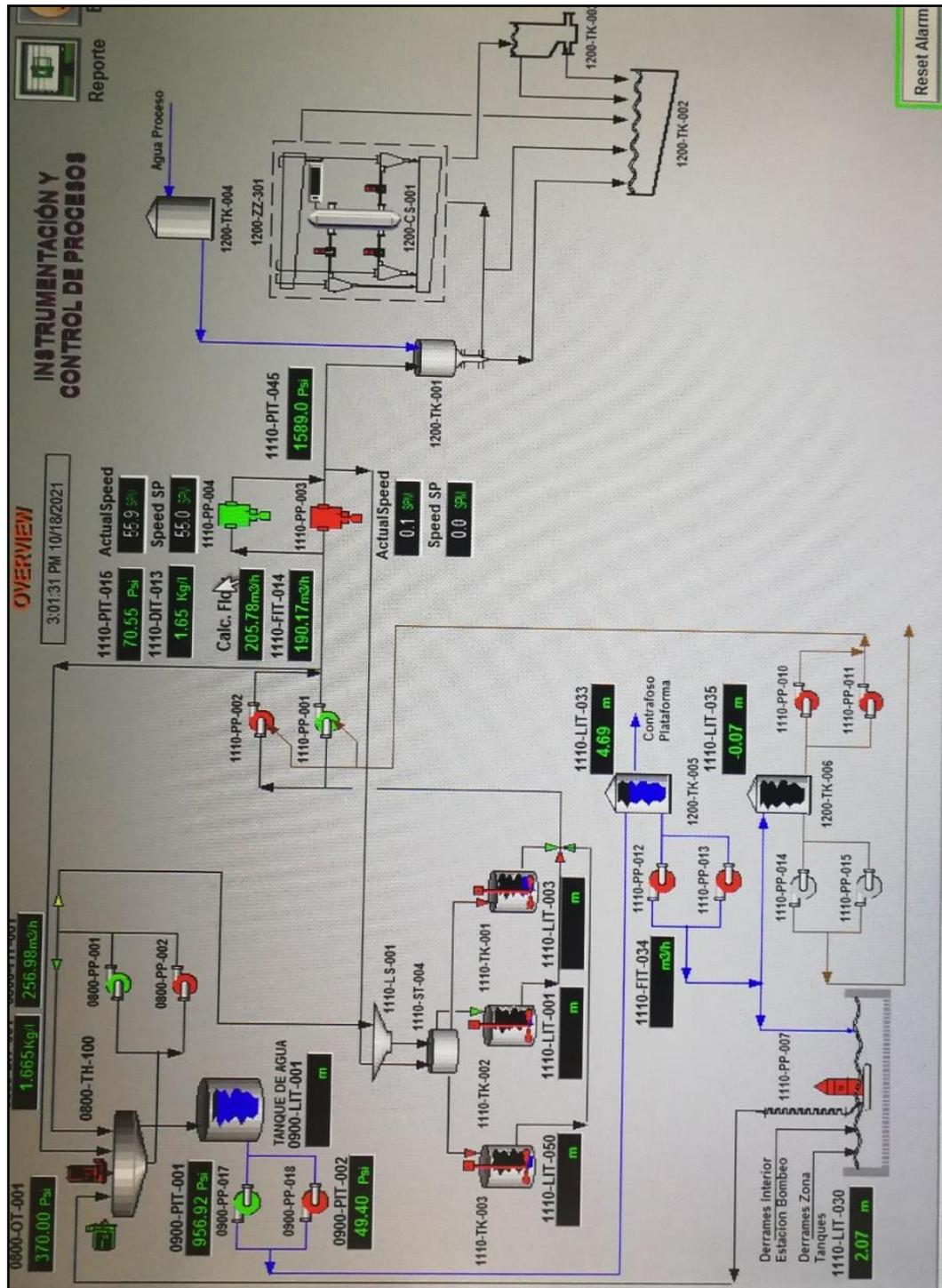
17. **FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M.** *Metodología de la Investigación*. Sexta Edición. Mexico: McGRAW-HILL, 2014. 978-1-44562-2396-0.

18. **ROBLES, B.** Población y Muestra. *Pueblo Continente* , 2019, 30 (1) ISSN 2617-9474.

19. **DOUNCE, E.** *La productividad en el mantenimiento industrial.* México: Larrouse -Grupo Editorial Patria, 2014, 2014. 6074389241, 9786074389241.
20. **TAVARES, L.** *Administración Moderna del Mantenimiento.* Brasil: Novo Polo Publicaciones, 2000.

# ANEXOS

## ANEXO A. Flujo general del proceso de sistema transporte de relave



**ANEXO B.** Encuesta general para validación de expertos.

**CUESTIONARIO GENERAL PARA VALIDACIÓN DE EXPERTOS**

**INSTRUCCIONES:** Marque en los recuadros pequeños según corresponda la pregunta

1. ¿El sistema transporte de relaves cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para sus equipos?  
 Sí  
 NO
  
2. Si la respuesta a la primera pregunta es afirmativa, responda si se da cumplimiento de las actividades de mantenimiento.  
 Sí  
 NO
  
3. ¿El área de mantenimiento eléctrico cuenta con un procedimiento eficiente para la inspección de rutina en los equipos críticos del sistema de relaves?  
 Sí  
 NO
  
4. ¿Cuál es la frecuencia de intervenciones correctivas sobre los equipos con criticidad alta del sistema de relaves?  
 5 días  
 10 días  
 15 días  
 30 días
  
5. ¿Se tiene un plan de lubricación sobre los motores eléctricos del sistema de relaves?  
 Sí  
 NO
  
6. ¿Se cuenta con un registro sistematizado de reportes y condiciones de falla de los equipos?  
 Sí  
 NO
  
7. ¿De manera general se cuenta con una clasificación de criticidad en el sistema transporte de relaves?  
 Sí  
 NO

8. ¿Usted cree que la aplicación de códigos QR facilite la verificación y control de datos de motores eléctricos en la labor de mantenimiento?

- Tal vez
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

9. ¿Cuáles son los sistemas con mayor reporte de fallas en el sistema transporte de relaves?

- Sistemas de operadores
- Sistema de control
- Sistemas eléctricos
- Sistemas mecánicos

10. ¿Cuál es el impacto de mayor relevancia si se registra averías y/o fallas el sistema transporte de relaves?

- Impacto por seguridad
- Impacto Ambiental
- Impacto Operativo

## ANEXO C. Validación de expertos del instrumento de recolección de datos.

Cerro de Pasco, 05 de abril de 2022

Ing. Roussel Gamarra Ninahuaman

Es grato dirigirme a Usted para manifestarle mi saludo cordial. Dada su experiencia profesional y méritos académicos y personales, le solicito su inapreciable colaboración como experto para la validación de contenido de los ítems que conforman los instrumentos (anexos), que serán aplicados a una muestra seleccionada que tiene como finalidad recoger información directa para la investigación titulada: **“Diseño de propuesta de mejora para aumentar la disponibilidad en la gestión de mantenimiento de la unidad minera Cerro de Pasco”** para obtener el grado académico de Ingeniero Industrial.

Para efectuar la validación del instrumento, Usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en donde se pueden seleccionar una, varias o ninguna alternativa de acuerdo al criterio personal y profesional que corresponda al instrumento.

Se le agradece cualquier sugerencia relativa a la redacción, el contenido, la pertinencia y congruencia u otro aspecto que considere relevante para mejorar el mismo.

Muy atentamente,

Gomez Nuñez, Antonio

Email:

antoniogomezic@gmail.com

### JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA ENCUESTA QUE SERÁ APLICADA A LOS ELEMENTOS DE LA MUESTRA

#### INSTRUCCIONES:

Coloque en cada casilla un aspa correspondiente al aspecto cualitativo de cada ítem y alternativa de respuesta, según los criterios que a continuación se detallan.

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia con los indicadores, dimensiones y variables de estudio. En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o mejora de cada pregunta.

PREGUNTAS	Claridad en la redacción		Coherencia interna		Inducción a la respuesta (Sesgo)		Lenguaje adecuado con el nivel del informante		Mide lo que pretende		Esencial	Útil pero no Esencial	No importante	OBSERVACIONES (Por favor, indique si debe eliminarse o modificarse algún ítem)
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No				
1.	/			/	/				/		/			
2.	/		/		/				/		/			
3.	/		/		/				/		/			
4.	/		/		/				/		/			
5.	/		/		/				/		/			
6.	/		/		/				/		/			
7.	/		/		/				/		/			
8.	/		/		/				/		/			
9.	/		/		/				/		/			
10.	/		/		/				/		/			

Muchas gracias por su apoyo.

Grado Académico: Ingeniero Electricista

Nombre y Apellido: Roussel Gamarra Ninahuaman

Firma:   
 NEKA RESOURCES ATACCOCHA S.A.C.  
 Ing. Roussel Gamarra Ninahuaman

## CONSTANCIA DE VALIDACION

Quien suscribe, Roussel Gamarra Ninahuaman, con documento de identidad N.º 20064884, de profesión Ingeniero Electricista, ejerciendo actualmente el cargo de Supervisor Mantenimiento Planta - Mina U.M. Atacocha, en la Empresa Nexa Resources.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento (encuesta), a los efectos de su aplicación en el *Cuestionario hacia la gestión de mantenimiento*.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de Ítems		✓		
Amplitud de contenido				✓
Redacción de los Ítems				✓
Claridad y precisión			✓	
Pertinencia				✓

Fecha:

05- abril - 2022

NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.C.  
  
Ing. Roussel Gamarra Ninahuaman  
Ingeniero Electricista  
Firma  
DNI ° 20064884

Ing. Hebert Rosendo Rios Giraldo

Es grato dirigirme a Usted para manifestarle mi saludo cordial. Dada su experiencia profesional y méritos académicos y personales, le solicito su inapreciable colaboración como experto para la validación de contenido de los ítems que conforman los instrumentos (anexos), que serán aplicados a una muestra seleccionada que tiene como finalidad recoger información directa para la investigación titulada: **“Diseño de propuesta de mejora para aumentar la disponibilidad en la gestión de mantenimiento de la unidad minera Cerro de Pasco”** para obtener el grado académico de Ingeniero Industrial.

Para efectuar la validación del instrumento, Usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en donde se pueden seleccionar una, varias o ninguna alternativa de acuerdo al criterio personal y profesional que corresponda al instrumento.

Se le agradece cualquier sugerencia relativa a la redacción, el contenido, la pertinencia y congruencia u otro aspecto que considere relevante para mejorar el mismo.

Muy atentamente,

Gomez Nuñez, Antonio

Email:

antoniogomezziic@gmail.com

**JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA ENCUESTA QUE SERÁ APLICADA A LOS ELEMENTOS DE LA MUESTRA**

**INSTRUCCIONES:**

Coloque en cada casilla un aspa correspondiente al aspecto cualitativo de cada ítem y alternativa de respuesta, según los criterios que a continuación se detallan.

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia con los indicadores, dimensiones y variables de estudio. En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o mejora de cada pregunta.

PREGUNTAS	Claridad en la redacción		Coherencia interna		Inducción a la respuesta (Sesgo)		Lenguaje adecuado con el nivel del informante		Mide lo que pretende		Eseñal	Útil pero no Eseñal	No importante	OBSERVACIONES (Por favor, indique si debe eliminarse o modificarse algún ítem)
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No				
1.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
2.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
3.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
4.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
5.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
6.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
7.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
8.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
9.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
10.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

Muchas gracias por su apoyo.

Grado Académico: Ingeniero Mecánico -Eléctrico

Nombre y Apellido: Hebert Rosendo Rios Giraldo

Firma:

  
CONFIPETROL ANDINA S.A  
HERBERT RIOS GIRALDO  
LIDER DE SERVICIO

## CONSTANCIA DE VALIDACION

Quien suscribe, Herbert Rosendo Rios Giraldo, con documento de identidad N.º 22302926, de profesión Ingeniero Mecánico Eléctrico, ejerciendo actualmente el cargo de líder de servicio de la U.M. Atacocha, en la Empresa Confipetrol Andina S.A.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento (encuesta), a los efectos de su aplicación en el *Cuestionario hacia la gestión de mantenimiento*.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems			✓	
Amplitud de contenido				✓
Redacción de los ítems				✓
Claridad y precisión				✓
Pertinencia				✓

Fecha:

05- abril - 2022

  
CONFIPETROL ANDINA S.A  
HERBERVENOS GIRALDO  
LIDER DE SERVICIO

Firma

DNI ° 22302926

Ing. Gregory Alarcon Flores

Es grato dirigirme a Usted para manifestarle mi saludo cordial. Dada su experiencia profesional y méritos académicos y personales, le solicito su inapreciable colaboración como experto para la validación de contenido de los items que conforman los instrumentos (anexos), que serán aplicados a una muestra seleccionada que tiene como finalidad recoger información directa para la investigación titulada: **"Diseño de propuesta de mejora para aumentar la disponibilidad en la gestión de mantenimiento de la unidad minera Cerro de Pasco"** para obtener el grado académico de Ingeniero Industrial.

Para efectuar la validación del instrumento, Usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en donde se pueden seleccionar una, varias o ninguna alternativa de acuerdo al criterio personal y profesional que corresponda al instrumento.

Se le agradece cualquier sugerencia relativa a la redacción, el contenido, la pertinencia y congruencia u otro aspecto que considere relevante para mejorar el mismo.

Muy atentamente,

Gomez Nuñez, Antonio  
 Email:  
 antoniogomezziic@gmail.com

**JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA ENCUESTA QUE SERÁ APLICADA A LOS ELEMENTOS DE LA MUESTRA**

**INSTRUCCIONES:**

Coloque en cada casilla un aspa correspondiente al aspecto cualitativo de cada ítem y alternativa de respuesta, según los criterios que a continuación se detallan.

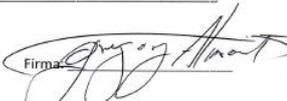
Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia con los indicadores, dimensiones y variables de estudio. En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o mejora de cada pregunta.

PREGUNTAS	Claridad en la redacción		Coherencia interna		Inducción a la respuesta (Sesgo)		Lenguaje adecuado con el nivel del informante		Mide lo que pretende		Eseñal	Útil pero no Esencial	No importante	OBSERVACIONES (Por favor, indique si debe eliminarse o modificarse algún ítem)
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No				
1.	x		x		x		x		x		x			
2.	x		x		x		x		x		x			
3.	x		x		x		x		x		x			
4.	x		x		x		x		x		x			
5.	x		x		x		x		x		x			
6.	x		x		x		x		x		x			
7.	x		x		x		x		x		x			
8.	x		x		x		x		x		x			
9.	x		x		x		x		x		x			
10.	x		x		x		x		x		x			

Muchas gracias por su apoyo.

Grado Académico: Ingeniero Mecánico

Nombre y Apellido: Gregory Alarcon Flores

Firma: 

## CONSTANCIA DE VALIDACION

Quien suscribe, Gregory Alarcon Flores, con documento de identidad N.º 48837623, de profesión Ingeniero Mecánico, ejerciendo actualmente en el cargo de Supervisor de ingeniería y confiabilidad en la empresa CONFIPETROL ANDINA.

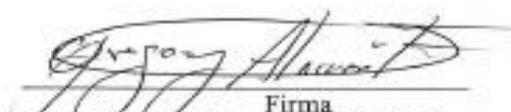
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento (encuesta), a los efectos de su aplicación en el *Cuestionario hacia la gestión de mantenimiento*.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de Ítems			X	
Amplitud de contenido			X	
Redacción de los Ítems				✓
Claridad y precisión				X
Pertinencia				✓

Fecha:

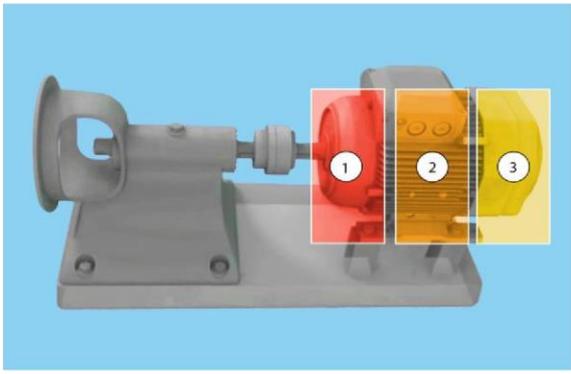
05- abril - 2022

  
Firma  
DNI ° 48837623





## ANEXO F. Formato de mantenimiento predictivo de motores eléctricos

	<b>CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b> Rev.02		Área: Mantenimiento Eléctrico Planta	N° Orden de trabajo							
	Sistema mayor que pertenece el equipo:										
Seccion:	Fecha y hora, inicio trabajo:	Fecha y hora, término trabajo:	Equipo:								
<b>Mano de Obra requerida</b>											
Responsables del trabajo		Cargo	Horas de intervención	Firma							
TECNICA PREDICTIVA N° 1		TECNICA PREDICTIVA N° 2									
<b>VIBRACION</b>		<b>TERMOGRAFIA</b>									
											
Equipo : Vibropen SKF Machine Condition Advisor CMAS 100 - LS		Equipo : Cámara Termografica FLIR modelo E5									
Fecha de Calibración : <input type="text"/>		Fecha de Calibración : <input type="text" value="Date:03-06-2021/serie:639055151"/>									
<b>DATOS</b>											
ACOPLE	2V		Alarma - vibración Global (A-P)	Envolvente (g E)	Alarma - vibración Global (A-P)	<b>LADO IZQUIERDO</b>		<b>LADO DERECHO</b>			
	2A					PUNTO	MEDIDA	TEMPERATURA	PUNTO	MEDIDA	TEMPERATURA
	2H					1	B1MAX		1	B1MAX	
	1V					2	B2MAX		2	B2MAX	
	1A					3	B3MAX		3	B3MAX	
	1H					G2&G4 (h=16cm-31.5cm)/G1&G3(h>31.5cm)		h=			
<b>PLACA CARACTERISTICA DE MOTOR ELECTRICO</b>											
MTR	<input type="text"/>	POTENCIA (HP/Kw)	<input type="text"/>	INS.	<input type="text"/>	GRASA	<input type="text"/>				
FRAME	<input type="text"/>	VOLTAJE	<input type="text"/>	P.F.	<input type="text"/>	CANTIDAD	<input type="text"/>				
RPM	<input type="text"/>	AMPERIOS	<input type="text"/>	IP	<input type="text"/>	Interv. Retubricación (hrs)	<input type="text"/>				
MARCA	<input type="text"/>	Norma de Construcción	<input type="text"/>			WEIGHT (Peso)	<input type="text"/>				
<b>PARAMETROS ELECTRICOS</b>					<b>ANALISIS DE SONIDO CON OSTETOSCOPIO</b>						
CORRIENTE DE LINEA		VOLTAJE DE LINEA		VOLTAJE RESPECTO A TIERRA		LADO VENTILADOR		LADO ACOPLAMIENTO			
L1	<input type="text"/>	L1 - L2	<input type="text"/>	L1 - TIERRA	<input type="text"/>						
L2	<input type="text"/>	L2 - L3	<input type="text"/>	L2 - TIERRA	<input type="text"/>						
L3	<input type="text"/>	L3 - L1	<input type="text"/>	L3 - TIERRA	<input type="text"/>						
HOROMETRO											
OBSERVACION RELEVANTE:											
<p>.....</p>											
<p>_____</p> <p>PLANEAMIENTO</p>					<p>_____</p> <p>SUPERVISOR OPERATIVO</p>						

ANEXO G. Formato de lubricación de motores eléctricos

RUTA DE LUBRICACION		Clasificación de máquinas para medición de aceleración envuelta (envolvente)										1 Bombead = 1.65g		Tec. responsable:		
CL3	CL2	CL1	OK	Aleria	Peligro	VALOR		VALOR		VALOR		VALOR		VALOR		
> 20HP	20HP-2s 400HP	400HP-60.000HP	0-1 gE	1-2 gE	mas 2 gE	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	
> 15kw	15kw-300kw	300kw-500W	0-2 gE	2-4 gE	mas 4 gE	LADO VENTILADOR		LADO VENTILADOR		LADO VENTILADOR		LADO VENTILADOR		LADO VENTILADOR		
1800 - 3600 rpm	500 - 1800 rpm	< 500 rpm	0-4 gE	4-10 gE	mas 10 gE	LADO VENTILADOR		LADO VENTILADOR		LADO VENTILADOR		LADO VENTILADOR		LADO VENTILADOR		
Ø eje= 2cm - 15cm	Ø eje= 5cm - 30cm	Ø eje= 20cm - 50cm	OBSERVACIONES													
AREA	EQUIPO	HP	RPM	CANT. GRASA	ACOPELIBRE	CANT. BOMBREADA	RUTAS	V	H	A	V	H	A	V	H	A
STR	BOMBA DE CARGA 1	125	1780	45	33	3	2 1/2	RUTA STR								
STR	BOMBA DE CARGA 2	125	1780	45	33	3	2 1/2	RUTA STR								
STR	BOMBAS DE TANQUE AGITADORES 1	40	1180	26.25	26.25	2	2	RUTA STR								
STR	BOMBAS DE TANQUE AGITADORES 2	40	1180	26.25	26.25	2	2	RUTA STR								
STR	BOMBAS DE TANQUE AGITADORES 3	40	1180	26.25	26.25	2	2	RUTA STR								
STR	BOMBA HR 200 - N1	75	1775	33	26	2 1/2	2	RUTA STR								
STR	BOMBA HR 200 - N2	75	1775	33	26	2 1/2	2	RUTA STR								
STR	BOMBA GEHO 1	1173	1792	81	71	6	6	RUTA STR								
STR	BOMBA GEHO 2	1173	1792	81	71	6	6	RUTA STR								
STR	BOMBAS RECUPERACION DE AGUA POZA CONTINGENCIA	40	1780	25	25	2	2	RUTA STR								
STR	BOMBA PISO CONTINGENCIA-COSTADO COMPRESORAS	30	1170	9.5	9.5	3/4	3/4	RUTA STR								
STR	BOMBA GOULDS 1	400	1768	60	40	4	3	RUTA STR								
STR	BOMBA GOULDS 2	400	1768	60	40	4	3	RUTA STR								

## ANEXO H. Formato de orden de trabajo

		<b>CONFIPETROL</b> <b>ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO</b>					Código: PE102287ZEP-Q&M-FS-01 Versión: 1 Fecha: 06/08/2019 Página: 1 de 1	
<b>1.- INFORMACION DEL EQUIPO</b>								
Cod SAP Equipo	<b>7920-02-0302-01</b>	Descripción del Trabajo	<b>INSTALACION DE RELE DIFERENCIAL PARA LAS BOMBAS DEL MOLINO SECUNDARIO</b>			Fecha	<b>27.07.2021</b>	
Descripción del Equipo:						N° OT	<b>151258016</b>	
<b>SISTEMA TRANSPORTE DE RELAVES</b>						Disciplina	<b>T-MEPLAN</b>	
<b>2.- PERSONAL ASIGNADO-ACTIVIDADES x SEGURIDAD</b>								
Personal asignado		Horas Efectivas del Personal en Campo						
Nombre y Apellidos		Firma	Hora Inicio	Hora Fin	Duración			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
Compromiso del colaborador: Si marca (SI) continúe con la actividad si marca (NO) No inicie la actividad								
¿Fue entrenado en los ESTANDARES y PETS para desarrollar la actividad, conoce el procedimiento de la actividad que se va a ejecutar?			SI	NO	CROQUIS			
Actividades Previas y/o Asociadas								
1 Rellenado de Herramientas de Gestion								
2 Traslado de herramientas y Materiales								
3 Traslado de Repuestos, componentes y accesorios para la actividad								
4 Orden y Limpieza								
Actividades Críticas a Desarrollar								
1 Herramientas Manuales								
2 Energía eléctrica								
3								
4								
Controles de Seguridad								
1 Uso adecuado de EPPs y Herramientas								
2 Inspección de equipo y herramientas								
3 Señalización del área de trabajo								
4 Bloqueo de fuentes de energía								
5 No exponerse a la línea de fuego								
6								
7								
<b>3.- INFORMACION DE LA ORDEN DE TRABAJO</b>								
PROG	<input type="checkbox"/>	Preventivo	Correctivo Prog.	Correctivo No Programado	<input type="checkbox"/>	Emergencial	<input type="checkbox"/>	
NO PROG	<input type="checkbox"/>	Inspección	Obs. Seguridad	Proyectos	<input type="checkbox"/>	Servicios Diversos	<input checked="" type="checkbox"/>	
Descripción de Trabajo Realizado								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
Item	Código SAP	Descripción del repuesto cambiado				Cantidad Cambiado	Cantidad	
						Stock	Solicitud	
1								
2								
3								
4								
Fecha Tentativa Inicio	<b>27.07.2021</b>	Demoras por Mantenimiento	HORAS	MOTIVO	Tiempo Paradas del Equipo			
Horometro del equipo					Inicio Parada		Fin de Parada	
Porcentaje % Avance		Demoras por Operación	HORAS	MOTIVO	Fecha	Fecha		
					Hora			
AVISOS: Reporte de Trabajos para programar y pedidos de Repuestos o Materiales (Backlogs)								
<b>4.- INFORMACION DE LA FALLA</b>								
Modo de Falla						Fecha de Falla		
Metodo de Detección						Item Mantenible		
Causa Raiz						Condicion Operativa		
Información de la Falla:								
<b>5.- SEGUIMIENTO AUTORIZACIONES</b>								
Técnico Líder Confipetrol			Sup. Mantenimiento Confipetrol			Validación (Mantenimiento Nexa)		
Nombre			Nombre			Nombre		
Firma			Firma			Firma		

## ANEXO I. Historial de mantenimiento por cada equipo del sistema transporte de relaves.

Orden	Equipo	Aviso	Denominación	Descripción	Inicio avería	Hora	Fin avería	Hora	Duración parada (hora)	Duración parada (min)
152008238	70095403	18684844	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	MONTAJE DE INSTRUMENTOS Y PRUEBA DE SEÑA	12-dic-21	09:12:09	16-dic-21	20:00:00	106:47	6408
151977515	70095403	18671872	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	INSPECCION DE FUNCIONAMIENTO Y CABLEADO	07-dic-21	10:00:00	07-dic-21	19:00:00	9:00	540
151975540	70095403	18671284	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	Reemplazo sellos de tapa Goho#1	04-dic-21	07:22:57	06-dic-21	15:00:00	55:37	3337
151975664	70095403	18671394	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	Reparación Goho 1	04-nov-21	10:24:24	16-nov-21	18:00:00	295:35	17736
151924615	70095403	18650092	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	FAB. ESTRUCT LINEA VIDA BBA GEHO PARA REPAR.	23-nov-21	11:36:50	24-nov-21	15:00:00	27:23	1643
151887674	70095403	18635244	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	INCREMENTO DE 50 GL DE LIQUIDO PROPELANT	08-nov-21	07:00:00	08-nov-21	18:00:00	11:00	660
151818332	70095403	18609180	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	INCREMENTO DE 20 GL DE ACEITE DE LIQUIDO	29-oct-21	08:00:00	29-oct-21	22:30:00	14:30	870
151787718	70095403	18595677	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	Cambio aceite hidráulico DTE25 Goho#1	23-oct-21	16:18:24	25-oct-21	23:00:00	54:41	3282
151724944	70095403	18570999	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	LIMPIEZA CON AIRE DE RADIAADOR DEL SISTEM	08-oct-21	01:00:00	08-oct-21	02:00:00	1:00	60
151647546	70095403	18540486	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	MEJORADO DE CABLE DE INSTRUMENTOS Y SENS	22-sep-21	19:30:02	24-sep-21	17:00:00	45:29	2730
151647547	70095403	18540487	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	MONTAJE DE FRL Y MEJORADO EN INSTALACION	22-may-21	19:32:44	25-may-21	08:00:00	60:27	3627
151545562	70095403	18507216	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	REPARACION FUGA X CAJA VALV. 03 SUCCION	16-sep-21	08:30:00	16-sep-21	18:00:00	9:30	570
151392808	70095403	18447842	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	LIMPIEZA DE ACEITE DE FUGA, ORDEN DEL AR	06-sep-21	08:00:00	06-sep-21	12:00:00	4:00	240
151545760	70095403	18507364	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	Reparación cajas válvula Goho1	03-sep-21	14:11:51	05-sep-21	22:00:00	55:48	3348
151496081	70095403	18486948	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	Cambio asientos y válvulas	24-agosto-21	09:00:12	25-agosto-21	16:00:00	30:59	1860
151378142	70095403	18443320	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	DESCONEXIONADO Y CONEXIONADO VARIADOR	29-jul-21	16:00:00	29-jul-21	18:00:00	2:00	120
151358571	70095403	18436147	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	REPARACION,CAMBIO DE ASIENOS Y VALVULAS	25-jul-21	03:00:00	29-jul-21	18:00:00	111:00	6660
151160542	70095403	18360497	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	PPJ INTS. DE INTERCONECTADO BOMBAS GEHO	12-jun-21	18:54:30	14-jun-21	23:00:00	52:05	3126
151160089	70095403	18360314	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	HABILIT/FABRICACION CODD HDP 14" RELAVES	11-may-21	20:30:00	15-may-21	23:30:00	99:00	5940
150523868	70095403	18124257	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	FUGA DE CAJA D VALVULAS Nº03, REPARACION	04-jun-21	04:00:00	07-jun-21	16:00:00	84:00	5040
150925399	70095403	18273180	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	ELIMINAR FUGA DE CARGA X TAPA D SUCCION 03	22-abr-21	23:00:00	24-abr-21	18:00:00	43:00	2580
150914037	70095403	18268978	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	REP. CAJA DE VALVULAS, FUGA x MANIFOLD	20-abr-21	08:30:00	20-abr-21	17:30:00	9:00	540
150773493	70095403	18215506	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	INSP. VISUAL DE SPOOL 2,3,5,6,9,11+LINEA	19-mar-21	08:30:00	20-mar-21	17:00:00	32:30	1950
150590305	70095403	18148795	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	SE REPARO SENSOR DE TEMPERATURA GEHO Nº1	05-feb-21	09:15:50	05-feb-21	17:00:00	7:49	469
150528803	70095403	18125467	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	FALLA DE SEÑAL DE PRESION, EVALUACION	25-ene-21	16:00:00	25-ene-21	18:30:00	2:30	150
150498427	70095403	18114785	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	HABILIT. COMPONENTES, CAMBIO REDUCTOR	18-ene-21	08:30:00	24-ene-21	22:00:00	157:30	9450
150502368	70095403	18116626	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 01	DESCONEXION CABLE FUERZA BOMBA GEHO 1	18-ene-21	08:00:00	20-ene-21	19:00:00	59:00	3540
151977512	70095407	18671869	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	CAMBIO DE ELECTROVALVULA 3/2 SV15	05-dic-21	03:30:05	06-dic-21	09:00:00	29:29	1770
151818333	70095407	18609181	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	INCREMENTO DE 26 GLS ACEITE DEL SIST. PR	29-oct-21	08:30:00	29-oct-21	19:00:00	10:30	630
151710124	70095407	18563907	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	Materiales p/Mantto 8000h Goho#2	05-oct-21	08:48:41	06-oct-21	18:00:00	33:11	1991
151711376	70095407	18565182	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	HABILITACION, TRASLADO, ARMADO DE ANDAMI	04-oct-21	08:00:00	05-oct-21	10:00:00	26:00	1560
151589166	70095407	18521839	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	HABILIT. LIMPIEZA DE COMPONENTES PARA M	10-sep-21	08:30:00	11-sep-21	17:00:00	32:30	1950
151485177	70095407	18483417	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	MONTAJE DE CONDENSADORES EN EL VARIADOR	22-agosto-21	12:46:20	28-agosto-21	18:00:00	149:13	8954
151395965	70095407	18449328	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	VALV/MANTTO DEL SIST. LIQUIDO PROPELEN	19-agosto-21	08:30:00	24-agosto-21	17:15:00	128:45	7725
151451184	70095407	18470637	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	MANTTO POR ROTURA DE ESPARRAGOS	13-agosto-21	08:30:00	14-agosto-21	20:00:00	35:30	2130
151443505	70095407	18467509	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	MANTENIMIENTO POR FUGA DE CARGA EN CAMAR	10-agosto-21	04:00:00	12-agosto-21	18:00:00	62:00	3720
151416821	70095407	18457850	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	MANTENIMIENTO DE CAJA DE DESCARGA	05-agosto-21	08:30:11	08-agosto-21	20:00:00	83:29	5010
151381879	70095407	18445045	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	EXTRACCION DE PERNOS ROTOS Y RECOSTRUCCI	29-jul-21	08:30:00	30-jul-21	22:30:00	38:00	2280
151274766	70095407	18404363	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	INSTALACION DE VALVULAS Y MONTAJE	07-jul-21	10:30:38	07-jul-21	21:00:00	10:29	629
151187133	70095407	18370828	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	CAMBIO DE EMPAQUES EN SPOOL	16-jun-21	08:00:00	19-jun-21	18:00:00	82:00	4920
151187054	70095407	18370794	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	CAMBIO DE SELLOS CAMARA SUCCION 01 - 03	15-jun-21	08:00:00	16-jun-21	18:00:00	34:00	2040
150794562	70095407	18223226	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	APOYO EN REPARACION FUGA DE CARGA	24-mar-21	06:00:00	24-mar-21	18:00:00	12:00	720
150701040	70095407	18187259	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	ROTURA DE DIAFRAGMA, INCREMENTO ACEITE	28-feb-21	22:00:00	03-mar-21	23:00:00	73:00	4380
150648236	70095407	18167286	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	COCLOCADO MANGUERA LUBRIC. DE DIAFRAGMA	19-feb-21	01:30:00	20-feb-21	04:00:00	26:30	1590
150625023	70095407	18158159	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	CAMBIO DE ACEITE SIST.PROPELENTE	17-feb-21	08:00:00	18-feb-21	18:00:00	34:00	2040
150565195	70095407	18139286	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	MANTTO PREV.MOTOR AUX.GEHO2	07-feb-21	13:10:27	09-feb-21	17:30:00	52:19	3140
150559753	70095407	18136632	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	CAMBIO DE VALVULAS Y ASIENTO	04-feb-21	09:00:00	05-feb-21	16:00:00	31:00	1860
150589915	70095407	18148705	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	INST.DIAFRAG YTRANSM.PRESION GEHO Nº2	02-feb-21	08:46:43	05-feb-21	22:56:00	86:09	5169
150561125	70095407	18137440	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	REV.CIRCUITO CONTROL PLC-220 STR	28-ene-21	09:00:59	31-ene-21	15:00:00	77:59	4679
150521641	70095407	18123780	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	FALLA DE SENSOR DE PRESION DE DESCARGA	23-ene-21	06:00:00	23-ene-21	09:00:00	3:00	180
150518042	70095407	18122356	BBA GEHO TZPM 1200 Nº 02	PRUEBAS DE ARRANQUE POR FALLA	21-ene-21	08:00:00	23-ene-21	22:00:00	62:00	3720
151975777	70095398	18671655	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	DEFICIENCIA DE BOMBEO, REGULACION DE LUZ	03-dic-21	08:30:00	04-dic-21	17:30:00	33:00	1980
151934669	70095398	18654484	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	CAMBIO DE IMPULSOR, REPAR. DE NIPLE POR FALLA	01-dic-21	08:30:00	04-dic-21	22:00:00	85:30	5130
151882956	70095398	18634121	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	CAMBIO DE EMPAQUE, POR FUGA DE CONCENTRA	15-nov-21	08:00:00	16-nov-21	19:00:00	35:00	2100
151625658	70095398	18533480	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	CAMBIO DE BOCINA DESGASTE Y REPOR. DE FALLA	11-oct-21	09:30:01	12-oct-21	20:00:00	34:29	2070
151444045	70095398	18467594	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	AJUSTE DE TAPA DE PORTAFOLIO	12-agosto-21	01:00:00	13-agosto-21	19:30:00	42:30	2550
151394962	70095398	18449118	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	CAMBIO DE COMPONENTES POR FUGA	30-jul-21	08:30:00	31-jul-21	17:00:00	32:30	1950
151293272	70095398	18410205	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	MAQUINADO DE PIN	12-jul-21	09:35:10	14-jul-21	21:00:00	59:24	3565
151195645	70095398	18373096	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	INSPECCION, HABILITADO DE PORTA FILTRO,	26-jun-21	08:00:00	27-jun-21	10:00:00	26:00	1560
150969160	70095398	18288367	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	AJUSTE Y REGULACION MOTOR BBA CARGA Nº1	05-may-21	07:00:00	08-may-21	21:00:00	86:00	5160
150905861	70095398	18151007	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	CORREGIR ALINEAMIENTO ANGULAR DE POLEAS	18-abr-21	23:45:15	20-abr-21	19:00:00	43:14	2595
150694337	70095398	18184246	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	INSP./YO CAMBIO COMPON POR FALLA	02-mar-21	04:00:00	04-mar-21	14:00:00	58:00	3480
150649122	70095398	18168077	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	INSP./YO CAMBIO COMPON POR FALLA	27-feb-21	09:00:00	28-feb-21	23:00:00	38:00	2280
150648238	70095398	18167298	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	AJUSTE DE EMPAQUE X FUGA DE CARGA	19-feb-21	04:00:00	19-feb-21	19:00:00	15:00	900
150310747	70095398	18044416	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	REVISAR BOMBA DEFICIENCIA DE BOMBEO	14-dic-21	17:00:00	15-dic-21	15:00:00	22:00	1320
150305579	70095398	18043531	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 01 (STR)	MANTTO. MAYOR DE MOTOR ELECTRICO	28-nov-21	12:00:00	30-nov-21	16:00:00	52:00	3120
151856491	70095400	18622486	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	MANTTO DE ARRANCADOR Y MANTTO DE VENTILA	08-nov-21	12:05:39	09-nov-21	00:00:00	11:54	714
151790044	70095400	18596421	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	PREV. CAMBIO DE BOCINA Y EMPAQUES	02-nov-21	08:00:00	04-nov-21	20:00:00	60:00	3600
151731621	70095400	18572638	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	AJUSTE DE MOTOR Y REVISIÓN DE BORNES-	10-oct-21	05:00:00	11-oct-21	16:00:00	35:00	2100
151583709	70095400	18520118	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	PREV. CAMBIO BOCINA, EMPAQUES 5/8, IMPUL	14-sep-21	08:00:00	14-sep-21	16:00:00	8:00	480
151444044	70095400	18467589	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	CAMBIO DE EMPAQUES	12-agosto-21	00:30:00	12-agosto-21	01:00:00	0:30	30
151392766	70095400	18447792	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	SE HABILITO E INSTALO NIPLE DE DESCARGA	30-jul-21	08:30:00	30-jul-21	17:00:00	8:30	510
151243251	70095400	18391965	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	CAMBIO DE EMPAQUES	09-feb-21	08:00:00	12-feb-21	22:00:00	86:00	5160
151197959	70095400	18374099	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	INSPECCION CAMBIO DE BOCINA	20-jun-21	09:00:00	20-jun-21	21:00:00	12:00	720
151182673	70095400	18368947	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	PREPARACION Y CAMBIO DE BOCINA	17-jun-21	08:00:00	19-jun-21	18:00:00	58:00	3480
151096740	70095400	18337581	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	MANTTO, CAMBIO DE BOCINA Y EXPULSOR	01-jun-21	08:30:00	02-jun-21	23:00:00	38:30	2310
151110086	70095400	18341796	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	MANTTO, CAMBIO COMPONENTES INTERNOS	27-dic-21	08:30:00	30-dic-21	16:00:00	79:30	4770
150999589	70095400	18287121	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	Revision del impulsor	27-may-21	08:00:00	27-may-21	18:00:00	10:00	600
151065531	70095400	18326187	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	REV.VENTEN TABLERO VARIADOR BBA CARGA2	24-may-21	08:00:00	24-may-21	12:00:00	4:00	240
151030024	70095400	18313280	BBACARGA WARMAN 8x6 Nº 02 (STR)	REPARACION CODD EN LINEA DE ALIMENTACION	13-may-21	22:00:00	14-may-21	01:00:00	3:00	180
150925800	70095400	18262184	BBACARGA WARMAN 8x							

Orden	Equipo	Aviso	Denominación	Descripción	Inicio avería	Hora	Fin avería	Hora	Duración parada (hora)	Duración (min)
152068869	70095430	18707911	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	Reparacion por soldadura base chumcera	25-dic-21	15:34:44	26-dic-21	00:00:00	8:25	505
151977871	70095430	18672120	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	MANTENIMIENTO PREVENTIVO (4M) MEGADO DE	12-dic-21	14:00:00	12-dic-21	17:00:00	3:00	180
151883721	70095430	18634130	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	CAMBIO DE EMPAQUES POR FUGA	21-nov-21	15:00:00	21-nov-21	18:30:00	3:30	210
151753075	70095430	18582094	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	ALINEAMIENTO DE BOMBA	15-oct-21	17:55:24	16-oct-21	23:00:00	29:04	1745
151704973	70095430	18561844	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	BOMBA GOULDS 1 STR - REVISION DE RTDS	04-oct-21	11:44:23	05-oct-21	00:00:00	12:15	736
151589523	70095430	18522135	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	FALLA OPERACIONAL, SE ENCUENTRA COSTAL E	12-sep-21	08:30:00	12-sep-21	17:30:00	9:00	540
151444048	70095430	18467603	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	MANTENIMIENTO DE BOMBA GOULDS	12-ago-21	16:00:00	13-ago-21	18:00:00	26:00	1560
151020949	70095430	18287122	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	MANTTO, CAMBIO RODAM., EMPAQUE, CHAVETA	12-may-21	08:30:00	12-may-21	17:30:00	9:00	540
150969206	70095430	18288402	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	INSP. Y REVISION DE MOTORES STANBYE	09-may-21	08:00:00	09-may-21	12:00:00	4:00	240
150865350	70095430	18250510	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	HABILIT.SO.PORT& INST. SREFLECT.LED GOULD	11-abr-21	09:02:03	11-abr-21	14:00:00	4:57	298
150866326	70095430	18250955	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	INSP.Y MANTTO DE PULSAD. BBAS GOULDS STR	03-abr-21	08:00:00	09-abr-21	18:00:00	154:00	9240
150729009	70095430	18197936	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	PRUEBAS DE CONFIGURACION Y CONTROL-SCADA	08-mar-21	08:00:00	09-mar-21	18:00:00	34:00	2040
150681366	70095430	18180359	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	VERIFICACION CONTROL DE VELOCIDAD SCADA	02-mar-21	16:30:00	02-mar-21	17:30:00	1:00	60
150564719	70095430	18138787	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	DESCONEX.TRASL.YMANTTO TABL.BBA GOULDS Nº1	02-feb-21	10:00:58	04-feb-21	13:30:00	51:29	3089
150513114	70095430	18120493	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	CONFIGURACION DE VARIADOR -CONTROL PRUEB	20-ene-21	16:00:00	20-ene-21	18:00:00	2:00	120
150494593	70095430	18114318	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	CONEXIONADO CABLE CONTROLVARIAD SCHNEIDE	18-ene-21	08:00:00	20-ene-21	18:00:00	58:00	3480
150488160	70095430	18112052	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	DESHABILITAR VARIADOR BOMBA GOULDS 01	14-ene-21	09:00:00	14-ene-21	18:00:00	9:00	540
150528702	70095430	18125443	BBA GOULDS 3410 Nº 01 (STR)	REVISION DE CIRCUITO DE CONTROL VARIADOR	06-ene-21	08:40:00	06-ene-21	17:45:00	9:05	545
151738973	70095432	18575124	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	MANTENIMIENTO Y CAMBIO DE COMPONENTES	12-dic-21	08:00:00	12-dic-21	16:00:00	8:00	480
151734354	70095432	18579362	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	REPARACION DE BOMBA, ROTURA DE EJE	10-oct-21	15:00:00	17-oct-21	18:00:00	171:00	10260
151395967	70095432	18449332	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	ELIMINACION DE FUGA EN TUBERIA DE 14", R	28-ago-21	08:30:00	30-ago-21	16:30:00	56:00	3360
151443519	70095432	18467573	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	CAMBIO BOMBA REPARADA EFICIENCIA DE BOM	11-ago-21	08:30:00	15-ago-21	15:00:00	102:30	6150
151194421	70095432	18336727	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	INSPECCION DE BOMBA, TRABAJA SIN FUGA OK	25-jun-21	09:00:00	25-jun-21	09:30:00	0:30	30
151072761	70095432	18328342	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	HABILIT. MONTAJE CONFIGURACION VDF	24-may-21	09:30:00	27-may-21	10:00:00	72:30	4350
150878207	70095432	18253957	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	CAMIO DE ILUMINACION. BBAS GOULDS	12-abr-21	10:07:39	12-abr-21	18:00:00	7:52	472
150466764	70095432	18103151	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	OPERATIV. Y TRASL. MOTOR 400HP A TALLER	11-ene-21	08:00:00	15-ene-21	17:00:00	105:00	6300
151194421	70095432	17870186	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	Mantenimiento general BOMBA Goulds Nº02	23-feb-21	10:07:45	24-feb-21	18:00:00	31:52	1912
151072761	70095432	17870689	BBA GOULDS 3410 Nº 02 (STR)	Medición de resistencias CABLE Y MOTOR ELECTRICO	15-nov-21	10:07:46	18-nov-21	18:00:00	79:52	4792
151834719	70095422	18614056	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	CAMBIO DE ELECTROVALVULAS, TABLERO	03-nov-21	12:02:41	05-nov-21	18:00:00	53:57	3237
151767540	70095422	18587069	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	Reemplazo de expulsor por desgaste.	19-oct-21	10:28:02	21-oct-21	21:00:00	58:31	3512
151729758	70095422	18572479	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	SE ACONDICIONA EMPAQUE EN NIPLA DE SUCCI	10-oct-21	09:00:00	10-oct-21	11:00:00	2:00	120
151720686	70095422	18569220	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	SOLDEO DE NIPLA DE MANOMETRO, AJUSTE DE	06-oct-21	02:00:00	06-oct-21	03:30:00	1:30	90
151395971	70095422	18449337	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	RETIRO DE TOBERA DE SUCCION, INST. DE AN	05-sep-21	13:30:00	09-sep-21	16:00:00	98:30	5910
151395936	70095422	18449318	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	CAMBIO ANILLO REDUCTOR Y EMPAQUE 1/2"	22-ago-21	15:00:00	26-ago-21	18:00:00	99:00	5940
151294442	70095422	18411082	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	CAMBIO DE ANILLO DE SACRIFICIO	10-jul-21	08:00:00	10-jul-21	12:00:00	4:00	240
151114777	70095422	18343892	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	CAMBIO DE MANGUERA TRELLEX 6"x 9m	02-jun-21	08:00:00	04-jun-21	20:00:00	60:00	3600
151031962	70095422	18313618	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	PREV.TIPO"A" INSP.Y/O CAMBIO COMPON(ZM)	22-may-21	08:30:00	23-may-21	17:30:00	33:00	1980
150969204	70095422	18288391	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	CAMBIOTABL.MOTOR BBA HR200 Nº1STR	02-dic-21	15:01:34	03-dic-21	20:00:00	28:58	1738
150625029	70095422	18151010	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	INSPECCION, SE VERIFA FUGAS	24-abr-21	10:00:00	27-abr-21	03:00:00	65:00	3900
150868002	70095422	18251425	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	INSP. VALV.AUTOM. BBA HR 200 Nº1	13-feb-21	10:00:00	14-feb-21	19:00:00	33:00	1980
150796548	70095422	18224590	BBA HR200 Nº01 (ESP-RELAVE)	REVISAR BOMBA DEFICIENCIA DE BOMBEO	25-mar-21	10:00:00	27-mar-21	18:00:00	56:00	3360
152068811	70095424	18707845	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	MANTTO. CORRECTIVO POR BAJA EFICIENCIA	21-dic-21	08:30:00	24-dic-21	18:00:00	81:30	4890
152089204	70095424	18714280	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	REPARACION Y CAMBIO DE COMPONENTES	02-feb-21	08:30:00	03-feb-21	18:30:00	34:00	2040
152052978	70095424	18702121	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	@Rellenado-maquinado eje bomba HR200	21-feb-21	13:53:17	24-feb-21	17:00:00	75:06	4507
152035157	70095424	18696032	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	CAMB. DE ANILLO SUCCION BOMBAB HR200	13-dic-21	08:20:00	14-dic-21	22:30:00	38:10	2290
152004785	70095424	18683882	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	CAMBIO DE MOTOR DE BOMBA HR-200 Nº 02	28-ene-21	07:22:03	30-ene-21	20:00:00	60:37	3638
152004313	70095424	18683807	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	REPARACION DE BOMBA, CAMBIO DE IMPULSOR,	10-dic-21	15:00:00	11-dic-21	18:00:00	27:00	1620
152006646	70095424	18684498	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	CAMBIO FAJAS DE TRANS. SV 1180 06 UNID.	09-jun-21	09:30:00	11-jun-21	18:00:00	56:30	3390
151912339	70095424	18645772	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	LIMP.TAPA VENT. Y MOTOR BBA HR200 02 STR	28-nov-21	15:00:00	29-nov-21	16:00:00	25:00	1500
151831528	70095424	18612441	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	INSTALAR LÍNEA A TIERRA EN TABLERO Y MOT	02-nov-21	08:00:10	02-nov-21	15:00:00	6:59	420
151716092	70095424	18567171	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	REPARACION, CAMBIO DE VOLUTA,BOCINA, DIS	06-oct-21	14:30:00	07-oct-21	05:00:00	14:30	870
151395969	70095424	18449335	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	REPARACION, CAMBIO DE EXPELLER, BOCINA Y	25-ago-21	08:30:00	25-ago-21	17:30:00	9:00	540
151443514	70095424	18467558	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	CAMBIO DE ANILLO DE SUCCION	10-ago-21	23:00:20	12-ago-21	12:00:00	36:59	2220
151395964	70095424	18449327	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	INSTALACION DE CHAVETA MANUAL EN VOLANTE	08-may-21	14:30:00	08-may-21	17:00:00	2:30	150
151294443	70095424	18411085	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	CAMBIO DE MECANISMOS-IMPULSOR, BOCINAS Y	10-jul-21	14:00:00	10-jul-21	18:00:00	4:00	240
151244051	70095424	18392726	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	SE INSPECCIONA TUBERIAS DE BOMBA	28-jun-21	15:00:00	28-jun-21	18:00:00	3:00	180
151065532	70095424	18326189	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	MANTTO PREV. MOTOR BOMBA HR 200 Nº2 STR	23-may-21	11:15:31	25-may-21	16:00:00	52:44	3164
150811563	70095424	18230346	BBA HR200 Nº02 (ESP-RELAVE)	CAMBIO DE ANILLO, INSP. DE TEMPLADOR	03-nov-21	23:30:00	06-nov-21	20:30:00	69:00	4140
152062160	70141743	18705781	ESPESADOR DE RELAVES 125'	REP. DE FUGA DE CARGA DE LINEA HDPE -STR	20-dic-21	08:00:00	24-dic-21	18:00:00	106:00	6360
152059680	70141743	18704656	ESPESADOR DE RELAVES 125'	GIRO DE MANGUERA HDPE STR 180°	19-dic-21	15:00:00	20-dic-21	19:00:00	28:00	1680
152008951	70141743	18685270	ESPESADOR DE RELAVES 125'	TRALADO DE MOTOR ELECTRICO DEL STR AL TA	18-feb-21	08:00:00	20-feb-21	21:00:00	61:00	3660
151891505	70141743	18636631	ESPESADOR DE RELAVES 125'	CONECTAR CABLE A TIERRA EL TABLERO ELÉCT	19-nov-21	08:00:00	21-nov-21	19:30:00	59:30	3570
151686894	70141743	18555497	ESPESADOR DE RELAVES 125'	MEDICIÓN DE CORRIENTE 4-20 mA, AJUSTE DE	18-feb-21	13:55:16	19-feb-21	21:00:00	31:04	1865
151686880	70141743	18554440	ESPESADOR DE RELAVES 125'	MANTTO Y VERIFICACIÓN DE ESTADO EN SCADA	30-sep-21	07:39:19	30-sep-21	21:00:00	13:20	801
151687658	70141743	18556110	ESPESADOR DE RELAVES 125'	MEDICIÓN DE CORRIENTE 4-20 mA, AJUSTE DE	25-sep-21	16:31:49	25-sep-21	22:00:00	5:28	328
151581210	70141743	18519281	ESPESADOR DE RELAVES 125'	ESTANDARIZACION DE CABLE BIPLASTOFLEX, L	11-may-21	09:54:41	11-may-21	20:00:00	10:05	605
151398753	70141743	18449872	ESPESADOR DE RELAVES 125'	CAMBIO DE NIPLA EN LINEA DE ALIMENTACION	03-nov-21	04:00:00	07-nov-21	19:00:00	111:00	6660
151395279	70141743	18449301	ESPESADOR DE RELAVES 125'	CAMBIO DE CONEXIÓN "Y" EN LINEA DE RELAV	08-ago-21	13:00:00	08-ago-21	18:00:00	5:00	300
151406507	70141743	18453547	ESPESADOR DE RELAVES 125'	REPAR. SOPORTE DE SISTEMA DE TRANSMISION	02-ago-21	01:30:00	04-ago-21	22:00:00	68:30	4110
151331402	70141743	18425786	ESPESADOR DE RELAVES 125'	SE REALIZA TRABAJOS PALIATIVOS PARA MITI	19-jul-21	14:00:00	19-jul-21	15:30:00	1:30	90
151188266	70141743	18371693	ESPESADOR DE RELAVES 125'	MANTENIMIENTO DE LIMIT SWICH VERIFICACIO	18-jul-21	07:32:35	18-jul-21	19:00:00	11:27	687
151142578	70141743	18352394	ESPESADOR DE RELAVES 125'	CAMBIO MALLA DE RECEPCION DE CARGA D E9	03-jun-21	12:06:51	04-jun-21	19:00:00	30:53	1853
151132651	70141743	18349018	ESPESADOR DE RELAVES 125'	SOLDEO DE BISAGRA DEL PORTON DE INGRESO,	07-jun-21	08:30:00	07-jun-21	12:30:00	4:00	240
151042989	70141743	18317374	ESPESADOR DE RELAVES 125'	AJUSTE DE TUBERIAxVALVULA PINCHxFUGA	17-may-21	13:00:00	17-may-21	18:00:00	5:00	300
150953113	70141743	18284145	ESPESADOR DE RELAVES 125'	REVISION DE NIVEL DE SOLIDOS EN ESPESADO	29-abr-21	10:00:49				

**ANEXO J. Operacionalización de variables.**

<b>OPERACIONALIZACION DE VARIABLES</b>			
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>V.I. Gestion de mantenimiento</b>	Gestion del mantenimiento es el conjunto de operaciones con el objeto de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el proceso por averias de máquinas y equipos.	Plan de mantenimiento	IMR (indice de mantenimientos realizados)  $IMR = \frac{OT\ Realizadas}{OT\ planificadas} \times 100\%$
<b>V.D. Disponibilidad</b>	Se define como la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido despues del inicio de su operación.	Procesamiento y analisis de datos	Analisis de datos extraidos de software SAP
		Relacion costo - beneficio	Analisis de datos extraidos de software SAP

ANEXO K. Matriz de Consistencia

DISEÑO DE PROPUESTA DE MEJORA PARA AUMENTAR LA **DISPONIBILIDAD** EN LA **GESTION DE MANTENIMIENTO** DE LA UNIDAD MINERA CERRO DE PASCO

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable Independiente</b>
¿La propuesta de mejora para la <b>gestión de mantenimiento</b> mejorará la <b>disponibilidad</b> en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco?	Diseñar las propuestas de mejora en la <b>gestión de mantenimiento</b> para mejorar la <b>disponibilidad</b> en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco	El diseño en la propuesta para la <b>gestión de mantenimiento</b> mejorará la <b>disponibilidad</b> en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco	<b>Gestión de mantenimiento</b>
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable Dependiente</b>
1) ¿Cuál es el diagnóstico situacional de la <b>disponibilidad</b> de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco? 2) ¿La propuesta de mejora requiere el procesamiento y análisis de datos de la <b>gestión de mantenimiento</b> para mejorar la <b>disponibilidad</b> de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco? 3) ¿El diseño de las cinco propuestas en la <b>gestión de mantenimiento</b> mejorará la <b>disponibilidad</b> de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco? 4) ¿Cuál es la relación costo- beneficio de la propuesta en la <b>gestión de mantenimiento</b> para mejorar la <b>disponibilidad</b> de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco?	1) Elaborar un diagnóstico situacional de la <b>disponibilidad</b> de los equipos en la unidad minera Cerro de Pasco. 2) Procesar y analizar los datos de la <b>gestión de mantenimiento</b> para mejorar la <b>disponibilidad</b> de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco. 3) Diseñar propuestas de mejora en la <b>gestión de mantenimiento</b> para mejorar la <b>disponibilidad</b> de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco. 4) Elaborar el análisis de relación costo – beneficio de la propuesta en la <b>gestión de mantenimiento</b> para mejorar la <b>disponibilidad</b> de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.	1) El diagnóstico situacional de los procesos mostrara la <b>disponibilidad</b> de los equipos del sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco. 2) El procesamiento de los datos bajo los cuadros estadísticos será fundamental en la <b>gestión de mantenimiento</b> para mejorar la <b>disponibilidad</b> de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco. 3) Existe un diseño de las cinco propuestas de mejora en la <b>gestión de mantenimiento</b> para mejorar la <b>disponibilidad</b> de los equipos en el sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco. 4) La elaboración y el análisis de la relación costo - beneficio mejorar la <b>disponibilidad</b> de los equipos en la <b>gestión de mantenimiento</b> del sistema de transporte de relaves en la unidad minera Cerro de Pasco.	<b>Disponibilidad</b>