

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Utilización de la metodología de la ingeniería de  
métodos para mejorar los procesos de  
montaje de liners de chutes en una empresa contratista  
de mantenimiento, Arequipa**

Marco Antonio Luna Totocayo  
Mijael Champi Mendoza

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Julio Cesar Alvarez Barreda  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 28 de Febrero de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

Utilización de la Metodología de la Ingeniería de Métodos para mejorar los procesos de montaje de Liners de chutes en una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa

**Autores:**

1. Mijael Champi Mendoza – EAP. Ingeniería Industrial
2. Marco Antonio Luna Totocayo – EAP. Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

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

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

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

## **ASESOR**

Mg. Julio César Alvarez Barreda

## **AGRADECIMIENTO**

Marco Luna:

Agradezco a Dios por darme salud fortaleza en cada obstáculo que se presenta. Extiendo mi estima y gratitud a mis asesores, Julio y Poleth, por ser quienes nos guiaron en esta etapa de investigación. A mis padres por darme las bases para llegar hacia el éxito profesional. A mi compañero de trabajo Mijael con quien con esfuerzo y trabajo en equipo pudimos lograr este trabajo exitoso.

Mijael Champi:

Agradezco a Dios, quien nos brindó la fortaleza para afrontar las dificultades que surgieron a lo largo de nuestra formación académica. Extiendo mi gratitud a cada docente que, con sus enseñanzas, me ayudó a forjar un carácter firme y decidido para enfrentar los desafíos propios de esta carrera. A mis padres, pues sin su apoyo y ejemplo, no habría encontrado la inspiración y el valor necesario para alcanzar este anhelado objetivo. A mi compañero de trabajo, Marco, quien con su compromiso y trabajo en equipo logramos esta hazaña.

## **DEDICATORIA**

Marco Luna:

A mi familia por siempre haber sido el motor motivo e inspiración en todo nuevo reto que llevo en la vida. Esta tesis es dedicada a mi madre, Doris, por siempre haberme empujado hacia el éxito y perseverancia, a mi esposa, Juliana, por acompañarme en mi formación profesional, a mi hijo, Emanuel, por enseñarme esa luz en el camino hacia el éxito y a mi hermana, Yenifer, por enseñarme que nunca es tarde para un nuevo reto.

En memoria a mi padre, Marco, quien fue ejemplo de fuerza y perseverancia, en memoria de mi hermana, Karol, mi segunda madre quien me brindó su apoyo incondicional, aunque en vida no están conmigo en espíritu, siempre me fortalecieron.

Mijael Champi:

Dirijo este logro a mis padres, Ángel y Justina, quienes me inculcaron valores desde la infancia y realizaron grandes sacrificios para brindarme una educación. Estoy profundamente agradecido por todo su esfuerzo. Asimismo, extendiendo esta tesis a toda mi familia, quienes con su comprensión y apoyo constante me han impulsado a alcanzar esta meta. A mi hermana, Yesenia, y a su esposo, José Carlos, quienes me apoyaron y me enseñaron que la perseverancia y la constancia te llevan al éxito. Finalmente, a mi madre, Justina, cuyo esfuerzo y dedicación fueron fundamentales para que lograra dar este importante paso.

# ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	vi
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.2.1. Pregunta general.....	2
1.2.2. Preguntas específicas.....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo general .....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación .....	3
1.4.1. Justificación práctica .....	3
1.4.2. Justificación económica .....	3
1.5. Importancia .....	3
1.6. Delimitación.....	3
1.6.1. Delimitación temporal.....	3
1.6.2. Delimitación espacial .....	3
1.7. Variables .....	4
1.7.1. Descripción de variables .....	4

1.7.2. Operacionalización de variables .....	4
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	5
2.2. Bases teóricas.....	12
2.2.1. Ingeniería de métodos .....	12
2.2.2. Diagrama de procesos .....	12
2.2.3. Procesos .....	12
2.2.4. Eficiencia .....	12
2.2.5. Eficacia .....	13
2.3. Definición de términos básicos .....	13
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
3.1. Método y Alcance de la investigación.....	16
3.1.1. Método de investigación .....	16
3.2. Diseño de la investigación.....	16
3.3. Población y muestra .....	16
3.3.1. Población.....	16
3.3.2. Muestra .....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	22
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	22
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	22
3.5. Instrumentos de análisis de datos .....	22
<b>CAPÍTULO IV DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
4.1. Breve descripción de la empresa y sus procesos .....	23
4.2. Diagnóstico situacional actual.....	26
4.3. Diagnóstico situacional actual de los procesos de montaje de liners de chutes mediante el estudio de tiempos y diagrama de procesos.....	30
4.4. Determinación de las actividades que no generan valor agregado en los procesos de montaje de Liners de chutes mediante los diagramas de proceso de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa. ....	40

4.5. Planteamiento de las acciones de mejoras para la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de Liners de chutes de antes y después de la aplicación de las herramientas de la Metodología de Ingeniería de Métodos de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa .....	41
4.5.1 Propuesta de mejora a través de floreros de liners.....	41
4.6. Diagnóstico situacional de la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de liners de chutes mediante el estudio de tiempos y diagrama de procesos después de la propuesta de mejora. ....	50
4.7. Determinación de las actividades que no generan valor agregado en los procesos de montaje de Liners de chutes mediante los diagramas de proceso de una empresa contratista de mantenimiento, después de la propuesta de mejora. ....	54
4.8. Evaluación económica .....	55
CONCLUSIONES .....	58
RECOMENDACIONES .....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
ANEXOS .....	64
Anexo 01: Matriz de consistencia .....	65
Anexo 02: Propuesta de revestimiento nueva.....	66
Anexo 03: Nuevo diagrama de trabajo.....	67
Anexo 04: Hoja de datos directa .....	70
Anexo 05: Hoja de datos documental.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables .....	4
Tabla 2. Tiempos observados en montaje de liners de pared norte y sur en FA-004 (antes) .....	18
Tabla 3. Tiempos observados en montaje de liners de pared este y oeste en FEA-004 (antes).....	18
Tabla 4. Tiempos observados en montaje de liners de pared norte y sur en FA-005 (antes) .....	19
Tabla 5. Tiempos observados en montaje de liners de pared este y oeste en FEA-005 (antes).....	19
Tabla 6. Tiempos observados en montaje de liners de pared norte y sur en FA-006 (antes) .....	20
Tabla 7. Tiempos observados en montaje de liners de pared este y oeste en FEA-006 (antes).....	20
Tabla 8. Tiempos observados en montaje de liners de pared norte y sur en FA-007 (antes) .....	21
Tabla 9. Tiempos observados en montaje de liners de pared este y oeste en FEA-007 (antes).....	21
Tabla 10. Distribución de personal en días de ejecución .....	27
Tabla 11. Actividades programadas de cambio de liners en chutes de transferencia .....	28
Tabla 12. Tiempos medios observados en montaje de liners de pared norte y sur (antes) .....	33
Tabla 13. Tiempos medios observados en montaje de liners de pared este y oeste (antes) .....	33
Tabla 14. Calificación del sistema Westinghouse.....	34
Tabla 15. Factores Westinghouse para armado de liners de floreros (antes) .....	34
Tabla 16. Factores Westinghouse para maniobra de montaje de liners (antes) .....	35
Tabla 17. Factores Westinghouse para instalación y ajuste de pernos (antes) .....	35
Tabla 18. Suplementos para maniobra para montaje de liners (antes) .....	36
Tabla 19. Suplementos para posicionamiento de liners (antes) .....	37
Tabla 20. Suplementos para instalación de pernos y ajustes (antes) .....	37
Tabla 21. Tiempos estándar para montaje de liners por fila de paredes norte y sur (antes) .....	38

Tabla 22. Tiempo estándar para montaje de liners por fila de paredes este y oeste (antes)	38
Tabla 23. Cálculo de valor.....	40
Tabla 24. Tiempos observados para montaje de liners con floreros (después) .....	51
Tabla 25. Factores Westinghouse para armado de liners de floreros después.....	51
Tabla 26. Factores Westinghouse para maniobras de montaje de liners (después) .....	51
Tabla 27. Factores Westinghouse para instalación y ajuste de pernos (después).....	52
Tabla 28. Suplementos para armado de liners en floreros (después) .....	52
Tabla 29. Suplementos para maniobras de montaje de liners (después) .....	52
Tabla 30. Suplementos para instalación de pernos y ajustes (después).....	53
Tabla 31. Tiempos estándar para montaje de liners con floreros (después) .....	53
Tabla 32. Cálculo de valor.....	55
Tabla 33. Presupuesto por montaje de liners .....	56
Tabla 34. Presupuesto material de oficina .....	56
Tabla 35. Costo total de la propuesta.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Criterio General Electric para selección del número de observaciones. ....	17
Figura 2. Proceso de trabajo de la empresa.....	23
Figura 3. Organigrama de la empresa.....	24
Figura 4. Organigrama del taller de producción. ....	25
Figura 5. DAP 1 de montaje de liners este y oeste antes .....	30
Figura 6. DAP 2 de montaje de liners norte y sur antes.....	31
Figura 7. Diagrama de filas de liners de paredes norte y sur. ....	32
Figura 8. Diagrama de filas de liners de paredes este y oeste. ....	32
Figura 9. Sistema de suplementos. ....	36
Figura 10. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes .....	41
Figura 11. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes .....	42
Figura 12. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes. ....	42
Figura 13. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes .....	43
Figura 14. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes .....	43
Figura 15. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes. ....	44
Figura 16. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes .....	44
Figura 17. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes .....	45
Figura 18. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes. ....	45
Figura 19. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes. ....	46
Figura 20. Florero tipo 01 (F1 y F4) (izquierda) y mesa de armado (derecha). ....	47
Figura 21. Florero tipo 02 (F2 y F3) (izquierda) y mesa de armado (derecha). ....	47
Figura 22. Florero tipo 03 (F5) (izquierda) y mesa de armado (derecha). ....	48
Figura 23. Sistema de sujecion de liners en floreros.....	48
Figura 24. Reprogramación.....	49
Figura 25. DAP de montaje de liners después. ....	50

## ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
(1).....	13
(2).....	13
(3).....	38

## RESUMEN

La investigación en curso busca determinar el impacto de la aplicación de las herramientas de la metodología de ingeniería de métodos en la optimización de los procesos de montaje de liners para chutes en una empresa contratista de mantenimiento en Arequipa en el año 2024. Para ello, se empleó una metodología deductiva y explicativa, de diseño no experimental y alcance descriptivo. La población considerada abarca todas las actividades dentro del servicio de mantenimiento en la unidad minera, mientras que la muestra está representada por una actividad de mantenimiento específica: los procesos de montaje de liners para chutes. Los resultados revelaron un incremento significativo en la eficiencia, con una mejora del 120% en comparación con el método tradicional (65,3%). Asimismo, la eficacia de las operaciones, evaluada mediante la correspondencia con los alcances de la programación, mostró un mantenimiento en el 100%, con la diferencia de como ahora se ahorra tiempo, alcanzar la eficacia es más seguro y flexible para la operación. En conclusión, se comprobó que la aplicación de la ingeniería de métodos aporta beneficios en términos de eficiencia y eficacia en los procesos de montaje de liners para chutes.

**Palabras claves:** Ingeniería de métodos, procesos de montaje de liners chutes, eficiencia y eficacia

## ABSTRACT

The ongoing research seeks to determine the impact of applying the tools of the Methods Engineering Methodology in the optimization of chute liner assembly processes in a maintenance contractor company in Arequipa in 2024. To do so, a deductive and explanatory methodology was used, with a non-experimental design and descriptive scope. The population considered covers all activities within the maintenance service in the mining unit, while the sample is represented by a specific maintenance activity: the chute liner assembly processes. The results revealed a significant increase in efficiency, with a 120% improvement compared to the traditional method (65.3%). Likewise, the effectiveness of the operations, evaluated by correspondence with the scope of the programming, showed 100% maintenance, with the difference that time is now saved, achieving efficiency is safer and more flexible for the operation. In conclusion, it was found that the application of method engineering provides benefits in terms of efficiency and effectiveness in chute liner assembly processes.

**Keywords:** Method engineering, chute liner assembly processes, efficiency and effectiveness.

## INTRODUCCIÓN

Alrededor de varios países de Sudamérica, la minería constituye una pieza clave en la economía y un pilar en el desarrollo regional, en el caso del Perú, esta actividad representó poco más del 8% del Producto Bruto Interno (PBI) nacional en el 2023 (BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ 2024), y un 9.5 % según proyecciones del presidente del Congreso Nacional de Minería (Conamin) para 2024 (Dominguez, 2024). Para cumplir con sus metas de producción, las empresas mineras requieren una gestión de mantenimiento adecuada que permita soportar las intensas cargas de trabajo a las que están sometidas frecuentemente.

Además, la minería se destaca como uno de los sectores de mayor productividad, ya que optimiza sus recursos en función de la producción, utilizando la eficiencia como indicador fundamental para evaluar el rendimiento; entre los elementos involucrados, la maquinaria resulta esencial, pues debe satisfacer los estándares de la industria en cuanto a durabilidad y rendimiento para asegurar la competitividad en el mercado.

En la región minera de Arequipa, un mantenimiento eficaz y continuo de los equipos es crucial para la sostenibilidad operativa y la rentabilidad de las unidades mineras, los liners, que protegen los chutes del desgaste causado por el transporte de materiales, juegan un papel vital en este proceso, por ello, es fundamental implementar metodologías de gestión de mantenimiento que promuevan la confiabilidad de instalación de los equipos, optimicen costos y eleven la calidad del producto final; en este sentido, la aplicación de la Ingeniería de Métodos y otras técnicas relacionadas con la mejora continua pueden contribuir notablemente a alcanzar los estándares de eficiencia en la minería.

Esta investigación se desarrolla a lo largo de cinco capítulos; el capítulo I aborda el contexto y el problema de investigación, planteando los objetivos a alcanzar; el capítulo II se enfoca en el marco teórico, donde se explican las variables de estudio en detalle; el capítulo III describe el enfoque metodológico, abarcando las características, la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos empleados; finalmente, el capítulo IV presenta el diagnóstico, análisis y los resultados obtenidos en la investigación.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento del problema

El presente trabajo de investigación está centrado en el proceso de cambio de liners de los chutes de transferencia del Stock Pile hacia el Apron Feeder dado que durante esta actividad el personal se encuentra expuesto a peligros y riesgos, así como también se tiene un amplio tiempo de ejecución en el cambio de liners.

Uno de los componentes mecánicos importantes son los chutes los cuales se utilizan para transportar material del Stock Pile hacia los Apron Feeder. Los chutes están revestidos por unos liners metálico que los protege del impacto y la abrasión producida por el paso del material, y como parte del mantenimiento preventivo se realiza un cambio de estos revestimientos, produciéndose un lead time, lapso de tiempo que la planta minera deja de producir, ese tiempo debe ser reducida al mínimo mediante el análisis y mejora de procesos usando la metodología de ingeniería de métodos respetando los parámetros de calidad y seguridad.

Durante una parada de planta en el cambio de los liners como parte de las tareas de mantenimiento preventivo, los riesgos que tiene esta actividad exponen la seguridad del personal que lo ejecuta. Para el cambio de los liners durante la instalación de liners nuevos el personal operativo se encuentra dentro de la línea de fuego exponiéndose a caída de objetos por izaje de cargas y atrapamientos por continuas exposiciones de manos.

Debido a estos posibles riesgos y tiempos extensos de parada de planta se propone el uso de la ingeniería de métodos para reducir el tiempo de exposición del personal a los diferentes riesgos y el tiempo de parada de planta.

En las cartas Gantt se ha podido observar que hay actividades que se pueden reducir mediante un correcto análisis a través de la ingeniería de métodos y mediante el diseño de una herramienta los cuales en conjunto puedan reducir los tiempos de exposición del personal y tiempo de parada de planta. Teniendo como resultado el aumento de productividad de las operaciones mineras manteniéndola rentable sostenible y segura.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿En qué medida la utilización de la metodología de ingeniería de métodos incide sobre los procesos de montaje de liners de chutes de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

- a. ¿Cuál es el diagnóstico actual de la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de Liners de chutes de empresa contratista de mantenimiento, Arequipa?
- b. ¿Cuáles son las actividades que no generan valor en los procesos de montaje de Liners de chutes en una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa?
- c. ¿Cuáles son acciones propuestas basados en el uso de las herramientas de la Metodología de Ingeniería de Métodos que inciden de manera favorable en los procesos de montaje de Liners de chutes en una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Aplicar herramientas de la Metodología de Ingeniería de métodos para incidir de manera favorable los procesos de montaje de Liners de chutes en una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a. Describir el diagnóstico situacional actual de la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de Liners de chutes mediante el estudio de tiempos y diagrama de procesos de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa.
- b. Determinar las actividades que no generan valor agregado en los procesos de montaje de Liners de chutes mediante los diagramas de proceso de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa.
- c. Plantear las acciones de mejoras para la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de Liners de chutes de antes y después de la aplicación de las herramientas de la metodología de ingeniería de métodos de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Justificación práctica**

Con el propósito de buscar mejoras que permitan reducir el número de horas utilizadas en los procesos de desmontaje y montaje de los liners de chutes mediante el uso de la Metodología de Ingeniería de Métodos, los resultados obtenidos servirán de referencia y evidencia para trabajos similares con respecto a optimización de procesos de mantenimiento mecánico en empresas mineras en Arequipa.

### **1.4.2. Justificación económica**

Los chutes están revestidos por un Liners metálico que cumple la función de proteger del impacto y la abrasión producida por el paso del material, es por ello que se realiza un cambio de este revestimiento como parte del mantenimiento preventivo, El tiempo de mantenimiento estándar de estos chutes es de 216 horas siendo un tiempo muy extenso afectando los índices la producción de la minera, por tanto al optimizar los tiempos de procesos de montaje de los liners de los chutes con el uso de las herramientas de metodología de ingeniería de métodos reducimos los costos debido a las paradas por mantenimiento.

## **1.5. Importancia**

La importancia de realizar el presente trabajo de investigación implica la optimización de procesos de montaje de los liners para los chutes que es parte de la gestión de mantenimiento preventivo de la maquinaria de producción en la mina, puesto que el propósito de dicha optimización es reducir los tiempos no contributivos producto de la parada por mantenimiento.

## **1.6. Delimitación**

### **1.6.1. Delimitación temporal**

El proyecto de investigación se realizará en el intervalo de mayo 2023 y agosto 2023 debido a que esta es la fecha de parada del equipo y servirá como evidencia y antecedentes para futuras investigaciones con variables similares.

### **1.6.2. Delimitación espacial**

Si bien la empresa de mantenimiento tiene su sede administrativa en la ciudad de Arequipa, la investigación requiere datos del lugar de las obras, que en este caso se encuentra en el distrito de Uchumayo, en la provincia de Arequipa dentro del país de Perú donde se localiza la unidad minera cliente de la empresa.

## 1.7. Variables

### 1.7.1. Descripción de variables

a) Variable independiente: Metodología de la ingeniería de métodos

Palacios (2016) describe la ingeniería de métodos como un análisis estructurado de los procesos de trabajo, orientado a organizar y gestionar las actividades en un sistema de producción. Este enfoque busca reducir desperdicios y evitar tareas redundantes, promoviendo así una mejor disposición en el uso de los equipos. Además, se considera una de las 37 técnicas de trabajo más relevantes, basada en la evaluación crítica y el registro detallado de operaciones específicas. Esto permite incrementar la productividad y reducir costos unitarios, facilitando el aumento de la cantidad de bienes que pueden ser adquiridos por los consumidores.

b) Variable dependiente: Procesos de montaje de liners de chutes

Carrasco Diaz (2009) define los procesos como el conjunto de actividades que convierten insumos en bienes y servicios a través de diferentes tecnologías. En otras palabras, este proceso implica el uso de varios recursos materiales y humanos para producir bienes y servicios. Además, se menciona que el enfoque en la productividad puede optimizarse al añadir recursos de capital a los materiales y mano de obra empleados.

### 1.7.2. Operacionalización de variables

En la Tabla 1 se presenta la operacionalización de variables de la presente investigación.

Tabla 1. *Operacionalización de variables*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Metodología de la Ingeniería de métodos	Estudios de Tiempo	TO = Tiempo observado TN= Tiempo Normal TS= Tiempo estándar
	Diagramas de ingeniería	Cantidad total de actividades
Procesos de montaje (Liner Chutes)	Eficiencia	% Eficiencia= (Tiempo útil/ Tiempo total)
	Eficacia	Eficacia = (Resultados alcanzados/Resultados esperados) * 100%

*Fuente:* Propia

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Condo (2023), en su investigación titulada "Estudio de tiempos y movimientos para el proceso productivo de la lavandería Dervith Colors", tuvo como objetivo principal estandarizar los tiempos y movimientos en los procesos productivos para mejorar la eficiencia operativa, el alcance de la investigación fue aplicado y se centró en optimizar el flujo de trabajo en una lavandería textil, por otro lado, en cuanto a su metodología de investigación, el diseño fue no experimental, transversal y descriptivo, empleó técnicas como el cronometraje continuo y la observación directa, además de entrevistas a los responsables de la empresa y como resultado, se estandarizaron los métodos, logrando una reducción en el tiempo de trabajo de 32.35 minutos, una mejora en la capacidad de producción de 8 a 11 lotes diarios, y la reducción de estaciones de trabajo de seis a cuatro, alcanzando una eficiencia del 87.34%.

Sauceda et al (2021), en su artículo titulado "Aplicación de ingeniería de métodos para el mejoramiento de operaciones en una empresa manufacturera de equipos de audio", tuvieron como objetivo principal mejorar las operaciones adicionales en las líneas de ensamblaje del área de montaje superficial para reducir costos de mano de obra y disminuir la carga de trabajo, con respecto al alcance, este fue aplicado, utilizando una metodología basada en ingeniería de métodos que incluyó el análisis de operaciones, estudio de tiempos y diagramas de proceso, en cuanto a técnicas, se empleó el diagrama causa-efecto y herramientas como cronómetros, software de procesamiento de datos y equipo fotográfico, a través de ello, se obtuvieron los siguientes resultados; una reducción del 87% en el tiempo de operación y una mejora del 57% en los costos de mano de obra, se simplificaron las operaciones de siete a una, disminuyendo la duración total del proceso de 78 a 10 minutos, evidenciándose una significativa optimización de recursos y condiciones laborales.

Aguirre (2019), en su tesis titulada "Aplicación de ingeniería de métodos en el área productiva de una industria metal mecánica", tuvo como objetivo principal mejorar la productividad de la línea de ensamblaje de paradas de buses mediante la implementación de métodos de ingeniería, el alcance fue aplicado y experimental, siguiendo una metodología basada en el análisis de tiempos y movimientos, junto con herramientas como diagramas de Pareto y OTIDA, las técnicas empleadas consistieron en estudios de tiempo

estándar, análisis de métodos y estandarización de procesos, mientras que los instrumentos utilizados fueron cronómetros, formatos de registro y software de diseño, y como resultados principales; mostraron una reducción en el tiempo de fabricación de 1,893.76 segundos por unidad en el ensamblaje del techo, así como un ahorro estimado de 15% en costos de insumos y 20% en horas extras, y también, se logró disminuir los desperdicios en un 30%, optimizando la eficiencia de la línea y aumentando la capacidad de producción de la planta.

Hernández y Saavedra (2019), en su proyecto titulado "Estudio de métodos y tiempos en el proceso de preparación en la empresa Belleza Express S.A.", tuvieron como objetivo principal determinar la productividad del proceso de preparación en el centro de distribución (CEDI) de la empresa, en cuanto al alcance, fue aplicado y experimental, siguiendo una metodología basada en el estudio de tiempos y movimientos, apoyada en herramientas como el sistema de gestión de almacenes (WMS), diagramas de flujo y análisis de holguras, para la investigación emplearon técnicas que incluyeron la toma de tiempos con cronómetros y el análisis de fatigas variables y especiales, mientras que los instrumentos fueron cronómetros y registros en formato físico y digital, obteniendo como resultados; que el tiempo estándar promedio por tarea fue de 41,14 segundos, con una capacidad real de 331 tareas por turno laboral, equivalente al 63% de la capacidad de diseño (525 tareas), de igual manera, se identificaron factores como fatigas y demoras que impactaron negativamente la productividad, proponiendo acciones de mejora que podrían aumentar la eficiencia y eficacia del proceso.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Bonilla (2024), en su investigación titulada "Aplicación de la ingeniería de métodos en la operación unitaria de perforación para mejorar la productividad – Unidad MINERA UCHUCCHACUA", tuvo como objetivo principal implementar técnicas de ingeniería de métodos para optimizar los tiempos operativos y mejorar la productividad en las operaciones de perforación y voladura, el alcance de la investigación fue aplicado y se centró en una operación minera específica, por otro lado, en cuanto a metodología de investigación, el diseño fue no experimental, transversal y descriptivo, con métodos cuantitativos, para las técnicas, se incluyeron cronometraje, observación directa y análisis de procesos, apoyadas en instrumentos como diagramas de flujo y tablas de tiempos, teniendo como principales resultados se destacan la reducción significativa de tiempos muertos, la estandarización de procesos de perforación y un aumento en la productividad general de la unidad minera, sirviendo como referencia para otras operaciones mineras.

Mejia y Arias (2023), en su estudio “Aplicación de la Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad en el proceso de preparación de pedidos en una empresa del sector Retail 2023” tuvieron como objetivo principal analizar y aplicar metodologías de ingeniería de métodos para optimizar la productividad en el despacho de pedidos, enfrentando problemas como altos costos por horas extras, entregas tardías e incompletas, la investigación fue de tipo aplicada con un diseño no experimental, transversal y descriptivo y emplearon técnicas de estudio de tiempos, análisis de procesos y diagramas de actividades, utilizando herramientas como cronómetros y software de gestión logística, como resultado; se lograron mejoras significativas en la estandarización de procesos, reducción de costos por horas extras y aumento del cumplimiento de entregas a tiempo, alcanzando un promedio del 94% en los indicadores de despacho, lograron aumentar la productividad en un 147.18%, pasando de 2.84 a 4.18 pedidos/hora, optimizando la cadena de abastecimiento en un contexto post-pandemia y la inversión mostró una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 127%, recomendando la capacitación en mediciones diarias para mantener la mejora.

Romani (2023), en su tesis titulada “Propuesta de mejora de mantenimiento de los liner de tapa de molino de bola en una unidad minera cuprífera en Arequipa, 2022”, tuvo como objetivo principal implementar una propuesta de mejora de mantenimiento para reducir los tiempos de mantenimiento, producción y costos en los molinos de bolas, el alcance de la investigación fue aplicado, centrado en una unidad minera cuprífera en Arequipa, Romani siguió una metodología enfoque cuantitativo, con un diseño preexperimental basado en la observación directa y análisis de contenido, en cuanto a las técnicas empleadas estuvieron el análisis dimensional, el diseño, y el cálculo de fuerzas, utilizando instrumentos como la observación y el registro fotográfico, es así como los resultados demostraron una mejora significativa en la eficiencia operativa tras la implementación de una plataforma fija tipo elevador, lo cual permitió optimizar las tareas de mantenimiento de los liners de tapa de los molinos, reduciendo el tiempo de paradas programadas de mantenimiento de 31 horas a 19 horas por turno, además, se obtuvo un ahorro económico de \$350,000 en paradas programadas y \$312,303.6 en costos de producción gracias a la disminución de desperdicios y tiempos muertos, concluyéndose que mejoró las condiciones de seguridad para el personal, mitigando riesgos asociados al manejo de equipos pesados y optimizando la manipulación de las tapas del molino.

Miranda (2022), en su tesis titulada “Implementación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad de la línea de operaciones en una empresa metal mecánica”, Miranda Morales y Casimiro Pineda tuvieron como objetivo principal implementar

herramientas de ingeniería de métodos para optimizar las actividades de los operarios, reducir los tiempos improductivos y mejorar el flujo de producto en una empresa del sector metalmeccánico, en cuanto al alcance del estudio, este fue aplicado, enfocado en la empresa M&E Ingeniería Mecánica Eléctrica S.A.C., ubicada en Lima, Perú, por otro lado la investigación adoptó un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de tipo preexperimental, en cuanto a las técnicas e instrumentos utilizados; destacaron la observación directa, el análisis de tiempos, diagramas de recorrido, y diagramas de Ishikawa y Pareto, siendo que la implementación se realizó entre marzo y mayo de 2022, con análisis de comparación de datos en los periodos pre y post intervención (junio a agosto de 2022), tras esto, los principales resultados incluyeron una reducción del 34.09% en la cantidad de actividades realizadas por los operarios, un 19.34% en los tiempos improductivos y un 21.59% en el tiempo de flujo de producto, reorganización del layout y la capacitación de los trabajadores también contribuyeron significativamente a mejorar la eficiencia operativa, además, se evidenciaron mejoras en la organización de las estaciones de trabajo, la estandarización de actividades y la eliminación de cuellos de botella, lo que permitió incrementar la productividad general de la empresa.

Cayata (2021), en su tesis titulada “Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en una empresa del rubro eléctrico, Lima, 2021”, tuvo como objetivo principal determinar en qué medida la ingeniería de métodos mejora la productividad y sus dimensiones (eficiencia, eficacia y calidad) en una empresa del sector eléctrico en Lima, teniendo que el alcance de la investigación fue aplicado, con un enfoque cuantitativo y diseño no experimental de tipo transversal, para la investigación, se emplearon técnicas de análisis documental y la ficha de registro de datos como instrumento, en donde la población estuvo conformada por 250 reportes de producción de transformadores, abarcando las órdenes de trabajo de enero a abril de 2021 y, para el análisis, se aplicó una prueba T-student con un nivel de confianza del 95%, comparando situaciones pre y post-intervención, tras lo cual se obtuvieron los siguientes resultados; la productividad total se incrementó en un 8.55%, con un aumento en la eficiencia del 11.55%, en la eficacia del 9.85%, y en la calidad del proceso del 9.2%, se redujeron los errores asociados a los procesos de bobinado y conexiones, como faltantes o excesos de espiras y problemas de soldadura en las bobinas y núcleos, además, la propuesta también incluyó la reorganización del área de trabajo y la incorporación de procedimientos estándar, optimizando así, el flujo de producción y reduciendo significativamente los tiempos improductivos.

Gamarra Távara (2021) en su tesis titulada "Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la línea de producción en la empresa Ladrillos Fortes S.A.C - Callanca", tuvo como objetivo principal aplicar la ingeniería de métodos para optimizar la productividad de la línea de producción en la empresa, el alcance del estudio fue descriptivo y aplicado, con un diseño no experimental de tipo transversal, considerando una población compuesta por 36 trabajadores responsables del proceso productivo en la zona de fabricación de ladrillos, por otro lado, la investigación utilizó técnicas como entrevistas, encuestas y observación directa, con instrumentos como cronómetros digitales, listas de cotejo y guías de análisis documental, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados: se mostraron mejoras significativas en los tiempos y niveles de productividad, también, se logró reducir el tiempo estándar de producción por operario de 165.36 minutos a 130.05 minutos, representando una disminución de 35.31 minutos, en términos de productividad, se registró un aumento en la cantidad de ladrillos fabricados por operario, pasando de 10.89 millares a 12.67 millares, lo que implica un incremento del 16.35%, asimismo, la productividad del factor hombre (ladrillos fabricados por hora-hombre) mejoró de 0.054 millares a 0.063 millares, equivalente a una variación del 16.67%, en cuanto al factor máquina, la productividad pasó de 0.073 millares a 0.084 millares por hora-máquina, alcanzando una mejora del 15.07%.

Inga (2021) en su tesis titulada "Mejora de la disponibilidad mecánica del molino de bolas 9x13 ft para incrementar la producción diaria en Minera Sierra Antapite", tuvo como objetivo principal mejorar la baja disponibilidad mecánica del molino de bolas Allis Chalmers 9x13 ft con el fin de aumentar la producción diaria en la unidad minera Sierra Antapite, se siguió una metodología de investigación de tipo tecnológica y nivel aplicado, se utilizó un diseño ex post facto, evaluando el desempeño previo del equipo y sus mejoras tras intervenciones específicas, dicho estudio se centró en implementar un programa de mantenimiento correctivo basado en el análisis de criticidad de los componentes críticos del molino, además, las técnicas empleadas incluyeron la observación empírica y documental, apoyadas en instrumentos como fichas de observación, guías de análisis y registros históricos; antes de la mejora, el molino operaba con una disponibilidad mecánica promedio entre el 87% y 89%, lo que limitaba la producción a 27 toneladas por hora (t/h) y, tras la intervención, se incrementó la disponibilidad mecánica al 93%, logrando un aumento de la producción a un promedio de 30 t/h, es decir, un crecimiento aproximado del 11%, así como también, el tiempo promedio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio para reparar (MTTR) mostraron mejoras significativas, optimizando el flujo operativo y reduciendo paradas inesperadas.

Saavedra y Sánchez (2021), en su tesis titulada "Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en una empresa maderera", tuvieron como objetivo principal incrementar la productividad de la fabricación de pallets de madera mediante la incorporación de la ingeniería de métodos, dicho estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y transversal, en donde la población estuvo constituida por 200 reportes de fabricación de pallets, lo que equivale a dos meses de registros diarios; la muestra fue censal debido al tamaño reducido de la población, se utilizó la ficha de observación como instrumento principal, y la técnica de recolección de datos fue la observación directa, los resultados mostraron una mejora significativa en los indicadores evaluados, la productividad se incrementó de 2.90 pallets/hora a 3.10 pallets/hora, representando un aumento del 7.01%, el tiempo estándar de producción disminuyó de 3.45 horas a 3.22 horas, lo que implica una reducción del 6.67%, asimismo, las mermas en el proceso de fabricación se redujeron del 16.37% al 10.75%, logrando una disminución del 5.62%, en cuanto a términos económicos, los costos de fabricación disminuyeron de S/.1,988,000 a S/.1,879,127, generando un ahorro bimestral de S/.108,873, los análisis económicos financieros revelaron que la implementación de las mejoras propuestas fue rentable para la empresa, obteniendo un VAN de S/.324,477.53, una TIR del 41.31%, un payback de 2.50 meses y un ratio beneficio/costo de 4.82.

Osorio y Velasquez (2020), en su tesis "Implementación de ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la empresa Tealmol S.A.C. de Ate, 2020", tuvieron como objetivo principal mejorar la productividad mediante la aplicación de la ingeniería de métodos en una empresa dedicada a la fabricación de productos de metal y acero inoxidable, la investigación fue de alcance explicativo y aplicada, se utilizó un diseño cuasi-experimental y se implementaron técnicas como el análisis de tiempos y movimientos, también, se emplearon instrumentos como diagramas bimanuales y de análisis de procesos, con los que se obtuvieron resultados que indicaron que tras la implementación de la ingeniería de métodos, la productividad de la empresa aumentó en un 5.56%, mientras que la eficiencia y la eficacia crecieron en 1.41% y 4.16%, respectivamente, junto con ello, se logró una optimización significativa en los tiempos improproductivos, reduciendo los ciclos de trabajo y mejorando el flujo del proceso productivo, dicho incremento fue avalado por comparaciones hechas antes y después de la intervención, utilizando herramientas estadísticas como la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, análisis de muestras emparejadas y el método Wilcoxon, siendo que en el aspecto económico, se pudo notar una mejora en la relación costo-beneficio de la empresa, reforzando el impacto positivo de la metodología aplicada en la competitividad empresarial.

Vásquez (2019), en su investigación titulada “Aplicación de ingeniería de métodos y su relación con la productividad de la línea de tanques de la empresa Heap Leaching Consulting SAC,” establece como objetivo principal analizar la influencia de la implementación de técnicas de ingeniería de métodos en la productividad de la línea de tanques de la empresa Heap Leaching Consulting SAC, tiene alcance correlacional y diseño cuasi-experimental, utilizó técnicas de observación directa, análisis documental, y cronometraje, con instrumentos como listas de observación, registros y análisis de tiempos, la población estuvo conformada por la productividad anual de la línea de tanques, y la muestra incluyó 16 tanques fabricados durante los meses de marzo y abril y los resultados mostraron que la aplicación de la ingeniería de métodos se relaciona significativamente con la productividad, ya que se demostró que los estudios de métodos y tiempos optimizaron procesos clave, permitiendo una reducción de tiempos improductivos y una mejor planificación de los recursos, también, la correlación de Spearman, aplicada para validar la hipótesis, evidenció mejoras sustanciales en la eficiencia operativa y la calidad del producto final, concluyéndose, que la implementación de estas herramientas no solo mejoró los índices de productividad, sino que también potenció el desempeño organizacional al generar un impacto positivo en la planificación y ejecución de los procesos.

Castillo Bonilla (2018), en su investigación “Incremento de la productividad en el proceso de reparación de motores aplicando ingeniería de métodos en la empresa Ferreyros S.A. Piura 2018” tuvo como objetivo principal determinar en cuánto se incrementa la productividad mediante la implementación de ingeniería de métodos en el proceso de reparación de motores de la empresa Ferreyros, la investigación, de nivel explicativo y diseño cuasi-experimental, incluyó una muestra de reparaciones realizadas durante dos meses antes y dos meses después de la intervención, para lo cual, se emplearon técnicas como la observación y el análisis documental, con instrumentos como fichas de registro de tiempos, de datos, y de observación del proceso, mediante estos procedimientos se obtuvieron los siguientes resultados mostraron que la productividad incrementó significativamente en un 35.3%, pasando de un promedio inicial de 52.4% a un 87.7% después de la implementación, además, la eficiencia aumentó un 17.7%, mientras que la eficacia creció un 25%, logrando una notable optimización en los tiempos estándar y la eliminación de tareas que no agregaban valor, estos valores de incremento, se validaron mediante pruebas estadísticas como T-Student, realizadas con el programa SPSS, se concluyó, que la aplicación de ingeniería de métodos no solo mejoró la productividad y eficiencia del proceso, y que también se fortaleció la capacidad competitiva de la empresa en su mercado local.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Ingeniería de métodos**

Según Palacios (2016), la ingeniería de métodos implica un análisis detallado de los procedimientos laborales con el objetivo de optimizar las operaciones dentro de un sistema de producción. Esta disciplina se centra en la reducción de desperdicios y en la eliminación de tareas redundantes, promoviendo una mejor disposición para el uso de equipos. Se considera una de las 37 técnicas fundamentales en la gestión laboral, caracterizándose por un examen crítico y un registro sistemático que buscan mejorar la ejecución de tareas específicas. Como resultado, se logra un aumento en la productividad y una disminución de los costos unitarios, lo que permite a los consumidores acceder a una mayor cantidad de productos.

### **2.2.2. Diagrama de procesos**

El Diagrama de Análisis de Procesos (DAP) y el Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP), son herramientas gráficas esenciales para la gestión y el análisis de procesos en múltiples sectores industriales. La función principal de este tipo de gráficos es representar visualmente las etapas y/o características de un proceso, facilitando así la identificación de áreas de mejora y optimización, (Palacios, 2016).

### **2.2.3. Procesos**

Según Anaya (2017), los procesos son mecanismos a través de los cuales los insumos se transforman en productos y servicios mediante el uso de diversas tecnologías. En esencia, estos procesos involucran la utilización de recursos materiales y humanos para la obtención de bienes y servicios. La productividad se ve favorecida al incorporar recursos de capital junto a los materiales y humanos.

### **2.2.4. Eficiencia**

Ganivet (2014) define la eficiencia como la capacidad de minimizar el uso de recursos en el funcionamiento de un sistema productivo, lo que constituye una característica clave en la mejora organizacional. De acuerdo con Agnieszka (2020), la eficiencia se relaciona con el uso óptimo de herramientas y recursos para alcanzar resultados máximos. Así, se puede afirmar que una menor cantidad de recursos utilizados para lograr un objetivo indica una mayor eficiencia. Salado (2015) añade que la eficiencia implica lograr resultados esperados con el menor uso posible de recursos, lo que implica un ahorro tanto en tiempo como en materiales. La eficiencia también se puede expresar mediante la fórmula:

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ estandar\ de\ la\ minera}{Tiempo\ estandar\ real\ hallado} \times 100\% \quad (1)$$

### 2.2.5. Eficacia

Agniezka (2020) plantea que la eficacia se refiere a la capacidad de alcanzar un resultado específico que satisface necesidades concretas, sin que la cantidad de recursos utilizados sea un aspecto determinante. Fernández Ríos y Sánchez (1997) complementan esta idea al definir la eficacia como la capacidad de una organización para cumplir con sus objetivos, incluyendo aspectos de eficiencia y factores del entorno. La eficacia puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$Eficacia = (\text{Resultado alcanzados}/\text{Resultados esperados}) * 100\% \quad (2)$$

## 2.3. Definición de términos básicos

2.3.1 Medición del trabajo: La medición del trabajo se entiende como un método investigativo que utiliza diversas técnicas para establecer el contenido de una tarea específica, determinando el tiempo que un trabajador capacitado necesita para completarla (García y Pantoja, 2007).

2.3.2 Distribución física: La distribución física abarca actividades relacionadas con el transporte, regulación de la producción, almacenamiento, servicios y financiamiento (García y Bermeo, 2018).

2.3.3 Ingeniería: Se define la ingeniería como la aplicación de métodos analíticos de principios de ciencias sociales y físicas, junto con procesos creativos, a la transformación de recursos para satisfacer necesidades humanas (Jananía, 2008).

2.3.4 Estaciones de trabajo: El puesto de trabajo se refiere al espacio donde un trabajador realiza sus tareas, como cabinas o mesas desde las cuales se operan máquinas, se ensamblan piezas o se realizan inspecciones (Bocángel et al., 2021).

2.3.5 Espera: La espera ocurre cuando condiciones externas a un cambio intencionado impiden o no requieren la inmediata realización de la siguiente acción planeada (Muther, 1970).

2.3.6 Operación: Se define como la modificación de las características de un objeto, la adición de elementos, o la preparación para otras acciones como transporte, inspección o almacenamiento (García y Pantoja, 2007).

2.3.7 Diagrama de flujo de procesos: Este diagrama proporciona información sobre todos los componentes involucrados en la manufactura de un producto o servicio (López et al., 2015).

2.3.8 Distribución en planta: La distribución en planta implica la organización física de los elementos industriales, abarcando espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y otras actividades (Muther, 1970).

2.3.9 Máquinas: Se entiende como una combinación de piezas de materiales resistentes con movimientos definidos, capaces de transmitir o transformar energía (Pérez, 2021).

2.3.10 Movimiento del hombre: Los operarios realizan desplazamientos entre estaciones de trabajo, llevando a cabo operaciones necesarias sobre el material, generalmente utilizando herramientas (Muther, 1970).

2.3.11 Movimiento de maquinaria: El movimiento de maquinaria se refiere a la acción del trabajador que desplaza herramientas o máquinas en un área de trabajo para trabajar sobre una pieza grande (Muther, 1970).

2.3.12 Movimiento de material y de hombres: Este concepto implica que el trabajador se desplaza con el material, realizando operaciones en cada máquina o lugar de trabajo (Muther, 1970).

2.3.13 Tiempo estándar: El tiempo estándar es un patrón que mide el tiempo requerido para completar una unidad de trabajo, utilizando un método y equipo estándar por un trabajador con la habilidad necesaria (García y Pantoja, 2007).

2.3.14 Normalización: La normalización de métodos de trabajo es el proceso que establece por escrito una norma de método para cada operación realizada en una fábrica (García y Pantoja, 2007).

2.3.15 Stock Pile: Se refiere al almacenamiento de mineral extraído en un área específica, que actúa como reserva para su distribución en la planta concentradora (Astorga, 2016).

2.3.16 Chute de descarga: Es una estructura diseñada para dirigir o canalizar el flujo de mineral desde una altura hacia la siguiente fase del proceso (PROSOLMEC, 2024).

2.3.17 Liners: Son placas dimensionadas fabricadas a partir de diferentes aleaciones, utilizadas para proteger los chutes de transferencia del desgaste causado por el flujo de mineral (FUNVESA, 2024).

.2.3.18 Feeder: Se refiere a los alimentadores de placas utilizados para dosificar el flujo de material, asegurando que el mineral cumpla con las especificaciones hacia el sistema de molienda (McLanahan, 2021).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

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

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

El método deductivo se basa en un enfoque lógico que permite plantear preguntas de investigación para luego someterlas a prueba, en este estudio, se utiliza un método deductivo lógico, ya que la aplicación integral de las normas y procesos de la metodología de ingeniería de métodos influye directamente en los procedimientos de instalación de liners en chutes, mencionado enfoque permite derivar conclusiones fundamentadas a partir de los datos obtenidos en cada etapa del proceso, (Hernández y Mendoza, 2018).

El alcance de la presente investigación es de tipo descriptivo dado que la finalidad es conocer las propiedades o características de las variables (Hernández y Mendoza, 2018), que en este caso se corresponde con los tiempos de las actividades y la cantidad de ellas en vista de encontrar puntos de mejora.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

Según Hernández y Mendoza (2018), el diseño de investigación no experimental se caracteriza por observar los fenómenos en su entorno natural, sin manipular la variable de estudio, lo que permite analizar el fenómeno en su contexto original.

Este estudio utiliza un diseño no experimental, ya que observa de forma natural los procesos de montaje de liners en chutes, sin intervención directa, permitiendo así una evaluación precisa de la situación y la identificación de posibles mejoras.

#### **3.3. Población y muestra**

##### **3.3.1. Población**

Según Arias et al. (2022) define la población en la investigación como el conjunto total de elementos o individuos que comparten características comunes y sobre los cuales se enfoca el estudio. Cerda (2021) añade que la población también se entiende como una unidad estructurada con características específicas que deben ser identificadas.

Para esta investigación, la población son los 8 chutes de transferencia a los que se les hace el mantenimiento de cambio de liners durante la parada de planta programada en la unidad minera en el 2023.

### 3.3.2. Muestra

Arias (2021) señala que una muestra es una selección representativa de individuos o elementos extraídos de una población para su estudio, con el fin de hacer inferencias sobre el grupo completo. Sekaran y Bougie (2016) destacan que una muestra adecuada puede influir significativamente en la validez de los resultados de un estudio, facilitando un análisis detallado sin necesidad de examinar a cada miembro de la población.

La muestra de la investigación se determina siguiendo los criterios de la General Electric para el número de ciclos observables según la duración del tiempo de ciclo, el tiempo de ciclo es el tiempo que da la unidad minera para culminar con el montaje de liners en un chute el cual es de 2160 minutos y según lo indicado por la General Electric para tiempos de ciclo mayores a 40 minutos se debe realizar como mínimo 3 observaciones, es por ello que en la presente investigación se observó y cronometró el montaje de liners en 04 chutes.

TIEMPO DEL CICLO (min)	OBSERVACIONES A REALIZAR
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00 A 5.00	15
5.00 A 10.00	10
10.00 A 20.00	8
20.00 A 40.00	5
MÁS DE 40.00	3

Figura 1. Criterio General Electric para selección del número de observaciones.  
Fuente: Gonzales (2023)

La muestra de esta investigación se enfoca en el mantenimiento de 4 chutes de transferencia en el stockpile, ya que se aplicarán los métodos de ingeniería para mejorar el proceso de montaje de liners. Mas específicamente, por limitaciones operativas (parada de planta), se considera para el análisis de actividades la tarea de montaje de liners en 4 chutes de transferencia. Aunado a ello, para el Westinghouse se consideró cronometrar las 3 principales actividades para el montaje de liners en chutes de transferencia, ya que repite la misma acción en 10 filas de cada chute suficiente para obtener un confiable promedio y no interferir demasiado retrasando las costosas operaciones de parada.

Se toma los datos de las paredes norte y sur en una tabla y las paredes este y oeste en una tabla distinta por tener dimensiones y cantidades de liners distintas.

Tabla 2. *Tiempos observados en montaje de liners de pared norte y sur en FA-004 (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES NORTE Y SUR (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	19	13	9
2	19	11	9
3	21	12	8
4	22	13	9
5	21	13	8
6	21	13	9
7	19	11	8
8	18	13	8
9	22	12	9
10	22	13	9
<b>TO promedio</b>	20,4	12,4	8,6

Tabla 3. *Tiempos observados en montaje de liners de pared este y oeste en FEA-004 (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES ESTE Y OESTE (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	99	50	25
2	97	51	26
3	99	49	24
4	97	48	26
5	96	49	24
6	100	52	25
7	101	51	25
8	98	49	25
9	100	52	25
10	102	51	24
<b>TO promedio</b>	98,9	50,2	24,9

Tabla 4. *Tiempos observados en montaje de liners de pared norte y sur en FA-005 (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES NORTE Y SUR (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	20	12	10
2	19	13	9
3	20	12	8
4	22	13	9
5	22	13	9
6	19	12	8
7	20	11	10
8	20	11	8
9	21	12	8
10	20	12	8
<b>TO promedio</b>	20,3	12,1	8,7

Tabla 5. *Tiempos observados en montaje de liners de pared este y oeste en FEA-005 (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES ESTE Y OESTE (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	98	52	26
2	99	51	24
3	99	50	25
4	98	48	25
5	99	52	25
6	99	52	26
7	100	49	26
8	99	48	24
9	98	49	24
10	101	49	24
<b>TO promedio</b>	99,9	50	24,9

Tabla 6. *Tiempos observados en montaje de liners de pared norte y sur en FA-006 (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES NORTE Y SUR (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	21	13	12
2	19	11	9
3	21	11	8
4	21	14	8
5	21	12	8
6	20	11	9
7	20	11	9
8	19	11	8
9	23	14	8
10	19	11	10
<b>TO promedio</b>	20,4	11,9	8,9

Tabla 7. *Tiempos observados en montaje de liners de pared este y oeste en FEA-006 (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES ESTE Y OESTE (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	97	53	26
2	98	51	26
3	98	51	26
4	98	52	25
5	102	50	25
6	99	50	25
7	98	51	25
8	99	52	23
9	101	48	24
10	101	52	25
<b>TO promedio</b>	99,1	51	25

Tabla 8. *Tiempos observados en montaje de liners de pared norte y sur en FA-007 (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES NORTE Y SUR (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	21	11	9
2	21	12	9
3	21	12	9
4	21	12	10
5	20	12	9
6	21	12	9
7	20	14	9
8	20	14	9
9	20	11	8
10	21	11	8
<b>TO promedio</b>	20,6	12,9	8,9

Tabla 9. *Tiempos observados en montaje de liners de pared este y oeste en FEA-007 (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES ESTE Y OESTE (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	97	52	25
2	98	52	25
3	97	51	26
4	98	51	26
5	99	51	26
6	100	50	25
7	100	51	25
8	99	52	25
9	102	51	22
10	101	52	26
<b>TO promedio</b>	99,1	51,3	25,1

Una vez cronometrado las actividades en 04 chutes que representan el 50% del total de chutes al que se dará mantenimiento se generó para el capítulo de resultados una tabla de los tiempos medios de todas las actividades para el cálculo correspondiente del tiempo estándar.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos**

En este estudio se emplea la técnica de observación directa para entender y registrar los comportamientos observados. Además, según Hurtado (2011), la revisión documental permite acceder a datos de fuentes escritas, ya sean mediciones previas o textos que representan eventos de estudio. Por ello, se utiliza también la revisión documental, analizando el tiempo y los procedimientos descritos en informes de mantenimiento elaborados anteriormente en la empresa.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Tamayo (2007) define los instrumentos de recolección de datos como herramientas diseñadas por el investigador para recopilar información, facilitando así la medición de variables específicas.

En esta investigación, los instrumentos son fichas de observación y de revisión documental, utilizando plantillas digitales, como Excel para describir procesos y registrar datos de tiempo, y Project para la programación y control de actividades.

Además, la ficha de observación documental complementa el proceso, registrando información detallada sobre los procesos de montaje y validando datos clave.

### **3.5. Instrumentos de análisis de datos**

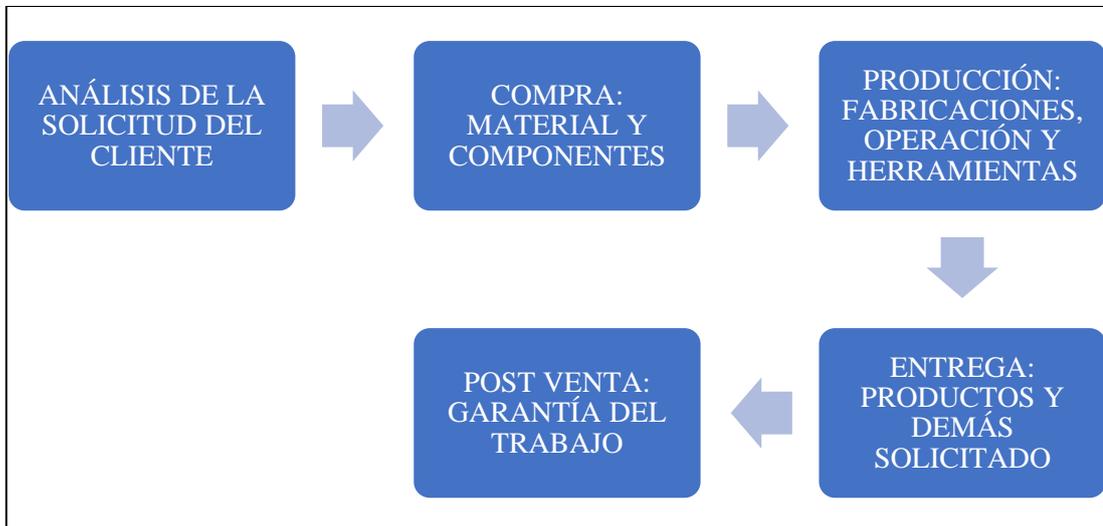
Para el análisis e interpretación de los datos, se sigue el enfoque de Taylor y Bogdan (1992), quienes recomiendan un análisis exhaustivo basado en la identificación de categorías clave que emergen a partir de los datos recogidos mediante diversos instrumentos. En esta tesis, se emplea la estadística descriptiva como herramienta de análisis, asistida por software de hojas de cálculo para procesar y examinar los datos.

## CAPÍTULO IV

### DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 4.1. Breve descripción de la empresa y sus procesos

Se trata de una empresa dedicada a desarrollar obras mecánicas, eléctricas y mantenimiento de planta concentradora y plantas industriales, así mismo brindando servicios de alquiler de camiones grúa de distintos tonelajes. Con más de 10 años de experiencia en el rubro minero para lo cual cuentan con personal totalmente calificado y certificado que garantizan un excelente trabajo. Su casa matriz se encuentra en la ciudad de Arequipa, donde se concentra el 70% del corredor minero del Perú, teniendo presencia también en Chile, Ecuador y Panamá. Su proceso de trabajo es como en la Figura 2.



*Figura 2.* Proceso de trabajo de la empresa

#### **Misión**

Su misión es brindar a sus clientes el mejor servicio enmarcado dentro de la eficiencia tecnológica y profesional, utilizando normas nacionales e internacionales en calidad y seguridad para ofrecer productos altamente competitivos.

#### **Visión**

Aspiran a ser reconocida como la mejor empresa en ejecución de proyectos y servicios en el sector minero con la más avanzada tecnología y personal altamente calificado, garantizando la seguridad, calidad, cumplimiento y protección del medio ambiente.

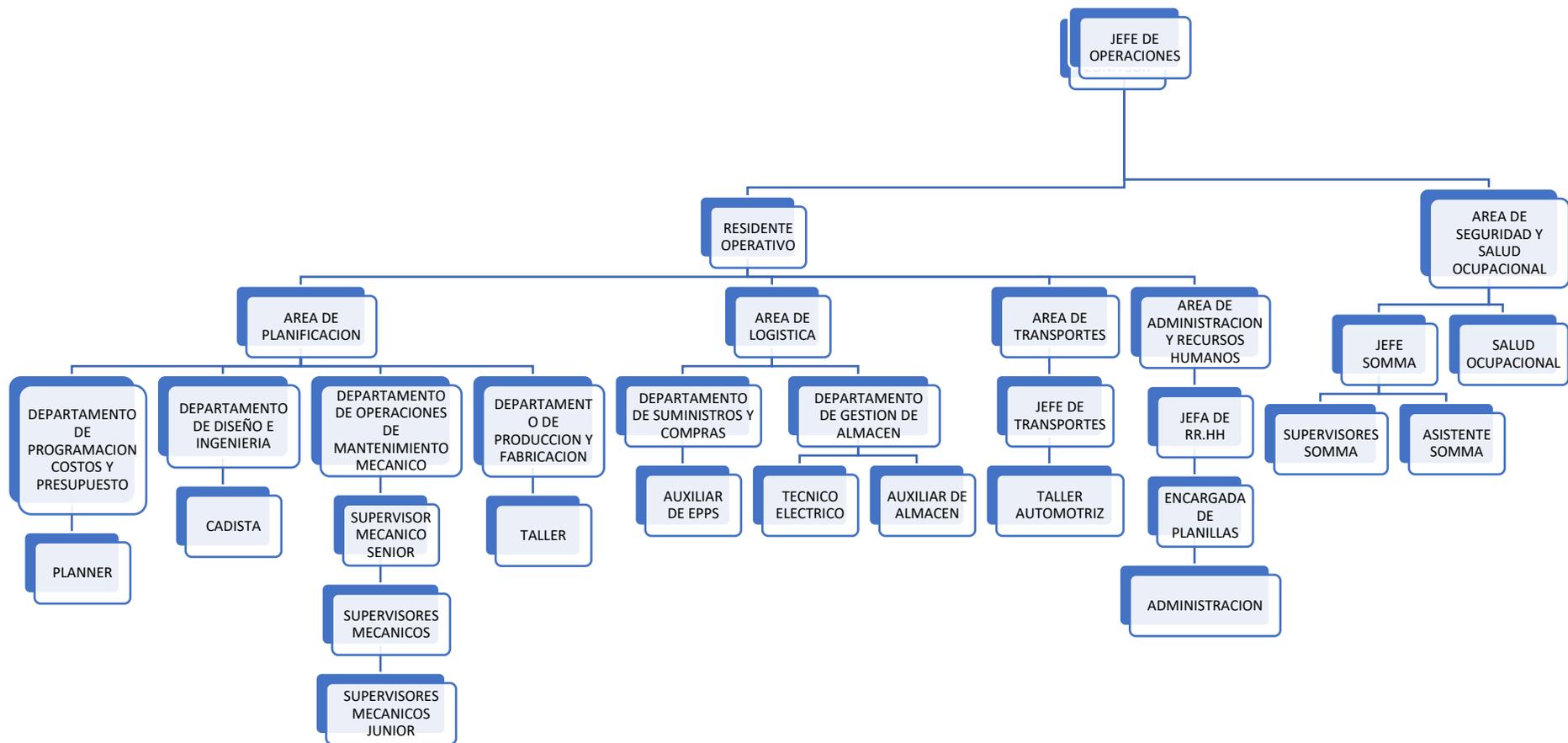


Figura 3. Organigrama de la empresa

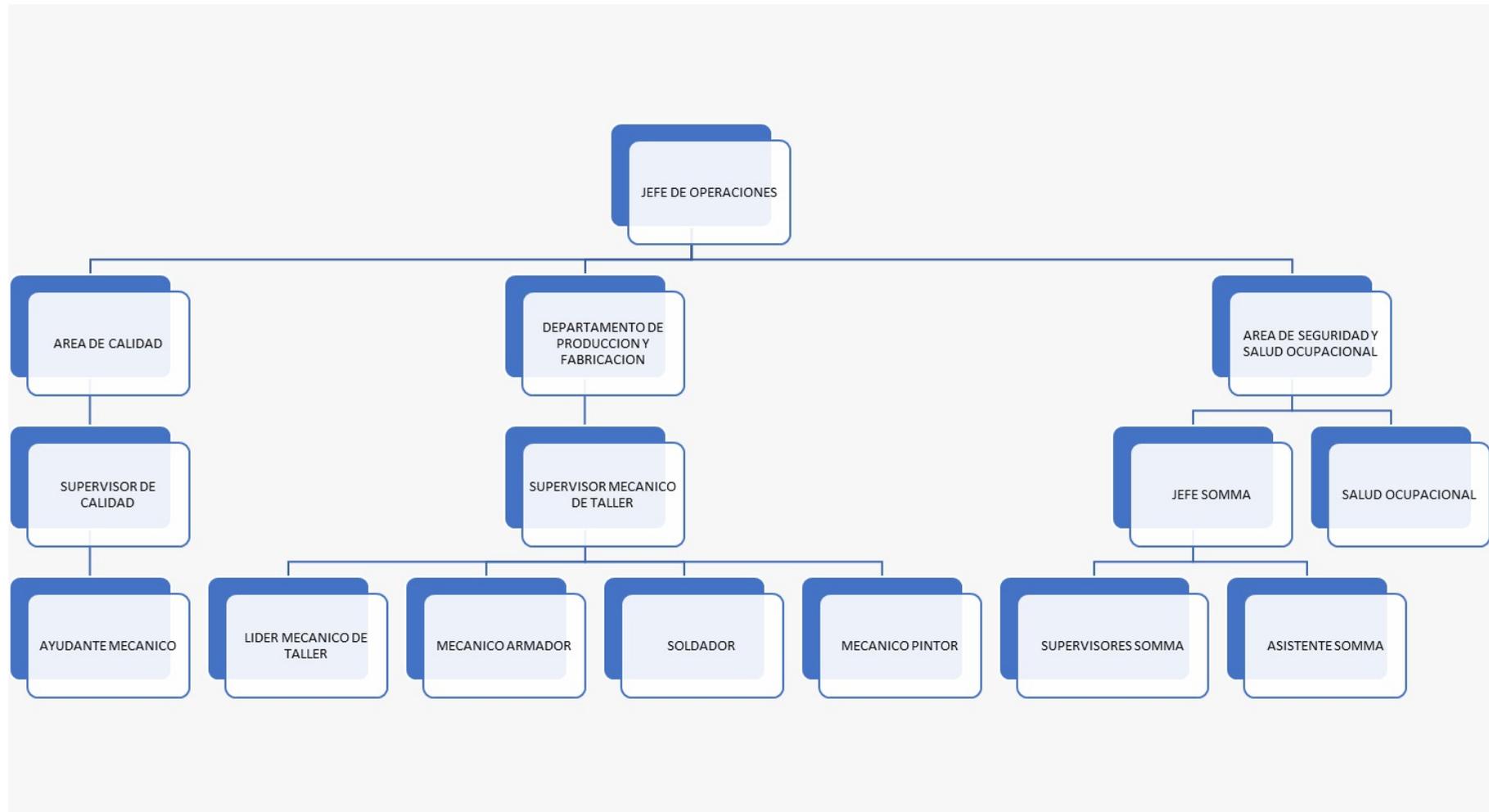


Figura 4. Organigrama del taller de producción

## 4.2. Diagnóstico situacional actual

La tarea de cambio de liners en los 8 chutes de transferencia es realizada en un tiempo de 168 horas o 14 turnos de trabajo con 19356 horas hombre de trabajo mecánico especializado.

La empresa minera tiene una pérdida de 240 000 dólares por hora de parada por lo que es un tiempo extenso de parada de producción por mantenimiento siendo altamente costoso para la empresa minera, así mismo esta actividad de manipulación manual de 310 liners por chute que tiene un peso desde los 17kg hasta los 115kg es riesgosa para los trabajadores exponiéndose a sobre esfuerzos, mantener posturas disergonómicas, exposición de manos a puntos de atricción y exposición a cargas suspendidas.

En el siguiente cuadro se muestran la ejecución de cambio de liners en los 8 chutes de transferencias a feeder el cual se realiza con 80 personas en turno día y 80 personas en turno noche durante 14 turnos consecutivos. También se muestra las actividades programadas realizadas por 4 grupos de trabajo los cuales realizan trabajos de cambio de liners en los feeders FEA004, FEA005, FEA006, FEA007, FEA008, FEA009, FEA010, FEA011. De forma consecutiva, es decir 01 grupo termina con el mantenimiento de 01 feeder y pasa a realizar el mantenimiento del segundo feeder.

Tabla 10. Distribución de personal en días de ejecución

<b>EJECUCION DE CAMBIO DE LINERS PARA 8 CHUTES DE TRANFERENCIA</b>																							
		<b>PREPARATIVOS</b>						<b>EJECUCIÓN</b>												<b>POST</b>			
<b>FECHA</b>		<b>Dia 1</b>		<b>Dia 2</b>		<b>Dia 3</b>		<b>Dia 1</b>		<b>Dia 2</b>		<b>Dia 3</b>		<b>Dia 4</b>		<b>Dia 5</b>		<b>Dia 6</b>		<b>Dia 7</b>		<b>Dia 1</b>	
<b>TURNO</b>		D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
Residente	Indirecto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Supervisor Mecánico	Directo	3	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Supervisor Seguridad	Directo	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Líder Mecánico	Directo	6	12	12	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Mecánico Andamiero	Directo	6	12	12	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Mecánico	Directo	18	36	36	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	
Soldador	Directo	6	12	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
<b>Personal / Día</b>		42	83	83	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
<b>Total HH/ Día</b>		492	984	984	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	
<b>Total HH</b>		19356																					
<b>Movilizaciones</b>		42	41	93																			
<b>Horas de Parada EJECUCIÓN</b>		168																					

Tabla 11. *Actividades programadas de cambio de liners en chutes de transferencia*

<b>FECHA</b>	<b>TURNO</b>	<b>GRUPO 01</b>	<b>GRUPO 02</b>	<b>GRUPO 03</b>	<b>GRUPO 04</b>
DIA 1	Día	Lanceo y Retiro de revestimientos de FEA004	Lanceo y Retiro de revestimientos de FEA010	Lanceo y Retiro de revestimientos de FEA006	Lanceo y Retiro de revestimientos de FEA008
	Noche	Retiro de revestimiento de FEA004	Retiro de revestimiento de FEA010	Retiro de revestimiento de FEA006	Retiro de revestimiento de FEA008
DIA 2	Día	Retiro de revestimiento de FEA004	Retiro de revestimiento de FEA010	Retiro de revestimiento de FEA006	Retiro de revestimiento de FEA008
	Noche	Instalación de revestimiento de FEA004	Instalación de revestimiento de FEA010	Instalación de revestimiento de FEA006	Instalación de revestimiento de FEA008
DIA 3	Día	Instalación de revestimiento de FEA004	Instalación de revestimiento de FEA010	Instalación de revestimiento de FEA006	Instalación de revestimiento de FEA008
	Noche	Instalación de revestimiento de FEA004	Instalación de revestimiento de FEA010	Instalación de revestimiento de FEA006	Instalación de revestimiento de FEA008
DIA 4	Día	Instalación de revestimientos esquineros y deslanceo de FEA004	Instalación de revestimientos esquineros y deslanceo de FEA010	Instalación de revestimientos esquineros y deslanceo de FEA006	Instalación de revestimientos esquineros y deslanceo de FEA008

<b>FECHA</b>	<b>TURNO</b>	<b>GRUPO 01</b>	<b>GRUPO 02</b>	<b>GRUPO 03</b>	<b>GRUPO 04</b>
DIA 4	Noche	Lanceo y Retiro de revestimientos de FEA011	Lanceo y Retiro de revestimientos de FEA005	Lanceo y Retiro de revestimientos de FEA009	Lanceo y Retiro de revestimientos de FEA007
DIA 5	Día	Retiro de revestimiento de FEA011	Retiro de revestimiento de FEA005	Retiro de revestimiento de FEA009	Retiro de revestimiento de FEA007
	Noche	Retiro de revestimiento de FEA011	Retiro de revestimiento de FEA005	Retiro de revestimiento de FEA009	Retiro de revestimiento de FEA007
DIA 6	Día	Instalación de revestimiento de FEA011	Instalación de revestimiento de FEA005	Instalación de revestimiento de FEA009	Instalación de revestimiento de FEA007
	Noche	Instalación de revestimiento de FEA011	Instalación de revestimiento de FEA005	Instalación de revestimiento de FEA009	Instalación de revestimiento de FEA007
DIA 7	Día	Instalación de revestimiento de FEA011	Instalación de revestimiento de FEA005	Instalación de revestimiento de FEA009	Instalación de revestimiento de FEA007
	Noche	Instalación de revestimientos esquineros y deslanceo de FEA011	Instalación de revestimientos esquineros y deslanceo de FEA005	Instalación de revestimientos esquineros y deslanceo de FEA009	Instalación de revestimientos esquineros y deslanceo de FEA007
DIA 8	Día	Retiro de revestimientos usados y andamios			
	Noche	Retiro de revestimientos usados y andamios			

### 4.3. Diagnóstico situacional actual de los procesos de montaje de liners de chutes mediante el estudio de tiempos y diagrama de procesos

En las siguientes figuras (Figura 5 y Figura 6) se muestra el análisis de proceso DAP actual (antes), que corresponde con la actividad de cambio de los liners por los operarios. Además, se encuentra dividido en dos procesos puesto que las caras este, oeste y norte y sur son diferentes teniendo un tiempo distinto de montaje.

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO										
Datos Generales					Actividades					
Proceso:	Cambio de Linners en chute pared lateral lado este y oeste de feeder 4				Operación	20	Distancia	30	Actual	
Fecha:	oct-24				Transporte	10		Tiempo	1740	<input checked="" type="checkbox"/>
Versión:	1				Inspección	10	Propuesto			<input type="checkbox"/>
Realizado:	Mijael Champi Mendoza				Espera	0				
	Marco Luna Totocayo				Almacenamiento	0				
N.º	Descripción	Cantidad	Tiempo (minutos)	Distancia	SIMBOLO					
					○	⇒	□	D	▽	
1	Traslado de liners a punto de instalación lado este-fila 1	1	99.75	3						
2	Instalación de liners fila 1-lado este	1	51.75	0						
3	Ajuste de pernos de liners fila 1-lado este	1	20.5	0						
4	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 1-lado este	1	5	0						
5	Traslado de liners a punto de instalación lado este-fila 2	1	98	3						
6	Instalación de liners fila 2-lados este	1	51.25	0						
7	Ajuste de pernos de liners lado este-fila 2	1	20.25	0						
8	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 2-lado este	1	5	0						
9	Traslado de liners a punto de instalación lado este-fila 3	1	98.25	3						
10	Instalación de liners fila 3-lados este	1	50.25	0						
11	Ajuste de pernos de liners lado este-fila 3	1	20.25	0						
12	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 3-lado este	1	5	0						
13	Traslado de liners a punto de instalación lado este-fila 4	1	97.75	3						
14	Instalación de liners fila 4-lado este	1	49.75	0						
15	Ajuste de pernos de liners fila 4-lado este	1	20.5	0						
16	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 4-lado este	1	5	0						
17	Traslado de liners a punto de instalación lado este-fila 5	1	99	3						
18	Instalación de liners fila 5-lado este	1	50.5	0						
19	Ajuste de pernos de liners fila 5-lado este	1	20	0						
20	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 5-lado este	1	5	0						
21	Traslado de liners a punto de instalación lado oeste-fila 1	1	99.5	3						
22	Instalación de liners fila 1-lado oeste	1	51	0						
23	Ajuste de pernos de liners fila 1-lado oeste	1	20.25	0						
24	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 1-lado oeste	1	5	0						
25	Traslado de liners a punto de instalación lado oeste-fila 2	1	99.75	3						
26	Instalación de liners fila 2-lado oeste	1	50.5	0						
27	Ajuste de pernos de liners lado este-fila 2	1	20.25	0						
28	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 2-lado oeste	1	5	0						
29	Traslado de liners a punto de instalación lado oeste-fila 3	1	98.75	3						
30	Instalación de liners fila 3-lado oeste	1	50.25	0						
31	Ajuste de pernos de liners lado oeste-fila 3	1	19.25	0						
32	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 3-lado oeste	1	5	0						
33	Traslado de liners a punto de instalación lado oeste-fila 3	1	100.25	3						
34	Instalación de liners fila 4-lado oeste	1	50	0						
35	Ajuste de pernos de liners fila 4-lado oeste	1	18.75	0						
36	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 4-lado oeste	1	5	0						
37	Traslado de liners a punto de instalación lado oeste-fila 5	1	101.25	3						
38	Instalación de liners fila 5-lado oeste	1	51	0						
39	Ajuste de pernos de liners fila 5-lado oeste	1	19.75	0						
40	Inspección de liners instalados y pernería ajustada fila 5-lado oeste	1	5	0						
TOTAL		40	1748.25	30	20	10	10	0	0	

Figura 5. DAP 1 de montaje de liners este y oeste antes

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO										
Datos Generales					Actividades					
Proceso:	Cambio de Linners en chute paredes frontales lado sur y norte de feeder 4				Operación	20	Distancia	30	Actual	<input checked="" type="checkbox"/>
Fecha:	oct-24				Transporte	10				
Versión:	1				Inspección	10	Tiempo	414	Propuesto	<input type="checkbox"/>
Realizado:	Mijael Champi Mendoza				Espera	0				
	Marco Luna Totocayo				Almacenamiento	0				
N.º	Descripción	Cantidad	Tiempo (minutos)	Distancia	SIMBOLO					
					○	⇒	□	D	▽	
1	Traslado de lanners a punto de instalación lado sur-fila 1	1	20.25	3						
2	Instalación de lanners fila 1-lado sur	1	12.25	0						
3	Ajuste de pernos de lanners fila 1-lado sur	1	5	0						
4	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 1-lado sur	1	5	0						
5	Traslado de lanners a punto de instalación lado sur-fila 2	1	19.25	3						
6	Instalación de lanners fila 2-lado sur	1	11.75	0						
7	Ajuste de pernos de lanners fila 2-lado sur	1	3.25	0						
8	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 2-lado sur	1	5	0						
9	Traslado de lanners a punto de instalación lado sur-fila 3	1	20.75	3						
10	Instalación de lanners fila 3-lado sur	1	11.75	0						
11	Ajuste de pernos de lanners fila 3-lado sur	1	4	0						
12	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 3-lado sur	1	5	0						
13	Traslado de lanners a punto de instalación lado sur-fila 4	1	21.5	3						
14	Instalación de lanners fila 4-lado sur	1	13	0						
15	Ajuste de pernos de lanners fila 4-lado sur	1	4	0						
16	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 4-lado sur	1	5	0						
17	Traslado de lanners a punto de instalación lado sur-fila 5	1	21	3						
18	Instalación de lanners fila 5-lado sur	1	12.5	0						
19	Ajuste de pernos de lanners fila 5-lado sur	1	3.75	0						
20	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 5-lado sur	1	5	0						
21	Traslado de lanners a punto de instalación lado norte-fila 1	1	20.25	3						
22	Instalación de lanners fila 1-lado norte	1	12	0						
23	Ajuste de pernos de lanners fila 1-lado norte	1	3.75	0						
24	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 1-lado norte	1	5	0						
25	Traslado de lanners a punto de instalación lado norte-fila 2	1	19.75	3						
26	Instalación de lanners fila 2-lado norte	1	11.75	0						
27	Ajuste de pernos de lanners fila 2-lado norte	1	4	0						
28	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 2-lado norte	1	5	0						
29	Traslado de lanners a punto de instalación lado norte-fila 3	1	19.25	3						
30	Instalación de lanners fila 3-lado norte	1	12.25	0						
31	Ajuste de pernos de lanners fila 3-lado norte	1	3.25	0						
32	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 3-lado norte	1	5	0						
33	Traslado de lanners a punto de instalación lado norte-fila 4	1	21.5	3						
34	Instalación de lanners fila 4-lado norte	1	12.25	0						
35	Ajuste de pernos de lanners fila 4-lado norte	1	3.25	0						
36	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 4-lado norte	1	5	0						
37	Traslado de lanners a punto de instalación lado norte-fila 5	1	20.5	3						
38	Instalación de lanners fila 5-lado norte	1	11.75	0						
39	Ajuste de pernos de lanners fila 5-lado norte	1	3.75	0						
40	Inspección de lanners instalados y pernería ajustada fila 5-lado norte	1	5	0						
TOTAL		40	413.25	30	20	10	10	0	0	

Figura 6. DAP 2 de montaje de lanners norte y sur antes

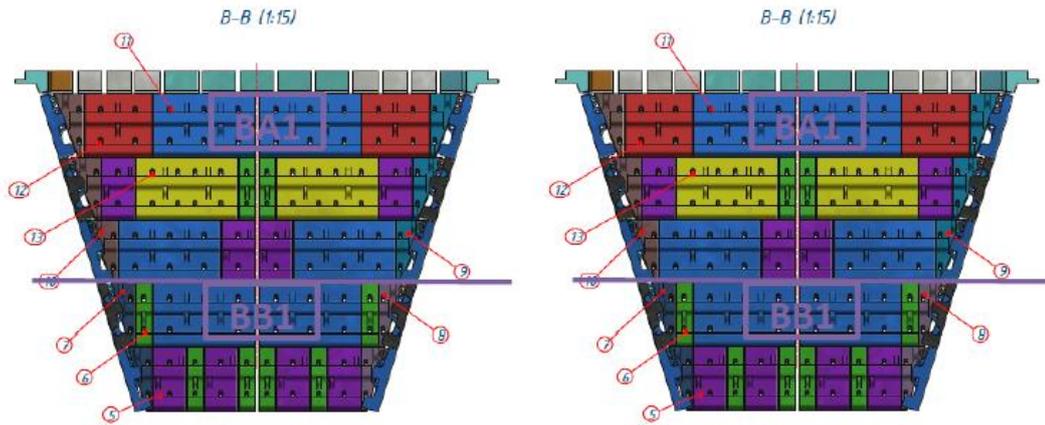


Figura 7. Diagrama de filas de liners de paredes norte y sur

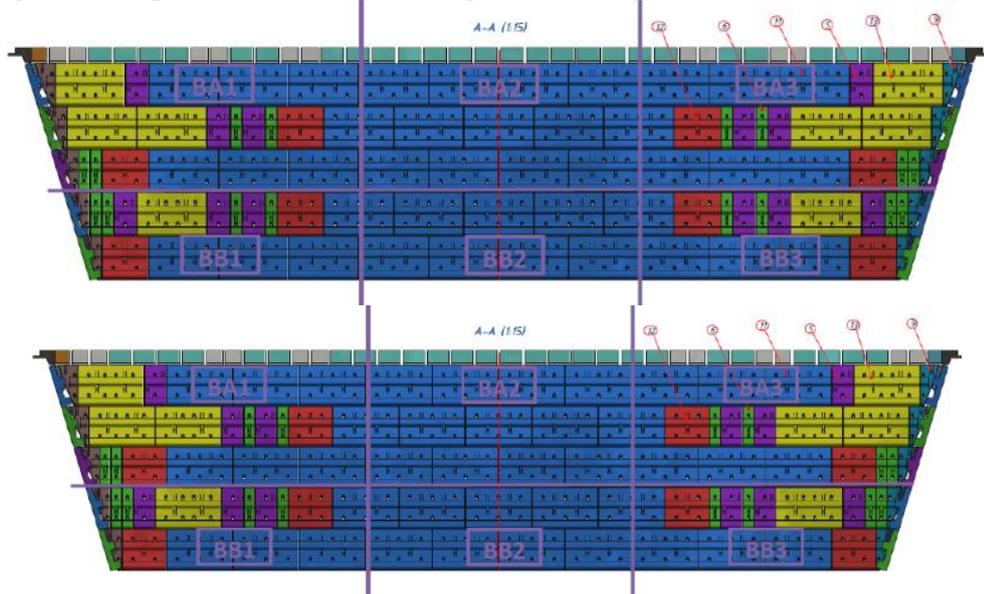


Figura 8. Diagrama de filas de liners de paredes este y oeste

Se revisan los procesos de montaje de Liners de chutes para jerarquizar las actividades. Estas se dividen en 2 procesos, en el que cada pared consta de 5 filas, montándose 10 filas por proceso (Figura 7 y Figura 8). Se identifican 20 procesos para el cambio de liners de chute de las paredes este y oeste, los cuales consumen 1740 min, en una distancia de 30 m (Figura 5). Por su parte, las paredes norte y sur siendo las más cortas en los mismos 20 procesos consumen 414 min, en una distancia de 30 m (Figura 6)

Con los procesos claros se enfoca ahora en la contabilización de los tiempos necesarios para ejecutar las actividades en cada uno de ellos. Como se vio en 3.3.2. por diversas razones la muestra se realiza en 04 chutes de transferencia que representan el 50% del total chutes a los cuales se cronometra los tiempos observados en el proceso de montaje de liners resultando el promedio en la Tabla 12 y Tabla 13.

Tabla 12. *Tiempos medios observados en montaje de liners de pared norte y sur (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES NORTE Y SUR</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	20,25	12,25	10
2	19,5	11,75	8,25
3	20,75	11,75	9
4	21,5	13	9
5	21	12,5	8,5
6	20,25	12	8,75
7	19,75	11,75	9
8	19,25	12,25	8,25
9	21,5	12,25	8,25
10	20,5	11,75	8,75
<b>TO promedio</b>	20,45	12,13	8,78

Tabla 13. *Tiempos medios observados en montaje de liners de pared este y oeste (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES ESTE Y OESTE (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos para montaje por fila</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	97,75	51,75	25,5
2	98	51,25	25,25
3	98,25	50,25	25,25
4	97,75	49,75	25,5
5	99	50,5	25
6	99,5	51	25,25
7	99,75	50,5	25,25
8	98,75	50,25	24,25
9	100,25	50	23,75
10	101,25	51	24,75
<b>TO promedio</b>	99,03	50,63	24,98

Empleando el sistema Westinghouse cuyo sistema de calificación se encuentra en la Tabla 14.

Tabla 14. *Calificación del sistema Westinghouse*

<b>DESTREZA O HABILIDAD</b>			<b>ESFUERZO O EMPEÑO</b>		
0,15	A1	EXTREMA	0,13	A1	EXTREMA
0,13	A2	EXTREMA	0,12	A2	EXTREMA
0,11	B1	EXCELENTE	0,1	B1	EXCELENTE
0,08	B2	EXCELENTE	0,08	B2	EXCELENTE
0,06	C1	BUENA	0,05	C1	BUENA
0,03	C2	BUENA	0,02	C2	BUENA
0	D	REGULAR	0	D	REGULAR
-0,05	E1	ACEPTABLE	-0,4	E1	ACEPTABLE
-0,01	E2	ACEPTABLE	-0,8	E2	ACEPTABLE
-0,16	F1	DEFICIENTE	-0,12	F1	DEFICIENTE
-0,22	F2	DEFICIENTE	-0,17	F2	DEFICIENTE
<b>CONDICIONES</b>			<b>CONSISTENCIAS</b>		
0,06	A	IDEALES	0,04	A	IDEALES
0,04	B	EXCELENTES	0,03	B	EXCELENTES
0,02	C	BUENAS	0,01	C	BUENAS
0	D	REGULARES	0	D	REGULARES
-0,03	E	ACEPTABLES	-0,02	E	ACEPTABLES
-0,07	F	DEFICIENTES	-0,04	F	DEFICIENTES

A partir del sistema mencionado es que se pueden calcular 2 fórmulas para hallar el tiempo normal, el primero es el porcentaje de la actuación del trabajador (C) y el segundo es el factor de calificación (FC) que resulta de la sumatoria 1 + C. Como se tienen 3 macro actividades, se calculan los factores para cada una de ellas en la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17.

Tabla 15. *Factores Westinghouse para armado de liners de floreros (antes)*

<b>1. ARMADO DE LINERS DE FLOREROS</b>		
<b>ÁREA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
Destreza o habilidad	A2	0,13
Esfuerzo o empeño	A2	0,12
Condiciones	C	0,02
Consistencias	C	0,01
<b>C</b>		<b>0,3</b>
<b>FC</b>		<b>1,3</b>

Tabla 16. *Factores Westinghouse para maniobra de montaje de liners (antes)*

<b>2. MANIOBRAS DE MONTAJE DE LINERS</b>		
<b>ÁREA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
Destreza o habilidad	A1	0,15
Esfuerzo o empeño	A2	0,12
Condiciones	C	0,02
Consistencias	C	0,01
<b>C</b>		<b>0,3</b>
<b>FC</b>		<b>1,3</b>

Tabla 17. *Factores Westinghouse para instalación y ajuste de pernos (antes)*

<b>3. INSTALACIÓN Y AJUSTE DE PERNOS</b>		
<b>ÁREA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
Destreza o habilidad	B1	0,08
Esfuerzo o empeño	A2	0,12
Condiciones	C	0,02
Consistencias	C	0,01
<b>C</b>		<b>0,2</b>
<b>FC</b>		<b>1,2</b>

Con los factores calculados, ahora se determinan los suplementos aplicables sugeridos en la Figura 9, obteniéndose los suplementos para cada actividad de la Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 20.



Tabla 19. *Suplementos para posicionamiento de liners (antes)*

<b>POSICIONAMIENTO DE LINERS</b>		
<b>SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. suplemento por necesidades	5%	0,05
B. Suplemento base por fatiga	4%	0,04
<b>SUPLEMENTOS VARIABLES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. Suplemento por trabajar de pie	2%	0,02
B. uso fuerza energía muscular	9%	0,09
F. Concentración intensa	2%	0,02
G. Ruido	2%	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>24%</b>	<b>0,24</b>

Tabla 20. *Suplementos para instalación de pernos y ajustes (antes)*

<b>INSTALACIÓN DE PERNOS Y AJUSTES</b>		
<b>SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. suplemento por necesidades	5%	0,05
B. Suplemento base por fatiga	4%	0,04
<b>SUPLEMENTOS VARIABLES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. Suplemento por trabajar de pie	2%	0,02
B. uso fuerza energía muscular	1%	0,01
F. Concentración intensa	0%	0
G. Ruido	2%	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>14%</b>	<b>0,14</b>

Conseguido los factores y suplementos, se determinan los tiempos estándar para cada actividad en la Tabla 21 y Tabla 22.

Tabla 21. *Tiempos estándar para montaje de liners por fila de paredes norte y sur (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES NORTE Y SUR (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
<b>TO promedio</b>	20,45	12,13	8,78
<b>F.C</b>	1,3	1,3	1,2
<b>T. N</b>	26,58	15,77	10,53
<b>SUPLEMENTOS</b>	1,18	1,24	1,14
<b>T.ES.</b>	31,36	19,55	12

Tabla 22. *Tiempo estándar para montaje de liners por fila de paredes este y oeste (antes)*

<b>MONTAJE DE LINERS POR FILA DE PAREDES ESTE Y OESTE (min)</b>			
	<b>1. Maniobras para montaje de liners</b>	<b>2. Posicionamientos de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
<b>TO promedio</b>	99,03	50,63	24,98
<b>F.C</b>	1,3	1,3	1,2
<b>T. N</b>	128,73	65,81	29,97
<b>SUPLEMENTOS</b>	1,18	1,24	1,14
<b>T.ES.</b>	151,91	81,61	34,17

Luego de haber realizado el estudio de tiempos se observa que para realizar el montaje de liners en un solo chute la minera daba un tiempo promedio de 36 horas (tiempo promedio observado), considerando que no se tenía en cuenta el factor de calificación Westinghouse y los suplementos con los cuales se tiene un tiempo estándar de trabajo de 54,96 horas.

$$TO \text{ promedio total} = \frac{\Sigma TO(\text{tabla 4 y 5})}{60} \times 10 \quad (3)$$

$$TO \text{ promedio total} = \frac{41,36 + 174,67}{60} \times 10$$

$$TO \text{ promedio total} = 36 \text{ horas}$$

$$T.ES. \text{ real hallado } 1 = \frac{\Sigma T.ES. (\text{tabla 13 y 14})}{60} \times 10 \quad (4)$$

$$T.ES.real\ hallado\ 1 = \frac{62.91 + 267.69}{60} \times 10$$

$$T.ES.real\ hallado\ 1 = 55.10\ horas$$

Ahora se procede a realizar el cálculo de la eficiencia tiempo adaptando la ecuación (1), tomando como recursos el tiempo estándar de la minera para realizar el armado de 1 chute (36 horas). También, se asume que el mayor tiempo que puede asignar la empresa para ejecutar lo planificado son los que se obtuvieron con el análisis del tiempo estándar hallado (55,10 horas) derivado de una fuente sería como la aplicación de conocimiento de la ingeniería de métodos; esto porque el tiempo que manejaba la empresa era uno empírico obtenido a través de la repetición de proyectos similares, datos que no son tan confiables debido a la variabilidad en la mano de obra, gracias al Westinghouse se puede estandarizar el mencionado tiempo. Para este cálculo se utiliza la siguiente fórmula.

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ estándar\ de\ la\ minera}{Tiempo\ estándar\ real\ hallado\ 1} \times 100\% \quad (5)$$

$$Eficiencia = \frac{36}{55.10\ horas} \times 100\%$$

$$Eficiencia = 65.33\%$$

Realizado el cálculo se puede observar que tiene una eficiencia tiempo de 65.33% siendo esta una ineficiencia para el proceso de instalación de liners en un chute de alimentación.

Para el cálculo de la eficacia se tomará como productos finales el armado de los 8 chutes de alimentación los cuales siempre se terminan por ser una actividad programada, esta eficacia se calcula adaptando la ecuación (2), quedando como en la siguiente fórmula.

$$Eficacia = \frac{cantidad\ de\ chutes\ armados}{cantidad\ esperada\ de\ chutes\ armados} \times 100\% \quad (6)$$

$$Eficacia = \frac{8}{8} \times 100\%$$

$$Eficacia = 100\%$$

Del cálculo realizado se tiene una eficacia del 100% el cual es un porcentaje excelente que no se puede mejorar ya que siempre se culmina el trabajo por la política de la minera de terminar en el tiempo establecido por los altos costos de producción que genera tener los equipos detenidos. Si bien puede parecer que no hay opción de mejora en este aspecto, el exceso de esfuerzo lleva consigo factores negativos como saltar pasos de seguridad,

cansancio crónico en el personal y otros, los cuales a largo plazo podrían ocasionar algún accidente en la unidad minera.

#### 4.4. Determinación de las actividades que no generan valor agregado en los procesos de montaje de liners de chutes mediante los diagramas de proceso de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa.

Para determinar las actividades que no generan valor agregado se realizará el cálculo del índice de actividades que agregan valor bajo la siguiente fórmula.

$$IV = \frac{\Sigma V}{\Sigma T} \times 100\% \quad (7)$$

Donde:

IV: Índice de actividades que no agregan valor.

$\Sigma V$ : Actividades que agregan valor.

$\Sigma T$ : Total de actividades

Tabla 23. *Cálculo de valor*

Actividades	Proceso	Cantidad	Tiempo	Cantidad total de actividades	Porcentaje de actividades	Tiempo total de actividades	Porcentaje de tiempo total de actividades
Agregan Valor		40	865.25	60	75%	965.25	44.66%
		20	100				
No agregan Valor		20	1196.25	20	25%	1196.25	55.34%
		00					
<b>Total</b>		80	2161.5	80	100%	2161.5	100%

Las tareas que agregan valor al proceso de montaje de liners representan el 75%, mientras que las tareas que no agregan valor al proceso el 25%. En cuanto al porcentaje total del tiempo de las actividades, éstas que añaden valor representan el 44.66% y las que no agregan valor el 55.34%.

#### 4.5. Planteamiento de las acciones de mejoras para la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de Liners de chutes de antes y después de la aplicación de las herramientas de la metodología de ingeniería de métodos de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa

La propuesta de mejora se basará en reducir el tiempo total de ejecución de cambio de liners de chutes de alimentación, al modificar el proceso de montaje de liners y la secuencia a seguir del cambio de liners.

##### 4.5.1 Propuesta de mejora a través de floreros de liners

En esta mejora se propone la fabricación de floreros que permitan armar segmentos de paredes del chute con liners en el exterior los cuales una vez se encuentren armados serán enviados al interior del chute para que el personal mecánico realice la instalación de pernos y ajuste de pernos esta actividad se realiza con 1 juego de floreros (10 unidades) para 02 chutes los cuales tienen una secuencia intercalada de instalación. Con esta mejora se estaría reduciendo los transportes realizados que eran 20 transportes por chute los cuales serán reducidos a 10 transportes por chute tal como se muestra en las siguientes imágenes.

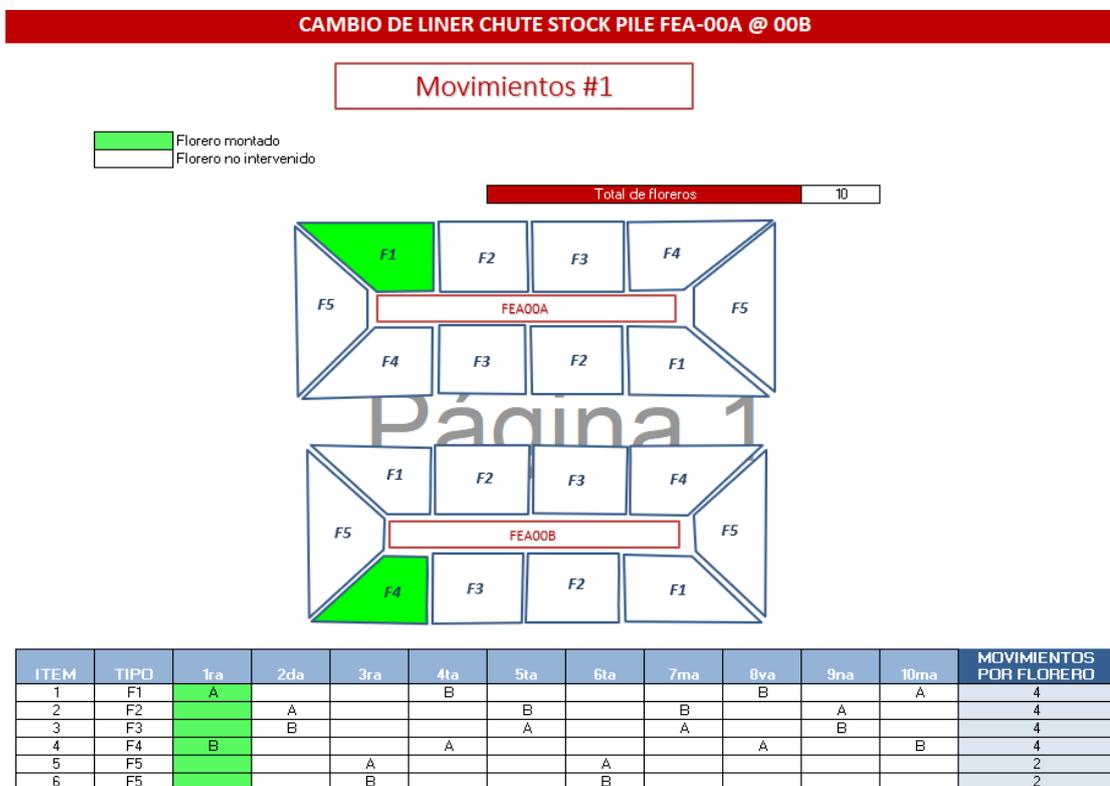


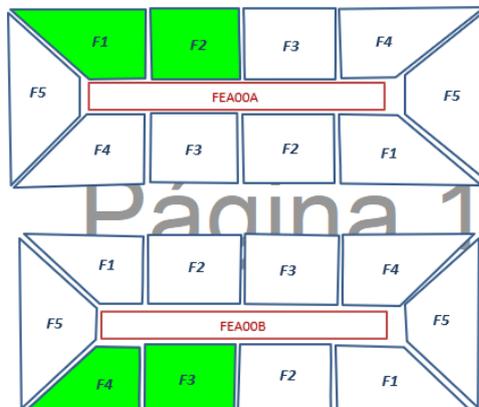
Figura 10. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes

CAMBIO DE LINER CHUTE STOCK PILE FEA-00A @ 00B

Movimientos #2

Florero montado  
Florero no intervenido

Total de floreros 10



ITEM	TIPO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	MOVIMIENTOS POR FLORERO
1	F1	A			B				B		A	4
2	F2		A			B		B		A		4
3	F3		B			A		A		B		4
4	F4				A				A		B	4
5	F5			A			A					2
6	F5			B			B					2

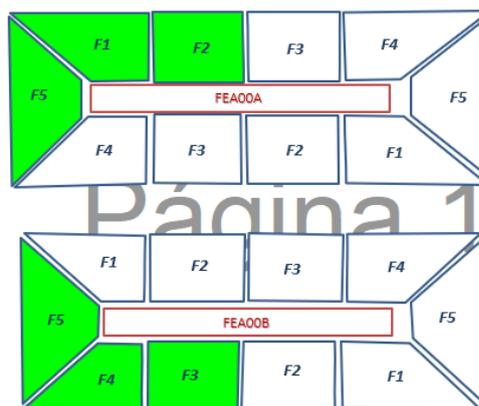
Figura 11. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes

CAMBIO DE LINER CHUTE STOCK PILE FEA-00A @ 00B

Movimientos #3

Florero montado  
Florero no intervenido

Total de floreros 10



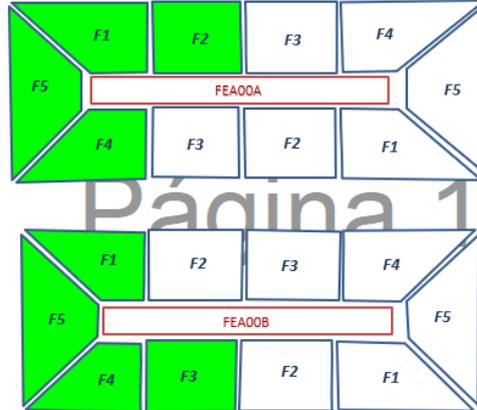
ITEM	TIPO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	MOVIMIENTOS POR FLORERO
1	F1	A			B				B		A	4
2	F2		A			B		B		A		4
3	F3		B			A		A		B		4
4	F4				A				A		B	4
5	F5			A			A					2
6	F5			B			B					2

CAMBIO DE LINER CHUTE STOCK PILE FEA-00A @ 00B

Movimientos #4

Florero montado  
Florero no intervenido

Total de floreros 10



ITEM	TIPO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	MOVIMIENTOS POR FLORERO
1	F1	A			B				B		A	4
2	F2		A			B		B		A		4
3	F3		B			A		A		B		4
4	F4	B			A				A		B	4
5	F5			A			A					2
6	F5			B			B					2

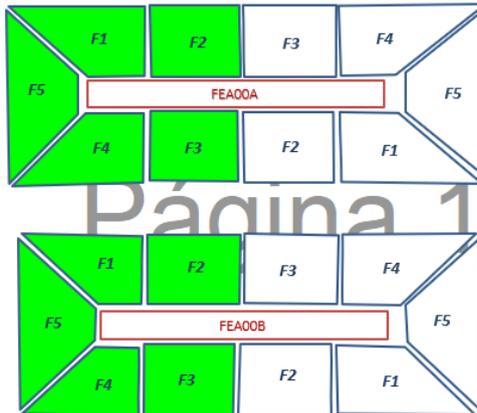
Figura 13. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes

CAMBIO DE LINER CHUTE STOCK PILE FEA-00A @ 00B

Movimientos #5

Florero montado  
Florero no intervenido

Total de floreros 10



ITEM	TIPO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	MOVIMIENTOS POR FLORERO
1	F1	A			B				B		A	4
2	F2		A			B		B		A		4
3	F3		B			A		A		B		4
4	F4	B			A				A		B	4
5	F5			A			A					2
6	F5			B			B					2

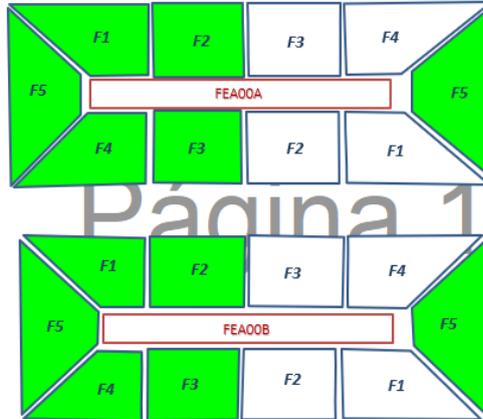
Figura 14. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes

CAMBIO DE LINER CHUTE STOCK PILE FEA-00A @ 00B

Movimientos #6

Florero montado  
Florero no intervenido

Total de floreros 10



ITEM	TIPO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	MOVIMIENTOS POR FLORERO
1	F1	A			B				B		A	4
2	F2		A			B		B		A		4
3	F3		B			A		A		B		4
4	F4	B			A				A		B	4
5	F5			A			A					2
6	F5			B			B					2

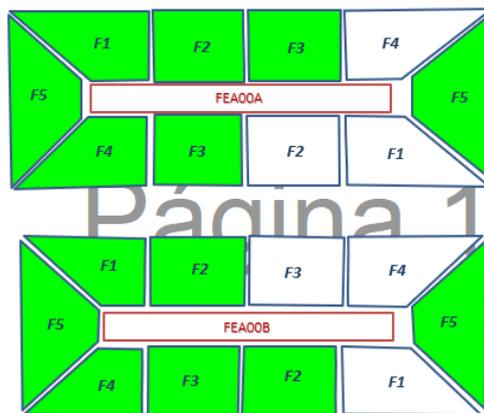
Figura 15. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes.

CAMBIO DE LINER CHUTE STOCK PILE FEA-00A @ 00B

Movimientos #7

Florero montado  
Florero no intervenido

Total de floreros 10



ITEM	TIPO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	MOVIMIENTOS POR FLORERO
1	F1	A			B				B		A	4
2	F2		A			B		B		A		4
3	F3		B			A		A		B		4
4	F4	B			A				A		B	4
5	F5			A			A					2
6	F5			B			B					2

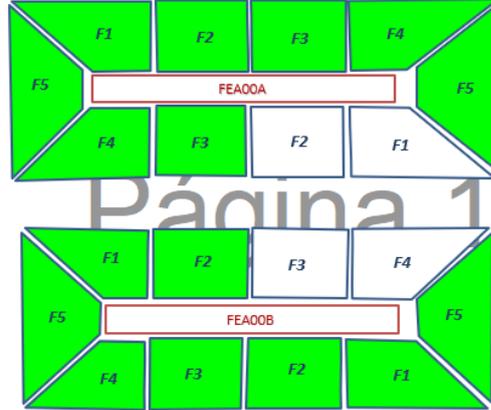
Figura 16. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes

CAMBIO DE LINER CHUTE STOCK PILE FEA-00A @ 00B

Movimientos #8

Florero montado  
Florero no intervenido

Total de floreros 10



ITEM	TIPO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	MOVIMIENTOS POR FLORERO
1	F1	A			B			B	B		A	4
2	F2		A			B		B		A		4
3	F3		B			A		A		B		4
4	F4	B			A				A		B	4
5	F5			A			A					2
6	F5			B			B					2

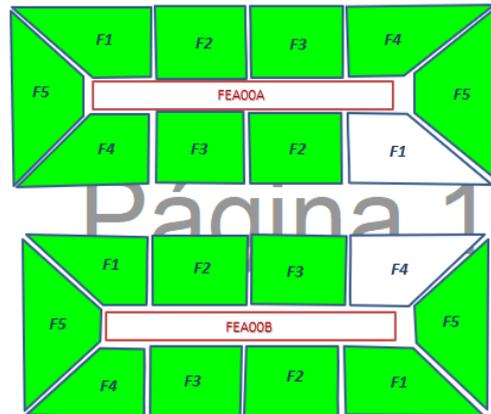
Figura 17. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes

CAMBIO DE LINER CHUTE STOCK PILE FEA-00A @ 00B

Movimientos #9

Florero montado  
Florero no intervenido

Total de floreros 10



ITEM	TIPO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	MOVIMIENTOS POR FLORERO
1	F1	A			B			B	B		A	4
2	F2		A			B		B		A		4
3	F3		B			A		A		B		4
4	F4	B			A				A		B	4
5	F5			A			A					2
6	F5			B			B					2

Figura 18. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes.

Movimientos #10

Florero montado  
 Florero no intervenido

Total de floreros 10



ITEM	TIPO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	MOVIMIENTOS POR FLORERO
1	F1	A			B				B		A	4
2	F2		A			B		B		A		4
3	F3		B			A		A		B		4
4	F4	B			A				A		B	4
5	F5			A			A					2
6	F5			B			B					2

Figura 19. Movimientos de un juego de floreros para el armado de 02 chutes.

Para poder realizar este procedimiento de montaje de liners con floreros se realizó la fabricación de 4 floreros por tipo, obteniendo un total de 40 floreros a fabricar y 40 mesas para armado de cada florero con liners. El diseño y planos de fabricación fueron diseñados en AutoCAD tomando en cuenta los planos actuales del chute de alimentación a stock pile. A continuación, se muestran imágenes referenciales de los planos de fabricación.

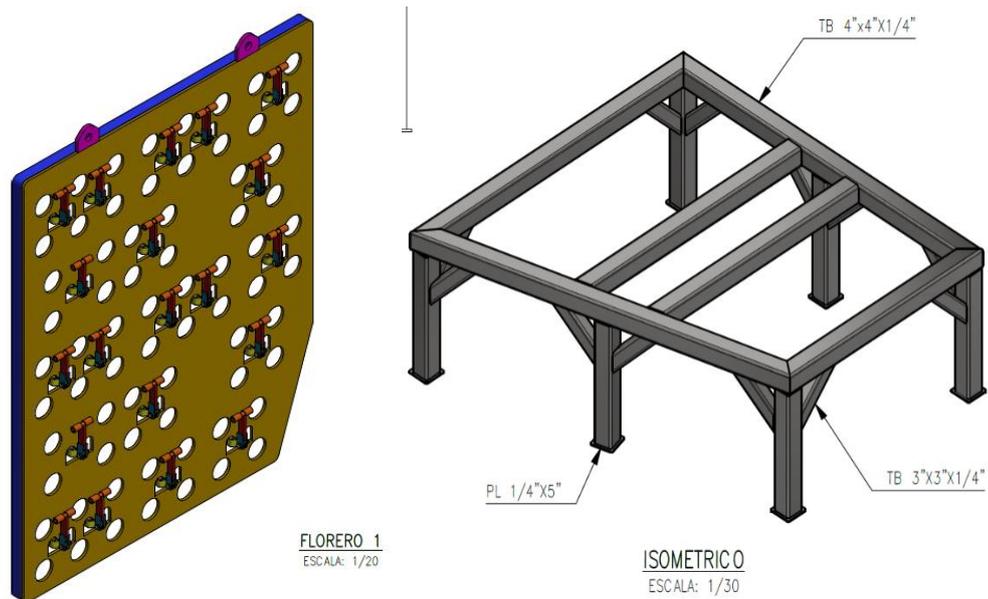


Figura 20. Florero tipo 01 (F1 y F4) (izquierda) y mesa de armado (derecha)

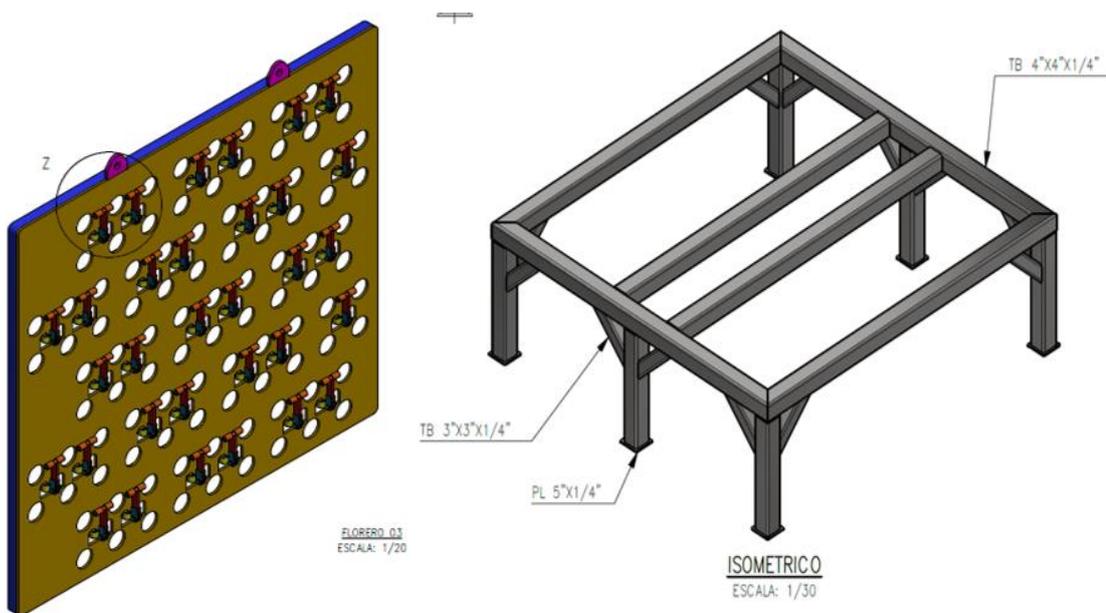
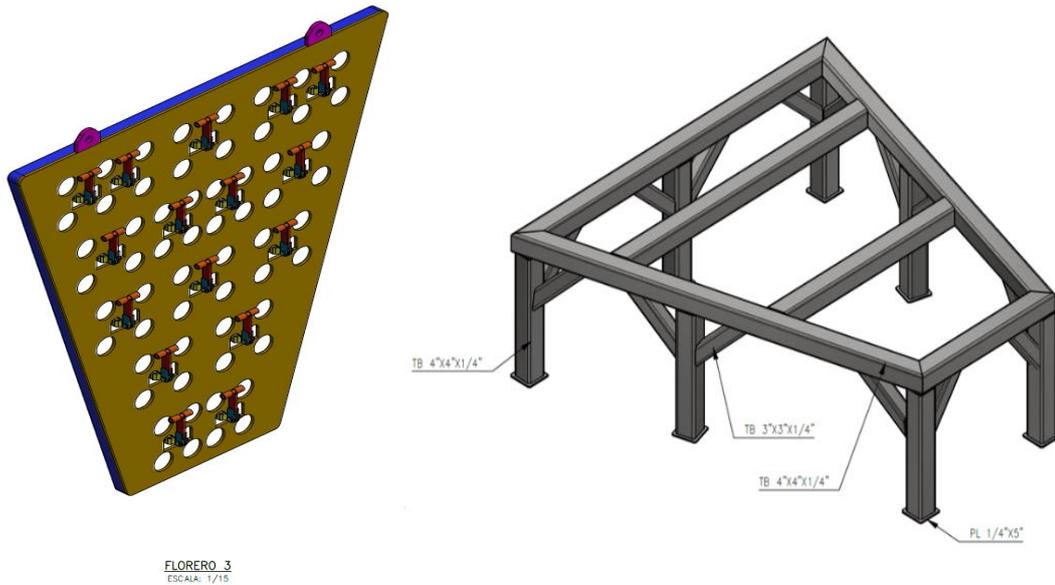


Figura 21. Florero tipo 02 (F2 y F3) (izquierda) y mesa de armado (derecha)



FLORERO 3  
ESCALA: 1/15

Figura 22. Florero tipo 03 (F5) (izquierda) y mesa de armado (derecha)

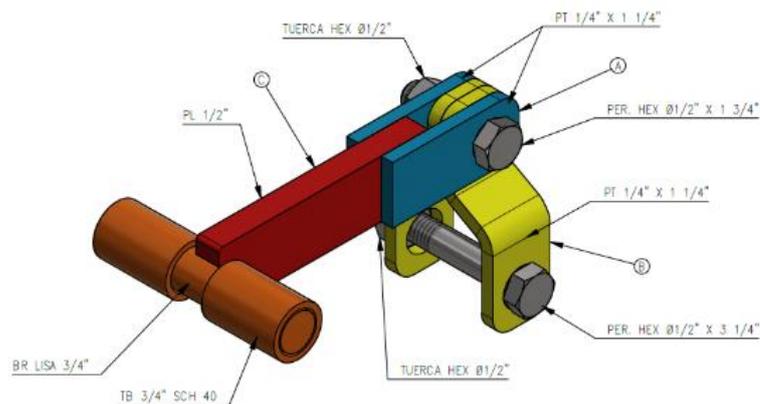


Figura 23. Sistema de sujeción de liners en floreros.

Se realizó una reprogramación de las actividades de tal forma que se tendrá 10 mecánicos especialistas por chute trabajando en paralelo en los 8 chutes de tal forma que se utilicen los 4 juegos de floreros propuestos disminuyendo el tiempo de montaje de liners. La Figura 24 muestra el cronograma de actividades de 02 grupos de trabajo de en paralelo con 01 juego de floreros.



#### 4.6. Diagnóstico situacional de la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de liners de chutes mediante el estudio de tiempos y diagrama de procesos después de la propuesta de mejora

Con el sistema de montaje de liners mediante floreros tenemos un nuevo sistema de trabajo el cual reduce los transportes de liners hacia las paredes de instalación viéndose esto el DAP del proceso realizado en la Figura 25.

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO										
Datos Generales					Actividades					
Proceso:	Cambio de Linners en chute paredes frontales y laterales de feeder 4				Operación	30	Distancia	0	Actual	<input checked="" type="checkbox"/>
Fecha:	oct-24				Transporte	0				
Versión:	1				Inspección	10	Tiempo	1797.45	Propuesto	<input type="checkbox"/>
Realizado:	Mijael Champi Mendoza				Espera	0				
	Marco Luna Totocayo				Almacenamiento	0				
N.º	Descripción	Cantidad	Tiempo (minutos)	Distancia	SIMBOLO					
					○	⇒	□	D	▽	
1	Armado de liners en florero movimiento 1	1	106	0						
2	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
3	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
4	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 1	1	7	0						
5	Armado de liners en florero movimiento 2	1	106	0						
6	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
7	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
8	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 2	1	7	0						
9	Armado de liners en florero movimiento 3	1	106	0						
10	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
11	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
12	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 3	1	7	0						
13	Armado de liners en florero movimiento 4	1	106	0						
14	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
15	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
16	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 4	1	7	0						
17	Armado de liners en florero movimiento 5	1	106	0						
18	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
19	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
20	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 5	1	7	0						
1	Armado de liners en florero movimiento 6	1	106	0						
2	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
3	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
4	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 6	1	7	0						
5	Armado de liners en florero movimiento 7	1	106	0						
6	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
7	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
8	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 7	1	7	0						
9	Armado de liners en florero movimiento 8	1	106	0						
10	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
11	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
12	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 8	1	7	0						
13	Armado de liners en florero movimiento 9	1	106	0						
14	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
15	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
16	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 9	1	7	0						
17	Armado de liners en florero movimiento 10	1	106	0						
18	Maniobra de montaje de liners	1	38.12	0						
19	Instalación de pernos, ajuste	1	28.625	0						
20	Inspección de liners instalados y pernería ajustada movimiento 10	1	7	0						
TOTAL		40	1797.45	0	20	10	10	0	0	

Figura 25. DAP de montaje de liners después

Con el nuevo proceso claro, se enfoca ahora en la contabilización de los nuevos tiempos necesarios para ejecutar las actividades en cada uno de ellos. Se cronometra los tiempos observados en el proceso de montaje de liners resultando la Tabla 24.

Tabla 24. *Tiempos observados para montaje de liners con floreros (después)*

<b>MONTAJE DE LINERS CON FLOREROS (min)</b>			
	<b>1. Armado de liners en floreros</b>	<b>2. Maniobras de montaje de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
<b>Movimientos de floreros</b>	<b>tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
1	68	25	25
2	69	24	25
3	68	26	25
4	70	25	25
5	69	25	25
6	68	25	25
7	69	24	25
8	69	26	25
9	71	27	25
10	70	22	25
<b>TO promedio</b>	69,1	24,9	25

Empleando el sistema Westinghouse para el nuevo proceso (Tabla 25, Tabla 26 y Tabla 27).

Tabla 25. *Factores Westinghouse para armado de liners de floreros después*

<b>1. ARMADO DE LINERS DE FLOREROS</b>		
<b>ÁREA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
Destreza o habilidad	A2	0,13
Esfuerzo o empeño	A2	0,12
Condiciones	C	0,02
Consistencias	B	0,03
<b>C</b>		0,3
<b>FC</b>		1,3

Tabla 26. *Factores Westinghouse para maniobras de montaje de liners (después)*

<b>2. MANIOBRAS DE MONTAJE DE LINERS</b>		
<b>ÁREA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
Destreza o habilidad	A1	0,15
Esfuerzo o empeño	A2	0,12
Condiciones	C	0,02
Consistencias	B	0,03
<b>C</b>		0,32
<b>FC</b>		1,32

Tabla 27. Factores Westinghouse para instalación y ajuste de pernos (después)

<b>3. INSTALACIÓN Y AJUSTE DE PERNOS</b>		
<b>ÁREA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
Destreza o habilidad	B1	0,08
Esfuerzo o empeño	A2	0,12
Condiciones	C	0,02
Consistencias	B	0,03
<b>C</b>		0,25
<b>FC</b>		1,25

Con los factores calculados, ahora se determinan los suplementos aplicables en la Tabla 28, Tabla 29 y Tabla30.

Tabla 28. Suplementos para armado de liners en floreros (después)

<b>ARMADO DE LINERS EN FLOREROS</b>		
<b>SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. suplemento por necesidades	5%	0,05
B. Suplemento base por fatiga	4%	0,04
<b>SUPLEMENTOS VARIABLES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. Suplemento por trabajar de pie	2%	0,02
B. uso fuerza energía muscular	3%	0,03
F. Concentración intensa	2%	0,02
G. Ruido	2%	0,02
<b>TOTAL</b>	18%	0,18

Tabla 29. Suplementos para maniobras de montaje de liners (después)

<b>MANIOBRAS DE MONTAJE DE LINERS</b>		
<b>SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. suplemento por necesidades	5%	0,05
B. Suplemento base por fatiga	4%	0,04
<b>SUPLEMENTOS VARIABLES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. Suplemento por trabajar de pie	2%	0,02
B. uso fuerza energía muscular	1%	0,01
F. Concentración intensa	2%	0,02
G. Ruido	2%	0,02
<b>TOTAL</b>	16%	0,16

Tabla 30. *Suplementos para instalación de pernos y ajustes (después)*

<b>INSTALACIÓN DE PERNOS Y AJUSTES</b>		
<b>SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. suplemento por necesidades	5%	0,05
B. Suplemento base por fatiga	4%	0,04
<b>SUPLEMENTOS VARIABLES</b>	<b>%</b>	<b>PUNTAJE</b>
A. Suplemento por trabajar de pie	2%	0,02
B. Uso fuerza energía muscular	1%	0,01
F. Concentración intensa	0%	0
G. Ruido	2%	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>14%</b>	<b>0,14</b>

Conseguido los factores y suplementos, se determinan los tiempos estándar para cada actividad en la Tabla 31.

Tabla 31. *Tiempos estándar para montaje de liners con floreros (después)*

<b>MONTAJE DE LINERS CON FLOREROS (min)</b>			
	<b>1. Armado de liners en floreros</b>	<b>2. Maniobras de montaje de liners</b>	<b>3. Instalación de pernos y ajuste</b>
	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>	<b>Tiempo de vuelta cero TO</b>
<b>TO promedio</b>	69,1	24,9	25
<b>F.C</b>	1,3	1,32	1,25
<b>T.N.</b>	89,83	32,868	31,25
<b>SUPLEMENTOS</b>	1,18	1,16	1,14
<b>T.ES.</b>	105,9994	38,12688	35,625

Del siguiente cuadro se puede observar que al hacer uso de los floreros se reduce el tiempo de armado de liners en un chute a 19,83 horas de las casi 36 horas que se tenía antes en la minera para esta tarea.

$$TO \text{ promedio total} = \frac{TO \text{ tabla 11}}{60} \times 10 \quad (3)$$

$$TO \text{ promedio total} = \frac{119}{60} \times 10$$

$$TO \text{ promedio total} = 19,83 \text{ horas}$$

$$T.ES.real\ hallado\ 2 = \frac{\Sigma T.ES.(tabla)}{60} \times 10$$

$$T.ES.real\ hallado\ 2 = \frac{179,75128}{60} \times 10$$

$$T.ES.real\ hallado\ 2 = 29,96\ horas$$

Ahora se procede a realizar el cálculo de la eficiencia tiempo adaptando la ecuación (1), tomando como recursos el tiempo estándar de la minera para realizar el armado de 1 chute (36 horas) y el tiempo estándar real hallado 2 después de aplicar las propuestas de mejora.

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ estándar\ de\ la\ minera}{Tiempo\ estándar\ real\ hallado\ 2} \times 100\%$$

$$Eficiencia = \frac{36\ horas}{29,96\ horas} \times 100\%$$

$$Eficiencia = 120,16\%$$

Del cálculo realizado se observa que la eficiencia tiempo ha mejorado hasta un 54.83% gracias a la reducción de 20% del tiempo reorganizado para realizar el montaje de chutes lo cual permite reducir el tiempo de ejecución de paradas.

#### **4.7. Determinación de las actividades que no generan valor agregado en los procesos de montaje de Liners de chutes mediante los diagramas de proceso de una empresa contratista de mantenimiento, después de la propuesta de mejora.**

Para determinar las actividades que no generan valor agregado se realizara el cálculo del índice de actividades que agregan valor bajo la siguiente fórmula.

$$IV = \frac{\Sigma V}{\Sigma T} \times 100\% \quad (7)$$

Donde:

IV: Índice de actividades que no agregan valor.

$\Sigma V$ : Actividades que agregan valor.

$\Sigma T$ : Total de actividades

Tabla 32. *Cálculo de valor*

Actividades	Proceso	Cantidad	Tiempo	Cantidad total de actividades	Porcentaje de actividades	Tiempo total de actividades	Porcentaje de tiempo total de actividades
Agregan Valor		20	1359.994	30	75%	1416.224	78.766%
		10	56.25				
No agregan Valor		10	381.2688	10	25%	381.2688	21.234%
		00	00				
<b>Total</b>		40	1797.513	40	100%	2154	100%

Las tareas que agregan valor al proceso de montaje de liners con la propuesta de mejora representan el 75%, mientras que las tareas que no agregan valor al proceso el 25%. En cuanto al porcentaje total del tiempo de las actividades, las actividades que añaden valor con la propuesta representan el 78.766% y las que no agregan valor el 21.234%.

#### 4.8. Evaluación económica

En la Tabla 33 se aprecia la inversión que se necesita para mejorar los tiempos de montaje de liners reduciendo los transportes, que consistió en realizar la fabricación de floreros y mesas. También, para aplicar la propuesta es necesario la inversión en material de oficina cuyo presupuesto se puede ver en la Tabla 34

Tabla 33. *Presupuesto por montaje de liners*

<b>ESTRUCTURAS A FABRICAR PARA MONTAJE DE LINERS</b>						
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURA</b>	<b>JUEGOS (UND)</b>	<b>CANTIDAD (UNIDAD)</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>PESO TOTAL (KG)</b>	<b>PRECIO (\$)</b>
1	Florero para liners paredes laterales (lado derecho)- Central	8	8	450	3600	25.200,00
	Florero para liners paredes laterales (lado derecho)- Lateral	8	8	330	2640	18.480,00
	Florero para liners paredes laterales (lado izquierdo)- Central	8	8	450	3600	25.200,00
	Florero para liners paredes laterales (lado izquierdo)- Lateral	8	8	330	2640	18.480,00
	Florero para liners paredes (lado alimentación y descarga)	8	8	270	2160	15.120,00
2	Mesa para liners paredes laterales (lado derecho)- Central	8	8	280	2240	15.680,00
	Mesa para liners paredes laterales (lado derecho)- Lateral	8	8	230	1840	12.880,00
	Mesa para liners paredes laterales (lado izquierdo)- Central	8	8	280	2240	15.680,00
	Mesa para liners paredes laterales (lado izquierdo)- Lateral	8	8	230	1840	12.880,00
	Mesa para liners paredes (lado alimentación y descarga)	8	8	245	1960	13.720,00
<b>TOTAL</b>			<b>80</b>		<b>24760</b>	<b>173.320,00</b>

Tabla 34. *Presupuesto material de oficina*

<b>Ítem</b>	<b>Material</b>	<b>Costo (\$)</b>
1	Papel bon A4	5,00
2	Papel bon A2	15,00
3	lapiceros	25,00
4	Impresiones	25,00
5	Otros materiales de escritorio	25,00
<b>TOTAL</b>		<b>95,00</b>

Considerando los presupuestos anteriores, se determina el costo total de la propuesta en la Tabla 35.

Tabla 35. *Costo total de la propuesta*

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>COSTO (\$)</b>
1	Fabricación de Floreros	173.000,00
2	Recursos Materiales	95,00
<b>TOTAL</b>		<b>173.095,00</b>

La unidad minera pierde por hora de parada que no está procesando mineral un total de \$240.000,00, teniendo en cuenta que con esta mejora se está reduciendo el tiempo de parada en 48 horas, se puede estimar que tendrá una recuperación de \$11.520.000,00 el cual será analizado con el costo total de la propuesta de mejora bajo la siguiente fórmula:

$$\text{valor del costo beneficio} = \frac{\text{beneficios netos}}{\text{coste de inversion}} \quad (8)$$

$$\text{valor del costo beneficio} = \frac{11.520.000,00}{173.095,00}$$

$$\text{valor del costo beneficio} = 66,55$$

Se sabe que del valor costo beneficio si es mayor a 1 se estaría generando ingresos a la unidad minera, y por el contrario de ser menor a 1 la propuesta no estaría siendo rentable; en el caso de este estudio el costo beneficio resulta 66,55 lo cual indica un alto valor de beneficio para la unidad minera siendo una propuesta rentable.

## CONCLUSIONES

PRIMERA: En el diagnóstico del proceso de montaje de liners de chute actual se observan 2 procesos que consumen 36 horas con un tiempo máximo permitido por la empresa de 55.10 horas, obteniéndose como consecuencia una baja eficiencia de 65.33% a mejorar con la propuesta. Asimismo, al completarse de manera obligatoria (aunque en ocasiones lleve a sobre tiempos) todas las actividades planificadas para no incurrir en sobrecostos, se obtiene una eficacia de 100% que, aunque parezca que no tiene margen de mejora, el exceso de esfuerzo lleva consigo factores negativos como saltar pasos de seguridad, cansancio crónico en el personal y otros, los cuales a largo plazo podrían ocasionar algún accidente en la unidad minera.

SEGUNDA: El análisis del proceso de montaje de liners ha revelado que, aunque el 75% de las tareas realizadas aportan valor, este valor solo representa el 44.66% del tiempo total invertido en el proceso, mientras que el 55.34% del tiempo corresponde a actividades que no generan valor. Esto indicó una significativa oportunidad de optimización, ya que más de la mitad del tiempo total se destinaba a tareas que no contribuían con la eficiencia y eficacia del montaje.

TERCERA: Se plantearon las propuestas de mejora en el proceso de montaje de liners en los chutes de alimentación demostrando ser altamente beneficioso tanto en términos operativos como financieros. Al modificar el proceso de montaje, incorporar el uso de floreros, optimizar la secuencia de tareas, se ha logrado un aumento de la eficiencia a un 54.83% y una reducción significativa del tiempo de parada. Este ahorro de tiempo representa una recuperación estimada de \$11,520,000 para la unidad minera, considerando el costo de \$240,000 por hora de parada. También, el análisis costo-beneficio, con un índice de 66,55 confirma que la inversión en esta mejora es altamente rentable y justificada.

## **RECOMENDACIONES**

- a. Capacitar a los trabajadores en las mejores prácticas de montaje de liners y en el uso de los equipos ergonómicos y de seguridad.
- b. Establecer un procedimiento estandarizado y documentado para el montaje de liners que incluya la nueva secuencia optimizada de actividades, el uso de floreros y mesas de armado, y los roles específicos del personal, para permitir que el proceso sea replicable en las demás filiales de la empresa u otras empresas.
- c. Realizar revisiones periódicas del proceso para identificar y minimizar actividades que no generen valor, con la finalidad de reducir aún más el porcentaje de tiempo dedicado a tareas improductivas, incrementando así la eficiencia y disminuyendo tiempos de parada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGNIEZKA, L. *Eficiencia y productividad en arquitectura*. S.l.: Los Libros De La Catarata. ISBN 978-84-13-52107-7. 2020.
- AGUIRRE, Á.D. *Aplicación de ingeniería de métodos en el área productiva de una industria metal mecánica* [en línea]. bachelorThesis. S.l.: Quito: Universidad de las Américas, 2019. [consulta: 1 noviembre 2024]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/11566>.
- ANAYA, J.J. *Organización de la producción industrial*. Madrid: ESIC Editorial. ISBN 978-84-17024-66-6. 2017.
- ARIAS, J. et al. *Metodología de la investigación: El método ARIAS para desarrollar un proyecto de tesis* [en línea]. 1. S.l.: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. [consulta: 3 noviembre 2024]. ISBN 978-612-50-6904-7. 2022. Disponible en: <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/22>.
- ASTORGA, A. DISEÑO Y OPERACIÓN DE STOCKPILES EN OPERACIONES MINERAS. [en línea], [consulta: 3 noviembre 2024]. 2016. Disponible en: [https://www.academia.edu/11592328/DISE%C3%91O\\_Y\\_OPERACIONES\\_MINERAS](https://www.academia.edu/11592328/DISE%C3%91O_Y_OPERACIONES_MINERAS).
- BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ. PBI Minería Metálica e Hidrocarburos. *BCRPData* [en línea]. [consulta: 10 diciembre 2024]. 2024. Disponible en: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM05145AA/html>.
- BOCÁNGEL G.A. et al. *INGENIERÍA INDUSTRIAL - INGENIERÍA DE MÉTODOS I* [en línea]. Primera. Perú: 2021.s.n. Disponible en: <https://www.unheval.edu.pe/fiis/>.
- BONILLA, J. *Aplicación de la ingeniería de métodos en las operaciones unitarias de perforación para mejorar la productividad – Unidad Minera Uchucchacua Cía. Minas Buenaventura S.A.* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. [consulta: 1 noviembre 2024]. 2024. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3979>.
- CARRASCO, S. *Metodología de La Investigación Científica*. Primera. S.l.: San Marcos. ISBN 9972-34-242-5. 2009.
- CASTILLO, Y. *Incremento de la productividad en el proceso de reparación de motores aplicando ingeniería de métodos en la empresa Ferreyros S.A. Piura 2018* [en línea]. S.l.: Universidad César Vallejo. [consulta: 1 noviembre 2024]. 2018. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36509>.
- CAYATA, J. *Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en una empresa del rubro eléctrico, Lima, 2021* [en línea]. S.l.: Universidad San Ignacio de Loyola. [consulta: 1 noviembre 2024]. 2021. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/5eefac0-5dc4-4af1-b214-094fcb18f001>.

- CERDA, H. *LOS ELEMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN*. S.l.: Magisterio. ISBN 958-20-1048-7. 2021.
- CONDO, K.L. *Estudio de tiempos y movimientos para el proceso productivo de la lavandería Dervith Colors* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica de Ambato. [consulta: 1 noviembre 2024]. 2023. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38462>.
- DOMINGUEZ, S. Minería aportará el 9.5% al PBI nacional este año. *El Peruano* [en línea]. 2024. [consulta: 10 diciembre 2024]. 2024. Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia/241323-mineria-aportara-el-95-al-pbi-nacional-este-ano>.
- FUNVESA. Liners Placas Dimensionadas Antidesgaste. *Funvesa* [en línea]. [consulta: 25 octubre 2024]. 2024. Disponible en: <https://funvesa.com.pe/liners-placas-dimensionadas-antidesgaste/>.
- GAMARRA, O.U. *Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la línea de producción en la empresa Ladrillos Fortes S.A.C - Callanca* [en línea]. S.l.: Universidad Señor de Sipán. [consulta: 1 noviembre 2024]. 2021. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7861>.
- GANIVET, J. *Diseño y organización del almacén*. España: Elearning S.L. ISBN 978-84-16199-31-0. 2014.
- GARCÍA, R. y PANTOJA, J. *Estudio del trabajo*. 2a. ed. México: McGraw Hill. ISBN 978-970-10-4657-9. 2007.
- GARCÍA, J.O. y BERMEJO, J.A. *Logística Empresarial*. UTMACH. Ecuador: s.n. ISBN 978-9942-24-099-6. 2018.
- HERNÁNDEZ, D. y SAAVEDRA, M.Y. *Estudio de métodos y tiempos en el proceso de preparación en la empresa Belleza Express S.A* [en línea]. S.l.: Instituto Colombiano de Estudios Superiores de Incolda. [consulta: 1 noviembre 2024]. 2019. Disponible en: [http://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/handle/10906/84903](http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/84903).
- HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C.P. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. First edition. México: McGraw-Hill Education. ISBN 978-1-4562-6096-5. 2018.
- HURTADO DE BARRERA, J. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION HOLÍSTICA*. Cuarta. S.l.: SYPAL. ISBN 980-6306-06-6. 2011.
- INGA, J.S. Mejora de la disponibilidad mecánica del molino de bolas 9x13 ft para incrementar la producción diaria en Minera Sierra Antapite. En: Accepted: 2021-12-31T16:46:41Z [en línea], [consulta: 1 noviembre 2024]. 2021. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7309>.
- JANANÍA, C. *Manual de tiempos y movimientos. Ingeniería de métodos*. México: LIMUSA 2008.
- LÓPEZ S. et al. Pedagogía corporal. Una propuesta metodológica innovadora de formación para estudiantes de Psicología. *Revista Internacional de Evaluación y Medición de la Calidad Educativa*, vol. 2, no. 1, 2015.

- MCLANAHAN. Everything You Need to Know about Apron Feeders. *McLanahan* [en línea]. 2021. Disponible en: <https://www.mclanahan.com/blog/everything-you-need-to-know-about-apron-feeders>.
- MEJIA, P. y ARIAS, J.M. *Aplicación de la Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad en el proceso de preparación de pedidos en una empresa del sector Retail 2023* [en línea]. Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [consulta: 25 octubre 2024]. 2023. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/673229>.
- MIRANDA, K.G. Implementación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad de la línea de operaciones en una empresa metal mecánica. En: Accepted: 2023-09-09T19:10:48Z, *Repositorio Institucional - URP* [en línea], [consulta: 1 noviembre 2024]. 2022. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/6757>.
- MUTHER, R., 1970. *DISTRIBUCION EN PLANTA*. Segunda. España: HISPANO EUROPEA. vol. 7.
- OSORIO, V.B. y VELASQUEZ, H.J. Implementación de ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la empresa Tealmol S.A.C. de Ate, 2020. En: Accepted: 2021-03-08T17:14:35Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [consulta: 1 noviembre 2024]. 2020. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/54428>.
- PALACIOS, L.C. *Ingeniería de métodos movimientos y tiempos*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones S.A.S. ISBN 978958648624. 2016.
- PÉREZ, F.A. *Conceptos generales en la Gestión del Mantenimiento Industrial*. Colombia: USTA. ISBN 978-958-8477-92-3. 2021.
- PROSOLMEC. Chute de descarga. *Prosolmec* [en línea]. [consulta: 25 octubre 2024]. 2024. Disponible en: <https://www.prosolmec.cl/portfolio/chute-descarga/>.
- ROMANI, A.E. *Propuesta de mejora de mantenimiento de los liner de tapa de molino de bola en una Unidad Minera Cuprífera en Arequipa, 2022* [en línea]. Perú: Universidad Continental. [consulta: 25 octubre 2024]. 2023. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13575>.
- SAAVEDRA, G.A. y SANCHEZ, L.D.P.O. *Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en una empresa maderera* [en línea]. Perú: Universidad San Ignacio de Loyola. [consulta: 25 octubre 2024]. 2021. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/93b33ae4-cf61-4682-85a9-6b8c9c08b88d>.
- SAUCEDA, E.E., VALENZUELA, R.A. y BÁEZ, G.E. *Aplicación de ingeniería de métodos para el mejoramiento de operaciones en una empresa manufacturera de equipos de audio* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 25 octubre 2024]. 2021. Disponible en: [https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia\\_Investigacion/article/view/4346/4234](https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia_Investigacion/article/view/4346/4234).
- SEKARAN, U. y BOUGIE, R. *Research methods for business: a skill-building approach*. Seventh edition. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-119-26684-6. 2016.
- TAMAYO Y TAMAYO, M. *Metodología formal de la investigación científica*. 2da. México: Limusa. 2006.

TAYLOR, S.J. y BOGDAN, R. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación: la búsqueda de significados*. 1ª reimpresión en España. Barcelona: Paidós Ibérica. Paidós básica, 37, ISBN 978-84-7509-816-6. 1992.

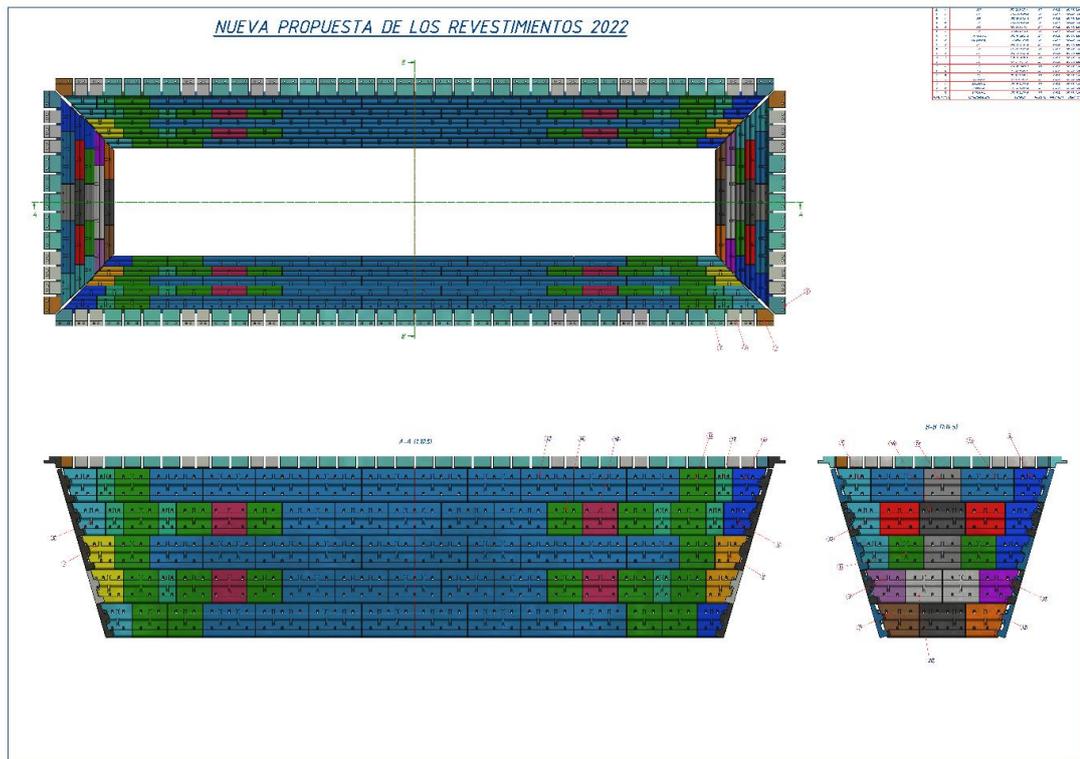
VÁSQUEZ, M.H. *Aplicación de ingeniería de métodos y su relación con la productividad de la línea de tanques de la empresa Heap Leaching Consulting SAC periodo 2011 -2012* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Federico Villarreal. [consulta: 1 noviembre 2024]. 2019. Disponible en: <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3641>.

## ANEXOS

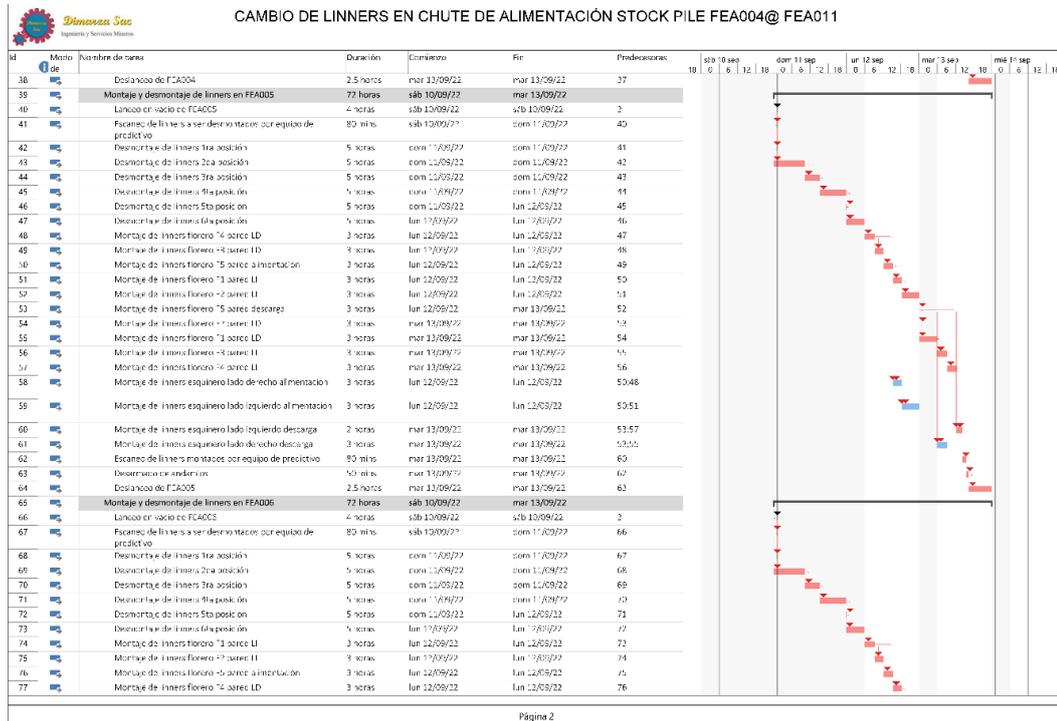
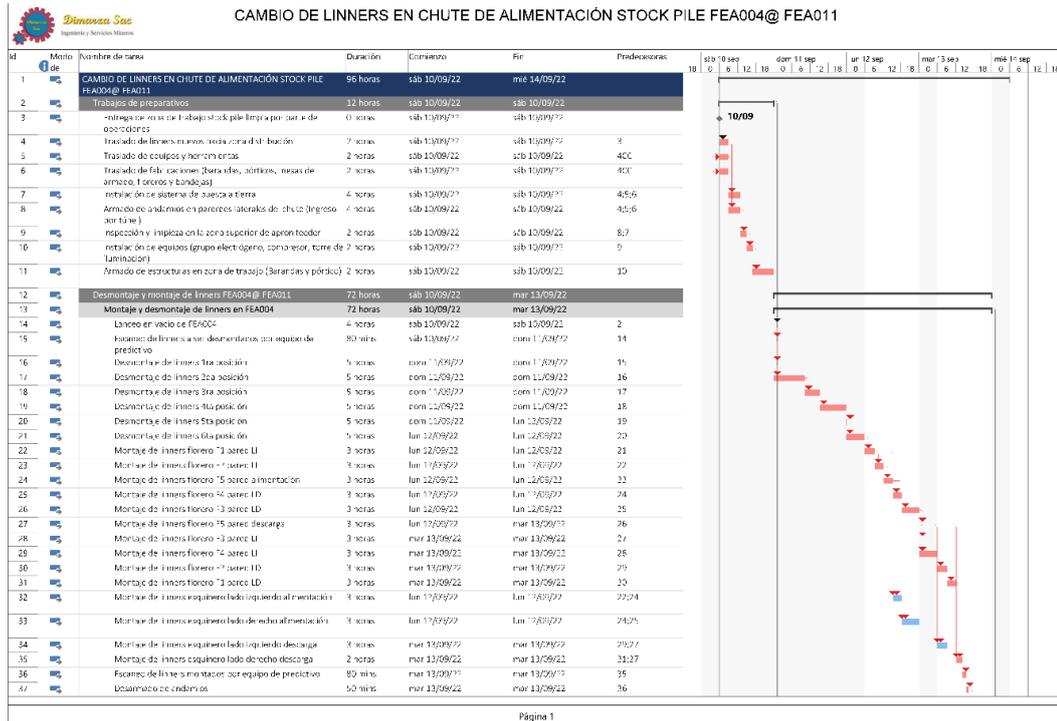
## Anexo 01: Matriz de Consistencia

<b>TÍTULO:</b> Utilización de la Metodología de la Ingeniería de Métodos para mejorar los procesos de montaje de Liners de chutes en una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa			
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>
<b>General</b>	<b>General</b>		
¿En qué medida la utilización de la Metodología de Ingeniería de Métodos incide sobre los procesos de montaje de liners de chutes de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa?	Aplicar herramientas de la Metodología de Ingeniería de métodos para incidir de manera favorable los procesos de montaje de Liners de chutes en una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa.	Metodología de la Ingeniería de métodos	Estudios de Tiempo Diagrama de Procesos
<b>Específicas</b>	<b>Específicos</b>		
a. ¿Cuál es el diagnóstico actual de la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de Liners de chutes de empresa contratista de mantenimiento, Arequipa?	a. Describir el diagnóstico situacional actual de la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de Liners de chutes mediante el estudio de tiempos y diagrama de procesos de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa.	Procesos de montaje (Liner Chutes)	Eficiencia
b. ¿Cuáles son las actividades que no generan valor en los procesos de montaje de Liners de chutes en una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa?	b. Determinar las actividades que no generan valor agregado en los procesos de montaje de Liners de chutes mediante los diagramas de proceso de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa.		Eficacia
c. ¿Cuáles son acciones propuestas basados en el uso de las herramientas de la Metodología de Ingeniería de Métodos que inciden de manera favorable en los procesos de montaje de Liners de chutes en una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa?	c. Plantear las acciones de mejoras para la eficiencia y eficacia de los procesos de montaje de Liners de chutes de antes y después de la aplicación de las herramientas de la Metodología de Ingeniería de Métodos de una empresa contratista de mantenimiento, Arequipa.		
<b>METODOLOGÍA</b>			
<b>Método</b>	Deductivo		
<b>Alcance:</b>	Aplicada descriptiva		
<b>Diseño:</b>	No experimental transeccional		
<b>Población:</b>	8 chutes a los cuales se realiza el mantenimiento durante las paradas de planta programadas en la unidad minera		
<b>Muestra:</b>	01 chute de alimentación del cual se toma la actividad de montaje de liners		
<b>Técnica:</b>	Observación directa y revisión documental		
<b>Instrumento:</b>	Fichas de observación y de revisión documental, apoyado en Microsoft Excel y Project		

## Anexo 02: Propuesta de revestimiento nueva



# Anexo 03: Nuevo diagrama de trabajo



**CAMBIO DE LINNERS EN CHUTE DE ALIMENTACIÓN STOCK PILE FEA004@ FEA011**

ID	Monto de	Fecha de obra	Duración	Comienzo	Fin	Productoras	sta 10 sep	dom 11 sep	ur 12 sep	mar 13 sep	mié 14 sep
78	Montaje de liners floreo 73 aroce LD	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	77						
79	Montaje de liners floreo 74 aroce descarga	3 horas	lan 13/09/22	mar 13/09/22	78						
80	Montaje de liners floreo 73 aroce LI	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	79						
81	Montaje de liners floreo 74 aroce LI	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	80						
82	Montaje de liners floreo 72 aroce LD	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	81						
83	Montaje de liners floreo 71 aroce LD	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	82						
84	Montaje de liners esquihero lado izquierdo alimentación	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	81,6						
85	Montaje de liners esquihero lado de echo alimentación	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	81,7						
86	Montaje de liners esquihero lado izquierdo descarga	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	81,81						
87	Montaje de liners esquihero lado de echo descarga	2 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	79,83						
88	Escaneo de liners y montaje del equipo de predictivo	80 min	mar 13/09/22	mar 13/09/22	82						
88	Escaneo de andamios	50 min	mar 13/09/22	mar 13/09/22	86						
90	Desahuce de F-A006	2,5 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	80						
91	<b>Montaje y desmontaje de liners en FEA007</b>	<b>72 horas</b>	<b>sáb 10/09/22</b>	<b>mar 13/09/22</b>							
92	Lanceo en vacío de FEA007	4 horas	sáb 10/09/22	sáb 10/09/22	2						
93	Escaneo de liners y ser desmontaje del equipo de predictivo	80 min	sáb 10/09/22	dom 11/09/22	82						
94	Desmontaje de liners 3ra posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	93						
95	Desmontaje de liners 2da posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	94						
96	Desmontaje de liners 3ra posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	95						
97	Desmontaje de liners 4ta posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	96						
98	Desmontaje de liners 5ta posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	97						
99	Desmontaje de liners 6ta posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	98						
100	Montaje de liners floreo 72 aroce LD	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	99						
101	Montaje de liners floreo 73 aroce LD	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	100						
102	Montaje de liners floreo 75 aroce alimentación	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	101						
103	Montaje de liners floreo 74 aroce LI	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	102						
104	Montaje de liners floreo 72 aroce LI	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	102						
105	Montaje de liners floreo 75 aroce descarga	3 horas	lan 12/09/22	mar 13/09/22	104						
106	Montaje de liners floreo 72 aroce LD	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	105						
107	Montaje de liners floreo 71 aroce LD	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	106						
108	Montaje de liners floreo 73 aroce LI	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	107						
109	Montaje de liners floreo 74 aroce LI	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	108						
110	Montaje de liners esquihero lado de echo alimentación	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	103,130						
111	Montaje de liners esquihero lado izquierdo alimentación	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	103,136						
112	Montaje de liners esquihero lado izquierdo descarga	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	103,139						
113	Montaje de liners esquihero lado de echo descarga	2 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	105,107						
114	Escaneo de liners y montaje del equipo de predictivo	80 min	mar 13/09/22	mar 13/09/22	112						
115	Escaneo de andamios	50 min	mar 13/09/22	mar 13/09/22	114						
116	Desahuce de FEA007	2,5 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	115						
117	<b>Montaje y desmontaje de liners en FEA008</b>	<b>72 horas</b>	<b>sáb 10/09/22</b>	<b>mar 13/09/22</b>							

Página 3

**CAMBIO DE LINNERS EN CHUTE DE ALIMENTACIÓN STOCK PILE FEA004@ FEA011**

ID	Monto de	Fecha de obra	Duración	Comienzo	Fin	Productoras	sta 10 sep	dom 11 sep	ur 12 sep	mar 13 sep	mié 14 sep
118	Lanceo en vacío de FEA008	4 horas	sáb 10/09/22	sáb 10/09/22	3						
119	Escaneo de liners y ser desmontaje del equipo de predictivo	80 min	sáb 10/09/22	dom 11/09/22	118						
120	Desmontaje de liners 3ra posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	119						
121	Desmontaje de liners 2da posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	120						
122	Desmontaje de liners 3ra posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	121						
123	Desmontaje de liners 4ta posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	122						
124	Desmontaje de liners 5ta posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	123						
125	Desmontaje de liners 6ta posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	124						
126	Montaje de liners floreo 73 aroce LI	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	125						
127	Montaje de liners floreo 74 aroce LI	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	126						
128	Montaje de liners floreo 75 aroce alimentación	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	127						
129	Montaje de liners floreo 74 aroce LD	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	128						
130	Montaje de liners floreo 73 aroce LD	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	129						
131	Montaje de liners floreo 75 aroce descarga	3 horas	lan 12/09/22	mar 13/09/22	130						
132	Montaje de liners floreo 73 aroce LI	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	131						
133	Montaje de liners floreo 74 aroce LI	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	132						
134	Montaje de liners floreo 75 aroce LD	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	133						
135	Montaje de liners floreo 71 aroce LD	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	134						
136	Montaje de liners esquihero lado izquierdo alimentación	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	126,129						
137	Montaje de liners esquihero lado de echo alimentación	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	128,129						
138	Montaje de liners esquihero lado izquierdo descarga	3 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	131,133						
139	Montaje de liners esquihero lado de echo descarga	2 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	131,135						
140	Escaneo de liners y montaje del equipo de predictivo	80 min	mar 13/09/22	mar 13/09/22	139						
141	Escaneo de andamios	50 min	mar 13/09/22	mar 13/09/22	140						
142	Desahuce de FEA008	2,5 horas	mar 13/09/22	mar 13/09/22	141						
143	<b>Montaje y desmontaje de liners en FEA009</b>	<b>72 horas</b>	<b>sáb 10/09/22</b>	<b>mar 13/09/22</b>							
144	Lanceo en vacío de FEA009	4 horas	sáb 10/09/22	sáb 10/09/22	3						
145	Escaneo de liners y ser desmontaje del equipo de predictivo	80 min	sáb 10/09/22	dom 11/09/22	144						
146	Desmontaje de liners 3ra posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	145						
147	Desmontaje de liners 2da posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	146						
148	Desmontaje de liners 3ra posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	147						
149	Desmontaje de liners 4ta posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	148						
150	Desmontaje de liners 5ta posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	149						
151	Desmontaje de liners 6ta posición	5 horas	dom 11/09/22	dom 11/09/22	150						
152	Montaje de liners floreo 74 aroce LD	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	151						
153	Montaje de liners floreo 73 aroce LD	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	152						
154	Montaje de liners floreo 75 aroce alimentación	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	153						
155	Montaje de liners floreo 74 aroce LI	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	154						
156	Montaje de liners floreo 73 aroce LI	3 horas	lan 12/09/22	lan 12/09/22	155						
157	Montaje de liners floreo 75 aroce descarga	3 horas	lan 12/09/22	mar 13/09/22	156						

Página 4



#### Anexo 04: Hoja de Datos Directa

Este instrumento sirve para recopilar datos de los tiempos observados durante el montaje de los liners de chutes.

- **Fecha de observación:** 23/08/2023
- **Hora de inicio:** 07:00
- **Hora de fin:** 23:00
- **Ubicación:** Chutes de alimentación Stock pile
- **Equipo/Chute observado:** Fe004
- **Nombre del observador:** Marco Luna/Mijael Champi

#### Tabla de registro de actividades

N°	Actividad	Descripción	Tiempo (min:s)	De	Es	Cd	Cs
1	Montaje de liners de 1° fila (en pared este u oeste)	Maniobra para montaje de liners	99	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	50	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	25	B1	A2	C	C
2	Montaje de liners de 2° fila (en pared este u oeste)	Maniobra para montaje de liners	99	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	49	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	24	B1	A2	C	C
3	Montaje de liners de 3° fila (en pared este u oeste)	Maniobra para montaje de liners	96	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	49	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	24	B1	A2	C	C
4	Montaje de liners de 4° fila (en pared este u oeste)	Maniobra para montaje de liners	101	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	51	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	25	B1	A2	C	C

5	Montaje de liners de 5° fila (en pared este u oeste)	Maniobra para montaje de liners	100	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	52	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	25	B1	A2	C	C
6	Montaje de liners de 1° fila (en pared norte o sur)	Maniobra para montaje de liners	19	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	13	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	9	B1	A2	C	C
7	Montaje de liners de 2° fila (en pared norte o sur)	Maniobra para montaje de liners	21	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	12	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	8	B1	A2	C	C
8	Montaje de liners de 3° fila (en pared norte o sur)	Maniobra para montaje de liners	21	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	13	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	8	B1	A2	C	C
9	Montaje de liners de 4° fila (en pared norte o sur)	Maniobra para montaje de liners	18	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	13	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	8	B1	A2	C	C
10	Montaje de liners de 5° fila (en pared norte o sur)	Maniobra para montaje de liners	22	A2	A2	C	C
		Posicionamiento de liners	13	A1	A2	C	C
		Instalación de Pernos y ajustes	9	B1	A2	C	C

*Nota: De = Destreza o habilidad; Es = Esfuerzo o empeño; Cd = Condiciones; Cs = Consistencias*

### **Anexo 05: Hoja de Datos Documental.**

Este instrumento registra y organiza la información histórica de los informes de mantenimiento de la empresa que sea relevante para la tesis.

- **Documento analizado:** DMZ\_PETS\_LB\_191 Ver01
- **Fecha de elaboración del documento:** 23/08/2023
- **Responsable del documento:** Mijael Champi Mendoza

### **Ficha de análisis de documentos.**

<b>N°</b>	<b>Fechas de ejecución</b>	<b>Procedimientos descritos</b>	<b>Duración estimada</b>	<b>Recursos empleados</b>
<b>1</b>	10/05/2023	Cambio de liners en tolvas FEA AF6	3 días	Laptos. Impresora. Papel bond. Lapiceros.
<b>2</b>	10/05/2023	Alcance de trabajo	2 días	Laptos. Impresora. Papel bond. Lapiceros.
<b>3</b>	12/05/2023	Gantt de trabajo	2 días	Laptos. Impresora. Papel bond. Lapiceros.