



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESCARGA DE  
MINERAL PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD  
DESARROLLADA POR LA EMPRESA SERMEP S.A.C.”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER  
GAMBOA ROJAS ROBER RICAR**

**ASESOR  
MG. ING. ROGELIO ALEXSANDER LOPEZ RODAS**

**LIMA – PERÚ, ABRIL 2022**



## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitir estar con buena salud, a mis padres Silvestre Gamboa, Rosalía Rojas que, con su perseverante trabajo, ejemplo y paciencia, estuvieron y siguen apoyándome para lograr el título de ingeniero industrial.





## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, especialmente a mi esposa Edelmira Polo, que son mi inspiración en mis actividades diarias y son mi soporte emocional para protegerme ante las adversidades y lograr exitosamente la realización profesional. A mis amigos, que me apoyaron siempre.





## INTRODUCCIÓN

Las organizaciones en el mundo actual, miden sus factores productivos con sistemas sofisticados, con sistemas como el SAP, que globaliza cada proceso productivo, cada operación logística o toda la cadena logística, teniendo reportes en todas las formas y modelos que miden la productividad parcial o global de cada área. Los reportes de productividad, de eficiencia o de eficacia, los reportes contables y financieros hace uso de los sistemas de información para disponerlos en tiempo real. Eso es la base de las organizaciones de clase mundial, tener a la mano los indicadores de todos los procesos que se desarrollan en su cadena logística.

En las empresas peruanas, son muy pocas que hacen uso de potentes sistemas de información para poder tener la lectura de la productividad, en contraparte las empresas pequeñas difícilmente invierten en sistemas de apoyo para disponer de información en tiempo real.

La empresa Sermep S.A., socio estratégico de la Cía. Minera Poderosa S.A., realiza actividades cuyos reportes aún son manuales, y se consolidan de dos o tres días en una hoja de cálculo, las decisiones que se tomarían son en base a un análisis con un desfase de hasta una semana. La respuesta para la mejora continua, es lenta; lo que perjudicaría significativamente al rendimiento o productividad parcial o global de la empresa. La propuesta de mejora en las operaciones de descarga de mineral haciendo uso de los sistemas semi automáticos, generan alta rentabilidad.

Las actividades netamente manuales se harían en menor proporción con un análisis de mejora de métodos, revisando cada actividad en tiempo y mano de obra.

Finalmente, la productividad es la relación de los resultados y los recursos empleados en un proceso; por lo que, las operaciones de descarga de mineral se relacionan con el cumplimiento de la producción planificada por el cliente.





## RESUMEN

El trabajo de suficiencia profesional titulado “Optimización del proceso de descarga de mineral para el incremento de la productividad desarrollada por la empresa Sermep S.A.C.”, tiene por objetivo general optimizar el proceso de descarga de mineral para mejorar la productividad.

En el Capítulo I, se hace la descripción de la empresa con su visión y misión, se hace un análisis externo haciendo uso de la matriz FODA.

En el Capítulo II, se hace la descripción de la realidad problemática, encontrándose el incumplimiento de los planes de producción, con un 66.1% de la cantidad de producción requerida. Se describen los objetivo general y específicos.

En el Capítulo III, corresponden al desarrollo del proyecto. Intervienen los antecedentes a nivel internacional, nacional y local. Se describen las bases teóricas, aquellas teorías que darán sustento al desarrollo del proyecto. Se hace el diagnóstico indica que hay una deficiencia en la operación de descarga, hace uso de herramientas que requieren ser reemplazadas. En el plan de mejora se indica la implementación que mejoraría los niveles de productividad y el cumplimiento con los requerimientos del cliente. Se indican las conclusiones, que específicamente, corresponde a confirmar que la operación de descarga se ha optimizado, logrando una producción del 333.33 toneladas por hora, encontrándose en 133.33 toneladas por hora.

Palabras claves: producción minera, tolva de acumulación, pistón, productividad.





## ABSTRACT

The professional sufficiency work entitled "Optimization of the ore unloading process to increase productivity developed by the company Sermep S.A.C.", has the general objective of optimizing the ore unloading process to improve productivity.

In Chapter I, the description of the company with its vision and mission is made, an external analysis is made using the SWOT matrix.

In Chapter II, the description of the problematic reality is made, finding the non-compliance of the production plans, with 66.1% of the amount of production required. The general and specific objectives are described.

In Chapter III, they correspond to the development of the project. Antecedents at the international, national and local levels intervene. The theoretical bases are described, those theories that will support the development of the project. The diagnosis is made, it indicates that there is a deficiency in the download operation, it uses tools that need to be replaced. The improvement plan indicates the implementation that would improve productivity levels and compliance with customer requirements. The conclusions are indicated, which specifically corresponds to confirm that the unloading operation has been optimized, achieving a production of 333.33 tons per hour, being 133.33 tons per hour.

Keywords: mining production, accumulation hopper, piston, productivity.





## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>II</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XI</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA .....	1
1.2. PERFIL DE LA EMPRESA.....	1
1.3. ACTIVIDADES DE LA EMPRESA .....	2
1.3.1. Misión .....	2
1.3.2. Visión .....	2
1.3.3. Objetivos.....	2
1.4. ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	2
1.5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE LA EMPRESA.....	5
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>6</b>
<b>REALIDAD PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>6</b>





2.1.	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	6
2.2.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....	13
2.3.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
2.4.	OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	14
2.4.1.	Objetivo general.....	14
2.4.2.	Objetivos específicos .....	14
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>15</b>
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	.....	<b>15</b>
3.1.	DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO.....	15
3.1.1.	Antecedentes de la investigación.....	15
3.1.2.	Bases teóricas .....	18
3.1.3.	Bases normativas .....	20
3.2.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	21
3.2.1.	Proceso actual de descarga de mineral.....	21
3.2.2.	Cumplimiento de la producción.....	23
3.2.3.	Recursos para la producción en la estación de descarga.....	25
3.2.4.	Plan de mejora.....	26
3.2.5.	Resultados y Beneficios del plan de mejora .....	31
3.3.	DEL PROYECTO .....	33
3.4.	CRONOGRAMA DEL PROYECTO.....	34
3.5.	CONCLUSIONES .....	35
3.6.	RECOMENDACIONES .....	36





<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>39</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>40</b>





## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Logo de la Empresa SERMEP S.A. ....	1
<b>Figura 2</b>	Organigrama de la Empresa SERMEP S.A.....	4
<b>Figura 3</b>	Matriz FODA de la Empresa SERMEP S.A.....	5
<b>Figura 4</b>	Tolva de Madera para Acumulación de Mineral .....	6
<b>Figura 5</b>	Abastecimiento de Mineral a las Locomotoras .....	7
<b>Figura 6</b>	Diagrama de Operaciones de la Descarga de Mineral.....	8
<b>Figura 7</b>	Resultados del Diagrama de Operaciones del Proceso .....	9
<b>Figura 8</b>	Diagrama Causa - Efecto para la Problemática .....	11
<b>Figura 9</b>	Análisis de los 5W+1H para la Problemática de la Empresa.....	12
<b>Figura 10</b>	Flujo de la Descarga del Mineral .....	22
<b>Figura 11</b>	Cumplimiento del Plan de Producción.....	24
<b>Figura 12</b>	Diseño de Tolva de Acumulación de Mineral .....	27
<b>Figura 13</b>	Diseño del Sistema de Pistón Electrohidráulico .....	28
<b>Figura 14</b>	Vista del Pistón Electrohidráulico .....	29





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Datos de la Producción .....	21
<b>Tabla 2</b>	Indicadores de Productividad Actual.....	23
<b>Tabla 3</b>	Cumplimiento Mensual del Plan de Producción.....	24
<b>Tabla 4</b>	Recursos para la Descarga.....	25
<b>Tabla 5</b>	Indicadores de Productividad Mejorados .....	30
<b>Tabla 6</b>	Comparativo de Indicadores .....	31
<b>Tabla 7</b>	Flujo de Caja Económico del Proyecto .....	32
<b>Tabla 8</b>	Costo del Proyecto.....	33
<b>Tabla 9</b>	Cronograma de las Actividades del Proyecto .....	34

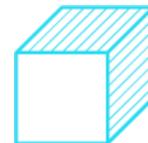




## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	Presupuesto del Sistema Semi Automático.....	40
<b>Anexo 2</b>	Modo de Emparejamiento .....	41
<b>Anexo 3</b>	Carrito Minero.....	42
<b>Anexo 4</b>	Carritos Mineros y Locomotora .....	42
<b>Anexo 5</b>	Sistema Pistón Electro Neumático .....	43
<b>Anexo 6</b>	Test de Evaluación Operador de Tolvas .....	44
<b>Anexo 7</b>	Operando el Sistema Pistón Electro Neumático.....	45
<b>Anexo 8</b>	Sistema Eléctrico de Comunicación .....	45
<b>Anexo 9</b>	Revisión del Tablero Eléctrico.....	46





## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES DE LA EMPRESA

#### 1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La empresa SERMEP S.A., inicia sus operaciones hace diez años, con las actividades de mantenimiento en campamentos de empresas mineras de la región La Libertad. Cuenta con una planilla de 56 trabajadores distribuidos en cuatro empresas mineras que son clientes.

*Figura 1*

*Logo de la Empresa SERMEP S.A.*



Fuente: (SERMEP, 2022)

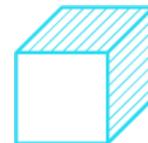
#### 1.2. PERFIL DE LA EMPRESA

La empresa SERMEP S.A., tiene dos servicios definidos; el servicio de mantenimiento de equipos convencionales en mina y servicios de obras civiles.

A la fecha la empresa hace el mantenimiento de los activos mineros de la compañía La Poderosa S.A., cuenta con un equipo de 57 operarios de mantenimiento; y para obras civiles cuenta con un equipo de 32 operarios.

La empresa está ubicada en la ciudad de Trujillo, en la calle los Pinos Mz. H, Lote 10.A. H. Virgen de la Puerta.





### 1.3. ACTIVIDADES DE LA EMPRESA

#### 1.3.1. Misión

SERMEP S.A., brinda servicios de mantenimiento y extracción de mineral respetando las legislaciones peruanas vigentes y con el compromiso de cumplir los servicios con calidad, tiempo oportuno y costos competitivos.

#### 1.3.2. Visión

Ser la empresa tercerizadora de servicios de mantenimiento reconocida por los clientes y la comunidad como una empresa de clase mundial en todas sus operaciones, brindando calidad y confianza y siendo sostenibles con el medio ambiente.

#### 1.3.3. Objetivos

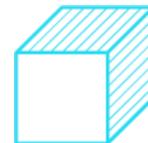
Los objetivos de la empresa son:

- Incrementar los ingresos en un 10% anual, generando una rentabilidad para los socios y sus colaboradores.
- Trabajar con proveedores estratégicos para reducir el costo de abastecimiento en un 4% anual.
- Establecer un calendario de capacitación del personal operativo para incrementar la productividad en un 10%.
- Implementar mejora de métodos en las actividades operativas de carga y descarga de mineral.

### 1.4. ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

**Gerente General**, es la máxima autoridad de la organización, tienen a su cargo a todo el personal de la organización. Es responsable de la mejora de la rentabilidad y la sostenibilidad de la empresa, lograr la permanencia en el





mercado consolidando una creciente cartera de clientes. Planifica el crecimiento de la empresa y genera planes de inversión.

**Administrador**, tiene a su cargo a las áreas de compras y contabilidad. Es responsable de la búsqueda de proveedores locales, nacionales e internacionales. Planifica la compra de activos para la empresa en coordinación y comunicación con la gerencia general. Es responsable del aprovisionamiento de suministros diversos a las zonas de trabajo. Emite los reportes de los EEFF de la empresa. Realiza y evalúa el presupuesto mensual de la empresa.

**Supervisor general**, es la máxima autoridad a nivel operativo en la empresa, el perfil corresponde a un ingeniero minero con más de 15 años de experiencia y con buena reputación. Es responsable de la ejecución de los proyectos en el cliente. Tiene a su cargo al equipo de Seguridad y Salud Ocupacional y al equipo del residente. Es responsable del rendimiento o desempeño del personal y de hacer uso eficiente de la disponibilidad de recursos logísticos y de mano de obra. Reporta directo a la gerencia general con los indicadores de productividad. Realiza, asimismo, planes de oportunidad de mejora en campo.

**Analista SIG**, es responsable de la documentación, organización de los procedimientos en la empresa. En cada proyecto que tiene la empresa, logra la coordinación con responsable SIG del cliente para que en conjunto emitan un procedimiento de trabajos y actividades que correspondan al trabajo seguro, condiciones ambientales adecuadas y actos seguros con el uso de equipos, herramientas especializadas para evitar desviaciones en la salud ocupacional del personal.

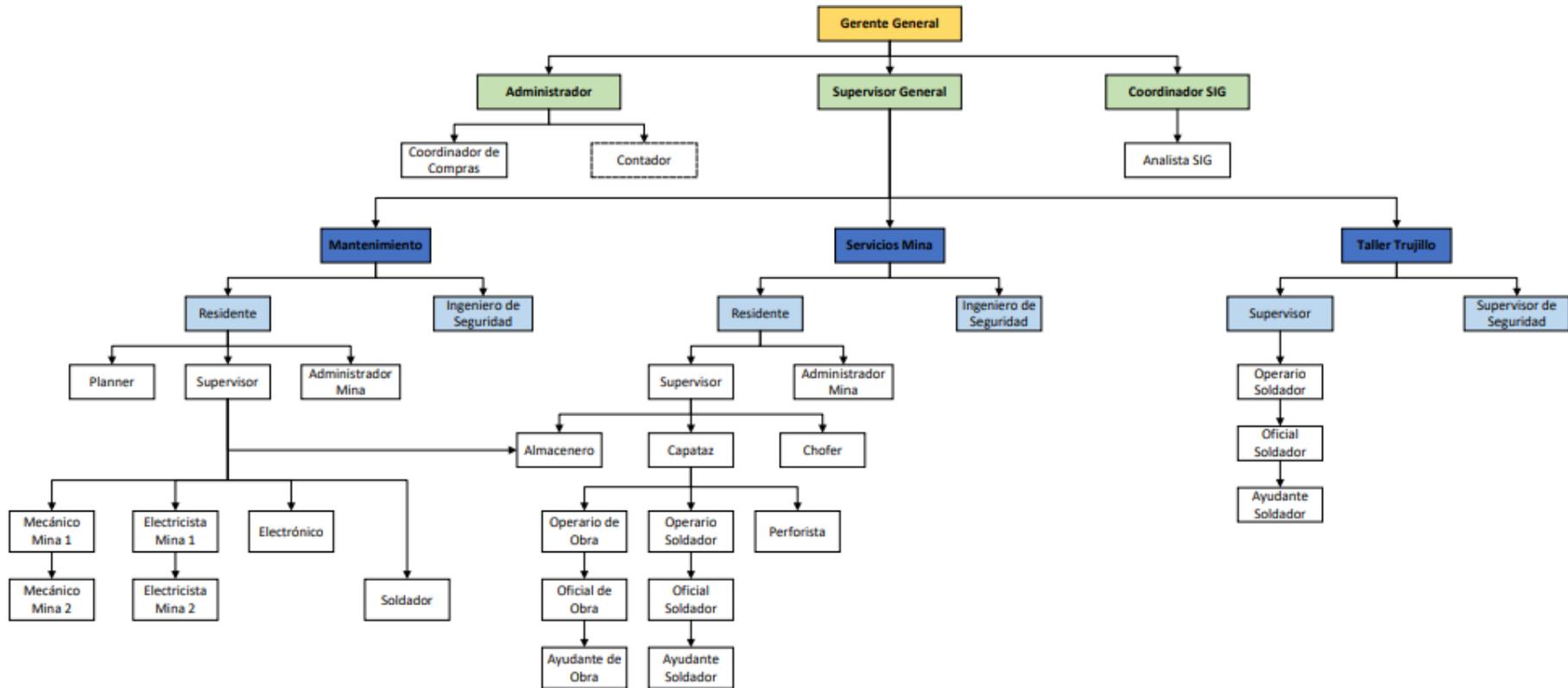
**Capataz**, personal de confianza que es responsable de un equipo de trabajadores en interior de mina. Lleva el control de los tareas del personal, tiempos de descanso, uso de equipos para desarrollar actividades, complementa actividades de apoyo en mina.

En la figura 2, se observa el organigrama de la empresa.





**Figura 2**  
Organigrama de la Empresa SERMEP S.A.



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





## 1.5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE LA EMPRESA

**Figura 3**

*Matriz FODA de la Empresa SERMEP S.A.*

<p><b>FACTOR INTERNO</b></p> <p><b>FODA</b></p> <p><b>FACTOR EXTERNO</b></p>	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
	<p>F1: Empresa experimentada en el mantenimiento de maquinaria pesada y servicios de extracción</p> <p>F2: Cuenta con activos para el desarrollo de los servicios</p> <p>F3: Cuenta con un sistema de reclutamiento de personal capacitado para actividades en mina</p> <p>F4: Gerencia comprometida con el cumplimiento de pago a colaboradores y proveedores</p>	<p>D1: Bajo nivel de productividad en las zonas de carga y descarga de mineral</p> <p>D2: Dispone de un plan de mantenimiento básico para realizar los servicios en las unidades mineras</p> <p>D3: Bajo nivel de supervisión en las actividades de carga y descarga de mineral</p>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>ESTRATEGIAS - FO</b>	<b>ESTRATEGIAS - DO</b>
<p>O1: Crecimiento de las unidades mineras en la zona de La Libertad</p> <p>O2: Demanda del servicio de mantenimiento de maquinaria pesada</p>	<p>FO1: Implementar el valor agregado a las operaciones de mantenimiento y extracción minera</p>	<p>DO1: Optimizar las operaciones de carga y descarga</p>
<b>AMENAZAS</b>	<b>ESTRATEGIAS - FA</b>	<b>ESTRATEGIAS - DA</b>
<p>A1: Ingreso de actividad minera informal</p> <p>A2: Conflictos entre empresas informales por la captación de personal a bajo costo</p> <p>A3: Presencia de lluvias torrenciales que impeden el paso del transporte con suministros</p> <p>A4: Incertidumbre de cierre de campamentos mineros por la inestabilidad política del país</p>	<p>FA1: Promover un buen clima organizacional</p>	<p>DA1: Mejorar el plan de mantenimiento para un servicio de calidad</p>

Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





## CAPÍTULO II

### REALIDAD PROBLEMÁTICA

#### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La productividad en toda organización relaciona el resultado obtenido frente a los recursos utilizados. Este indicador de producción va evaluando el desempeño del personal, de los recursos materiales, el uso de los equipos de acarreo de mineral y cómo va la variación de la rentabilidad de la empresa. En la empresa Sermep S.A., se cuenta con personal en interior de mina para realizar la descarga del mineral, que son piedras producto de la aplicación de explosivos.

Luego de la aplicación de los explosivos el mineral es acumulado mediante carritos a la tolva de acumulación. La tolva de acumulación está preparada para almacenar en promedio 3,000 toneladas (figura 4).

**Figura 4**

*Tolva de Madera para Acumulación de Mineral*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)

El mineral acumulado debe ser llenado en las locomotoras, esta operación es manual, se trabajan con 4 a 6 operarios dispuestos con palas, picos y combas.





**Figura 5**

*Abastecimiento de Mineral a las Locomotoras*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)

Una locomotora consta de 10 carros, que en total tienen una capacidad de 30 toneladas. Las locomotoras salen con el mineral a una velocidad de 15km/h, recorriendo entre 2 a 5km para lograr salir a la superficie. En la superficie, ya corresponde a otra operación que es el llenado de camiones con responsabilidad de la Cía. Minera La Poderosa S.A.

La actividad de descarga de mineral consiste en:

- Luego de la explosión realizada con dinamita, las piedras son acarreadas a la tolva de almacenamiento haciendo uso de palas y barretillas
- Las piedras de diversos tamaños son almacenadas en la tolva, con capacidad de 35mil toneladas.
- En la tolva, el personal golpea o chanca la piedra para reducirla relativamente de tamaño y acercarla a la boca del túnel de descarga.
- Se procede con la descarga y el llenado de los carritos mineros de capacidad 3 toneladas. Una locomotora se llena con 10 carritos mineros.

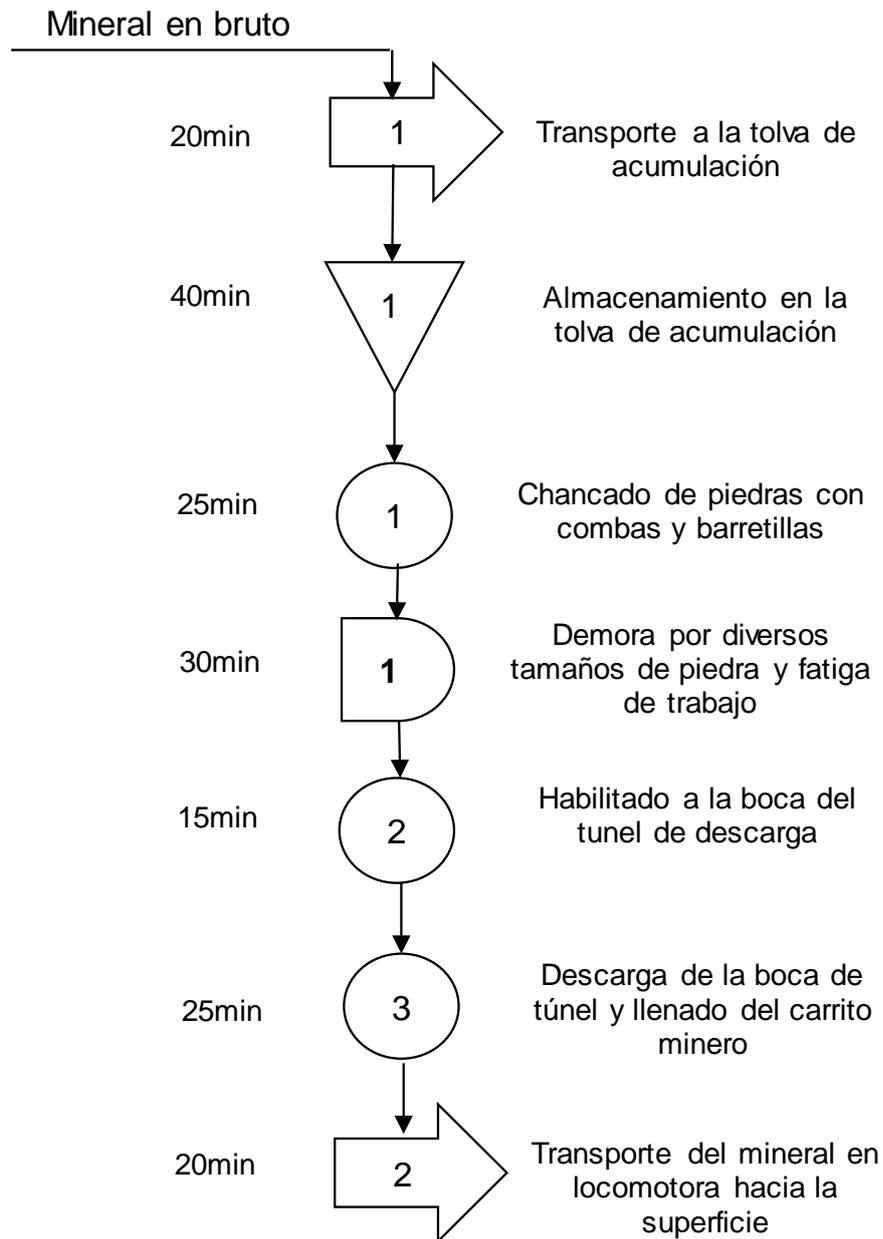




- La locomotora se traslada a la superficie, llevando 30 toneladas de mineral.

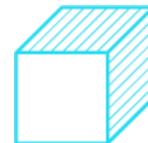
**Figura 6**

*Diagrama de Operaciones de la Descarga de Mineral*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





**Figura 7**

*Resultados del Diagrama de Operaciones del Proceso*

<b>Operación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (min)</b>
	3	65
	2	40
	1	40
	1	30
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>175</b>

Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)

En la figura 6, se tiene el Diagrama de operaciones que en resumen son 7 operaciones con un tiempo de 175min. Trabajan el paralelo 4 locomotoras que llevan en total 120 toneladas de mineral a la superficie; para luego disponerlos para el proceso de chancado en planta, con responsabilidad de la Cía. Minera La Poderosa.

#### **Lluvia de ideas.**

- No se registran los tiempos de las actividades
- Hay indicadores de producción que no se analizan
- No se cumple con el plan de producción para el cliente
- Sistema de trabajo muy agotador
- No se aprovecha la capacidad instalada
- Locomotoras en cola de espera
- Estructura de la tolva tiene madera desgastada
- Combas y barretillas desgastadas
- El personal tiene actividad rutinaria





- Personal con fatiga
- No existen un plan de incentivos, ni capacitación
- Zona de trabajo muy húmedo
- Bajo nivel de iluminación
- Zona de trabajo lleno de polvo

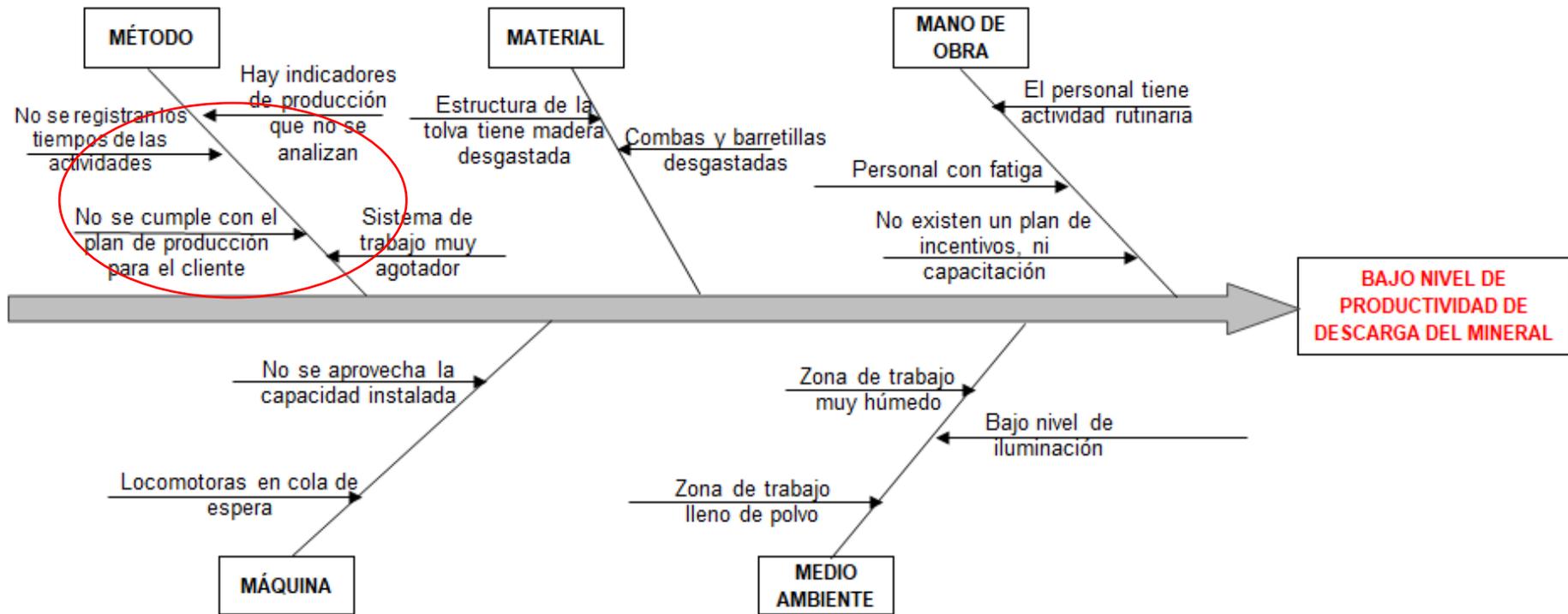
En la figura 7 se visualiza el diagrama causa efecto para la problemática; determinándose que el problema radica en bajo nivel de productividad en la descarga del mineral.





**Figura 8**

Diagrama Causa - Efecto para la Problemática



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





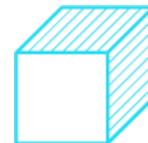
**Figura 9**

*Análisis de los 5W+1H para la Problemática de la Empresa*

WHAT?	WHY	WHO	WHERE	WHEN	HOW
¿QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿QUIÉN?	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?	¿CÓMO?
Optimizar el proceso de descarga de mineral para mejorar la productividad	Descarga de mineral se hace manualmente, demoras en el llenado de la locomotora y no se aprovecha la capacidad instalada de la tolva	Supervisor de Producción en mina	En la zona minera del cliente Cía. Minera La Poderosa S.A.	Con el cronograma aprobado el gerente general. Fecha inicio: 11 Nov. 2021, con un plan de duración de 60 días calendarios	Análisis de la productividad actual, diagrama de procesos y tiempos de cada actividad. Evaluación de los equipos y herramientas de trabajo. Propuesta del Plan de mejora

Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





En la figura 8, se visualiza la aplicación de la herramienta de los 5W+1H, que permite hacer preguntas y relacionar las causas y efectos que generan el problema del bajo nivel de productividad en las actividades de descarga de mineral.

## **2.2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

La productividad en la empresa es de vital importancia, se miden los resultados obtenidos en un proceso frente a los recursos utilizados. El resultado diario representa un incumplimiento con el objetivo diario del cliente. Con el proceso actual se presentan:

Demoras en el proceso de habilitación al túnel de descarga, el personal moviliza las piedras de tamaños diversos, siendo una operación muy rutinaria, del alto nivel de fatiga y con las condiciones de humedad y polvo, no se lograría el objetivo.

- El llenado de los carritos mineros se hace intermitente, puesto que dependen de la cantidad de mineral que se acerca a la boca del túnel para llenar el carrito.
- Se generarían colas de espera de las locomotoras, alcanzando un alto nivel de sub utilización de la capacidad instalada.

En consecuencia, por lo explicado en la descripción de la realidad problemática, se plantea lo siguiente:

¿La mejora en el proceso de descarga mediante la aplicación de la semi automatización lograría la mejorar la productividad de descarga de mineral?

## **2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La mejora del proceso de descarga, mediante la semi-automatización, lograría incrementar la productividad de descarga de mineral.





## **2.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **2.4.1. Objetivo general**

Optimizar el proceso de descarga de mineral para mejorar la productividad.

### **2.4.2. Objetivos específicos**

- Diagnóstico del proceso actual de descarga de mineral.
- Determinar el nivel de cumplimiento del programa de producción diaria o mensual.
- Identificar los recursos que intervienen en el proceso de descarga, calificando el estado de cada uno de estos recursos.
- Determinar la inversión en el plan de mejora para optimizar el proceso de descarga de mineral.
- Determinar los beneficios del incremento de la productividad para la empresa.





## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO

##### 3.1.1. Antecedentes de la investigación

###### Antecedentes internacionales

En la tesis de (Castro F. , 1985)", titulado "Procedimiento constructivo y maquinaria utilizada en la elaboración de carpetas de concreto asfáltico" menciona:

En relación a las zarandas vibratorias, que la eficiencia de una zaranda en su primera cubierta es de un 90 % a 95 %, este porcentaje representa a las partículas menores que los orificios de la-criba logran pasar. Para la segunda cubierta la eficiencia baja a un 85 % y a un 75 % para la tercera. Además, la capacidad de una malla vibratoria se calcula en las toneladas de material que pasan a través de un pie por hora.

En concordancia con el texto citado, se explica que han hecho uso de los indicadores de eficiencia. Esto es importante dado que la eficiencia mide el resultado esperado con relación a un recurso utilizado. Para el caso del proyecto, que explica la relación de la producción que se genera en un sistema tradicional (tolva de madera) genera un esfuerzo sobredimensionado al personal; en cambio con el sistema propuesto harían uso de las herramientas solo para empujar con un esfuerzo mínimo dado que se tiene una tolva metálica con un sistema de rieles para el movimiento de las piedras de mineral.

###### Antecedentes nacionales

Según la tesis de (Vega Rosales, 2019) titulada "Incremento de la productividad en el tonelaje movido mediante la aplicación de la mejora





de métodos en una empresa minera”, tuvo como pregunta ¿Cómo influye la mejora de métodos de trabajo en la productividad en el tonelaje movido del área de operaciones en una empresa minera?; la solución de problema consistió:

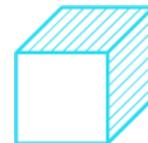
Pudieron identificarse las distintas fuentes de tiempos improductivos en el área de operaciones de la empresa minera, las principales son: Falla de equipos, problemas con neumáticos, fallas en los sistemas de medición, cansancio por operación de equipos, falta de compromiso de los colaboradores, demoras en el cambio de guardia y procedimientos no documentados. Luego de una evaluación se decidió enfocar la mejora en la demora en los cambios de guardia. Con la mejora de métodos la productividad mejoró en 36.5%.

En concordancia con el texto citado, en todo proceso se encuentran tiempos improductivos que se explican por diversos factores, algunos como el recorrido de una estación a otra por una inadecuada distribución de las máquinas y estaciones de trabajo. Otro por tiempos muertos al calibrar las máquinas, en el mismo sentido, en las actividades mineras se producen tiempos innecesarios dado que el túnel de descarga no tiene la capacidad para llenar a las locomotoras que tienen 10 carritos mineros; generando que el cumplimiento de la producción sea por debajo del 70%. Con la aplicación de un sistema o método de trabajo se puede optimizar el proceso de descarga.

Según la tesis de (Huaroc, 2014) titulada “Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.” plantea:

“El uso de indicadores claves para optimizar los procesos de carguío y acarreo y también el uso de estos para controlar la producción y los costos debido a que todos





estos controles conllevarían al incremento de la producción, mejorando además la calidad de vida de los operarios”

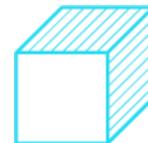
Según el texto citado, hace referencia al uso de indicadores de gestión, entre estos, específicamente orientados a la productividad. Los indicadores que se implementen en una empresa para una determinada área o proceso, va a contribuir en la mejora constante. La evidencia de medir los resultados va a permitir tomar decisiones de mejora continua, estandarizar un proceso y controlarlo.

Según la tesis de (Mercado Silva & Marín Chipana, 2021) Análisis de los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en Compañía Minera Kolpa S. A. – 2021, tiene por objetivo general y hace la descripción siguiente:

Analizar los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en la Compañía Minera Kolpa S. A. El análisis de Pareto, se realizó en el equipo de acarreo dumper DU-01, el cual considera una disminución en la disponibilidad de 4 % y un incremento en la utilización de 1 3% durante el periodo de estudio. El descenso de la disponibilidad está asociada directamente a los problemas mecánicos y eléctricos del equipo, con incidencia del 12.21 % y 2.86 % respectivamente.

En concordancia con el texto citado, para la mejora continua hace uso del análisis de Pareto para cada sub proceso, identificando las causas más importantes que hayan generado las deficiencias. Se estima conveniente hacer uso del mismo análisis aplicado al presente TSP para determinar las causas que representan al 80% del total de las frecuencias.





### **Antecedentes locales**

Según la tesis de (Cerna Ríos, 2021) titulado “Productividad y costos de una Zaranda Vibratoria y Excavadora 336DL en la preparación de arcilla para el revestimiento de un botadero en Mina La Arena”, describe que:

A la actualidad se tiene 20.6 hectáreas de superficie del botadero para revestimiento, los cuales se requiere 68 mil m<sup>3</sup> de arcilla y posteriormente se tiene planificado ampliar el botadero y por ende se necesitará mayor producción de arcilla. Con la aplicación de herramientas de planificación de la producción, en la presente investigación se deseó analizar con mayor precisión la productividad de la excavadora CAT 336 DL y la zaranda vibratoria Metso ST 4.8 en preparación de arcilla para elegir el mejor equipo para dicho fin.

En concordancia con el texto citado, el tesista hizo uso de las herramientas de planificación de la producción para lograr la mejora en la productividad. Esto es importante, dado que demuestra que el uso por ejemplo del diagnóstico de la producción y su cumplimiento con lo planificado, el uso de recursos para la realización de las actividades y la aplicación de un plan de mejora, lograría optimizar las operaciones y eso se demuestra con la medición de la productividad parcial y global.

#### **3.1.2. Bases teóricas**

Según (Cruz, 2016) nos define que la planificación minera es la aplicación de los distintos métodos de planificación en la técnica de la minería a cielo abierto y subterránea, siendo su objetivo principal el de planificar, proyectar y determinar mejor el plan de minado, sujeto al mejor conocimiento del yacimiento, ley de mineral, diseño del método de explotación, aplicación de las condiciones geomecánico del yacimiento, mayor extracción de reservas minerales y aplicar criterios





económicos dinámicos para optimizar la utilidad por venta de productos minerales.

También encontramos a Newman, et al. (2010), “*la minería es el proceso de extracción de minerales concentrados su principal finalidad es obtener beneficio para una determinada empresa minera y a las restricciones físicas, geológicas y medioambientales que el yacimiento presente*”. En la empresa, se tiene la misión de recuperar las piedras o minerales en la tolva de acumulación y llevarlo al túnel de descarga.

### **Planificación en una empresa minera**

Según (Herrera & Plá, 2001) nos define, para el caso de una empresa minera, en la planificación se define el plan minero de producción, en dicho plan identifica el origen, la cantidad y la calidad de material a beneficiar, como también las estrategias, tiempos y recursos requeridos para la materialización de lo programado.

### **Productividad y eficiencia**

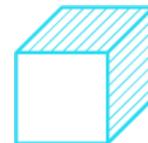
En toda empresa se hacen uso de estos dos indicadores muy importantes que miden el comportamiento del uso de los recursos y los resultados de un proceso; en la economía como en la ingeniería la productividad se define como la relación entre las salidas de un proceso con los insumos dedicados al mismo, por lo tanto:

$$Productividad = \frac{Producción\ de\ Suelas}{Total\ Costo\ MO + Total\ Costo\ Materiales}$$

### **Eficiencia Total del Equipo (OEE)**

La eficiencia total del equipo, en inglés “Overall Equipment Efficiency” (OEE); es un indicador que logra visualizar, reducir y/o eliminar causas más comunes de pérdida de eficiencia en un proceso productivo.

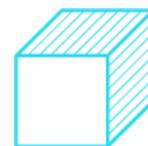




### 3.1.3. Bases normativas

- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. D.S. 023. 2017 E.M. El presente reglamento tiene como objetivo prevenir la ocurrencia de incidentes, incidentes peligrosos, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, promoviendo una cultura de prevención de riesgos laborales en la actividad minera. Para ello, cuenta con la participación de los trabajadores, empleadores y el Estado, quienes velarán por su promoción, difusión y cumplimiento. (MINEM, 2021). La aplicabilidad de este reglamento se da en el artículo 2, 5 y 6; los cuales describen para la explotación (desarrollo, preparación, explotación propiamente dicha, depósitos de minerales, desmontes y relaves, entre otros); al sistema de transporte minero (fajas transportadoras, tuberías o mineroductos, cable carriles, entre otros); y, la labor general (ventilación, desagüe, izaje o extracción, entre dos o más concesiones de diferentes titulares de actividades mineras).
- Cumplimiento de la normativa para uso de explosivos. A través de la Resolución de Superintendencia N°123-2020-SUCAMEC, se aprobó la Directiva que regula las condiciones y medidas de seguridad de las instalaciones de almacenamiento de explosivos para la presentación de la solicitud de autorización de almacenamiento de explosivos y materiales relacionados (EMR). Caben resaltar los siguientes puntos: Condición mínima para las personas naturales, así como para los accionistas, directivos y representantes legales de las personas jurídicas que solicitan autorizaciones para actividades de EMR: no registrar antecedentes policiales, ni penales por delitos dolosos; no haber sido sentenciado con condena judicial firme y consentida por delito doloso; presentar certificado de estar en capacidad física y psicológica para la manipulación de EM. (Seguridad, 2020)





## 3.2. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 3.2.1. Proceso actual de descarga de mineral

El proceso de descarga se observa en la figura 9. Inicia con una operación manual de acarreo de piedras de diversas dimensiones, los operarios haciendo uso de herramientas como palas, picos y barretillas acercan el mineral a la tolva de acumulación. Mediante un mecanismo diseñado para la descarga, se abren los palos de madera ubicados en la boca del túnel y se produce la descarga para cara carrito minero hasta completar los 10 carritos que conforman la locomotora. Terminado de llenar las locomotoras, éstas se mueven por rieles una longitud de hasta 5km para salir a la superficie.

**Tabla 1**

*Datos de la Producción*

Núm. Viajes/día	Núm. Horas	Num. Turnos	Toneladas /día	TM/hora
80	18	2	2400	133.33

Fuente elaboración propia (Gamboa Rojas, 2022)

En la tabla 1, se observa la producción que realizan diariamente, trabajan 10 locomotoras y cada una hace 8 viajes por día. En total se tienen 80 viajes que acumulan unas 2400 toneladas por día.

En la empresa se trabajan en dos turnos, el primer turno inicia actividades desde las 13horas hasta las 22horas, el segundo turno inicia a las 23 horas hasta el día siguiente que cierra a la 8horas. En total se contabilizan 9 horas por turno.

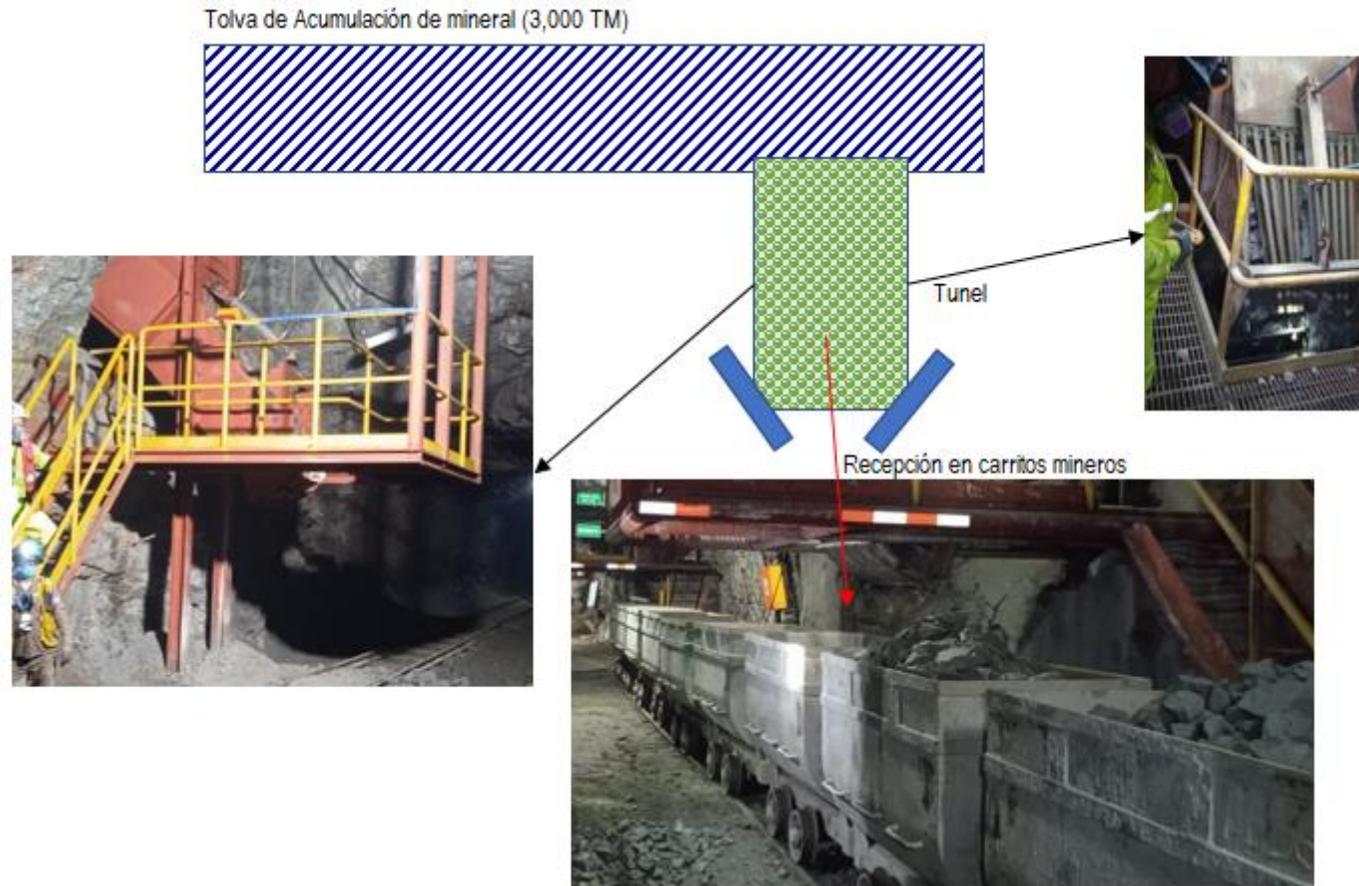
Cada locomotora, acarrea un total de 30 toneladas por viaje, por lo que cada día tienen una producción de 2400 toneladas por día.

El cliente tiene un requerimiento promedio de 98mil toneladas mensuales. Con el sistema actual se le puede atender sólo con el 66.1%



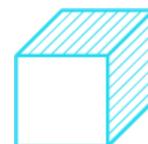


**Figura 10**  
*Flujo de la Descarga del Mineral*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





### 3.2.2. Cumplimiento de la producción

En la tabla 2, se visualiza la productividad en el escenario actual. Se observa que hay déficit de 33,200 toneladas mensuales. Esto evidencia un problema en las operaciones de descarga de mineral. Puesto que, la tolva de acumulación trabaja con un sistema tradicional, con 26 operarios y con las explosiones diarias, se tiene una capacidad instalada de 3000 toneladas por día.

**Tabla 2**  
*Indicadores de Productividad Actual*

Núm. Viajes/día	Núm. Horas	Num. Turnos	Toneladas /día	TM/hora
80	18	2	2400	133.33
<hr/>				
Total horas x mes	486			
Núm. Días x mes	27			
Cantidad de personal	40			
Costo de Mano de Obra			<b>131040</b> sol/mes	
Capacidad instalada en TM por mes			<b>64800</b>	
Requerimiento TM/mes			<b>98000</b>	
Déficit por mes			<b>33200</b>	
% Cumplimiento			<b>66.1%</b>	
<hr/>				
<b>Productividad Mano de Obra</b>			<b>1620.00</b> TM/op. Mes	
			<b>3.3333</b> TM/H-H	
			<b>0.4945</b> TM/sol MO	

Fuente elaboración propia (Gamboa Rojas, 2022)

Para evaluar el cumplimiento de la producción, se tiene el registro de datos en la tabla 3. Para un periodo anual, se ha registrado la producción mes a mes y se ha proporcionado, evaluando el cumplimiento promedio en un 66.1%.





Este nivel de cumplimiento se explicaría por el método manual con la que se realiza la descarga. Demoras que se presentan para habilitar los procesos en la boca del túnel.

**Tabla 3**

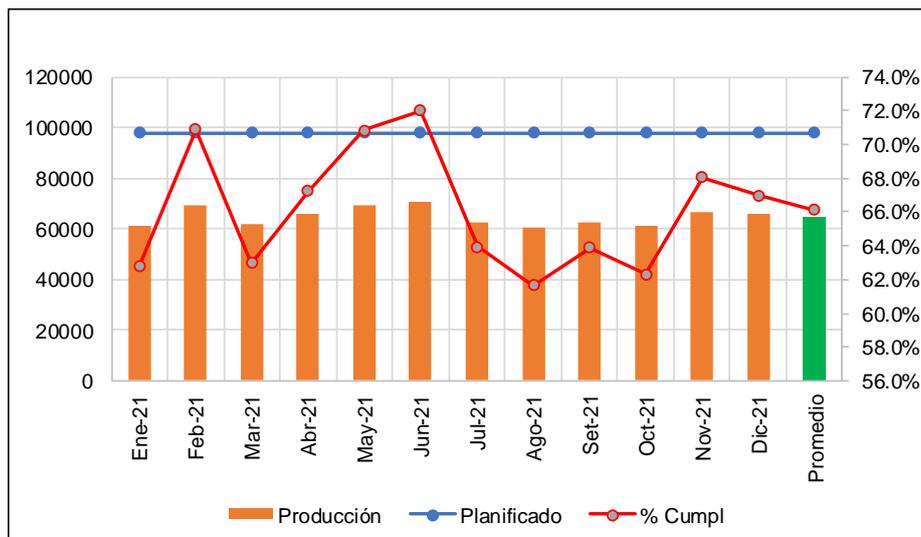
*Cumplimiento Mensual del Plan de Producción*

Mes	Planificado	Producción	% Cumpl
Ene-21	98000	61508	62.8%
Feb-21	98000	69442	70.9%
Mar-21	98000	61716	63.0%
Abr-21	98000	65899	67.2%
May-21	98000	69399	70.8%
Jun-21	98000	70556	72.0%
Jul-21	98000	62664	63.9%
Ago-21	98000	60415	61.6%
Set-21	98000	62596	63.9%
Oct-21	98000	61061	62.3%
Nov-21	98000	66704	68.1%
Dic-21	98000	65640	67.0%
<b>Promedio</b>	<b>98000</b>	<b>64800</b>	<b>66.1%</b>

Fuente elaboración propia (Gamboa Rojas, 2022)

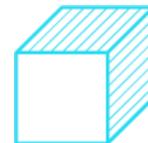
**Figura 11**

*Cumplimiento del Plan de Producción*



Fuente elaboración propia (Gamboa Rojas, 2022)





En la figura 9, se observa a la barra de color verde, que se refiere a la producción promedio de 98,000 toneladas de mineral planificados. El cumplimiento porcentual se observa en la línea roja que va en el intervalo entre el 60% y 72%.

### 3.2.3. Recursos para la producción en la estación de descarga

**Tabla 4**  
*Recursos para la Descarga*

Nombre	Cantidad	Buen estado	Para cambio	Presupuesto
Palas	20	10	10 S/	530.0
Barretillas	4	3	1 S/	25.0
Combas	12	10	2 S/	36.0
Picos	22	18	4 S/	64.0
Carretillas	6	4	2 S/	272.0
Santiago (alineador)	13	8	5 S/	90.0
Seguros de carros minero:	25	16	9 S/	144.0
Gatas encarriladoras	6	4	2 S/	290.0
Tecles mecánico	6	5	1 S/	256.0
<b>Total</b>			<b>S/</b>	<b>1,707.0</b>

Fuente elaboración propia (Gamboa Rojas, 2022)

En la tabla 4, se muestran el presupuesto de las herramientas necesarias para realizar las actividades de descarga, se cuentan con herramientas en buen estado y otras que requieren cambio, el requerimiento tiene un presupuesto de 1,707.0 soles.

Con ese presupuesto, se coordinaría con logística para las compras oportunas de cada una de las herramientas y ponerlos a disposición del área de producción minera.





### 3.2.4. Plan de mejora

La implementación de la mejora contempla cambiar el sistema tradicional, que a la fecha está construido de madera, y material de fierro negro para los soportes, el cual no permite que las piedras o mineral se puedan trasladarse con facilidad, se requiere el esfuerzo de operarios y uso de herramientas como palas, picos y barretillas.

El sistema propuesto es implementar una mesa de acumulación con un sistema de rieles para que el mineral avance a la boca superior de un túnel. Asimismo, implementar un túnel con un sistema electrohidráulico, el cual va a permitir abrir la boca del túnel mediante un emparejamiento remoto entre el receptor y emisor.

#### a) Mesa o tolva de acumulación

La tolva de acumulación de mineral es una zona construida de metal, con un área de 200m<sup>2</sup>, que contiene unos rieles a lo largo, y que van a permitir el fácil desplazamiento de las piedras de mineral y van a llegar a la boca del túnel de descarga. Las piedras son empujadas con esfuerzo adecuado de los operarios, haciendo uso de las herramientas como las palas, picos y barretillas.

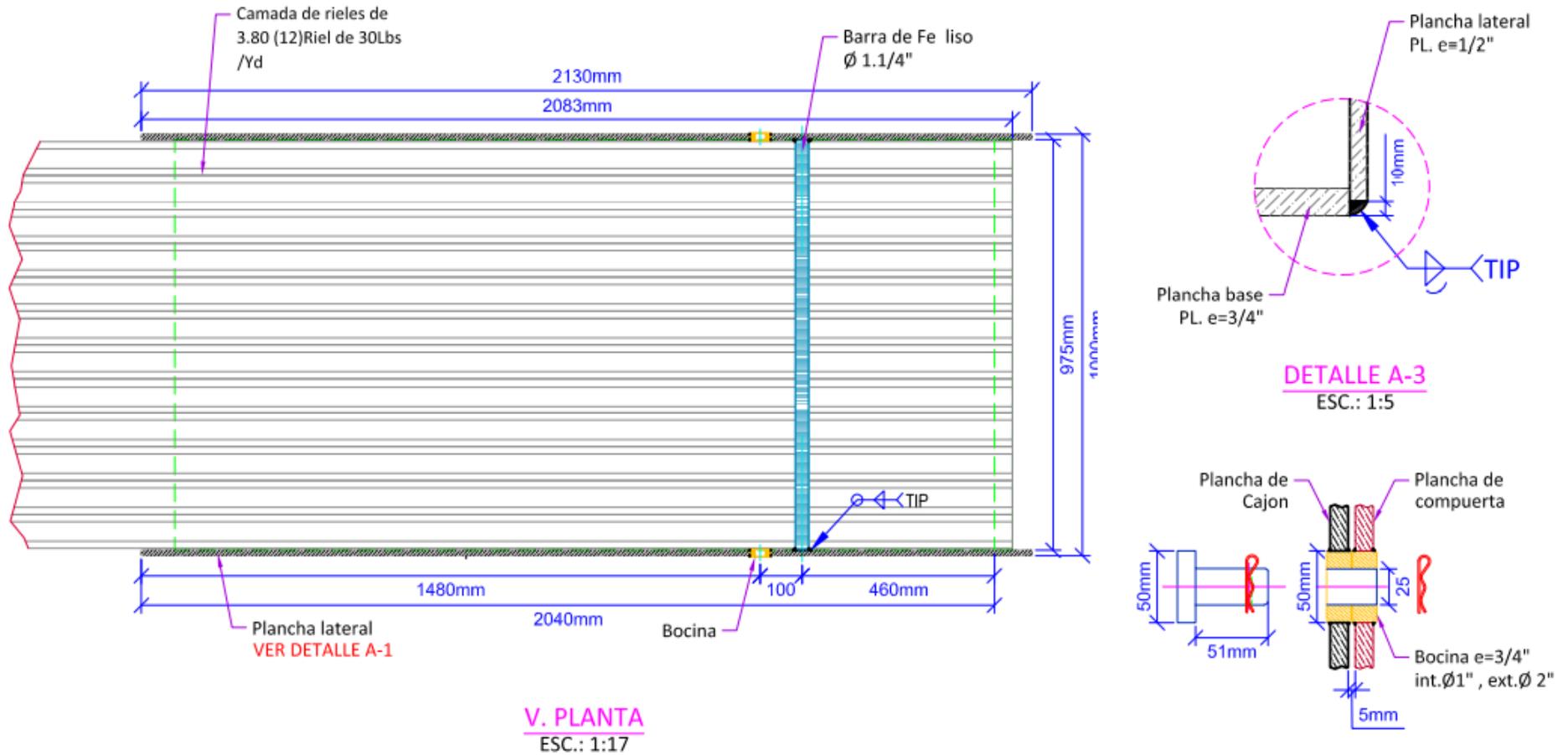
En la figura 11, se observa la tolva metálica propuesta para mejorar el sistema de descarga de mineral. En esta tolva tiene como capacidad instalada o la acumulación promedio de mineral es de 30,000 toneladas. En esta sección las actividades son en dos turnos con 40 operarios.





**Figura 12**

*Diseño de Tolva de Acumulación de Mineral*



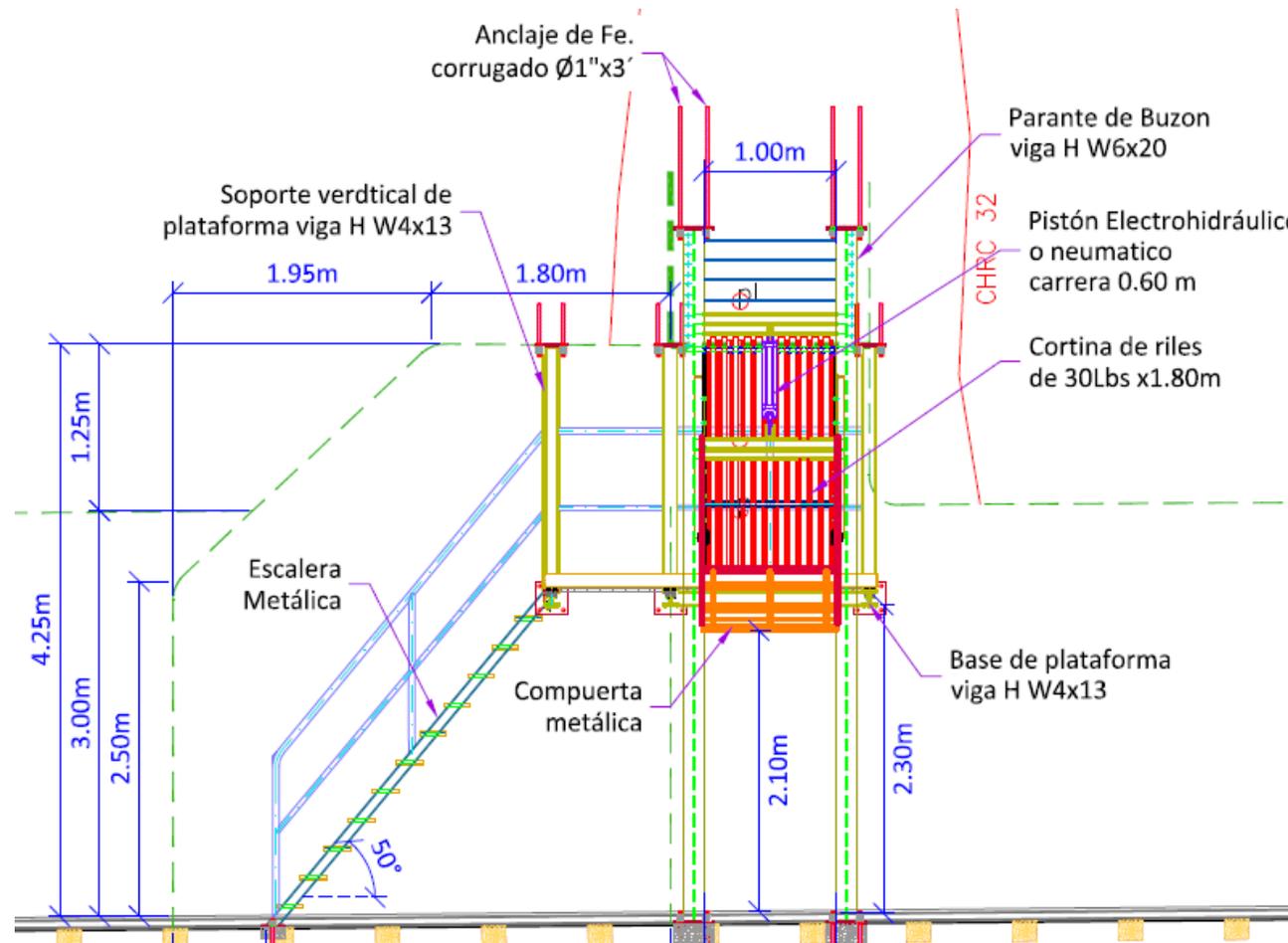
Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





**Figura 13**

*Diseño del Sistema de Pistón Electrohidráulico*

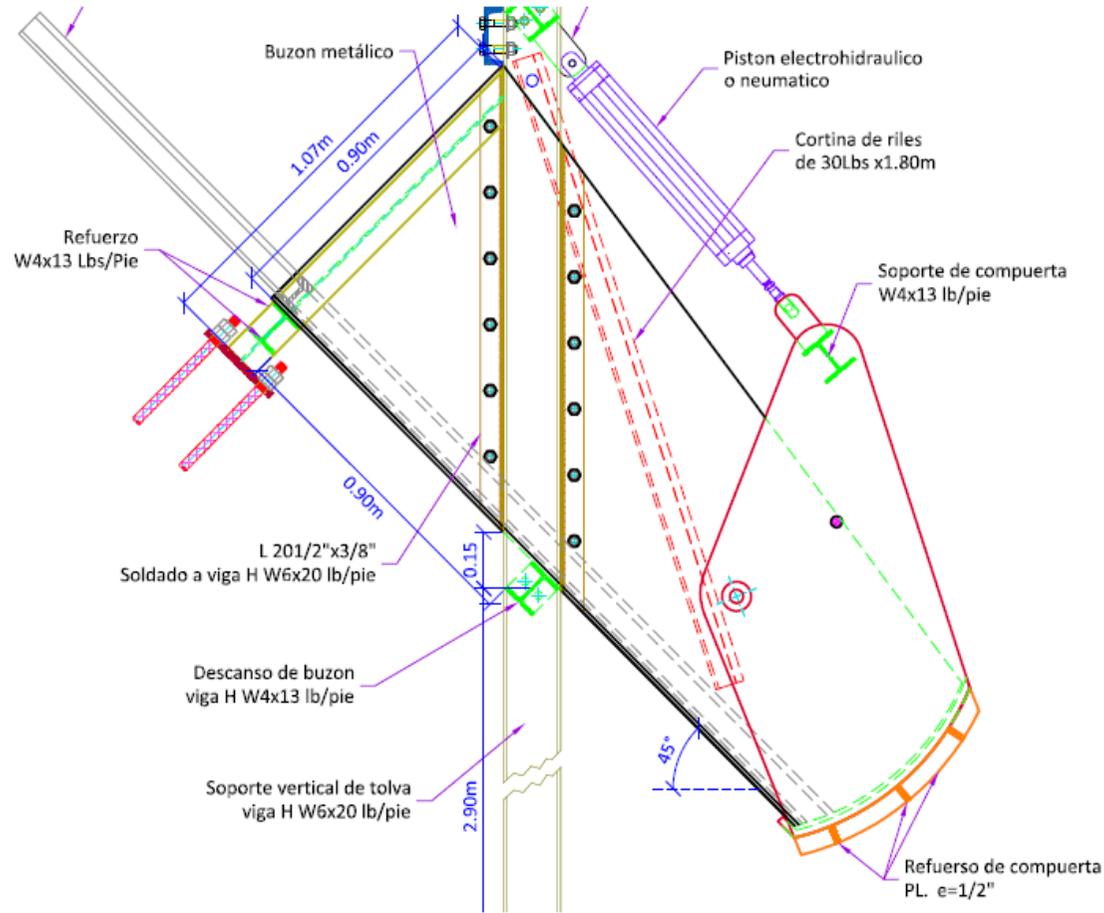


Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)



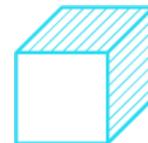


**Figura 14**  
*Vista del Pistón Electrohidráulico*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





## b) Sistema pistón electro neumático

El sistema de pistón electro neumático está diseñado para trabajar con mandos de emparejamiento mediante control remoto. Se conectan los comandos y trabajan hasta una distancia veinte metros. El diseño del sistema se observa en la figura 13.

El mineral ingresa al túnel desde la tolva de acumulación, y en la base inferior del túnel se coloca el pistón, que una orden del control remoto, se acciona y deja pasar el mineral hasta llenar el carrito minero. La operación es llenar las 10 locomotoras.

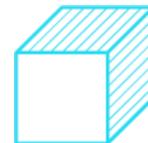
La capacidad de producción sería de 333.33 toneladas por hora; es decir se harían 200 viajes en total por día, trabajando dos turnos con un total de 18 horas por día. En la tabla 5, se observa que con este sistema propuesto se tiene una producción adicional de 64,000 toneladas.

**Tabla 5**  
*Indicadores de Productividad Mejorados*

Núm. Viajes/día	Núm. Horas	Num. Turnos	Toneladas /día	TM/hora
200	18	2	6000	333.33
<hr/>				
Total horas x mes	486			
Núm. Días x mes	27			
Cantidad de personal	40			
Costo de Mano de Obra			<b>131040</b>	sol/mes
Capacidad instalada en TM por mes			<b>162000</b>	
Requerimiento TM/mes			<b>98000</b>	
Súperavit por mes			<b>64000</b>	
% Cumplimiento			<b>165.3%</b>	
<hr/>				
<b>Productividad Mano de Obra</b>			<b>4050.00</b>	TM/op. Mes
			<b>8.3333</b>	TM/H-H
			<b>1.2363</b>	TM/sol MO

Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





### 3.2.5. Resultados y Beneficios del plan de mejora

En la tabla 6, se observa la comparación entre el sistema tradicional y el sistema propuesto. La mano de obra no varía, se requiere trabajar con la misma cantidad en la parte de la tolva de acumulación, en cada nivel de operación se requiere el mismo personal. Lo que se observa es la mejora en la capacidad instalada, con el sistema mejorado la producción mensual es de 162,000 toneladas; es decir, supera en un 150% al sistema tradicional.

**Tabla 6**  
*Comparativo de Indicadores*

	Unidades	Sistema Tradicional	Sistema Semi automático	% variación
Costo de Mano de Obra	sol/mes	<b>131040</b>	131040	0%
Capacidad instalada en TM por mes	TM/mes	<b>64800</b>	162000	150%
Requerimiento TM/mes	TM/mes	<b>98000</b>	98000	0%
Súperavit por mes	TM/mes	<b>-33200</b>	<b>64000</b>	92.8%
% Cumplimiento	%	<b>66.1%</b>	165.3%	150.0%
<b>Productividad Mano de Obra</b>	TMop. Mes	<b>1620.00</b>	4050.00	150.0%
	TM/H-H	<b>0.4945</b>	8.33	1585.2%
	TM/sol MO	<b>0.4945</b>	1.2363	150.0%

Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)

El beneficio obtenido para la empresa, se relaciona con la cantidad de toneladas adicionales por mes que va a poder vender al cliente, Compañía Minera la Poderosa S.A., Se espera un beneficio de 2.8 sol/tonelada.

En la tabla 7, se tiene el flujo de caja económico del proyecto. Se observa que con una tasa de descuento del 12% anual, el VAN es igual a 195,365 soles y una TIR del 15.91%. Con estos resultados económicos, se deduce que la inversión en el sistema de tolva metálica y pistón electro neumáticos es económicamente rentable.





**Tabla 7**  
**Flujo de Caja Económico del Proyecto**

	0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Ingresos		S/ 204,800.00											
Inversión	<b>-S/ 161,809.32</b>												
Herramientas	<b>-S/ 1,707.00</b>												
Depreciación		S/ 2,696.82											
Costos MO		S/ 131,040.00											
Gastos Adm		S/ 30,720.00											
Utilidad Bruta		S/ 40,343.18											
Impuesto, 29%		S/ 11,699.52											
Depreciación		S/ 2,696.82											
Utilidad después de Impuestos		S/ 31,340.48											
Flujo de Caja	<b>-S/ 163,516.32</b>	S/ 31,340.48											

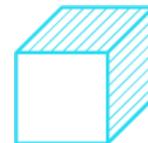
TMAR (Anual) 12%  
TMAR (mes) 0.949%

VAN	S/ 190,365.19
TIR	15.91%
B/C	2.16
Retorno	5meses-6días

Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)

En la tabla 7, la ventaja económica para la empresa es vender una producción adicional de 64,000 toneladas al mes a un precio de 3.2 soles por tonelada.





### 3.3. DEL PROYECTO

Los costos del proyecto, corresponden al monto de inversión en los sistemas de la tolva de acumulación de mineral y el pistón electrohidráulico. El monto asciende a **161,809.32** soles. En la tabla 4, se observan los detalles de cada partida, para las obras metálicas se consideran anclajes, escaleras y plataforma, la tolva de acumulación, la pintura y obras provisionales.

**Tabla 8**  
*Costo del Proyecto*

Partida	Monto			
Obras de metalmecánica	S/	50,770.44		
Anclajes	S/	3,011.39		
Escaleras y plataforma	S/	11,517.81		
Tolva	S/	31,620.82		
Pintura	S/	2,156.26		
Obras provisionales	S/	2,464.16		
Plantel técnico	S/	1,529.82	S/	1,529.82
Obras civiles	S/	729.58	S/	729.58
Equipamientos			S/	100,825.00
Tableros de control electroneumático	S/	65,960.00		
Accesorios neumáticos	S/	3,500.00		
Consumo de aire	S/	4,205.0		
Control remoto	S/	27,160.00		
Gastos Generales	S/	7,954.48	S/	7,954.48
<b>TOTAL</b>			<b>S/</b>	<b>161,809.32</b>

Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





### 3.4. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

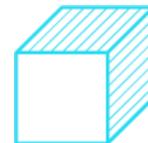
**Tabla 9**  
Cronograma de las Actividades del Proyecto

CRONOGRAMA DEL PROYECTO				MES 01										MES 02										MES 03														
ACTIVIDADES DEL PROYECTO DE MEJORA	FECHA INICIO	FECHA FIN	DÍAS PROJECT	01/02/2022	04/02/2022	05/02/2022	06/02/2022	10/02/2022	12/02/2022	14/02/2022	15/02/2022	17/02/2022	20/02/2022	02/03/2022	05/03/2022	07/03/2022	08/03/2022	09/03/2022	11/03/2022	20/03/2022	24/03/2022	25/03/2022	31/03/2022	02/04/2022	05/04/2022	07/04/2022	09/04/2022	11/04/2022	15/04/2022	16/04/2022	18/04/2022	20/04/2022	25/04/2022					
<b>Etapa N° 01 PLANIFICACION</b>																																						
Análisis y diagnóstico de la Producción	01/02/2022	04/02/2022	3																																			
Análisis del sistema tradicional de descarga mineral	05/02/2022	13/02/2022	8																																			
Elaboración del DOP de Descarga	14/02/2022	17/02/2022	3																																			
Cumplimiento de la Producción	17/04/2022	20/04/2022	3																																			
<b>Etapa N° 02 IMPLEMENTACIÓN</b>																																						
Modelamiento del Sistema propuesto Semiautomatizado	02/03/2022	05/03/2022	3																																			
Producción y cumplimiento con el nuevo sistema	09/03/2022	24/03/2022	14																																			
Costos del sistema propuesto	25/03/2022	31/03/2022	6																																			
<b>Etapa N° 03 VERIFICACION</b>																																						
Registro de Producción y rendimiento	02/04/2022	25/04/2022	23																																			

DÍAS PROYECTADOS: 63

Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)

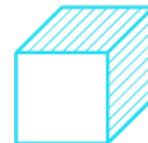




### 3.5. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico del proceso actual de descarga de mineral, encontrándose que la acumulación de mineral se hace en una tolva de madera y un túnel con una capacidad de 133.33 toneladas por hora.
- Se logró determinar el nivel de cumplimiento del programa de producción mensual equivalente a un promedio mensual del 66.1%
- Se logró identificar las herramientas que intervienen en el proceso de descarga, que requieren un presupuesto del 1,707.0 soles para realizar la compra y reemplazar a los que se encuentran deteriorados.
- Se logró determinar la inversión en el plan de mejora para optimizar el proceso de descarga de mineral, que asciende a un valor de 161,809.32 soles. La inversión se explica con la implementación de una tolva metálica y un sistema de pistón electro neumático, mediante la acción de control remoto hace abrir la tapa de la base del túnel y cae el mineral a los carritos mineros.
- La capacidad de producción del sistema propuesto es de 333.33 toneladas por hora.
- Con el sistema propuesto, se logró determinar los beneficios para la empresa, produciendo 64,000 toneladas adicionales por mes, lo que significa un ingreso esperado de 3.2 soles por tonelada.
- Se logró optimizar el proceso de descarga de mineral para mejorar la productividad de 1620 ton/op.-mes a 4050 toneladas por operario mes.
- Los indicadores económicos como el VAN resultaron igual a 190,365.19 soles y una TIR igual al 15.91%, lo cual indica que el proyecto es rentable.

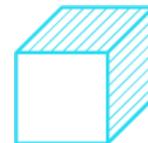




### 3.6. RECOMENDACIONES

- Revisar los indicadores de accidentes con el método tradicional y compararlo con el sistema propuesto, que son la tolva de acumulación y el pistón electrohidráulico.
- Evaluar el tiempo de desgaste de las herramientas para planificar las compras de reposición y no perder continuidad en las actividades de descarga.
- Se recomienda determinar el costo de mantenimiento del sistema propuesto, con el fin de asegurar el normal funcionamiento y mantener el estándar de producción.
- Se recomienda disponer de un supervisor para el control de la producción en el turno noche; dado que sólo estuvo a cargo de un operario de confianza.
- Se recomienda implementar formatos de control de la producción en los dos turnos, con el fin de llevar estadísticas reales y no aproximadas para el cálculo de los ingresos diarios.
- Se recomienda realizar una evaluación de la cantidad de mano de obra en los dos turnos durante la implementación del sistema propuesto, dado el tiempo de aprendizaje puede ser reasignados algunos operarios.
- Se recomienda revisar los repuestos críticos para la tolva y el sistema del pistón electro neumático, ante una falla tener en stock los repuestos y evitar fallas ocurrentes.
- Se recomienda preparar un equipo de mantenimiento para trabajar desde la tolva de acumulación, túnel y sistema de pistón electro neumático.





## CAPÍTULO IV

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro, F. (1985). Procedimiento constructivo y maquinaria utilizada en la elaboración de carpetas de concreto asfáltico. México, México: Repositorio UNAM.
- Castro, J. (2013). *Como determinar la mejor secuencia de minado y el Mejor Diseño de etapa factibles*. Mexico: Graw Hill.
- Cerna Ríos, D. F. (2021). Productividad y costos de una Zaranda Vibratoria y Excavadora 336DL en la preparación de arcilla para el revestimiento de un botadero en Mina La Arena. Trujillo, Perú: Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo.
- Cruz, J. (2016). *Planeamiento de Minado a corto plazo con la implementación de herramientas informaticas en CIA minera Catalina Huanca SAC*. Arequipa . Arequipa: UNSA.
- Cuenta, E. (2002). *Planeamiento y Diseño de Minado Subterráneo Veta N°3 sección III Yauliyaco*. Puno. Puno: UNA.
- Gamboa Rojas, R. R. (2022). Trabajo de Suficiencia Profesional de la EPII - Para obtener el título de Ingeniero Industrial. *TSP EPII - UAP*. Trujillo, Perú: Digital&Electrónico.
- Herrera, J., & Plá, F. (2001). *Evaluación y Planificación Minera*. Madrid, España: Madrid.
- Huarocc, P. (2014). Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C. Huancayo: Repositorio Universidad Nacional del Centro.
- Mercado Silva, J. L., & Marín Chipana, J. I. (2021). Análisis de los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en Compañía Minera Kolpa S. A. – 2021. Huancayo, Perú: Repositorio Universidad Continental.





MINEM. (2021). *www.minem.gob.pe*. Obtenido de <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/LIBROS/RSSO/RSSO2020.pdf>

Seguridad, M. (Septiembre de 2020). *www.revistaseguridadminera.com*. Obtenido de <https://www.revistaseguridadminera.com/actividades-seguridad/regulan-las-condiciones-y-medidas-de-seguridad-de-almacenamiento-de-explosivos/>

SERMEP, S. A. (2022). Logo de empresa SERMEP. Trujillo, Perú.

Vega Rosales, J. F. (2019). Incremento de la productividad en el tonelaje movido mediante la aplicación de la mejora de métodos en una empresa minera. Lima, Perú: Repositorio de la UNMSM.





## CAPÍTULO V

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Producción minera:** hace referencia a la cantidad de volumen de roca para el chancado en planta, la unidad de medida es toneladas métricas T.M.
- **Tolva:** se considera a una mesa de acumulación con una capacidad adecuada en donde se acumula la piedra luego de la explosión. Está construida de madera.
- **Túnel:** es un canal vertical, por donde pasa la piedra o mineral acumulado en la tolva, se acumula en el túnel y se abre la tapa de la base y cae el mineral a los carritos mineros.
- **Carrito minero:** vehículo que se acopla a otros carritos que formaran luego una locomotora con un total de 10 carritos y capacidad de 30 toneladas.
- **Descarga de mineral.** Proceso en la que cae el mineral por medio del túnel hacia los carritos mineros.
- **Barretillas.** Es una herramienta hecha de fierro con un diámetro de 2 pulg y una longitud de hasta dos metros. Se usa para hacer palanca y movilizar las piedras en la tolva de acumulación.





## CAPÍTULO VI

### ANEXOS

#### Anexo 1

#### Presupuesto del Sistema Semi Automático

SERMEP		PRESUPUESTO N° 047		Rev.	
SERVICIOS METAL MECANICOS PERUANA S.A.				Fecha	
				18/11/2021	
<b>Proyecto :</b> CONSTRUCCIÓN DE TOLVA METALICA EN CH RC 30 PARA CARRO MINERO G-60 NV 2120 UP SANTA MARÍA					
<b>Elaborado :</b> SERMEP S.A					
<b>Fecha :</b> AGOSTO 2021					
ITEM	PARTIDAS	UND	METRADO	PU (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>2,464.16</b>
01.01	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA (SEÑALIZACIÓN)	gb	1.00	250.00	250.00
01.02	VIGILANCIA PREVENCIÓN Y CONTROL DE COVID-19	und	75.00	2.20	165.00
01.03	TRANSPORTE DE MATERIALES EN CAMION DESDE NV 2520 HASTA NV 2120	kg	5,800.96	0.19	1,102.18
01.04	CARGUIO Y ACARREO A PULSO DE MATERIALES D'PROM = 80 M (CR NE HACIA TOLVAS METALICAS)	kg	5,800.96	0.14	812.13
01.05	INSTALACIÓN DE TABLERO Y CABLES ELÉCTRICOS	m	15.00	8.99	134.85
<b>02</b>	<b>TOLVA PARA CARRO MINERO G-60</b>				<b>50,565.68</b>
<b>02.01</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>				<b>729.58</b>
<b>02.01.01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>482.76</b>
02.01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	33.85	14.26	482.76
<b>02.01.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>				<b>246.82</b>
02.01.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	3.14	54.75	171.92
02.01.02.02	CONCRETO Fc = 210 kg/cm2	m3	0.17	435.44	74.90
<b>02.02</b>	<b>OBRAS METAL MECANICAS</b>				<b>48,306.28</b>
<b>02.02.01</b>	<b>ANCLAJES</b>				<b>3,011.39</b>
02.02.01.01	ANCLAJE QUÍMICO CON RESINA EPOXICA D=1"X3"	Und	16.00	6.84	109.44
02.02.01.02	PERFORACION, SUMINISTRO E INSTALACION DE BARRA DE ANCLAJE D=1"X3" INC TUERCA	Und	24.00	52.40	1,257.60
02.02.01.03	NIVELADO DE PERNOS HELICOIDALES CON EQUIPO	und	48.00	7.29	349.92
02.02.01.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PLANCHA METALICA DE E=3/4"	kg	141.31	9.16	1,294.43
<b>02.02.02</b>	<b>ESCALERA Y PLATAFORMA</b>				<b>11,517.81</b>
02.02.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE VIGA W 4" x 13 lb/ft - SOPORTE DE PLATAFORMA	kg	483.81	9.16	4,431.68
02.02.02.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE VIGA U 3" x 4.1 lb/ft - ESCALERA	kg	40.26	9.16	368.78
02.02.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE PARRILLA METÁLICA GRATING DENTADA PL 1" x 3/16" - PLATAFORMA	m2	5.30	596.37	3,160.76
02.02.02.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE PARRILLA METÁLICA GRATING DENTADA PL 1" x 3/16" - ESCALERA	m2	1.24	480.87	596.28
02.02.02.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ANGULO DE 1" x 3/16" - BASE DE PELDAÑOS	kg	7.61	9.16	69.73
02.02.02.06	SUMINISTRO E INSTALACION DE RODAPIE PL E=1/4" x 4" - PLATAFORMA	kg	57.36	9.16	525.44
02.02.02.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE RODAPIE PL E=1/4" x 4" - ESCALERA	kg	32.08	9.16	293.82
02.02.02.08	SUMINISTRO E INSTALACION DE ANGULO DE 2 1/2" x 3/8" - UNION DE VIGAS	kg	8.99	9.16	82.37
02.02.02.09	SUMINISTRO E INSTALACION DE PLANCHA METALICA DE E=3/8" - UNION DE VIGAS	kg	2.46	9.16	22.58
02.02.02.10	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA Ø=1 1/2"X2.5MM - BARANDAS	kg	107.73	9.16	986.83
02.02.02.11	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA Ø=1 1/4"X2.5MM - BARANDAS	kg	45.09	9.16	413.00
02.02.02.12	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO METALICO Ø 1 1/2" x 90° - BARANDAS/ESCALERA	und	7.00	17.08	119.56
02.02.02.13	SUMINISTRO E INSTALACION DE PERNOS Ø 3/4" x 2 1/2" + TUERCA + ANILLOS GRADO 8 - UNION DE VIGAS	und	10.00	9.02	90.20
02.02.02.14	SUMINISTRO E INSTALACION DE PERNOS Ø 5/8" x 2 1/2" + TUERCA + ANILLOS GRADO 8 - UNION DE VIGAS	und	12.00	7.84	94.08
02.02.02.15	PERFORACION DE Ø 7/8" EN PLANCHA, ANGULOS Y VIGAS METALICA E=1/2", 3/4" CON EQUIPO	und	74.00	3.55	262.70
<b>02.02.03</b>	<b>TOLVA</b>				<b>31,620.820</b>
02.02.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE VIGA W 6" x 20 lb/ft - SOPORTE DE TOLVA	kg	380.06	9.16	3,481.40
02.02.03.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE VIGA W 4" x 13 lb/ft - DESCANSO Y REFUERZO DE TOLVA	kg	101.32	9.16	928.06
02.02.03.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE VIGA U 5" x 10.5 lb/ft - CONTRACOMPUERTA	kg	79.09	9.16	724.44
02.02.03.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE ANGULO DE 2 1/2" x 3/8" - UNION DE VIGAS / CAJON	kg	80.45	9.16	736.89
02.02.03.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE PLANCHA METALICA DE E=3/8" - UNION DE VIGAS	kg	3.29	9.16	30.10
02.02.03.06	SUMINISTRO E INSTALACION DE PLANCHA METALICA LATERAL E=1/2" - CAJON	kg	341.08	9.16	3,124.32
02.02.03.07	INSTALACION DE PLANCHA METALICA LATERAL E=1/2" - COMPUERTA	kg	158.84	4.46	708.43
02.02.03.08	INSTALACION DE PLANCHA METALICA FRONTAL E=3/4" - COMPUERTA	kg	113.70	4.46	507.12
02.02.03.09	SUMINISTRO E INSTALACION DE BARRA DE FE Ø=1 1/4" - CORTINA DE TOLVA	kg	8.89	9.16	81.47
02.02.03.10	SUMINISTRO E INSTALACION DE PLANCHA METALICA E=1/2" - FORRADO DE TOLVA	kg	1,371.67	9.16	12,564.54
02.02.03.11	SUMINISTRO E INSTALACION DE PERFIL W 4"X13 lb/ft - SOPORTE DE PISTON / COMPUERTA	kg	46.02	9.16	421.57
02.02.03.12	SUMINISTRO E INSTALACION DE BOCINA CON PIN Ø = 1 1/2"X3"	und	2.00	53.96	107.92
02.02.03.13	SUMINISTRO E INSTALACION DE SUJETADOR DE PISTON DE E=5/8"	jgo	2.00	67.94	135.88
02.02.03.14	INSTALACION DE PISTON ELECTROHIDRAULICO PUESTA EN MARCHA	und	1.00	200.00	200.00
02.02.03.15	HABILITACION E INSTALACION DE RIELES DE 30 LB - CORTINA DE TOLVA	kg	315.00	3.21	1,011.15
02.02.03.16	HABILITACION E INSTALACION DE RIELES DE 30 LB - FORRADO INTERIOR DE TOLVA	kg	450.45	3.21	1,445.94
02.02.03.17	HABILITACION E INSTALACION DE RIELES DE 30 LB - CAMA DE TOLVA	kg	1,425.45	3.21	4,575.69
02.02.03.18	PERFORACION DE Ø 7/8" EN PLANCHA, ANGULOS Y VIGAS METALICA E=1/2", 3/4" CON EQUIPO	und	106.00	3.55	376.30
02.02.03.19	SUMINISTRO E INSTALACION DE PERNOS Ø 3/4" x 2 1/2" + TUERCA + ANILLOS GRADO 8 - UNION DE VIGAS	und	44.00	9.02	396.88
02.02.03.20	SUMINISTRO E INSTALACION DE PERNOS Ø 5/8" x 2 1/2" + TUERCA + ANILLOS GRADO 8 - UNION DE VIGAS	und	8.00	7.84	62.72
<b>02.02.04</b>	<b>PINTURA</b>				<b>2,156.26</b>
02.02.04.01	PINTURA DE ESTRUCTURAS METALICAS	m2	100.85	21.38	2,156.26
<b>02.03</b>	<b>PLANTEO TECNICO</b>				<b>1,529.82</b>
02.03.01	INGENIERO RESIDENTE	hh	38.15	40.10	1,529.82
<b>Consideraciones:</b>				<b>Costo Directo (CD)</b>	<b>S/ 53,029.84</b>
- CMPSA, suministrará los agregados necesarios para el proyecto.				Gastos Generales (GC)	10.0% S/ 5,302.98
- CMPSA, suministrará el pistón Electrohidraulico				Utilidad (UTI)	5.0% S/ 2,651.49
- CMPSA, suministrará la unidad de poder Fuerza 6,700 kgr-600 mm				<b>Sub-Total S/.</b>	<b>S/ 60,984.32</b>
- CMPSA, suministrará la los rieles de 30 y 45 lb/ft				<b>Sub-Total US\$ (4.11 T/C)</b>	<b>\$ 14,838.03</b>
- La eliminación a cuenta de CMPSA				<b>Plazo de ejecución (d)</b>	<b>35.00</b>
<b>Responsabilidad del Contratista</b>				<b>I.G.V.</b>	<b>S/ 10,977.18</b>
- La seguridad de equipos y herramientas será responsabilidad del contratista				<b>TOTAL PRESUPUES</b>	<b>S/ 71,961.49</b>
- Todos los PERFILES Y PLANCHAS son ACERO estructural A-36					



## Anexo 2

### Modo de Emparejamiento

#### Verificación del canal seleccionado en el transmisor

1. Presionar el botón de STOP del transmisor.
2. Presionar los botones PB1 y PB2 al mismo tiempo.
3. Manteniendo PB1 y PB2 presionados girar el botón de STOP en sentido horario o antihorario. El led de estado A se encenderá indicando que el procedimiento se hizo correctamente.
4. Soltar los botones PB1 y PB2. El led STATUS empezara a parpadear en diferentes colores (Rojo y Verde).
5. El número de parpadeos de color verde indican las decenas, mientras que los parpadeos de color rojo indican las unidades. Por ejemplo, si se visualizan 1 parpadeo verde y 5 parpadeos rojo indica que el canal configurado en el transmisor es el número 15
6. Para salir de este modo presionar STOP.



Paso 1



Paso 2



Paso 3

Fuente: (Seguridad, 2020)<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Anexo 2. Modo de emparejamiento remoto 1. Presionar el botón de STOP del transmisor. 2. Presionar los botones PB1 y PB3 al mismo tiempo. 3. Manteniendo PB1 y PB3 presionados girar el botón de STOP en sentido horario o anti horario. Los leds de estado A y B se encenderán indicando que el procedimiento se hizo correctamente. 4. Soltar los botones PB1 y PB3. 5. Para salir de este modo presionar STOP.





**Anexo 3**  
*Carrito Minero*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)<sup>2</sup>

**Anexo 4**  
*Carritos Mineros y Locomotora*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> La figura muestra a un carrito minero, la estructura es de hierro y tiene una capacidad de 3 toneladas.

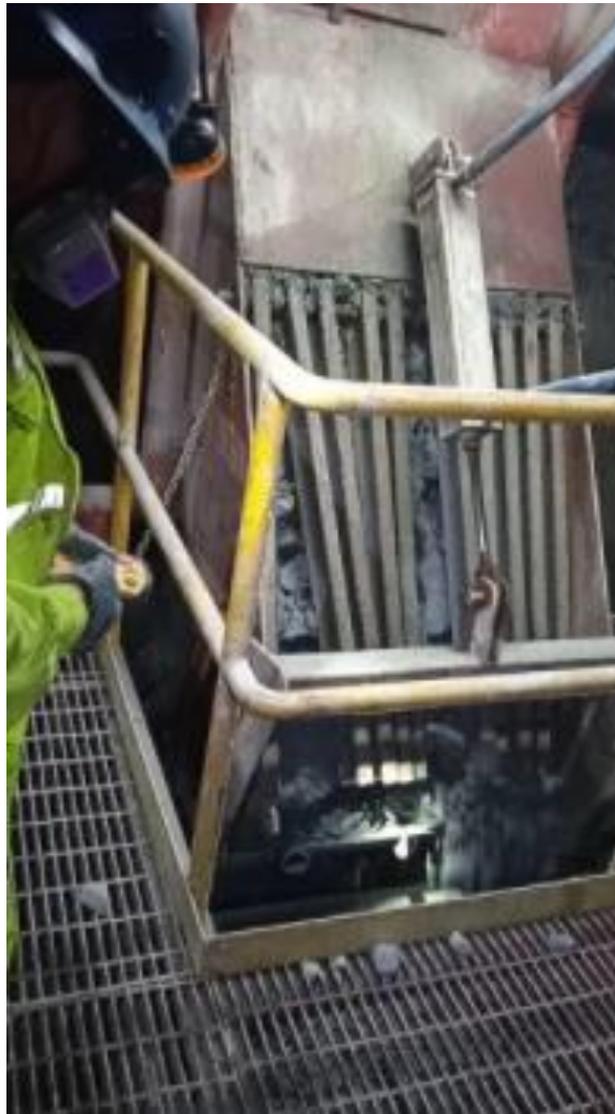
<sup>3</sup> Se observa a la locomotora que enganchados a los carritos mineros lo traslada a una velocidad de 1.5 km/hora.





### **Anexo 5**

#### *Sistema Pistón Electro Neumático*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Se observa al sistema pistón electro neumático, y se acciona mediante control remoto para que accione al pistón y logre abrir la tapa base del túnel.





## Anexo 6

### Test de Evaluación Operador de Tolvas

#### EVALUACION PARA OPERADOR DE TOLVAS

Nombres y Apellidos.....

Empresa ..... Fecha..... Grado de instrucción.....

Ocupación ..... Nota.....

1. **De los enunciados cuales considera que son elementos de protección personal**
  - a Casco tipo Yockey. Respirador contra gases y polvo, bastón luminoso.
  - b Guantes de badana, barbiquejo, escoba, ~~lampara~~ minera.
  - c Casco tipo Yockey. Respirador contra gases y polvo, Guantes de badana, barbiquejo, uniforme de trabajo, botas de Jebe, tapones auditivos, gafas luna clara.
  - d Todas las anteriores.
2. **Que elementos usaría para bloquear su vehículo estacionado.**
  - a Bastón luminoso.
  - b Una madera parada.
  - c Cono de seguridad
  - d Un vigía.
3. **De los enunciados cuales corresponde en la inspección.**
  - a Sistema hidráulico
  - b Fugas de aceite
  - c Circuito eléctrico
  - d Estado de tolvas
  - e Todas la anteriores.
4. **El estacionamiento del volquete debajo de la compuerta de descarga, en que parte del instructivo se indica.**
  - a antes.
  - b Durante.
  - c después.
5. **De los enunciados cual opción elije para arrancar el equipo.**
  - a Presiono el botón para subir la compuerta.
  - b Pulso el botón verde para apagar el equipo.
  - c Pulso el botón verde para arrancar el equipo.
  - d Presiono para bajar la compuerta
6. **De qué color es el pulsador para arrancar el equipo.**
  - a Verde.
  - b Rojo.
  - c Amarillo
  - d Naranja.
7. **Indique con cual pulsador abriría la compuerta de la tolva.**
  - a Con el pulsador y la flecha hacia abajo.
  - b Con el pulsador y la flecha hacia arriba.
  - c Con el pulsador color verde.
  - d Con el pulsador color rojo.
8. **Indique con cual pulsador bajaría la compuerta de la tolva.**
  - a Con el pulsador y la flecha hacia abajo.
  - b Con el pulsador y la flecha hacia arriba.
  - c Con el pulsador color verde.
  - d Con el pulsador color rojo.
9. **De qué color es el pulsador parar el equipo.**
  - a Verde.
  - b Rojo.
  - c Amarillo
  - d Naranja.
10. **Enumere las restricciones el cual no le permite operar las tolvas hidráulicas.**

.....

.....

.....

Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)





### **Anexo 7**

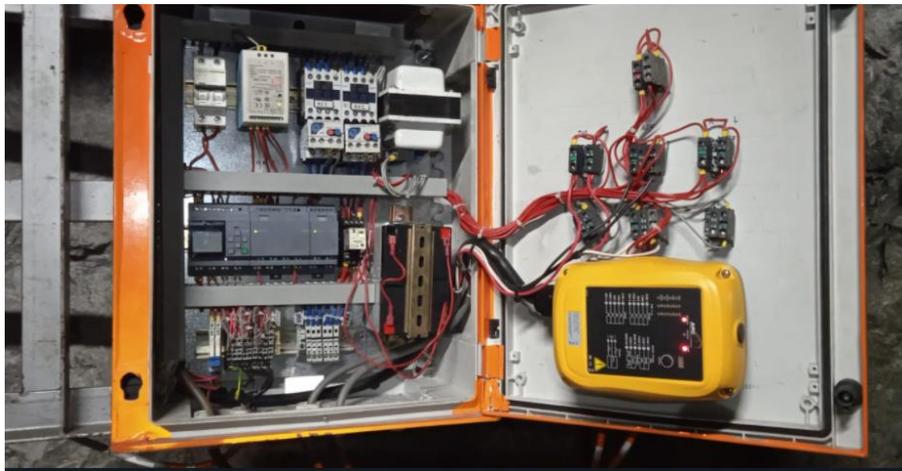
#### *Operando el Sistema Pistón Electro Neumático*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)<sup>5</sup>

### **Anexo 8**

#### *Sistema Eléctrico de Comunicación*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> En la figura, se observa al autor del TSP en mina subterránea haciendo la manipulación del sistema pistón electro neumático

<sup>6</sup> En la figura se observa al tablero eléctrico que va a permitir la conexión remota para la manipulación del pistón.





### **Anexo 9**

#### *Revisión del Tablero Eléctrico*



Fuente elaboración propia: (Gamboa Rojas, 2022)<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> En la figura el autor del TSP manipula el tablero eléctrico e inicia la actividad del día. La inspección se realiza cumpliendo un procedimiento de trabajo en interior de mina.

