

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de los parámetros operacionales en
equipos de carguío para la mejora del
rendimiento operacional en compañía minera
Condestable S. A.**

Cesar Rodrigo Diestra Parraga
Ledvir Freddy Mayta Mucha

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Ing. Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 26 de Noviembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS OPERACIONALES EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL EN COMPAÑÍA MINERA CONDESTABLE S.A.", perteneciente a los estudiantes CESAR RODRIGO DIESTRA PARRAGA y LEDVIR FREDDY MAYTA MUCHA, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

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

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

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

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

Atentamente,




Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

Cc.
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Cesar Rodrigo Diestra Parraga, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 72801688, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS OPERACIONALES EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL EN COMPAÑÍA MINERA CONDESTABLE S.A.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

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

05 de Diciembre de 2023.



Cesar Rodrigo Diestra Parraga

DNI. No. 72801680



Ing. Javier Carlos Córdova
Blancas
Asesor de tesis

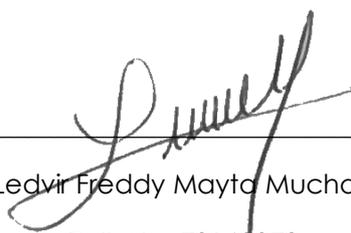
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Ledvir Freddy Mayta Mucha, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70169072, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

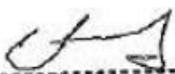
5. La tesis titulada: "ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS OPERACIONALES EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL EN COMPAÑÍA MINERA CONDESTABLE S.A.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

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

05 de Diciembre de 2023.



Ledvir Freddy Mayta Mucha
DNI. No. 70169072



Ing. Javier Carlos Córdova
Blancas
Asesor de tesis

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS OPERACIONALES EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL EN COMPAÑÍA MINERA CONDESTABLE S.A.

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	10%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 14 (1998)", Brill, 2001 Publicación	<1%
5	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.udec.cl Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1%

repositorio.unasam.edu.pe

8

Fuente de Internet

<1 %

9

Submitted to Universidad Andrés Bello

Trabajo del estudiante

<1 %

10

www.eumed.net

Fuente de Internet

<1 %

11

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la vida, por ser nuestro guía e inspiración en los tiempos difíciles que se presentaron en los años universitarios y en la pandemia.

De la misma manera, para nuestros queridos padres que han sido nuestros principales motivadores durante todo el proceso, se les agradece por confiar en nosotros cada día y haber apostado en nuestras expectativas.

Asimismo, a nuestra alma mater la Universidad Continental y a los diferentes docentes que estuvieron presentes en nuestro desarrollo profesional brindándonos los conocimientos necesarios y experiencias en nuestros años de formación universitaria.

Finalmente, de manera apoteósica a la empresa minera Condestable por brindarnos toda la información para el desarrollo del trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A nuestros padres por el gran apoyo que nos brindaron en todo el proceso de nuestra formación académica y sin olvidarnos de los docentes en general por su incondicional enseñanza.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1. Planteamiento del problema	18
1.1.2. Formulación del problema	19
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo general	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. Justificación e importancia	20
1.3.1. Justificación social - práctica	20
1.3.2. Justificación académica	20
1.4. Hipótesis de la investigación	21
1.4.1. Hipótesis general	21
1.4.2. Hipótesis específicas	21
1.5. Identificación de las variables	21
1.5.1. Variable independiente	21
1.5.2. Variables dependiente	21
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1 Antecedentes del problema	23
2.1.1 Antecedentes internacionales	23

2.1.2	Antecedentes nacionales	24
2.2	Generalidades de la unidad minera	25
2.2.1	Ubicación de la mina Condestable - Raúl	25
2.2.2	Accesibilidad a la unidad minera	25
2.3	Geología general	26
2.3.1	Geología local	26
2.3.2	Geología estructural	28
2.3.3	Geomecánica	29
2.4	Método de explotación	31
2.4.1	Tajeo por subniveles con taladros largos	31
2.5	Bases teóricas del estudio	35
2.5.1	Características de producción	35
2.5.2	Sistema de acarreo y limpieza de mineral	38
2.5.3	Disponibilidad y utilización en equipos de acarreo	39
2.5.4	Horas efectivas operacionales en equipos de acarreo	42
2.5.5	Granulometría asociada los equipos de acarreo	43
	CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1	Método y alcances de la investigación	48
3.1.1	Método de la investigación	48
3.1.2	Alcances de la investigación	49
3.2	Diseño de la investigación	49
3.3	Población y muestra	49
3.3.1	Población	49
3.3.2	Muestra	50
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos	50
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos	50
	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1	Análisis del tonelaje acarreado	51
4.2	Análisis de la disponibilidad y utilización de equipos de acarreo	63
4.3	Análisis de horas efectivas y consumo de combustible	68
4.4	Análisis de la granulometría	72

4.5 Análisis de validación de la hipótesis -----	76
CONCLUSIONES -----	82
RECOMENDACIONES -----	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	85
ANEXOS -----	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	22
Tabla 2. Accesibilidad a Condestable	26
Tabla 3. Características de calidad de roca, Condestable.....	29
Tabla 4. Dominio geomecánico	29
Tabla 5. Parámetros de diseño y operacionales, tajeo por subniveles	33
Tabla 6. Explosivos utilizados en voladura, tajeo por subniveles	35
Tabla 7. Programa de producción, mina Raúl y Condestable.....	36
Tabla 8. Programa anual de avance, mina Raúl y Condestable	37
Tabla 9. Indicadores de scoop 4 yd ³ , periodo 2020, 2021 y 2022	40
Tabla 10. Indicadores de scoop 6 yd ³ , periodo 2020, 2021 y 2022	41
Tabla 11. Horas efectivas y consumo de combustible anual, scoop 4-6 yd ³	42
Tabla 12. Granulometría en tajos realizado por Famesa, periodo 2022	45
Tabla 13. Tonelaje acarreado con scoops de 4 yd ³ , enero 23	52
Tabla 14. Tonelaje acarreado con scoops de 4 yd ³ , febrero 23.....	53
Tabla 15. Tonelaje acarreado con scoops de 4 yd ³ , marzo 23	54
Tabla 16. Tonelaje acarreado con scoops de 4 yd ³ , abril 23.....	55
Tabla 17. Resumen de tonelaje acarreado, periodo enero a febrero.....	56
Tabla 18. Resumen de tonelaje acarreado, periodo marzo a abril	56
Tabla 19. Resumen de tonelaje acarreado, scoops 4 yd ³ , periodo estudio	57
Tabla 20. Tonelaje acarreado con scoops de 6 yd ³ , enero 23.....	58
Tabla 21. Tonelaje acarreado con scoops de 6 yd ³ , febrero 23.....	59
Tabla 22. Tonelaje acarreado con scoops de 6 yd ³ , marzo 23	60
Tabla 23. Tonelaje acarreado con scoops de 6 yd ³ , abril 23	61
Tabla 24. Resumen de tonelaje acarreado, periodo enero a febrero.....	62
Tabla 25. Resumen de tonelaje acarreado, periodo marzo a abril	62
Tabla 26. Resumen de tonelaje acarreado, scoop 6 yd ³ , periodo estudio	63
Tabla 27. Relación de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 4 yd ³	64
Tabla 28. Relación de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 6 yd ³	65
Tabla 29. Resumen disponibilidad, utilización y rendimiento, scoops (4-6 yd ³)	66
Tabla 30. Horas efectivas y consumo de combustible, scoops (4-6 yd ³)	68

Tabla 31. Resumen horas efectivas y consumo de combustible en acarreo	70
Tabla 32. Consideraciones de granulometría y finos, muestra 1 – cámara 120	73
Tabla 33. Consideraciones de granulometría y finos, muestra 1 – cámara 135	75
Tabla 34. Resumen de granulometría y finos, cámaras 120 y 135	76
Tabla 35. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 4 yd ³	77
Tabla 36. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 6 yd ³	78
Tabla 37. Comparativo anual de rendimiento de flota de acarreo	79
Tabla 38. Comparativo anual horas efectivas y consumo de combustible, flota de acarreo	80
Tabla 39. Resumen de granulometría, cámara 120 y 135, periodo enero a abril.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Raúl - Condestable.....	25
Figura 2. Perfil geológico de Condestable	26
Figura 3. Estratigrafía de Condestable	27
Figura 4. Comportamiento estructural de Condestable	28
Figura 5. Zonificación geomecánica Nv 175, Condestable	30
Figura 6. Diseño de minado, tajeo por subniveles.....	31
Figura 7. Secuencia de diseño de minado, tajeo por subniveles	32
Figura 8. Plano de perforación, tajeo por subniveles.....	34
Figura 9. Especificaciones técnicas., Scoop ST14 – 14 t	38
Figura 10. Scoop St14 de 14 t de capacidad nominal	39
Figura 11. Indicadores de utilización y disponibilidad 4 yd ³ , 2020, 2021 y 2022...40	
Figura 12. Indicadores de utilización y disponibilidad 6 yd ³ , 2020, 2021 y 2022...41	
Figura 13. Horas efectivas y consumo combustible anual, scoop 4-6 yd ³	42
Figura 14. Proceso de rendimiento de equipos de carguío, asociado a la granulometría	43
Figura 15. Mineral post voladura, cámara 120	44
Figura 16. Mineral post voladura, cámara 135	44
Figura 17. Relación P80, finos y factor de potencia en tajos, periodo 2022.....45	
Figura 18. Mineral post voladura, Tj 6125	46
Figura 19. Mineral post voladura, Tj 6590 - 1	46
Figura 20. Distribución granulométrica, Tj 6125	47
Figura 21. Distribución granulométrica, Tj 6590 - 1	47
Figura 22. Comparativo sobre indicadores operacionales, scoops 4 yd ³	56
Figura 23. Resumen de indicadores operacionales, scoops 4 yd ³	57
Figura 24. Comparativo de indicadores operacionales, scoops 6 yd ³	62
Figura 25. Resumen de indicadores operacionales, scoops 6 yd ³	63
Figura 26. Relación de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 4 yd ³	64
Figura 27. Relación de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 6 yd ³	65
Figura 28. Resumen de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop (4-6 yd ³)	66

Figura 29. Resumen de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 4 yd ³	67
Figura 30. Resumen de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 6 yd ³	67
Figura 31. Horas efectivas y consumo de combustible, scoop (4 - 6 yd ³).....	68
Figura 32. Horas efectivas y consumo de combustible, scoop 4 yd ³	69
Figura 33. Horas efectivas y consumo de combustible, scoop 6 yd ³	70
Figura 34. Resumen de horas efectivas y consumo de combustible, scoop 4 yd ³	71
Figura 35. Resumen de horas efectivas y consumo de combustible, scoop 6 yd ³	71
Figura 36. Granulometría post voladura, muestra 1 – cámara 120.....	72
Figura 37. Análisis de granulometría, muestra 1 – cámara 120.....	72
Figura 38. Distribución de granulometría, muestra 1 – cámara 120	73
Figura 39. Granulometría post voladura, muestra 2 – cámara 135.....	74
Figura 40. Análisis de granulometría, muestra 2 – cámara 135.....	74
Figura 41. Distribución de granulometría, muestra 2 – cámara 135	75
Figura 42. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 4 yd ³	77
Figura 43. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 6 yd ³	78
Figura 44. Comparativo anual, utilización y disponibilidad, equipos de acarreado	79
Figura 45. Comparativo anual, horas efectivas y consumo de combustible, equipos de acarreado.....	80

RESUMEN

El presente trabajo permite desarrollar el análisis de los parámetros operacionales en equipos de acarreo como scoops de 4 y 6 yd³ durante los periodos de enero a abril para buscar la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Condestable.

El trabajo observó las variables operacionales de los equipos de acarreo como el tonelaje acarreado, la utilización y disponibilidad, así como las horas efectivas y consumo de combustible, para luego determinar el grado de fragmentación considerando el P80 y los finos asociados en las cámaras de mineral y su relación en el rendimiento operacional de la unidad minera, siendo la metodología de investigación del tipo aplicado.

Los resultados que se obtuvieron en scoops de 4 yd³ entre los periodos enero – febrero y marzo – abril considera tonelajes de 24,936 y 33,673, así como un total de 186 y 232 viajes y rendimientos de 149 y 145 t/viaje respectivamente entre ambos periodos.

Asimismo, en scoops de 6 yd³ entre los periodos enero – febrero y marzo – abril considera tonelajes de 379,497 y 386,692, así como un total de 8,191 y 7,765 viajes y rendimientos de 46 y 50 t/viaje respectivamente entre ambos periodos.

La utilización, disponibilidad y rendimiento de la flota de acarreo entre los periodos anuales del 2022 y 2023 fueron de 85 %, 46 % y 86 t/h para el periodo 2022 y de 87 %, 51 % y 90 t/h, para el periodo 2023. La mejora de los indicadores de rendimiento en el periodo 2023 en disponibilidad, utilización y rendimiento, genera un incremento en 2 %, 5 % y 4 t/h respectivamente.

Las horas efectivas en scoops de 4 y 6 yd³ durante el periodo 2022 fueron de 8.89 y 12.45 h/día respectivamente, se considera un consumo de combustible diario en 4.77 y 5.57 gal/h en el mismo periodo. Las horas efectivas en scoops de 4 y 6

yd³ durante el periodo 2023 fueron de 9.19 y 12.88 h/día respectivamente, se considera un consumo de combustible diario en 4.56 y 4.92 gal/h en el mismo periodo. La mejora de las horas efectivas y disminución de combustible en el periodo 2023 en 0.37 h/día y 0.43 gal/h respectivamente, es producto de un mejor control del rendimiento de los equipos de acarreo (scoops 4 y 6 yd³), producto de un mayor tonelaje acarreado y control de la granulometría asociada. Finalmente, de acuerdo con el análisis de granulometría en las cámaras 120 y 135, consideró los resultados del P80 y finos asociados, siendo los resultados de 45.34 y 23.36 pulgadas y de 18.90 y 26.80 % respectivamente.

Palabras clave: Indicadores operacionales, utilización, disponibilidad, horas efectivas, granulometría, consumo combustible, etc.

ABSTRACT

The present work allows to develop the analysis of the operational parameters in hauling equipment such as 4 and 6 yd³ scoops, during the periods from January to April, to seek the improvement of the operational performance in the Condestable mining unit.

The work observed the operational variables of the hauling equipment such as: the hauled tonnage, the use and availability, as well as the effective hours and fuel consumption, to later determine the degree of fragmentation considering the P80 and the associated fines in the chambers. mineral, and its relationship in the operational performance of the mining unit, being the research methodology of the applied type.

The results obtained in 4 yd³ scoops between the January – February and March – April periods consider tonnages of 24,936 and 33,673, as well as a total of 186 and 232 trips and yields of 149 and 145 tons/trip respectively between both periods.

Likewise, in 6 yd³ scoops between the periods January - February and March - April, it considers tonnages of 379,497 and 386,692, as well as a total of 8,191 and 7,765 trips and yields of 46 and 50 tons/trip respectively between both periods.

The utilization, availability and yield of the haulage fleet, between the annual periods of 2022 and 2023 were 85%, 46% and 86 t/h, for the period 2022 and 87%, 51% and 90 t/h, for the 2023 period. The improvement of the performance indicators in the 2023 period in availability, use and performance, generates an increase of 2%, 5% and 4 t/h respectively.

The effective hours in 4 and 6 yd³ scoops during the 2022 period were 8.89 and 12.45 h/day respectively, a daily fuel consumption of 4.77 and 5.57 gal/h is considered in the same period. The effective hours in 4 and 6 yd³ scoops during the 2023 period were 9.19 and 12.88 h/day respectively, a daily fuel consumption of

4.56 and 4.92 gal/h is considered in the same period. The improvement in effective hours and the decrease in fuel in the 2023 period by 0.37 h/day and 0.43 gal/h respectively, is the product of better performance control of hauling equipment (4 and 6 yd³ scoops), as a result of a greater tonnage hauled and control of the associated granulometry. Finally, according to the granulometry analysis in chambers 120 and 135, the results of P80 and associated fines were considered, with the results being 45.34 and 23.36 inches and 18.90 and 26.80 % respectively.

Keywords: Operational indicators, use, availability, effective hours, granulometry, fuel consumption, etc.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente trabajo permite entender el comportamiento de los diferentes indicadores operacionales en equipos de acarreo (*scoops* 4 y 6 yd³), siendo de vital importancia analizar el tonelaje acarreado producto de la disponibilidad y utilización de los equipos, así como de las horas efectivas y consumo de combustible asociado. Los rendimientos obtenidos, han sido relacionados directamente con el grado de fragmentación (P80) y finos asociados del material acarreado.

Las características operacionales de la unidad minera consideran la aplicación del método de minado *sublevel stoping* con taladros largos, implica un movimiento de alto tonelaje de mineral, considerando la sobre rotura y su efecto en la dilución, por lo que es de vital importancia controlar y optimizar los diferentes procesos unitarios posterior a la voladura.

Es por tal motivo, que se desea entender los diferentes indicadores operacionales en equipos de acarreo y su relación en el rendimiento operacional, considerando el resultado de la voladura y su incidencia en la relación mina y planta, definiendo el resultado en los finos de mineral obtenidos en el proceso de planta.

El presente trabajo realiza el análisis de los equipos de acarreo considerando el comportamiento de las variables operacionales durante las etapas de enero a febrero y la etapa de marzo a abril, lo que permite realizar la comparación de los distintos indicadores y poder entender en el proceso de acarreo (algunos datos han sido modificados por la confidencialidad de la empresa).

El desarrollo del presente trabajo se estructuró en 4 capítulos que describen el procedimiento aplicado y el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Los diferentes capítulos explican lo siguiente: en el capítulo I, se plantea el problema general, el objetivo y la hipótesis general, así como los específicos

relacionados a la problemática de la unidad minera. Para el capítulo II, se describe los objetivos y resultados de los antecedentes nacionales e internacionales que servirán como comparativo en el desarrollo del trabajo de investigación, así mismo, se describe las generalidades de la unidad minera y la base teórica del estudio. Para el capítulo III, explica la metodología de investigación, así como, la población y muestra asociada al estudio. Finalmente, en el capítulo IV, se analiza e interpreta los resultados obtenidos del problema planteado en el presente trabajo.

Los autores

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La Compañía Minera Condestable explota un yacimiento tipo IOCG (Iron oxide copper and gold), ubicado en la provincia de Cañete y región de Lima. La producción es de 8400 t/d con una ampliación a 10000 t/d en el mediano plazo, provenientes de los sectores de Raúl y Condestable, con leyes media de Cu@0.78 %, Ag@5.88 ppm y Au@ 0.19 ppm

Uno de los grandes problemas en la rentabilidad operacional en labores de profundización es poder controlar o mejorar los diferentes KPis en los procesos unitarios de mina, planta y servicios.

El presente estudio contribuirá a entender el comportamiento del rendimiento de los equipos de carguío de acuerdo a los resultados posvoladura, siendo el tamaño de mineral posterior a la voladura una variable importante en la incidencia del rendimiento asociado a equipos de carguío.

Asimismo, entender las variables de disponibilidad y utilización de cada equipo de carguío permitirá entender el comportamiento de las horas operacionales efectivas.

Así, el tamaño del mineral posterior a la voladura incide en el factor de llenado, capacidad efectiva y su influencia en los costos unitarios de acarreo. La realización del trabajo permitirá el uso de herramientas de comparación como el *benchmarking* interno, el que podremos comparar los KPIs entre empresas de servicios asociadas a la empresa.

1.1.2. Formulación del problema

- **Problema general**

¿Cómo influye los parámetros operacionales en equipos de carguío para la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable?

- **Problemas específicos**

a) ¿Cómo influye los indicadores operacionales de acarreo en la productividad de equipos de carguío para la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable?

b) ¿Cómo influye la utilización y disponibilidad en las horas efectivas operacionales para la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable?

c) ¿Cómo influye la granulometría en el incremento de tonelaje acarreado en equipos de carguío para la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los parámetros operacionales en equipos de carguío para la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable.

1.2.2. Objetivos específicos

a) Determinar la influencia de los indicadores operacionales de acarreo en la productividad de equipos de carguío para la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable.

- b) Determinar la influencia de la utilización y disponibilidad en las horas efectivas operacionales para la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable.

- c) Determinar la influencia de la granulometría en el incremento de tonelaje acarreado en equipos de carguío para la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable.

1.3. Justificación e importancia

Analizar la mejora del rendimiento operacional en los diferentes procesos unitarios de mina involucra entender el resultado de la voladura considerando el P80 (granulometría) como variable que influye directamente en el rendimiento de los equipos, así como, en el *throughput* previo a la molienda. Conseguir un buen resultado en la voladura es poder entender el comportamiento de la variabilidad geológica y así su influencia en el rendimiento de los equipos de carguío.

1.3.1. Justificación social - práctica

Al poder analizar las diferentes variables para la mejora en los KPIs de los diferentes equipos de carguío, se integrará variables operativas como la utilización, disponibilidad y las horas efectivas operacionales. La mejora de los KPIs en los equipos de carguío contribuirá a entender el comportamiento de la densidad del material, el P80, el factor de esponjamiento y el factor de llenado asociado, y todo esto para un mejor control de energía (consumo de combustible) en la operación de los equipos.

1.3.2. Justificación académica

Analizar las diferentes variables asociadas al resultado de la voladura permite determinar el comportamiento del P80 mediante el análisis de curvas de granulometría, determinando los gruesos y finos asociados. Asimismo, estos resultados ayudan a entender el factor de llenado (fill factor) de los equipos de carguío y su influencia en el tonelaje movido. El estudio, ayuda a entender académicamente las diferentes variables asociadas a la mejora del rendimiento

operacional mediante la interrelación del comportamiento de la voladura generada en los diferentes frentes operacionales.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al determinar la influencia de los parámetros operacionales en equipos de carguío influye en la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al determinar la influencia de los indicadores operacionales de acarreo en la productividad de equipos de carguío influye en la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable.

- b) Al determinar la influencia de la utilización y disponibilidad en las horas efectivas operacionales influye en la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable.

- c) Al determinar la influencia de la granulometría en el incremento de tonelaje acarreado en equipos de carguío influye en la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Mejora del rendimiento operacional en Compañía Minera Condestable

1.5.2. Variables dependiente

Análisis de los parámetros operacionales en equipos de carguío

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición		Definición operacional	
	Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:				
Mejora del rendimiento operacional en Compañía Minera Condestable	Uno de los objetivos principales en la rentabilidad de una compañía minera, es poder controlar y mejorar el rendimiento operacional de los diferentes procesos unitarios.	<ul style="list-style-type: none"> • Data geológica • Data geomecánica • Data operacional 	<ul style="list-style-type: none"> Dominios geológicos Dominio geomecánico Indicadores operacionales 	<ul style="list-style-type: none"> Litología, alteración asociada, fallas, densidad, etc. RMR, RQD, dureza, etc. Tonelaje acarreado, horas efectivas, rendimiento, etc.
VD:				
Análisis de los parámetros operacionales en equipos de carguío	Realizar la evaluación constante de los indicadores operacionales en operaciones mineras ayuda a mejorar la productividad de los equipos de carguío.	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores operacionales de acarreo. • Indicadores de rendimiento de equipos de carguío 	<ul style="list-style-type: none"> Plan de minado Rendimiento de equipos de carguío. 	<ul style="list-style-type: none"> Toneladas acarreadas, número de viajes, ton/viaje, etc. Utilización, disponibilidad, horas operacionales, granulometría, etc.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: "*Estimación de la fragmentación producto de la tronadura de rocas en minería a cielo abierto utilizando modelos predictivos y algoritmos de regresión*". El objetivo es proponer la mejora de la fragmentación posvoladura desde un punto de vista teórico, para lo cual, se aplica el uso de algoritmos asociados a *machine learning* como modelos de predictibilidad y asociarlo a la industria minera. Así mismo, se analizó información proveniente de una operación minera a tajo abierto considerando el diseño, el explosivo utilizado y la fragmentación obtenida. Los resultados obtenidos, mediante el análisis de los modelos de predictibilidad ayuda a comparar el uso de estos algoritmos y su relación con los modelos semiempíricos en la predictibilidad del grado de fragmentación (1).

- ✓ Tesis titulada: "*Optimization Of Blasting Parameters In Opencast Mines*" en la que se plantea los objetivos de manejar conceptos claros en la voladura. Se considera los resultados obtenidos como el grado de fragmentación asociado a las características del macizo rocoso, el tipo de explosivo, accesorio de voladura, etc. Así mismo, el estudio analiza la evolución de la voladura en el tiempo y su incidencia en la etapa de perforación y voladura, considerando los equipos de

perforación utilizadas y su evolución en el tiempo. Los resultados asociados al análisis de la perforación y voladura, involucra la evolución de los accesorios de voladura, como resultado final post voladura (2).

2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Trabajo de investigación titulado: *“Diseño de voladura y predicción de la fragmentación en zonas de mineral para optimizar las operaciones unitarias en mina Toquepala”*. El objetivo es determinar la relación del grado de fragmentación posterior a la voladura y su incidencia en los procesos unitarios de carguío y acarreo. El desarrollar modelos de predictibilidad mediante modelos numéricos asocia la relación de diferentes variables asociada al tipo de roca y explosivos a utilizar, no siempre utiliza los diferentes parámetros asociados al resultado de la voladura como tiempos, velocidades de onda, etc. Los resultados económicos obtenidos en el control de la fragmentación asociados a los equipos de carguío y acarreo, considera una mejor utilidad en 1'760,040 \$ y de 546,202 \$ respectivamente en el periodo del 2010 al 2012 (3).

- ✓ Trabajo de investigación titulado: *“Mejora de la granulometría mediante el diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo de holmberg en la galería 370 de la zona Coturcan en la mina Huancapeti – año 2015”*. El objetivo del presente trabajo es aplicar la mejora del diseño de malla de perforación y voladura mediante el modelo de Holmberg, para el control del grado de fragmentación. Los resultados obtenidos, mediante el análisis de los parámetros asociados al macizo rocoso, tipo de explosivo y accesorios de voladura. Los resultados obtenidos para el control de la granulometría post voladura, considera el incremento de metros perforados en 24 y mejora en el avance efectivo en 7.8 % y en 11.9 % en la producción y reducción de la granulometría menor a 27.3 cm (4).

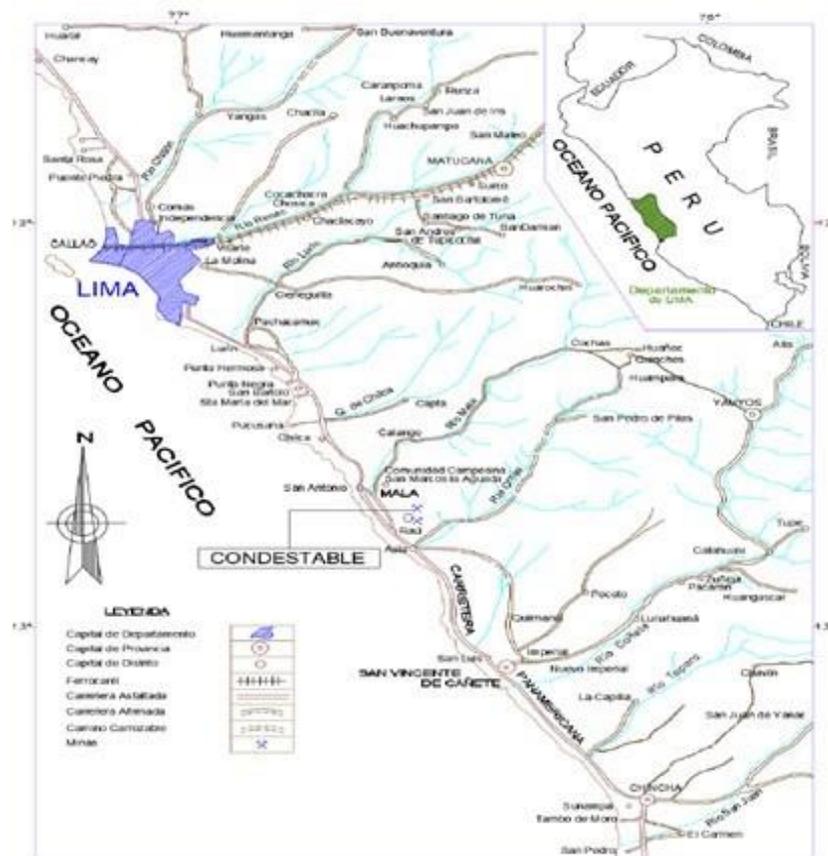
- ✓ Tesis titulada: *“Optimización uso de los detonadores electrónicos Fametronic para evaluar la fragmentación de la roca en compañía minera Condestable S. A.”*. El objetivo fue realizar el análisis comparativo de detonadores electrónicos

y pirotécnicos. El uso del Fametrónic y su influencia en la fragmentación en minería subterránea., generaron la disminución de la granulometría de 10.26 pulgadas a 6.80 pulgadas (5).

2.2 Generalidades de la unidad minera

2.2.1 Ubicación de la mina Condestable - Raúl

La operación consiste de 2 minas continuas Raúl y Condestable, ubicado en el distrito de Mala, provincia de Cañete y departamento de Lima. Se ubica en las coordenadas geográficas de: 76°35'30" W y 12°42'02" S.



**Figura 1. Ubicación de la mina Raúl - Condestable
Tomada del Departamento Planeamiento**

2.2.2 Accesibilidad a la unidad minera

Su acceso principal desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Mala y de allí en trocha afirmada a la mina Condestable.

Tabla 2. Accesibilidad a Condestable

RUTA	DISTANCIA	VÍA
Lima a Mala	90 km	Autopista - asfaltado
Mala a la Unidad minera	5 km	Trocha - afirmado

Tomada del Departamento Planeamiento

2.3 Geología general

Asociado principalmente a rocas volcano sedimentarias, de edades Jurásicas al Cretáceo Inferior, compuesta principalmente por el grupo Yura, grupo Morro Solar, formaciones Pucusana, Pamplona, Atocongo, Chilca y hacia el sur el volcánico Quilmaná.

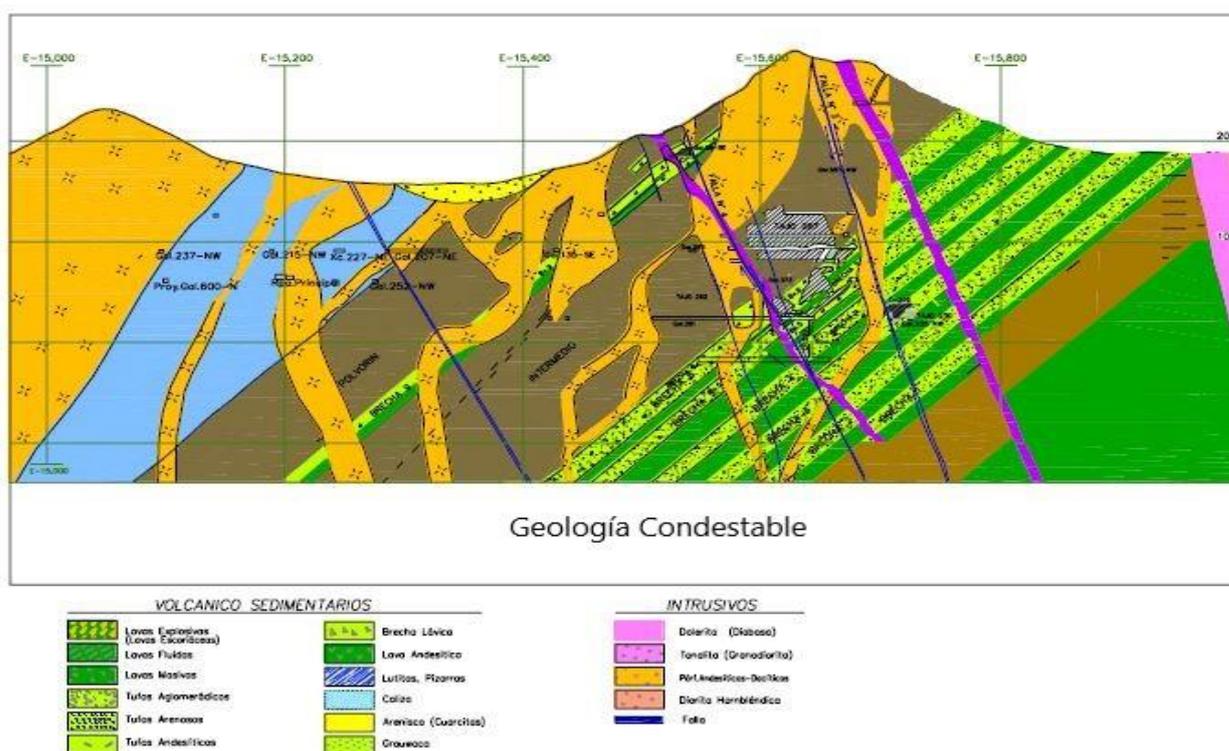


Figura 2. Perfil geológico de Condestable
Tomada del Departamento Geología

2.3.1 Geología local

El área de estudio está asociado a un ambiente volcano sedimentaria, considerados por andesitas, calizas y areniscas, las que fueron intruidas por rocas ígneas del batolito de la costa, compuesta por granitos, granodioritas y dioritas. Así

mismo, la presencia como fase tardía asociada a un pórfido de andesita y dacita, con diques de diabasa finales.

La estratigrafía presente considera las unidades litológicas desde edades del aptiano (formación Atocongo) a edades del hauterviano (formación Pucusana).

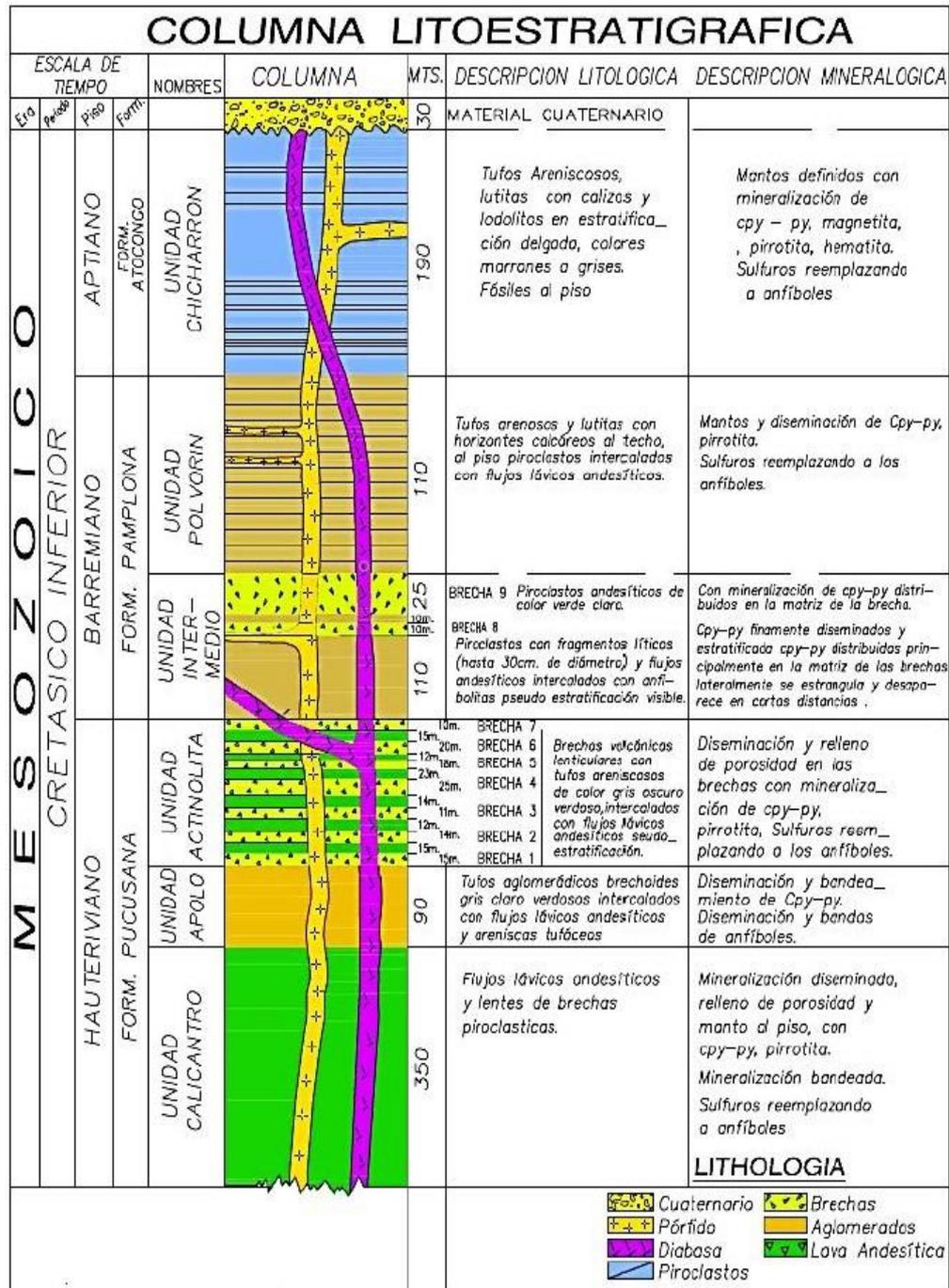


Figura 3. Estratigrafía de Condestable
Tomada del Departamento Geología

2.3.2 Geología estructural

Las características estructurales asociada al tectonismo andino desarrollaron 3 familias estructurales consideradas como:

- Sistema N 24 a 46° E, con buzamiento 74 a 90° SE.
- Sistema N 5 a 10° W, con buzamiento 65° NE.
- Sistema WNN – ESE a EW, con buzamiento 60 a 90° NE

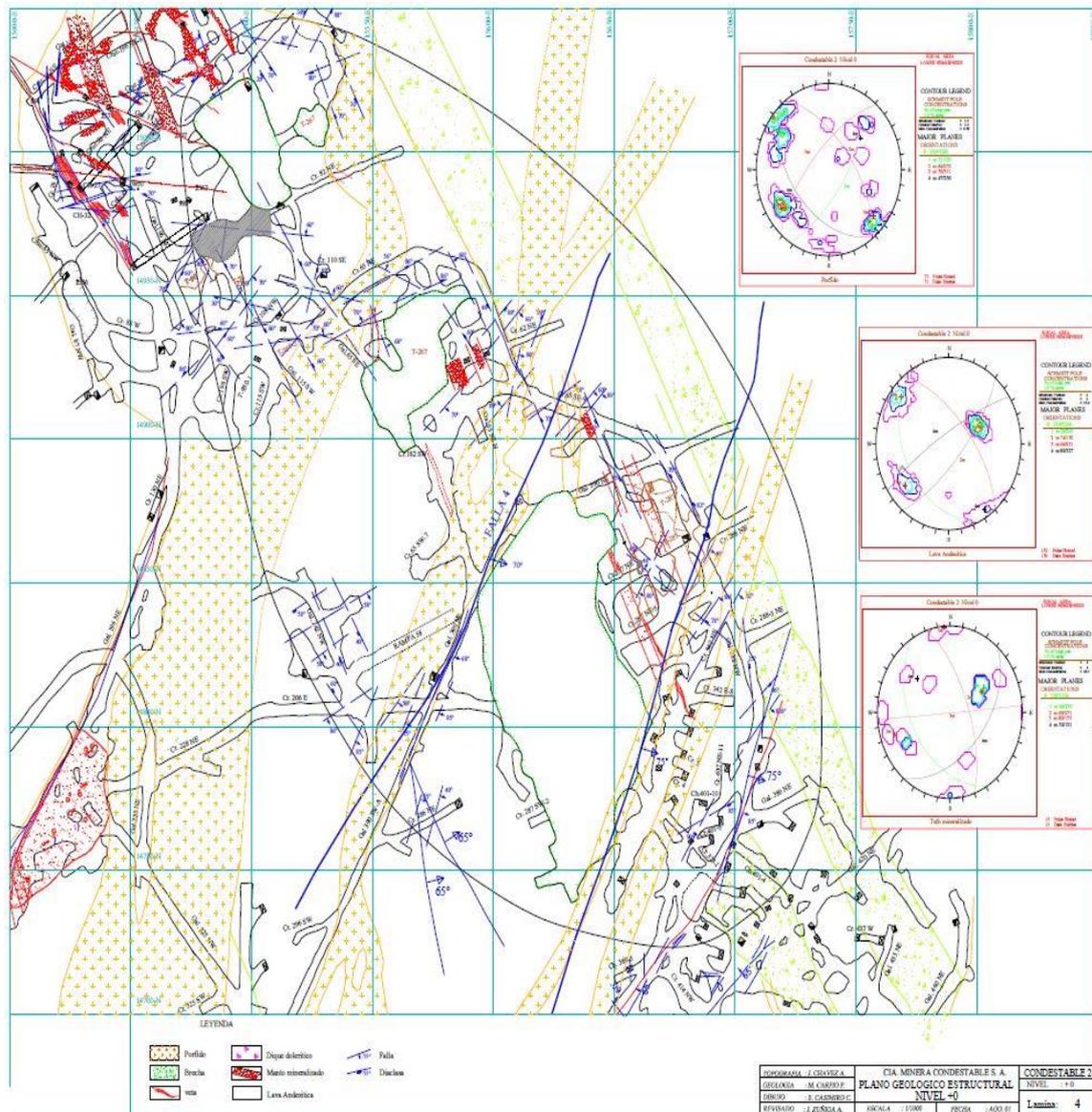


Figura 4. Comportamiento estructural de Condestable Tomada del Departamento Geología

2.3.3 Geomecánica

La mina Acumulación Condestable se caracteriza por tener el tipo de calidad de roca de buena-B a regular-B (clases: IIB-III B), teniendo zonas puntuales de roca mala-A (clase: IVA) debido a la intersección con estructuras locales o principales. El porcentaje de calidad de roca se divide en:

Tabla 3. Características de calidad de roca, Condestable

CLASE	%
II B	68 %
III A	16 %
III B	12 %
IV A	4 %
TOTAL	100 %

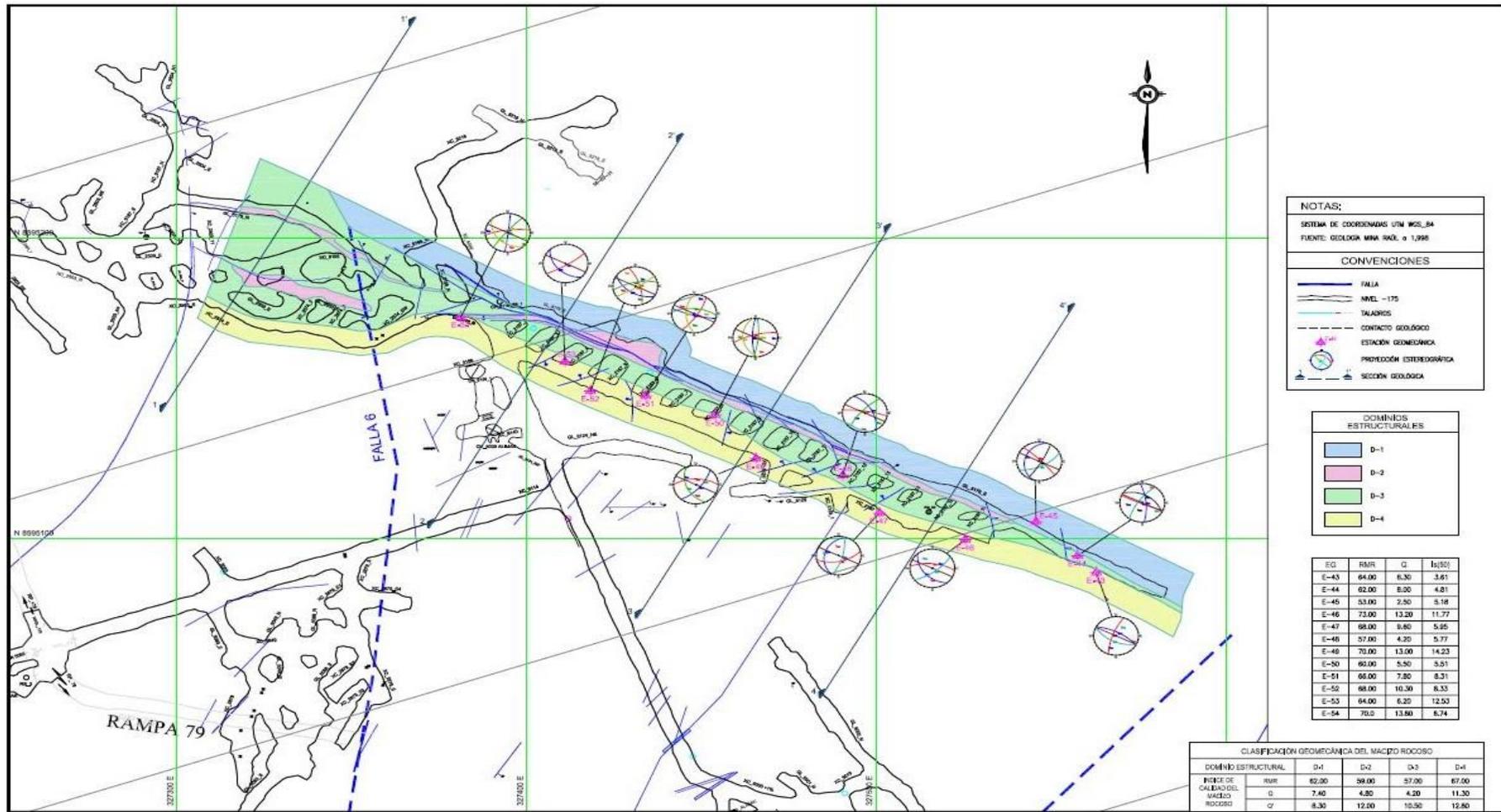
Tomada del Departamento Geomecánica

De acuerdo con los diferentes estudios realizados en la unidad minera, se considera que los diferentes dominios presentes están relacionados a la litología presente (andesita, pórfido dacita, tufos y brechas), los que servirán para definir los dominios geomecánicos.

Tabla 4. Dominio geomecánico

Domin. geomecán.	Litología	RMR	Clase	Calidad del macizo rocoso
A	Lava andesita	63	II	Bueno
B	Pórfido dacita - andesítico	58	III - II	Regular a bueno
C	Tufo	55	III - II	Regular a bueno
D	Brecha	49	III	Regular

Tomada del Departamento Geomecánica



**Figura 5. Zonificación geomecánica Nv 175, Condestable
 Tomada del Departamento Geomecánica**

2.4 Método de explotación

De acuerdo con las propiedades geológicas, geomecánicas, operacionales y económicas, se clasifico el método de minado por subniveles con taladros largos:

2.4.1 Tajeo por subniveles con taladros largos

El diseño del método de minado aplicado en los tajeos considera las siguientes dimensiones:

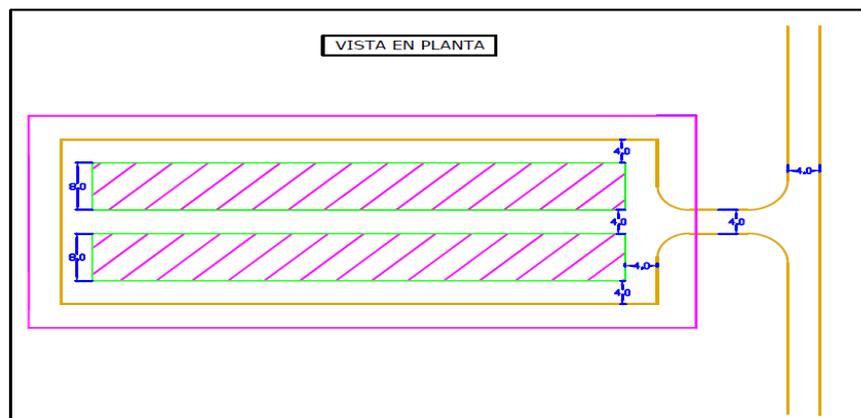
- Longitud de tajeo: 100 metros
- Potencias: 5 a 20 metros
- Alturas: 20 a 40 metros.

Las mallas de perforaciones son de 1.8 x 1.8 metros, se realiza en forma paralela o abanico (positivo o negativo), con longitudes hasta 20 metros.

El tipo de explosivo usado es el ANFO y booster de 150 gr (cebo iniciador), en algunas ocasiones se usa emulsión Emulnor 5000.

La limpieza se realiza a control remoto, con scoops de diferentes capacidades por las ventanas generadas.

Luego de la limpieza se rellena con material detrítico, proveniente de las labores de desarrollo.



**Figura 6. Diseño de minado, tajeo por subniveles
Tomada del Departamento Geomecánica**

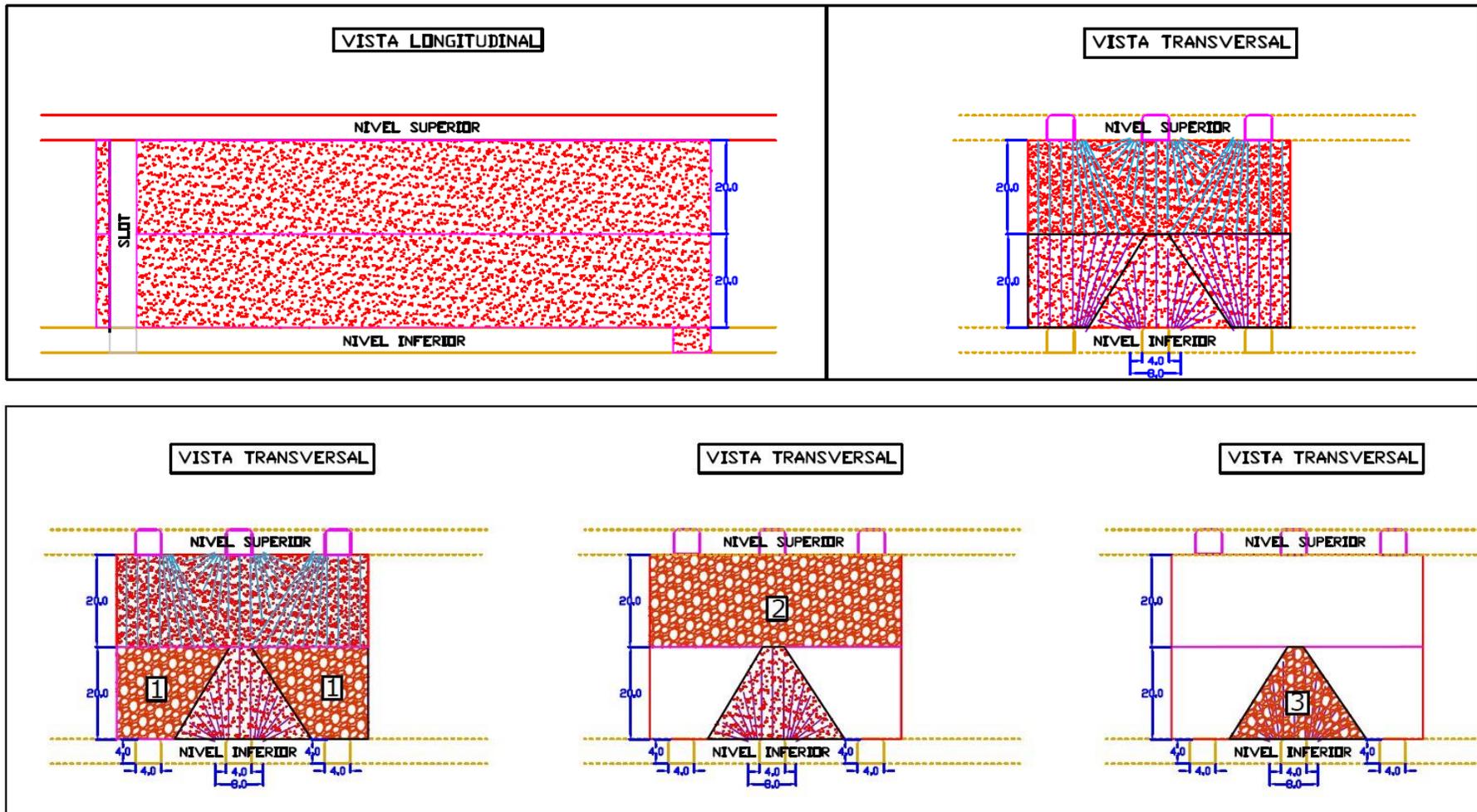


Figura 7. Secuencia de diseño de minado, tajeo por subniveles
Tomada del Departamento Geomecánica

Los parámetros de diseño y operacionales por el método de minado por subniveles considera los siguientes parámetros:

Tabla 5. Parámetros de diseño y operacionales, tajeo por subniveles

Altura del tajeo (m)	40
Altura de sub niveles (bancos) (m)	20
Ancho de tajos en cuerpos (m)	>5
Longitud de tajo (m)	>30
Producción mensual de tajos (tm)	230,000
Producción mensual preparaciones (tm)	11,000
Longitud de la barra (m)	1.5
Diámetro del taladro (mm)	64
Longitud de los taladros (m)	20
Rendimientos (m/Turno)	125
Disponibilidad Mecánica (%)	85
Capacidad mensual (m)	7,500
Índices de perforación (tm/m)	8
Tonelaje perforado (tm/turno)	800
Personal de operación / maquina	2

Tomada del Departamento Planeamiento

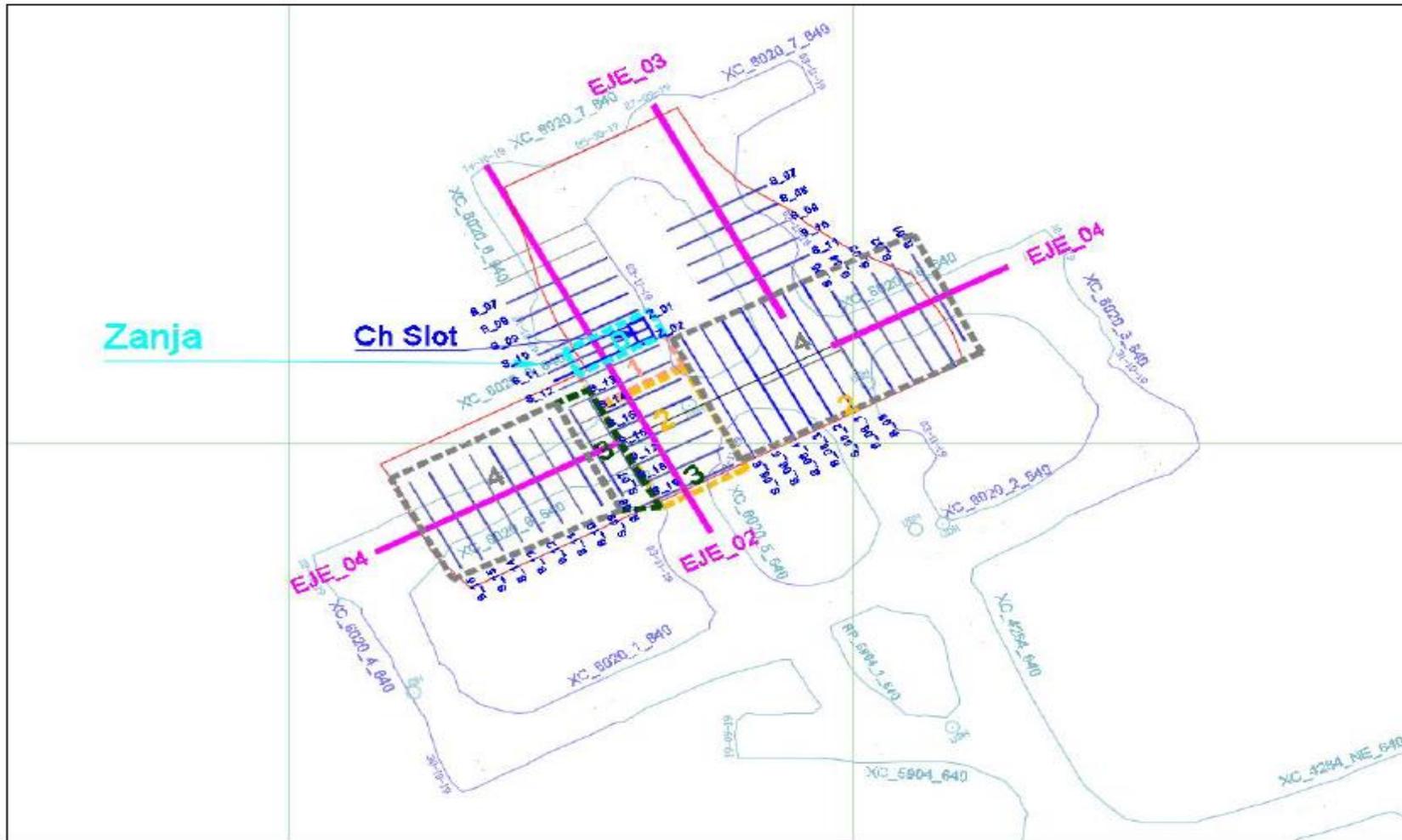
De acuerdo con el control de la dilución, los subniveles tienen alturas de 20 metros, los que son perforados con perforadoras Simba H281.

a) Voladura con taladros largos

El proceso de voladura considera el desarrollo de chimeneas slot de 2.0 x 2.0 para la generación de cara libre, ubicados a los extremos de los tajos preparados con rumbo de la estructura mineralizada.

El efecto de la voladura debe cumplir el control de la dilución, el cumplimiento del tonelaje y controlar las leyes programadas. Así mismo, mantener el control del diseño de las labores de desarrollo y preparación como el *by pass* y las ventanas.

Los resultados de la voladura, considera bancos máximos de 30 x 20", durante la fragmentación programada.



**Figura 8. Plano de perforación, tajeo por subniveles
Tomada del Departamento Planeamiento**

b) Explosivos utilizados en tajeo por subniveles

Los explosivos utilizados en la unidad minera son:

Tabla 6. Explosivos utilizados en voladura, tajeo por subniveles

ITEM	Densidad (g/cm ³)	Velocidad de detonación (m/seg)	Presión de detonación (kbar)	Resistencia al agua
ANFO	0.8	3100	38	
Emulsión 5000 1½" x 7"	1.16	5500	88	Excelente
Emulsión 5000 1" x 7"	1.16	5500	88	Excelente
Booster	1.6	7000	100	Excelente

Tomada del Departamento Planeamiento

2.5 Bases teóricas del estudio

Las consideraciones de mejora en el rendimiento operacional en la unidad minera permitieron realizar el estudio de las variables en equipos de carguío (scoops) y su relación en el P80 solicitado por planta concentradora de acuerdo con el cumplimiento del plan de producción programado por el Área de Planeamiento. El trabajo realizará un comparativo de las variables operacionales de carguío como tonelaje acarrado (tonelaje, número viajes, número de cucharas y ton/viaje), disponibilidad – utilización, horas efectivas y grado de fragmentación, durante el periodo de enero a febrero y el periodo de marzo a abril, considerando los resultados de años del 2020, 2021 y 2023.

2.5.1 Características de producción

El programa de producción anual para las minas Raúl y Condestable considera un tonelaje de 2,379,287 y 525,719 toneladas respectivamente, con leyes de Cu@ 0.73 % y Cu@ 0.67 %.

El total de producción anual en la mina Raúl y Condestable considera 2,905,000 toneladas y ley media de Cu@ 0.72 %.

El total de tonelaje programado en avances considerando la mina Raúl y Condestable fueron de 122,628 y 19,218 toneladas con leyes de Cu@ 0.81% y Cu@ 0.83%. El total de avances programados en las minas Raúl y Condestable, se consideró en 31,998 metros lineales, considerando labores de exploración, desarrollo y preparación.

Tabla 7. Programa de producción, mina Raúl y Condestable

MINA	METODO	Data	Ene. 2023	Feb. 2023	Mar. 2023	Abr. 2023	May. 2023	Jun. 2023	Jul. 2023	Ago. 2023	Set. 2023	Oct. 2023	Nov. 2023	Dic. 2023	Grand Total
RAUL	AVANCES	TMS	9,455	7,894	13,643	10,271	11,620	9,328	10,829	11,921	5,067	9,218	13,235	10,147	122,628
		%Cu	0.86	0.81	0.92	0.86	0.80	0.96	0.85	0.98	0.96	0.69	0.58	0.58	0.81
	TL	TMS	208,203	178,977	189,405	179,272	187,911	182,867	190,433	196,510	187,925	191,915	175,810	187,431	2,256,659
		%Cu	0.70	0.73	0.73	0.72	0.72	0.66	0.72	0.75	0.75	0.72	0.77	0.75	0.73
TMS RAUL		TMS	217,658.00	186,871.00	203,048.00	189,543.00	199,531.00	192,195.00	201,262.00	208,431.00	192,992.00	201,133.00	189,045.00	197,578.00	2,379,287
%CU Raul		%Cu	0.71	0.73	0.74	0.73	0.72	0.67	0.73	0.76	0.76	0.72	0.76	0.74	0.73
CONDESTABLE	AVANCES	TMS	2,146	4,039	2,601	195	3,612	2,765	1,636	586	837	201	404	196	19,218
		%Cu	0.72	1.23	0.69	0.44	0.76	0.76	0.66	0.60	0.95	0.43	0.83	0.53	0.83
	TL	TMS	27,195	29,090	41,352	49,263	43,857	44,040	44,103	37,984	45,172	45,668	49,551	49,226	506,501
		%Cu	0.65	0.60	0.53	0.58	0.60	0.96	0.80	0.62	0.62	0.79	0.68	0.61	0.67
TMS Condestable		TMS	29,341.00	33,129.00	43,953.00	49,458.00	47,469.00	46,805.00	45,739.00	38,570.00	46,009.00	45,869.00	49,955.00	49,422.00	525,719
%CU Condestable		%Cu	0.66	0.68	0.54	0.58	0.61	0.95	0.79	0.62	0.63	0.79	0.68	0.61	0.68
Grand Total		TMS	247,000	220,000	247,000	239,000	247,000	239,000	247,000	247,000	239,000	247,000	239,000	247,000	2,905,000
		%Cu	0.70	0.72	0.71	0.70	0.70	0.73	0.74	0.74	0.73	0.73	0.74	0.71	0.72

Tomada del Departamento Planeamiento

Tabla 8. Programa anual de avance, mina Raúl y Condestable

MINA	FASE	LABOR	SECC_LABOR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUN2	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL GENERAL	
CONDESTABLE	DESARROLLO	CH	2.0x2.0											8	49		57	
		RB	4.1					64	61	61							125	
		RP	5.0x4.0	260	325	102	208	392	107	107	305							1,699
		XC	4.0x4.0				351	21	36	36			32					440
	Total DESARROLLO			260	325	102	559	477	204	204	305		32	8	49			2,321
	EXPLORACION	XC	4.0x4.0	145	100	100	100	158	70	70	27	10	90	50	25			875
	Total EXPLORACION			145	100	100	100	158	70	70	27	10	90	50	25			875
	PREPARACION	CH	2.0x2.0	53	15			30	66	66	4	30	12					210
		XC	4.0x4.0	297	417	317	674	369	223	223	176	58	360	122	29	160		3,202
	Total PREPARACION			350	432	317	674	399	289	289	180	88	372	122	29	160		3,412
Total CONDESTABLE				755	857	519	1,333	1,034	563	563	512	98	494	180	103	160		6,608
RAUL	DESARROLLO	CH	2.0x2.0	16	25	25	39	39	25	25	74	26	25	45		25	362	
		RB	4.1	90	90	92	92	29	29	29	90	90	90	90	88	88		956
		RP	5.0x4.0			291	118	24	101	101		269	191				206	1,200
		XC	4.0x4.0	388	229		33	428	562	562	472	604	250	891	562	294		4,713
	Total DESARROLLO			494	344	408	281	519	717	717	636	989	556	1,026	650	613		7,231
	EXPLORACION	XC	4.0x4.0	90	80	50	50	92	130	130	58	90	10	0	12			662
	Total EXPLORACION			90	80	50	50	92	130	130	58	90	10	0	12			662
	PREPARACION	CH	2.0x2.0	78	67	71	53	54	69	69	18	66	73	36	40	63		688
		RP	5.0x4.0				91	12				234	178	22				537
		XC	4.0x4.0	1,178	1,229	1,532	792	938	1,115	1,115	1,377	1,202	1,339	1,365	1,850	1,755		15,672
Total PREPARACION			1,256	1,296	1,603	936	1,004	1,184	1,184	1,395	1,502	1,590	1,423	1,890	1,818		16,897	
Total RAUL				1,840	1,720	2,061	1,267	1,615	2,031	2,031	2,089	2,581	2,156	2,449	2,552	2,431		24,790
VINCHOS	DESARROLLO	RB	4.1	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0	600	
	Total DESARROLLO			60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0		600
Total VINCHOS				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0		600
Total general				2,655	2,637	2,640	2,660	2,709	2,654	2,654	2,661	2,739	2,710	2,689	2,655	2,591		31,998

Tomada del Departamento Planeamiento

2.5.2 Sistema de acarreo y limpieza de mineral

La extracción de mineral se realiza de los tajos que se encuentran en producción a través de ventanas con chimenea en contra del buzamiento de la labor. El mineral es transportado desde el frente direccionado a la chimenea de extracción para que el mineral se almacene en ventanas de extracción. Luego de almacenado el mineral en estas ventanas, este mineral es acarreado por equipos de bajo perfil: *scooptram* modelo ST14 con 14 toneladas de capacidad de cuchara, R_1600 con capacidad de 6yd³, y R_1300 con capacidad de 4 yd³ hasta las cámaras de carguío de volquetes para luego ser transportado hasta superficie.

La extracción de desmonte se realiza de los frentes de avance tales como pie de chimeneas, cruceros, ventanas, rampas de diferentes secciones (5.0 m x 4.0 m, 4.0 m x 4.0 m) el desmonte es transportado desde el frente hasta las cámaras de almacenamiento, luego es transportado en volquetes los cuales se cargan en cámaras construidas para este fin con equipos de bajo perfil como *scooptram* de modelo R_1600 de capacidad de 6 yd³, y *scooptram* de modelo R_1300 de capacidad de 4 yd³. Desde estas cámaras el desmonte es transportado hasta superficie.

- ✓ Scoop ST14 (14 t)

Specifications	
Capacities	
Tramming capacity	14 000 kg
Tramming capacity with EOD bucket	12 000 kg
Breakout force, hydraulic	22 300 kg
Breakout force, mechanical	18 240 kg
Weight	
Approximate weight	39 100 kg
Axle load, front end	18 900 kg
Axle load, rear end	20 200 kg
Motion times	
Boom raising	7.6 sec
Boom lowering	4.0 sec
Dumping	3.0 sec

Figura 9. Especificaciones técnicas., Scoop ST14 – 14 t



**Figura 10. Scoop St14 de 14 t de capacidad nominal
Tomada del Departamento Planeamiento**

Para el periodo 2022, se consideró un total de 33 unidades correspondiente a 4 empresas contratistas, siendo la empresa CN SAC con un total de 20 unidades (modelos Scania 8x4, Volvo 10x6 y Volvo 8x4), seguidas por ACOINSA con 5 unidades y las empresas BJ GRUPO y OPERMIN con 4 unidades cada uno.

2.5.3 Disponibilidad y utilización en equipos de acarreo

Para el análisis de los indicadores operacionales en scoops de 4 y 6 yd³, se presentó los resultados durante los periodos del 2020, 2021 y 2022. Para cada periodo analizado se considera la utilización, disponibilidad y su rendimiento asociado t/h.

La disponibilidad (%) en los equipos de 4 yd³ durante los periodos 2020, 2021 y 2022 fueron de 88 %, 84 % y 82 % respectivamente, para los equipos de 6 yd³ fueron del 83 %, 89 % y 88 % en los mismos periodos.

La utilización (%) en los equipos de 4 yd³ durante los periodos 2020, 2021 y 2022 fueron de 42 %, 47 % y 36 % respectivamente, para los equipos de 6 yd³ fueron del 60 %, 59 % en los mismos periodos.

El rendimiento (t/h) en los equipos de 4 yd³ durante los periodos 2020, 2021 y 2022 fueron de 59, 50 y 56 (t/h) respectivamente, para los equipos de 6 yd³ fueron del 115, 105 y 116 (t/h) en los mismos periodos.

Tabla 9. Indicadores de scoop 4 yd³, periodo 2020, 2021 y 2022

RENDIMIENTO SCOOP (4 YD3)					
PERIODOS: 2020 - 2021- 2022					
CAPACIDAD	EQUIPO	INDICADORES	Prom. 2020	Prom. 2021	Prom. 2022
Scoop 4 yd3	C415	DM (%)	91%	87%	77%
		UTIL (%)	42%	51%	40%
		REND. (TM/Hr)	50	43	54
	C420	DM (%)	95%	89%	87%
		UTIL (%)	53%	50%	43%
		REND. (TM/Hr)	65	56	73
	C431	DM (%)	84%	74%	76%
		UTIL (%)	42%	40%	18%
		REND. (TM/Hr)	63	51	41
Total Scoop 4 yd3		DM (%)	88%	84%	82%
		UTIL (%)	42%	47%	36%
		REND. (TM/Hr)	59	50	56

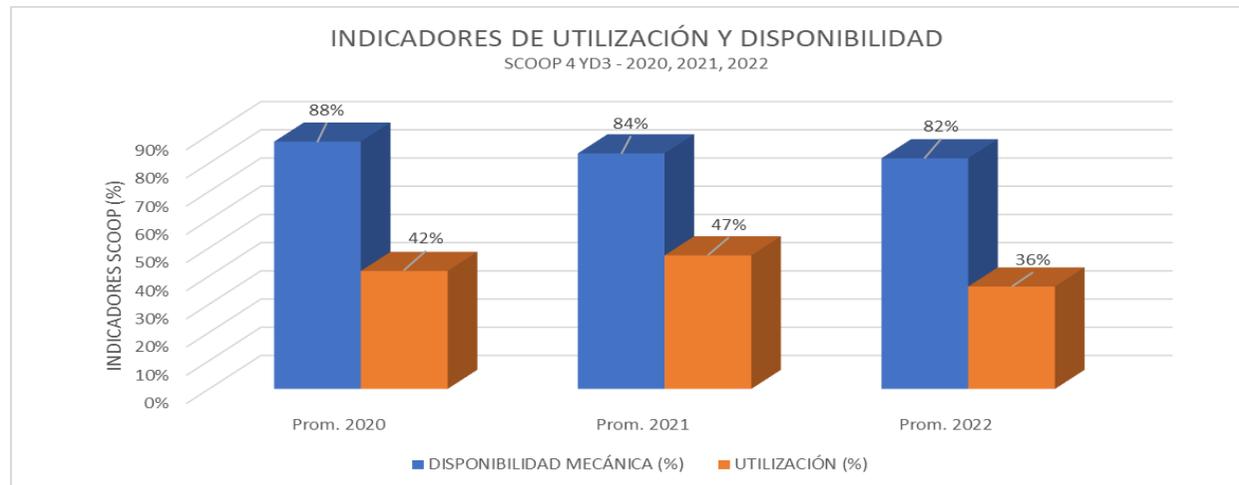


Figura 11. Indicadores de utilización y disponibilidad 4 yd³, 2020, 2021 y 2022

Tabla 10. Indicadores de scoop 6 yd³, periodo 2020, 2021 y 2022

RENDIMIENTO SCOOP (6 YD3)					
PERIODO 2020 - 2021 - 2023					
CAPACIDAD	EQUIPO	INDICADORES	Prom. 2020	Prom. 2021	Prom. 2022
Scoop 6 yd3	C606	DM (%)	85%	85%	90%
		UTIL (%)	65%	59%	50%
		REND. (TM/Hr)	109	107	102
	C609	DM (%)	96%	89%	88%
		UTIL (%)	66%	64%	54%
		REND. (TM/Hr)	139	130	137
	C624	DM (%)	94%	93%	91%
		UTIL (%)	58%	58%	61%
		REND. (TM/Hr)	114	109	135
	C625	DM (%)	80%	92%	91%
		UTIL (%)	65%	63%	61%
		REND. (TM/Hr)	98	103	121
	C626	DM (%)	75%	85%	78%
		UTIL (%)	53%	57%	46%
		REND. (TM/Hr)	107	85	77
	C627	DM (%)	85%	94%	88%
		UTIL (%)	57%	59%	57%
		REND. (TM/Hr)	107	110	124
	C629	DM (%)	83%	87%	82%
		UTIL (%)	62%	58%	54%
		REND. (TM/Hr)	118	106	102
C630	DM (%)	83%	90%	88%	
	UTIL (%)	60%	57%	56%	
	REND. (TM/Hr)	124	94	100	
C631	DM (%)	-	-	95%	
	UTIL (%)	-	-	62%	
	REND. (TM/Hr)	-	-	143	
Total Scoop 6 yd3	DM (%)	83%	89%	88%	
	UTIL (%)	60%	59%	56%	
	REND. (TM/Hr)	115	105	116	

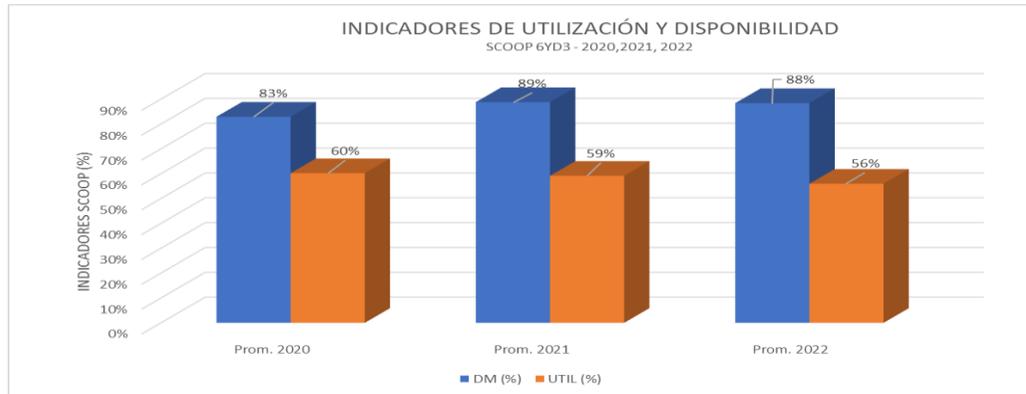


Figura 12. Indicadores de utilización y disponibilidad 6 yd³, 2020, 2021 y 2022

2.5.4 Horas efectivas operacionales en equipos de acarreo

Para el desarrollo del presente trabajo, consideramos el análisis de los indicadores operacionales como horas efectivas operacionales y consumo de combustible durante el periodo enero a abril del 2023.

Asimismo, para tener una mejor idea en el comportamiento de estos indicadores se analiza los indicadores anuales de los scoops de 4 y 6 yd³ durante los años 2020, 2021 y 2022.

Tabla 11. Horas efectivas y consumo de combustible anual, scoop 4-6 yd³

HORAS EFECTIVAS Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE ANUAL					
SCOOP 4 - 6 YD3 - PERIODO 2020 - 2021 - 2022					
RATIOS		UNIDAD	PROM. 2020	PROM. 2021	PROM. 2022
CONSUMO DE COMBUSTIBLE					
CMC	Scoop 6yd ³	Gl/hr	5.22	5.35	5.57
	Scoop 4yd ³		4.61	4.51	4.77
FABRICA	Scoop 6yd ³ (bajo)		4-6	4-6	4-6
	Scoop 4yd ³ (medio)		4-5	4-5	4-5
PROMEDIO FLOTA			4.92	4.93	5.17
HORAS DE OPERACIÓN					
Scoop 6yd ³		Hr/día	12.39	13.05	12.45
Scoop 4yd ³			10.85	10.96	8.89
PROMEDIO FLOTA			11.62	12.00	10.67

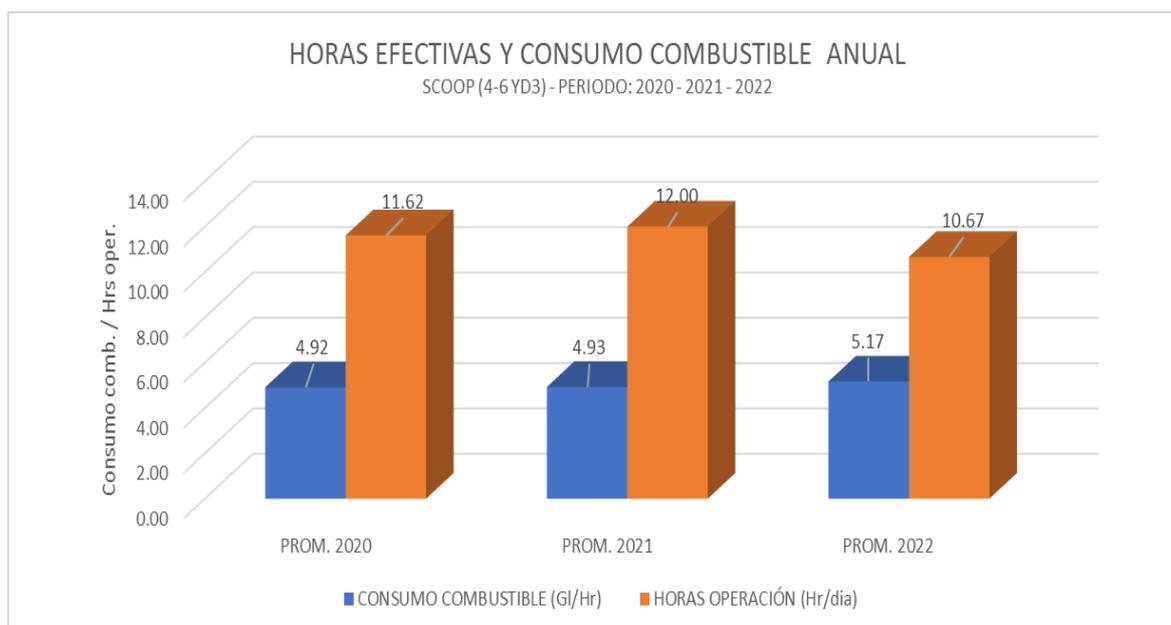


Figura 13. Horas efectivas y consumo combustible anual, scoop 4-6 yd³

Las horas efectivas operacionales promedio de los equipos de acarreo de 4 yd³ durante los periodos 2020, 2021 y 2022 fueron de 10.85, 10.96 y 8.89 h/día respectivamente y para los equipos de 6 yd³ fueron del 12.39, 13.05 y 12.45 h/día en los mismos periodos.

El consumo de combustible promedio de los equipos de acarreo de 4 yd³ durante los periodos 2020, 2021 y 2022 fueron de 4.61, 4.51 y 4.77 gal/h, respectivamente y para los equipos de 6 yd³ fueron del 5.22 5.35 5.57 gal/h en los mismos periodos.

2.5.5 Granulometría asociada los equipos de acarreo

Para el desarrollo del presente trabajo, se considera como parámetro importante en el análisis de los *scoops* de 4 y 6 yd³, entender el comportamiento de la granulometría en la capacidad efectivo de estos equipos de acarreo.

El resultado de la voladura en los diferentes frentes operacionales, son dependientes de las características geológicas del yacimiento, como el tipo de roca, alteraciones asociadas a la roca, grados de fracturamiento, tipos de rellenos, dureza, densidad, etc.

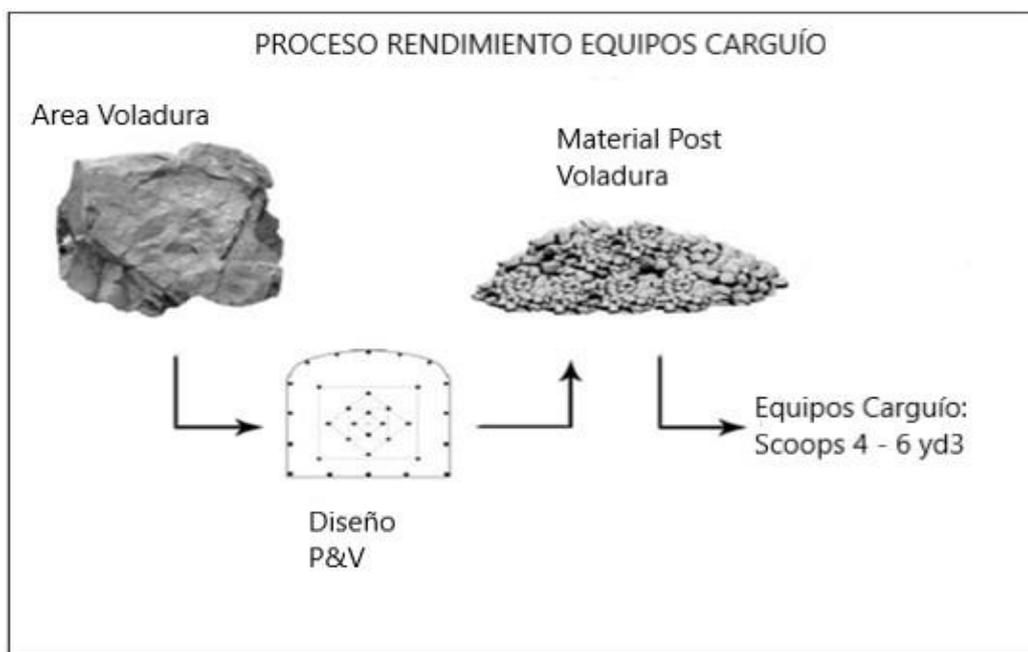


Figura 14. Proceso de rendimiento de equipos de carguío, asociado a la granulometría

Para ver el comportamiento de la granulometría en el rendimiento de los equipos de carguío, se realizó el análisis de las curvas granulométricas y ver el comportamiento de la capacidad efectiva con la capacidad nominal.



Figura 15. Mineral post voladura, cámara 120



Figura 16. Mineral post voladura, cámara 135

Para realizar el análisis comparativo, se tomará como base un estudio realizado en la unidad minera en periodos anteriores.

Como línea base se tiene las voladuras electrónicas con malla 1.8mx1.8m en promedio del año 2022, se obtuvieron como P80 6.5 pulgadas, del análisis pasante chancado primario de output 5 pulgadas se tuvo 75 % material pasante para este tamaño y finalmente un porcentaje de finos 1 pulgada de 24 % pasante a este tamaño.

Asimismo, de las voladuras con fanel con malla 1.8 m x 1.8 m en promedio se obtuvieron como P80 12.7 pulgadas del análisis pasante chancado primario de output 5 pulgadas se tuvo 35 % material pasante para este tamaño y finalmente un porcentaje de finos 1 pulgada de 6 % pasante a este tamaño.

Tabla 12. Granulometría en tajos realizado por Famesa, periodo 2022

Tipo de malla	P80 fragmentación pulgadas	% Pasante parrilla 24 pulg	% Pasante chancador primario 5 pulg	% Finos < 1"
Fanel (malla 1.8m x 1.8m)	12.7	99%	35%	6%
Fametriconic (malla 1.8m x 1.8m)	6.5	100%	75%	24%
Fanel (malla 1.8m x 2.2m)	17.1	92%	25%	4%

Tomada de Famesa explosivos

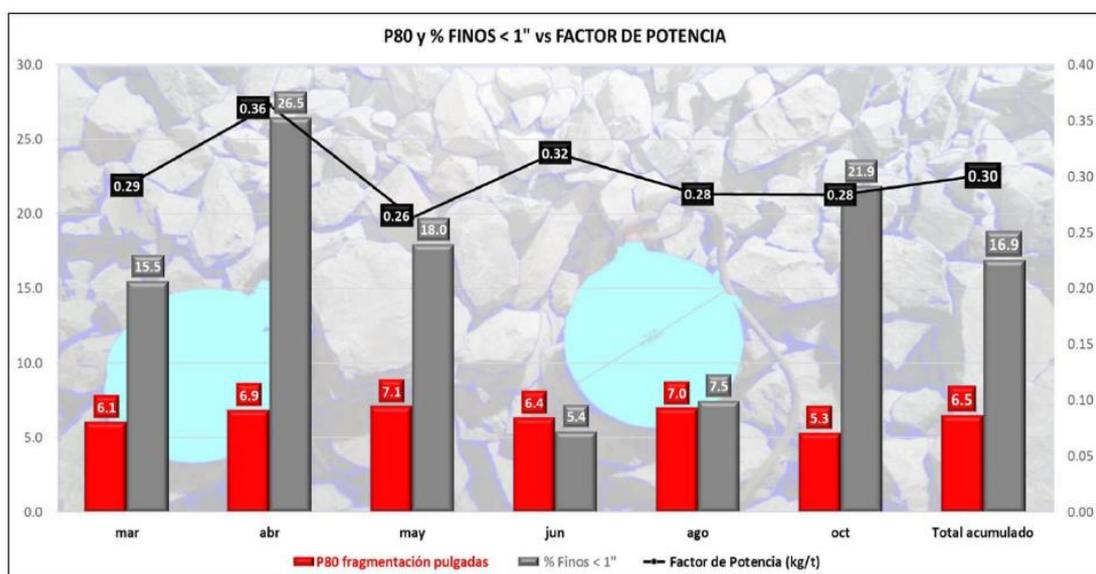


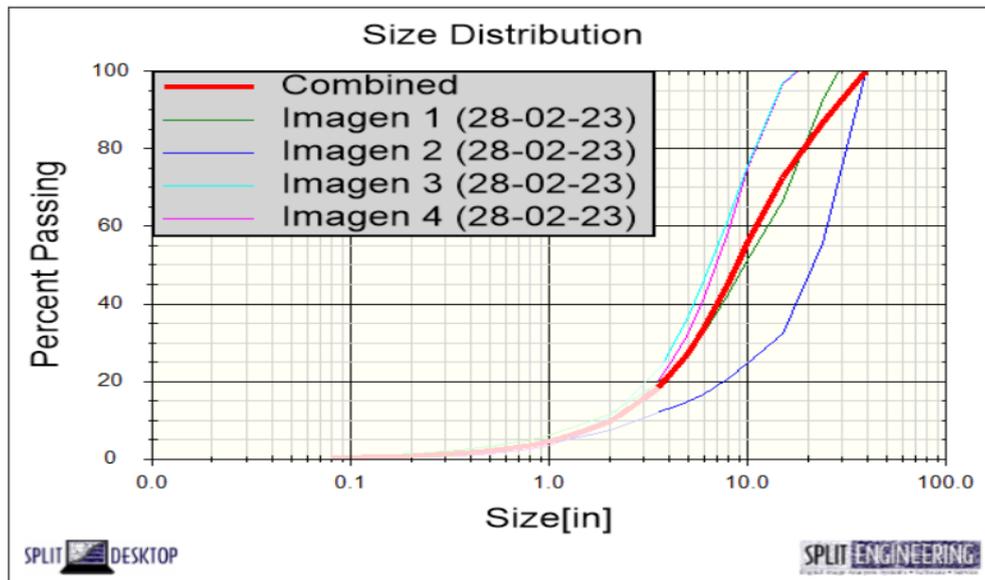
Figura 17. Relación P80, finos y factor de potencia en tajos, periodo 2022 Tomada de Famesa explosivos



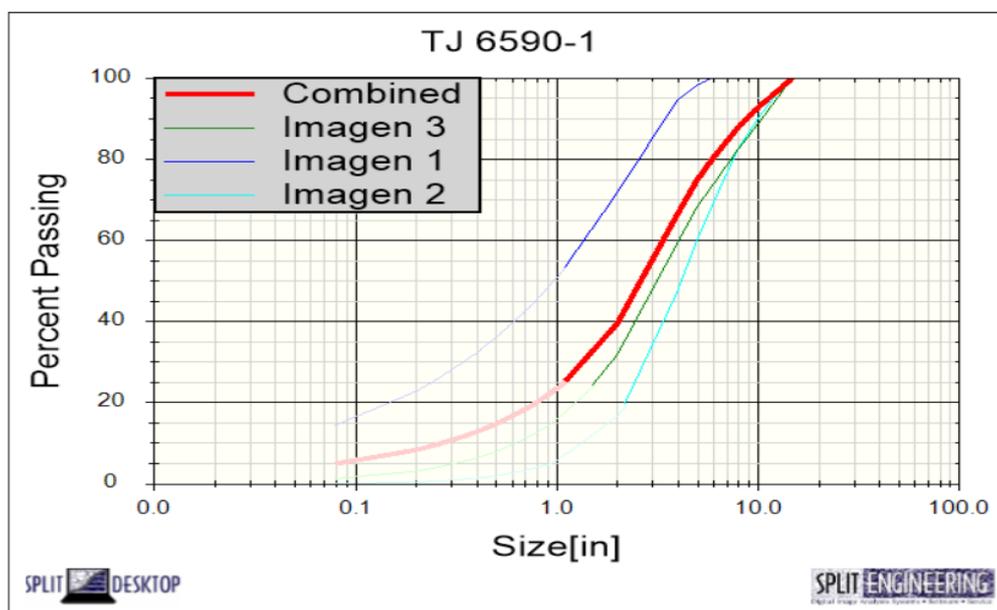
**Figura 18. Mineral post voladura, Tj 6125
Tomada de Famesa explosivos**



**Figura 19. Mineral post voladura, Tj 6590 - 1
Tomada de Famesa explosivos**



**Figura 20. Distribución granulométrica, Tj 6125
Tomada de Famesa explosivos**



**Figura 21. Distribución granulométrica, Tj 6590 - 1
Tomada de Famesa explosivos**

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

La presente investigación es aplicada de un nivel explicativo, lo que permitirá entender la mejora del rendimiento operacional mediante el análisis de los indicadores operacionales en equipos de carguío en la Compañía Minera Condestable.

A. Método general

Se aplica el método inductivo – deductivo, donde se orienta a estudiar los indicadores operacionales en *scoops* de 4 y 6 yd³, cuyos resultados ayudarán a la mejora del rendimiento operacional en la Compañía Minera Condestable.

B. Métodos específicos

Los indicadores a analizar son los *scoops* de 4 y 6 yd³, determinando el tonelaje acarreado, la utilización y disponibilidad, las horas efectivas operacionales y la granulometría asociada al análisis de 2 periodos para su mejora de enero a febrero y de marzo a abril, considerando las siguientes etapas para su desarrollo:

- ✓ **Recopilación de informes previos.** Se considera los informes de las áreas de Geología, Planeamiento, Geomecánica, Mina y el área de Mantenimiento con la

finalidad de analizar y evaluar los indicadores *scoops* de 4 y 6 yd³, de periodos del 2020, 2021, 2022 y ser comparado con el periodo 20223 (enero a abril).

- ✓ **Trabajo de campo.** Se considera la observación presencial en diferentes frentes operacionales para analizar el grado de fragmentación posvoladura y los indicadores operacionales de los *scoops* de 4 y 6 yd³.
- ✓ **Trabajo de gabinete:** Considera los diferentes cálculos del proceso de acarreo considerando *scoops* de 4 y 6 yd³, a su vez, el análisis del tonelaje acarreado, la utilización y disponibilidad, las horas efectivas operacionales y el grado de fragmentación asociada a los periodos de enero a abril.
- ✓ **Resultados.** Los resultados obtenidos en los diferentes indicadores operacionales de acarreo ayudarán a la mejora del rendimiento operacional, para lo cual se realizará el comparativo del periodo de enero a febrero y el periodo de marzo a abril.

3.1.2 Alcances de la investigación

El desarrollo de la tesis es del tipo aplicada, ya que relacionaremos variables operacionales de acarreo considerando el tonelaje, el rendimiento, las horas operacionales y la granulometría asociada a cada periodo de estudio.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es descriptivo, para lo cual se analiza, interpreta y desarrolla los resultados obtenidos para relacionar la mejora del rendimiento operacional.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Representa los diferentes frentes operacionales de la Compañía Minera Condestable.

3.3.2 Muestra

Comprende los equipos de acarreo scoops de 4 y 6 yd³ Atlas copco modelo R_1600 y R_1300, en las cámaras 120, 135 y 150.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de información está relacionado al método y tipo de investigación realizado.

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Observación en la etapa de acarreo
- ✓ Observación y revisión de granulometría post voladura
- ✓ Formulario de contacto

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Instrumentos de procesador de información (Excel)
- ✓ Ficha de registro de datos
- ✓ Anotaciones de campo
- ✓ Fuentes externas (libros, revistas, etc)
- ✓ Otros

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo permite el análisis de diferentes indicadores operacionales en *scoops* de 4 y 6 yd³ para la mejora del rendimiento operacional, considerando la aplicabilidad del método de minado masivo como el *sublevel stoping* con taladros largos en la Compañía Minera Condestable.

El desarrollo del presente trabajo permitió considerar el análisis de los indicadores operacionales como: tonelaje acarreado, la disponibilidad y utilización, las horas efectivas operacionales y el análisis granulométrico en los equipos de acarreo (*scoops*), durante los periodos de enero y febrero, el cual será comparado con el periodo marzo y abril, para determinar su mejora.

4.1 Análisis del tonelaje acarreado

Durante el desarrollo del trabajo de tesis, se analizó el tonelaje acarreado con *scoops* de 4 y 6 yd³ considerando los periodos de enero a abril. Una de las variables a considerar, fueron las t/h a ser acarreadas, para lo cual se consideró las toneladas y número de viajes, en los periodos de estudio.

- a) Tonelaje acarreado – *scoops* 4 yd³
- ✓ Mes de enero – *scoop* 4 yd³

Para determinar el rendimiento asociado (t/h) en el mes de enero, se consideró los indicadores como tonelaje acarreado, número de viajes y número de cucharas.

Tabla 13. Tonelaje acarreado con scoops de 4 yd³ enero 23

TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 4 YD3 - ENERO 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
Ene - total	266	4,805	30,221	114
01/01/2023	15	175	1,050	70
02/01/2023	16	178	1,118	70
03/01/2023	3	34	210	70
04/01/2023	6	90	570	95
05/01/2023	42	345	2,250	54
06/01/2023	5	30	210	42
07/01/2023	3	50	300	114
08/01/2023	2	38	228	114
09/01/2023	4	79	474	114
10/01/2023	4	67	402	114
11/01/2023	10	206	1,283	128
12/01/2023	4	79	474	114
13/01/2023	4	87	534	134
14/01/2023	6	123	738	114
15/01/2023	3	205	1,310	437
16/01/2023	5	140	899	180
17/01/2023	4	78	468	114
18/01/2023	7	124	744	114
19/01/2023	8	145	870	114
20/01/2023	11	207	1,247	114
21/01/2023	13	239	1,530	114
22/01/2023	10	152	952	95
23/01/2023	60	349	2,180	36
24/01/2023	15	138	918	61
25/01/2023	12	134	876	73
26/01/2023	13	327	2,078	160
27/01/2023	7	138	828	114
28/01/2023	12	205	1,345	114
29/01/2023	8	153	918	114
30/01/2023	26	267	1,736	67
31/01/2023	16	223	1,481	93
PROMEDIO	11	155	975	111

Durante el mes de enero se movilizó un total de 30,221 toneladas, considerando un total de 266 viajes y 4,805 cucharas, y un rendimiento promedio de 114 t/viaje.

El promedio de tonelaje diario fue de 975 toneladas, con un promedio de 11 viajes diarios y de 155 cucharas.

El rango de tonelaje diario durante el mes de enero considera un mínimo de 210 toneladas a un máximo de 2,250 toneladas.

✓ Mes de febrero – scoop 4 yd³

Para determinar el rendimiento asociado (t/h) en el mes de febrero, se consideró los indicadores como tonelaje acarreado, número de viajes y número de cucharas.

Tabla 14. Tonelaje acarreado con scoops de 4 yd³, febrero 23

TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 4 YD3 - FEBRERO 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
Feb-total	106	3,150	19,651	185
01/02/2023	2	107	666	333
02/02/2023	3	38	244	81
03/02/2023	2	61	366	183
04/02/2023	2	58	364	185
05/02/2023	5	132	912	185
06/02/2023	11	161	1,050	95
07/02/2023	2	124	744	372
08/02/2023	9	194	1,220	136
09/02/2023	2	72	432	185
10/02/2023	14	113	714	51
11/02/2023	8	134	804	101
13/02/2023	1	21	126	185
14/02/2023	25	120	720	29
15/02/2023	8	176	1,130	141
16/02/2023	9	97	582	65
17/02/2023	9	261	1,654	185
18/02/2023	5	128	838	185
19/02/2023	3	96	576	185
20/02/2023	6	186	1,200	185
21/02/2023	1	21	126	185
22/02/2023	4	114	663	185
23/02/2023	4	135	810	185
24/02/2023	4	107	670	185
25/02/2023	4	119	734	185
26/02/2023	1	45	270	185
27/02/2023	11	143	858	78
28/02/2023	2	187	1,178	589
PROMEDIO	9	225	1,404	180

Durante el mes de febrero se movilizó un total de 19,651 toneladas, considerando un total de 106 viajes y 3,150 cucharas, y un rendimiento promedio de 185 t/viaje.

El promedio de tonelaje diario fue de 1,404 toneladas, con un promedio de 9 viajes diarios y de 255 cucharas.

El rango de tonelaje diario durante el mes de febrero considera un mínimo de 126 toneladas a un máximo de 1,654 toneladas.

✓ Mes de marzo - scoop 4 yd³

Para determinar el rendimiento asociado (t/h) en el mes de marzo, se consideró los indicadores como tonelaje acarreado, número de viajes y número de cucharas.

Tabla 15. Tonelaje acarreado con scoops de 4 yd³, marzo 23

TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 4 YD3 - MARZO 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
Mar - total	230	4,336	34,257	149
02/03/2023	8	249	1,494	187
03/03/2023	2	248	1,488	744
04/03/2023	8	61	366	46
07/03/2023	9	45	270	30
08/03/2023	24	131	786	33
09/03/2023	15	116	696	46
10/03/2023	10	121	726	73
11/03/2023	8	198	1,188	149
12/03/2023	6	159	954	149
13/03/2023	7	173	1,038	149
14/03/2023	16	147	882	55
15/03/2023	9	261	1,566	174
16/03/2023	20	265	1,590	80
17/03/2023	58	450	2,700	47
18/03/2023	3	193	1,185	395
19/03/2023	3	108	648	216
20/03/2023	6	139	834	149
21/03/2023	4	82	492	123
22/03/2023	62	168	9,202	149
23/03/2023	7	166	1,016	149
24/03/2023	6	137	822	149
25/03/2023	6	150	900	149
26/03/2023	5	121	726	149
27/03/2023	14	132	792	57
28/03/2023	9	106	636	71
29/03/2023	3	69	414	149
30/03/2023	18	140	840	47
PROMEDIO	21	310	2,447	145

Durante el mes de marzo se movilizó un total de 34,257 toneladas, considerando un total de 230 viajes y 4,336 cucharas y un rendimiento promedio de 149 t/viaje.

El promedio de tonelaje diario fue de 2,447 toneladas, con un promedio de 21 viajes diarios y de 310 cucharas.

El rango de tonelaje diario durante el mes de marzo considera un mínimo de 270 toneladas a un máximo de 9,202 toneladas

✓ Mes de abril – scoop 4 yd³

Para determinar el rendimiento asociado (ton/hr) en el mes de abril, se consideró los indicadores como tonelaje acarreado, número de viajes y número de cucharas.

Tabla 16. Tonelaje acarreado con scoops de 4 yd³, abril 23

TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 4 YD3 - ABRIL 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
Abril - total	234	5,254	33,090	141
01/04/2023	1	93	558	558
02/04/2023	14	325	1,950	141
03/04/2023	6	170	1,083	181
04/04/2023	1	171	1,032	1,032
05/04/2023	6	105	630	105
06/04/2023	7	158	984	141
07/04/2023	10	98	686	69
08/04/2023	10	170	1,190	119
09/04/2023	19	255	1,638	86
10/04/2023	15	321	2,063	141
11/04/2023	7	284	1,816	259
12/04/2023	10	215	1,343	134
13/04/2023	8	132	792	99
14/04/2023	60	432	2,952	49
15/04/2023	3	76	456	152
16/04/2023	5	113	678	136
17/04/2023	10	43	258	26
18/04/2023	3	15	90	30
19/04/2023	8	91	546	68
20/04/2023	2	137	822	411
21/04/2023	8	134	821	103
22/04/2023	3	147	882	294
23/04/2023	5	113	678	141
24/04/2023	1	23	161	141
25/04/2023	2	50	321	141
26/04/2023	13	269	1,614	124
27/04/2023	11	236	1,521	141
28/04/2023	14	297	1,926	138
29/04/2023	10	221	1,394	141
30/04/2023	22	236	1,461	66
31/04/2023	5	124	744	149
PROMEDIO	17	167	1,054	166

Durante el mes de abril se movilizó un total de 33,090 toneladas, considerando un total de 234 viajes y 5,254 cucharas, y un rendimiento promedio de 141 t/viaje.

El promedio de tonelaje diario fue de 1,054 toneladas, con un promedio de 17 viajes diarios y de 167 cucharas.

El rango de tonelaje diario durante el mes de abril considera un mínimo de 90 toneladas a un máximo de 2,952 toneladas.

✓ Resumen comparativo – scoop 4 yd³

El análisis comparativo entre los periodos de enero a febrero y de marzo a abril para equipos de acarreo scoops de 4 yd³, consideran los siguientes resultados, representados en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 17. Resumen de tonelaje acarreado, periodo enero a febrero

RESUMEN DE TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 4 YD3 - ENERO A FEBRERO 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
ENERO	266	4,805	30,221	114
FEBRERO	106	3,150	19,651	185
PROMEDIO	372	7,955	49,872	149

Tabla 18. Resumen de tonelaje acarreado, periodo marzo a abril

RESUMEN DE TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 4 YD3 - MARZO A ABRIL 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
MARZO	230	4,336	34,257	149
ABRIL	234	5,254	33,090	141
PROMEDIO	464	9,590	67,347	145

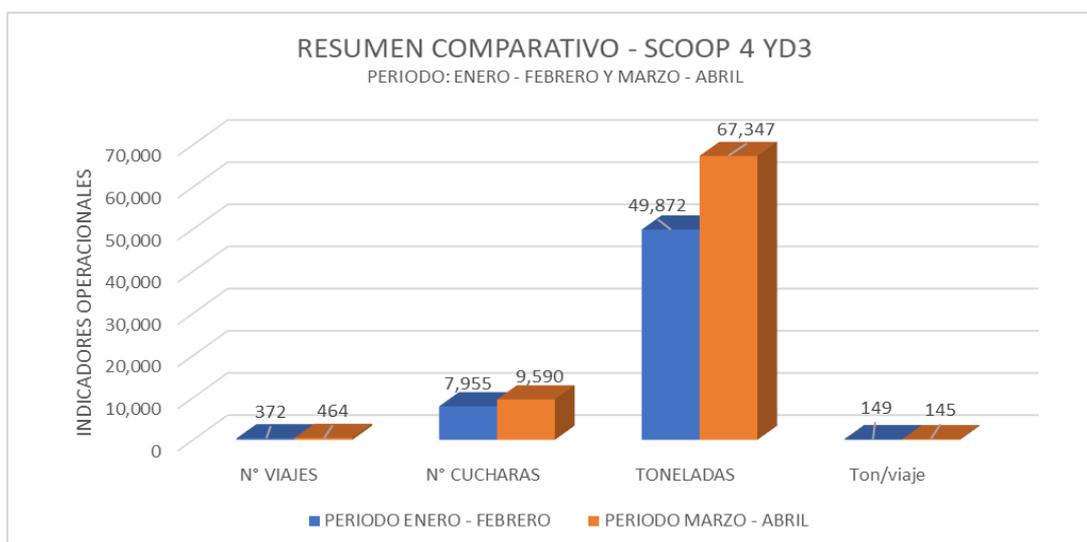


Figura 22. Comparativo sobre indicadores operacionales, scoops 4 yd³

Durante el periodo de enero a febrero movilizó un total de 49,872 toneladas, considerando un total de 372 viajes y 7,955 cucharas, considerando un rendimiento de total de 149 t/viaje.

Durante el periodo de marzo a abril movilizó un total de 67,347 toneladas, considerando un total de 464 viajes y 9,590 cucharas, considerando un rendimiento de total de 145 t/viaje.

Tabla 19. Resumen de tonelaje acarreado, scoops 4 yd³, periodo estudio

RESUMEN DE TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 4 YD3 - ENERO A ABRIL 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
ENERO	266	4,805	30,221	114
FEBRERO	106	3,150	19,651	185
MARZO	230	4,336	34,257	149
ABRIL	234	5,254	33,090	141
PROMEDIO	836	17,545	117,219	147

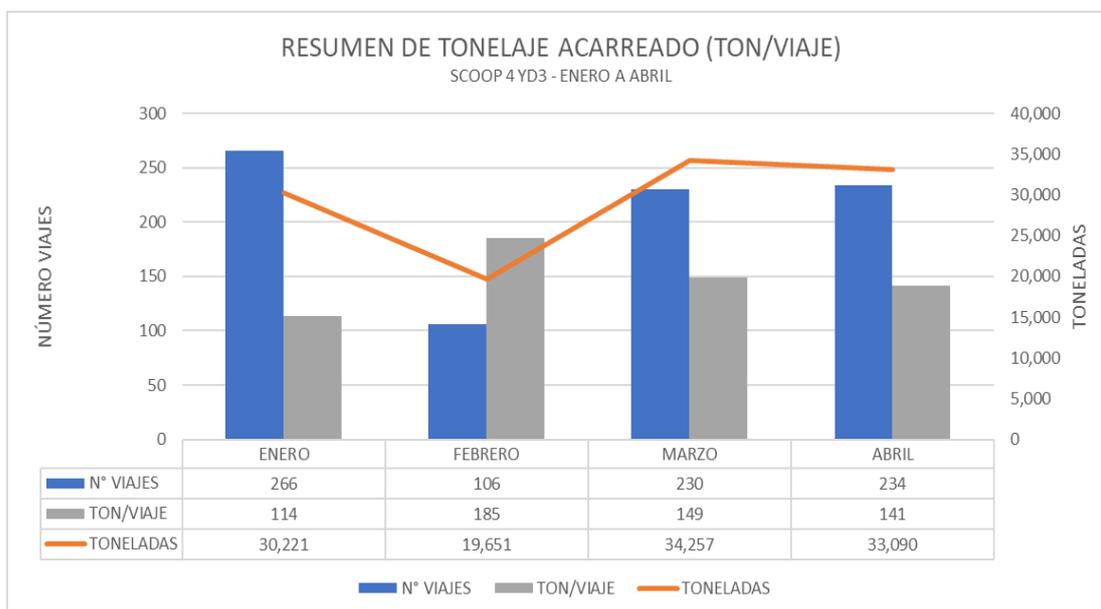


Figura 23. Resumen de indicadores operacionales, scoops 4 yd³

Durante el periodo de estudio de enero a abril se movilizó un total de 117,219 toneladas, considerando un total de 836 viajes y 17,545 cucharas, considerando un rendimiento de total de 147 t/viaje.

b) Tonelaje acarreado – scoops 6 yd³

✓ Mes de enero – scoop 6 yd³

Para determinar el rendimiento asociado (t/h) en el mes de enero, se toma en consideración el uso de los equipos en tajos del método de minado *sublevel stoping* con taladros largos, así mismo se consideró los indicadores como tonelaje acarreado, número de viajes y número de cucharas.

Tabla 20. Tonelaje acarreado con scoops de 6 yd³, enero 23

TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 6 YD3 - ENERO 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
Ene Total	8,080	39,601	380,706	47
01/01/2023	235	1,106	10,362	44
02/01/2023	371	1,452	13,626	37
03/01/2023	238	1,253	12,002	50
04/01/2023	302	1,220	11,536	38
05/01/2023	255	1,040	9,888	39
06/01/2023	243	1,407	13,075	54
07/01/2023	251	1,319	12,315	49
08/01/2023	295	1,567	14,849	50
09/01/2023	240	1,419	13,639	57
10/01/2023	209	1,162	11,106	53
11/01/2023	209	1,169	11,489	55
12/01/2023	247	1,312	12,434	50
13/01/2023	259	1,463	13,875	54
14/01/2023	252	1,290	12,244	49
15/01/2023	266	1,188	11,467	43
16/01/2023	261	1,408	13,484	52
17/01/2023	282	1,225	11,977	42
18/01/2023	278	1,525	14,554	52
19/01/2023	274	1,240	12,093	44
20/01/2023	242	1,157	11,490	47
21/01/2023	298	1,193	11,544	39
22/01/2023	287	1,220	11,566	40
23/01/2023	229	964	9,081	40
24/01/2023	232	1,255	12,519	54
25/01/2023	272	1,169	11,425	42
26/01/2023	265	1,284	12,134	46
27/01/2023	264	1,328	13,222	50
28/01/2023	266	1,263	12,649	48
29/01/2023	277	1,313	12,853	46
30/01/2023	239	1,308	12,782	53
31/01/2023	242	1,382	13,427	55
PROMEDIO	261	1,277	12,281	48

Durante el mes de enero se movilizó un total de 380,706 toneladas, considerando un total de 8,080 viajes y 39,601 cucharas y un rendimiento promedio de 47 t/viaje.

El promedio de tonelaje diario fue de 12,281 toneladas, con un promedio de 261 viajes diarios y de 1,277 cucharas.

El rango de tonelaje diario durante el mes de enero considera un mínimo de 9,081 toneladas a un máximo de 14,849 toneladas.

✓ Mes de febrero

Para determinar el rendimiento asociado (t/h) en el mes de febrero se consideró los indicadores como tonelaje acarreado, número de viajes y número de cucharas.

Tabla 21. Tonelaje acarreado con scoops de 6 yd³, febrero 23

TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 6 YD3 - FEBRERO 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
Feb. Total	8,302	39,452	378,288	46
01/02/2023	257	1,140	10,578	41
02/02/2023	299	1,303	12,432	42
03/02/2023	293	1,239	11,857	40
04/02/2023	293	1,343	13,068	45
05/02/2023	374	1,979	18,939	51
06/02/2023	252	1,279	12,420	49
07/02/2023	319	1,502	14,484	45
08/02/2023	323	1,583	15,511	48
09/02/2023	230	1,218	11,952	52
10/02/2023	287	1,251	12,053	42
11/02/2023	305	1,382	13,068	43
12/02/2023	335	1,463	14,274	43
13/02/2023	294	1,375	13,235	45
14/02/2023	292	1,401	13,658	47
15/02/2023	267	1,234	11,941	45
16/02/2023	290	1,010	9,802	34
17/02/2023	309	1,229	11,932	39
18/02/2023	293	1,427	13,713	47
19/02/2023	353	1,527	14,389	41
20/02/2023	299	1,350	12,702	42
21/02/2023	309	1,383	13,073	42
22/02/2023	281	1,646	15,436	55
23/02/2023	303	1,478	14,360	47
24/02/2023	241	1,555	14,796	61
25/02/2023	284	1,357	12,941	46
26/02/2023	282	1,558	14,751	52
27/02/2023	317	1,452	13,984	44
28/02/2023	321	1,788	16,939	53
PROMEDIO	297	1,409	13,510	46

Durante el mes de febrero se movilizó un total de 378,288 toneladas, considerando un total de 8,302 viajes y 39,472 cucharas, y un rendimiento promedio de 46 t/viaje.

El promedio de tonelaje diario fue de 13,510 toneladas, con un promedio de 297 viajes diarios y de 1,409 cucharas.

El rango de tonelaje diario durante el mes de febrero considera un mínimo de 9,802 toneladas a un máximo de 16,939 toneladas.

✓ Mes de marzo

Para determinar el rendimiento asociado (t/h) en el mes de marzo, se consideró los indicadores como tonelaje acarreado, número de viajes y número de cucharas.

Tabla 22. Tonelaje acarreado con scoops de 6 yd³, marzo 23

TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 6 YD3 - MARZO 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
Marzo Total	7,878	42,264	404,609	51
01/03/2023	203	1,425	13,447	66
02/03/2023	216	1,318	12,462	58
03/03/2023	221	1,240	12,205	55
04/03/2023	302	1,353	13,279	44
05/03/2023	272	1,416	14,160	52
06/03/2023	300	1,402	13,043	43
07/03/2023	240	1,647	15,276	64
08/03/2023	281	1,668	15,760	56
09/03/2023	223	1,115	10,498	47
10/03/2023	277	1,463	13,811	50
11/03/2023	278	1,495	14,285	51
12/03/2023	264	1,394	13,394	51
13/03/2023	270	1,359	12,940	48
14/03/2023	241	1,422	13,765	57
15/03/2023	270	1,461	13,917	52
16/03/2023	230	1,532	14,512	63
17/03/2023	273	1,459	13,938	51
18/03/2023	243	1,198	11,727	48
19/03/2023	235	1,260	12,393	53
20/03/2023	283	1,347	12,992	46
21/03/2023	227	1,305	12,174	54
22/03/2023	233	1,284	12,190	52
23/03/2023	317	1,451	13,927	44
24/03/2023	289	1,181	11,410	39
25/03/2023	274	1,357	12,916	47
26/03/2023	294	1,535	14,498	49
27/03/2023	298	1,527	14,686	49
28/03/2023	251	1,418	13,742	55
29/03/2023	282	1,494	14,372	51
30/03/2023	291	1,738	16,890	58
PROMEDIO	263	1,409	13,487	52

Durante el mes de marzo se movilizó un total de 404,609 toneladas, considerando un total de 7,878 viajes y 42,264 cucharas, considerando un rendimiento de total de 51 t/viaje.

El promedio de tonelaje diario fue de 13,487 toneladas, con un promedio de 263 viajes diarios y de 1,409 cucharas.

El rango de tonelaje diario durante el mes de marzo considera un mínimo de 10,498 toneladas a un máximo de 16,890 toneladas

✓ Mes de abril

Para determinar el rendimiento asociado (t/h) en el mes de abril, se consideró los indicadores como tonelaje acarreado, número de viajes y número de cucharas.

Tabla 23. Tonelaje acarreado con scoops de 6 yd³, abril 23

TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 6 YD3 - ABRIL 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
Abril - total	7,651	38,591	368,774	48
01/04/2023	179	1,152	10,864	61
02/04/2023	223	1,157	11,243	50
03/04/2023	231	1,332	12,826	56
04/04/2023	247	1,291	12,363	50
05/04/2023	244	1,227	11,982	49
06/04/2023	291	1,437	13,661	47
07/04/2023	301	1,389	13,270	44
08/04/2023	249	1,345	12,869	52
09/04/2023	294	1,555	14,877	51
10/04/2023	244	1,126	10,477	43
11/04/2023	253	1,331	12,654	50
12/04/2023	185	946	9,251	50
13/04/2023	272	1,112	10,706	39
14/04/2023	188	1,065	10,456	56
15/04/2023	330	1,178	11,407	35
16/04/2023	270	1,243	11,994	44
17/04/2023	284	1,319	12,556	44
18/04/2023	303	1,410	13,463	44
19/04/2023	256	1,249	11,920	47
20/04/2023	215	1,009	9,566	44
21/04/2023	252	1,192	11,762	47
22/04/2023	250	1,140	11,033	44
23/04/2023	211	1,126	10,760	51
24/04/2023	206	1,147	10,863	53
25/04/2023	221	1,231	11,220	51
26/04/2023	225	1,570	14,255	63
27/04/2023	247	1,096	10,359	42
28/04/2023	268	1,204	11,312	42
29/04/2023	224	1,642	15,770	70
30/04/2023	273	1,187	11,471	42
31/04/2023	215	1,183	11,565	54
PROMEDIO	247	1,245	11,896	49

Durante el mes de abril se movilizó un total de 368,774 toneladas, considerando un total de 7,651 viajes y 38,591 cucharas, considerando un rendimiento de total de 48 t/viaje.

El promedio de tonelaje diario fue de 11,896 toneladas, con un promedio de 247 viajes diarios y de 1,245 cucharas.

El rango de tonelaje diario durante el mes de abril considera un mínimo de 9,251 toneladas a un máximo de 15,770 toneladas.

✓ Resumen comparativo – scoop 6 yd³

El análisis comparativo entre los periodos de enero a febrero y de marzo a abril para equipos de acarreo scoops de 6 yd³, consideran los siguientes resultados, representados en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 24. Resumen de tonelaje acarreado, periodo enero a febrero

RESUMEN DE TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 6 YD3 - ENERO A FEBRERO 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
ENERO	8,080	39,601	380,706	47
FEBRERO	8,302	39,452	378,288	46
PROMEDIO	16,382	79,053	758,994	46

Tabla 25. Resumen de tonelaje acarreado, periodo marzo a abril

RESUMEN DE TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 6 YD3 - MARZO A ABRIL 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
MARZO	7,878	42,264	404,609	51
ABRIL	7,651	38,591	368,774	48
PROMEDIO	15,529	80,855	773,383	50

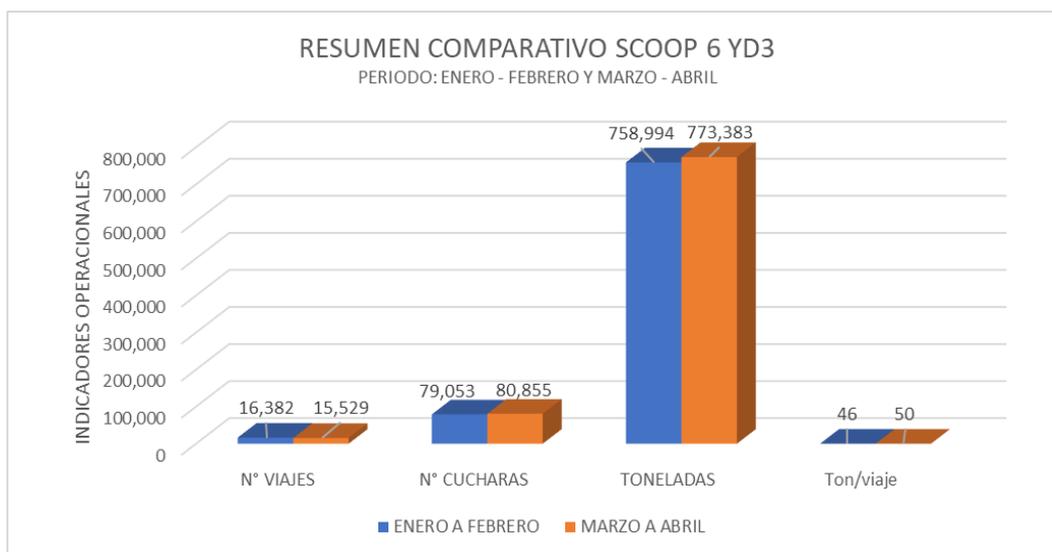


Figura 24. Comparativo de indicadores operacionales, scoops 6 yd³

Durante el periodo de enero a febrero movilizó un total de 758,994 toneladas, considerando un total de 16,382 viajes y 79,053 cucharas y un rendimiento promedio de 46 t/viaje.

Durante el periodo de marzo a abril movilizó un total de 773,386 toneladas, considerando un total de 15,529 viajes y 80,855 cucharas, y un rendimiento promedio de 50 t/viaje.

Tabla 26. Resumen de tonelaje acarreado, scoop 6 yd³, periodo estudio

RESUMEN DE TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 6 YD3 - ENERO A ABRIL 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
ENERO	8,080	39,601	380,706	47
FEBRERO	8,302	39,452	378,288	46
MARZO	7,878	42,264	404,609	51
ABRIL	7,651	38,591	368,774	48
PROMEDIO	31,911	159,908	1,532,377	48

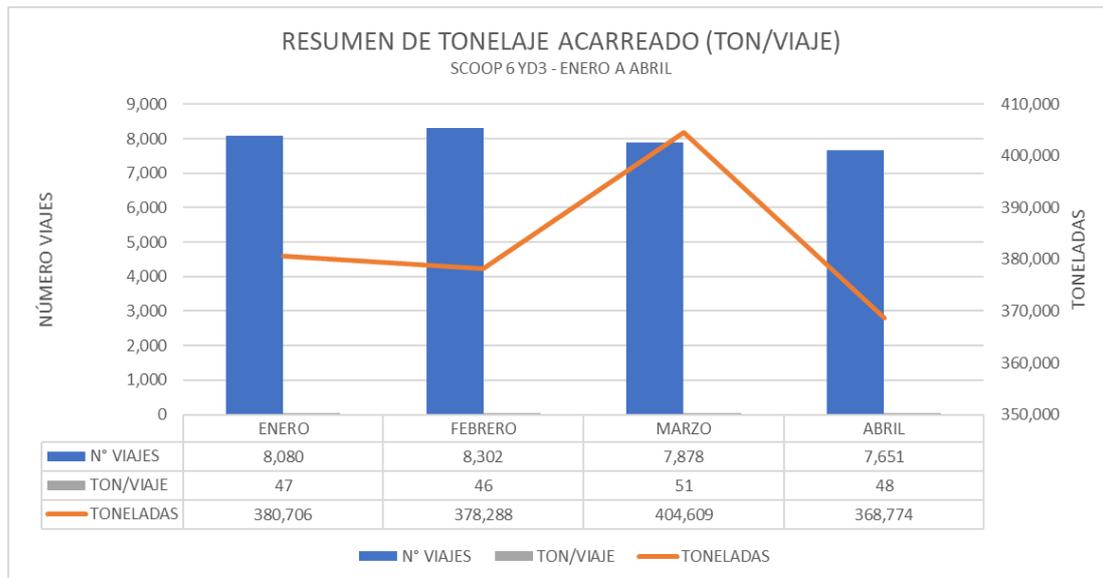


Figura 25. Resumen de indicadores operacionales, scoops 6 yd³

Durante el periodo de estudio de enero a abril se movilizó un total de 1,532,377 toneladas, considerando un total de 31,911 viajes y 159,908 cucharas, y un rendimiento promedio de 48 t/viaje.

4.2 Análisis de la disponibilidad y utilización de equipos de acarreo

Durante el desarrollo del trabajo de tesis, se analizó la utilización y disponibilidad de scoops de 4 y 6 yd³ considerando los periodos de enero a abril. Una de las variables a considerar para el presente análisis es el rendimiento de scoops en t/h.

a) Disponibilidad, utilización y rendimiento - scoops 4 yd³

Durante el periodo de estudio de enero a abril, se consideró el análisis de los scoops C415, C420 y C431, de 4 yd³, siendo los indicadores operacionales como la disponibilidad, utilización y rendimiento (t/h) a ser evaluada.

Tabla 27. Relación de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 4 yd³

RELACIÓN DE DISPONIBILIDAD - UTILIZACIÓN - RENDIMIENTO							
SCOOP 4 YD3 - ENERO A ABRIL							
CAPACIDAD	EQUIPO	INDICADORES	2023				Prom. 2023
			Ene	Feb	Mar	Abr	
Scoop 4 yd3	C415	DM (%)	98%	93%	39%	89%	80%
		UTIL (%)	40%	37%	36%	47%	40%
		REND. (TM/Hr)	20	25	84	36	41
	C420	DM (%)	92%	88%	95%	83%	89%
		UTIL (%)	39%	42%	47%	50%	45%
		REND. (TM/Hr)	52	57	81	72	66
	C431	DM (%)	0%	0%	0%	0%	0%
		UTIL (%)	0%	0%	0%	0%	0%
		REND. (TM/Hr)	0	0	0	0	0
Total Scoop 4 yd3		DM (%)	95%	91%	67%	86%	85%
		UTIL (%)	39%	39%	44%	48%	43%
		REND. (TM/Hr)	36	41	82	54	53

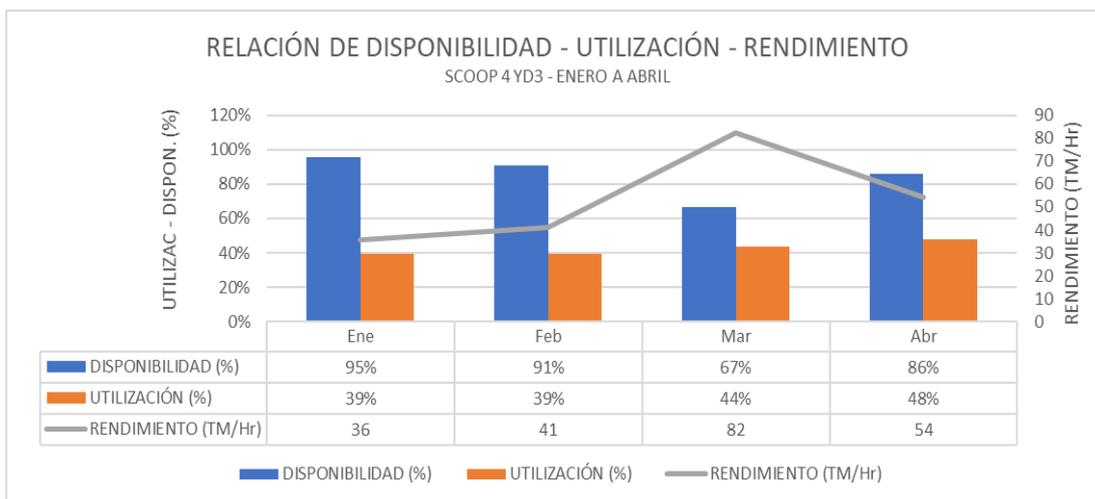


Figura 26. Relación de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 4 yd³

Durante el periodo de enero a abril, los promedios de los indicadores de disponibilidad (%), utilización (%) y rendimiento (t/h) de scoops de 4 yd³ fueron de 85 %, 43 % y 53 t/h respectivamente.

b) Disponibilidad, utilización y rendimiento – scoop 6 yd³

Durante el periodo de estudio de enero a abril, se consideró el análisis de los scoops C606, C609, C624, C625, C626, C627, C629, C630 y C631 de 6 yd³, siendo los indicadores operacionales como la disponibilidad, utilización y rendimiento (t/h) a ser evaluada.

Tabla 28. Relación de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 6 yd³

RELACIÓN DE DISPONIBILIDAD - UTILIZACIÓN - RENDIMIENTO							
SCOOP 6 YD3 - ENERO A ABRIL							
CAPACIDAD	EQUIPO	INDICADORES	2023				Prom. 2023
			Ene	Feb	Mar	Abr	
Scoop 6 yd3	C606	DM (%)	72%	85%	92%	93%	86%
		UTIL (%)	53%	56%	50%	51%	53%
		REND. (TM/Hr)	113	98	96	93	100
	C609	DM (%)	87%	90%	92%	86%	89%
		UTIL (%)	63%	62%	47%	55%	57%
		REND. (TM/Hr)	130	142	158	135	141
	C624	DM (%)	89%	80%	86%	90%	86%
		UTIL (%)	62%	61%	60%	60%	61%
		REND. (TM/Hr)	114	145	159	139	139
	C625	DM (%)	89%	92%	80%	88%	87%
		UTIL (%)	63%	65%	65%	60%	63%
		REND. (TM/Hr)	130	133	111	112	122
	C626	DM (%)	0%	90%	76%	0%	42%
		UTIL (%)	0%	61%	52%	0%	28%
		REND. (TM/Hr)	0	153	96	0	62
	C627	DM (%)	87%	0%	94%	98%	70%
		UTIL (%)	63%	0%	58%	50%	43%
		REND. (TM/Hr)	209	0	136	125	118
	C629	DM (%)	85%	87%	91%	83%	86%
		UTIL (%)	60%	62%	57%	53%	58%
		REND. (TM/Hr)	109	113	108	108	109
	C630	DM (%)	82%	92%	95%	91%	90%
		UTIL (%)	62%	58%	53%	58%	58%
		REND. (TM/Hr)	95	102	98	95	97
	C631	DM (%)	93%	93%	98%	94%	95%
		UTIL (%)	62%	66%	64%	60%	63%
		REND. (TM/Hr)	154	160	166	162	160
Total Scoop 6 yd3		DM (%)	86%	89%	90%	90%	89%
		UTIL (%)	61%	61%	57%	56%	59%
		REND. (TM/Hr)	132	131	125	121	127

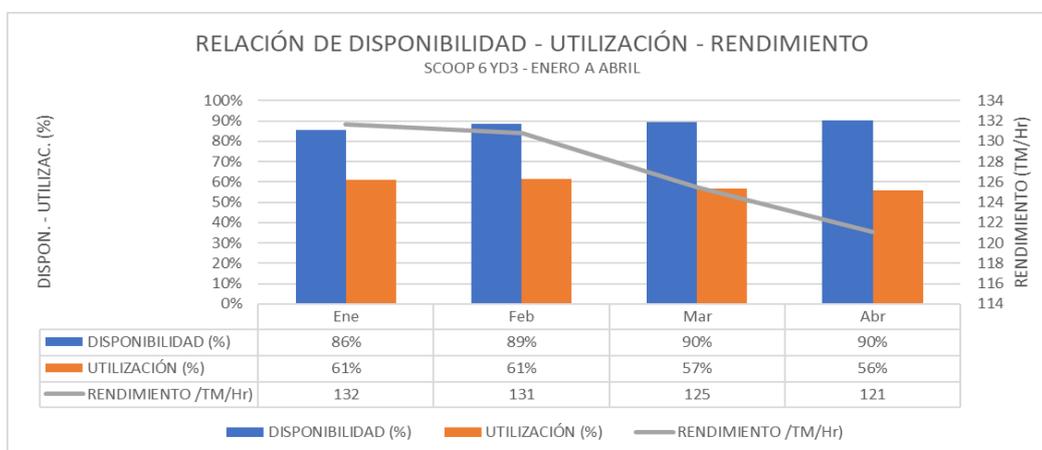


Figura 27. Relación de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 6 yd³

Durante el periodo de enero a abril, los promedios de los indicadores de disponibilidad (%), utilización (%) y rendimiento (t/h) en scoops de 6 yd³ fueron de 89 %, 59 % y 127 t/h respectivamente.

c) Resumen de rendimiento de scoops (4 – 6 yd³)

El resumen de rendimiento de scoops entre los periodos de enero a abril para equipos de acarreo scoops de 4 y 6 yd³, consideran los siguientes resultados, representados en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 29. Resumen disponibilidad, utilización y rendimiento, scoops (4-6 yd³)

RESUMEN DE DISPONIBILIDAD - UTILIZACIÓN - RENDIMIENTO						
SCOOP (4 - 6 YD3) - ENERO A ABRIL						
CAPACIDAD EQUIPO	INDICADORES	2023				Prom. 2023
		Ene	Feb	Mar	Abr	
Total Scoop 4 yd3	DM (%)	95%	91%	67%	86%	85%
	UTIL (%)	39%	39%	44%	48%	43%
	REND. (TM/Hr)	36	41	82	54	53
Total Scoop 6 yd3	DM (%)	86%	89%	90%	90%	89%
	UTIL (%)	61%	61%	57%	56%	59%
	REND. (TM/Hr-motor)	132	131	125	121	127
TOTAL FLOTA SCOOP	DM (%)	90%	90%	78%	88%	87%
	UTIL (%)	50%	50%	50%	52%	51%
	REND. (TM/Hr)	84	86	104	88	90

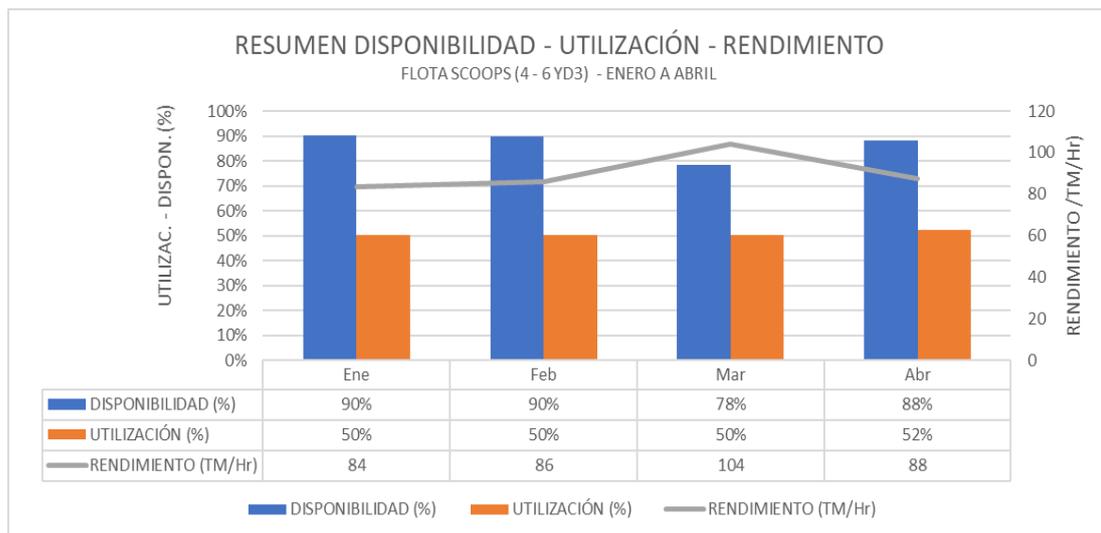


Figura 28. Resumen de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop (4-6 yd³)

Durante el periodo de enero a abril, los promedios de los indicadores de disponibilidad (%), utilización (%) y rendimiento (t/h) en la flota de scoops (4 - 6 yd³) fueron de 87 %, 51 % y 90 t/h respectivamente.

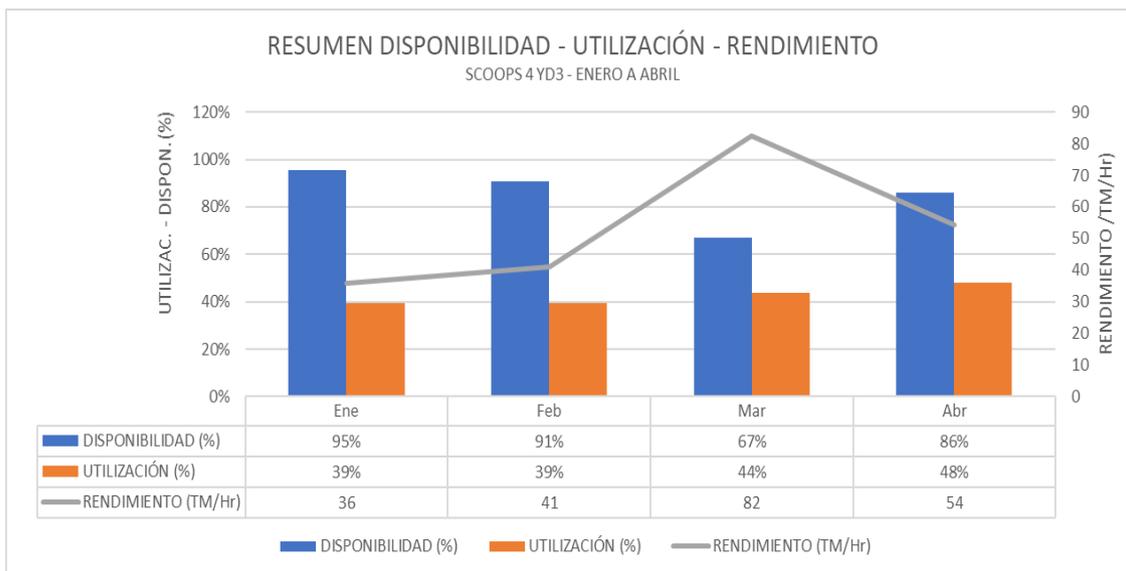


Figura 29. Resumen de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 4 yd³

El resumen durante el periodo de enero a abril en scoops de 4 yd³, considera los promedios de los indicadores de disponibilidad (%), utilización (%) y rendimiento (t/h) fueron de 85%, 43 % y 53 t/h respectivamente.

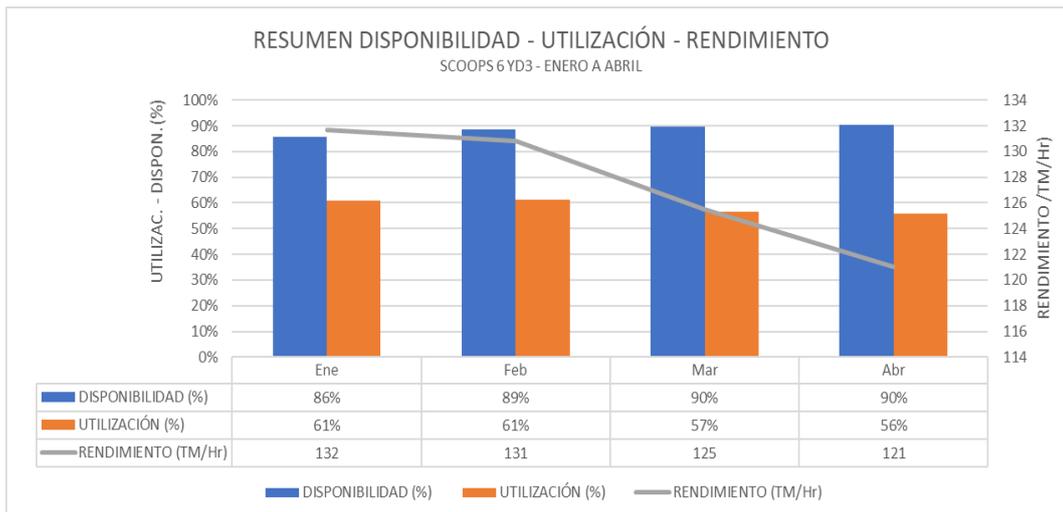


Figura 30. Resumen de disponibilidad, utilización y rendimiento, scoop 6 yd³

El resumen durante el periodo de enero a abril en scoops de 6 yd³, considera los promedios de los indicadores de disponibilidad (%), utilización (%) y rendimiento (t/h) fueron de 89 %, 59 % y 127 t/h respectivamente.

4.3 Análisis de horas efectivas y consumo de combustible

Para el análisis de las horas efectivas y consumo de combustible en equipos de acarreo (scoops de 4 – 6 yd³), se analizará el comportamiento del combustible y horas efectivas, asociadas al tonelaje acarreado, como utilización y disponibilidad determinada en párrafos anteriores.

Tabla 30. Horas efectivas y consumo de combustible, scoops (4-6 yd³)

HORAS EFECTIVAS Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE						
SCOOP (4 - 6 YD3) - PERIODO DE ENERO A ABRIL						
RATIOS	UNIDAD	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	PROM./ DIFER. 2023
CONSUMO DE COMBUSTIBLE						
CMC	Scoop 6yd ³	4.94	5.15	4.80	4.80	4.92
	Scoop 4yd ³	4.76	4.53	3.69	5.25	4.56
	Promedio flota	4.85	4.84	4.25	5.02	4.74
	Promedio combustible - 6 yd3	5.05		4.80		0.25
	Promedio combustible - 4 yd3	4.65		4.47		0.17
HORAS DE OPERACIÓN						
CMC	Scoop 6yd ³	12.51	13.06	12.70	13.25	12.47
	Scoop 4yd ³	9.02	8.59	9.20	9.95	8.64
	Promedio flota	10.77	10.82	10.95	11.60	10.56
	Promedio horas efectivas - 6 yd3	12.79		12.98		-0.19
	Promedio horas efectivas - 4 yd3	8.80		9.57		-0.77

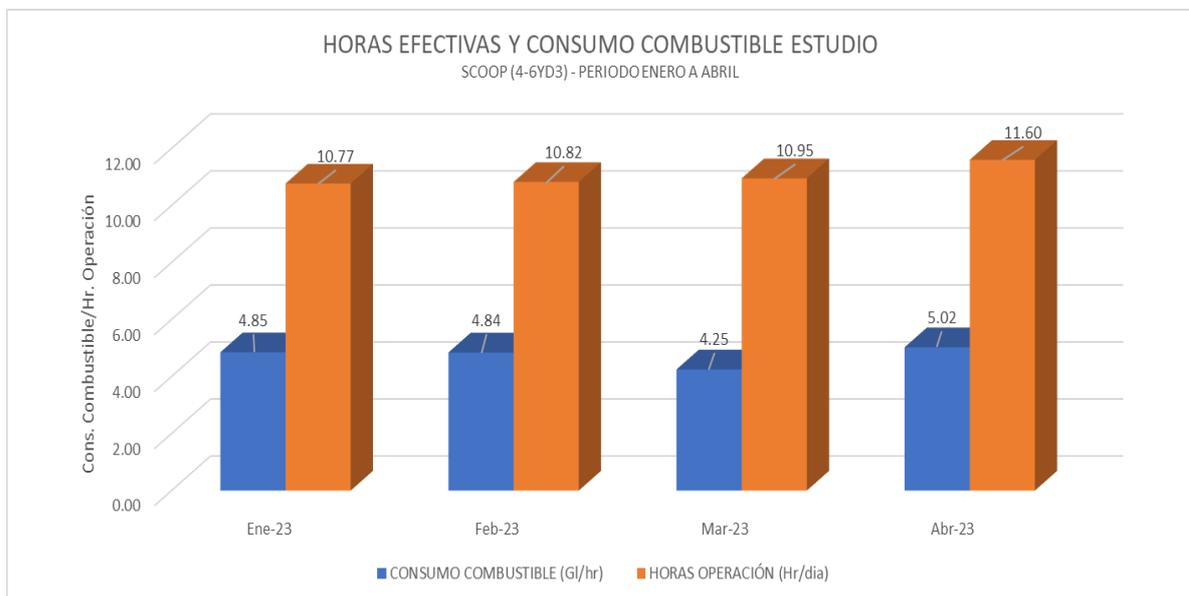


Figura 31. Horas efectivas y consumo de combustible, scoop (4 - 6 yd³)

El promedio de flota en las horas efectivas durante el periodo de enero, febrero, marzo y abril en scoops de 4 y 6 yd³ considera valores de 10.77, 10.82, 10.95 y 11.60 h/día respectivamente. Así mismo el promedio de flota en consumo de combustible fue de 4.85, 4.84, 4.25 y 5.02 gal/h en el mismo periodo.

El resumen de los equipos de acarreo en 4 y 6 yd³ considera los siguientes valores:

a) Horas efectivas y consumo de combustible - scoops 4 yd³

El promedio de horas efectivas durante el periodo de enero, febrero, marzo y abril en scoops de 4 yd³ considera valores de 9.02, 8.59, 9.20 y 9.95 h/día respectivamente. Asimismo, el promedio de consumo de combustible fue de 4.76, 4.53, 3.69 y 5.25 gal/h, en el mismo periodo.

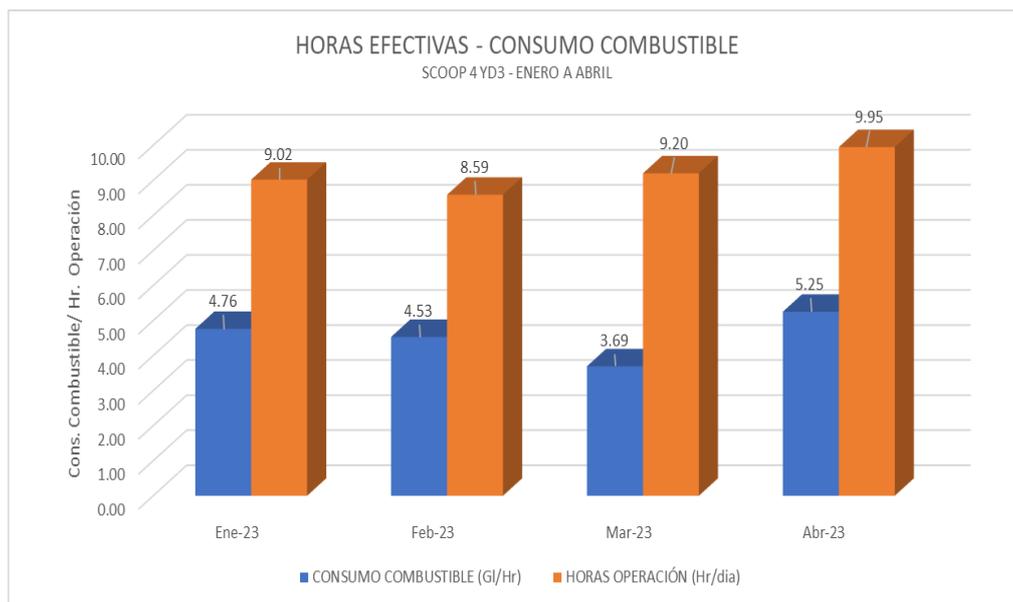


Figura 32. Horas efectivas y consumo de combustible, scoop 4 yd³

b) Horas efectivas y consumo de combustible - scoops 6 yd³

El promedio de horas efectivas durante el periodo de enero, febrero, marzo y abril en scoops de 6 yd³ considera valores de 12.51, 13.06, 12.70 y 13.25 h/día respectivamente. Así mismo el promedio de consumo de combustible fue de 4.94, 5.15, 4.80 y 4.80 gal/h en el mismo periodo.

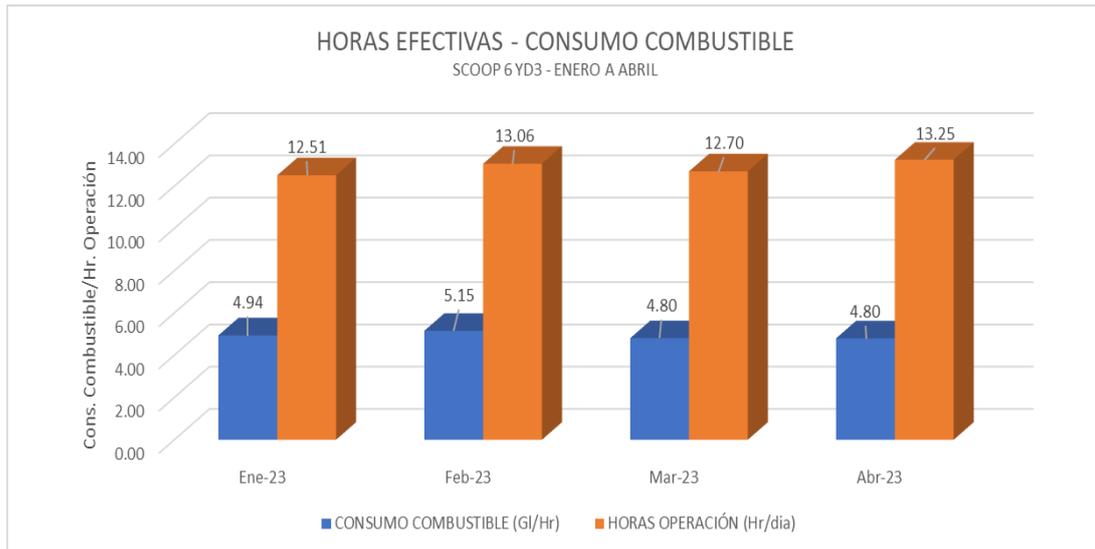


Figura 33. Horas efectivas y consumo de combustible, scoop 6 yd³

c) Resumen horas efectivas y consumo de combustible - scoops (4 - 6 yd³)

El resumen asociado a las horas efectivas y consumo de combustible en los periodos de estudio de enero a febrero y el periodo marzo a abril, considera los siguientes resultados.

Tabla 31. Resumen horas efectivas y consumo de combustible en acarreo

RESUMEN HORAS EFECTIVAS Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE					
SCOOP (4 - 6 YD3) - PERIODO DE ENERO A ABRIL					
RATIOS		UNIDAD	Ene - Feb 23	Mar - Abr 23	PROM./ DIFER. 2023
CONSUMO DE COMBUSTIBLE					
CMC	Promedio combustible - 6 yd ³	G/hr	5.05	4.80	0.25
	Promedio combustible - 4 yd ³		4.65	4.47	0.17
HORAS DE OPERACIÓN					
CMC	Promedio horas efectivas - 6 yd ³	Hr/día	12.79	12.98	0.19
	Promedio horas efectivas - 4 yd ³		8.80	9.57	0.77

Durante el análisis de las horas operacionales en equipos scoops de 4 yd³ en los periodos de enero a febrero y marzo a abril se obtiene 8.80 y 9.57 h/día, con un incremento de horas operativas en 0.77 h/día. Asimismo, considera el consumo de combustible en los mismos periodos de estudio con 4.65 y 4.47 gal/día respectivamente, con una disminución de 0.17 gal/día para el segundo periodo.

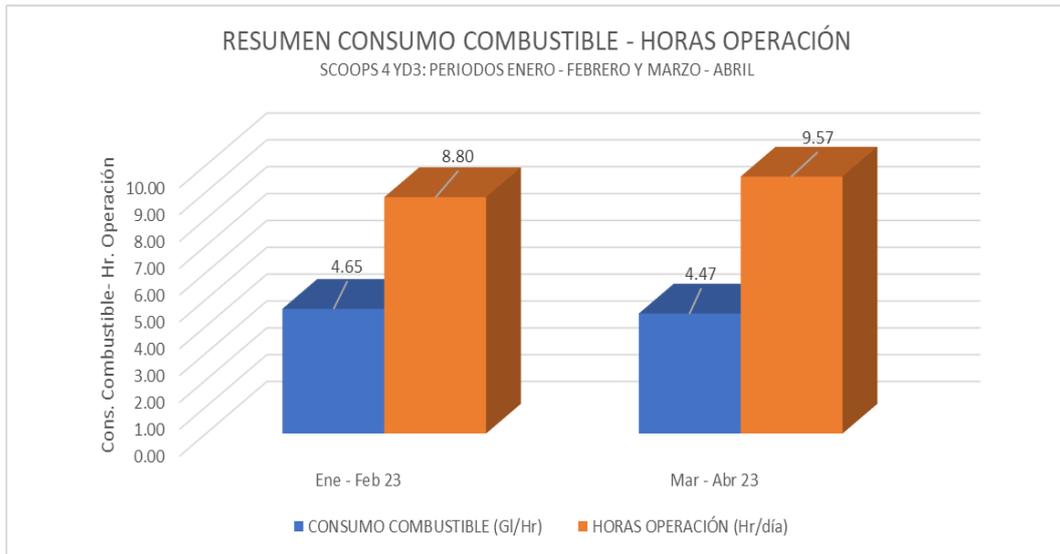


Figura 34. Resumen de horas efectivas y consumo de combustible, scoop 4 yd³

Durante el análisis de las horas operacionales en equipos scoops de 6 yd³ en los periodos de enero a febrero y marzo a abril se obtiene 12.79 y 12.98 h/día, con un incremento de horas operativas en 0.19 h/día. Asimismo, considera el consumo de combustible en los mismos periodos de estudio con 5.05 y 4.80 gal/día respectivamente, con una disminución de 0.25 gal/día para el segundo periodo.

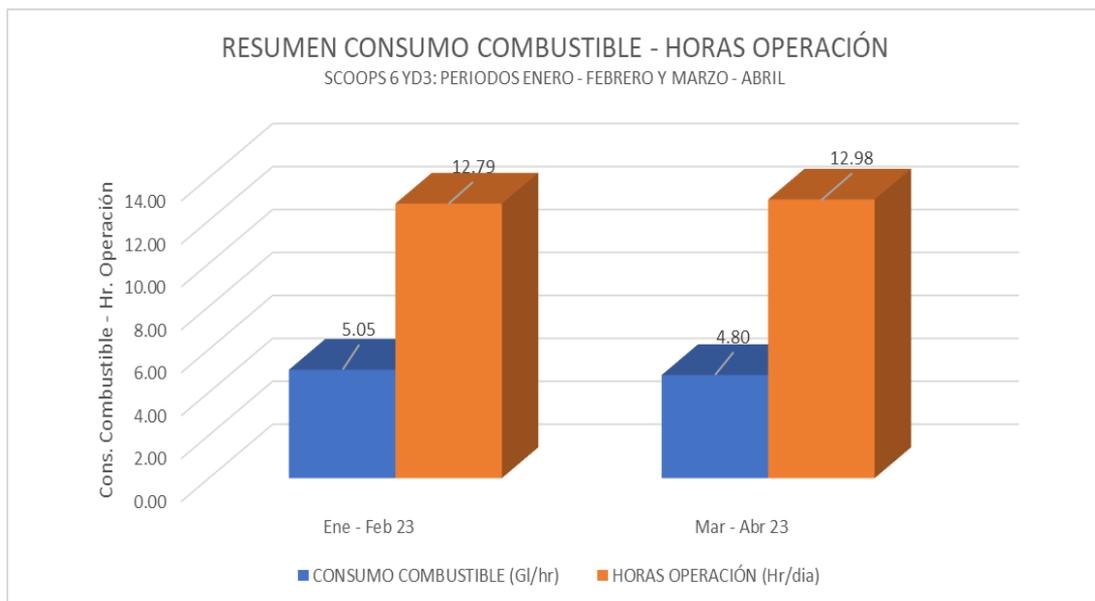


Figura 35. Resumen de horas efectivas y consumo de combustible, scoop 6 yd³

4.4 Análisis de la granulometría

Para entender el comportamiento y resultados de los equipos de acarreo (scoops de 4 y 6 yd³), se analiza la granulometría de los resultados de la voladura y su influencia con el tonelaje acarreado durante el periodo de estudio.

a) Curva granulométrica - Muestra 1, cámara 120



Figura 36. Granulometría post voladura, muestra 1 – cámara 120

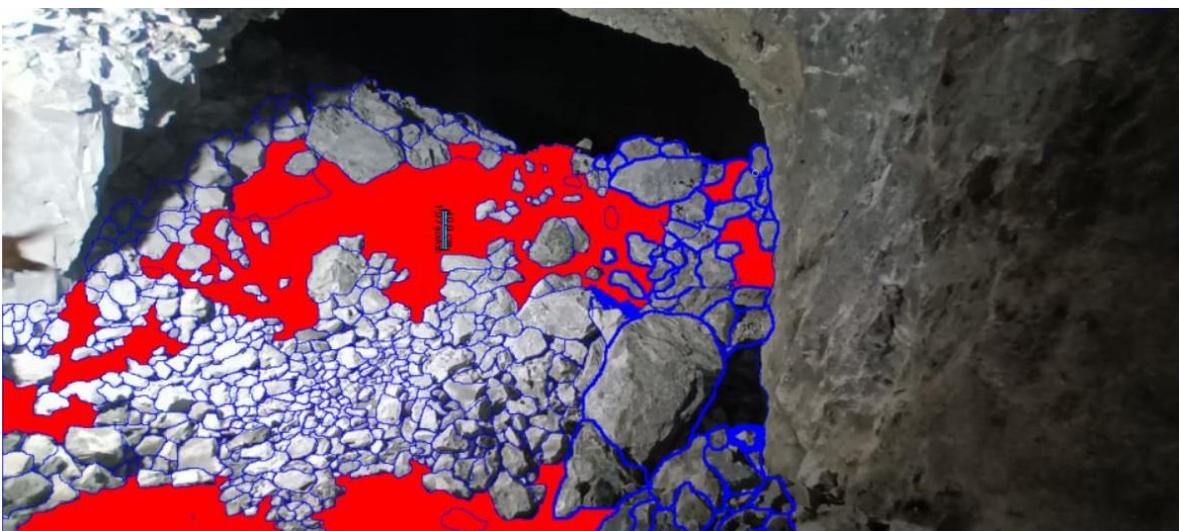


Figura 37. Análisis de granulometría, muestra 1 – cámara 120

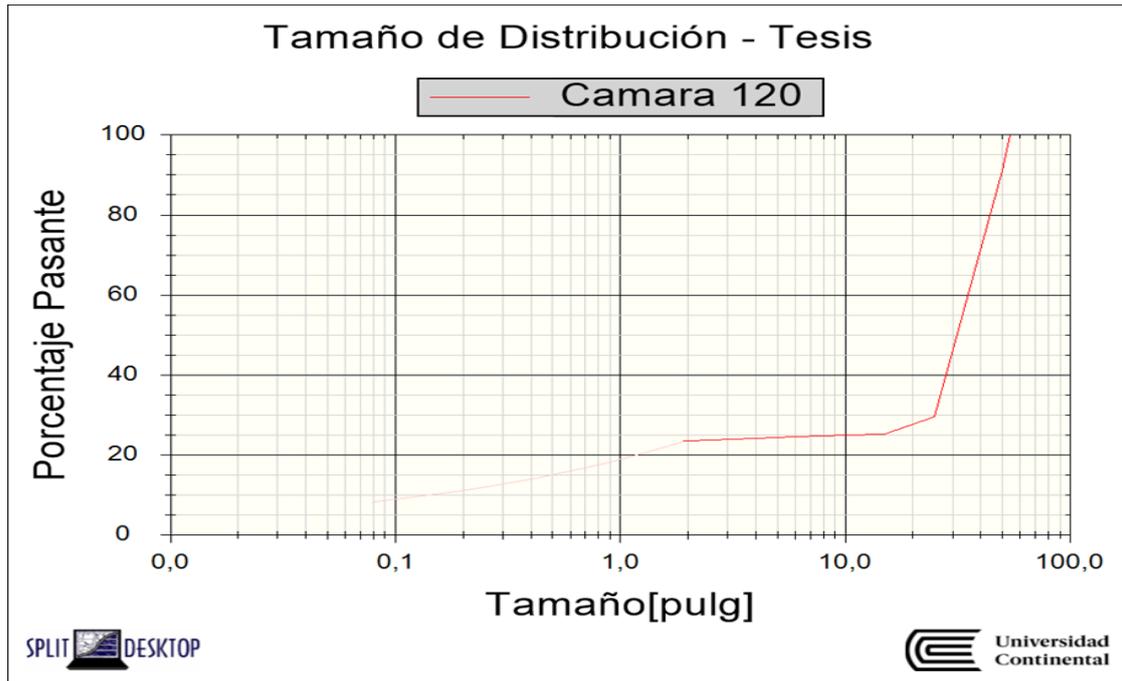


Figura 38. Distribución de granulometría, muestra 1 – cámara 120

Tabla 32. Consideraciones de granulometría y finos, muestra 1 – cámara 120

Camara 120		Camara 120	
Tamaño[pulg]	% Pasante	% Pasante	Tamaño[pulg]
75,00	100,00	F10	0,14
50,00	91,08	F20	1,19
25,00	29,50	F30	25,34
15,00	25,01	F40	30,40
10,00	24,88	F50	34,30
8,00	24,65	F60	37,91
6,00	24,41	F70	41,53
4,00	24,08	F80	45,34
2,00	23,41	F90	49,51
1,00	18,90	Topsize (99,95%)	54,30
0,75	17,21		
0,50	15,07		
0,38	13,71		
0,25	12,00		
0,19	10,91		
0,08	8,22		

Los resultados obtenidos en la muestra 1 – cámara 120, se define el 18.90 % de finos, menores a 1 pulgada, así como el P80 considera un tamaño máximo de 45.34 pulgadas.

b) Análisis de granulometría - Muestra 2, cámara 135



Figura 39. Granulometría post voladura, muestra 2 – cámara 135

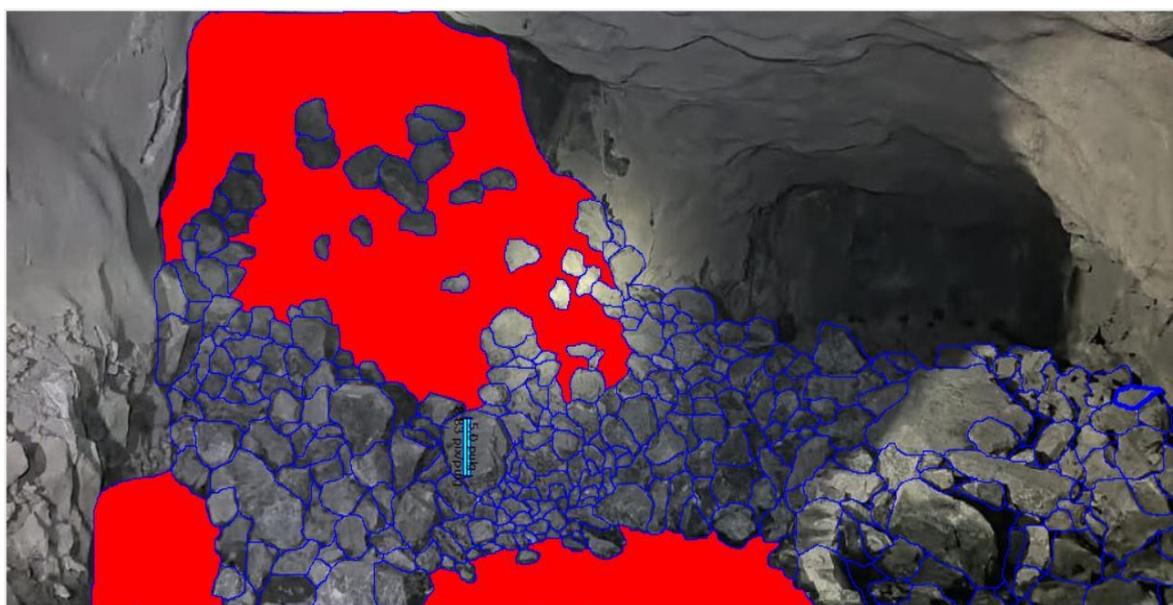


Figura 40. Análisis de granulometría, muestra 2 – cámara 135

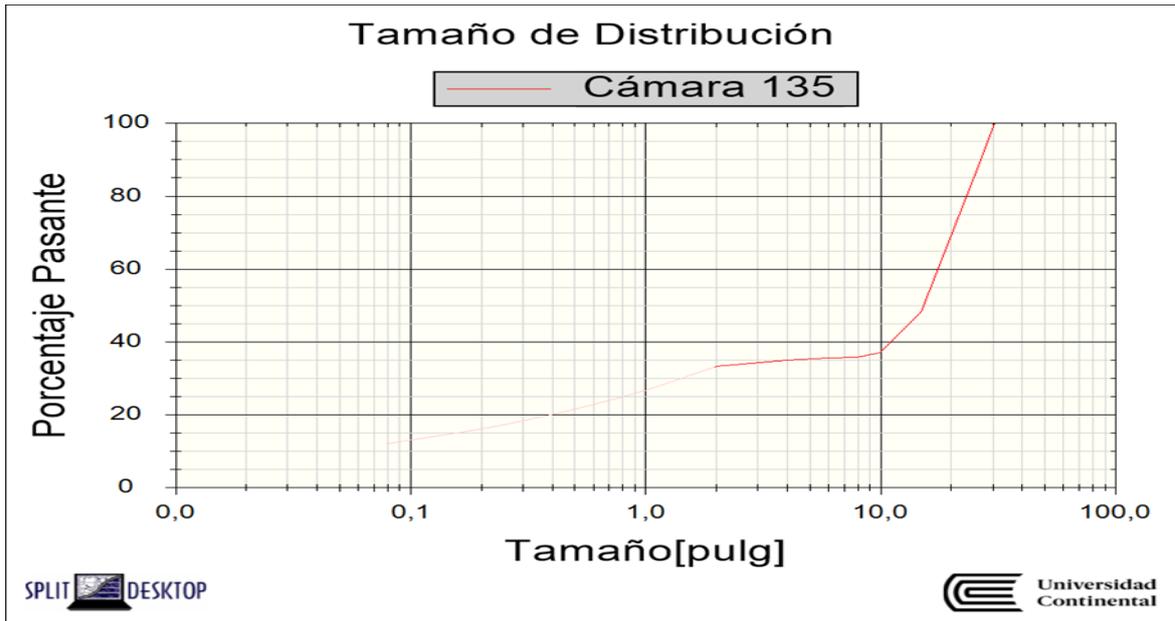


Figura 41. Distribución de granulometría, muestra 2 – cámara 135

Tabla 33. Consideraciones de granulometría y finos, muestra 1 – cámara 135

Cámara 135		Cámara 135	
Tamaño[pulg]	% Pasante	% Pasante	Tamaño[pulg]
50,00	100,00	F10	0,04
25,00	85,10	F20	0,39
15,00	48,14	F30	1,44
10,00	36,92	F40	12,15
8,00	35,71	F50	15,51
6,00	35,51	F60	18,01
4,00	34,85	F70	20,35
2,00	33,11	F80	23,36
1,00	26,80	F90	26,68
0,75	24,48	Topsize (99,95%)	30,63
0,50	21,55		
0,38	19,69		
0,25	17,32		
0,19	15,81		
0,08	12,05		

Los resultados obtenidos en la muestra 1 – cámara 120 indican que se define el 26.80 % de finos menores a 1 pulgada, así como el P80, considera un tamaño máximo de 23.36 pulgadas.

c) Resumen de análisis de granulometría

Los resultados obtenidos en el análisis de la granulometría en las cámaras 120 y 135, considerando el P80 y sus finos asociados, son los siguientes.

Tabla 34. Resumen de granulometría y finos, cámaras 120 y 135

RESUMEN DE GRANULOMETRÍA				
CÁMARA	120	135	DIFERENCIA	BASE
FINOS (< 1") %	18.90	26.80	7.90	4
P80 (F80) - Pulg.	45.34	23.36	21.98	17.1

En el caso base, se utilizaron iniciadores electrónicos (Fametric) y en el caso del estudio iniciadores pirotécnicos (Fanel).

Los finos asociados a las cámaras 120 y 135 consideran valores de 18.90 y 26.80 % respectivamente, así mismo el P80 fue de 45.34 y 23.36 pulgadas.

Los resultados obtenidos generaron una disminución del P80 en 21.98 pulgadas y un incremento de finos en 7.90 %.

4.5 Análisis de validación de la hipótesis

El trabajo realizado permite considerar el análisis del tonelaje acarreado en scoops de 4 y 6 yd³, asimismo determinar el comportamiento de los indicadores de rendimiento como la utilización, disponibilidad y horas operacionales en los mismos equipos analizados. Finalmente, se realizó el análisis de la granulometría en el material acarreado considerando el P80 y los finos relacionados a las cámaras 120 y 135 de la unidad minera.

Los parámetros analizados en el presente estudio ayudarán a realizar diferentes controles operacionales unitarios en trabajos posteriores para la mejora del rendimiento operacional de la unidad minera.

a) Tonelaje acarreado en scoops de 4 y 6 yd³

El análisis comparativo en el tonelaje acarreado por los equipos de acarreo, scoops de 4 y 6 yd³ consideran los siguientes resultados:

Tabla 35. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 4 yd³

COMPARATIVO: TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 4 YD3 - ENERO A ABRIL 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
ENERO - FEBRERO	186	3,978	24,936	149
MARZO - ABRIL	232	4,795	33,673	145
PROMEDIO	209	4,386	29,305	147

Fuente: propia

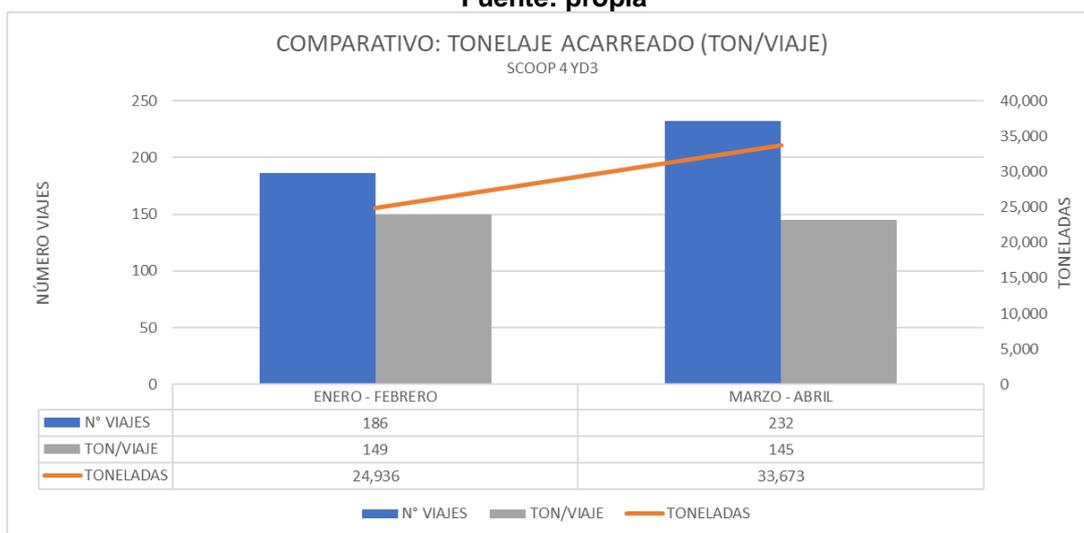


Figura 42. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 4 yd³

El análisis comparativo de tonelaje acarreado en scoops de 4 yd³, entre los periodos enero – febrero y marzo – abril, considera resultados de 24,936 y 33,673 toneladas respectivamente. Asimismo, considera un total de viajes en 186 y 232 viajes en el mismo periodo analizado. Estos resultados consideran rendimientos de 149 y 145 t/viaje respectivamente entre ambos periodos. Finalmente, el menor rendimiento en el segundo periodo es producto de la granulometría y densidad del material acarreado.

Tabla 36. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 6 yd³

COMPARATIVO: TONELAJE ACARREADO - MINERAL				
SCOOP 6 YD3 - ENERO A ABRIL 23				
MES	N° VIAJES	N° CUCHARAS	TONELADAS	Ton/viaje
ENERO - FEBRERO	8,191	39,527	379,497	46
MARZO - ABRIL	7,765	40,428	386,692	50
PROMEDIO	7,978	39,977	383,094	48

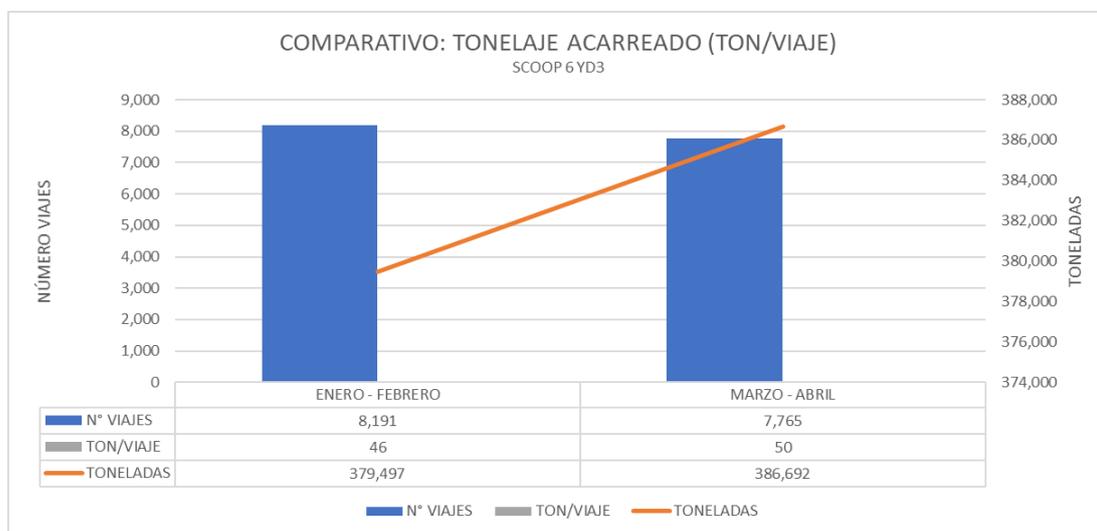


Figura 43. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 6 yd³

El análisis comparativo de tonelaje acarreado en scoops de 6 yd³, entre los periodos enero – febrero y marzo – abril, considera resultados de 379,497 y 386,692 toneladas respectivamente. Asimismo, considera un total de viajes en 8,191 y 7,765 viajes en el mismo periodo analizado. Estos resultados consideran rendimientos de 46 y 50 t/viaje respectivamente entre ambos periodos. Finalmente, el mayor rendimiento en el segundo periodo es producto de un mejor control de la granulometría y densidad del material acarreado.

b) Disponibilidad y utilización en scoops de 4 y 6 yd³

El análisis comparativo de la disponibilidad y utilización de la flota de acarreo, durante los periodos 2022 y 2023 en scoops de 4 y 6 yd³ consideran los siguientes resultados:

Tabla 37. Comparativo anual de rendimiento de flota de acarreo

COMPARATIVO ANUAL - RENDIMIENTO SCOOP (4 - 6 YD3)							
ENERO A ABRIL							
CAPACIDAD	EQUIPO	INDICADORES	Prom. 2020	Prom. 2021	Prom. 2022	Prom. 2023	Diferencia
Total Scoop 4 yd3		DM (%)	88%	84%	82%	85%	3%
		UTIL (%)	42%	47%	36%	43%	6%
		REND. (TM/Hr)	59	50	56	53	-3
Total Scoop 6 yd3		DM (%)	83%	89%	88%	89%	0.12%
		UTIL (%)	60%	59%	56%	59%	3%
		REND. (TM/Hr)	115	105	116	127	11
TOTAL FLOTA SCOOP		DM (%)	85%	86%	85%	87%	2%
		UTIL (%)	51%	53%	46%	51%	5%
		REND. (TM/Hr)	87	78	86	90	4

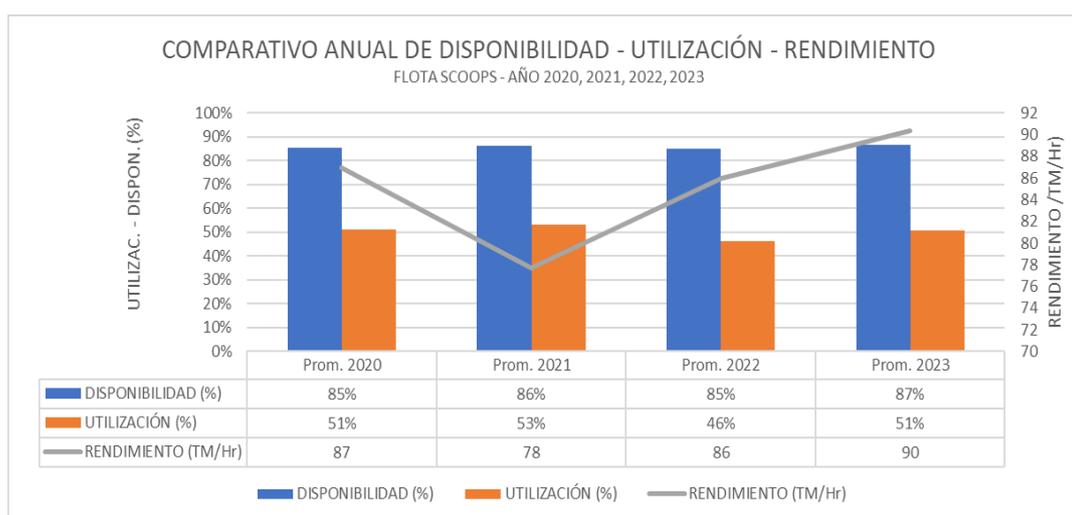


Figura 44. Comparativo anual, utilización y disponibilidad, equipos de acarreo

El análisis comparativo anual de la utilización, disponibilidad y rendimiento de la flota de acarreo (scoops de 4 y 6 yd³), entre los periodos anuales del 2022 y 2023 (enero a abril), considera resultados de 85 %, 46 % y 86 t/h para el periodo 2022 y de 87%, 51% y 90 t/h para el periodo 2023. La mejora de los indicadores de rendimiento en el periodo 2023 en disponibilidad, utilización y rendimiento en 2 %, 5 % y 4 t/h, es producto de un mejor control de la granulometría (P80 y finos) y densidad del material.

c) Horas efectivas y consumo de combustible en scoops de 4 y 6 yd³

El análisis comparativo de las horas efectivas y consumo de combustible de la flota de acarreo, durante los periodos 2022 y 2023 en scoops de 4 y 6 yd³ consideran los siguientes resultados:

Tabla 38. Comparativo anual horas efectivas y consumo de combustible, flota de acarreo

COMPARATIVO ANUAL - HORAS EFECTIVAS Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE							
SCOOP (4-6 YD3) - PERIODO 2020, 2021, 2022, 2023							
RATIOS	UNIDAD	PROM. 2020	PROM. 2021	PROM. 2022	PROM. 2023	DIFERENCIA(22 y 23)	
CONSUMO DE COMBUSTIBLE							
CMC	Scoop 6yd ³	5.22	5.35	5.57	4.92	0.64	
	Scoop 4yd ³	4.61	4.51	4.77	4.56	0.21	
FABRICA	Scoop 6yd ³	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	
	Scoop 4yd ³	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
Promedio flota		4.92	4.93	5.17	4.74	0.43	
HORAS DE OPERACIÓN							
Scoop 6yd ³		12.39	13.05	12.45	12.88	0.44	
Scoop 4yd ³		10.85	10.96	8.89	9.19	0.30	
Promedio flota		11.62	12.00	10.67	11.03	0.37	

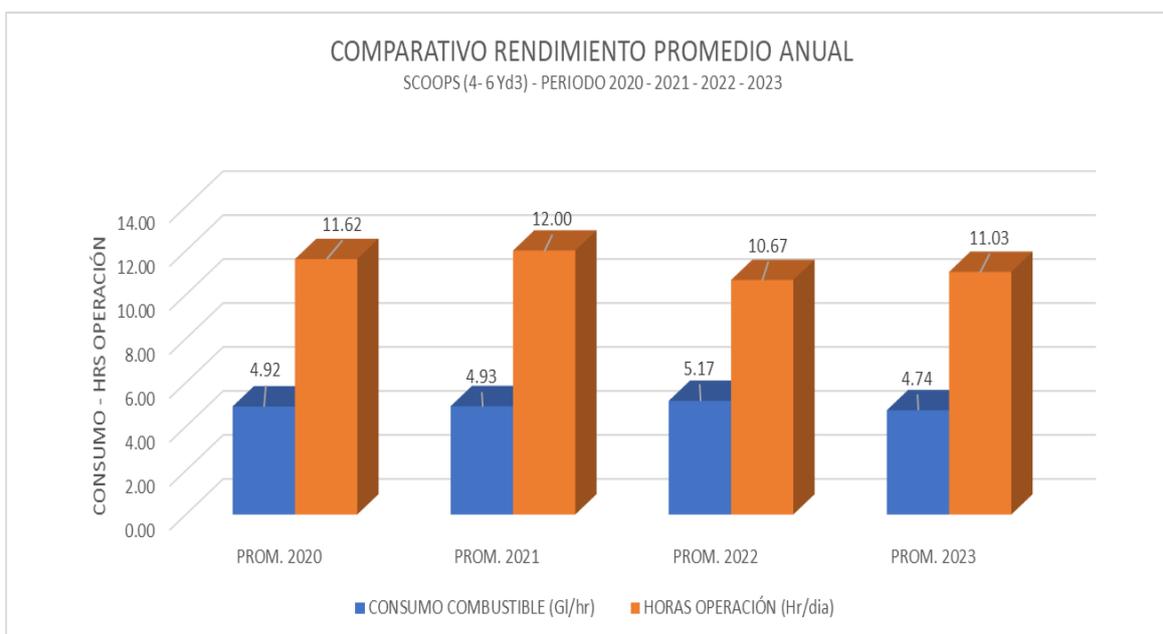


Figura 45. Comparativo anual, horas efectivas y consumo de combustible, equipos de acarreo

El análisis comparativo anual de las horas efectivas y consumo de combustible en la flota de acarreo (scoops de 4 y 6 yd³), entre los periodos anuales del 2022 y 2023 (enero a abril).

Las horas efectivas en scoops de 4 y 6 yd³ durante el periodo 2022 fueron de 8.89 y 12.45 h/día respectivamente, así mismo se considera un consumo de combustible diario en 4.77 y 5.57 gal/h en el mismo periodo. Las horas efectivas en scoops de 4 y 6 yd³ durante el periodo 2023 fueron de 9.19 y 12.88 h/día respectivamente, así mismo se considera un consumo de combustible diario en 4.56 y 4.92 gal/h en el mismo periodo.

La mejora de las horas efectivas y disminución de combustible en el periodo 2023 en 0.37 h/día y 0.43 gal/h respectivamente, es producto de un mejor control del rendimiento de los equipos de acarreo (scoops 4 y 6 yd³).

d) Granulometría asocia a equipos de acarreo

El análisis granulométrico analizadas en las cámaras 120 y 135, realizada durante el periodo de estudio, ayuda a relacionar estos resultados a los indicadores operacionales antes descritos, los cuales se consideran los siguientes resultados:

Tabla 39. Resumen de granulometría, cámara 120 y 135, periodo enero a abril

RESUMEN DE GRANULOMETRÍA				
CÁMARA 120 - 135 DE ENERO A ABRIL				
CÁMARA	120	135	DIFERENCIA	BASE
FINOS (< 1") %	18.90	26.80	7.90	4
P80 (F80) - Pulg.	45.34	23.36	21.98	17.1

De acuerdo al análisis de granulometría en las cámaras 120 y 135, consideró los resultados del P80 y finos asociados, siendo los resultados de 45.34 y 23.36 pulgadas y de 18.90 y 26.80 % respectivamente.

La disminución de la granulometría en el P80 en 21.98 pulgadas e incremento de los finos asociados en 7.90 % fue producto del uso de los iniciadores electrónicos (famestrónic), comparado con el uso de los iniciadores pirotécnicos (fanel), el cual controló y mejoró el grado de fragmentación.

Finalmente, el mejor control de la granulometría como el P80 y finos del material volado, influye directamente en los indicadores operacionales de los equipos de acarreo, mejorando su rendimiento y por lo tanto la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera.

CONCLUSIONES

1. El desarrollo de la tesis permitió el análisis de los indicadores operacionales de equipos de acarreo (*scoops* de 4 y 6 yd³) como el tonelaje acarreado, la utilización y disponibilidad, las horas efectivas y consumo de combustible durante los periodos de análisis de enero a febrero y de marzo a abril, para la mejora del rendimiento operacional.
2. El análisis comparativo de tonelaje acarreado en *scoops* de 4 yd³, entre los periodos enero – febrero y marzo – abril, considera resultados de 24,936 y 33,673 toneladas respectivamente. Así mismo considera un total de viajes en 186 y 232 viajes en el mismo periodo analizado. Estos resultados consideran rendimientos de 149 y 145 ton/viaje respectivamente entre ambos periodos.
3. El análisis comparativo de tonelaje acarreado en *scoops* de 6 yd³, entre los periodos enero – febrero y marzo – abril, considera resultados de 379,497 y 386,692 toneladas respectivamente. Así mismo considera un total de viajes en 8,191 y 7,765 viajes en el mismo periodo analizado. Estos resultados consideran rendimientos de 46 y 50 t/viaje respectivamente entre ambos periodos.
4. El análisis comparativo anual de la utilización, disponibilidad y rendimiento de la flota de acarreo (*scoops* de 4 y 6 yd³), entre los periodos anuales del 2022 y 2023 (enero a abril), considera resultados de 85 %, 46 % y 86 t/h, para el periodo 2022 y de 87 %, 51 % y 90 t/h para el periodo 2023. La mejora de los indicadores de rendimiento en el periodo 2023 en disponibilidad, utilización y rendimiento, genera un incremento en 2%, 5 % y 4 t/h respectivamente, el cual es producto de un mejor control de la granulometría (P80 y finos) y densidad del material.

5. Las horas efectivas en scoops de 4 y 6 yd³ durante el periodo 2022 fueron de 8.89 y 12.45 h/día respectivamente, así mismo se considera un consumo de combustible diario en 4.77 y 5.57 gal/h en el mismo periodo. Las horas efectivas en scoops de 4 y 6 yd³ durante el periodo 2023 fueron de 9.19 y 12.88 h/día respectivamente, así mismo se considera un consumo de combustible diario en 4.56 y 4.92 gal/h en el mismo periodo.
6. La mejora de las horas efectivas y disminución de combustible en el periodo 2023 en 0.37 h/día y 0.43 gal/h respectivamente es producto de un mejor control del rendimiento de los equipos de acarreo (scoops 4 y 6 yd³), producto de un mayor tonelaje acarreado.
7. De acuerdo al análisis de granulometría en las cámaras 120 y 135, consideró los resultados del P80 y finos asociados, siendo los resultados de 45.34 y 23.36 pulgadas y de 18.90 y 26.80 % respectivamente.
8. La disminución de la granulometría en el P80 en 21.98 pulgadas e incremento de los finos asociados en 7.90 % fue producto del uso de los iniciadores electrónicos (fametrónic), comparado con el uso de los iniciadores pirotécnicos (fanel), el cual controló y mejoró el grado de fragmentación.
9. Finalmente, el mejor control de la granulometría como el P80 y finos del material volado influye directamente en los indicadores operacionales de los equipos de acarreo, mejorando su rendimiento y por lo tanto la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir realizando estudios similares, considerando los diferentes dominios geológicos, geomecánicos y metalúrgicos para el control y mejora del rendimiento operacional.
2. Se recomienda relacionar los rendimientos de los equipos de carguío con los equipos de acarreo, considerando el match factor y definir el adecuado dimensionamiento de flota.
3. Se recomienda realizar estudios del grado de fragmentación posvoladura en diferentes frentes operacionales de acuerdo a las características geomecánicas y su relación con los procesos de conminución.
4. Se recomienda relacionar la granulometría con el consumo de energía en las etapas de chancado y molienda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ROJAS, F. Estimación de la fragmentación producto de la tronadura de rocas en minería a cielo abierto utilizando modelos predictivos y algoritmos de regresión. Informe de Memoria (Título de Ingeniera Civil de Minas). Chile: Universidad de Concepción, 2021, 81 pp.
2. ROUT N. y KUMAR C. Optimization Of Blasting Parameters in Open Cast Mines. Tesis de pre grado. Instituto Nacional de Tecnología de Rourkela, 2007.
3. GUITIERREZ, E. Diseño de voladura y predicción de la fragmentación en zonas de mineral para optimizar las operaciones unitarias en mina Toquepala. (Título de ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín Arequipa, 2014., 217 pp.
4. CHÁVEZ, Y. Mejora de la granulometría mediante el diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo de Holmberg en la galería 370 de la zona Coturcan en la mina Huancapeti - año 2015. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018, 130 pp.
5. SOLIS, A. Uso de los detonadores electrónicos Fametronic para evaluar la fragmentación de la roca en compañía minera Condestable S. A. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2021.
6. UNIDAD MINERA CONDESTABLE. Información de la etapa de carguío, 2022 y 2023. Empresa de servicios.

ANEXOS

Anexo 1

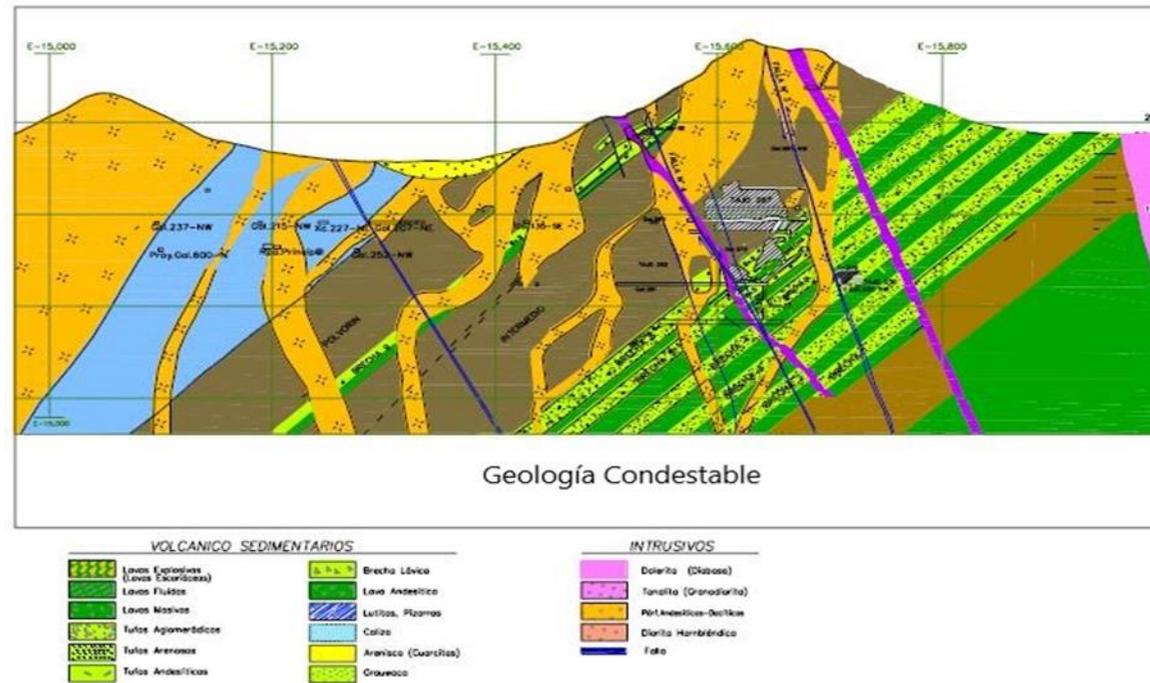
Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

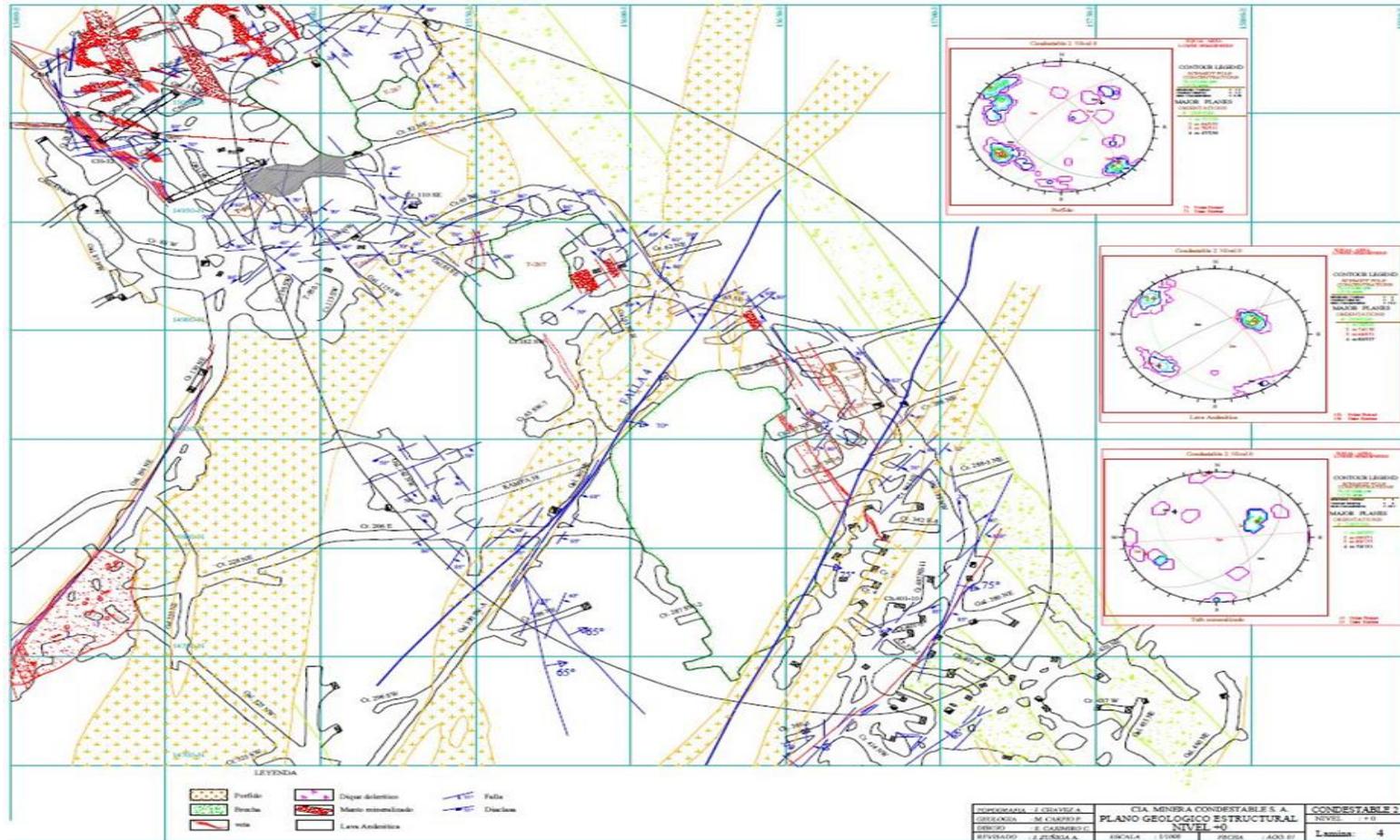
Variables	Definición		Definición operacional	
	Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:				
Mejora del rendimiento operacional en Compañía Minera Condestable	Uno de los objetivos principales en la rentabilidad de una compañía minera, es poder controlar y mejorar el rendimiento operacional de los diferentes procesos unitarios.	<ul style="list-style-type: none"> • Data Geológica • Data Geomecánica • Data Operacional 	Dominios geológicos Dominio geomecánico Indicadores operacionales	Litología, alteración asociada, fallas, densidad, etc. RMR, RQD, dureza, etc. Tonelaje acarreado, horas efectivas, rendimiento, etc.
VD:				
Análisis de los parámetros operacionales en equipos de carguío	Realizar la evaluación constante de los indicadores operacionales en operaciones mineras ayuda a mejorar la productividad de los equipos de carguío.	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores operacionales de acarreo. • Indicadores de rendimiento de equipos de carguío 	Plan de minado Rendimiento de equipos de carguío.	Toneladas acarreadas, número de viajes, ton/viaje, etc. Utilización, disponibilidad, horas operacionales, granulometría, etc.

Anexo 2

Planos en planta y perfil



**Figura 2. Perfil geológico de Condestable
Tomada del Departamento Geología**



**Figura 4. comportamiento estructural de Condestable
Tomada del Departamento Geología**

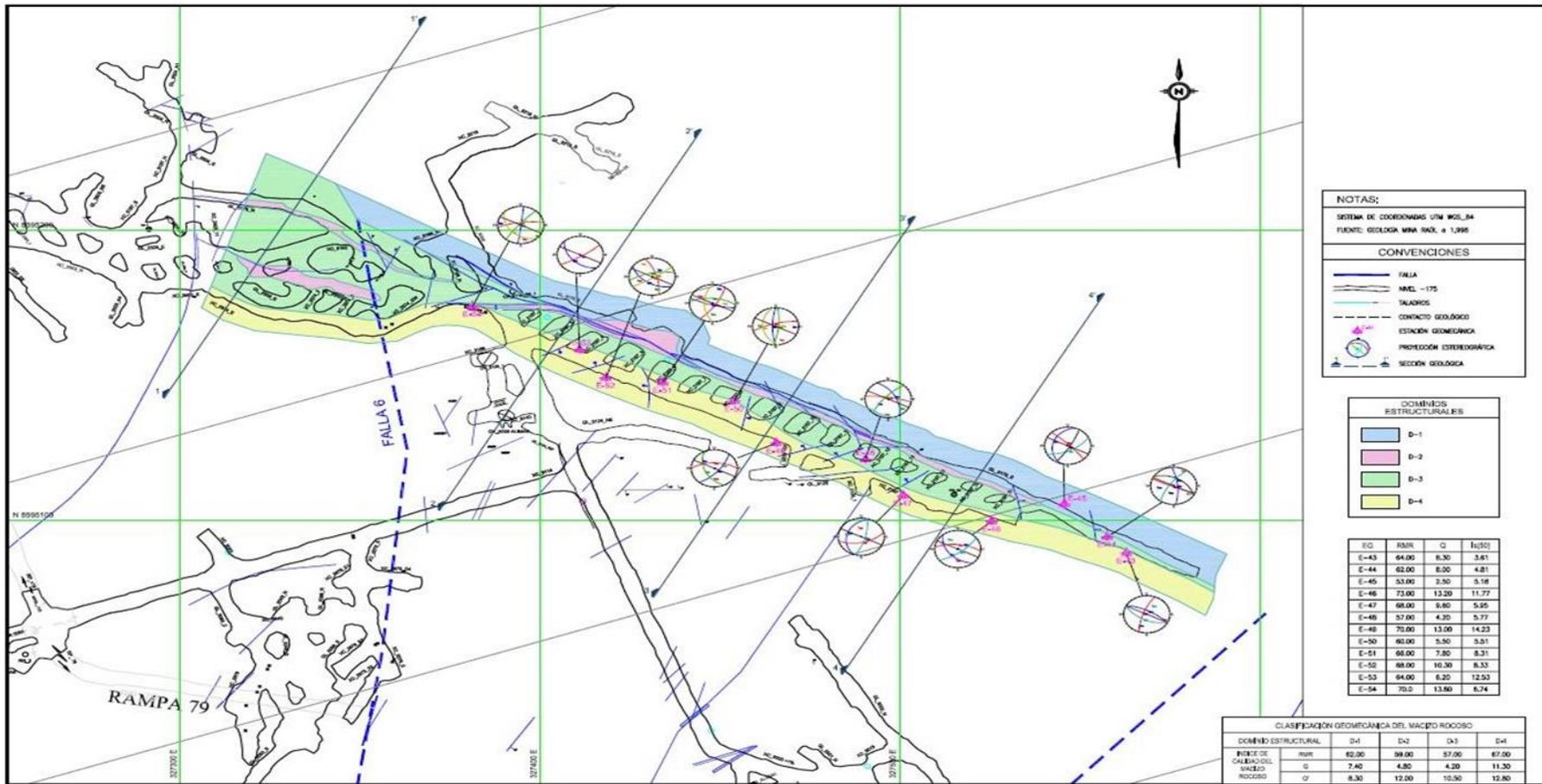
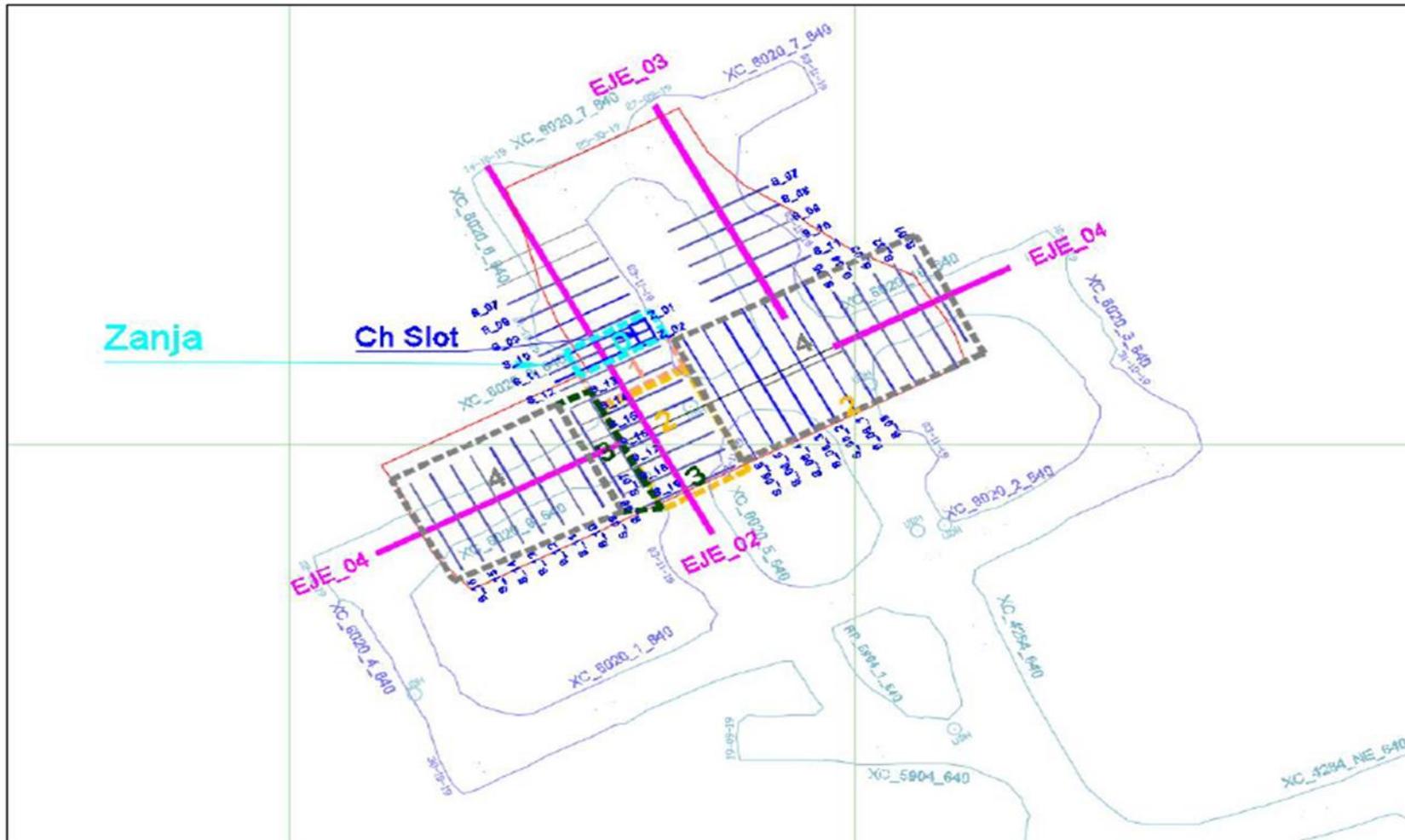


Figura 5. Zonificación geomecánica Nv 175, Condestable Tomada del Departamento Geología



**Figura 8. Plano de perforación, tajeo por subniveles
Tomada del Departamento Planeamiento**

Anexo 3

Fotos de cámara de mineral



Figura 15. Mineral post voladura, cámara 120



Figura 16. Mineral post voladura, cámara 135



**Figura 18. Mineral post voladura, Tj 6125
Tomada de Famesa explosivos**



**Figura 19. Mineral post voladura, Tj 6590 - 1
Tomada de Famesa explosivos**