

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ELABORACIÓN, EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DE UN PLAN DE MINADO
DE UNA FLOTA DE VOLQUETES EN LA EXTRACCIÓN DE ÓXIDO DE ALTA
LEY EN LA MINA SUPERFICIAL A EN MARCONA - ICA – PERÚ**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas

AUTOR:

Edwin Piero Barrios Pinto

ASESOR:

Ing. Carlos Andrés Ortega Salas

Lima, octubre, 2023

Informe de Similitud

Yo, ...**Carlos Andres Ortega Salas**.....,

docente de la Facultad de **Ciencias e Ingeniería**..... de la Pontificia

Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado

"Elaboración, ejecución y seguimiento de un plan de minado de una flota de volquetes en la extracción de óxido de alta ley en la mina superficial A en Marcona - Ica - Peru".....

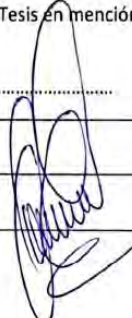
del/de la autor(a)/ de los(as) autores(as)

Edwin Piero Barrios Pinto.....,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de **23.%**. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el **11/12/2023**.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.
- Las similitudes han sido revisadas, las cuales están referenciadas adecuadamente, otras similitudes son palabras independientes que no son parte del mismo concepto a que hace referencia en la Tesis del Señor Barrios y no guardan relación con los temas expuestos en el trabajo desarrollado.
- Por esta razón considero que es válido lo mostrado en la Tesis en mención.

Lugar y fecha: ...22/01/24.....

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Ortega Salas Carlos Andres</u>	
DNI: 41302786	Firma 
ORCID: 0000-0002-3873-4857	

RESUMEN

Esta tesis se centra en la planificación, implementación y monitoreo de un plan de minado específicamente diseñado para la extracción de óxido de alta ley en la mina superficial A ubicada en Marcona, Ica, Perú. El objetivo principal de este trabajo es optimizar el proceso de extracción de óxido de alta ley mediante el uso eficiente de una flota de volquetes, mejorando así la productividad y la rentabilidad de la operación minera. En ese sentido, el análisis comienza con una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la planificación minera y la extracción de óxido de alta ley, proporcionando una base sólida para el desarrollo del plan. A continuación, se aborda la elaboración del plan de minado, que incluye la selección de equipos, la definición de métodos de extracción, la estimación de costos y la programación de actividades. Seguidamente, la ejecución del plan implica la implementación de las estrategias y procedimientos definidos previamente. Se presta especial atención a la coordinación de la flota de volquetes, la seguridad en el sitio de trabajo y la gestión ambiental, con el objetivo de garantizar una operación minera eficiente y sostenible. Finalmente, el seguimiento del plan es una parte esencial de este estudio. Se desarrollan indicadores clave de rendimiento (KPIs) para evaluar el desempeño de la operación minera en tiempo real. Estos KPIs se utilizan para identificar posibles desviaciones y tomar medidas correctivas de manera oportuna, lo que contribuye a la mejora continua de la operación. En resumen, esta tesis se enfoca en la planificación, ejecución y seguimiento de un plan de minado para la extracción de óxido de alta ley en la mina superficial A en Marcona, Ica, Perú. El trabajo tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la operación minera mediante la optimización de la flota de volquetes y la implementación de prácticas sostenibles. Los resultados obtenidos en este estudio pueden proporcionar valiosas lecciones y recomendaciones para la industria minera en situaciones similares.

Palabras clave: KPIs, minería superficial, acarreo, carguío, volquetes

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación del tema.....	1
1.2.1 Justificación operacional y económica	1
1.3 Antecedentes del tema	2
1.3.1 Antecedentes a nivel nacional	2
1.3.2 Antecedentes a nivel internacional.....	4
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
1.5 Hipótesis.....	6
1.6 Plan de Trabajo	7
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Importancia del acarreo en el ciclo de minado	7
2.2 Elaboración del plan de minado.....	10
2.2.1 Consideraciones técnico-operativas del plan de minado.....	10
2.2.2 Estudios en campo de carguío y acarreo	11
2.3 Ejecución del plan de minado	14
2.3.1 Elaboración de procedimientos y estándares.....	14
2.3.2 Controles operativos	15
2.4 Control del plan de minado	15
2.4.1 Productividad: indicadores y rendimientos	15
2.4.2 Control de rentabilidad del proyecto.....	21
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO MINERO	23
3.1 Aspectos generales del proyecto minero	23
3.1.1 Ubicación.....	23

3.1.2	Accesibilidad.....	23
3.1.3	Clima	24
3.1.4	Reseña histórica.....	24
3.2	Geología de Mina Superficial A.....	24
3.2.1	Geología local.....	24
3.2.2	Geología regional	27
3.2.3	Conjunto estratigráfico	27
3.2.4	Geología económica.....	28
3.2.5	Tipo de yacimiento.....	29
3.2.6	Mineralogía.....	30
3.2.7	Ley de mineral	30
3.2.8	Análisis para la clasificación de los minerales.....	31
CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE LA TESIS.....		31
4.1	Elaboración del plan de minado.....	31
4.1.1	Estudios en campo	35
4.2	Ejecución del plan de minado	38
4.2.1	Elaboración de procedimientos y estándares.....	38
4.2.2	Controles operativos.....	51
4.3	Control de la ejecución del plan de minado.....	53
4.3.1	Productividad: indicadores y rendimientos	53
4.3.2	Control de rentabilidad del proyecto.....	59
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		64
5.1	Conclusiones	64
5.2	Recomendaciones	65
REFERENCIAS		66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Excavadora y camión volquete en horario operativo.....	9
Figura 2. Estados de cada equipo de acarreo	13
Figura 3. Ciclo operativo para cada equipo de acarreo en específico.....	13
Figura 4. Ciclo de minado.....	15
Figura 5. Esquema de tiempos para productividad minera	20
Figura 6. Costos de ciclo de vida de un activo.....	22
Figura 7. Ubicación política del proyecto minero A	23
Figura 8. Columna estratigráfica de mina Shougang	25
Figura 9. Columna geológica de mina Shougang	26
Figura 10. Mapa general de las zonas involucradas en la mina.....	32
Figura 11. Áreas sombreadas en el proceso de extracción de óxido.....	32
Figura 12. Zonas desde donde se extrae óxido: Cancha 110 y 160	33
Figura 13. Volquete transportando óxido en pendiente positiva.....	37
Figura 14. Cruces con las vías de acarreo de equipos pesados.....	39
Figura 15. Reporte diario de inicios de carguío	52
Figura 16. Comparativa del tonelaje producido y planeado	54
Figura 17. Comparativa del payload (TM) por mes.....	55
Figura 18. Número de viajes realizados por mes.....	55
Figura 19. Rendimiento bruto de carguío y acarreo por mes	56
Figura 20. Disponibilidad física (D%) de la flota de acarreo por mes	57
Figura 21. Utilización (U%) de la flota de acarreo por mes	58
Figura 22. Eficacia (E%) de la flota de acarreo por mes	58
Figura 23. Eficiencia (OEE%) de la flota de acarreo por mes	59
Figura 24. Rentabilidad (%) del proyecto por mes	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Plan de trabajo para los años 2022 y 2023	7
Tabla 2. Definición de tiempos para productividad minera	20
Tabla 3. Distancia entre Lima y Marcona	24
Tabla 4. Resumen de tipo de mineral	31
Tabla 5. Resumen de las canchas mineralizadas	33
Tabla 6. Detalle de la Cancha-110.....	33
Tabla 7. Detalle de la Cancha-160.....	34
Tabla 8. Dimensionamiento de equipos para el proyecto.....	34
Tabla 9. Estimación de producción por equipo de carguío para el proyecto.....	34
Tabla 10. Datos establecidos para cada guardia para el proyecto	35
Tabla 11. Especificaciones del equipo de carguío para el proyecto	35
Tabla 12. Ciclo de trabajo de los volquetes para el proyecto	36
Tabla 13. Ritmo de extracción con excavadoras para el proyecto	36
Tabla 14. Información de la flota de acarreo para el proyecto.....	36
Tabla 15. Desempeño de volquete por ruta	38
Tabla 16. Principales involucrados del PETS.....	39
Tabla 17. Reporte de producción, viajes realizados y distancia	52
Tabla 18. Reporte de rendimiento bruto de acarreo por turno.....	53
Tabla 19. Cálculo del valor (USD) por hora máquina (HM) para acarreo	59
Tabla 20. Cálculo del valor (USD) por hora máquina (HM) para carguío	60
Tabla 21. Mano de Obra requerida para el proyecto.....	60
Tabla 22. Egreso por Acarreo y MOD (E1) para el proyecto	60
Tabla 23. Egreso por combustible (E2) para el proyecto.....	61
Tabla 24. Egreso por Carguío + MOD + MOI (E3) para el proyecto.....	61
Tabla 25. Ingresos y rentabilidad para el proyecto	62

Abreviaturas

- Cliente. Titular minero a quien se le brinda los servicios de carguío y acarreo.
- D%. Disponibilidad física.
- DISPATCH. Sistema de gestión de flota de equipos.
- E%. Eficacia.
- EE. Empresa Especializada en servicios de minería superficial.
- KPI. Indicador Clave de Desempeño.
- OEE. Eficiencia general de los equipos.
- PETS. Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro.
- SSOMA. Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- U%. Utilización.



CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

La minería es una actividad económica fundamental en todo el mundo, ya que proporciona materias primas esenciales para la fabricación de productos y el desarrollo de infraestructuras. Sin embargo, la extracción de minerales también puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y en las comunidades locales si no se realiza de manera responsable y sostenible. Por lo tanto, es importante que la industria minera adopte prácticas responsables y sostenibles para garantizar un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección del medio ambiente y las comunidades locales.

En el Perú, la minería es una de las principales actividades económicas y representa una gran parte de las exportaciones del país. La extracción de minerales, como el cobre, el oro y la plata, ha sido una fuente importante de ingresos para el país durante décadas. Sin embargo, la minería también ha sido objeto de críticas por su impacto en el medio ambiente y las comunidades locales. Por lo tanto, es importante que la industria minera en el Perú adopte prácticas responsables y sostenibles para garantizar un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección del medio ambiente y las comunidades locales.

En este contexto, el presente trabajo se enfoca en la elaboración, ejecución y seguimiento de un plan de minado de una flota de volquetes en la extracción de óxido de alta ley en la mina superficial A en Marcona - Ica - Perú. El objetivo principal de este trabajo es identificar la manera ideal de planificar, ejecutar y controlar la producción diaria, mensual y anual de una flota de volquetes en la extracción de óxido de alta ley. Además, se busca determinar la correlación ideal entre la flota de carguío y acarreo y definir el proceso para controlar la ejecución del plan de minado. En efecto, la presente investigación es importante porque proporcionará información valiosa sobre cómo planificar y controlar la producción de una flota de volquetes en la extracción de óxido de alta ley en el Perú, y cómo hacerlo de manera responsable y sostenible.

1.2 Justificación del tema

1.2.1 Justificación operacional y económica

Aunque todo proyecto minero, ya sea de tipo superficial o subterráneo, presenta diversas vicisitudes; la elaboración, ejecución y control adecuado del plan de minado es fundamental para que el proyecto minero sea lo más rentable posible. Además, la incorrecta determinación del plan

de minado y su falta de control pueden significar millones de dólares en ingresos perdidos y/o mal invertidos. Entonces, es labor de los ingenieros, encargados de la supervisión, el control del plan de minado y, en su defecto, las estrategias operativas para asegurar el cumplimiento de plan. En todo caso, la realización de la presente tesis es justificable desde el punto de vista operacional y económico, debido a que el éxito de la elaboración, aplicación y control del plan de minado con flota de volquetes puede significar un precedente para la optimización del proceso de acarreo en minas superficiales y/o subterráneas (al considerar equipos de bajo perfil, como lo son, los volquetes); en consecuencia, una mayor rentabilidad de los proyectos mineros.

En efecto, la justificación para el tema desde el punto de vista operativo es que la extracción de óxido de alta ley en la mina superficial A en Marcona - Ica - Perú requiere de una planificación y ejecución adecuada del proceso de producción para garantizar una producción diaria, mensual y anual eficiente y rentable. La implementación de un plan de minado adecuado y un sistema de gestión de flota eficiente es esencial para lograr este objetivo. Además, la correlación ideal entre la flota de carguío y acarreo también es importante para garantizar una producción eficiente. Por lo tanto, este trabajo es importante desde el punto de vista operativo ya que proporcionará información valiosa sobre cómo planificar y controlar la producción diaria, mensual y anual de una flota de volquetes en la extracción de óxido.

1.3 Antecedentes del tema

1.3.1 Antecedentes a nivel nacional

- “Optimización de la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la producción en la mina Los Andes Perú Gold - Huamachuco”, elaborado por Araujo, R. (2018). Este trabajo de investigación investigó sobre alternativas para optimizar la flota de volquetes. En primer lugar, el autor propone dos estrategias para optimizar la flota de volquetes en la mina Los Andes Perú Gold - Huamachuco. La primera estrategia consiste en implementar una nueva forma de cálculo del número de volquetes necesarios para la operación de transporte y acarreo. La segunda estrategia es desarrollar un monitoreo con estudio de tiempos y control de mantenimiento preventivo de equipos para incrementar la producción y reducir los costos operativos. Estas estrategias se basan en la idea de mejorar el proceso productivo a través de una reducción significativa de costos operativos que repercute en una mayor rentabilidad.

Si bien es cierto, el documento no proporciona información específica sobre los resultados obtenidos al implementar estas estrategias en mina; el autor menciona que se requiere hacer una optimización de la flota de volquetes para obtener una reducción de los costos de las operaciones mineras mencionadas anteriormente, con el fin de realizar una mejora en el proceso productivo. Además, se reportaban los costos de carguío y acarreo en 0.72 \$/TM, lo que indica que había margen para mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos. Por lo tanto, es posible que la implementación de estas estrategias haya llevado a una mejora en la eficiencia del acarreo con volquetes y una reducción en los costos operativos en la mina en cuestión.

Cabe resaltar que, el autor propone implementar una nueva forma de cálculo del número de volquetes necesarios para la operación de transporte y acarreo, seguido por un monitoreo con estudio de tiempos y control de mantenimiento preventivo de equipos. Aunque no se especifica cómo se puede aplicar esta metodología en otras minas, el autor menciona que recurrió a una fuente bibliográfica diversa para encontrar una solución a la problemática que se viene suscitando en la operación como son los altos costos de transporte y acarreo, producto de las demoras operativas y tiempos muertos debido a un mal dimensionamiento de la flota de volquetes. Por lo tanto, es posible que esta metodología pueda ser adaptada y aplicada en otras minas con problemáticas similares.

- “Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad diaria en la Cooperativa Minera Limata Ltda.”, elaborado por Gaimes, D. (2019)

La tesis desarrolla en detalle la metodología propuesta por el autor para optimizar el ciclo de minado en la Cooperativa Minera Limata Ltda. Esta metodología se divide en tres fases: la identificación de los problemas actuales en el ciclo de minado, la propuesta de soluciones y la implementación de estas.

En la primera fase, se realizó un análisis detallado de los procesos de la cooperativa minera para identificar los problemas que afectan la productividad. Se encontró que el plan de minado era deficiente debido a la mala distribución de equipos, lo que limitaba la producción diaria a 1980 metros cúbicos. En la segunda fase, se propusieron soluciones para optimizar el ciclo de minado y aumentar la producción diaria a 3000 metros cúbicos. Estas soluciones incluyeron la redistribución de los

equipos, la implementación de un sistema de monitoreo y control de la producción, y la mejora de los procesos de carga y transporte de material.

En la tercera fase, se implementaron las soluciones propuestas y se evaluaron los resultados. Se encontró que la optimización del ciclo de minado permitió aumentar la producción diaria a 3000 metros cúbicos con la misma cantidad de equipos que tenía la cooperativa minera. Además, se logró reducir los costos operativos y mejorar la rentabilidad de la empresa. De manera que, se propuso la implementación de un sistema de monitoreo y control de la producción como una de las soluciones para optimizar el ciclo de minado y aumentar la producción diaria a 3000 metros cúbicos. En efecto, es posible que este sistema de monitoreo y control de la producción permita a la cooperativa minera medir y evaluar la productividad de manera más precisa y eficiente.

La tesis se basa en el marco teórico de la ingeniería de minas y la optimización de procesos productivos, y se apoya en antecedentes de investigaciones similares en el campo de la minería. En conclusión, la tesis presenta una propuesta concreta y efectiva para mejorar la productividad de la Cooperativa Minera Limata Ltda mediante la optimización del ciclo de minado.

1.3.2 Antecedentes a nivel internacional

- “Cycle Time Analysis of Open Pit Mining Dump Trucks”, elaborado por Enkhchuluun, B. et.al. (2023).

El estudio se enfoca en la optimización del tiempo de ciclo de los sistemas de transporte de camiones de volteo en minería a cielo abierto. Para ello, se divide la carretera de la mina en cinco secciones: carretera de banco, rampa, carretera superficial, carretera de subida del vertedero y carretera del vertedero.

Se analizan los factores que afectan la velocidad de los camiones de volteo en cada sección de la carretera, como la longitud, la pendiente y la resistencia a la rodadura. Los datos se analizan utilizando métodos de regresión matemática, y se comparan tres modelos de regresión: lineal, cuadrático y exponencial. En total, se obtienen treinta modelos de regresión para cada sección de la carretera.

Se miden y calculan la dirección cargada y vacía del movimiento para cada sección de la carretera, y se predice el tiempo de ciclo para cada sección utilizando el modelo de regresión más adecuado. Se encuentra que la diferencia entre el valor medio calculado y el tiempo de ciclo real de los modelos es de 0,82 segundos con un error

relativo del 2,51 por ciento. El estudio concluye que la optimización del tiempo de ciclo de los sistemas de transporte de camiones de volteo en minería a cielo abierto es posible mediante el análisis de los factores que afectan la velocidad de los camiones de volteo en cada sección de la carretera. Los resultados muestran que la longitud, la pendiente y la resistencia a la rodadura son factores importantes que afectan el tiempo de ciclo de los camiones de volteo.

Además, se encontró que los modelos de regresión matemática son una herramienta útil para predecir el tiempo de ciclo de los camiones de volteo en cada sección de la carretera. Los modelos de regresión lineal, cuadrático y exponencial se compararon para cada sección de la carretera, y se encontró que el modelo más adecuado varía según la sección de la carretera. En general, el estudio proporciona información valiosa para la optimización del tiempo de ciclo de los sistemas de transporte de camiones de volteo en minería a cielo abierto, lo que puede mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la operación minera.

En resumen, el estudio se enfoca en la optimización del tiempo de ciclo de los sistemas de transporte de camiones de volteo en minería a cielo abierto, y se analizan los factores que afectan la velocidad de los camiones de volteo en cada sección de la carretera. Los datos se analizan utilizando métodos de regresión matemática, y se comparan tres modelos de regresión para cada sección de la carretera. Se predice el tiempo de ciclo para cada sección utilizando el modelo de regresión más adecuado.

- “Implementación sistema de gestión para reducción de costos optimizando el desempeño por componente en equipos mineros”, elaborado por Bahamóndez, M. (2017).

El estudio se enfoca en la implementación de un sistema de gestión para la reducción de costos en los equipos mineros de carguío y transporte en Minera Escondida. Para lograr este objetivo, se utiliza la metodología DMAIC, que se divide en cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

En la etapa de Definir, se establecen los objetivos del proyecto y se define el alcance de este. En este caso, el objetivo general es implementar un sistema de gestión para la reducción de costos en los equipos mineros de carguío y transporte, mientras que los objetivos específicos incluyen describir la metodología DMAIC, identificar los componentes que presentan un bajo desempeño y determinar los principales factores que provocan este problema.

En la etapa de Medir, se recopila información sobre los componentes de los equipos de carguío y transporte, incluyendo su desempeño y su costo. Esta información se utiliza para identificar los componentes que presentan un bajo desempeño y que, por lo tanto, son los que generan mayores costos.

En la etapa de Analizar, se estudian los datos recopilados en la etapa anterior para determinar los factores que provocan el bajo desempeño de los componentes identificados. A partir de esta información, se desarrollan estrategias para mejorar el desempeño de estos componentes y reducir su consumo.

En la etapa de Implementar, se ponen en práctica las estrategias desarrolladas en la etapa anterior. Esto puede incluir la implementación de nuevos procesos de mantenimiento, la adopción de nuevas tecnologías o la capacitación del personal.

Finalmente, en la etapa de Controlar, se monitorea el desempeño de los componentes y se realizan ajustes si es necesario. Esto permite asegurar que los cambios implementados están generando los resultados esperados y que se están logrando los objetivos del proyecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Identificar la manera ideal de elaborar, ejecutar y controlar un plan de minado con una flota de volquetes.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las fases para la elaboración el plan de mina para una flota de acarreo con volquetes.
- Elaborar las herramientas de gestión SSOMA y controles operativos para la ejecución del plan de minado.
- Evaluar indicadores de productividad flota de acarreo con volquetes para el control de la ejecución del plan de minado.
- Medir la rentabilidad del proyecto mes a mes bajo el enfoque de control de costos.

1.5 Hipótesis

La implementación de un plan de minado adecuado y un sistema de gestión de flota eficiente aumentará la producción diaria, mensual y anual de una flota de volquetes en la extracción de óxido de alta ley en la mina superficial A en Marcona - Ica – Perú.

1.6 Plan de Trabajo

En la Tabla 1, se observa el cronograma de actividades realizadas en los años 2022 y 2023 que aborda desde la lluvia de ideas hasta la redacción final del proyecto de investigación.

Tabla 1. Plan de trabajo para los años 2022 y 2023.

#	Actividades	AÑO 2022						AÑO 2023								
		Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	
1	Lluvia de ideas	X														
2	Planteamiento de la problemática		X													
3	Búsqueda de antecedentes		X	X												
4	Revisión de bibliografía especializada		X	X												
5	Elaboración de propuesta final para la extracción de óxido		X	X												
6	Marco teórico				X	X	X									
7	Desarrollo del proyecto				X	X	X	X	X	X	X	X				
8	Generación de reportabilidad diaria/semanal y mensual					X	X	X	X	X	X	X				
9	Evaluación global de los resultados del proyecto											X	X			
10	Retroalimentación a las áreas involucradas												X			
11	Redacción final de la tesis													X	X	

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia del acarreo en el ciclo de minado

De acuerdo con BAS Mining Trucks (2020), "el acarreo de mineral y desechos es una actividad importante en cada operación de minería subterránea o superficial. Por lo general, el acarreo de

estos materiales representa del 20 al 25% de los costos totales de la minería". En efecto, el acarreo de mineral y desechos es una actividad fundamental en el ciclo de minado, ya que permite transportar los materiales extraídos desde la zona de extracción hasta la superficie o a otros puntos dentro de la mina. Esta actividad representa una parte importante de los costos totales de la minería, por lo que es necesario optimizarla para reducir los costos y aumentar la productividad.

El acarreo se realiza mediante camiones especializados, que pueden ser eléctricos o diésel. Estos camiones tienen diferentes capacidades de carga y están diseñados para operar en diferentes condiciones, dependiendo del tipo de mineral o desecho que se esté transportando y del terreno en el que se esté operando.

Es importante destacar que el acarreo no solo implica el transporte del material extraído, sino también su almacenamiento temporal en áreas específicas dentro de la mina. Estas áreas deben estar diseñadas para garantizar la seguridad y eficiencia del proceso, así como para minimizar los impactos ambientales.

La optimización del acarreo implica una serie de estrategias, como el uso eficiente de los camiones, la planificación adecuada de las rutas y horarios, el monitoreo constante del rendimiento y costos, entre otras. Además, es importante considerar nuevas tecnologías y equipos que puedan mejorar aún más este proceso.

Por otro lado, según Aguayo, I. et. al. (2021) El acarreo es una etapa crucial en la minería a cielo abierto, ya que implica el transporte de grandes cantidades de material desde la mina hasta su destino final. Este proceso puede ser realizado por camiones, cintas transportadoras, trenes o una combinación de estos medios de transporte.

La eficiencia del acarreo es fundamental para maximizar la productividad y rentabilidad de una operación minera. Un sistema de acarreo bien diseñado y mantenido puede reducir los tiempos de espera y aumentar la capacidad de transporte, lo que permite mover más material en menos tiempo. Además, un sistema eficiente también puede reducir los costos operativos al minimizar el consumo de combustible y la necesidad de mantenimiento.

La seguridad también es un factor crítico en el acarreo. Los camiones y otros vehículos utilizados para transportar materiales pueden ser peligrosos si no se manejan adecuadamente. Los accidentes pueden ocurrir debido a la fatiga del conductor, fallas mecánicas o condiciones

climáticas adversas. Por lo tanto, es importante implementar medidas de seguridad adecuadas para minimizar los riesgos asociados con el acarreo.

Sucintamente, el acarreo es una parte fundamental del proceso minero a cielo abierto que tiene un impacto significativo en la productividad y rentabilidad de una operación minera. La eficiencia y seguridad del acarreo son factores críticos que deben ser considerados cuidadosamente para garantizar el éxito a largo plazo de cualquier operación minera. En la **figura 1**, se logra observar cómo debe ubicarse la excavadora, generando su propia plataforma, para estar en un nivel superior al equipo de acarreo y evitar mayor contacto, incidentes y/o accidentes.



Figura 1. Excavadora y camión volquete en horario operativo (Fuente: CAMIPER).

Entonces en función de lo indicado por los distintos autores, el acarreo con flota de volquetes incluiría la revisión de estudios previos, artículos y publicaciones relacionadas con el uso de volquetes en la industria minera y de construcción. Algunos aspectos que se podrían analizar incluyen:

- **Eficiencia del acarreo:** Se podrían revisar estudios que evalúen la eficiencia del acarreo con flotas de volquetes en comparación con otros métodos de transporte.
- **Costo del acarreo:** Se podrían revisar estudios que evalúen el costo total del acarreo con flotas de volquetes, incluyendo costos de mantenimiento y reparación de los camiones.
- **Seguridad del acarreo:** Se podrían revisar estudios que evalúen la seguridad del acarreo con flotas de volquetes, incluyendo accidentes y riesgos para los trabajadores y el medio ambiente.

- Impacto ambiental: Se podrían revisar estudios que evalúen el impacto ambiental del acarreo con flotas de volquetes, incluyendo la emisión de gases contaminantes y la contaminación del suelo.

2.2 Elaboración del plan de minado

De acuerdo con Dominguez, L. (2021), el desarrollo de un plan de minado es una tarea crucial en la industria minera, ya que permite establecer las bases para la extracción eficiente y segura de los recursos minerales. Para elaborar un plan de minado efectivo, es necesario considerar diversos factores, como la geología del yacimiento, el tipo de mineral a extraer, las condiciones climáticas y topográficas del área, entre otros. Además, se deben tener en cuenta aspectos relacionados con la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente, como la prevención de accidentes laborales y la minimización del impacto ambiental.

Otro aspecto importante para considerar en el desarrollo del plan de minado es la optimización del uso de los recursos disponibles. Esto implica maximizar la extracción del mineral con el menor costo posible, lo que puede lograrse mediante técnicas como la selección adecuada de maquinaria y equipos, el diseño óptimo de las operaciones mineras y la implementación de prácticas eficientes en el uso del agua y energía. Asimismo, se debe buscar reducir al mínimo los residuos generados durante el proceso extractivo.

En efecto, es fundamental cumplir con las normas legales y regulaciones aplicables en el área donde se llevará a cabo el proyecto minero. Esto incluye obtener los permisos necesarios para realizar las actividades extractivas, cumplir con los estándares ambientales establecidos por las autoridades competentes y garantizar que se respeten los derechos laborales de los trabajadores involucrados en el proyecto. Concisamente, para elaborar un plan de minado exitoso se deben considerar múltiples factores relacionados con la seguridad laboral, protección ambiental, optimización del uso de recursos y cumplimiento de las normas legales y regulaciones aplicables.

2.2.1 Consideraciones técnico-operativas del plan de minado

Para la correcta elaboración del plan de minado, de acuerdo con Dominguez, L. (2021), se requiere realizar cálculos de recursos y reservas, describir el método de explotación, los componentes del proyecto minero, la localización geográfica, las características geológicas y geométricas, la topografía, hidrología y diseño de la mina. Además, se deben establecer criterios para el diseño de explotación y realizar estudios geomecánicos y procesos productivos.

En efecto, el plan de minado es un documento detallado que describe el proceso de extracción de minerales de una mina. Normalmente incluirá los siguientes aspectos:

- Descripción del yacimiento: Una descripción detallada del yacimiento, incluyendo la ubicación, la geología, la composición mineral y la cantidad estimada de mineral disponible.
- Métodos de extracción: Una descripción de los métodos de extracción que se utilizarán, incluyendo la tecnología y el equipo necesarios
- Cronograma de extracción: Un cronograma detallado que describa el tiempo y la secuencia de las operaciones de extracción.
- Costos: Una estimación detallada de los costos de la operación, incluyendo los costos de capital, los costos de producción y los costos de mantenimiento.
- Impacto ambiental: Una evaluación detallada del impacto ambiental que la operación de extracción tendrá, incluyendo el impacto en el agua, el aire y el suelo, así como la vida silvestre y las comunidades cercanas.
- Seguridad: Una evaluación detallada de los riesgos y las medidas de seguridad que se tomarán para proteger a los trabajadores y el medio ambiente.

2.2.2 Estudios en campo de carguío y acarreo

De acuerdo con Vidal, M. (2010), el número óptimo de camiones se determina mediante ecuaciones, fórmulas y variables que permiten encontrar la cantidad adecuada de camiones para cada pala, en función del tiempo de ciclo de transporte. La tesis en cuestión presenta un estudio detallado sobre cómo se realiza este cálculo.

Asimismo, se presenta un modelo matemático que utiliza ecuaciones y fórmulas para determinar el número óptimo de camiones necesarios para transportar el mineral y desmonte en una operación minera a cielo abierto de cobre. El modelo tiene en cuenta variables como la capacidad de los camiones, la distancia entre la mina y la planta, el tiempo de carga y descarga, el tiempo de transporte, entre otros factores. A partir de estos datos, se calcula el número ideal de camiones para cada pala, con el objetivo de maximizar la eficiencia del transporte y minimizar los costos operativos. La tesis en cuestión presenta un análisis detallado del modelo matemático utilizado y los resultados obtenidos a partir del mismo.

Por otro lado, Vidal, M. (2010) indica que una vez que se ha elaborado el planeamiento de minado con el programa de producción y desbroce por años, se procede a calcular la flota de camiones que serán cargados por cada una de las dos palas P&H 2300. El objetivo es determinar el número óptimo de camiones que trabajarán con cada pala, teniendo en cuenta que las dos palas trabajarán en dos frentes distanciados 1000m uno del otro y estarán prácticamente cautivas en sus respectivas áreas de trabajo. En resumen, el cálculo del número óptimo de camiones para

cada pala depende del tiempo de ciclo de transporte. Para ello, se utiliza un modelo matemático que tiene en cuenta variables como la capacidad de los camiones, la distancia entre la mina y la planta, el tiempo de carga y descarga, el tiempo de transporte, entre otros factores.

Para determinar la relación óptima entre excavadoras y camiones se debe calcular el número óptimo de camiones necesarios para transportar el mineral y desmonte en función del tiempo de ciclo de transporte. Este cálculo se realiza mediante un modelo matemático que tiene en cuenta diversas variables relacionadas con la operación minera.

En la **figura 2**, se reconocen actividades de camiones en un ciclo completo en operaciones mineras, a saber, conducir vacío a una pala, ubicar y cargar, acarrear y maniobrar y descargar carga. En ese sentido, para optimizar el uso de recursos será necesario que se eviten demoras operativas innecesarias como lo son: colas en carguío, espera de equipo de carguío y stand by que pueden darse por exceso de equipos de acarreo o carguío; en ese punto, radica la importancia de la correlación entre el número y tipo de equipos de carguío y acarreo que debe existir en los proyectos mineros. Mientras que, para cada equipo de acarreo en específico, se da el proceso identificado en la **figura 3**.

El match o emparejamiento entre excavadoras y volquetes es un proceso clave en la industria minera y de construcción. La excavadora es utilizada para extraer material de la mina o de una construcción, y el volquete se utiliza para transportar el material a un destino específico. Para garantizar un match eficiente, es importante considerar los siguientes factores:

- **Capacidad de carga:** Es importante elegir un volquete con suficiente capacidad de carga para transportar el material extraído por la excavadora.
- **Distancia de transporte:** El tamaño y la capacidad del volquete también deben considerarse en función de la distancia a la que se transportará el material.
- **Accesibilidad:** El acceso al sitio de extracción y el camino de transporte deben evaluarse para asegurarse de que el volquete pueda acceder y salir del sitio de manera segura y eficiente.
- **Eficiencia:** Es importante asegurarse de que la excavadora y el volquete trabajen juntos de manera eficiente para minimizar el tiempo y el costo total del proceso.
- En líneas generales, el match entre excavadoras y volquetes es crucial para garantizar una operación de extracción y transporte de material eficiente, segura y rentable.

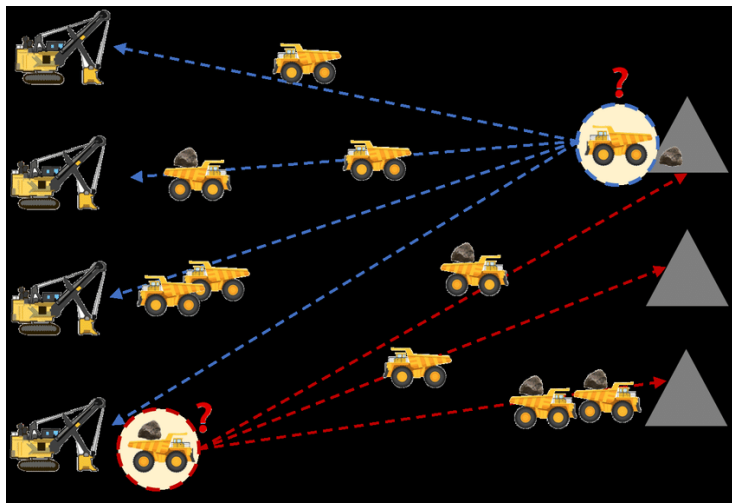


Figura 2. Estados de cada equipo de acarreo. (Fuente: Dynamic Dispatching)

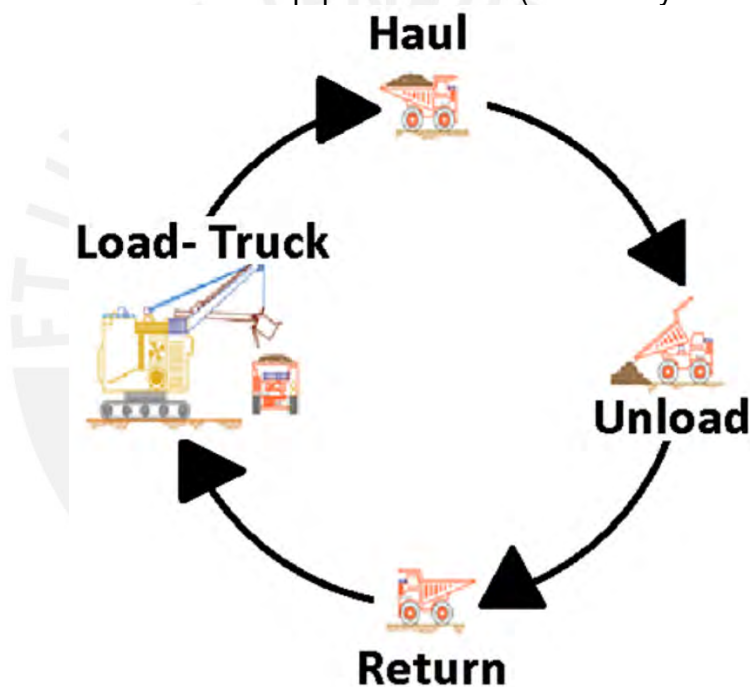


Figura 3. Ciclo operativo para cada equipo de acarreo en específico (Fuente: CAMIPER).

Cabe resaltar que, la elaboración del plan de minado debe contemplar los recursos de carguío y acarreo que se poseen en mina, por ende, deberán estar acompañados de estudios de rendimientos que tengan los equipos de carguío y acarreo, para determinar el número óptimo de equipos de acarreo que pueden trabajar con cada equipo de carguío.

Por otro lado, para el dimensionamiento de volquetes para el acarreo con excavadoras se recurre a la capacidad de producción de las excavadoras y la capacidad de carga de los volquetes. Para

determinar la cantidad y el tamaño adecuados de los volquetes, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Capacidad de producción de las excavadoras: La capacidad de producción de cada excavadora debe ser conocida para determinar la cantidad de material que será necesario transportar.
- Volumen de carga: El volumen de carga de los volquetes debe ser suficiente para transportar la cantidad de material generado por las excavadoras.
- Frecuencia de carga: El número de volquetes requeridos también dependerá de la frecuencia con la que se cargarán y descargarán los volquetes.
- Distancia de transporte: La distancia a la que se deben transportar los materiales también afectará la cantidad de volquetes necesarios.

En general, se recomienda contar con una flota de volquetes que sea suficiente para satisfacer la demanda de producción de las excavadoras, y que tenga una capacidad de carga adecuada para transportar el volumen de material generado. Es importante realizar un seguimiento y una evaluación periódicos del rendimiento de la flota de volquetes para asegurarse de que se están utilizando de manera eficiente y que se está cumpliendo con los objetivos de producción y costos.

Por último, es necesario determinar el número de pases que requiere cada equipo de acarreo para completar un viaje.

2.3 Ejecución del plan de minado

2.3.1 *Elaboración de procedimientos y estándares*

De acuerdo con Valdivia, C. (2019), se mencionan algunos aspectos importantes relacionados con los procedimientos y estándares en la minería. En cuanto a los procedimientos, se destaca la importancia de contar con procedimientos escritos de trabajo seguro, los cuales deben ser elaborados por la empresa contratista y aprobados por la Unidad Minera. Estos procedimientos deben incluir la identificación de peligros, evaluación y control de riesgos, así como la difusión y entrenamiento a todo el personal involucrado en la actividad minera.

En cuanto a los estándares, se mencionan los estándares operacionales desarrollados por la Unidad Minera, los cuales deben ser identificados por las empresas contratistas y adheridos al desarrollo de sus procedimientos de trabajo. Estos estándares incluyen aspectos como la

seguridad en el manejo de explosivos, la seguridad en el uso de maquinaria y equipos, la seguridad en el transporte de materiales, entre otros.

Es importante destacar que la implementación y cumplimiento de los procedimientos y estándares en la minería es fundamental para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, ya que esta actividad presenta un alto grado de exposición a peligros de alto riesgo.

2.3.2 Controles operativos

De acuerdo con Domínguez, L. (2021), las operaciones en mina deben incluir la planificación, dirección y supervisión de la ejecución de las actividades de desarrollo y explotación minera, teniendo el soporte de las demás áreas a través de la gestión de recursos, coordinaciones, sugerencias de acciones preventivas y correctivas, información oportuna, y labores administrativas para facilitar la ejecución del proyecto dentro los plazos, costos y calidad previstos en el contrato, en cumplimiento de los estándares de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente exigidos por el Cliente, Minera Superficial A y las leyes vigentes.

Cabe resaltar que, el proceso en operaciones está determinado por el ciclo de minado que consta básicamente de las siguientes etapas: perforación, voladura, carguío, acarreo (transporte) y descarga, sin dejar de lado los trabajos o servicios auxiliares que se realizan como apoyo antes, durante y después de cada etapa para que estas puedan ser ejecutadas correctamente, tal como se observa en la **figura 4**.

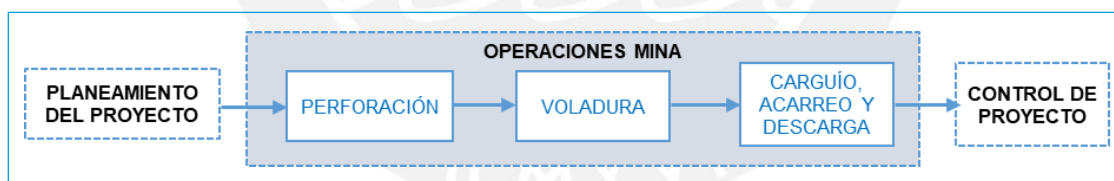


Figura 4. Ciclo de minado (Fuente: Elaboración propia).

2.4 Control del plan de minado

2.4.1 Productividad: indicadores y rendimientos

De acuerdo con Segura, J. et. al. (2018), la productividad en minería superficial se refiere a la cantidad de mineral extraído por unidad de tiempo y por unidad de recurso. En otras palabras, es la eficiencia con la que se extrae el mineral en una mina a cielo abierto o en una cantera. La productividad puede ser influenciada por varios factores, como la calidad del mineral, el tipo de maquinaria utilizada, las condiciones climáticas y geográficas, entre otros. La mejora de la

productividad es un objetivo importante para las empresas mineras, ya que puede aumentar su rentabilidad y competitividad en el mercado.

En el análisis de los factores clave en la minería de hierro a cielo abierto, se tomaron en cuenta varios indicadores de productividad. Estos indicadores permiten medir la eficiencia con la que se está llevando a cabo el proceso de extracción de mineral y son fundamentales para identificar oportunidades de mejora y optimización del proceso.

Entre los indicadores de productividad que se consideraron en el análisis se encuentran la producción diaria, que mide la cantidad de mineral extraído por día; la tasa de utilización de equipos, que mide el tiempo que los equipos están en uso; el tiempo promedio entre fallas, que mide la frecuencia con la que los equipos presentan fallas; el tiempo promedio de reparación, que mide el tiempo necesario para reparar un equipo después de una falla; y la disponibilidad de equipos, que mide el porcentaje del tiempo en que los equipos están disponibles para su uso.

Además, se deben considerar otros factores más allá de la producción que también influyen en la productividad. Por ejemplo, se analizó la gestión de recursos humanos y cómo esta puede afectar a la productividad. También se evaluaron los costos asociados a la gestión ambiental y social, ya que estos pueden tener un impacto significativo en los costos operativos y, por lo tanto, en la rentabilidad del proyecto minero.

2.4.1.1 Rendimientos de carguío y acarreo

Las siguientes definiciones surgieron a partir de lo expuesto por Segura, J. et. al. (2018):

A) Rendimiento bruto de las excavadoras CAT 374 FL (Carguío)

El rendimiento de carguío de una excavadora CAT 374 depende de muchos factores, incluyendo la habilidad y la eficiencia del operador, las condiciones del terreno, la calidad de la roca y el tamaño de la pala. Sin embargo, en general, la CAT 374 es una excavadora de tamaño mediano que se espera tenga una capacidad de carguío de entre 15 y 20 metros cúbicos por hora.

Además, el rendimiento de carguío de la CAT 374 también puede ser afectado por la configuración de la máquina, como el tamaño de la pala y el tipo de neumáticos, y por las condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura.

En líneas generales, es difícil determinar con certeza el rendimiento de carguío exacto de una CAT 374 debido a la variedad de factores que pueden afectar su rendimiento. Sin embargo, se espera que tenga una capacidad de carguío de entre 650 a 750 toneladas métricas por hora en

condiciones óptimas. Finalmente, específicamente para el presente caso de estudio, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento Bruto}_{\text{carguío}} = \frac{\text{Toneladas Métricas (TM)}}{\text{Horas Máquina Excavadoras (HM)}}$$

B) Rendimiento bruto del volquete SCANIA G640 XT 8x4 (Acarreo)

El rendimiento bruto de acarreo de volquetes se refiere a la cantidad de material o carga que un volquete puede transportar en una sola operación o viaje sin considerar las pérdidas o desperdicios. El rendimiento bruto de acarreo se expresa generalmente en términos de volumen o peso, dependiendo del tipo de material que se esté transportando.

Para calcular el rendimiento bruto de acarreo de un volquete, debes tener en cuenta los siguientes factores:

- i. Capacidad del volquete: La capacidad de carga de un volquete se refiere a la cantidad máxima de material que puede transportar. Por lo general, se mide en metros cúbicos (m³) o toneladas (T). Esta información suele estar especificada en el manual del vehículo o en las especificaciones del fabricante.
- ii. Densidad del material: La densidad del material que se está transportando es crucial para calcular el rendimiento bruto de acarreo. La densidad se expresa en unidades de masa por unidad de volumen (por ejemplo, kg/m³ o T/m³). Debes conocer la densidad del material para poder calcular cuánto peso o volumen puede transportar el volquete en un solo viaje.
- iii. Distancia de transporte: La distancia que el volquete debe recorrer desde el punto de carga hasta el punto de descarga es otro factor importante. Esto afectará la eficiencia de la operación y, en última instancia, el rendimiento bruto de acarreo.
- iv. Tiempo de ciclo: El tiempo que lleva cargar, transportar y descargar la carga también influye en el rendimiento bruto de acarreo. Cuanto menor sea el tiempo de ciclo, más material se podrá transportar en un período determinado.

Una vez que tengas estos datos, puedes calcular el rendimiento bruto de acarreo de la siguiente manera:

- Si se expresa en volumen (m³): Rendimiento Bruto (m³/viaje) = Capacidad del volquete (m³) / Densidad del material (T/m³)
- Si se expresa en peso (T): Rendimiento Bruto (T/viaje) = Capacidad del volquete (T)

El rendimiento bruto de acarreo te dará una idea de cuánto material puedes transportar en cada viaje con un volquete en condiciones ideales. Sin embargo, en la práctica, es importante tener en cuenta otros factores como la velocidad, las condiciones del terreno, la eficiencia del proceso de carga y descarga, entre otros, que pueden afectar la productividad real de un volquete en una operación específica. Finalmente, específicamente para el presente caso de estudio, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento Bruto}_{\text{acarreo}} = \frac{\text{Toneladas Métricas (TM)}}{\text{Horas Máquina Volquetes (HM)}}$$

2.4.1.2 Indicadores de Productividad

El control de todos del proceso de minado genera gran cantidad de información que es analizada y usada para realizar la elaboración de indicadores muestran qué tan adecuadamente se está realizando y desarrollando la operación minera. Cabe resaltar que, las siguientes definiciones surgieron a partir de lo expuesto por Segura, J. et. al. (2018) y los principales indicadores que se manejan para el control del proyecto minero, son los siguientes:

- **Disponibilidad Mecánica:** Indicador de productividad que relaciona las horas mecánicamente disponibles de un equipo respecto a sus horas programadas de trabajo.

Se determina con la siguiente fórmula:

$$DM (\%) = \frac{\text{Horas Programadas} - \text{Horas No Disponibles por Mtto}}{\text{Horas Programadas}} \times 100$$

- **Disponibilidad Física:** Indicador de productividad que relaciona las horas físicamente (Daño operacional o mecánico) disponibles de un equipo respecto a sus horas programadas de trabajo. Se determina con la siguiente fórmula:

$$DF (\%) = D\% = \frac{\text{Horas Programadas} - \text{Horas No Disponibles por todo motivo}}{\text{Horas Programadas}} \times 100$$

- **Utilización (%):** Indicador de productividad que relaciona las horas utilizadas de un equipo (motor encendido en operación) respecto a sus horas mecánicamente disponibles.

Se determina mediante la siguiente formula:

$$Utilizacion (\%) = U\% = \frac{Horas Disponibles - Horas Motor Apagado}{Horas Disponibles} \times 100$$

- **Eficacia (%):** Indicador de productividad que nos indica que tan eficaces hemos sido al utilizar nuestro equipo en netamente producción. Se determina mediante la siguiente formula:

$$Eficacia (\%) = E\% = \frac{Horas Brutas - Horas Demoras Operativas}{Horas Brutas} \times 100$$

- **Efectividad (%):** Capacidad para producir el efecto esperado, nos indica el cumplimiento de las horas netas ejecutadas respecto a lo planeado.

$$Efectividad (\%) = D\% * U\% * E\%$$

Por otro lado, es necesario reconocer el estatus operacional en el cual se encuentran los equipos durante un determinado periodo basados en la norma ASARCO (American Smelting & Refining Co., 2010), se genera una escala de tiempos ajustada a la ejecución del plan de minado, la distribución de tiempos y la descripción de estos se muestran en la **figura 5** y la definición correspondiente en la **tabla 2**.

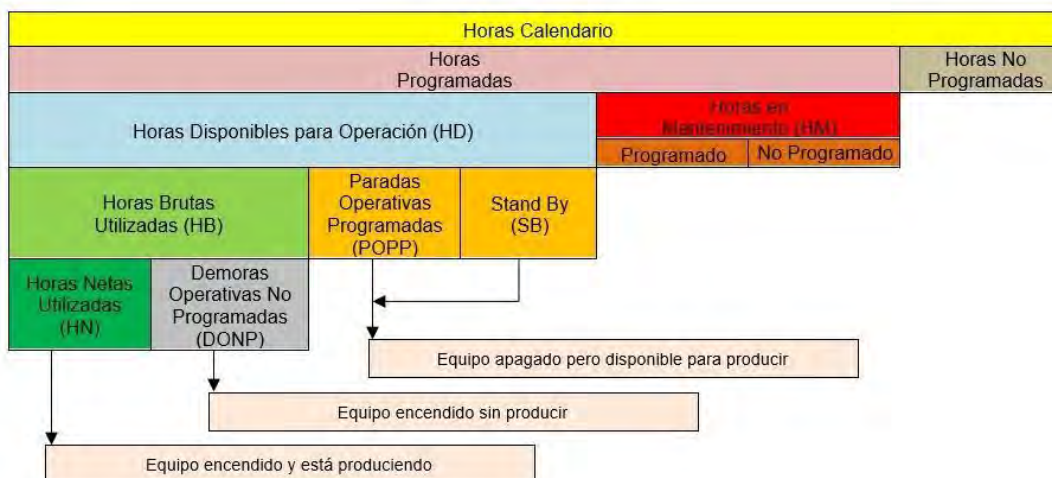


Figura 5. Esquema de tiempos para productividad minera (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 2. Definición de tiempos para productividad minera (Fuente: Elaboración propia).

Término	Definición
Horas Calendario	Horas contables durante el periodo de un año, considerar los 365 días del año.
Horas Programadas	Es el tiempo o periodo durante el cual el equipo se encuentra físicamente operativo.
Horas No programadas	Es el tiempo o periodo durante el cual el equipo no se encuentra físicamente operativo y/o no está programado por media vida, overhaul y/o reparaciones mayores.
Horas Disponibles (HD)	Es el tiempo en el cual el equipo es mecánicamente listo para la operación.
Horas de mantenimiento (HM)	Es el tiempo en el cual se encuentra en mantenimiento y/o reparaciones programadas o correctivas.
Horas Brutas (HB)	Corresponde al tiempo en el cual el equipo se encuentra realizando trabajos con motor prendido.
Paradas Operativas Programadas	Es el tiempo en el cual el equipo está en condiciones mecánicas de operación, pero no es utilizado por paradas programadas necesarias para la operación como el cambio de guardia, almuerzos, etc.
Stand By (SB)	Es el tiempo en el cual el equipo está en condiciones mecánicas de operación, pero no es utilizado para ninguna actividad operativa, como, por ejemplo: falla de operador o exceso de equipos.
Horas Netas (HN)	Tiempo en el cual el equipo se encuentra realizando actividades netamente productivas.
Demoras Operativas no Programadas (DONP)	Son demoras no programadas con motor encendido como, por ejemplo: traslados, limpieza de pisos, etc.

2.4.2 Control de rentabilidad del proyecto

Herrera, J. (2018) menciona que, para obtener una mayor rentabilidad en un proyecto minero, se debe generar una estructura que mejore la percepción del riesgo de los inversores y ofrecerles una mayor rentabilidad. Además, se puede considerar la reducción de costos y la optimización de los procesos para aumentar la eficiencia y productividad del proyecto. Es importante tener en cuenta que cualquier estrategia para obtener mayor rentabilidad debe ser evaluada cuidadosamente para asegurar su viabilidad económica y sostenibilidad a largo plazo.

De acuerdo con Verasay, P. (2013), el costeo basado en actividades (A.B.C.) implica desagregar un proceso en acciones que se desarrollan en el mismo y a su vez costearlas. En este caso, la referencia es la actividad, y su concepto se identifica con la acción dentro de los procesos. El A.B.C. persigue el gerenciamiento de las acciones, razón por la cual dedica sus esfuerzos a costear actividades y no los productos o servicios, generar indicadores de performance de gestión para categorizar a estas actividades y proceder a gestionar las mismas con herramientas técnicas y soporte adecuado. Los beneficios del A.B.C. incluyen una mayor precisión en la asignación de costos a los productos o servicios, una mejor comprensión de los costos de las actividades y procesos, y una mayor capacidad para identificar áreas de mejora y reducción de costos.

En efecto, el control de costos es fundamental en la industria minera, ya que los costos representan una parte importante de los ingresos y ganancias de la empresa. La minería es una actividad que implica grandes inversiones en equipos, infraestructura y personal, y los costos de operación pueden ser muy altos. Por lo tanto, es esencial que las empresas mineras tengan un control riguroso de sus costos para asegurar la rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo.

El control de costos en la minería implica la identificación y medición de los costos directos e indirectos asociados con la producción de minerales. Los costos directos incluyen los costos de extracción, procesamiento y transporte de los minerales, mientras que los costos indirectos incluyen los costos de administración, mantenimiento y otros gastos generales.

Por otro lado, de acuerdo con GERENS (2020), toda organización pende de activos varios y conectados para su operación óptima, activos físicos, humanos, financieros, de información y activos intangibles. No obstante, los activos en conjunto están sometidos a situaciones de “deterioro”, su valor decrece con el tiempo, por ende, los activos en su mayoría demandan mantenimiento, planes de cuidados y de mejoras. En efecto, cada activo tiene un rol en la cadena de producción y se interrelacionan, solo con el óptimo desempeño de cada uno de ellos es posible

alcanzar las metas estratégicas de la organización cumpliendo con todas las regulaciones y todas sus responsabilidades.

Por consiguiente, el desempeño de un activo físico a lo largo de su ciclo de vida estriba inflexiblemente del desempeño de otros activos, la operación óptima de una máquina (activo físico) depende fundamentalmente de conocimiento y de manejo de información que a su vez son atributos de un recurso humano idóneo, una falla en la cadena sin duda afectará el desempeño del activo físico lo que potencialmente impactaría la seguridad del ambiente con efectos en las finanzas y la reputación de la organización. Toda esta interdependencia y compleja relación entre los diversos activos y sistemas de activos requieren de una estrategia gerencial coordinada, sustentable y sistemática que garantice la obtención del máximo valor de cada activo de forma eficiente, segura y confiable; tal como se puede observar en la **figura 6**, donde se reconoce las inversiones y los costos operacionales a grandes rasgos, que implica la posesión de un activo.



Figura 6. Costos de ciclo de vida de un activo (Fuente: GERENS).

Además, el control de costos en la minería también implica la implementación de estrategias para reducir los costos y mejorar la eficiencia. Esto puede incluir la optimización de los procesos de producción, la reducción de los costos de energía y la implementación de tecnologías más eficientes.

En resumen, el control de costos es esencial en la industria minera para asegurar la rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo. Las empresas mineras deben tener un control riguroso de sus costos e implementar estrategias para reducir los costos y mejorar la eficiencia.

CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO MINERO

3.1 Aspectos generales del proyecto minero

3.1.1 Ubicación

La mina del cliente se encuentra ubicada a 530 Kilómetros al Sur de la ciudad de Lima, limita por el norte con la Provincia de Nasca; por el Sur con la Provincia de Caraveli (Región Arequipa); por el Este con la Provincia de Lucanas. En efecto, la localidad exacta es San Juan de Marcona, tal como se observa en la **figura 7**, que pertenece a la provincia de Nazca, en el departamento de Ica, Perú. La altitud de la mina es de 800 m.s.n.m.



Figura 7. Ubicación política del proyecto minero A (Fuente: adaptación del portal web de la empresa).

3.1.2 Accesibilidad

En la actualidad, solo se reconoce una vía de acceso, de manera terrestre, hacia la mina Shougang Hierro Perú; tal como se observa en la **tabla 3**.

Tabla 3. Distancia entre Lima y Marcona (Fuente: Elaboración Propia).

Ruta	Distancia	Tipo Carretera	Tiempo	Medio
Lima – Marcona	524 km	Asfaltada	8.5 Horas	Bus

3.1.3 Clima

El clima en San Juan de Marcona, donde se encuentra la mina Shougang Hierro Perú, es árido, húmedo y caluroso, con temperaturas máximas de 30°C en verano y mínimas de 16°C en agosto. Además, hay una neblina frecuente que puede producir hasta un 100% de humedad, por lo cual siempre se requiere contar con planes de contingencia para desarrollar labores mineras en condiciones de neblina.

3.1.4 Reseña histórica

En 1906, el ingeniero Federico Fuchs descubrió depósitos de cobre cerca de Marcona, donde notó desviaciones en su brújula. En 1914, Fuchs regresó con Roberto Letts y un local llamado Justo Pastor, quien descubrió a los depósitos de hierro. En 1915, Fuchs anunció el descubrimiento y lo publicó en un boletín de la Sociedad de Ingenieros del Perú. En 1943, la Corporación Peruana del Santa fue creada por el gobierno para establecer una industria nacional del acero con hornos y molinos en Chimbote, y se les otorgó la concesión de Marcona como parte de su capital. En 1958, la mina comenzó a producir hierro y en 1960 se inauguró la planta de procesamiento. En 1992, la mina fue privatizada y adquirida por Shougang Corporation, una empresa china. Desde entonces, la mina ha sido modernizada y expandida, y se ha convertido en uno de los principales productores de hierro en el Perú.

3.2 Geología de Mina Superficial A

3.2.1 Geología local

La zona de la mina Marcona se encuentra en la cordillera de la costa, que está desarrollada por el gran batolito de granodiorita de edad Cretácico Superior. Este batolito intruyó primariamente a metamórficos precámbricos, meta-sedimentarios marinos paleozoicos del periodo carbonífero inferior y meta-volcánicos mesozoicos de la época jurásica, los cuales aparentan estar extremadamente metamorizados. También se reconocen tufos con sedimentos del cretácico inferior y superior, y sedimentos terciarios muy inclinados y no del todo consolidados. En efecto,

en la **figura 8**, se puede observar la columna estratigráfica de la mina ubicada en Marcona y en la **figura 9**, la columna geológica generalizada de la mina en cuestión.

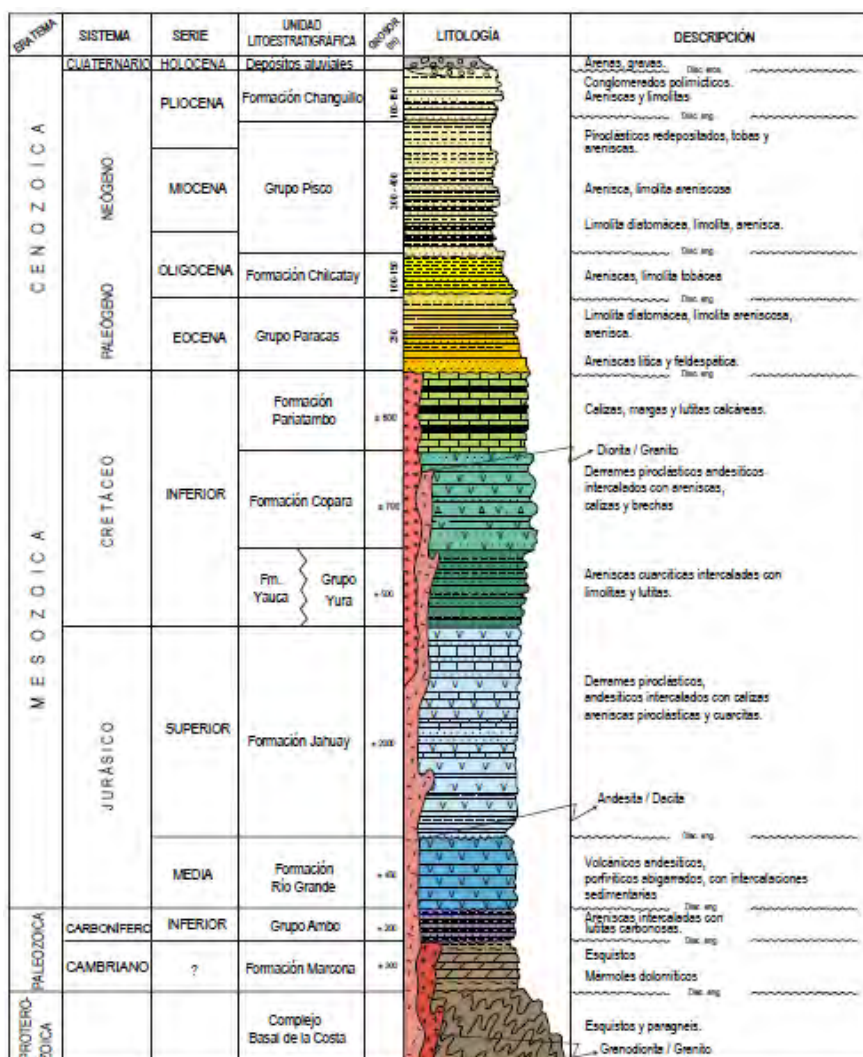


Figura 8. Columna estratigráfica de mina Shougang (Fuente: Shougang)

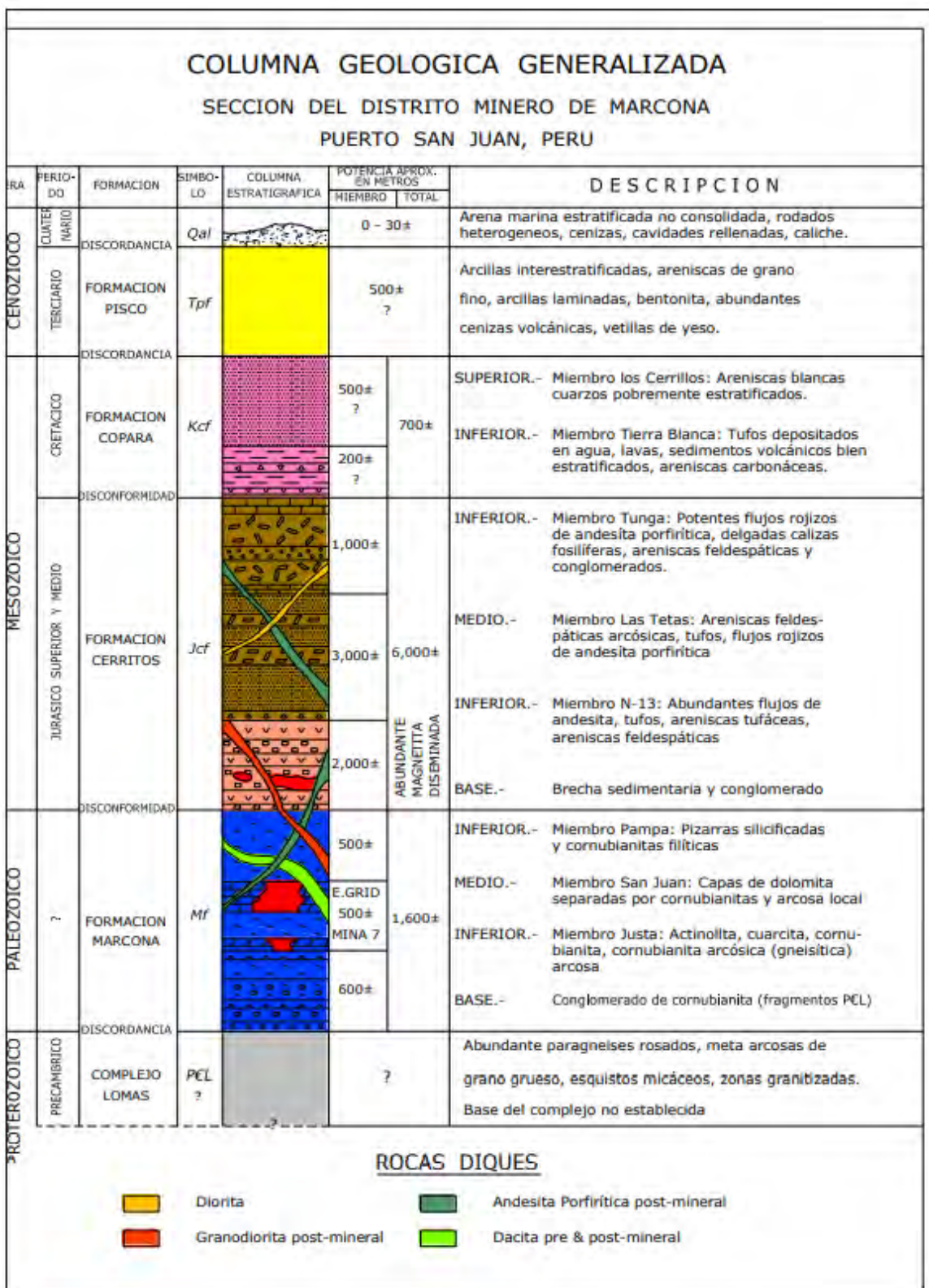


Figura 9. Columna geológica de mina Shougang (Fuente: Shougang)

3.2.2 Geología regional

La geología regional de la zona de la mina Marcona se caracteriza por una estructura homoclinal de rumbo suroeste y noroeste con buzamiento que oscila entre 35° y 65° al noroeste. A una escala regional, los sedimentos tienen un rumbo hacia el noroeste e inclinaciones al noroeste formando un anticlinal actualmente erosionado. Es probable que esta uniforme secuencia sea los restos o flanco de ese plegamiento más complicado. En este panorama geológico es que yacen los cuerpos de mineral, pero esta simple estructura se ve en la realidad bastante compleja por los fallamientos e intrusiones también los movimientos periódicos tectónicos. En resumen, la geología regional de la zona de la mina Marcona se caracteriza por una estructura homoclinal y una secuencia uniforme de sedimentos que forman un anticlinal erosionado, pero que se ve complicada por los fallamientos, intrusiones y movimientos tectónicos.

3.2.3 Conjunto estratigráfico

El conjunto estratigráfico en la mina se encuentra determinado por una estructura homoclinal, de rumbo suroeste y noroeste con buzamiento que oscila entre 35° y 65° al noroeste; a una escala regional, los sedimentos tienen un rumbo hacia el noroeste e inclinaciones al noroeste formando a un anticlinal actualmente erosionado.

Es probable que esta uniforme secuencia sea los restos o flanco de ese plegamiento más complicado. En este panorama geológico es que yacen los cuerpos de mineral, pero esta simple estructura se ve en la realidad bastante compleja por los fallamientos e intrusiones también los movimientos periódicos tectónicos.

3.2.3.1 Conjunto estratigráfico

Se ha definido tres métodos principales de fallamientos que se han sido producidos en periodos diferentes:

- I. Fallas pistas. Se originaron antes y continuamente después de la mineralización, son de tipos normales gravitacionales, su rumbo es N60°E y su buzamiento 60° NE. Estas fallas han dado lugar a plegamientos menores y fuertes fracturamientos en la formación Marcona.
- II. Falla repetición. Son fallas tensionales-compresionales inversas de rumbos paralelos a la estratificación (M45°E) y posterior a la mineralización, estas se aprecian al sur de la mina 5 donde se pone en contacto a la formación Marcona y Cerritos. Su seudónimo se debe a que ha ocasionado la repetición u omisión de estratos.

III. Falla la Huaca. Igualmente son pos-mineral y las más nuevas son paralelas a la cordillera de los Andes (N25°E), han dado comienzo a la repetición, omisión de estratos y a las permutas bruscos en los ángulos de rumbo y buzamiento.

3.2.3.2 Diaclasamiento

Debido a las fuerzas regionales y locales se encuentra un gran conjunto de diaclasamiento con un predominante sistema Norte – Sur, así como otros sistemas horizontales verticales y en ángulo variables.

3.2.4 Geología económica

La geología económica de la zona de la mina Marcona es de gran importancia para la exploración y explotación de recursos minerales en la zona. El distrito de Marcona posee un total de 117 cuerpos de mineral que están esparcidas en un área aproximada de 10 Km, por 15 Km, formando depósitos mayormente aislados y con longitudes y anchos variables. Estos cuerpos de mineral se encuentran depositados en formaciones sedimentarias del Paleozoico y Jurásico siendo concordantes con los estratos que los encierra, por haber sido formados en un proceso metasomático de las rocas sedimentarias.

La mineralización en la zona de la mina Marcona se encuentra asociada a la presencia de cuerpos intrusivos de granodiorita y diorita, que han sido emplazados en rocas sedimentarias y metamórficas más antiguas. La mineralización se presenta en forma de vetas, mantos y cuerpos masivos, y está compuesta principalmente por hierro, cobre, oro, plata y plomo.

La exploración y explotación de los recursos minerales en la zona de la mina Marcona se ha llevado a cabo mediante la minería a cielo abierto y la minería subterránea. La minería a cielo abierto se ha utilizado principalmente para la extracción de mineral de hierro, mientras que la minería subterránea se ha utilizado para la extracción de otros minerales como el cobre, oro y plata.

En resumen, la geología económica de la zona de la mina Marcona es de gran importancia para la exploración y explotación de recursos minerales en la zona. La mineralización se encuentra asociada a la presencia de cuerpos intrusivos de granodiorita y diorita, y se presenta en forma de vetas, mantos y cuerpos masivos. La exploración y explotación de los recursos minerales se ha llevado a cabo mediante la minería a cielo abierto.

I. Zona de mineral oxidado. Es la zona más colindante a la superficie y debido a los procesos anteriormente descritos, la magnetita inicialmente existente se ha desarrollado en

hematitas y martitas secundarias. Se encuentran acompañando a estos minerales de hierro, yeso, brocanitas, atacanitas, crisocolas y menores sulfatos de hierro.

II. Zona de mineral transicional. Es la que se encuentra a continuación de la zona oxidada, enriquecida por los distintos materiales lixiviados de esta zona. Esta zona está formada por Hemetitas-Martitas de grano fino y denso, jarosita, botriagen y en menores cantidades amarantitas, piritas, yeso, anhidrita, brocantitas, crisocolas y atacamita.

Una de las principales características de esta zona son sus valores de azufre superiores a 1%. Y una baja recuperación magnética (menor al 65%), y contenido FeO menos al 15%. La potencia de mineral de esta zona es en promedio de 35m.

III. Zona de mineral primario o sulfuroso. Esta es la zona más significativa debido a que se localiza alrededor del 80% de las reservas minables de Hierro. Además, la mineralización se exhibe sin alteración y se puede considerar como simple, desarrollada por magnetita criptocristalina y masivas, con abundante pirita en forma diseminada, conjuntamente de presencia de calcopirita, pirrotita y siendo la ganga principalmente la actinolita con epidota, calcita, brocanita, clorita y sericita.

En función de la presencia de sulfuros principalmente como la pirita y la pirrotita, el mineral de esta zona se sub-clasifica en mineral de molienda gruesa (CG), molienda fina normal (FG-N) y molienda fina refractario (FG-R), esto para la liberación de azufre en su tratamiento.

La primordial particularidad de esta zona es su alta recuperación magnética mayor al 65% así como a su contenido de FeO mayor al 15%, logrando usarse en todas las tipologías de productos finales.

3.2.5 Tipo de yacimiento

El yacimiento de la mina Marcona se ha definido genéricamente como "un yacimiento de reemplazamiento metasomático". El mineral de mena fundamental o principal de estos yacimientos es la magnetita criptocristalina y masiva, con contenido de hierro entre 40 y 60%. Con abundante pirita diseminada. Este es el mineral de explotación llamado mena. Se encuentra también presente mineral de cobre, como la calcopirita, covelita entre otros. Dando como promedio valores que varían de 0.07 a 0.4% de cobre. Según la mina o cuerpo que se analice.

Además, existe pirrotita, que da origen a una clasificación de los minerales en función a su porcentaje que está presente. También se encuentra como mineral de ganga cobalto asociado a la pirita, así como actinolita, epidotita, calcita, biotita, brocantita, clorita y sericita.

En efecto, el yacimiento de la mina Marcona se ha definido como un yacimiento de reemplazamiento metasomático, con la magnetita criptocristalina y masiva como el mineral de mena fundamental. También se encuentra presente mineral de cobre, pirrotita y otros minerales de ganga. La presencia de estos minerales puede tener implicaciones importantes para la exploración y explotación de recursos minerales en la zona.

3.2.6 Mineralogía

La mineralogía de la mina Marcona es un tema de gran interés para la exploración y explotación de recursos minerales en la zona. Según diversas tesis y estudios, la mineralogía de la mina Marcona está compuesta principalmente por magnetita criptocristalina y masiva, con un contenido de hierro entre 40 y 60%. Además, se encuentra presente pirita diseminada en abundancia. La calcopirita y covelita son minerales de cobre que también se encuentran en la zona, con valores que varían de 0.07 a 0.4% de cobre según la mina o cuerpo que se analice.

Según algunos estudios, la mineralogía de la mina Marcona también incluye la presencia de otros minerales como la hematita, la goethita y la limonita. Estos minerales pueden tener implicaciones importantes para la exploración y explotación de recursos minerales en la zona, ya que pueden afectar la calidad y la cantidad de los minerales de mena.

Además, algunos estudios sugieren que la mineralogía de la mina Marcona puede estar influenciada por factores geológicos y tectónicos, como la presencia de cuerpos intrusivos de granodiorita y diorita. Estos cuerpos intrusivos pueden haber afectado la mineralización en la zona y pueden ser importantes para la exploración y explotación de recursos minerales en la zona.

En otras palabras, la mineralogía de la mina Marcona es un tema de gran interés para la exploración y explotación de recursos minerales en la zona. La mineralogía está compuesta principalmente por magnetita criptocristalina y masiva, con abundante pirita diseminada. También se encuentran minerales de cobre como la calcopirita y covelita, así como otros minerales de ganga. La presencia de otros minerales como la hematita, la goethita y la limonita, así como la influencia de factores geológicos y tectónicos, pueden tener implicaciones importantes para la exploración y explotación de recursos minerales en la zona.

3.2.7 Ley de mineral

La ley de mineral en la mina Marcona se refiere al contenido de hierro en el mineral extraído. La ley de cabeza, que es el mineral extraído de las minas en operación, tiene menos del 50% de hierro. Sin embargo, durante el proceso de minado, se genera material de baja ley que contiene

al menos un 30% de hierro. Este material se concentra mediante un separador magnético llamado planta Dry Cobbing, lo que eleva la ley hasta un 50% de hierro. De esta manera, se elimina el material no deseado y se concentra el mineral que se transporta a la planta de beneficio. En resumen, la ley de mineral en la mina Marcona se refiere al contenido de hierro y puede variar según el proceso de concentración utilizado.

3.2.7.1 Control de calidad

Los controles de calidad se ejecutan durante todo el proceso de la explotación, por ello desempeña un rol preponderante en la extracción del mineral en las disímiles minas y frentes de explotación. Esta actividad compone un nexo entre la operación y planta de beneficio, por ende, supone la certificación de que se esté llevando el debido proceso para garantizar la viabilidad económica del material explotado.

3.2.8 Análisis para la clasificación de los minerales

Debido a que los productos que se demandan para el procesamiento metalúrgico del hierro residen conexos primariamente al contenido de azufre, este como contaminante, se cumple con la subsiguiente clasificación. Es trascendental recalcar que para la codificación del mineral primario se debe recurrir al tratamiento que esta demanda en las plantas de beneficio es fundamentalmente en la molienda. En ese sentido, para el tratamiento de mineral, se tiene lo comprendido en la **tabla 4**.

Tabla 4. Resumen de tipo de mineral (Fuente: Elaboración Propia).

Tipo de mineral	Abrev.
Mineral Óxido	OX
Mineral Transicional	TO
Mineral de molienda gruesa	CG
Mineral de molienda fina normal	FG-N
Mineral de molienda fina refractario	FG-R

CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE LA TESIS

4.1 Elaboración del plan de minado.

Las canchas de donde se extraerá el óxido de alta ley mineral son: 160 OX AL y 110 OX AL, con el trabajo de maquinaria pesada tales como volquetes y excavadoras se estarán extrayendo dichas canchas para ser ubicadas en la cancha 262, tal como se observa en la **figura 10 y 11**.

Las condiciones de las vías de acarreo de los volquetes hacia Cancha 262 son aptas cuentan con señalización adecuada para turno día y noche.

Inclusive, existen tres (3) puntos de intersecciones con las vías de acarreo de camiones mineros, para lo cual se está contando con vigías y semáforos en dichas intersecciones.

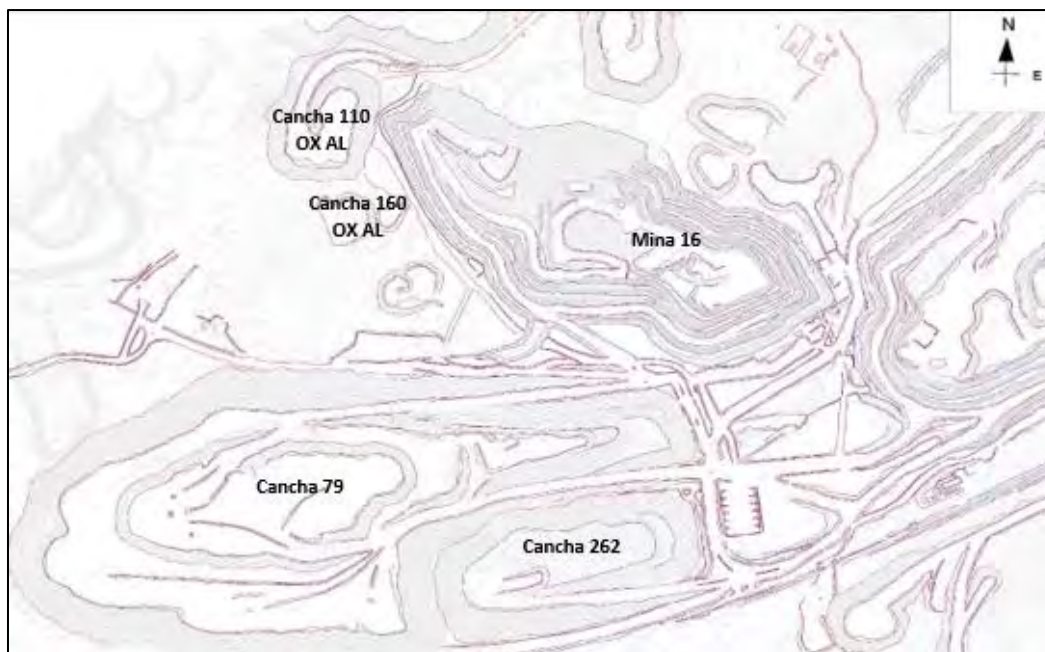


Figura 10. Mapa general de las zonas involucradas en la mina (Fuente: Elaboración Propia).

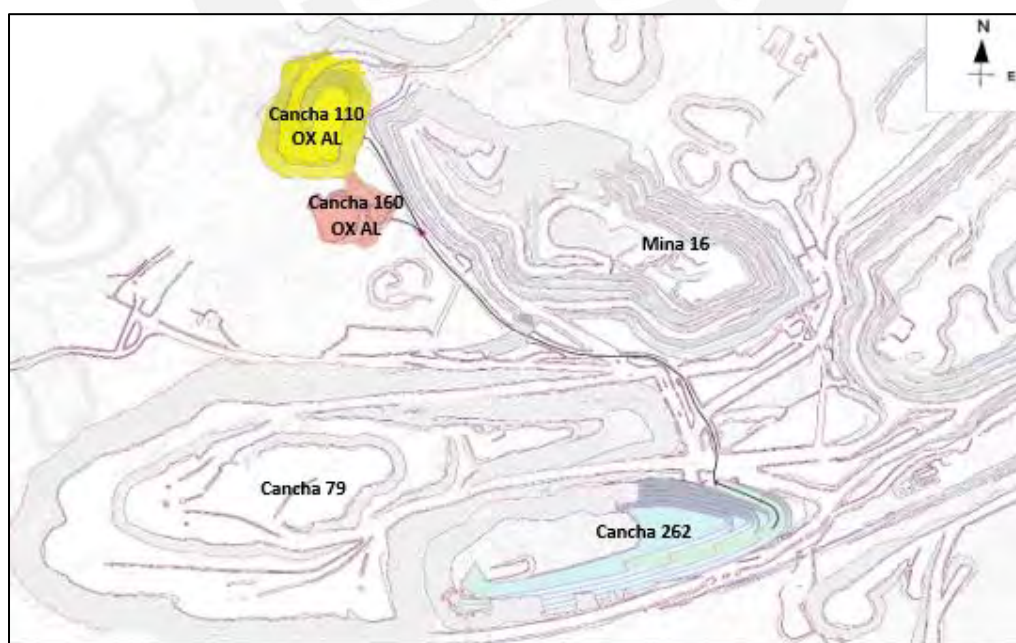


Figura 11. Áreas sombreadas en el proceso de extracción de óxido (Fuente: Elaboración Propia).

En ese sentido, el plan de extracción Canchas 160 y 110 está dividido por LIFTS, dichos LIFTS tienen un corte de 15 metros de altura. El detalle gráfico de las principales zonas de carguío se denota en la **figura 12**.

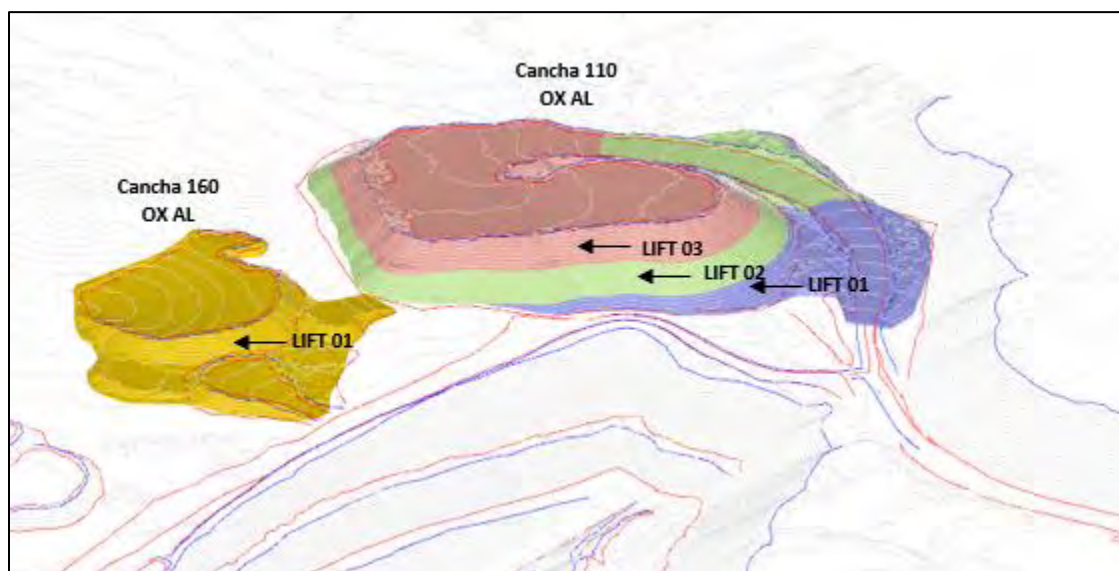


Figura 12. Zonas desde donde se extrae óxido: Cancha 110 y 160 (Fuente: Elaboración Propia).

Primero, la **tabla 5** indica el resumen de producción en general de las canchas mineralizadas. Mientras que las **tablas 6 y 7**, indica el resumen específico de producción por sección para la cancha 110 y 160, respectivamente.

Tabla 5. Resumen de las canchas mineralizadas (Fuente: Elaboración Propia).

CANCHA	MATERIAL	VOL. (m3)	DENS	TM	DIST (km)
CANCHA 110 (C-110)	ÓXIDO	1,888,325	3.05	5,759,390	2.234
CANCHA 160 (C-160)	ÓXIDO	273,672	3.05	834,700	2.216
Total		2,161,997	3.05	6,594,090	2.232

Tabla 6. Detalle de la Cancha-110 (Fuente: Elaboración Propia).

CANCHA	MATERIAL	VOL. (m3)	DENS	TM
C-110	LIFT 03	478,313	3.05	1,458,854
	LIFT 02	882,598	3.05	2,691,923

	LIFT 01	ÓXIDO	527,414	3.05	1,608,613
Total			1,888,325	3.05	5,759,390

Tabla 7. Detalle de la Cancha-160 (Fuente: Elaboración Propia).

CANCHA		MATERIAL	VOL. (m3)	DENS	TM
C-160	LIFT 03	ÓXIDO	273,672	3.05	834,700
Total			273,672	3.05	834,700

Por otro lado, la **tabla 8** indica el dimensionamiento de equipos para el proyecto por mes; mientras que, la **tabla 9** indica estimación de producción por equipo de carguío para el proyecto por mes.

Tabla 8. Dimensionamiento de equipos para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

Nº	Flota	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23
1	Exc-374	1	1	1	1	1	1	1	1
	Volq	6	6	6	6	6	6	6	6
2	Exc-374		1	1	1	1	1	1	1
	Volq		6	6	6	6	6	6	6
3	Exc-374				1	1	1	1	1
	Volq				6	6	6	6	6
Total	Exc-374	1	2	2	3	3	3	3	3
	Volq	6	12	12	18	18	18	18	18

Tabla 9. Estimación de producción por equipo de carguío para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

Nº	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	TOTAL
1º EXC	62,500	375,000	387,500	387,500	350,000	387,500	375,000	168,863	2,493,863
2º EXC		375,000	387,500	387,500	350,000	387,500	375,000	168,863	2,431,363
3º EXC				387,500	350,000	387,500	375,000	168,863	1,668,863
Total	62,500	750,000	775,000	1,162,500	1,050,000	1,162,500	1,125,000	506,590	6,594,090

4.1.1 Estudios en campo

4.1.1.1 Estudios en campo de carguío

Los estudios en campo de carguío son importantes para el plan de minado porque proporcionan información valiosa sobre el rendimiento del equipo de carguío y la eficiencia del proceso de extracción del mineral. Estos estudios permiten identificar cuellos de botella y áreas de mejora en el proceso de carguío, lo que puede ayudar a optimizar el plan de minado y mejorar la productividad de la operación. Además, los estudios en campo de carguío pueden proporcionar información sobre la densidad del material extraído, la capacidad de carga del equipo y la eficiencia del proceso de fragmentación, lo que puede ser útil para el diseño de la infraestructura de transporte y la selección del equipo adecuado. En otras palabras, los estudios en campo de carguío son una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la operación minera. Por ende, mientras en la **tabla 10**, se observa los datos establecidos por guardia; en la **tabla 11**, se dan las especificaciones y se calculan las capacidades por equipo.

Tabla 10. Datos establecidos para cada guardia para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

Datos establecidos para cada guardia (promedio)	
Número de guardias/día	2
Número de horas/guardia	8.6
Número de horas/día	17.1

Tabla 11. Especificaciones del equipo de carguío para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

Especificaciones del equipo de carguío	
Empresa:	UM Superficial A
Operación:	Marcona
Modelo de excavadora:	CAT 374 FL
Carga del camión/ciclo:	42.0 TM
Tamaño de cuchara:	3.5 m ³
Tiempo de ciclo por pase:	0.44 minutos
Material:	OXAL
Densidad:	3.05 TM/m ³
Factor de esponjamiento:	0.40
Densidad suelta en cuchara:	1.99 TM/m ³
Densidad suelta en tolva:	1.92 TM/m ³
Tonelada por pase:	6.71 TM
N° de pases:	6.0 pases

En la **tabla 12**, se obtienen los tiempos que implica el ciclo de trabajo de los trabajos, que, en promedio implica 15 minutos por viaje. Asimismo, en la **tabla 13**, se determina la producción de 15,693 TM por día.

Tabla 12. Ciclo de trabajo de los volquetes para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

Ciclo de trabajo de los volquetes				
Ítem	Descripción	Abrev.	Unidad	Cantidad
1	Tiempo de acomodo a la pala	TAP	minutos	1.33
2	Tiempo de carguío del camión	TCC	minutos	1.47
3	Tiempo de viaje cargado	TVC	minutos	6.49
4	Tiempo de acomodo en descarga	TAD	minutos	0.47
5	Tiempo de descarga	TDD	minutos	0.50
6	Tiempo de retorno (vacío)	TDR	minutos	3.41
7	Tiempo demora promedio del ciclo de acarreo	DPC	minutos	1.33
CTC	CTP+TAP+TCC+TDC+TAD+TDD+TDR+DPC		minutos	15.00

Tabla 13. Ritmo de extracción con excavadoras para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

Resumen de Producción por Excavadora	
Viajes/Hora	4.00
Ton/Viaje	38.16
N° Volquetes	6.00
Horas/día	17.14
TM/día	(4.00)(38.16)(6)(17.14)
TM/día	15,693

4.1.1.2 Estudios en campo de acarreo

Según la **tabla 14**, en la ruta de acarreo cargado con diferentes pendientes, la velocidad promedio fue de 14.1 km/h y la velocidad máxima fue de 25.1 km/h. Además, se proporciona información detallada sobre la duración del viaje, la marcha máxima, los parámetros de diseño y las pendientes estimadas. Cabe resaltar que, en la **figura 13**, se observa el trabajo de acarreo de un volquete cuando se encuentra en una pendiente positiva menor al 10%, tal como lo indica la legislación minera.

Tabla 14. Información de la flota de acarreo para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

Información de la Flota		
ESTUDIO	PENDIENTE	PLANO

Fecha de la Prueba	11 / 09 / 2022	11 / 09 / 2022
Hora de inicio de Prueba	9:42	16:13
Equipo de carguío	EXC-16A (4 m ³)	EXC-16A (4 m ³)
Equipos de Acarreo	8x4 (1 UND)	8x4 (1 UND)
Capacidad de Tolva / Carga Útil (dato Mantto)	23 m ³ (42TM)	23 m ³ (42TM)
Densidad de Desmonte (dato Planeamiento)	3.05 TM/m ³	3.05 TM/m ³
Duración de estudio	01:46:00 h	00:48:00 h
Litros de combustible (Tanque de combustible de 400 L)	82	40
Ratio consumo de combustible	60 Lt/Hr	49 Lt/Hr
Distancia	3.0 km	2.5 km
Pendiente (%)	7.9 %	1.8 %



Figura 13. Volquete transportando óxido en pendiente positiva (Fuente: Elaboración Propia).

En efecto, tal como se denota en la **tabla 15**, los estudios en campo de acarreo son importantes para el plan de minado porque proporcionan información valiosa sobre el rendimiento del equipo de transporte y la eficiencia del proceso de acarreo. Estos estudios permiten identificar cuellos de botella y áreas de mejora en el proceso de acarreo, lo que puede ayudar a optimizar el plan

de minado y mejorar la productividad de la operación. Además, los estudios en campo de acarreo pueden proporcionar información sobre la capacidad de carga del equipo, la densidad del material transportado y las pendientes de la ruta, lo que puede ser útil para el diseño de la infraestructura de transporte y la selección del equipo adecuado. En resumen, los estudios en campo de acarreo son una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la operación minera.

Tabla 15. Desempeño de volquete por ruta (Fuente: Elaboración Propia).

	Rp_Mina 14	Rp_Lesly	Rp_Ovalo	Rp_14 Sur
	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
Desempeño del equipo:				
Duración (min)	2.3	2.2	0.8	3.7
Veloc. Prom. (km/h)	14.1	18.2	14.6	25.4
Veloc. Máx. (km/h)	20	20	20	40
Marcha Máx.	7	7	7	8
RPM Promedio	1500	1500	1600	1500
Parámetros de diseño:				
Distancia (m)	549.9	703.5	185.2	1564.8
Pendiente (%)	8.8%	10.3%	9.0%	6.4%

4.2 Ejecución del plan de minado

4.2.1 Elaboración de procedimientos y estándares

Para la elaboración de procedimientos y estándares, existen tres cruces donde confluyen camiones mineros de gran dimensión (carga nominal de 150 toneladas) y volquetes, tal como se observa en la **figura 14**. Asimismo, en la **tabla 16**, se delimita los involucrados e insumos que se requieren para ejecutar el plan de minado estimado.

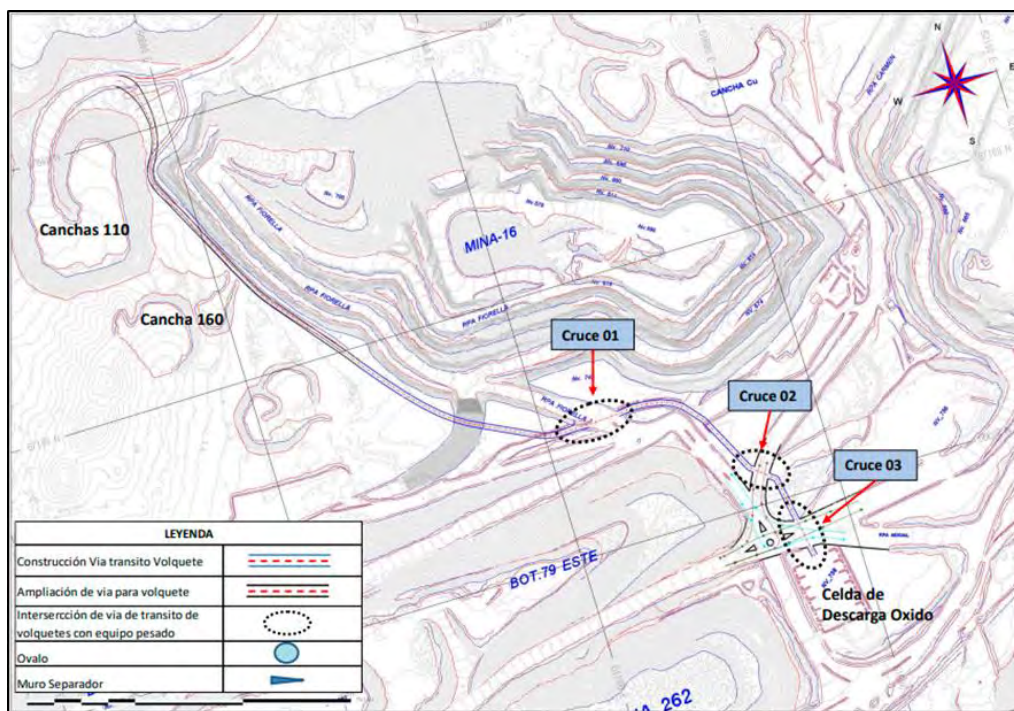


Figura 14. Cruces con las vías de acarreo de equipos pesados (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 16. Principales involucrados del PETS (Fuente: Elaboración Propia).

1	PERSONAL	2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	3	EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES
	Jefe de Guardia (O1).		Casco de seguridad.		Volquete.
	Técnico supervisor de Operaciones (O2).		Lentes de seguridad.		Tractor.
	Supervisor de Servicios Mina (O3).		Respiradores con filtro para polvo.		Radio de comunicación.
	Operador de Excavadora.		Zapato de seguridad.		Tacos de volquete.
	Operador de Volquete.		Chaleco con cinta reflectiva.		Conos de seguridad.
			Protección auditiva.		Luminarias.
			Protección respiratoria.		Excavadoras.
			Guantes de seguridad.		
			Protector solar.		
			Mascarilla KN 95.		
			Ropa térmica con cinta reflectiva para el turno noche.		

4.2.1.1 Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS): acarreo de material con volquetes

Para el acarreo de óxido se generó el PET que contiene los siguientes lineamientos:

Previo al inicio de los trabajos, el jefe de Guardia (O1) lidera la instrucción diaria de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente; asegurando el distanciamiento físico de 1.5 m de persona a persona.

El trabajador deberá cumplir lo establecido en el Plan para la vigilancia, prevención y control del COVID 19 en el trabajo antes de realizar las actividades.

El operador del equipo realizará la inspección diaria, antes de operar deberá encontrarse en un lugar seguro, alejado del talud y no afecto a deslizamientos de roca del talud; inspección externa de componentes y la inspección interna dentro de la cabina del operador, debe verificar que el área esté libre de personal ajeno a las operaciones (personal de mantenimiento, topografía, entre otras).

El Operador es el responsable de inspeccionar su equipo, llenara el formato de pre-uso "Check List", verificando que el equipo se encuentre en perfectas condiciones mecánicas para su operación.

El operador y supervisor en el área de trabajo verifican los peligros, riesgos y controles detectados en el IPERC continuo realizado con la participación de todos los involucrados en la actividad, brinda el orden de trabajo y las condiciones necesarias para el inicio de las labores.

Si la actividad realizada se combina con un trabajo específico no rutinario, el trabajador en conjunto con el Supervisor elabora el ATS.

El Operador de Volquete inspeccionará el equipo visualmente para el llenado de Pre uso verificando componentes del equipo, accesorios, posibles elementos que requieran cambios o verificación oportuna por parte de mantenimiento. El Volquete debe estar con tacos de seguridad.

No mover el Volquete si se presenta una anomalía crítica en:

- Sistema mecánico de la dirección.
- Sistema de frenos.
- Problemas con las llantas (corte, desprendimiento, olor a caucho, etc.)
- Fugas de fluidos importantes.
- Daños en la estructura

Si se presenta una o más de estas anomalías inmediatamente llamar a la supervisión de operaciones, quien pedirá al personal de mantenimiento de equipos para su evaluación del equipo.

El Operador de Volquete verificará que personal de otras áreas: mantenimiento, supervisión, otros operadores, vehículos livianos, etc. estén fuera del área de influencia de la vía del Volquete. No dar marcha hasta asegurarse que el área este completamente despejado.

En toda actividad o movimiento del volquete que realice el Operador, deberá advertir sus intenciones de movimiento mediante toques de claxon, considere:

- Para encender el camión (01 toque el claxon).
- Para Avanzar (02 toques el claxon).
- Para Retroceder (03 toques el claxon).
- Emergencia (Toque largo).

En el punto de carguío, cuando el Operador de Volquete este esperando ser cargado por la Excavadora o Cargador Frontal, el operador debe estar completamente concentrado observando a sus alrededores. Ante cualquier ocurrencia, inmediatamente comunicar a la supervisión de operaciones.

En momentos que el Volquete se haya posicionado para el carguío éste debe estar con:

- Freno de parqueo activado
- Luz de emergencia encendido.
- Faros de trabajo (frontal) apagados

En el Punto de Carguío considerar los siguientes toques de claxon de la Excavadora y Cargador frontal:

- Un toque: para hacer detener el Volquete en el lugar requerido.
- Dos toques: Para que salga el Volquete y vuelva a retroceder, esto es cuando está mal posicionado
- Toque Largo: Para que salga el Volquete porque ha sido cargado. También se puede considerar a este toque cuando el Operador de excavadora ha detectado alguna condición de emergencia. Sea cual fuera el caso el Volquete tiene que salir de la zona de carguío.

En caso de derrumbe de talud el operador de la excavadora avisará con un toque largo del claxon, para lo cual deberá salir el volquete inmediatamente del punto de carguío.

Para el caso de Turno Noche, el Operador del equipo, en compañía de la supervisión de operaciones, verificará las condiciones de iluminación en el área de trabajo, de encontrarse alguna observación como deslumbramiento, iluminación deficiente, o mala ubicación de la luminaria, se deberá de corregir inmediata mente.

Finalizado el carguío el operador de Volquete deberá:

- Prestar atención a la presencia de personas, equipos y al cable eléctrico de la pala o perforadora que pueda estar en el piso.
- Verificar que no haya presencia de rocas en el piso que puedan dañar las llantas.
- Salir siempre en dirección recta.

Respetar la señalización informativa y reguladora existente en la mina.

El operador de volquete deberá hacer uso del semáforo el cual estará ubicado en los cruces donde haya tránsito de camiones.

Donde no exista regulaciones de tráfico, considerar las siguientes preferencias de paso.

- El camión minero (CAT 785 C/D) tiene preferencia sobre el Volquete
- En las intersecciones de las vías el Volquete de la izquierda (con menor visibilidad) tiene preferencia.
- El camión minero (CAT 785 C/D) cargado tiene preferencia sobre el Volquete vacío.

Disminuir la velocidad al ingresar a una pendiente, curva intersección de vías, a la zona de carguío o la zona de descarga.

- Velocidad máxima en pendiente cuesta abajo o arriba vacío 50 km/h a 55 km/h.
- Velocidad máxima en pendiente cuesta abajo o arriba cargado 15 km/h a 20 km/h.
- Velocidad máxima en curvas de 10 km/h a 15 km/h.
- Velocidad máxima cuando se aproxime a una intersección 5 km/h a 10 km/h.

Seleccionar los cambios y velocidades adecuados de acuerdo con las condiciones de ruta para hacer caer material en las vías.

Comunicar vía radial al tractor de ruedas, motoniveladora o cargador frontal la presencia de rocas en la vía, botaderos y pisos de carguío.

Mantener una distancia mínima de 25m de Volquete a Volquete cuando se está en tránsito por la vía de acarreo (Haul Road). Sea cargado o vacío.

Mantener una distancia mínima de 50 m de volquete a camión CAT 785C cuando está en el Haul Road, sea de bajada o de subida.

Para que un equipo liviano adelante a un Volquete deberá solicitarlo vía radial, el operador de volquete confirmará si es posible el adelantamiento respondiendo vía radial. En caso de adelantar al Volquete hágalo a una distancia de 4m con respecto al lateral del equipo, continuar y hacer el cambio de carril sólo cuando haya pasado 30m delante del volquete.

Mantener una distancia mínima de 1.0 metro con respecto al muro de seguridad para no pisar rocas que dañen los neumáticos.

Si observa la presencia de obstáculos en la vía, reportar a la supervisión de operaciones o al equipo auxiliar, de no haber condiciones de pase, deténgase hasta que llegue el equipo de limpieza para limpiar la vía. No exponga los neumáticos a cortes.

En caso el volquete quede en la vía de acarreo por presencia de obstáculos en la vía, el operador deberá reportar vía radial su ubicación la supervisión de operaciones. El supervisor debe ir en su ayuda para ubicarlo en un lugar seguro y dar aviso vía radial a todos los usuarios que hacen uso de la ruta de la condición. El O1 será responsable de señalizar con conos de seguridad para advertir de la condición del Volquete.

En el caso de que un Volquete se quede inoperativo en la ruta de acarreo, la supervisión de operaciones debe ir en su ayuda para ubicarlo en un lugar seguro y dar aviso vía radial a todos los usuarios que hacen uso de la ruta de la condición. El O1 será responsable de señalizar con conos de seguridad para advertir de la condición del Volquete.

En caso de neblina en el área de operaciones, si la visibilidad en la zona de trabajo fuera menor a 30 metros se comunicará al O1 para que evalúe y coloque medidas de control necesaria. La supervisión de operaciones será el responsable de evaluar la situación de falta de visibilidad de las vías, zona de descargas y el tajo en general. La supervisión de operaciones debe asegurar los controles para mantener la operación segura. En caso se determine, los equipos deben colocarse a buen recaudo y comunicar su ubicación al O1.

Todo equipo auxiliar que realice trabajos en la vía e interfiera la vía de forma parcial o total tiene prioridad sobre los equipos de acarreo o vehículos livianos que transiten en la vía, estos deben

mantenerse a la espera de la autorización del paso o solicitar autorización al equipo auxiliar o vigía (si fuera el caso), mediante comunicación radial.

Todo operador deberá dejar limpia y ordenada su zona de trabajo al culminar sus actividades.

Al finalizar las actividades todos los residuos sólidos generados deben ser segregados y dispuestos correctamente de acuerdo con el código de colores de contenedores para residuos; los residuos de mascarillas KN95 serán entregados al almacén y su disposición es en el contenedor color rojo (contaminado).

Las actividades donde se realice la manipulación de materiales peligrosos deberán contar con hojas MSDS, etiqueta del rombo NFPA y durante el almacenamiento y uso se debe contar con las bandejas antiderrames (siempre y cuando no haya suelo impermeabilizado), además de contar con kit antiderrames en un lugar cercano.

En este proceso, se incluye las siguientes restricciones, en la zona de carguío:

- Nunca espere en posición de retroceso si el equipo de auxiliar está limpiando el piso de la excavadora, espere frontalmente.
- Cuando el Volquete se encuentre en espera frente a la Excavadora, por ningún motivo deberá de retroceder.
- Queda terminantemente prohibido cuadrarse si no se logra ver las referencias de la Excavadora.
- No cuadrar el Volquete si hay presencia de rocas en el punto de carguío.
- No ingresar a cargar cerca al pie del talud parado o inestable.

Está prohibido adelantarse entre Volquetes. Sólo se podrá hacer si el volquete de adelante tenga algún desperfecto en su sistema de funcionamiento, si éste es el caso se debe tener comunicación vía radial entre Volquetes.

En las vías de acarreo está prohibido retroceder y dar vuelta en "U". Avance hasta encontrar un lugar seguro y amplio para voltear, el giro siempre hacerlo por el lado izquierdo (lado visible), en ambos casos reportar a la operación y el supervisor, si hubiere necesidad de hacer estas maniobras esperar a que te guíe o dirija el supervisor.

Los operadores no pueden hacer uso del celular mientras está operando el equipo.

4.2.1.2 Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS): carguío de material con excavadoras

Por otro lado, para el carguío de óxido con excavadora se generó el PET que contiene los siguientes lineamientos:

- Previo al inicio de los trabajos, el Jefe de Guardia (O1) lidera la instrucción diaria de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente; asegurando el distanciamiento físico de 1.5 m de persona a persona.
- El trabajador deberá cumplir lo establecido en el Plan para la vigilancia, prevención y control del COVID 19 en el trabajo antes de realizar las actividades.
- El operador de equipo realizará la inspección diaria, antes de operar deberá encontrarse en un lugar seguro, alejado del talud y no afecto a deslizamientos de roca del talud, el equipo ; inspección externa de componentes y la inspección interna dentro de la cabina del operador, debe verificar que el área esté libre de personal ajeno a las operaciones (personal de mantenimiento, topografía ,entre otras), el operador debe verificar la presencia de equipos dentro de la zona de carguío, luego realiza el IPERC continuo.
- El Operador es el responsable de inspeccionar su equipo, llenara el formato de pre- uso "Check List", verificando que el equipo se encuentre en perfectas condiciones mecánicas para su operación.
- Si la actividad realizada se combina con un trabajo específico (no rutinario), el trabajador en conjunto al O1 elaborará el ATS (Análisis de Trabajo Seguro).
- El operador y supervisor en el área de trabajo verifican los peligros, riesgos y controles detectados en el IPERC continuo realizado con la participación de todos los involucrados en la actividad, brinda el orden de trabajo y las condiciones necesarias para el inicio de las labores.
- Antes del arranque de la excavadora el operador deberá asegurarse que personal de otras áreas como: mantenimiento, topografía, supervisión o cualquier equipo móvil estén fuera del área de influencia de la zona de carguío de la excavadora, deben estar a una distancia mayor a 70m (>70m).

Preparación del frente de carguío y ubicación del equipo:

- Inicie construyendo su plataforma de carguío considerando una altura y ancho de acuerdo con el tamaño del equipo y sobre un material resistente al peso de la máquina.

- Al momento de ascender a la plataforma extienda el brazo y apoye la cuchara sobre el material jalando ligeramente para facilitar el desplazamiento de las orugas.
- Después de construida la plataforma, la posición de las orugas deben estar siempre paralelas al talud del frente de trabajo.
- Al pie de talud de la plataforma de carguío construya una zanja de contención de material, para acumular posibles caídas de rocas.
- Cuando el piso sea inestable excave por debajo del nivel del piso, para quitar el material inestable y poder remplazarlo con material de lastre.

Mientras que, el carguío por el lado izquierdo:

- El operador de excavadora debe iniciar el proceso de carguío por este lado de preferencia, lado visible para el operador de excavadora y volquete.
- Para un eficiente llenado del cucharón, el brazo de la excavadora debe formar un ángulo de 45° con la vertical y las uñas de la cuchara deberán estar alineadas con el lado interno del brazo y realice tres movimientos simultáneos: levante el boom, retraiga el brazo hasta la posición vertical y cierre la cuchara, aplicando la presión adecuada de acuerdo con el material minado.
- Presente el cucharón lleno para el cuadrado del volquete. Elevar el boom con el brazo perpendicular, teniendo en cuenta la altura del volquete. Gire la estructura superior hasta formar un ángulo de 45° con las orugas (la posición del cucharón NUNCA excederá los 90° respecto a las orugas)
- Si el volquete no está bien cuadrado, comunique al operador, mediante un toque largo del claxon o vía radial, para que se vuelva a cuadrar.
- Cargue los volquetes ingresando el cucharón por la parte posterior de la tolva (cola del volquete), siempre paralelo al largo de la tolva.
- En caso de tener bolonería, el operador deberá seleccionar el material y dejarlo en una zona segura mas no cargarlo al volquete.
- En los siguientes pases distribuya el material a lo largo de la tolva del volquete iniciando de la parte cercana a la visera. Finalmente verifique que el material quede centrado en la tolva.
- Llene la tolva del volquete cuantos pases sean necesarios y que quede la carga centrada. La distribución de carga debe ser uniforme en toda la tolva.

Por otro lado, el carguío por el lado derecho:

- El carguío por el lado derecho deberá realizarse en frentes que no presenten bolonería por que la cabina del operador queda expuesta a posibles desplazamientos de rocas.
- Para un eficiente llenado del cucharón, el brazo de la excavadora debe formar un ángulo de 45° con la vertical y las uñas de la cuchara deberán estar alineadas con el lado interno del brazo y realice tres movimientos simultáneos: levante el boom, retraiga el brazo hasta la posición vertical y cierre la cuchara, aplicando la presión adecuada de acuerdo con el material minado.
- Presente el cucharón lleno para el cuadrado del volquete. Elevar el boom con el brazo perpendicular, teniendo en cuenta la altura del volquete. Gire la estructura superior hasta formar un ángulo de 45° con las orugas (la posición del cucharón no excederá, por ningún motivo, los 90° respecto a las orugas)
- Si el volquete no está bien cuadrado, comunique al operador, mediante un toque largo del claxon o vía radial, para que se vuelva a cuadrar.
- Cargue los volquetes ingresando el cucharón por la parte posterior de la tolva (cola del volquete), siempre paralelo al largo de la tolva.
- En los siguientes pases distribuya el material a lo largo de la tolva del volquete iniciando de la parte cercana a la visera. Finalmente verifique que el material quede centrado en la tolva.
- Llene la tolva del volquete cuantos pases sean necesarios y que quede la carga centrada. La distribución de carga debe ser uniforme en toda la tolva.

Además, centrar las cargas en los Volquetes, cuando:

- Si el Volquete no está bien cuadrado, comunique al Operador del Volquete, mediante un toque largo del claxon o vía radial, para garantizar un buen centrado del material.
- Cargue los Volquetes ingresando el cucharón por la parte posterior de la tolva (cola del Volquetes), siempre paralelo al largo de la tolva.
- En caso de tener bolonería, el operador deberá seleccionar el material y dejarlo en una zona segura mas no cargarlo al volquete.
- En los siguientes pases distribuya el material a lo largo de la tolva del Volquete iniciando de la parte cercana a la visera. Finalmente verifique que el material quede centrado en la tolva.
- Descargue todas las pasadas para el llenado del Volquete de forma suave, teniendo en cuenta que el cucharón no debe estar demasiado alto en relación con el material dentro de la tolva.

En el turno noche, el operador de excavadora verificará que la zona de carguío se encuentre iluminada. Si no fuese el caso, reportará inmediatamente a la supervisión de operaciones para la colocación de una luminaria en el frente de carguío.

En caso de parada de la excavadora, por alguna falla mecánica/eléctrica, el operador de excavadora comunicará a la supervisión de operaciones mina el motivo de parada y comunicará las fallas del equipo. En lo posible la excavadora debe salir del frente de carguío, para evitar alguna caída o deslizamiento de roca, colocar el balde en el piso, bloquear el sistema hidráulico y esperar la llegada del área de soporte. Al momento que el operador reciba el equipo operativo volverá a inspeccionar su equipo asegurándose que se encuentre en perfectas condiciones para continuar la operación.

En condiciones de neblina y/o excesiva polución, se deberá tomar los siguientes controles:

- Comunicar a la supervisión de operaciones para que evalúe la condición.
- Comunicación efectiva con los operadores de volquete y de equipo auxiliar.
- Detener las actividades si existe excesiva neblina y/o polución y reportar a la supervisión de operaciones.
- Mantener las luces encendidas.
- Al ingresar el volquete a la zona de carguío se estacionará en retroceso, a una distancia equivalente a la longitud del volquete.
- Retrocederá en línea recta, el retroceso final en la zona de carguío debe ser en línea recta y se realizara cuando la excavadora presente el cucharón.
- El operador al momento de retroceder lentamente el volquete deberá tocar 3 veces el claxon y detener el volquete cuando el operador de excavadora le da el aviso de parada con el toque de claxon.
- Al finalizar las actividades todos los residuos sólidos generados deben ser segregados y dispuestos correctamente de acuerdo con el código de colores de contenedores para residuos; los residuos de mascarillas KN95 serán entregados al almacén y su disposición es en el contenedor color rojo (contaminado).
- Las actividades donde se realice la manipulación de materiales peligrosos deberán contar con hojas MSDS, etiqueta del rombo NFPA y durante el almacenamiento y uso se debe contar con las bandejas antiderrames (siempre y cuando no haya suelo impermeabilizado), además de contar con kit antiderrames en un lugar cercano.

En este proceso, se incluye las siguientes restricciones:

- La excavadora utilizada para el carguío de material sólo debe ser operada por personal designado por el O1 y autorizado por el Área de Capacitación y Entrenamiento.
- Detener el carguío si las condiciones de estabilidad del talud no son seguras para evitar la exposición de personal y equipo a posibles deslizamientos de rocas.
- Los operadores no pueden hacer uso del celular mientras está operando el equipo.
- Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS): descarga de material con volquetes
- Por otro lado, para la descarga de óxido con volquetes se generó el PETS que contiene los siguientes lineamientos:
 - Previo al inicio de los trabajos, el Jefe de Guardia (O1) lidera la instrucción diaria de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente; asegurando el distanciamiento físico de 1.5 m de persona a persona.
 - El trabajador deberá cumplir lo establecido en el Plan para la vigilancia, prevención y control de COVID 19 en el trabajo antes de realizar las actividades.
 - El operador de equipo realizará la inspección diaria, antes de operar deberá encontrarse en un lugar seguro, alejado del talud y no afecto a deslizamientos de roca del talud; inspección externa de componentes y la inspección interna dentro de la cabina del operador, debe verificar que este libre ajena a las operaciones (mantenimiento, topografía, entre otras), el operador debe verificar la presencia de equipos dentro de la zona de carguío.
 - El operador y supervisor en el área de trabajo verifican los peligros, riesgos y controles detectados en el IPERC continuo realizado con la participación de todos los involucrados en la actividad, brinda el orden de trabajo y las condiciones necesarias para el inicio de las labores.
 - Si la actividad realizada se combina con un trabajo específico no rutinario, el trabajador en conjunto con el Supervisor elabora el ATS.
 - Cuando ingrese al botadero las descargas se realizarán en la plataforma del botadero, se señalizará el área de descarga con cilindros reflectivos para tener referencia de ello.
 - La secuencia de descarga debe ser de derecha a izquierda. Así como regular la velocidad cuando se ingresa al punto de descarga a 10 Km/hora.
 - El camión volquete debe ingresar al área de operación de descarga en sentido horario.

- En caso de encontrar cualquier condición subestándar como: rajaduras, muros de seguridad bajo, no descargue, comunique tanto al operador de tractor, a la supervisión de operaciones y coordine un nuevo punto de descarga.
- Verificar que el botadero cumpla con los estándares establecidos.
- Altura del muro de seguridad debe ser de 2 metros.
- El piso debe ser horizontal con pendiente positiva de 2 a 3% hacia el muro de seguridad, sin rajaduras ni ojos.
- Verificar que el acceso a la descarga este completamente libre y sin obstáculos.
- Verificar que el operador del camión volquete cumpla con el reglamento establecido.
- Si hubiese equipos auxiliares trabajando en la zona, se mantendrá en todo momento a una distancia mínima de 25 metros y manteniendo un contacto visual con el Operador del Equipo.
- Para completar la descarga, el volquete avanzara como máximo 3 metros con la tolva levantada.
- Posteriormente bajara completamente la tolva.
- El operador de volquete emprenderá la marcha siguiendo el sentido horario hasta salir de la zona de descarga.
- Posteriormente bajara completamente la tolva, tocaran 02 veces el claxon y emprenderá la marcha siguiendo el sentido horario hasta salir de la zona de descarga.
- De no abrir la compuerta de la tolva del volquete, se debe bajarla y ubicar el volquete en lugar seguro, luego comunicar a la supervisión correspondiente, para dar solución al caso con el apoyo de personal mecánico.
- Mantener los equipos de empuje a 25m. Si e área de descarga es reducida deben retirarse y ubicarse en una zona segura, sobre parar y posicionar los elementos sobre el piso del terreno.
- El material descargado deberá empujarse con tractor de orugas, el Operador del equipo de empuje avanzará uniformemente en toda la extensión de la zona de descarga empujando perpendicularmente al muro de descarga, nunca paralela a él.
- En el botadero, si hubiera dos o más volquetes en posición de descarga se debe tener una separación de volquete a volquete de 4m de ancho.
- Descargue solo en áreas activas, los límites de descarga serán delimitadas con cilindros o estacas en los extremos.
- Mantenga en todo momento contacto visual y comunicación efectiva con el operador de equipo de descarga antes de iniciar el retroceso.

- Si la descarga se realiza de noche, la supervisión de operaciones debe asegurarse que dicho botadero exista luminaria para asegurar la visibilidad en la zona de descarga.
- En el ingreso al botadero si hubiese un ovalo, debidamente señalado, éste será la referencia para poder hacer el cambio de sentido de los volquetes (ingreso por la izquierda). Al salir del botadero el mismo ovalo será de referencia para retomar el sentido de tránsito (por la derecha), se estaría formando una referencia de "8". Este paso se debe respetar incluso para equipos auxiliares y móviles que circulan por ahí.
- Todo operador deberá dejar limpia y ordenada su zona de trabajo al culminar sus actividades.
- Al finalizar las actividades todos los residuos sólidos generados deben ser segregados y dispuestos correctamente de acuerdo con el código de colores de contenedores para residuos; los residuos de mascarillas KN95 serán entregados al almacén y su disposición es en el contenedor color rojo (contaminado).
- Las actividades donde se realice la manipulación de materiales peligrosos deberán contar con hojas MSDS, etiqueta del rombo NFPA y durante el almacenamiento y uso se debe contar con las bandejas antiderrames (siempre y cuando no haya suelo impermeabilizado), además de contar con kit antiderrames en un lugar cercano.

En este proceso, se incluye las siguientes restricciones:

- El Volquete no debe ser puesto en operación si presentara defectos en sus sistemas principales de funcionamiento (frenos y dirección).
- Nunca debe descargarse si no haya visibilidad adecuada.
- En condiciones de neblina densa si no se tiene una visibilidad mayor a 30 metros de detendrá las actividades de acarreo de material con volquete.
- Los operadores no pueden hacer uso del celular mientras está operando el equipo.

4.2.2 Controles operativos

De acuerdo con la jerarquía de puestos se la mina superficial A, se determinó por conveniente encargar la flota de carguío y acarreo de volquetes al supervisor de operaciones auxiliares (O3), quien se encargó de administrar recursos (operadores y equipos de carguío, acarreo y auxiliares).

Cabe resaltar que, el área de productividad - dispatch cumplió un rol fundamental de en el soporte íntegro a la operación con la creación de grupos de redes sociales, donde permanentemente se comunicaban la performance de cada guardia por turno, día y semana; así como, los supervisores podían coordinar de manera inmediata decisiones operativas del día a día con la finalidad de incrementar rendimientos y la productividad como tal de la operación. En ese sentido, se adjunta la **figura 15**, en donde se puede observar el tipo de reportes que se emitían al finalizar cada guardia, teniendo en cuenta que el turno día empezaba a las 7:00 y terminaba a las 19:00; por su parte, el turno noche empezaba al finalizar, y culminaba al iniciar, el turno día.



Figura 15. Reporte diario de inicios de carguío (Fuente: Elaboración Propia).

Mientras que, en la **tabla 17 y 18**, se evidencia el reporte de producción y el rendimiento bruto que se obtenía por turno y, por ende, se lograba un mayor control por operador del camión volquete y jefe de guardia.

Tabla 17. Reporte de producción, viajes realizados y distancia (Fuente: Elaboración Propia).

VOLQUETE	CAF-07A			EXC-20A			EXC-25A			Total Viajes	Total Payload, t (sum.)	Total Distancia (km)
	Viajes	Payload, t (sum.)	Distancia (km)	Viajes	Payload, t (sum.)	Distancia (km)	Viajes	Payload, t (sum.)	Distancia (km)			
VOL-02A	2	74	2.3				40	1,480	2.2	42	1,554	2.25
VOL-03A	4	148	2.3	3	111	2.3	32	1,184	2.2	39	1,443	2.27
VOL-04A	25	725	2.3	14	406	2.3				39	1,131	2.30
VOL-05A	28	1,036	2.3	17	629	2.3				45	1,665	2.30
VOL-07A	31	1,147	2.3	12	444	2.3				43	1,591	2.30
VOL-09A	4	148	2.3	28	1,036	2.3	7	259	2.2	39	1,443	2.27
VOL-10A	1	37	2.3	1	37	2.3	39	1,443	2.2	41	1,517	2.27
VOL-12A	14	518	2.3	20	740	2.3				34	1,258	2.30
VOL-13A							19	532	2.2	19	532	2.20
VOL-16A	22	616	2.3	18	504	2.3				40	1,120	2.30
VOL-17A	15	420	2.3	25	700	2.3				40	1,120	2.30
VOL-18A				38	1,064	2.3				38	1,064	2.30
VOL-22A				1	28	2.3	16	448	2.2	17	476	2.25
VOL-24A				20	560	2.3	22	616	2.2	42	1,176	2.25
VOL-25A	34	952	2.3	1	28	2.3				35	980	2.30
VOL-27A	1	28	2.3				42	1,176	2.2	43	1,204	2.25
VOL-28A	3	84	2.3				37	1,036	2.2	40	1,120	2.25
Total general	184	5,933	2.3	198	6,287	2.3	254	8,174	2.2	636	20,394	2.27

Tabla 18. Reporte de rendimiento bruto de acarreo por turno (Fuente: Elaboración Propia).

TE	Payload, t (sum.)	HM	R. Bruto (TM/HM)
VOL-02A	1,554	10.0	155
VOL-03A	1,443	10.0	144
VOL-04A	1,131	10.0	113
VOL-05A	1,665	11.0	151
VOL-07A	1,591	10.0	159
VOL-09A	1,443	10.0	144
VOL-10A	1,517	10.0	152
VOL-12A	1,258	8.0	157
VOL-13A	532	7.3	73
VOL-16A	1,120	11.0	102
VOL-17A	1,120	10.0	112
VOL-18A	1,064	10.0	106
VOL-22A	476	5.2	92
VOL-24A	1,176	10.0	118
VOL-25A	980	9.0	109
VOL-27A	1,204	10.0	120
VOL-28A	1,120	10.0	112
Total general	20,394	161.5	126

En efecto, se generaron reportes para que los supervisores por guardia reconozcan su performance, principalmente en cuestiones de producción por turno y rendimiento bruto por cada turno día o noche.

4.3 Control de la ejecución del plan de minado

4.3.1 Productividad: indicadores y rendimientos

La presente tesis tiene como objetivo final determinar los principales indicadores para controlar la ejecución de un plan de minado con volquetes. En ese sentido, en la **figura 16**, se puede observar el cumplimiento de tonelaje movido respecto a lo planeado (en toneladas métricas) durante los ocho (8) meses que duró la ejecución del plan de minado en cuestión.

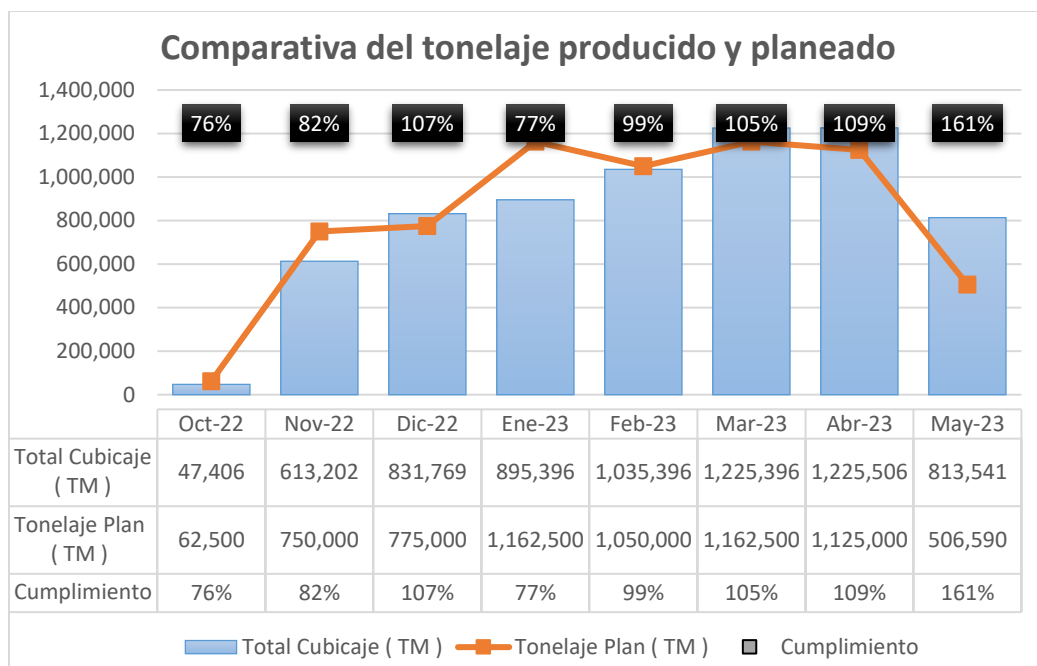


Figura 16. Comparativa del tonelaje producido y planeado (Fuente: Elaboración Propia).

Sin embargo, como no todos los volquetes involucrados dentro del plan de minado tuvieron la misma capacidad de carga, el número de viajes será nuestro principal dato de entrada para hallar la productividad de la flota de acarreo como tal. Cabe resaltar que en la **figura 17**, se puede observar la comparativa de carga (payload que llevó cada volquete) por viaje en promedio. En efecto, en el gráfico se puede observar cómo desde el mes de diciembre, hay mayor incidencia de volquetes con menor capacidad de carga disminuyendo es un promedio de cuatro (4) toneladas métricas el pelo normal que cargaban las flotas de acarreo.

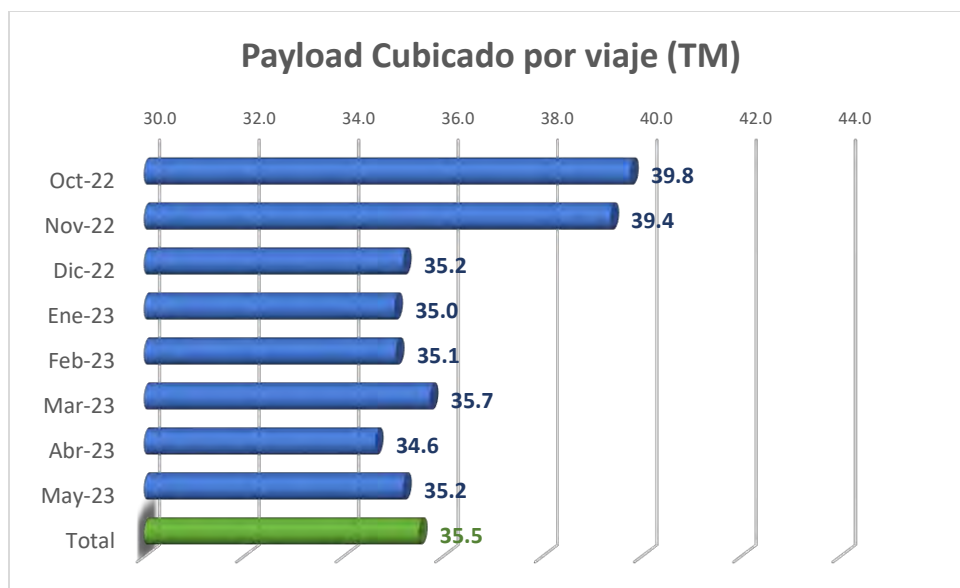


Figura 17. Comparativa del payload (TM) por mes (Fuente: Elaboración Propia).

Así mismo, el mes que se tuvo mayor cantidad de viajes de volquetes fue el de abril (representando el 19% del total de viajes realizados en el proyecto), seguido de marzo, febrero y enero de 2023; tal como se puede observar en la **figura 18**. Cabe resaltar que la definición para el término “viaje” es la acción que el volquete realiza entre el carguío y la descarga del material en el botadero designado de óxidos.

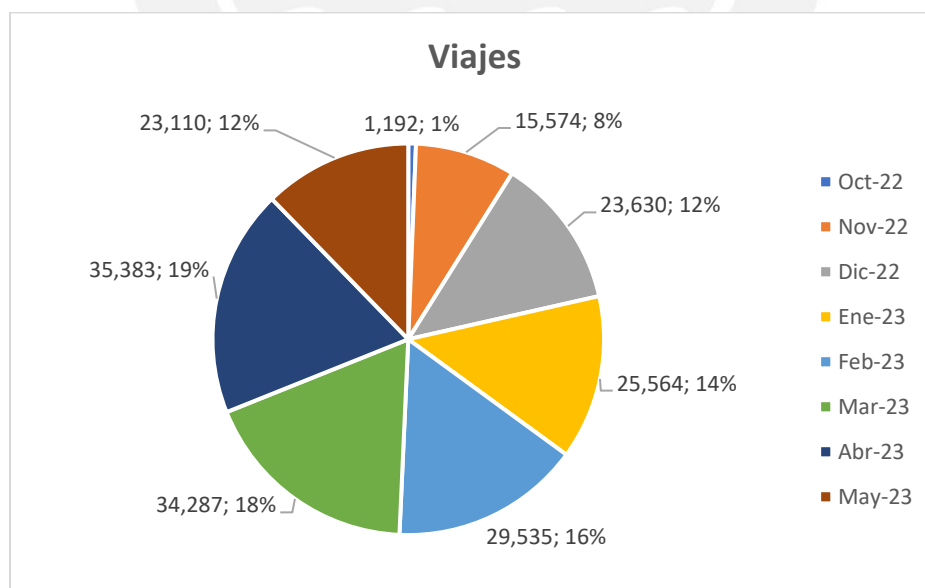


Figura 18. Número de viajes realizados por mes (Fuente: Elaboración Propia).

En lo que se refiere a indicadores de productividad se tomaron en cuenta a la disponibilidad de utilización y eficacia (formando la eficiencia); los rendimientos brutos de carguío y acarreo; y otros distintos KPI's que indicarán la performance de la flota de volquetes por mes del proyecto.

En ese sentido, en la **figura 19**, se puede observar un resumen de rendimiento bruto de carguío y acarreo mes por mes para el proyecto en cuestión. Del gráfico se puede afirmar que los mejores rendimientos de carguío se dieron en el mes de febrero, marzo y enero en 2023; mientras que, para el caso de acarreo, los mejores rendimientos se dieron en mayo, abril y febrero del 2023.

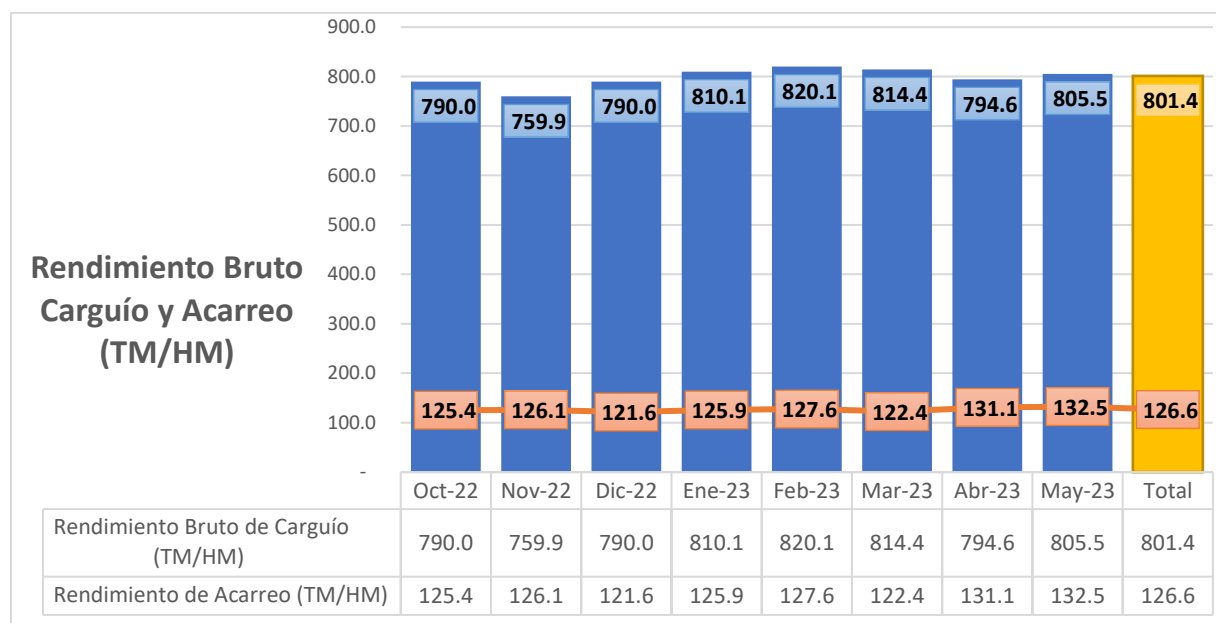


Figura 19. Rendimiento bruto de carguío y acarreo por mes (Fuente: Elaboración Propia).

Por otro lado, en lo que se respecta a disponibilidad física (D%) de la flota de acarreo de volquetes es necesario resaltar que, este término implica tanto a la afectación mecánica como a la operacional (comprendiendo al mantenimiento preventivo correctivo y operacional). Por ello, en la **figura 20**, se reconoce a la D% de los volquetes mes por mes, siendo diciembre cuando se alcanza el valor máximo de D%: 85.0% y el mes de febrero en el que se alcanza el menor valor que es de 80.0%.

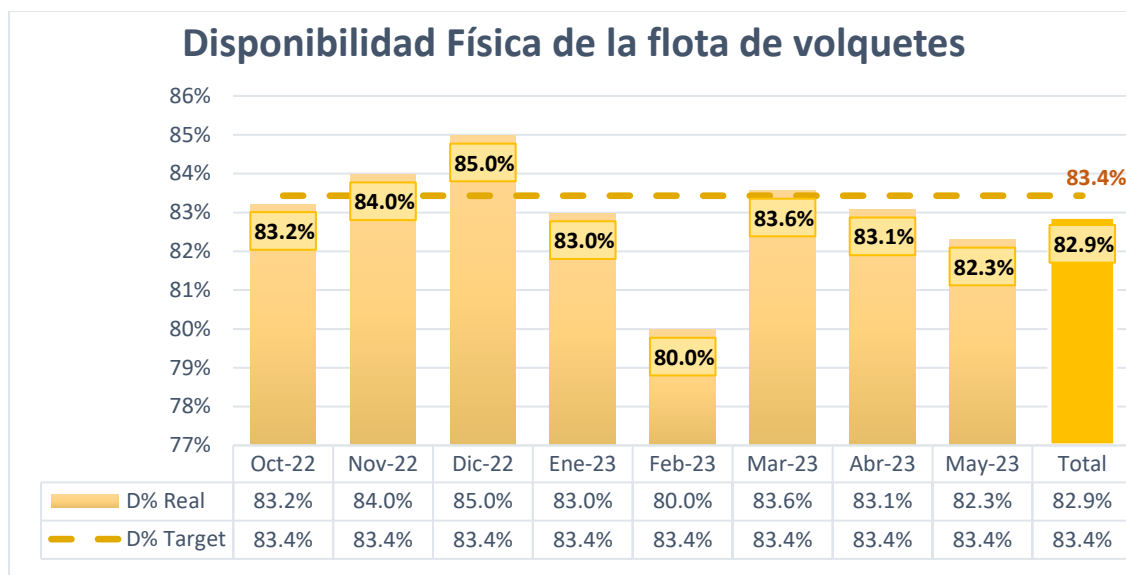


Figura 20. Disponibilidad física (D%) de la flota de acarreo por mes (Fuente: Elaboración Propia).

Seguidamente, en lo que se respecta a utilización (U%) es necesario resaltar que, este término está estrechamente relacionado a las horas brutas que ha trabajado la flota de volquetes. Por ello, en la **figura 21**, se reconoce a la U% de los volquetes mes por mes, siendo febrero cuando se alcanza el valor máximo de U%: 81.7% y el mes de noviembre en el que se alcanza el menor valor que es de 75.7% (Básicamente se debió a la convulsión social suscitada por la coyuntura sociopolítica en el país del Perú en aquel entonces). Además, es necesario indicar que no existieron los cambios en caliente (se cumplieron todos los cambios guardia), es decir solo existieron paradas programadas y stand by planificados. Entonces, se reconoce que normalmente existían tres (3) horas de motor apagado por día, repartidos en 1.3 horas en el turno día y las restantes 1.7 horas en el turno noche.

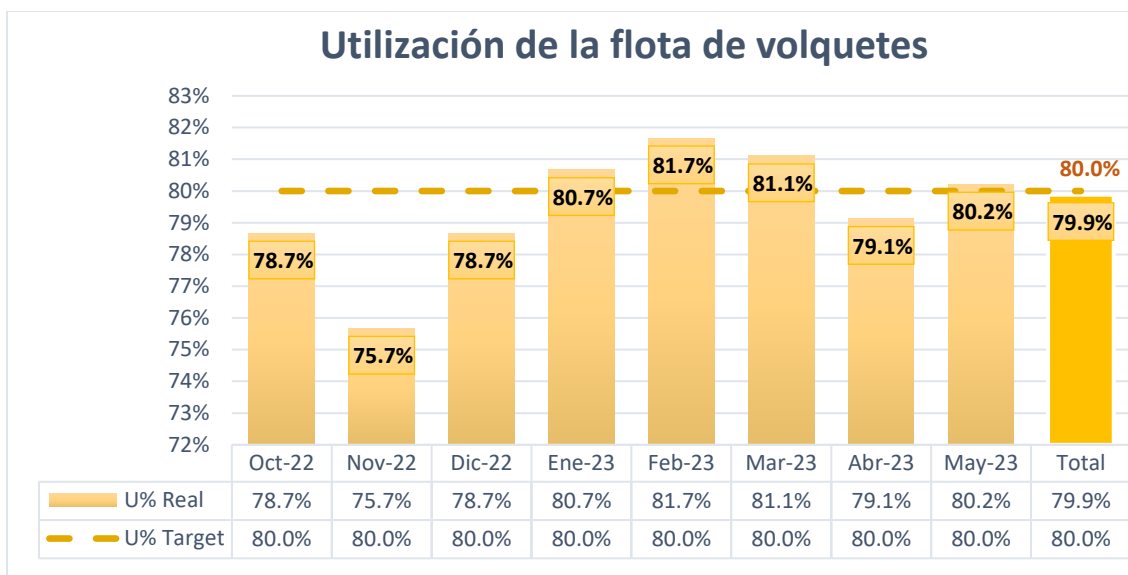


Figura 21. Utilización (U%) de la flota de acarreo por mes (Fuente: Elaboración Propia).

Por otro lado, en lo que se respecta a eficacia (E%) es necesario indicar que, este término está estrechamente relacionado a las horas netas que ha trabajado la flota de volquetes. Por ello, en la **figura 22**, se reconoce a la E% de los volquetes mes por mes, siendo febrero cuando se alcanza el valor máximo de U%: 95.9% y el mes de octubre en el que se alcanza el menor valor que es de 92.6% (Básicamente se debió a la falta de indicaciones claras de trabajo, supervisión ineficaz, falta de capacitación a los operadores y otros).

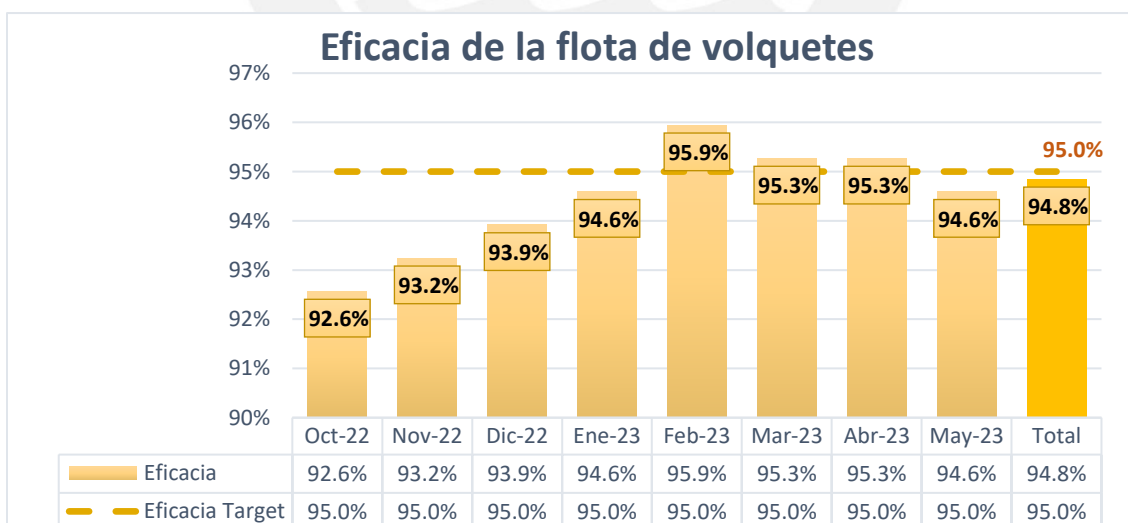


Figura 22. Eficacia (E%) de la flota de acarreo por mes (Fuente: Elaboración Propia).

Bajo el concepto de OEE (Overall Equipment Effectiveness), se reconoce a la eficiencia como el parámetro más cercano, cuya concepción estará basada en el producto de la disponibilidad,

utilización y eficacia. En base a los valores objetivo de la disponibilidad, utilización y eficacia; se considera adecuado alcanzar el valor de 63.1% de eficiencia; no obstante, la flota como tal logró una eficiencia global de 62.3%, por debajo del valor objetivo óptimo, pero con un crecimiento paulatino detonado por el aumento porcentual de la mayoría de los indicadores mes a mes (tal como se observa en la **figura 23**).

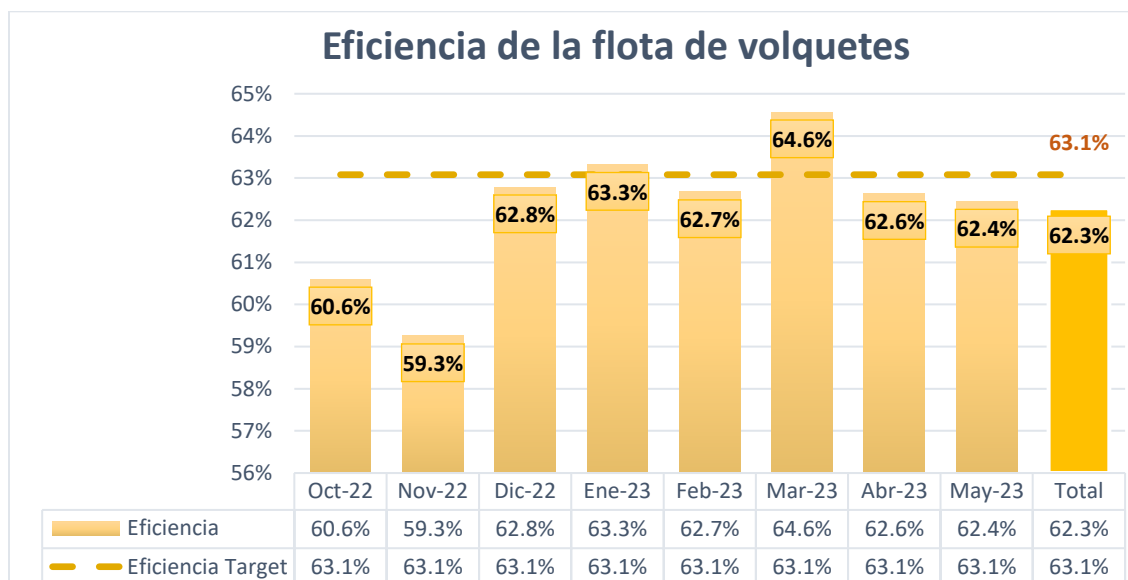


Figura 23. Eficiencia (OEE%) de la flota de acarreo por mes (Fuente: Elaboración Propia).

4.3.2 Control de rentabilidad del proyecto

Contemplando los montos de alquiler por HM de volquete y excavadora, egresos generados por combustible y tanto por, Mano de Obra Directa (MOD) como por Mano de Obra Indirecta (MOI). En efecto, en la en la **tabla 19 y 20**, se puede observar el cálculo para las horas máquinas de acarreo y carguío; considerando cuestiones, como la mano de obra directa, los neumáticos, grasa, filtros, lubricantes, mantenimientos, reparaciones y, por último, el contrato por una máquina vigente para cada tipo de equipo. Asimismo, en la **tabla 21**, se realiza una estimación de la mano de obra indirecta necesaria para ejecutar el proyecto mes a mes, en efecto, la posesión de cada volquete por hora máquina implica alrededor de 45 dólares.

Tabla 19. Cálculo del valor (USD) por hora máquina (HM) para acarreo (Fuente: Elaboración Propia).

HM Volquete Contrato	25.4 USD/HM
Mantenimiento y reparación	7.3 USD/HM
Lubricantes	0.4 USD/HM
Filtros	1.9 USD/HM

Grasas	0.3 USD/HM
Neumáticos	2.8 USD/HM
MOD: Operador de volquete	6.9 USD/HM
Acarreo: HM Volquete Real	44.9 USD/HM

Tabla 20. Cálculo del valor (USD) por hora máquina (HM) para carguío (Fuente: Propia).

HM Excavadora Contrato	120.0 USD/HM
Mantenimiento y reparación	10.7 USD/HM
Lubricantes	2.6 USD/HM
Filtros	3.2 USD/HM
Grasas	1.2 USD/HM
MOD: Operador de excavadora	8.9 USD/HM
Carguío: HM Excavadora Real	146.7 USD/HM

Tabla 21. Mano de Obra requerida para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

Cant.	Cargo MOI	Sueldo (USD/mes)
3	Supervisor de Operaciones (O3)	6,575.3
3	Asistente de Operaciones	2,054.8
1	Ingeniero de Seguridad	1,643.8
1	Ingeniero de Planeamiento	1,369.9
Egreso Total por MOI		11,643.8

Mientras que, en la **tabla 22**, se observa el egreso que supone la posesión del volquete e incluido el conductor, cuyo monto a lo largo del proyecto, supera los 2.3 millones de dólares.

Tabla 22. Egreso por Acarreo y MOD (E1) para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

MES	Horas Máquina Acarreo	Egreso por Acarreo + MOD (E1)
Oct-22	378	- 16,975
Nov-22	4,864	- 218,420
Dic-22	6,839	- 307,097
Ene-23	7,112	- 319,365
Feb-23	8,117	- 364,510
Mar-23	10,010	- 449,513
Abr-23	9,348	- 419,794
May-23	6,139	- 275,662
Total	52,806	- 2,371,336

Asumiendo que el costo del combustible B5 es de 4.40 dólares por galón, se obtiene que el egreso por concepto de combustible utilizado por equipos de acarreo y carguío supondrá alrededor de 1.4 millones de dólares cómo se puede observar en la **tabla 23**.

Tabla 23. Egreso por combustible (E2) para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

MES	Galones Acarreo	Galones Carguío	Egreso por Combustible (E2)
Oct-22	1,500	880	- 10,470
Nov-22	19,377	11,829	- 137,306
Dic-22	26,507	15,434	- 184,540
Ene-23	23,964	16,203	- 176,733
Feb-23	32,853	18,507	- 225,982
Mar-23	39,391	22,055	- 270,364
Abr-23	36,677	22,607	- 260,852
May-23	23,507	14,806	- 168,575
Total	203,776	122,321	- 1,434,823

Asimismo, asumiendo que la mano de obra indirecta se mantiene continua a través de los meses y se le agrega el egreso por carguío más mano de obra directa de equipos de carguío, se obtiene que en la **tabla 24**, el egreso 3 supone 1.2 millones de dólares.

Tabla 24. Egreso por Carguío + MOD + MOI (E3) para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

MES	Horas Máquina Carguío	Egreso por Carguío + MOD + MOI (E3)
Oct-22	60	- 8,813
Nov-22	807	- 118,368
Dic-22	1,053	- 154,432
Ene-23	1,105	- 162,123
Feb-23	1,263	- 185,175
Mar-23	1,505	- 220,680
Abr-23	1,542	- 226,205
May-23	1,010	- 148,145
Total	8,345	- 1,223,860

Por otro lado, uno de los términos del contrato celebrado entre la empresa minera y el cliente es que se valorizará cada tonelada métrica de óxido por 1.05 dólares en ese sentido se genera la **tabla 25**, donde se puede ver una valorización total de 6.9 millones de dólares de lo cual se desprende que la rentabilidad del proyecto en total es del 138%. En otras palabras, se puede

afirmar que el retorno financiero el proyecto como tal supuso el 38% adicional a la inversión durante el proyecto.

Tabla 25. Ingresos y rentabilidad para el proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

MES	Total Cubicaje (TM)	Valorización (I)	Rentabilidad (%)
Oct-22	47,406	49,255	136%
Nov-22	613,202	637,117	134%
Dic-22	831,769	864,208	134%
Ene-23	895,396	930,316	141%
Feb-23	1,035,396	1,075,776	139%
Mar-23	1,225,396	1,273,186	135%
Abr-23	1,225,506	1,273,301	140%
May-23	813,541	845,269	143%
Total	6,687,612	6,948,429	138%

En resumen, la rentabilidad del proyecto es de 138%. En efecto, el ingreso por valorización de 6.9 millones de dólares y tres egresos reconocibles; el primero por acarreo de 2.3 MUSD, el de combustible por 1.4 MUSD y por carguío de 1.2 MUSD. Cuya rentabilidad, supondrá una utilidad bruta de 2 MUSD por el proyecto minero, tal como se distingue en la **figura 24 y 25**.

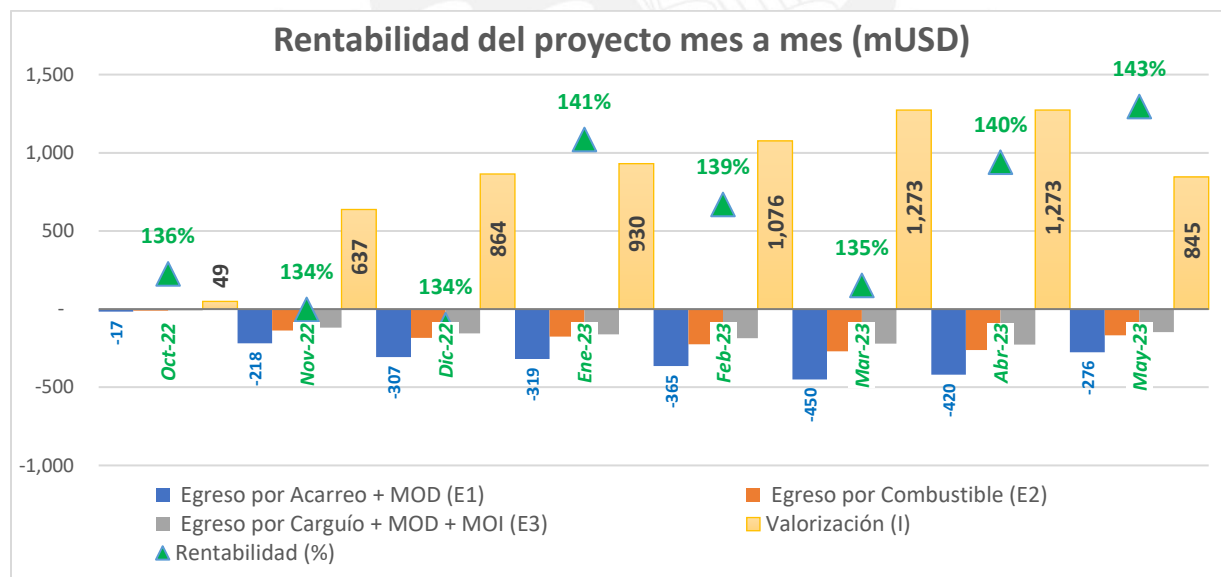


Figura 24. Rentabilidad (%) del proyecto por mes (Fuente: Elaboración Propia).

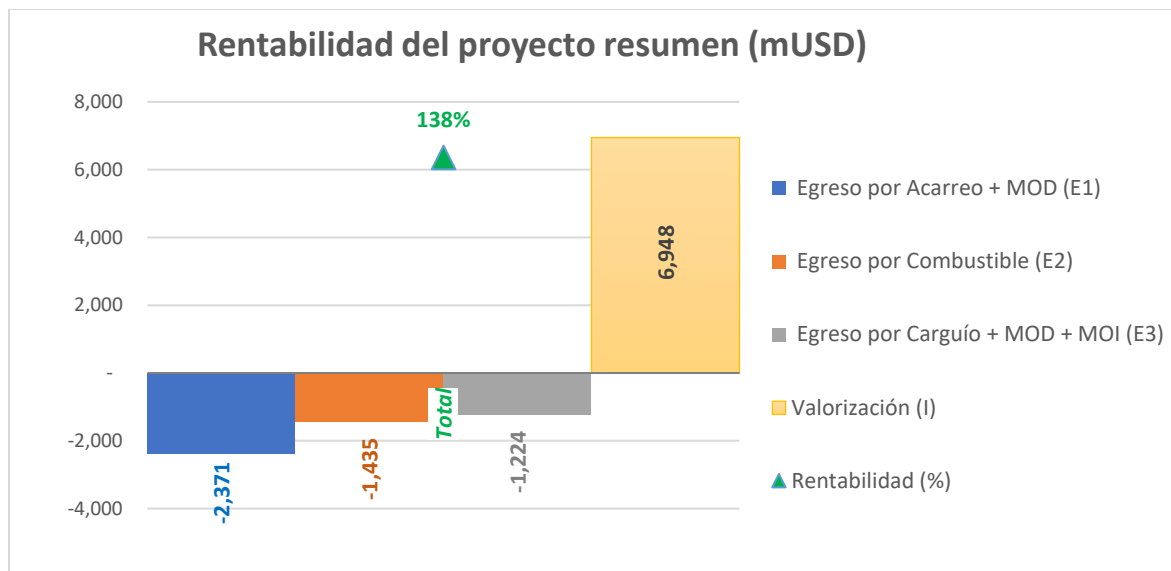


Figura 25. Resumen de la rentabilidad (%) del proyecto (Fuente: Elaboración Propia).

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En conclusión, la tesis proporciona información detallada sobre la elaboración, ejecución y control de un plan de minado con volquetes, incluyendo la identificación de cuellos de botella y áreas de mejora en el proceso de acarreo. Se presentan indicadores y rendimientos para controlar la ejecución del plan de minado, y se destacan los estudios en campo de acarreo como una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la operación minera. Además, se proporciona información sobre la capacidad de carga del equipo, la densidad del material transportado y las pendientes de la ruta, lo que puede ser útil para el diseño de la infraestructura de transporte y la selección del equipo adecuado. En general, la tesis ofrece una guía útil para la elaboración y ejecución de un plan de minado con volquetes, con un enfoque en la mejora de la productividad y la eficiencia de la operación minera.

Además de lo mencionado anteriormente, la tesis también destaca la importancia de la planificación y elaboración de procedimientos y estándares para la ejecución del plan de minado. Se enfatiza la necesidad de contar con personal capacitado y con experiencia en la operación de maquinaria pesada, así como la importancia de contar con señalización adecuada y medidas de seguridad en las vías de acarreo. Inclusive, se incluyen el concepto de trabajo en equipo a través de la sinergia generada entre las áreas de Planeamiento, Operaciones, Productividad y SSOMA para la adecuada ejecución del proyecto minero

La tesis también proporciona información detallada sobre la extracción de las canchas 160 y 110, incluyendo el volumen total de material extraído, la evolución con tendencia que tuvieron los indicadores de productividad y las condiciones de las vías de acarreo hacia la Cancha 262. En el rubro de seguridad minera, se destaca la importancia de contar con vigías y semáforos en las intersecciones de las vías de acarreo de camiones mineros para garantizar la seguridad de los trabajadores y la eficiencia del proceso de acarreo.

En general, la tesis ofrece una guía completa y detallada para la elaboración, ejecución y control de un plan de minado con volquetes, con un enfoque en la mejora de la productividad, la eficiencia y la seguridad de la operación minera. Los resultados y conclusiones de la tesis pueden ser útiles para empresas mineras y profesionales del sector que buscan mejorar sus procesos de extracción y acarreo de materiales.

5.2 Recomendaciones

La tesis sugiere varias recomendaciones para futuros trabajos en el área de la minería y la extracción de materiales. Algunas de estas recomendaciones incluyen:

- Realizar estudios más detallados sobre la capacidad de carga del equipo y la densidad del material transportado para mejorar la eficiencia del proceso de acarreo.
- Investigar nuevas tecnologías y herramientas para mejorar la productividad y la eficiencia de la operación minera, como el uso de sistemas de monitoreo y control remoto de la maquinaria pesada.
- Desarrollar programas de capacitación y entrenamiento para el personal encargado de la operación de maquinaria pesada, con el fin de mejorar la seguridad y la eficiencia de la operación minera.
- Realizar estudios más detallados sobre la rentabilidad y la viabilidad de la extracción de materiales en diferentes áreas de la mina, con el fin de optimizar la planificación y la ejecución del plan de minado.
- Continuar mejorando las medidas de seguridad (implementación de sistema antifatiga) y la señalización en las vías de acarreo de camiones mineros, con el fin de garantizar la seguridad de los trabajadores y la eficiencia del proceso de acarreo.
- Identificar y costear los trabajos auxiliares de cargadores frontales y motoniveladoras para el mantenimiento de vías y delimitar el impacto de estos trabajos en la condición de los neumáticos de la flota de acarreo (volquetes).

En general, estas recomendaciones pueden ser útiles para futuros trabajos en el área de la minería y la extracción de materiales, y pueden contribuir a mejorar la eficiencia, la productividad y la seguridad de la operación minera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, R. (2018). Optimización de la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la producción en la mina los andes Perú Gold - Huamachuco. Disponible en <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11045>
- Bahamóndez, M. (2017). Implementación sistema de gestión para reducción de costos optimizando el desempeño por componente en equipos mineros. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146289>
- Conferencia Internacional sobre Planificación de Minas y Selección de Equipos. (2000). Mine Planning and Equipment Selection 2000.
- Conferencia Internacional sobre Planificación de Minas y Selección de Equipos. (2013). Mine Planning and Equipment Selection.
- Darling, P. (Ed.). (2011). SME Mining Engineering Handbook (3rd ed.).
- Enkhchuluun, B., Batgerel, B. and Ping, C. (2023) Cycle Time Analysis of Open Pit Mining Dump Trucks. International Journal of Geosciences, 14, 689-709. <https://doi.org/10.4236/ijg.2023.14803>
- Gaimes, D. (2021). Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad diaria en la Cooperativa Minera Limata Ltda. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10272>
- Hustrulid, W. A., & Bullock, R. L. (2001). Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies.
- Hustrulid, W. A., & Kuchta, M. (2006). Open Pit Mine Planning and Design.
- Runge, I. C. (1998). Mining Economics and Strategy.
- Saire, J. (2022). Control dispatch en contratista minería de Shougang Hierro Peru-Marcona-Ica. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12918/7128>

ANEXOS

Anexo 1. Grupo Virtual para control de operaciones:

←
⋮

Control Operativo_DISPATCH

Antony, Frank Tello, Jenni, Jesus, Melanie, Mig...

Miguel

Fecha	Paradas (LUGAR)	Paradas (LUGAR)	Paradas (LUGAR)	Paradas (LUGAR)
23/04/2023	1178	547		8
23/04/2023	2728	14233		19
24/04/2023	2881	14233		21
24/04/2023	2899	14233		19
24/04/2023	2899	14134		19
24/04/2023	2819	14134		20
24/04/2023	2820	14811		19
24/04/2023	2822	14573		14
24/04/2023	2861	14833		11
Corte Total	22839	14414		157

Viajes a chancadora con corte 05 h

5:48 a. m.

Miguel

Sobrecargas con corte 05 h

5:48 a. m.

Miguel

ACTIVIDADES DE CHANCADORA				
Causa de la inactividad	Inicio de la inactividad	Fin de la inactividad	Duración de la inactividad	Comentario
Mantenimiento correctivo chancadora	24.04.2023 19:00:00	24.04.2023 20:30:00	01:30:00	
Espera a camiones en ruta por reinicio de Chancadora	24.04.2023 20:45:00	24.04.2023 20:54:00	00:09:00	
Espera a camiones en ruta	24.04.2023 21:55:00	24.04.2023 21:57:00	00:02:00	Selección de botonera by 68
Espera a camiones en ruta	24.04.2023 23:09:00	24.04.2023 23:10:00	00:01:00	Traslado Paia 1 en vía de acarreo
Espera a camiones en ruta	24.04.2023 23:21:00	24.04.2023 23:22:00	00:01:00	Traslado Paia 1 en vía de acarreo
Espera a camiones en ruta	24.04.2023 23:38:00	24.04.2023 23:40:00	00:02:00	Traslado Paia 1 en vía de acarreo
Control de calidad SAMP	25.04.2023 02:28:00	25.04.2023 02:28:00	00:00:00	
Espera a camiones en ruta	25.04.2023 03:05:00	25.04.2023 03:07:00	00:02:00	Relevo de operador
Cambio de Driver	25.04.2023 03:30:00	25.04.2023 03:34:00	00:04:00	De alta hoy a baja hoy
Espera a camiones en ruta	25.04.2023 04:11:00	25.04.2023 04:34:00	00:23:00	Selección de botonera by 20
Espera a camiones en ruta	25.04.2023 05:17:00	25.04.2023 05:38:00	00:21:00	Impedimento LAF 43

Actividades de chancadora con corte 05 h

5:52 a. m.

Jenni

REPORTE OPERATIVO DE CISTERNAS DE AGUA

FECHA: 24/04/2023

LUGAR: TN


OBSERVACIONES:

- Nivel bajo en DR durante el turno.

Reporte de cisternas de agua 24/04 TN

5:54 a. m.

Anexo 2. Reporte de cada fin de turno en el grupo virtual:


ControlOperativo_DISPATCH

Antony, Frank Tello, Jenni, Jesus, Melanie, Mig...

8:01 a. m.

Inicio de carguío de óxidos 18/04 TD:

- CAF-07A: Inicio 07:22- Cancha 110 Lift01
- EXC-20A: Inicio 07:24 - Cancha 110 Lift01 (Demora: Acond. de frente)
- EXC-25A: Inicio 07:45 - Cancha 160 (Demora: Mtto preventivo)

8:08 a. m. ✓✓

VOLQUETE	CAF-07A			EXC-20A			EXC-25A			Total Viajes	Total Payload, t (sum.)	Total Distancia (km)
	Viajes	Payload, t (sum.)	Distancia (km)	Viajes	Payload, t (sum.)	Distancia (km)	Viajes	Payload, t (sum.)	Distancia (km)			
VOL-02A	2	74	2.3				40	1,480	2.2	42	1,554	2.25
VOL-03A	4	148	2.3	3	111	2.3	12	1,188	2.2	39	1,443	2.27
VOL-04A	25	725	2.3	14	406	2.3				39	1,131	2.30
VOL-05A	28	1,036	2.3	17	629	2.3				45	1,665	2.30
VOL-07A	31	1,147	2.3	12	444	2.3				43	1,591	2.30
VOL-09A	4	148	2.3	28	1,036	2.3	7	239	2.2	39	1,443	2.27
VOL-10A	1	37	2.3	1	37	2.3	39	1,443	2.2	41	1,517	2.27
VOL-12A	14	518	2.3	20	740	2.3				34	1,258	2.30
VOL-13A							19	532	2.2	19	532	2.26
VOL-16A	22	616	2.3	16	504	2.3				40	1,120	2.30
VOL-17A	33	420	2.3	25	780	2.3				40	1,120	2.30
VOL-18A				39	1,064	2.3				39	1,064	2.30
VOL-22A				1	39	2.3	16	468	2.2	17	476	2.25
VOL-24A				20	560	2.3	22	616	2.2	42	1,176	2.25
VOL-25A	34	952	2.3	5	28	2.3				35	980	2.30
VOL-27A	1	39	2.3				42	1,176	2.2	43	1,204	2.25
VOL-28A	1	34	2.3				37	1,036	2.2	40	1,120	2.25
Total general	144	5,911	2.3	198	6,287	2.3	254	8,174	2.2	646	20,994	2.27

Estimados, producción de OXAL 18/04 TN

9:31 a. m. ✓✓

ETE	Payload, t (sum.)	HM	R. Bruto (TM/HM)
VOL-02A	1,554	10.0	155
VOL-03A	1,443	10.0	144
VOL-04A	1,131	10.0	113
VOL-05A	1,665	11.0	151
VOL-07A	1,591	10.0	159
VOL-09A	1,443	10.0	144
VOL-10A	1,517	10.0	152
VOL-12A	1,258	8.0	157
VOL-13A	532	7.3	73
VOL-16A	1,120	11.0	102
VOL-17A	1,120	10.0	112
VOL-18A	1,064	10.0	106
VOL-22A	476	5.2	92
VOL-24A	1,176	10.0	118
VOL-25A	980	9.0	109
VOL-27A	1,204	10.0	120
VOL-28A	1,120	10.0	112
Total general	20,394	161.5	126

Rendimiento Bruto de volquetes del 18/04 TN

9:31 a. m. ✓✓

Anexo 3. Reporte de inicio de carguío por turno en el grupo virtual:

ControlOperativo_DISPATCH
Antony, Frank Tello, Jenni, Jesus, Melanie, Mig...

de equipos de carguío 24/04 TD

8:01 a. m.

Inicio de carguío de óxidos 25/04 TD:

- EXC-25A: Inicio 07:23 - Cancha 110 (Demora: Inspección rutinaria)
- EXC-26A: Inicio 07:24 - Cancha 110 (Demora: Inspección rutinaria)
- CAF-07A: Inicio 07:25 - Cancha 110 (Demora: Inspección rutinaria)

8:12 a. m.

Anexo 4. Reporte de producción por turno (TM) en el grupo virtual:

VOLQUETE	CAF-07A			EXC-20A			EXC-25A			Total Viajes	Total Payload, t (sum.)	Total Distancia (km)
	Viajes	Payload, t (sum.)	Distancia (km)	Viajes	Payload, t (sum.)	Distancia (km)	Viajes	Payload, t (sum.)	Distancia (km)			
VOL-02A	2	74	2.3				40	1,480	2.2	42	1,554	2.25
VOL-03A	4	148	2.3	3	111	2.3	32	1,184	2.2	39	1,443	2.27
VOL-04A	25	725	2.3	14	406	2.3				39	1,131	2.30
VOL-05A	28	1,036	2.3	17	629	2.3				45	1,665	2.30
VOL-07A	31	1,147	2.3	12	444	2.3				43	1,591	2.30
VOL-09A	4	148	2.3	28	1,036	2.3	7	259	2.2	39	1,443	2.27
VOL-10A	1	37	2.3	1	37	2.3	39	1,443	2.2	41	1,517	2.27
VOL-12A	14	518	2.3	20	740	2.3				34	1,258	2.30
VOL-13A							19	532	2.2	19	532	2.20
VOL-16A	22	616	2.3	18	504	2.3				40	1,120	2.30
VOL-17A	15	420	2.3	25	700	2.3				40	1,120	2.30
VOL-18A				38	1,064	2.3				38	1,064	2.30
VOL-22A				1	28	2.3	16	448	2.2	17	476	2.25
VOL-24A				20	560	2.3	22	616	2.2	42	1,176	2.25
VOL-25A	34	952	2.3	1	28	2.3				35	980	2.30
VOL-27A	1	28	2.3				42	1,176	2.2	43	1,204	2.25
VOL-28A	3	84	2.3				37	1,036	2.2	40	1,120	2.25
Total general	184	5,933	2.3	198	6,287	2.3	254	8,174	2.2	636	20,394	2.27

Anexo 5. Reporte de rendimiento bruto de acarreo (TM/HM) por turno en el grupo virtual:

ETE <input type="button" value="v↑"/>	Payload, t (sum.)	HM	R. Bruto (TM/HM)
VOL-02A	1,554	10.0	155
VOL-03A	1,443	10.0	144
VOL-04A	1,131	10.0	113
VOL-05A	1,665	11.0	151
VOL-07A	1,591	10.0	159
VOL-09A	1,443	10.0	144
VOL-10A	1,517	10.0	152
VOL-12A	1,258	8.0	157
VOL-13A	532	7.3	73
VOL-16A	1,120	11.0	102
VOL-17A	1,120	10.0	112
VOL-18A	1,064	10.0	106
VOL-22A	476	5.2	92
VOL-24A	1,176	10.0	118
VOL-25A	980	9.0	109
VOL-27A	1,204	10.0	120
VOL-28A	1,120	10.0	112
Total general	20,394	161.5	126

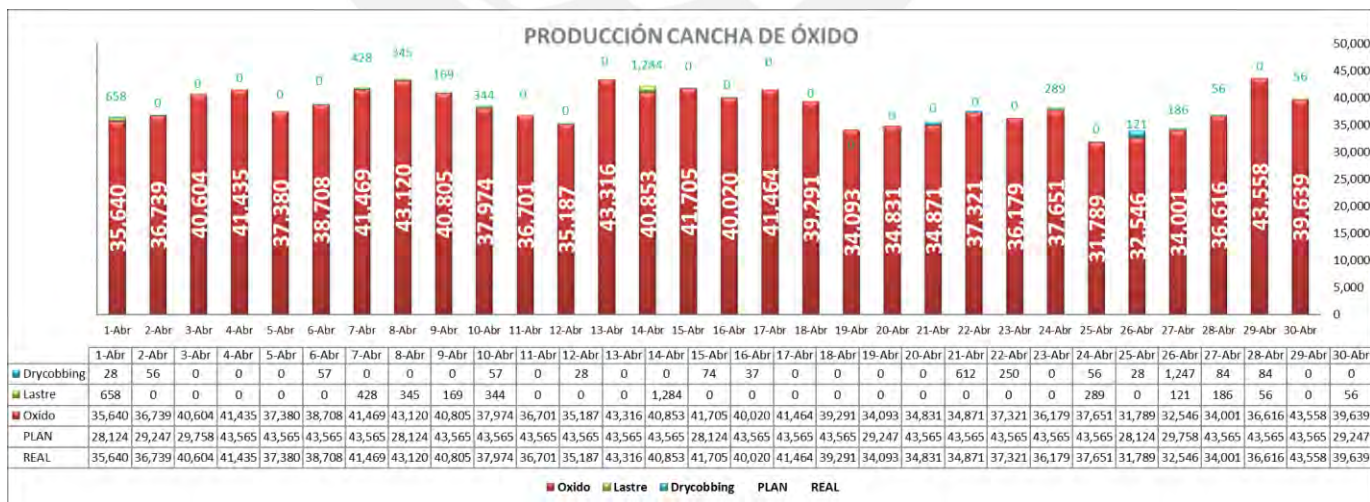
Anexo 6. Reporte 1 de seguimiento de producción (TM) vía correo:

Fecha	Producción Plan Óxido	Producción Ejecutada Óxido	Lastre	Drycobbing	Producción Acumulada	Avance acumulado del mes	Variación Diaria
Total	1,174,610	1,145,506	3,936	2,698			
1-Abr	28,124	35,640	658	28	35,640	↑ 7,516	↑ 7,516
2-Abr	29,247	36,739	0	56	72,379	↑ 15,008	↑ 7,492
3-Abr	29,758	40,604	0	0	112,983	↑ 25,854	↑ 10,846
4-Abr	43,565	41,435	0	0	154,418	↑ 23,724	↓ -2,130
5-Abr	43,565	37,380	0	0	191,798	↑ 17,540	↓ -6,185
6-Abr	43,565	38,708	0	57	230,506	↑ 12,683	↓ -4,857
7-Abr	43,565	41,469	428	0	271,975	↑ 10,587	↓ -2,096
8-Abr	28,124	43,120	345	0	315,095	↑ 25,583	↑ 14,996
9-Abr	43,565	40,805	169	0	355,900	↑ 22,824	↓ -2,760
10-Abr	43,565	37,974	344	57	393,874	↑ 17,233	↓ -5,591
11-Abr	43,565	36,701	0	0	430,575	↑ 10,369	↓ -6,864
12-Abr	43,565	35,187	0	28	465,762	↑ 1,992	↓ -8,378
13-Abr	43,565	43,316	0	0	509,078	↑ 1,743	↓ -249
14-Abr	43,565	40,853	1,284	0	549,931	↓ -968	↓ -2,712
15-Abr	28,124	41,705	0	74	591,636	↑ 12,612	↑ 13,581
16-Abr	43,565	40,020	0	37	631,656	↑ 9,068	↓ -3,545
17-Abr	43,565	41,464	0	0	673,120	↑ 6,967	↓ -2,101
18-Abr	43,565	39,291	0	0	712,411	↑ 2,694	↓ -4,274
19-Abr	29,247	34,093	0	0	746,504	↑ 7,540	↑ 4,846
20-Abr	43,565	34,831	0	0	781,335	↓ -1,194	↓ -8,734
21-Abr	43,565	34,871	0	612	816,206	↓ -9,887	↓ -8,694
22-Abr	43,565	37,321	0	250	853,527	↓ -16,131	↓ -6,244
23-Abr	43,565	36,179	0	0	889,706	↓ -23,516	↓ -7,386
24-Abr	43,565	37,651	289	56	927,357	↓ -29,430	↓ -5,914
25-Abr	28,124	31,789	0	28	959,146	↓ -25,765	↑ 3,665
26-Abr	29,758	32,546	121	1,247	991,692	↓ -22,977	↑ 2,788
27-Abr	43,565	34,001	186	84	1,025,693	↓ -32,541	↓ -9,564
28-Abr	43,565	36,616	56	84	1,062,309	↓ -39,490	↓ -6,949
29-Abr	43,565	43,558	0	0	1,105,867	↓ -39,496	↓ -7
30-Abr	29,247	39,639	56	0	1,145,506	↓ -29,104	↑ 10,392

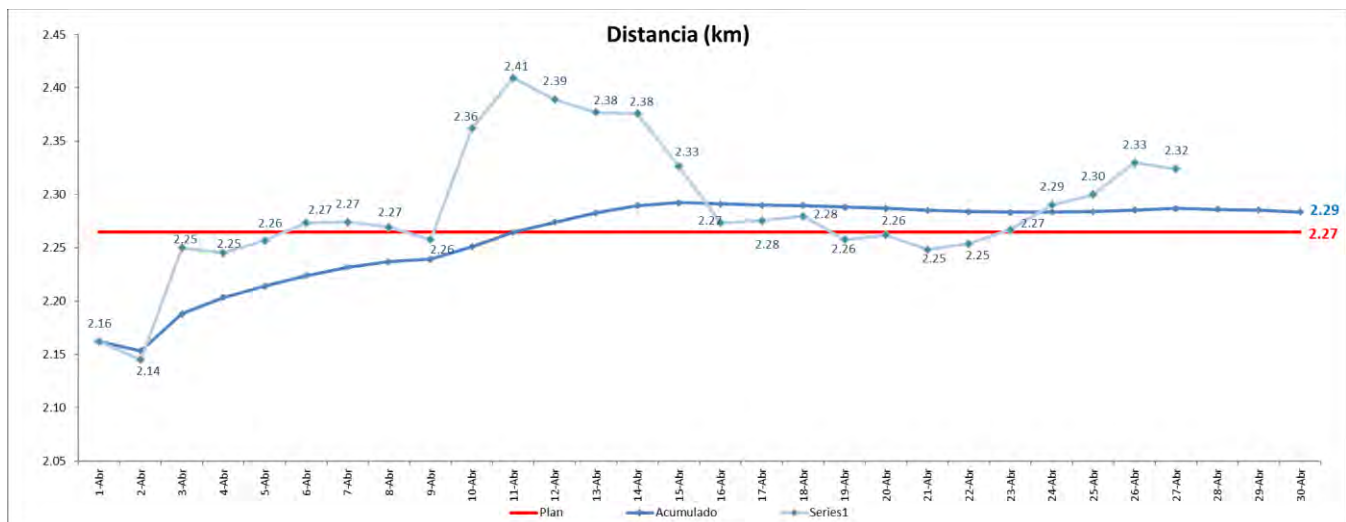
Anexo 7. Reporte 2 de seguimiento de producción (TM) vía correo:

Fecha	Producción Plan Óxido	Producción Ejecutada Óxido	Horas Brutas	N° De Viajes	Vjs/HM	Rendimiento Bruto (Tm/Hm)	HM(TM*km)	N° Volquetes Disponibles (REAL)	N° Volquetes Rodando (REAL)	N° Volquetes Rodando (PLAN)	Disponibilidad Física (D%)	Utilización (U%)	Distancia (Km)
Total	1,174,610	1,145,506	↓ 9,037	↑ 35,425	3.9	126	↓ 0.003451	46.3	33.9	15.6	↓ 78.1%	↓ 73.1%	↓ 2.29
1-Abr	28,124	35,640	↓ 286	↓ 1,120	3.9	↓ 125	↓ 0.003715	16.4	↑ 14.3	6.0	↓ 74.5%	↓ 74.9%	↑ 2.16
2-Abr	29,247	36,739	↓ 299	↓ 1,117	3.7	↓ 123	↓ 0.003800	16.4	↑ 14.5	12.0	↓ 74.4%	↓ 76.4%	↑ 2.14
3-Abr	29,758	40,604	↓ 331	↑ 1,216	3.7	↓ 123	↓ 0.003626	17.7	↑ 16.0	19.0	↓ 80.6%	↓ 77.8%	↑ 2.25
4-Abr	43,565	41,435	↓ 335	↑ 1,296	3.9	↓ 124	↓ 0.003600	17.8	↑ 16.5	19.0	↓ 79.3%	↓ 80.0%	↑ 2.25
5-Abr	43,565	37,380	↓ 304	↓ 1,136	3.7	↓ 123	↓ 0.003606	18.0	↑ 15.8	19.0	↓ 76.5%	↓ 75.3%	↑ 2.26
6-Abr	43,565	38,708	↓ 304	↑ 1,203	4.0	↓ 127	↓ 0.003453	17.2	↑ 15.9	13.0	↓ 72.0%	↓ 80.1%	↓ 2.27
7-Abr	43,565	41,469	↓ 300	↑ 1,272	4.2	↓ 138	↓ 0.003184	18.0	↑ 15.9	19.0	↓ 76.6%	↓ 75.4%	↓ 2.27
8-Abr	28,124	43,120	↓ 313	↑ 1,310	4.2	↓ 138	↓ 0.003195	16.3	↑ 16.1	19.0	↓ 69.4%	↑ 86.4%	↓ 2.27
9-Abr	43,565	40,805	↓ 299	↑ 1,249	4.2	↓ 136	↓ 0.003248	17.2	↑ 16.1	13.0	↓ 70.0%	↓ 81.5%	↑ 2.26
10-Abr	43,565	37,974	↑ 268	↑ 1,165	4.3	↓ 142	↑ 0.002987	17.8	↑ 15.6	12.0	↓ 68.6%	↓ 75.2%	↓ 2.36
11-Abr	43,565	36,701	↓ 298	↑ 1,120	3.8	↓ 123	↓ 0.003366	18.1	↑ 17.2	19.0	↓ 69.7%	↑ 82.7%	↓ 2.41
12-Abr	43,565	35,187	↓ 293	↓ 1,114	3.8	↓ 120	↓ 0.003491	19.8	↑ 16.4	19.0	↓ 77.1%	↓ 70.6%	↓ 2.39
13-Abr	43,565	43,316	↓ 327	↑ 1,307	4.0	↓ 132	↓ 0.003179	21.0	↑ 17.6	19.0	↓ 82.9%	↓ 71.5%	↓ 2.38
14-Abr	43,565	40,853	↓ 308	↑ 1,251	4.1	↓ 132	↓ 0.003177	20.8	↑ 17.0	19.0	↓ 84.7%	↓ 69.1%	↓ 2.38
15-Abr	28,124	41,705	↓ 315	↑ 1,303	4.1	↓ 132	↓ 0.003246	20.8	↑ 16.9	19.0	↓ 82.7%	↓ 68.9%	↓ 2.33
16-Abr	43,565	40,020	↓ 328	↑ 1,244	3.8	↓ 122	↓ 0.003604	21.2	↑ 17.1	13.0	↑ 87.1%	↓ 68.3%	↓ 2.27
17-Abr	43,565	41,464	↓ 327	↑ 1,282	3.9	↓ 127	↓ 0.003460	20.7	↑ 16.9	19.0	↓ 85.5%	↓ 69.2%	↓ 2.28
18-Abr	43,565	39,291	↓ 311	↑ 1,208	3.9	↓ 126	↓ 0.003473	19.7	↑ 16.5	19.0	↓ 82.5%	↓ 71.4%	↓ 2.28
19-Abr	29,247	34,093	↓ 271	↑ 1,014	3.7	↓ 126	↓ 0.003525	19.4	↑ 14.8	19.0	↓ 80.6%	↓ 63.7%	↑ 2.26
20-Abr	43,565	34,831	↓ 284	↓ 1,104	3.9	↓ 123	↓ 0.003606	19.8	↑ 15.0	19.0	↓ 85.1%	↓ 63.2%	↑ 2.26
21-Abr	43,565	34,871	↓ 318	↓ 1,078	3.4	↓ 110	↓ 0.004058	18.6	↑ 16.9	12.0	↓ 78.8%	↓ 78.5%	↑ 2.25
22-Abr	43,565	37,321	↓ 282	↓ 1,131	4.0	↓ 132	↓ 0.003358	18.0	↑ 14.5	13.0	↓ 79.0%	↓ 68.4%	↑ 2.25
23-Abr	43,565	36,179	↓ 292	↓ 1,132	3.9	↓ 124	↓ 0.003561	17.9	↑ 15.1	19.0	↓ 77.4%	↓ 71.5%	↓ 2.27
24-Abr	43,565	37,651	↓ 326	↑ 1,187	3.6	↓ 116	↓ 0.003775	19.1	↑ 16.5	19.0	↓ 84.4%	↓ 74.1%	↓ 2.29
25-Abr	28,124	31,789	↓ 296	↓ 923	3.1	↓ 107	↓ 0.004051	19.3	↑ 16.3	19.0	↓ 78.0%	↓ 72.0%	↓ 2.30
26-Abr	29,758	32,546	↑ 241	↓ 1,088	4.5	↓ 135	↓ 0.003173	17.2	↑ 13.6	19.0	↓ 73.1%	↓ 66.4%	↓ 2.33
27-Abr	43,565	34,001	↓ 291	↓ 1,051	3.6	↓ 117	↓ 0.003686	17.7	↑ 15.2	19.0	↓ 75.6%	↓ 73.6%	↓ 2.32
28-Abr	43,565	36,616	↓ 309	↑ 1,237	4.0	↓ 119	↓ 0.003725	15.9	↑ 15.8	13.0	↓ 68.0%	↑ 86.4%	↓ 2.26
29-Abr	43,565	43,558	↓ 332	↑ 1,384	4.2	↓ 131	↓ 0.003349	17.5	↓ 0.0	19.0	↓ 73.1%	↑ 85.9%	↓ 2.27
30-Abr	29,247	39,639	↑ 247	↑ 1,183	4.8	↑ 160	↑ 0.002792	21.0	↓ 0.0	19.0	↑ 93.3%	↓ 50.3%	↑ 2.24

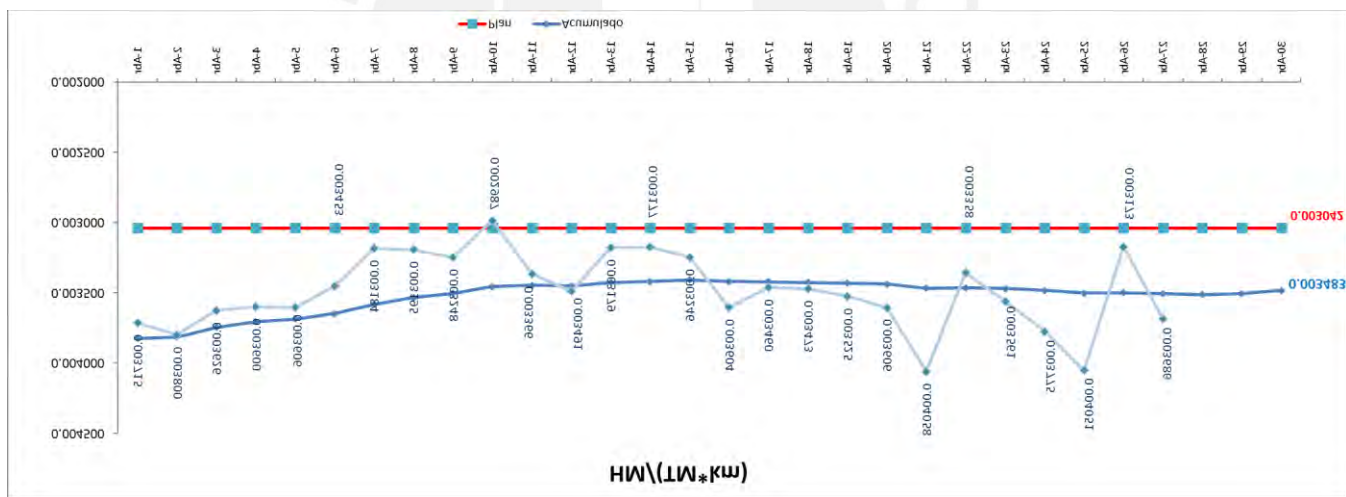
Anexo 8. Reporte 3 de seguimiento de producción (TM) vía correo:



Anexo 9. Reporte 4 de seguimiento de producción (TM) vía correo:



Anexo 10. Reporte 5 de seguimiento de producción (TM) vía correo:



Anexo 11. Datos de entrada para plan de minado:

MES	TM	KM
Feb-23	1,051,945	2.15

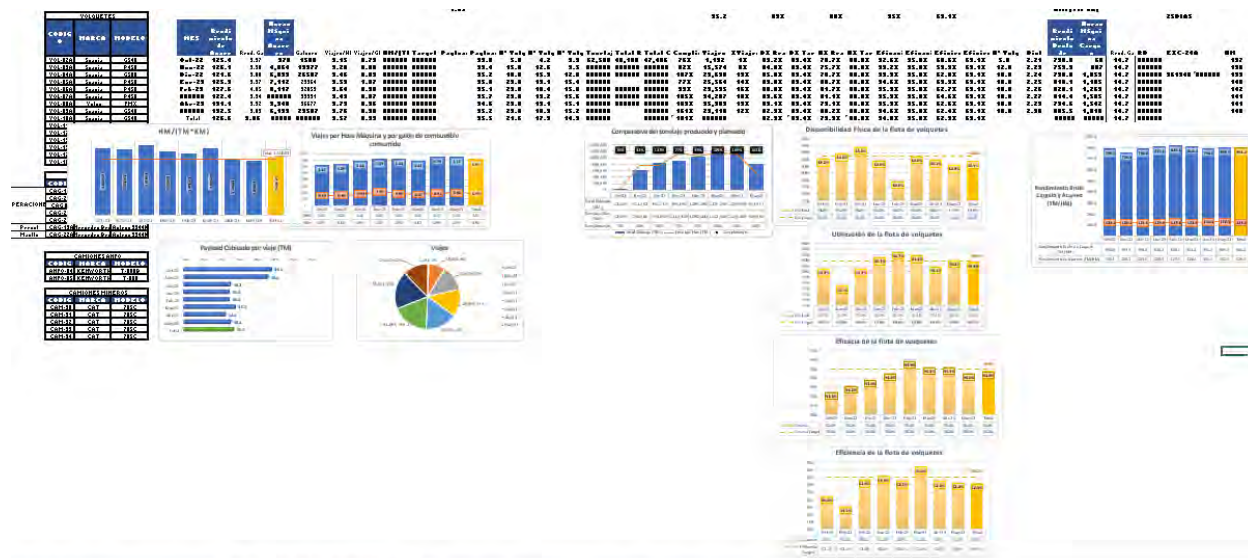
EQUIPO DE CARGUIO								
Equipo	DIAS	DM	UT	Rend Bruto	Tonelaje	Distancia	HM Exc	
EXC - 16	31	88%	80%	820.0	386,580	2.15	471	
EXC - 25	17	88%	86%	820.0	327,107	2.15	399	
CAF - 07	21	91%	85%	650.0	338,258	2.15	520	
						1,051,945	2.15	1,391
						0.002849798		

EQUIPO DE ACARREO							
Equipo	DIAS	DM	UT	Rend Bruto	Tonelaje	HM	gal/hm
EXC - 16	31	87%	82%	163	386,580	2,370	6.10
EXC - 25	17	87%	82%	163	327,107	2,006	6.10
CAF - 07	21	87%	82%	163	338,258	2,074	6.10
						1,051,945	6,450

Anexo 12. Plan de minado generado juntamente con Planeamiento:

PLAN DE EXTRACCIÓN - FEBRERO 2023								
DIA	EXC - 16		EXC - 25		CAF - 07		TOTAL	
	TM	Volq	TM	Volq	TM	Volq	TM	Volq
1-Feb					13,530	7.0	13,530	7.0
2-Feb	16,108	6.0			13,530	7.0	29,638	13.0
3-Feb	16,108	6.0			13,530	7.0	29,638	13.0
4-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
5-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0			30,976	12.0
6-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
7-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
8-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
9-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
10-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
11-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
12-Feb	16,108	6.0			13,530	7.0	29,638	13.0
13-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
14-Feb			14,868	6.0	13,530	7.0	28,399	13.0
15-Feb			14,868	6.0	13,530	7.0	28,399	13.0
16-Feb			14,868	6.0	13,530	7.0	28,399	13.0
17-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
18-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
19-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0			30,976	12.0
20-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
21-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
22-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
23-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
24-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
25-Feb	16,108	6.0			13,530	7.0	29,638	13.0
26-Feb	16,108	6.0			13,530	7.0	29,638	13.0
27-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0	13,530	7.0	44,506	19.0
28-Feb	16,108	6.0	14,868	6.0			30,976	12.0
	386,580		327,107		338,258		1,051,945	16.9

Anexo 13. Compilación de información histórica:



< > ... plan febrero TESIS PRODUCTIVIDAD Hoja3 Hoja2 COSTOS Hoja1 plan ... + :

