

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables operacionales en
equipos de acarreo para la reducción de costos
de transporte de mineral en la Unidad Minera
Chungar - Mina Animón, 2023**

Paul Quiñonez Huayhua
Frank Daniel Barreto Noa

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

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 : 28 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 LAS VARIABLES OPERACIONALES EN EQUIPOS DE ACARREO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE TRANSPORTE DE MINERAL EN LA UNIDAD MINERA CHUNGAR – MINA ANIMÓN, 2023", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) PAUL QUIÑONEZ HUAYHUA y FRANK DANIEL BARRETO NOA, 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 18 % 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

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, PAUL QUIÑONEZ HUAYHUA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 76672427, 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 LAS VARIABLES OPERACIONALES EN EQUIPOS DE ACARREO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE TRANSPORTE DE MINERAL EN LA UNIDAD MINERA CHUNGAR – MINA ANIMÓN, 2023", 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.

19 de enero de 2024.

PAUL QUIÑONEZ HUAYHUA

DNI. No. 76672427

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, FRANK DANIEL BARRETO NOA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 71902459, 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 LAS VARIABLES OPERACIONALES EN EQUIPOS DE ACARREO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE TRANSPORTE DE MINERAL EN LA UNIDAD MINERA CHUNGAR – MINA ANIMÓN, 2023", 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.

19 de enero de 2024.

FRANK DANIEL BARRETO NOA

DNI. No. 71902459

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES EN EQUIPOS DE ACARREO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE TRANSPORTE DE MINERAL EN LA UNIDAD MINERA CHUNGAR – MINA ANIMÓN, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	17%	1%	14%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	12%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	vsip.info Fuente de Internet	<1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to University of Witwatersrand Trabajo del estudiante	<1%
8	Anne Fayma Lopes Chaves, Dayana Da Silva de Amaral, Ana Carolina Maria Araújo Chagas	<1%

Costa Lima, Leilane Barbosa de Sousa et al.
"Conhecimento das gestantes residentes em
comunidades rurais sobre o aleitamento
materno", Enfermagem em Foco, 2022

Publicación

9	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	1library.co Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
12	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
13	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
14	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

ASESOR

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la gerencia y personal que conforman la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay por permitir la realización del presente trabajo de investigación en la unidad minera Chungar - Animón.

Asimismo, a toda la plana docente de la EAP Minas de la Universidad Continental por ser parte fundamental en nuestra formación profesional.

También, un agradecimiento especial a nuestro asesor: Ing. Javier Carlos Córdova Blancas, por su apoyo incondicional en la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a nuestros queridos padres y familiares, quienes estuvieron en todo momento de nuestra vida académica y personal. Muchas gracias por sus consejos y apoyo incondicional en cada momento de nuestras vidas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
DEDICATORIA	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XX
INTRODUCCIÓN	XXII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	24
1.1. Planteamiento y formulación del problema	24
1.1.1. Planteamiento del problema	24
1.1.2. Formulación del problema	25
1.2. Objetivos	25
1.2.1. Objetivo general	25
1.2.2. Objetivos específicos	26
1.3. Justificación e importancia	26
1.3.1. Justificación social - práctica	26
1.3.2. Justificación académica	26
1.4. Hipótesis de la investigación	27
1.4.1. Hipótesis general	27
1.4.2. Hipótesis específicas	27
1.5. Identificación de las variables	27
1.5.1. Variable independiente	27
1.5.2. Variables dependiente	27
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	28
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	29
2.1 Antecedentes del problema	29
2.1.1 Antecedentes internacionales	29

2.1.2	Antecedentes nacionales	30
2.2	Generalidades de la unidad minera Chungar	31
2.2.1	Ubicación de la mina Animón	31
2.2.2	Accesibilidad de la mina Animón	31
2.3	Geología general	32
2.3.1	Geología local	33
2.3.2	Geomecánica	36
2.4	Metodo de explotacion	38
2.4.1	Corte y relleno	38
2.4.2	Cámaras y pilares	39
2.4.3	Método por subniveles	39
2.5	Bases teóricas del estudio	39
2.5.1	Parámetros técnicos de acarreo	40
2.5.2	Layout o perfil de acarreo	41
2.5.3	Consideraciones de productividad en equipos de acarreo	44
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		53
3.1	Método y alcances de la investigación	53
3.1.1	Método de la investigación	53
3.1.2	Alcances de la investigación	54
3.2	Diseño de la investigación	54
3.3	Población y muestra	54
3.3.1	Población	54
3.3.2	Muestra	55
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos	55
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos	55
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		56
4.1	Consideraciones iniciales de acarreo	56
4.2	Análisis de tonelaje transportado	62
4.3	Análisis de la granulometría en cancha de mineral	80
4.4	Análisis de costos y rendimiento de equipos de acarreo	89
4.5	Validación de la hipótesis planteada	91

CONCLUSIONES-----	98
RECOMENDACIONES-----	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	101
ANEXOS -----	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	28
Tabla 2. Accesibilidad a la mina Animón	32
Tabla 3. Estratigrafía de la mina Animón	33
Tabla 4. Disponibilidad de los equipos de acarreo, mina Animón	44
Tabla 5. Utilización de equipos de acarreo por guardia, mina Animón.....	47
Tabla 6. Utilización de equipos de acarreo por día, mina Animón.....	47
Tabla 7. Utilización de los equipos de acarreo, mina Animón	48
Tabla 8. Producción diaria promedio en equipos de acarreo, mina Animón	49
Tabla 9. Resumen de disponibilidad, equipos de acarreo, mina Animón	57
Tabla 10. Resumen de utilización, equipos de acarreo, mina Animón	58
Tabla 11. Resumen de horas efectivas de equipos de acarreo, mina Animón.....	60
Tabla 12. Resumen de tonelaje transportado en equipos de acarreo, mina Animón	61
Tabla 13. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de febrero	63
Tabla 14. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de marzo	65
Tabla 15. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 809	66
Tabla 16. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de febrero	68
Tabla 17. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 862, mes de marzo	69
Tabla 18. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 862	71
Tabla 19. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 940, mes de febrero	72
Tabla 20. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 940, mes de marzo	73
Tabla 21. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 940	75
Tabla 22. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 714, mes de febrero	76

Tabla 23. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 714, mes de mazo	77
Tabla 24. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 714	79
Tabla 25. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca001	82
Tabla 26. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca002	84
Tabla 27. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca003	86
Tabla 28. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca004	88
Tabla 29. Resumen de la granulometría muestra cancha de mineral	88
Tabla 30. Resumen de capacidad efectiva y costos asociados	90
Tabla 31. Rendimiento programado y ejecutado equipos de acarreo.	92
Tabla 32. Resumen de tonelaje transportado, periodo febrero y marzo	94
Tabla 33. Resumen de granulometría, capacidad efectiva y costos de acarreo	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación de la mina Animón	31
Figura 2. Perfil geológico de la mina Animón	32
Figura 3. Lineamiento estructural de la mina Animón	34
Figura 4. Principales estructuras mineralizadas en la mina Animón	35
Figura 5. Sección transversal, modelamiento subnivel 500, Nv 310, con $F_s > 1.30$	36
Figura 6. Sección transversal, modelamiento subnivel 500, Nv 310, con $F_s \geq 1.30$	36
Figura 7. Sección transversal, modelamiento después del minado, Fs 1.0 a 1.33	37
Figura 8. Sección transversal, modelamiento después del relleno, estable	37
Figura 9. Especificaciones técnicas, Volvo modelo FMX 8x4 R	40
Figura 10. Equipo Volvo modelo FMX 8x4 R, cargando mineral en pique principal	41
Figura 11. Componentes en superficie de mina Animón	42
Figura 12. Layout de acarreo pique Jacob Timber a planta, mina Animón	43
Figura 13. Disponibilidad, equipo Volvo modelo FMX 8x4 R.....	44
Figura 14. Relación de producción, rendimiento y número de viajes en equipos de acarreo	49
Figura 15. Granulometría post voladura	50
Figura 16. Descarga de mineral, zona acopio planta	51
Figura 17. Descarga de mineral, zona acopio planta	51
Figura 18. Mineral en zona acopio planta	52
Figura 19. Resumen de la disponibilidad, equipos acarreo, mina Animón	57
Figura 20. Distribución de la disponibilidad de BMV-809	58
Figura 21. Distribución de la disponibilidad de BMV-862	59
Figura 22. Distribución de la disponibilidad de BMV-940	59
Figura 23. Distribución de la disponibilidad de BMV-714	59
Figura 24. Distribución de las horas efectivas, equipos acarreo, mina Animón ...	60
Figura 25. Relación producción, rendimiento y número viajes, mina Animón	61

Figura 26. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, febrero	64
Figura 27. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 809, febrero	64
Figura 28. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, marzo	65
Figura 29. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, marzo	66
Figura 30. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 809.....	67
Figura 31. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, febrero	68
Figura 32. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 862, febrero	69
Figura 33. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, marzo	70
Figura 34. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, marzo	70
Figura 35. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 862.....	71
Figura 36. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, febrero	72
Figura 37. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 940, f ebrero	73
Figura 38. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, marzo	74
Figura 39. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, marzo	74
Figura 40. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 940.....	75
Figura 41. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 714, febrero	76
Figura 42. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 714, febrero	77

Figura 43. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 914, marzo	78
Figura 44. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 714, marzo	78
Figura 45. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 714.....	79
Figura 46. Imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero.....	80
Figura 47. Análisis de imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero.....	81
Figura 48. Distribución de granulometría muestra Ca001, febrero.....	81
Figura 49. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero	82
Figura 50. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero	83
Figura 51. Distribución de granulometría muestra Ca002, febrero.....	83
Figura 52. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo.....	84
Figura 53. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo	85
Figura 54. Distribución de granulometría muestra Ca003, marzo	85
Figura 55. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo.....	87
Figura 56. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo	87
Figura 57. Distribución de granulometría muestra Ca004, marzo	87
Figura 58. Resumen y análisis de la granulometría (P80) y el factor de llenado.....	89
Figura 59. Granulometría y capacidad efectiva en equipos de acarreo	90
Figura 60. Granulometría, capacidad efectiva y costos en equipos de acarreo ...	91
Figura 61. Resumen de utilización de equipos de acarreo.....	92
Figura 62. Resumen de disponibilidad de equipos de acarreo.....	93
Figura 63. Resumen de horas efectivas de equipos de acarreo	93
Figura 64. Resumen de horas efectivas y números de viajes en equipos de acarreo	95
Figura 65. Resumen de granulometría y capacidad efectiva en equipos de acarreo	96
Figura 66. Resumen de granulometría, capacidad efectiva y costo asociados....	96

RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación permite realizar el análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo para la reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera Chungar, mina Animón. El trabajo de investigación analizó los equipos de acarreo de marca Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m³: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, pertenecientes a la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, durante los periodos de enero a marzo.

La metodología de investigación aplicada fue el método inductivo – deductivo, donde se observó las variables operacionales de los equipos de acarreo considerando el rendimiento de los equipos de acarreo como la utilización, disponibilidad, horas efectivas, tonelaje transportado, granulometría, capacidad efectiva y costos asociados.

El trabajo de investigación se desarrolló durante los periodos de enero a marzo, analizando el tonelaje transportado, las variables de rendimiento para luego determinar la granulometría del material transportado y ver su influencia con la capacidad efectiva y costos o valorización asociada a los equipos de acarreo.

Los resultados obtenidos en los equipos de acarreo consideran una disponibilidad del 92 %, la utilización del 47.25 % y las horas efectivas operacionales en 10.46 horas diaria.

El tonelaje transportado se incrementó durante el segundo periodo (marzo) en 6,646.09 toneladas, con un promedio de 20 viajes y 2.02 horas efectivas operacionales, con un incremento de la valorización de transporte de mineral en \$ 41,286.60, considerando un precio unitario de \$ 6.12.

La granulometría durante el estudio varía desde un rango mínimo de 24.11 cm a un máximo de 190.95 cm, considerando un promedio de granulometría de 72.09

cm, esto considera factores de llenado desde un mínimo del 60 % y un máximo del 85 %. Las granulometrías y factores de llenado consideran capacidades efectivas de equipos de acarreo en un mínimo de 36.62 toneladas (224.13 \$/ciclo) y un máximo de 25.85 toneladas (158.21 \$/ciclo).

Las variabilidades asociadas a la granulometría afectan directamente en el tonelaje transportado, considerando que a mayor granulometría (>P80) el tonelaje transportado es menor y viceversa a menor granulometría (=P80) el tonelaje transportado es mayor (óptimo).

Palabras clave: rendimiento, utilización, disponibilidad, horas efectivas, tonelaje transportado, capacidad efectiva, granulometría, costos, etc.

ABSTRACT

The development of the research allows the analysis of the operational variables in hauling equipment to reduce mineral transportation costs in the Chungar Mining Unit, Animón mine. The research work analyzed the Volvo brand hauling equipment model FMX 8x4 R of 20 m³: BMV-809, BMV-862, BMV-940 and BMV-714, belonging to the San Juan de Huayllay Multiservice Communal Company, during the periods from January to March.

The applied research methodology was the inductive - deductive method, where the operational variables of the hauling equipment were observed considering the performance of the hauling equipment such as utilization, availability, effective hours, transported tonnage, granulometry, effective capacity and associated costs.

The research work was carried out during the periods from January to March, analyzing the transported tonnage, the performance variables to later determine the granulometry of the transported material and see its influence with the effective capacity and costs or valuation associated with the haulage equipment.

The results obtained in the hauling equipment consider an availability of 92 %, the use of 47.25 % and the effective operational hours in 10.46 daily hours.

The transported tonnage increased during the second period (March) by 6,646.09 tons, with an average of 20 trips and 2.02 effective operational hours, with an increase in mineral transportation valuation of US \$41,286.60, considering a unit price of US \$ 6.12.

The granulometry during the study varies from a minimum range of 24.11 cm to a maximum of 190.95 cm, considering an average granulometry of 72.09 cm, this considers fill factors from a minimum of 60% and a maximum of 85%. The granulometries and filling factors consider effective capacities of hauling equipment at a minimum of 36.62 tons (224.13 US\$/cycle) and a maximum of 25.85 tons (158.21 US\$/cycle).

The variabilities associated with the granulometry directly affect the tonnage transported, considering that the higher the granulometry (>P80) the transported tonnage is lower and vice versa, the lower the granulometry (=P80) the transported tonnage is greater (optimal).

Keywords: Performance, utilization, availability, effective hours, transported tonnage, effective capacity, granulometry, costs, etc.

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas en operaciones mineras es el incremento de costos operacionales a medida que se va profundizando los diferentes frentes operacionales. Por tal motivo, generar programas de optimización y reducción de costos en equipos de transporte de mineral y desmonte es de vital importancia.

Analizar el grado de fragmentación posvoladura del mineral afectará directamente la capacidad efectiva de los equipos de acarreo y el tonelaje transportado, y los costos o valorización asociados.

Uno de los grandes problemas en la valorización de transporte de mineral por parte de la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay es la variabilidad de tonelaje transportado, producto de la capacidad efectiva de los equipos de acarreo.

La capacidad de los equipos de acarreo son dependientes de las variables operacionales como granulometría (P80), densidad y factor de esponjamiento, etc. Todas estas variables varían de acuerdo al resultado posvoladura, por lo que es de vital importancia conocer la variabilidad geológica o modelos geometalúrgicos para generar programas de optimización.

El presente trabajo de investigación analiza 4 equipos de transporte de mineral de marca Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m³: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, pertenecientes a la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, durante el periodo de enero a marzo. Se analizará el tonelaje transportado, las variables de rendimiento de equipos de acarreo, para luego determinar la granulometría del material transportado y ver su influencia con la capacidad efectiva y costos o valorización asociada.

El trabajo de investigación se desarrolla en los siguientes capítulos: para el capítulo I, se describe el problema, objetivo e hipótesis general, así como los

problemas, objetivos e hipótesis específicas. En el capítulo II, se desarrolla los antecedentes nacionales e internacionales, generalidades de la mina y bases teóricas. En el capítulo III, se desarrolla la metodología de investigación, técnicas de investigación, población y muestra asociadas. En el capítulo IV, se describe el análisis e interpretación de resultados del trabajo de investigación.

Los autores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Las empresas mineras en el Perú desarrollan sus actividades operacionales de acuerdo al plan de minado de corto, mediano y largo plazo, durante el cual se establecen planes de producción que se tiene que cumplir durante un tiempo establecido.

Controlar los costos operacionales en minería es de vital importancia, por tal motivo desarrollar programas que optimicen los diferentes procesos unitarios ayudarán a mejorar la rentabilidad operacional.

Los de costos de transporte y acarreo en la industria minera está en el orden de 45 a 50 %, estos representan una gran incidencia en la estructura de los costos operacionales, por tal motivo es indispensable conocer las variables operacionales que inciden dichos costos como: toneladas transportadas, densidad de material, distancia de layout de acarreo, velocidad de acarreo con carga y sin carga, condiciones mecánicas y eléctricas de los equipos de acarreo, etc.

El presente trabajo de investigación permitirá el análisis de los equipos de acarreo de la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, permitiendo

analizar las variables operacionales que influyen en el rendimiento de los equipos de acarreo, con la finalidad de reducir los costos operacionales.

Por tal motivo, se analizará el grado de fragmentación posvoladura transportado, el tonelaje transportado y sus costos unitarios asociados, con la finalidad de mejorar la rentabilidad de la empresa comunal.

1.1.2. Formulación del problema

- **Problema general**

¿Cómo se puede reducir los costos de transporte de mineral mediante el análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023?

- **Problemas específicos**

a) ¿Cómo influye el tonelaje transportado mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo en la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023?

b) ¿Cómo influye el grado de fragmentación mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo para la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón 2023?

c) ¿Cómo influye el grado de fragmentación en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo para la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Reducir los costos de transporte de mineral mediante el análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia del tonelaje transportado mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo en la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.

- b) Determinar la influencia del grado de fragmentación mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo para la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.

- c) Determinar la influencia del grado de fragmentación en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo para la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.

1.3. Justificación e importancia

Al desarrollar la presente tesis, se analizarán las variables operacionales en equipos de acarreo para la reducción de costos de transporte de mineral, considerando la granulometría, densidad, factor de esponjamiento, distancias del layout de acarreo, en la unidad minera Chungar.

1.3.1. Justificación social - práctica

El desarrollo del presente trabajo ayudará a entender el comportamiento de las variables operacionales en equipos de acarreo, cuyos resultados mejorarán la rentabilidad operacional. Dicha mejora ayudará a realizar inversiones en la gestión social y mejorará la relación con las comunidades presentes en el área de la unidad minera. Así mismo, el cumplimiento de los planes de minado involucra el cumplimiento del tonelaje, producido, acarreado y procesado, para maximizar el valor operacional de la unidad minera.

1.3.2. Justificación académica

El desarrollo del trabajo de investigación establecerá modelos numéricos que permitan optimizar las variables operacionales de acarreo, los resultados obtenidos permitirán ser base comparativo de estudios similares. La mejora en el

comportamiento de las variables analizadas en sistemas de acarreo, ayudarán a entender la optimización del proceso unitario. Así mismo, los profesionales y estudiantes que realicen estudios similares, se ayudarán con los resultados obtenidos, y podrán realizar estudios comparativos (benchmarking) de otras unidades mineras.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al analizar las variables operacionales en los equipos de acarreo influirá en la reducción de costos de transporte en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al determinar la influencia del tonelaje transportado mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo influye en la reducción de costos en la Unidad Minera Chungar – Mina Animón, 2023.

- b) Al determinar la influencia del grado de fragmentación mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo influye en la reducción de costos en la Unidad Minera Chungar – Mina Animón, 2023.

- c) Al determinar la influencia del grado de fragmentación en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo influye en la reducción de costos en la Unidad Minera Chungar – Mina Animón, 2023.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Reducción de costos de acarreo

1.5.2. Variables dependiente

Análisis de las variables operacionales de equipos de acarreo como rendimiento de equipos, granulometría, capacidad efectiva, etc.

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Reducción de costos de acarreo	Para garantizar la vida operacional de operaciones mineras es de vital importancia el control de la optimización y reducción de costos de acarreo, producto de las características del material transportado.	<ul style="list-style-type: none"> • Consideraciones Geológicas • Consideraciones Geomecánicas • Consideraciones de Operación 	Geología Geomecánica Operación	Tipo roca, alteración hidrotermal, mineralogía, etc. Propiedades físicas de la roca. Producción, densidad, costos de acarreo, etc.
VD: Análisis de las variables operacionales de equipos de acarreo	Para optimizar el proceso unitario de acarreo es de vital importancia conocer las características del material a ser transportado, como la granulometría, la densidad, etc., para el cumplimiento de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de operación en equipos de acarreo. • Parámetros del rendimiento de equipos de acarreo 	Análisis de los parámetros para cumplimiento del material transportado Análisis de los parámetros de rendimiento de los equipos de acarreo.	Tonelaje transportado, granulometría, densidad de material, costos de acarreo, etc. Capacidad efectiva, utilización, disponibilidad y horas efectivas, etc.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: "*Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina y propuesta para mejorar su eficiencia*". El objetivo fue realizar el análisis del proceso de acarreo, identificando variables operacionales que afectan directamente a la pérdida de tiempos operacionales. El estudio plantea, analizar e identificar la pérdida de tiempo y las diferentes actividades que generan esta pérdida. El resultado del estudio, considera que la actividad asociada a la espera de los equipos de acarreo en los diferentes frentes operacionales es demasiado alto representando el 30 % de las horas operativas, buscando reducir este tiempo, mejorando la disponibilidad hasta en un 85% de disponibilidad mecánica en equipos de acarreo (1).

- ✓ Tesis titulada: "*Optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (limolitas, chert, margas) en la planta de cementos Argos, Toluviejo-Sucre*". El objetivo es optimizar los procesos de carguío, transporte y descarga de minerales industriales tipo caliza, considerando las condiciones operacionales. Se realizó el análisis de los ciclos asociados a los procesos unitarios desde los puntos de producción (cantera) hasta la zona de descarga (planta de Toluviejo en Colombia). Dentro del análisis del layout de acarreo, se consideró las pérdidas de tiempo asociado a estas etapas, siendo identificadas

y planteando soluciones para mitigar la pérdida de tiempo operacional. Los resultados obtenidos, plantea la generación de 2 vías alternas que permitan reducir las distancias entre los puntos de producción (layout de acarreo) y por ende la disminución del tiempo asociado al ciclo de acarreo. Así mismo, se plantea la capacitación de los operados de equipos en los procesos de carguío y acarreo reduciendo el tiempo asociado a estas etapas. (2)

2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Trabajo titulado: “*Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA Servicios Mina Morococha*”. El objetivo fue evaluar y realizar una propuesta en el sistema de acarreo. Los resultados consideran el análisis de todas las variables operacionales, como el tiempo asociado a las actividades de carguío y acarreo, considerando la mejora de los indicadores de rendimiento en carguío y acarreo, mejorando la reducción de costos en US\$/t-km, disminuyendo el tiempo de carguío, considerado como valores altos en 10 minutos, producto de una distancia mayor desde los puntos de carguío (3).

- ✓ Tesis titulada: “*Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C.*” El objetivo del presente trabajo fue identificar la pérdida de tiempo operacional con la finalidad de incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo. Los resultados obtenidos fue la disminución de las pérdidas de tiempos operacionales, mejorando la utilización y el incremento de la producción. Esta reducción de tiempo ayudó a mejorar los índices de productividad en los procesos operativos (4).

- ✓ Tesis titulada: “*Optimización del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad en Cía. Minera Ares – U.O. Inmaculada*”. El objetivo del estudio fue identificar las diferentes actividades relacionadas a la pérdida de tiempo operacional en los equipos de acarreo. Al controlar las

diferentes actividades que inciden el proceso de acarreo de mineral hubo una mejora en los resultados disminuyendo la pérdida de tiempo de 3.5 a 2.60 horas, mejorando la rentabilidad operacional de la unidad minera (5).

2.2 Generalidades de la unidad minera Chungar

2.2.1 Ubicación de la mina Animón

La mina Animón se ubica en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco. Se emplaza en el flanco oriental de la cordillera occidental, en las coordenadas UTM.: 8´780,728 N y 344,654 E a una altura promedio de 4,600 m s. n. m.



*Figura 1. Plano de ubicación de la mina Animón
Tomada del Área de Planeamiento*

2.2.2 Accesibilidad de la mina Animón

La accesibilidad principal (carretera central) a la mina Animón es desde la ciudad de Lima – La Oroya – cruce Villa de Pasco – Huayllay – mina Animón con una distancia de 328 kilómetros. Así mismo existen 2 rutas alternas siendo estas: Lima

– Canta – mina Animón con una distancia de 219 kilómetros y Lima – Huaral – mina Animón con una distancia de 225 kilómetros.

Tabla 2. Accesibilidad a la mina Animón

RUTA	DISTANCIA	VÍA
Lima – Oroya - Villa Pasco - Huayllay – mina Animón	328 kilómetros	Asfaltada (principal)
Lima – Canta – mina Animón	219 kilómetros	Afirmada (alterna)
Lima – Huaral – mina Animón	225 kilómetros	Asfaltado (alterna)

Tomada del Área de Planeamiento

2.3 Geología general

La mina Animón se presentan estructuras mineralizadas hidrotermales tipo veta, manto, brechas y cuerpos metasomáticos, relacionadas a intrusiones y zonas sedimentarias de minerales de Zn, Pb, Ag y Cu, teniendo un control estructural y litológico, asociada a la formación Casapalca.

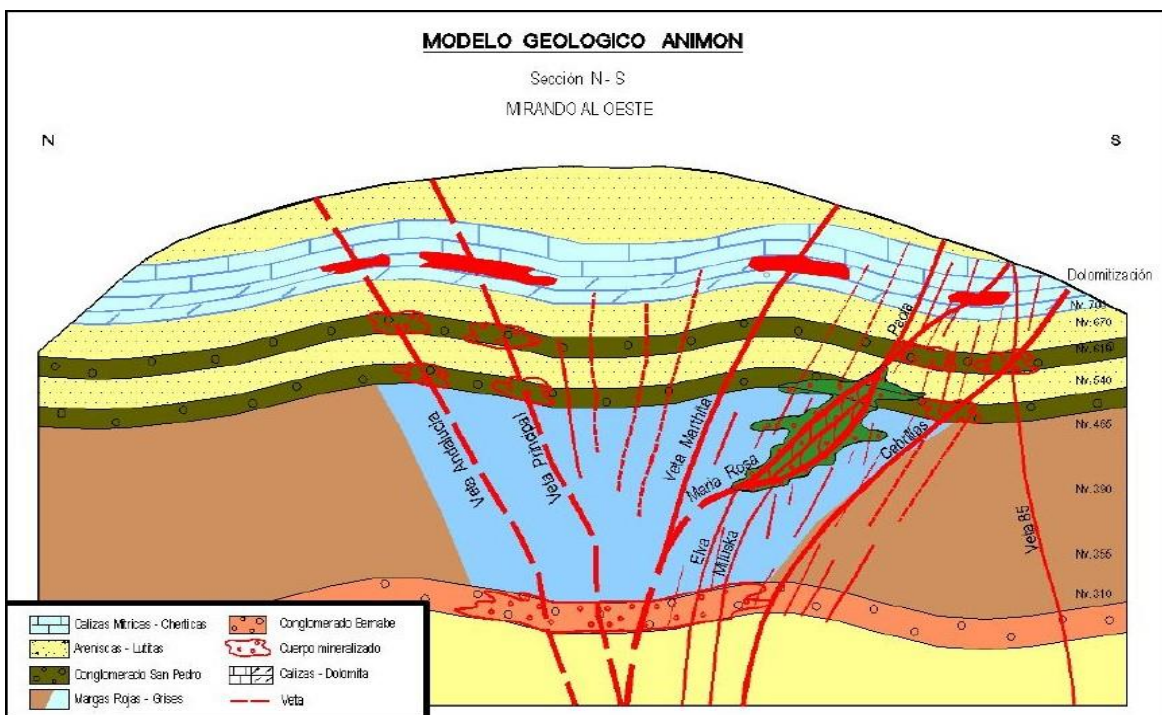


Figura 2. Perfil geológico de la mina Animón
Tomada del Área de Geología

2.3.1 Geología local

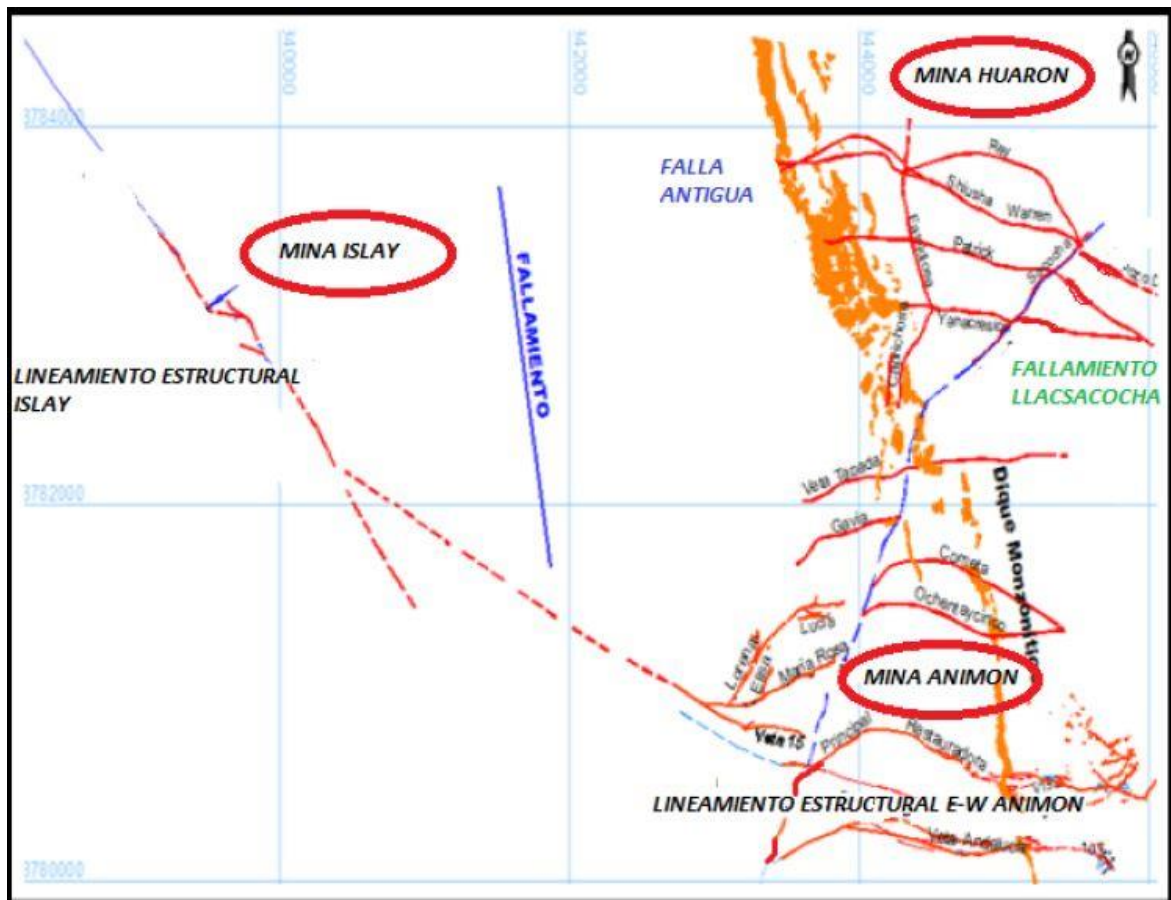
La mina Animón se emplaza en ambientes sedimentarios de la formación Casapalca, compuesta principalmente en los niveles superiores por zonas de margas limoníticas rojizas con diferentes niveles de areniscas, lodolitas, limonitas y calizas con potencias entre 50 y 300 metros, entre estas unidades se intercalan calizas finas con chert irregular con potencias de 175 metros. En los niveles intermedios se observa chert calcáreo con potencias de 175 metros. En los niveles inferiores se observa chert calcáreo y niveles de areniscas calcáreas y chert rojizos con niveles irregulares de conglomerados con potencias hasta 480 metros. Y en los niveles inferiores de la formación Casapalca se observa areniscas calcáreas con limonitas y margas rojizas con potencias de 800 metros, como se observa en la columna estratigráfica.

Tabla 3. Estratigrafía de la mina Animón

UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS				UNIDADES LITO ESTRATIGRAFICAS				SUCCESO GEOLOGICO	MILLONES AÑOS	ROCAS INTRUSIVAS					
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD	GRUPO	FORMACION	UNIDAD	COLUMNA				SIMBOLO	GROSOR (mts)	LITOLOGÍA		
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE						Q-Dep-R	10	Depósitos neoglaciales Limo-arcilla-granoso	EROSION GLACIAR EL ELEVACION ANDES 4,000	1	ANDESITA		
		PLEISTOCENO						Q-Pl-mo	20	morenas con clastos angulosos a subredondos en matriz arenosa.					
	TERCIARIO	MIOCENO SUPERIOR							Ts-FmsH	200	tobas lignimbricas rivitas y arcillas	PLEGAMIENTO QUICHUANO		13	
									Tm-Vca	1000	volcanicos, piroclasticos, lavas de andesitas y dacitas porfiriticas.	PLANIZACION SUPERFICIE PUNA		25	
		EOCENO INFERIOR										LIBERACION FRACTURA INTRUSION		36	
		PALEOCENO	CASAPALCA	SUPERIOR	CALIPUY	HUYLLAY					>50	Margas limoníticas rojizas con niveles de areniscas, lodolitas, limonitas y calizas.		PLEGAMIENTO INCAICO ANTICLINAL DE HUIRÓN	58
											175	Calizas finas con chert irregular. Quimo cocha, intercalada con niveles de margas y areniscas			
											200	Margas limoníticas rojizas intercaladas con delgados niveles de areniscas rojizas.			
											400	Conglomerado heterolítico "San Pedro" en matriz arenosa, con niveles de areniscas y margas.			
300	Margas limoníticas rojizas con delgado nivel de areniscas rojizas.														
25	Chert calcáreo irregular.														
EOCENO INFERIOR	CASAPALCA	MEDIO	CALIPUY	HUYLLAY					420	Areniscas de Kamaç y margas rojizas.	PERUANA FORMACION DE LOS ANDES	63			
									40	Conglomerados Bamabé con clastos de caliza.					
JURASICO	CRETACEO SUPERIOR	PALEOCENO INFERIOR	CASAPALCA	HUYLLAY					800	Areniscas de Kamaç, limonitas y margas rojizas.	FORMACION DE LOS ANDES	90			
MESOZOICO	JURASICO MEDIO	PUCARA	CASAPALCA	HUYLLAY					550	Calizas masivas de colores claros y oscuros.		185			

Tomada del Área de Geología

El comportamiento estructural está asociado a la orogénesis Incaica, los que fueron afectados por esfuerzos compresivos E – W, haciendo que los sedimentos se plieguen en forma regional de dirección N25°W. La principal expresión tectónica en la zona de chungar es el anticlinal de María Rosa, considerado como un pliegue asimétrico cuyas dimensiones son de 20 x 6 km. El comportamiento estructural asociado a lineamientos NS a NW, asociado a fallas tensionales de rumbo EW, los cuales se observan en la mina Huarón.

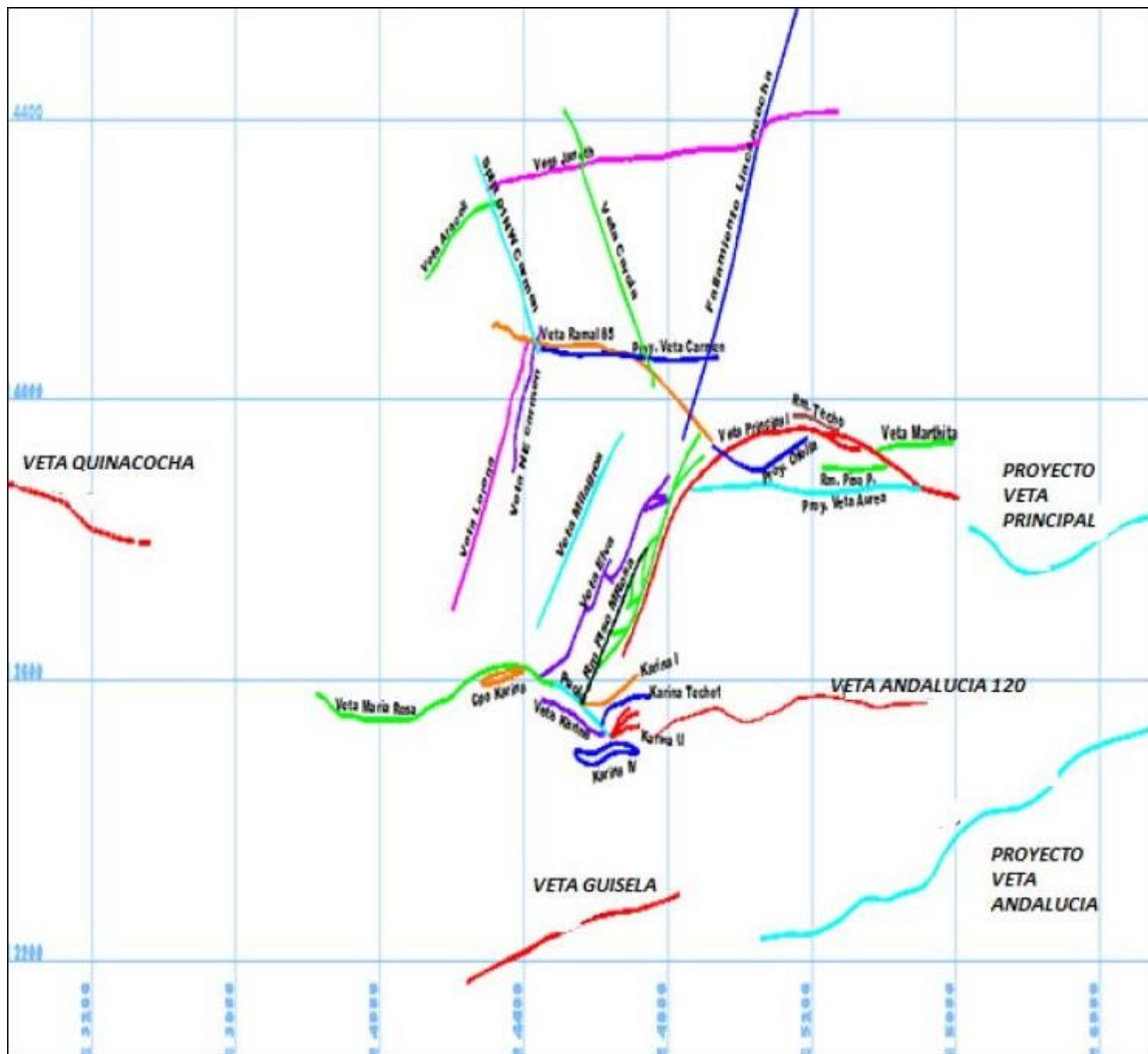


**Figura 3. Lineamiento estructural de la mina Animón
Tomada del Área de Geología**

Las zonas de fuerzas tectónicas compresivas y extensivas en el anticlinal generaron zonas de debilidad para el emplazamiento de fluidos ígneos de composición monzonítico cuarcífero, formando diques longitudinales y transversales. Las dimensiones de los diques longitudinales son en su parte más ancha de 350 metros y se adelgaza en profundidad, los diques transversales tienen potencia de 300 metros en su parte más ancha, uniéndose en la parte central del

anticlinal donde se observa las mayores potencias. Las soluciones hidrotermales post intrusivas generaron alteraciones tipo sericita, caolinita y piritización. Los esfuerzos tectónicos post intrusivos generaron ambientes favorables para la formación de estructuras de dirección EW y NS, generando la mineralización de las principales vetas en la mina Animón como: Andalucía, maría rosa, veta principal piso, Lorena, veta Elba, split Carmen, etc. La densidad promedio para la mineralización es de 3.28 kg/m³ y para la roca encajonante de 2.84 kg/m³

La mineralización polimetálica presente está compuesta por: esfalerita, galena, calcopirita con trazas de sulfosales de Cu (tenantita y tetraedrita), así como sulfosales de Ag (pirargirita).



**Figura 4. Principales estructuras mineralizadas en la mina Animón
Tomada del Área de Geología**

2.3.2 Geomecánica

Los estudios realizados para determinar el factor de seguridad en estado tenso deformacional de las excavaciones antes y después del minado, esto ayuda a la toma de decisiones para el adecuado dimensionamiento.

a) Modelamiento tenso deformacional del subnivel 500 Nv 310

Considera el factor de seguridad > 1.30 con sostenimiento, considerando una condición estable.

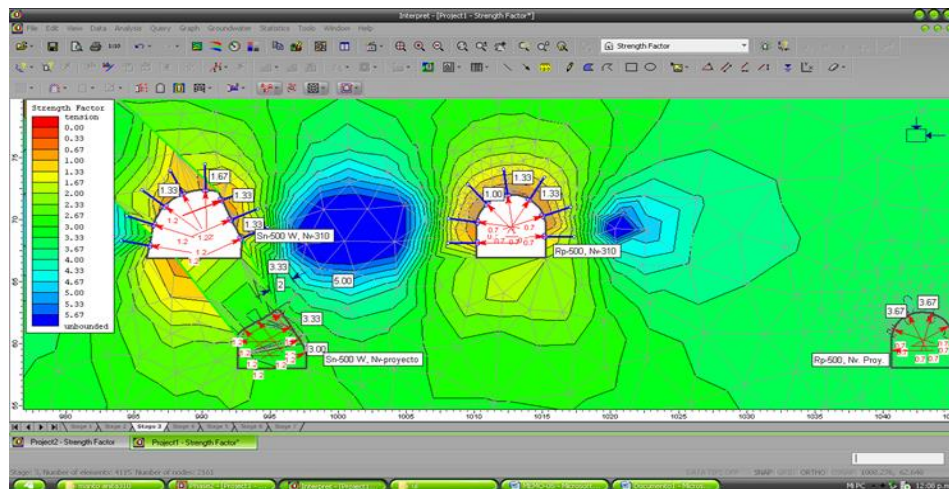


Figura 5. Sección transversal, modelamiento subnivel 500, Nv 310, con $F_s > 1.30$
Tomada del Área de Geomecánica

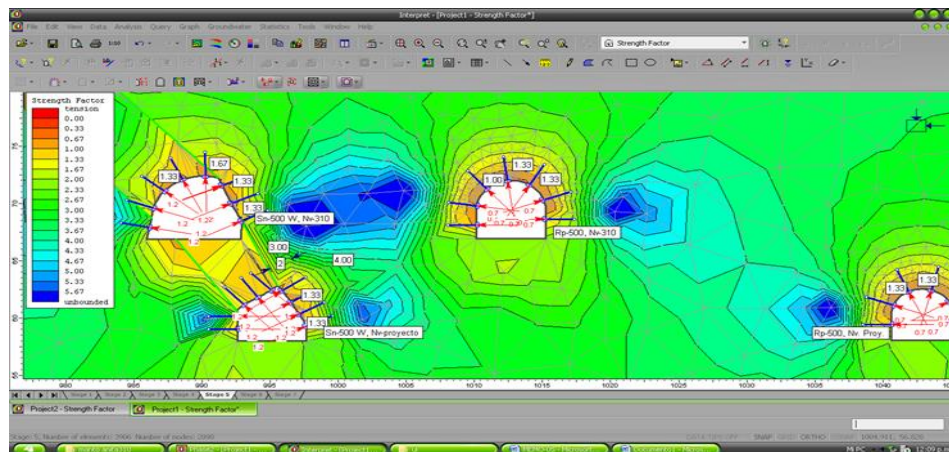
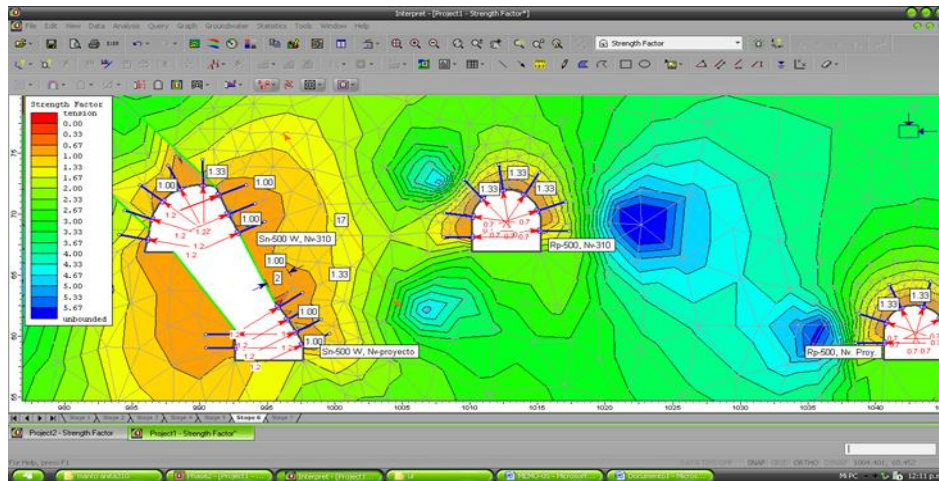


Figura 6. Sección transversal, modelamiento subnivel 500, Nv 310, con $F_s \geq 1.30$
Tomada del Área de Geomecánica

El tipo de sostenimiento en subniveles son con malla + Hydrabolt de 7' de longitud, espaciados a 1.2 x 1.2 metros, con condiciones estables y un factor de seguridad \geq a 1.30.

b) Modelamiento tenso deformacional después del minado de 8.0mts de altura de banco.

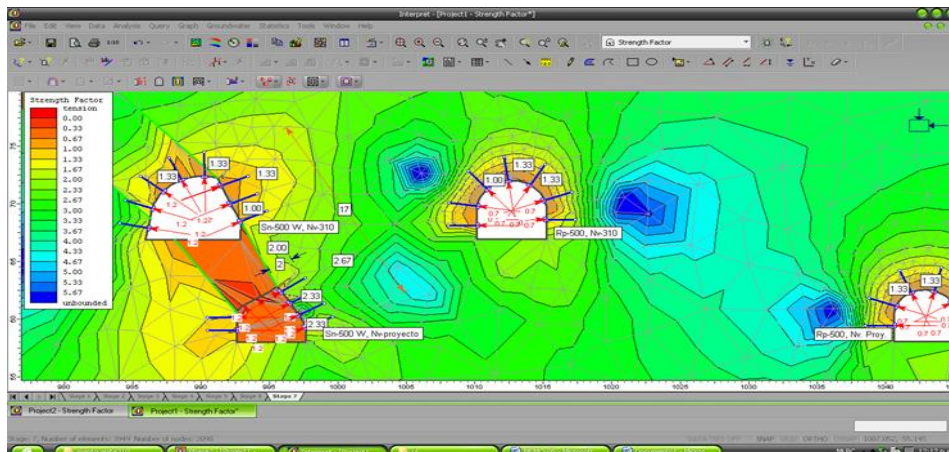
Las consideraciones del factor de seguridad, luego del minado con alturas de 8 metros y una abertura total de altura del tajo de 18 metros, con un factor de seguridad de 1.0 a 1.33, considerado como zona inestable a estable.



**Figura 7. Sección transversal, modelamiento después del minado, F_s 1.0 a 1.33
Tomada del Área de Geomecánica**

c) Simulación después del relleno detrítico.

Factor de seguridad incrementa luego del relleno detrítico oportuno, generando una condición Estable



**Figura 8. Sección transversal, modelamiento después del relleno, estable
Tomada del Área de Geomecánica**

De acuerdo a las diferentes estructuras mineralizadas presentes en la mina Animón, consideradas como vetas, mantos y cuerpos, los cuales de acuerdo a las propiedades del macizo rocoso se considera métodos con relleno.

Los métodos seleccionados, consideran las propiedades geológicas, geomecánicas, operacionales y económicas para la selección del método de minado.

Las consideraciones geológicas en la mina Animón, considera una mineralogía polimetálica con leyes promedio de Zn@5.66 %, Pb@1.59 %, Ag@1.86 Oz y Cu@0.15 %.

2.4 Metodo de explotacion

De acuerdo a las características geológicas, geomecánicas, operacionales y económicas de las diferentes estructuras mineralizadas se aplican los métodos de explotación como corte y relleno ascendente, cámaras y pilares y métodos por subniveles o *sublevel stoping*.

2.4.1 Corte y relleno

El método de explotación de corte y relleno es minado por niveles horizontales desde el nivel inferior, siguiendo en forma vertical. El relleno se realiza de acuerdo como se va explotando los diferentes niveles horizontales con relleno detrítico y relleno hidráulico, lo cual permite la estabilidad del macizo rocoso del tajo minado.

La aplicación del método corte y relleno ascendente ofrece una buena recuperación de mineral cercana al 100 %, es muy selectivo considerando zonas de alta ley y descartando zonas de baja ley, es muy seguro, consigue un alto grado de mecanización y aplicados a estructuras con propiedades del macizo rocoso incompetentes. Las desventajas consideran un alto costo de minado, un bajo rendimiento en el ciclo de minado por el uso del relleno y un alto consumo de materiales de fortificación.

2.4.2 Cámaras y pilares

Aplicado a estructuras con bajo buzamiento o sub horizontales, dejando pilares de mineral en el techo para su sostenimiento, siendo su recuperación en forma parcial o total. Es parcialmente selectivo, la mecanización es bien completa, reduciendo los costos operacionales, con recuperaciones de mineral entre el 80 al 90 %. Si la mineralización es irregular hay baja productividad en los procesos unitarios del ciclo de minado y generando diluciones importantes.

2.4.3 Método por subniveles

Aplicado principalmente a estructuras mineralizadas verticales o sub verticales de potencias mayores y angostas. Así mismo, considerar que los contactos de la estructura mineralizada con las cajas asociadas. También es aplicable a cuerpos mineralizados generando alta productividad, aplicado a una roca competente

La aplicación del método es por tajadas verticales (taladros largos), generando grandes dimensiones a ser rellenadas, la expresión de subniveles, es porque se aplica galerías de extracción y subniveles de explotación en los diferentes frentes de producción. Las labores de desarrollo y preparación consideran galerías de transporte, estocadas de carguío, embudos o zanjas recolectoras de mineral y chimenea slot. Es muy favorable a la mecanización, alto ritmo de producción, recuperaciones hasta el 90%, bajo control de la dilución con estructuras irregulares, altas inversiones en las preparaciones antes de iniciar la explotación, no es selectivo.

2.5 Bases teóricas del estudio

La presente tesis realiza el análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo para determinar la reducción de costos de transporte de mineral en la mina Animón. Las variables operacionales estarán relacionados a la densidad de material, granulometría, capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo, así como el layout de acarreo desde los puntos de carguío hacia la zona de acopio en planta concentradora. Es de vital importancia medir el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, para entender y generar programas de optimización

y reducción de costos. La producción de la Unidad Minera Chungar es de 5500 tpd, provenientes de las minas Animón e Islay.

2.5.1 Parámetros técnicos de acarreo

Los equipos de acarreo son de marca Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m³ o de 31,006 kg de capacidad nominal, se analizarán 4 equipos de año de fabricación del 2021 y la fecha de puesta en servicio en la unidad minera el 05/01/22



VOLVO FMX 8x4R
VOCACIONAL
380/420/460/500 CV

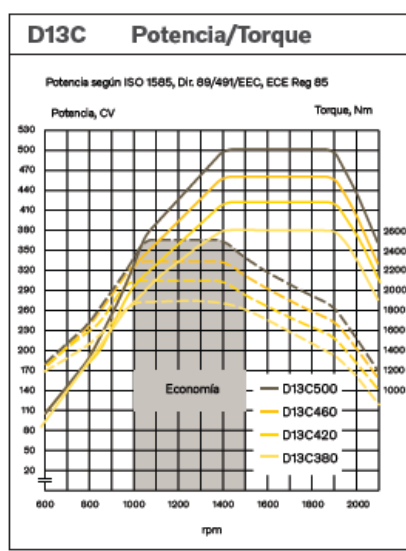


Volvo Trucks. Acelerando el futuro.

- ✓ 13 LITROS
- ✓ CABINA EXTENDIDA
TECHO NORMAL
- ✓ CAJA I-SHIFT CON SOFT HD
- ✓ AIRBAG
- ✓ EJE CON REDUCTOR
DE CUBOS

DATOS TÉCNICOS

<p>MOTOR Modelo: VOLVO D13C Euro 5 Características: 12,8 lts, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro. Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico. Potencia: 380 / 420 / 460 / 500 CV (1.400 a 1.900 rpm) Torques: 1.900 / 2.100 / 2.300 / 2.500 Nm (1.000 a 1.400 rpm)</p> <hr/> <p>CAJA DE VELOCIDADES Modelo: Volvo AT2612F Tipo: Automatizada sin sincronizados Sistema: I-Shift con soft HD Marchas: 12 Velocidades (14,94:1 - 1:1) Opcional: I-Shift de 14 marchas, 12 + 2 super reducidas (32,04:1 / 19,38:1)</p> <hr/> <p>SUSPENSIÓN DELANTERA Tipo: Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora. Capacidad: 16.000 a 20.000 kg</p> <hr/> <p>FRENOS Tipo: A tambor con ABS, EBS y control de tracción. Freno auxiliar: Freno de motor VEB a través de válvulas de 410 CV (para 380/420) o VEB+ de 510 CV (para 460/500) Opcional: Retardador Hidráulico</p> <hr/> <p>TANQUES DE COMBUSTIBLE Tipo: Rectangular plástico. Capacidad: 400 lts (entre ejes 4.350 mm) Aditivo SCR: Capacidad 32 lts</p>	<p>DIFERENCIAL Modelo: RTH3210F con red. de cubos. Relación de reducción: 3,33 / 3,46 / 3,61 / 3,76 / 3,97 / 4,12 / 4,55 / 5,41 / 6,18 / 7,21 Capacidad de arrastre: 100 Ton* *(consultar para mayores capacidades) Opcional: RTS2370 sin red. de cubos</p> <hr/> <p>SUSPENSIÓN TRASERA Tipo: Ballestas semielípticas con amortiguadores y barra estabilizadora. Capacidad: 26.000 a 32.000 kg Opcional: Parabólica o neumática de 8 fuelles (21.000 a 26.000 kg)</p> <hr/> <p>CHASIS Material: Acero especial LNE60 de alta resistencia y bajo peso, con refuerzo interno. Altura: 300 mm / Ala: 90 mm Espesor + refuerzo: 9 + 5 mm Gancho delantero para remolque de 32 Ton.</p> <hr/> <p>NEUMÁTICOS Y LLANTAS Neumáticos: 12R20 Llantas: Acero Opcional: 315/80R22,5 - 325/95R24 - 295/80R22,5</p>
--	--



PESOS Y CAPACIDADES (Kg)

	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capac. técnica	16.000 a 20.000	21.000 a 32.000	37.000 a 52.000
Limite legal	10.000	18.000	28.000
Peso del chasis*	7.133	3.772	10.905

* Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofer y con rueda de auxilio. llantas de acero, frenos a tambor, cabina extendida techo normal y eje RTH 3210F. Distancia entre ejes 4.350 mm. Para eje sin reductor RTS 2370 restar 150 Kg.

Figura 9. Especificaciones técnicas, Volvo modelo FMX 8x4 R

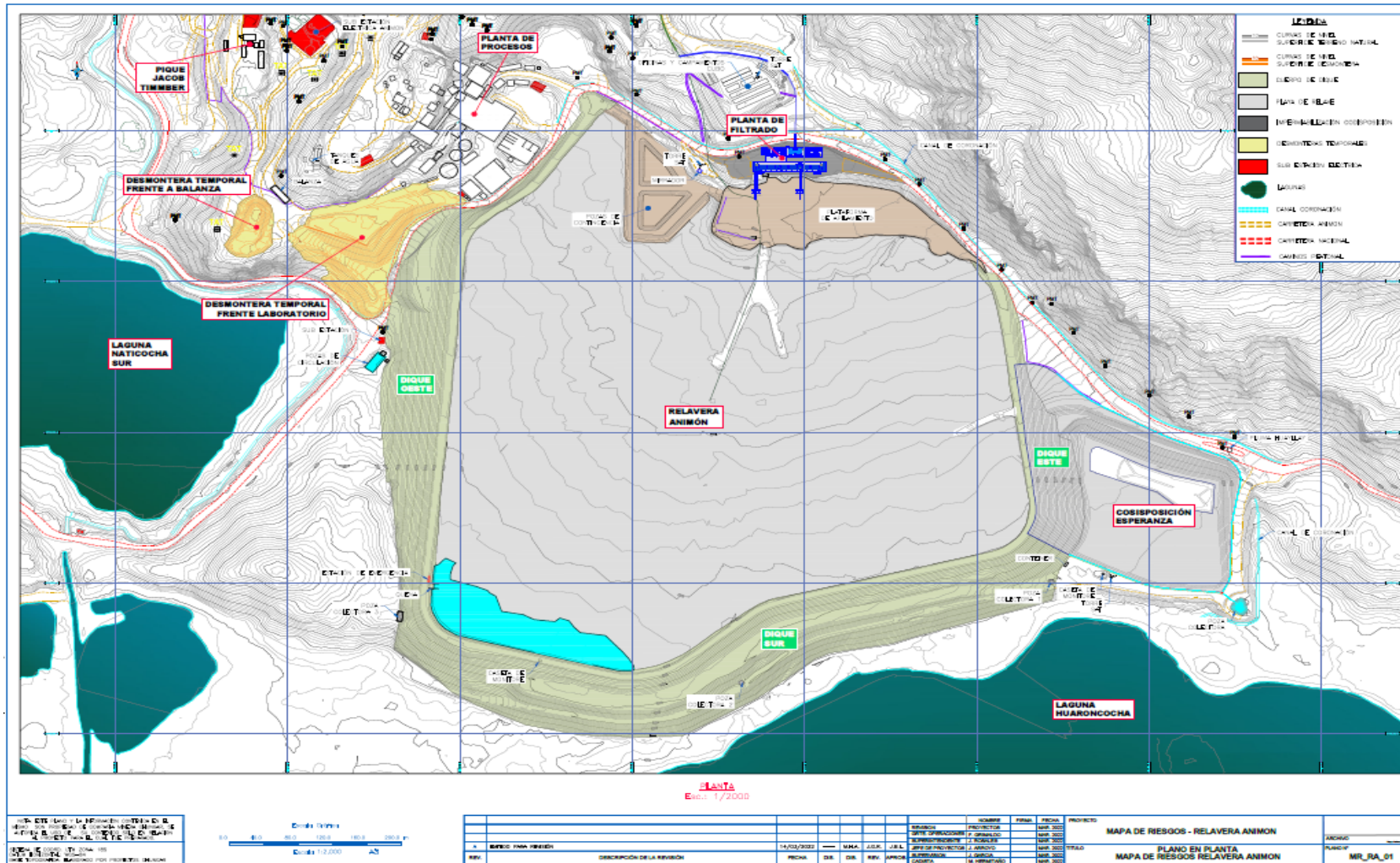
Los equipos de acarreo cargan mineral desde los puntos de carguío (pique principal), para luego ser transportada a la zona de acopio en planta concentradora. La densidad promedio para el mineral es de 3.28 kg/m^3 y para el desmote es de 2.84 kg/m^3



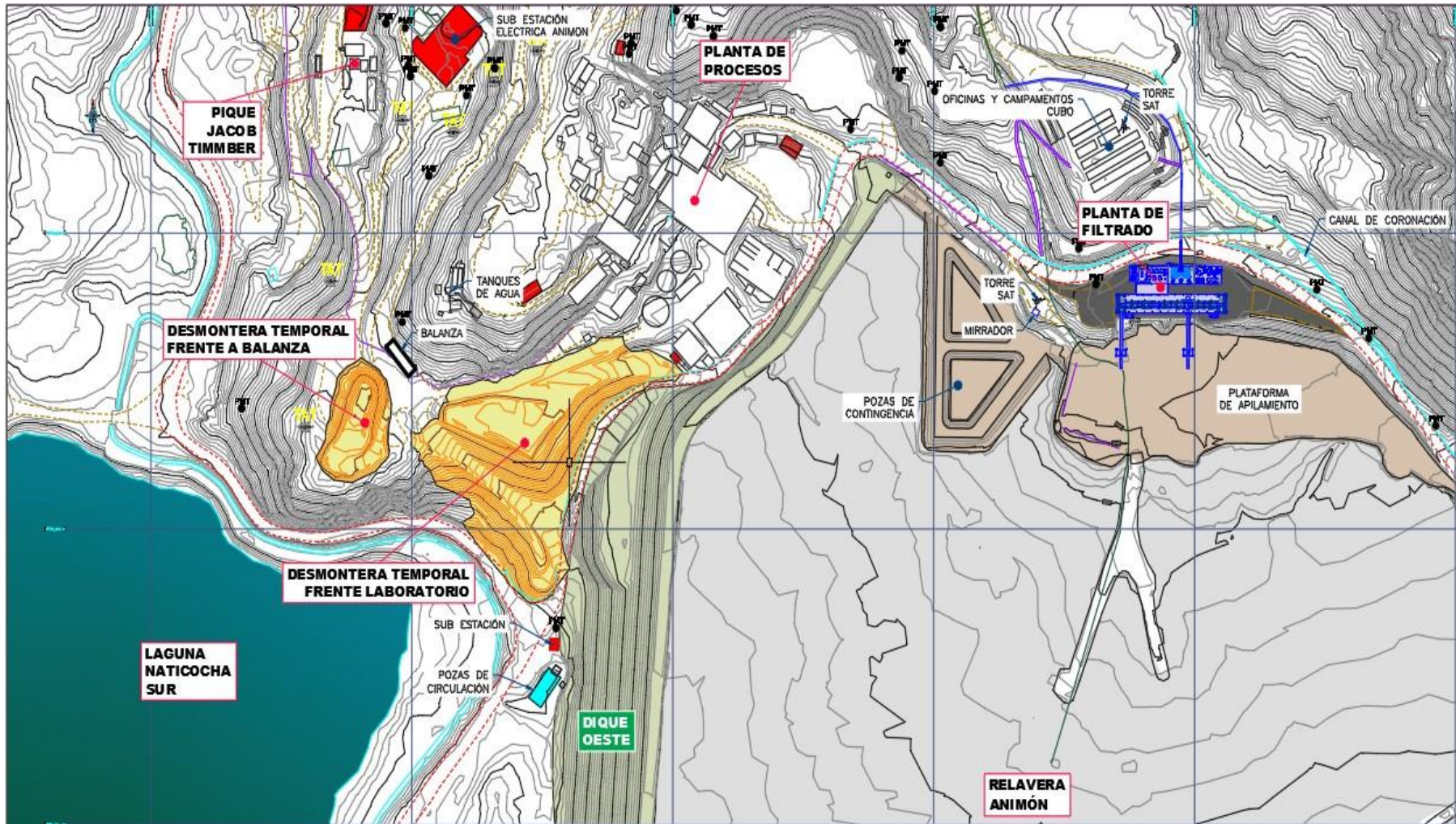
Figura 10. Equipo Volvo modelo FMX 8x4 R, cargando mineral en pique principal

2.5.2 Layout o perfil de acarreo

Uno de los parámetros que inciden directamente en el proceso de acarreo es la distancia asociada, desde el pique hacia la zona de acopio en planta concentradora, los parámetros que inciden directamente en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo son: la densidad de material, el grado de fragmentación y el factor de esponjamiento, estos parámetros afectarán directamente al tonelaje transportado y por ende al costo unitario de acarreo.



**Figura 11. Componentes en superficie de mina Animón
Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 12. Layout de acarreo pique Jacob Timmber a planta, mina Animón
Tomada del Área de Planeamiento**

2.5.3 Consideraciones de productividad en equipos de acarreo

Durante el periodo de estudio, se considerará parámetros base para poder analizar las variables operacionales en equipos de acarreo para la reducción de costos de transporte de mineral en la mina Animón. Dentro de las variables analizadas se analizó la disponibilidad de los equipos de acarreo y tonelaje de material acarreado.

a) Disponibilidad de equipos acarreo

Tabla 4. Disponibilidad de los equipos de acarreo, mina Animón

	DISPONIBILIDAD		
	CONTRACTUAL	REAL	VARIACIÓN
BMU-809	85.00%	93.46%	8.46%
BMV-862	85.00%	92.59%	7.59%
BMV-940	85.00%	87.86%	2.86%
BMV-714	85.00%	95.51%	10.51%

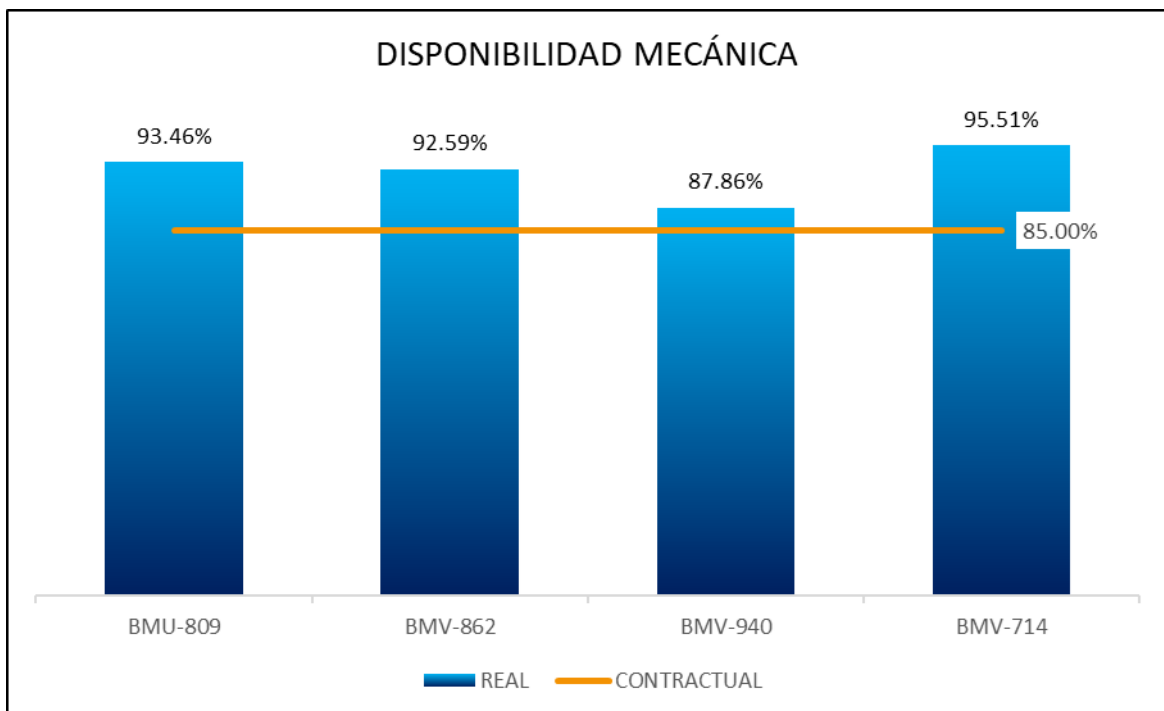


Figura 13. Disponibilidad, equipo Volvo modelo FMX 8x4 R

De acuerdo a las condiciones contractuales entre la compañía y las empresas contratistas de servicios de acarreo, se considera un mínimo de 85 % de disponibilidad.

De acuerdo a los trabajos realizados en la mina Animón por parte de la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, los informes realizados reportan la disponibilidad de los equipos de acarreo: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, considera disponibilidades promedio de 93.46 %, 92.59 %, 87.86 % y 95.51 % respectivamente.

b) Utilización de equipos de acarreo

La utilización asociada a los equipos de acarreo considera las horas efectivas operacionales asociadas a la etapa de acarreo, considerado en cada guardia durante una semana, descrita entre el 14 al 20 de enero.

De acuerdo al comportamiento de la disponibilidad y utilización de equipos de acarreo se considera las horas efectivas operacionales, siendo el formulismo:

$$\text{HRS EFECTIVAS OPERACIONALES} = (24 \times D \times U)$$

Donde:

Disponibilidad (%) D

Utilización (%) U

Se considera las horas cronológicas que los equipos han sido diseñados y probados para trabajar.

De acuerdo a las condiciones contractuales de compañía con las empresas de servicios en equipos de acarreo, se considera la disponibilidad programada del 85 % y el uso de equipos de acarreo se programará, en 9 horas por guardia (18 horas por día).

Por lo tanto:

Utilización = $\frac{\text{Hrs. Efect. Operac.}}{24 \times \text{Disponibilidad}}$

Utilización programada = 88%

Tabla 5. Utilización de equipos de acarreo por guardia, mina Animón

UTILIZACIÓN EQUIPOS DE ACARREO															
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R															
EQUIPO/FECHA	14-Ene		15-Ene		16-Ene		17-Ene		18-Ene		19-Ene		20-Ene		PROMEDIO HRS/gdia
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	
BMV - 809	6	6	4	9	4	6	6	5	0	8	6	5	6	6	5.50
BMV - 862	5	6	4	5	4	5	5	5	4	6	5	6	7	6	5.21
BMV - 940	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5	7	7	6	5.14
BMV - 714	7	5	4	5	4	4	5	5	3	5	6	5	6	7	5.07
PROMEDIO	5.75	5.50	4.25	6.00	4.00	5.00	5.25	4.75	2.75	6.00	5.50	5.75	6.50	6.25	5.23

Tabla 6. Utilización de equipos de acarreo por día, mina Animón

UTILIZACIÓN EQUIPOS DE ACARREO								
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R								
EQUIPO/FECHA	14-Ene Hrs Dia	15-Ene Hrs Dia	16-Ene Hrs Dia	17-Ene Hrs Dia	18-Ene Hrs Dia	19-Ene Hrs Dia	20-Ene Hrs Dia	PROMEDIO Hrs
BMV - 809	12	13	10	11	8	11	12	11.00
BMV - 862	11	9	9	10	10	11	13	10.43
BMV - 940	10	10	9	9	9	12	13	10.29
BMV - 714	12	9	8	10	8	11	13	10.14
PROMEDIO	11.25	10.25	9	10	8.75	11.25	12.75	10.46

Durante el estudio preliminar a ser comparado con los periodos de estudio, considera la utilización durante el turno día de 4.86 horas y la utilización durante el turno noche fue de 5.61 horas, considerando el uso diario promedio de 10.46 horas. El cálculo de la utilización ejecutado durante el periodo preliminar considerando el formulismo de rendimiento como:

$$\text{UTILIZACIÓN (\%)} = (\text{HORAS EFECTIVAS}) / (24 \times \text{DISPONIBILIDAD (\%)})$$

Los resultados generados fueron de:

Tabla 7. Utilización de los equipos de acarreo, mina Animón

UTILIZACIÓN EQUIPOS DE ACARREO			
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R			
EQUIPO/FECHA	DISPONIBILIDAD %	UTILIZACIÓN Hrs	UTILIZACIÓN %
BMV - 809	93.46%	11.00	49.04%
BMV - 862	92.59%	10.43	46.93%
BMV - 940	87.86%	10.29	48.78%
BMV - 714	95.51%	10.14	44.25%
PROMEDIO	92.36%	10.46	47.25%

De acuerdo a los resultados obtenidos en los equipos de acarreo se considera una disponibilidad promedio de 92.36 %, la utilización de 47.25 % y las horas efectivas operacionales de 10.46 horas.

c) Tonelaje acarreado mineral

Las consideraciones asociadas al tonelaje acarreado en la mina Animón, para determinar la capacidad efectiva y número de viajes, considera los siguientes parámetros:

CAPACIDAD VOLQUETE (m3)	20 o (31 ton)	Capacidad Efectiva Volq. =	39.32 ton
densidad mineral(kg/m3)	2.84		
densidad desmonte (kg/m3)	2.60	SOBRECARGA:	126.85
factor esponjamiento (%)	30%		26.85 %
factor de llenado (%)	90%		

Tabla 8. Producción diaria promedio en equipos de acarreo, mina Animón

PRODUCCIÓN DIARIA - MINERAL

Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R

EQUIPO/FECHA	14-Ene	15-Ene	16-Ene	17-Ene	18-Ene	19-Ene	20-Ene	PROMEDIO/DÍA
PRODUCCIÓN (Ton)	3,283.51	3,833.73	3,494.15	3,170.35	3,320.80	3,718.84	3,630.77	3,493.16
HORAS EFECT	11.25	10.25	9.00	10.00	8.75	11.25	12.75	10.46
TON/HR	291.87	374.02	388.24	317.04	379.52	330.56	284.77	338.00
NÚMERO EQU.	4	4	4	4	4	4	4	4
TON/EQU.DIA	820.88	958.43	873.54	792.59	830.20	929.71	907.69	873.29
NÚMERO VIAJES DIA	20.88	24.37	22.21	20.16	21.11	23.64	23.08	22.21

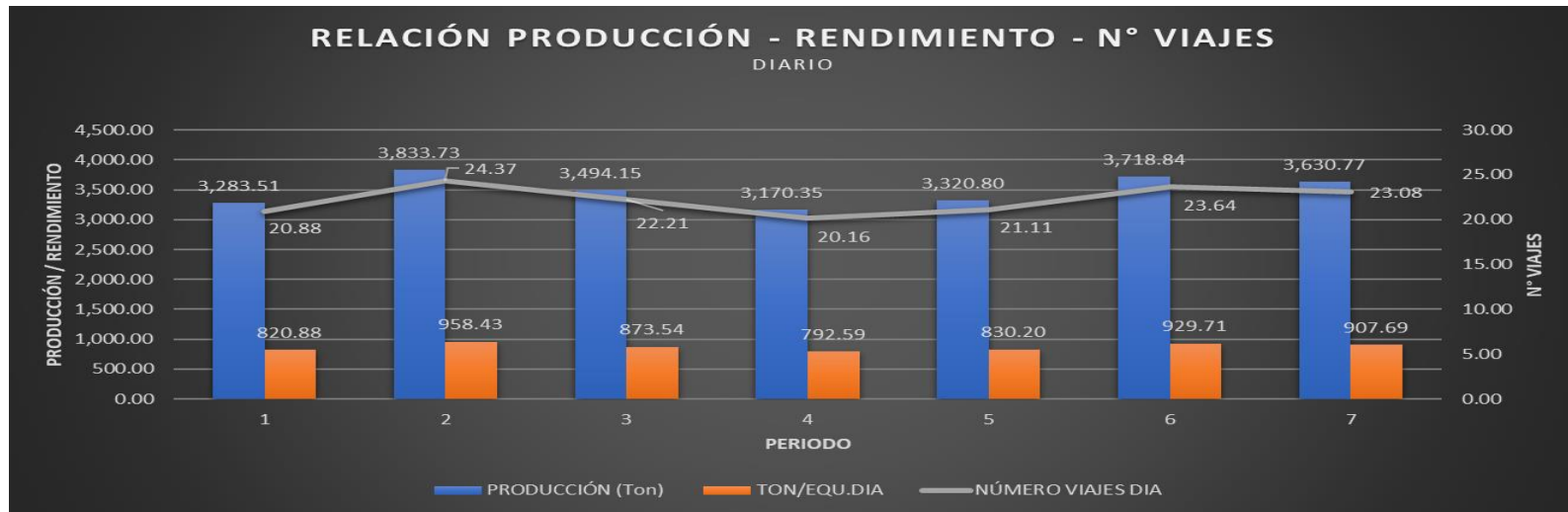


Figura 14. Relación de producción, rendimiento y número de viajes en equipos de acarreo

El tonelaje promedio acarreado fue de 3,493.16 toneladas, considerando un promedio de 10.46 horas efectivas promedio y 4 unidades de acarreo. El rendimiento horario promedio fue de 338.0 ton/hr y un promedio de 22.21 viajes por día.

Estos resultados, asume granulometrías óptimas post voladuras, considerando un factor de llenado del 90 % y una densidad de 2.84.

d) Granulometría asociada a los equipos de acarreo

Uno de los parámetros asociados al grado de fragmentación es producto del resultado de la voladura, este resultado es influido directamente por la variabilidad geológica del yacimiento considerando diferentes tipos de roca, diferentes densidades, diferentes durezas, diferentes índices de volabilidad, etc.

Es por tal motivo, el desarrollo del presente trabajo de investigación podrá definir la influencia que genera la granulometría post voladura en el rendimiento de los equipos de acarreo, considerando el factor de llenado y su influencia económica.

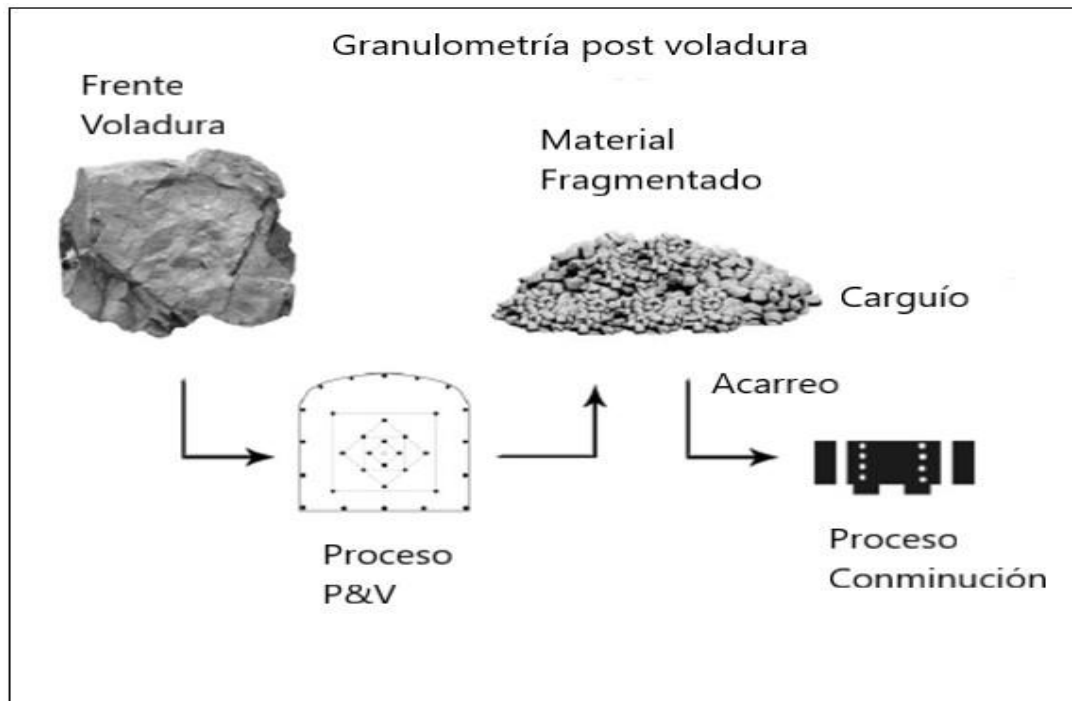


Figura 15. Granulometría post voladura



Figura 16. Descarga de mineral, zona acopio planta



Figura 17. Descarga de mineral, zona acopio planta



Figura 18. Mineral en zona acopio planta

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

El trabajo desarrollado es de carácter aplicado con un alcance explicativo, llegando a la mejora del rendimiento en la gestión de equipos de acarreo en la unidad minera Chungar. Se aplica el método inductivo - deductivo, donde iniciamos el análisis del caso particular, considerando las variables operacionales de equipos de acarreo donde luego son interpretadas en la reducción de costos de transporte, considerando los siguientes procesos:

A. Método general

El método aplicado es el método inductivo – deductivo, donde se observa, investiga y analiza las variables operacionales en el proceso de acarreo de la unidad minera Chungar para la reducción de costos de transporte.

B. Métodos específicos

Durante el proceso de métodos específicos, se recopila información para analizar los diferentes indicadores de productividad, para la relación en la reducción de costos, considerando la observación directa para la realización del presente trabajo.

- **Recopilación de informes previos.** Para determinar el comportamiento de las variables operacionales en el proceso de acarreo, se solicita la información de periodos anteriores de las áreas de mina, servicios, geología y geomecánica.
- **Trabajo de campo.** Durante el desarrollo del trabajo, se considera la observación presencial en la etapa de acarreo, midiendo las diferentes variables asociadas al *layout* de acarreo, en la unidad minera.
- **Trabajo de gabinete:** Durante el desarrollo de la presente investigación, se considera el procesamiento de la información obtenida del trabajo realizado en el proceso unitario de acarreo, considerando el ciclo de acarreo, tiempo, tonelaje y el análisis granulométrico de material acarreado, y relacionarlo a las variables económicas.
- **Resultados.** Los resultados obtenidos, permitieron validar la hipótesis general y específicas planteadas en el presente trabajo de investigación, considerando 2 etapas de comparación.

3.1.2 Alcances de la investigación

El presente trabajo es del tipo aplicada, relacionando las variables operacionales como tonelaje transportado, granulometría y capacidad efectiva de los equipos de acarreo.

3.2 Diseño de la investigación

El trabajo es de carácter descriptivo donde se identifica, analiza y evalúa, los parámetros operacionales como tonelaje, grado de fragmentación acarreada, para determinar la capacidad efectiva de los equipos de acarreo y definir la reducción de costos de transporte.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Pertenece a los diferentes frentes operacionales de la unidad minera Chungar, mediante la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay.

3.3.2 Muestra

Considera el análisis de los equipos acarreo Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m³: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se relaciona al método y tipo de investigación aplicado en el presente trabajo.

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Observación en *layout* de acarreo
- ✓ Observación del *master* de acarreo del pique principal a zona acopio de planta.
- ✓ Plantillas en el proceso unitario de acarreo

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Fichas de recolección de información
- ✓ Observaciones
- ✓ Documentos de archivo
- ✓ Uso de software de granulometría
- ✓ Páginas web, etc.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se realizó un análisis e interpretación de resultados, relacionados a entender las variables operacionales en equipos de acarreo de la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, para la reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera Chungar.

4.1 Consideraciones iniciales de acarreo

Las consideraciones de acarreo inicial en el presente trabajo de investigación se relacionan a los siguientes parámetros: la utilización, disponibilidad y horas efectivas operacionales, considerados por compañía:

Programado:

Horas efectivas = $24 \times D \times U$

Disponibilidad (%)	85%
Horas efectivas (h)	18
Utilización (%) =	88%

a) Consideraciones iniciales de acarreo

Para la realización del presente trabajo de investigación se realizó un análisis previo de 7 días (del 14 al 20 enero) para determinar los parámetros de utilización, disponibilidad y horas efectivas operacionales en los equipos de acarreo, los cuales

serán base comparativa para el análisis de periodos posteriores. Durante el periodo del 14 al 20 de enero, se analizó 4 equipos Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m³: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, pertenecientes a la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay.

✓ Disponibilidad de equipos de acarreo – periodo base

El estudio de los equipos de acarreo BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 reportó valores promedio de disponibilidad de 93.46 %, 92.59 %, 87.86 % y 95.51 % respectivamente.

Tabla 9. Resumen de disponibilidad, equipos de acarreo, mina Animón

DISPONIBILIDAD			
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R			
EQUIPO	PROGRAMADO	REAL	VARIACIÓN
BMV - 809	85%	93.46%	8.46%
BMV - 862	85%	92.59%	7.59%
BMV - 940	85%	87.86%	2.86%
BMV - 714	85%	95.51%	10.51%
PROMEDIO	85%	92.36%	7.36%

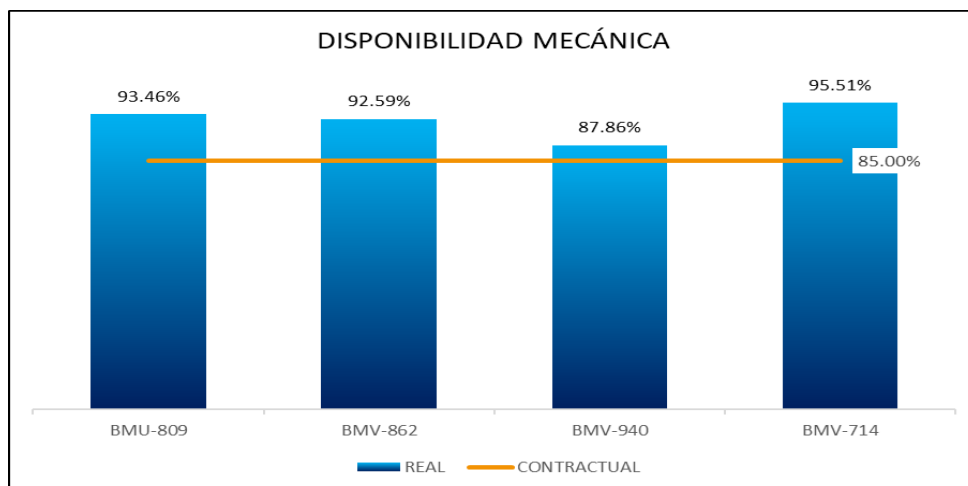


Figura 19. Resumen de la disponibilidad, equipos acarreo, mina Animón

La disponibilidad de los equipos de acarreo programado es del 85 % y la disponibilidad promedio ejecutada fue del 92.36 %

La variación de la disponibilidad, en los equipos de acarreo fueron positivos de acuerdo con 8.46 % en BMV-809, 7.59 % en BMV-862, 2.86 % en BMV-940 y de 10.51 % en BMV-714, con un promedio del 7.36 %.

✓ Utilización de equipos de acarreo – periodo base

El estudio de los equipos de acarreo BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 reportó valores promedio de utilización de 49.04 %, 46.93 %, 48.78 % y 44.25 % respectivamente.

Tabla 10. Resumen de utilización, equipos de acarreo, mina Animón

UTILIZACIÓN			
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R			
EQUIPO	PROGRAMADO	REAL	VARIACIÓN
BMV - 809	88%	49.04%	-38.96%
BMV - 862	88%	46.93%	-41.07%
BMV - 940	88%	48.78%	-39.22%
BMV - 714	88%	44.25%	-43.75%
PROMEDIO	88%	47.25%	-40.75%

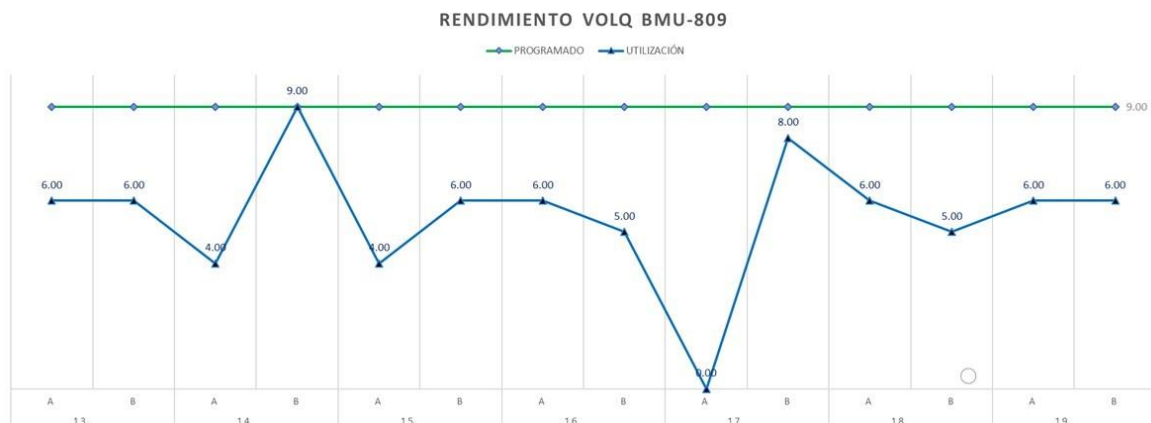


Figura 20. Distribución de la disponibilidad de BMV-809

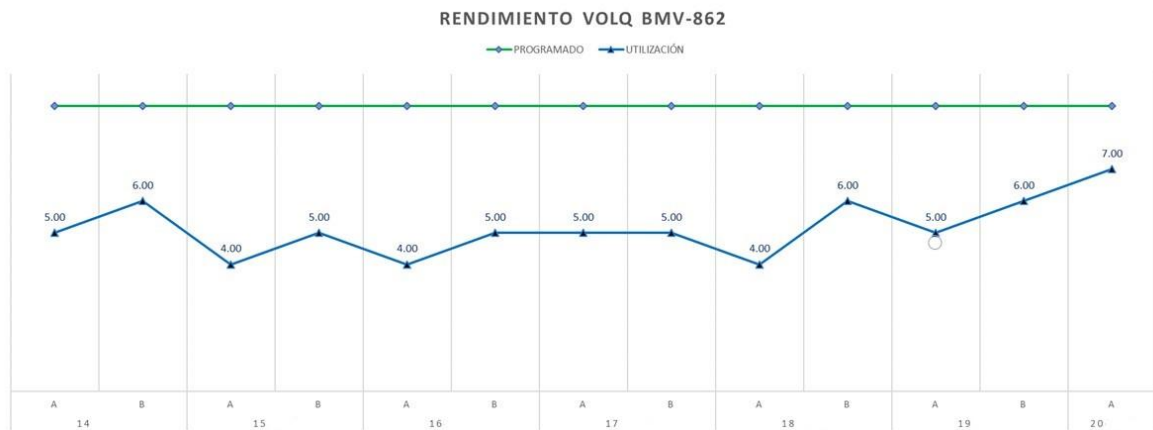


Figura 21. Distribución de la disponibilidad de BMV-862

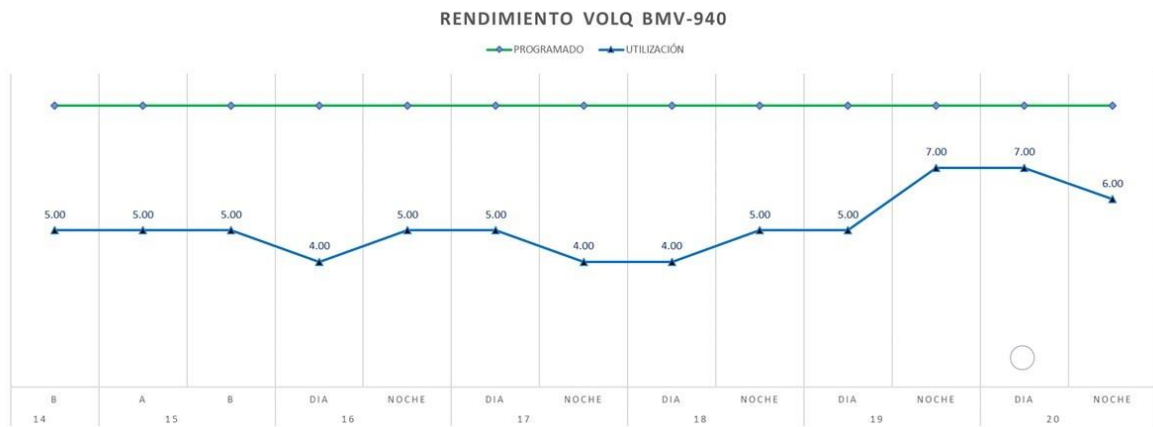


Figura 22. Distribución de la disponibilidad de BMV-940

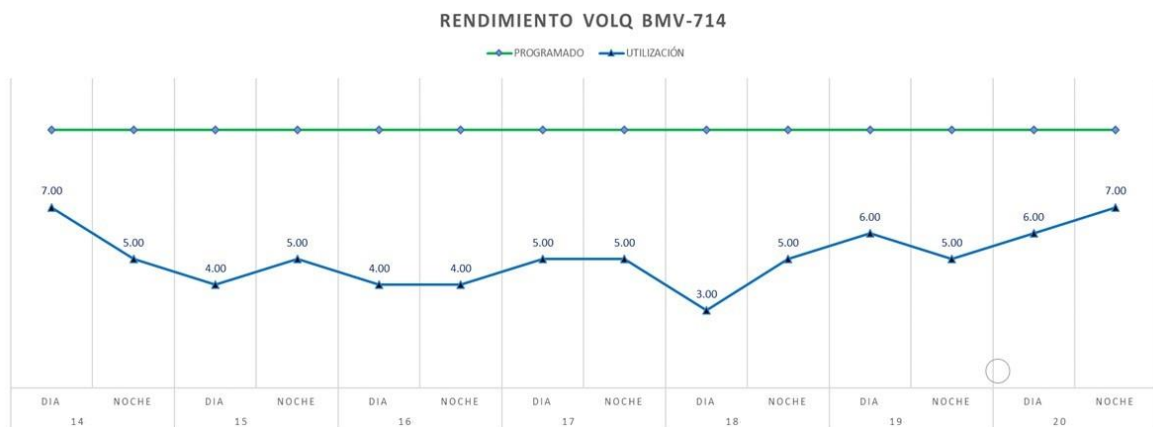


Figura 23. Distribución de la disponibilidad de BMV-714

La utilización de los equipos de acarreo programado es del 88 % y la utilización promedio ejecutada fue del 47.25 %

La variación de la disponibilidad, en los equipos de acarreo fueron negativos siendo estos en – 38.96 % en BMV-809, de - 41.07 % en BMV-862, de – 39.22 % en BMV-940 y de – 43.75 % en BMV-714, con un promedio deficiente de -40.75 %.

✓ Horas efectivas operacionales de acarreo – periodo base

El estudio de los equipos de acarreo BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 reportó valores promedio de horas efectivas de 11.00 horas, 10.43 horas, 10.29 horas y de 10.14 horas respectivamente.

Tabla 11. Resumen de horas efectivas de equipos de acarreo, mina Animón

HORAS EFECTIVAS OPERACIONALES			
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R			
EQUIPO	PROGRAMADO	EJECUTADO	DIFERENCIA
BMV - 809	18.00	11.00	-7.00
BMV - 862	18.00	10.43	-7.57
BMV - 940	18.00	10.29	-7.71
BMV - 714	18.00	10.14	-7.86
PROMEDIO	18.00	10.46	-7.54



Figura 24. Distribución de las horas efectivas, equipos acarreo, mina Animón

Las horas efectivas de los equipos de acarreo programado fue de 18 horas diarias y las horas efectivas promedio ejecutadas fueron del 10.46 horas.

La variación de las horas efectivas, en los equipos de acarreo fueron negativos siendo estos en – 7.00 horas en BMV-809, de – 7.57 horas en BMV-862, de – 7.71 horas en BMV-940 y de – 7.86 horas en BMV-714, con un promedio deficiente de – 7.54 horas.

✓ Tonelaje transportado – periodo base

El tonelaje acarreado en los equipos BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 reportando tonelajes promedio diario de 3,283.51 toneladas, 3,833.73 toneladas, 3,494.15 toneladas, 3,170.35 toneladas, 3,320.80 toneladas, 3,718.84 toneladas y 3,630.77 toneladas respectivamente.

Tabla 12. Resumen de tonelaje transportado en equipos de acarreo, mina Animón

TONELAJE TRANSPORTADO DIARIO - MINERAL								
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R								
EQUIPO/FECHA	14-Mar	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	PROMEDIO/DÍA
PRODUCCIÓN (Ton)	3,283.51	3,833.73	3,494.15	3,170.35	3,320.80	3,718.84	3,630.77	3,493.16
HORAS EFECT	11.25	10.25	9.00	10.00	8.75	11.25	12.75	10.46
TON/HR	291.87	374.02	388.24	317.04	379.52	330.56	284.77	338.00
NÚMERO EQU.	4	4	4	4	4	4	4	4
TON/EQU.DIA	820.88	958.43	873.54	792.59	830.20	929.71	907.69	873.29
NÚMERO VIAJES DIA	20.88	24.37	22.21	20.16	21.11	23.64	23.08	22.21

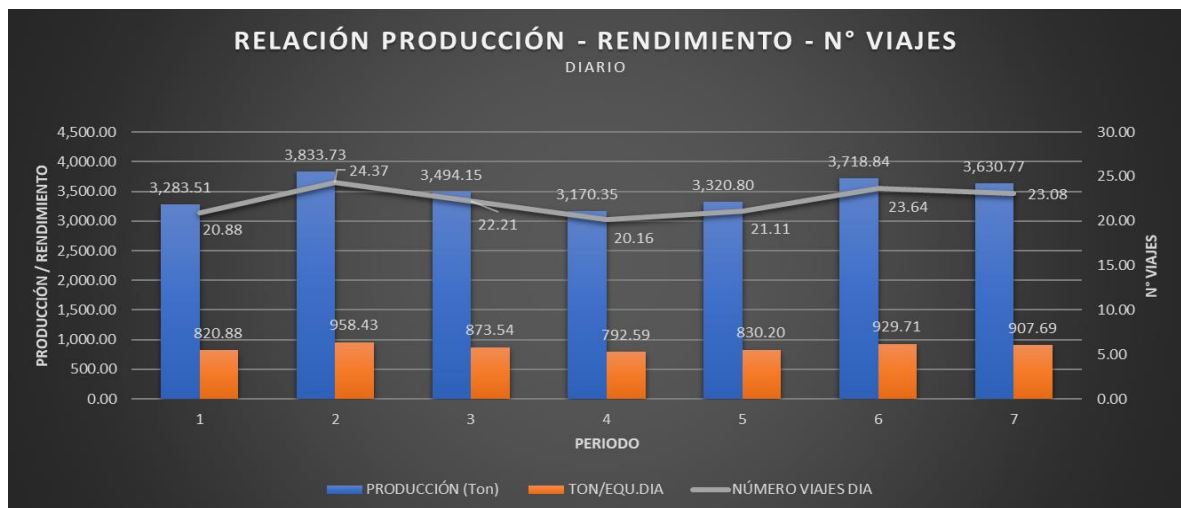


Figura 25. Relación producción, rendimiento y número viajes, mina Animón

El tonelaje transportado con los equipos de acarreo promedio fue de 3,493.16 toneladas considerando un total de 10.46 horas diarias promedio.

El tonelaje diario por equipo promedio fue de 873.29 toneladas considerando el uso de 4 equipos Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m³ de capacidad nominal.

El tonelaje transportado por hora promedio fue de 338 toneladas considerando un promedio diario de 22.21 viajes.

La capacidad efectiva de los equipos de carguío considerando una densidad de 2.84, un factor de esponjamiento del 30 % y un factor de llenado del 90 % (*) producto de la granulometría (resultado post voladura), es de 39.32 toneladas por viaje.

Finalmente, el efecto de la sobrecarga en 26.85% afectará directamente en los componentes mecánicos y eléctricos, generando un desgaste prematuro y disminuyendo la vida operacional de los equipos de acarreo.

(*) Para el cálculo de la capacidad efectiva de los equipos de acarreo se consideró los siguientes parámetros:

CAPACIDAD VOLQUETE (m ³)	20 o (31 ton)	Capacidad Efectiva Volq. =	39.32 ton
densidad mineral(kg/m ³)	2.84		
densidad desmonte (kg/m ³)	2.60	SOBRECARGA:	126.85
factor esponjamiento (%)	30%		26.85 %
factor de llenado (%)	90%		

4.2 Análisis de tonelaje transportado

El análisis de los equipos de acarreo durante el periodo febrero y marzo incluye el tonelaje transportado, las horas efectivas, el número de viajes y su valorización respectiva en los equipos: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 de 20 m³ de capacidad.

Las variables que influyen directamente en el tonelaje transportado son: la granulometría (post voladura), densidad del material y factor de esponjamiento.

Estas variables influyen directamente en el factor de llenado de los equipos de acarreo considerando su capacidad efectiva.

Asimismo, el grado de fragmentación post voladura está asociado a los diferentes modelos geometalúrgicos presentes en la mina Animón, para poder controlar la granulometría es importante conocer la variabilidad geológica presente en el yacimiento.

a) Análisis de tonelaje transportado – BMV-809

✓ Periodo febrero

Tabla 13. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de febrero

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE FEBRERO - BMV 809					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	Nº VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Feb	834.94	6.68	2.50	21.23	5,581.13
02-Feb	376.75	3.02	1.13	9.58	1,136.37
03-Feb	35.18	0.28	0.11	0.89	9.91
04-Feb	38.10	0.31	0.11	0.97	11.62
05-Feb	572.55	4.58	1.72	14.56	2,624.45
06-Feb	466.79	3.74	1.40	11.87	1,744.43
07-Feb	503.84	4.03	1.51	12.81	2,032.34
09-Feb	112.37	0.90	0.34	2.86	101.09
10-Feb	389.02	3.11	1.17	9.89	1,211.59
19-Feb	322.68	2.37	0.97	8.21	764.11
20-Feb	340.13	2.66	1.02	8.65	906.11
21-Feb	850.37	6.81	2.55	21.63	5,789.32
22-Feb	619.79	5.03	1.86	15.76	3,118.78
24-Feb	607.44	4.74	1.82	15.45	2,876.84
25-Feb	1,396.22	11.25	4.18	35.51	15,704.68
26-Feb	313.13	2.37	0.94	7.96	741.49
27-Feb	638.00	5.03	1.91	16.22	3,210.42
28-Feb	583.87	4.44	1.75	14.85	2,592.38
TOTAL/PROM	9,001.17	3.96	2.10	12.72	50,157.06
Promedio	500.07	3.96	2.10	12.72	2,786.50

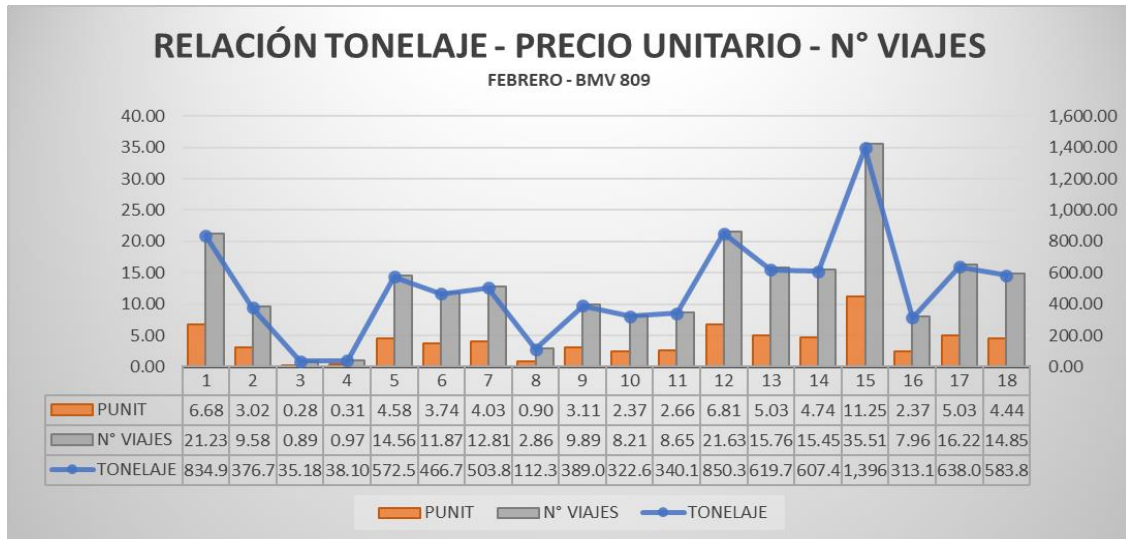


Figura 26. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, febrero

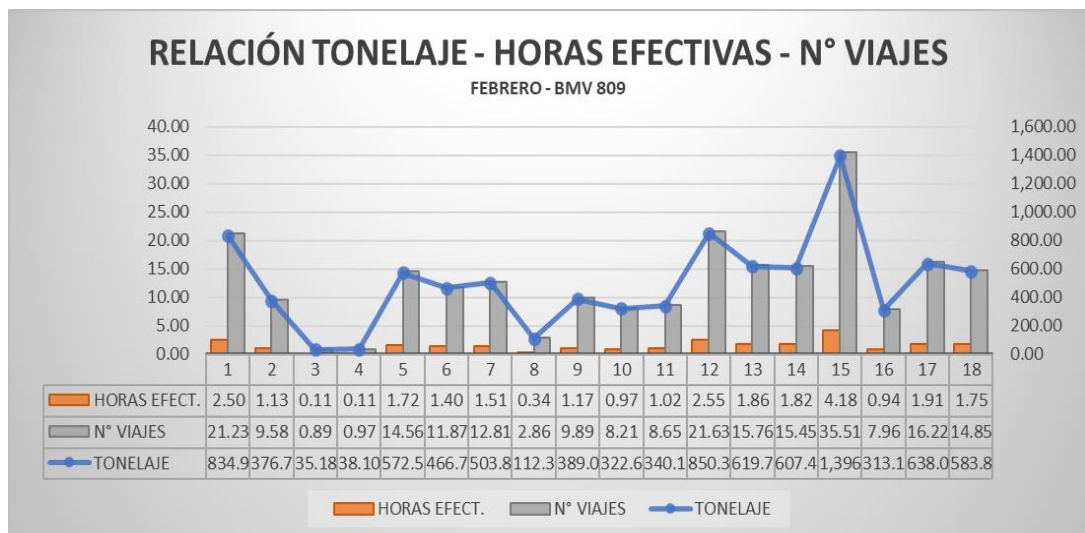


Figura 27. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 809, febrero

Para el periodo de febrero, la unidad BMV 809 transportó un total de 9,001.17 toneladas, con un promedio diario de 500.07 toneladas y 2.10 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 12.72 viajes, considerando un precio unitario de US \$ 3.96 y un valor diario de US \$ 2,876.50.

✓ Periodo marzo

Tabla 14. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de marzo

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE MARZO - BMV 809					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Mar	501.92	3.85	1.50	12.76	1,931.39
02-Mar	547.85	4.44	1.64	13.93	2,432.45
04-Mar	834.08	6.51	2.50	21.21	5,431.53
05-Mar	865.63	6.81	2.59	22.01	5,893.21
06-Mar	570.37	4.44	1.71	14.50	2,532.44
07-Mar	37.72	0.30	0.11	0.96	11.17
08-Mar	770.38	5.92	2.31	19.59	4,560.65
09-Mar	940.22	7.10	2.82	23.91	6,679.32
10-Mar	112.19	0.89	0.34	2.85	99.62
11-Mar	746.42	5.62	2.24	18.98	4,197.87
12-Mar	792.34	5.92	2.37	20.15	4,690.65
13-Mar	832.46	6.51	2.49	21.17	5,420.98
14-Mar	771.91	5.92	2.31	19.63	4,569.71
15-Mar	881.69	6.81	2.64	22.42	6,002.55
16-Mar	383.18	2.96	1.15	9.74	1,134.21
17-Mar	853.77	6.22	2.56	21.71	5,307.03
18-Mar	568.61	4.44	1.70	14.46	2,524.63
19-Mar	1,238.40	9.47	3.71	31.49	11,730.12
20-Mar	121.51	0.89	0.36	3.09	107.90
TOTAL/PROM	12,370.65	5.00	2.38	16.56	75,257.44
Promedio	651.09	5.00	2.38	16.56	3,960.92

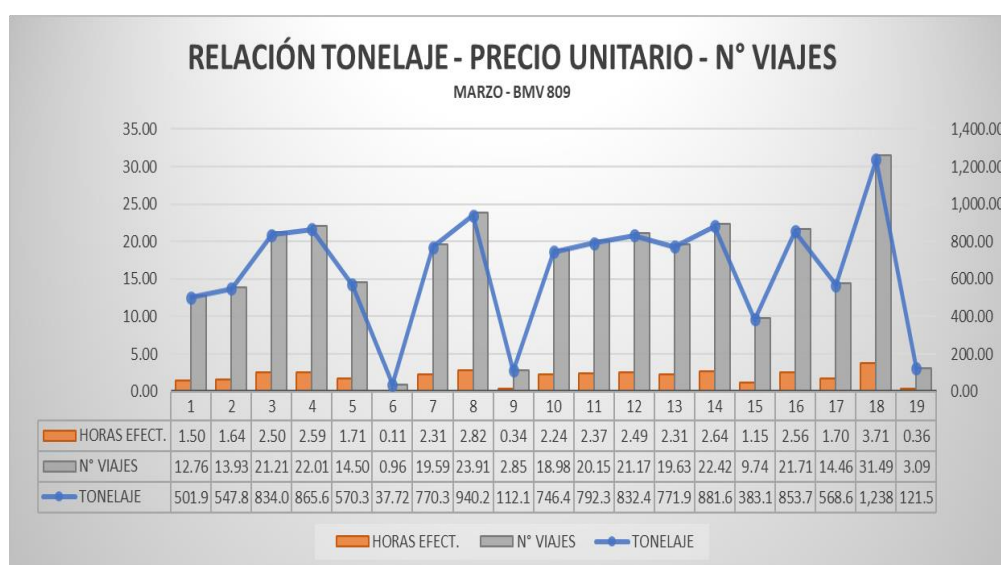


Figura 28. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, marzo

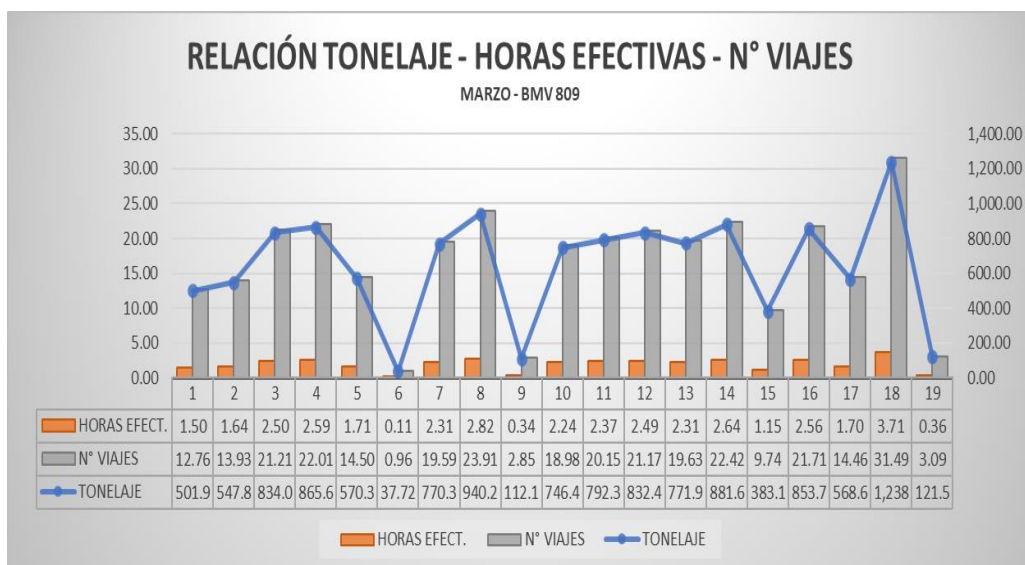


Figura 29. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, marzo

Para el periodo de marzo, la unidad BMV 809 transportó un total de 12,370.65 toneladas, con un promedio diario de 651.09 toneladas y 2.38 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 16.56 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.00 y un valor diario de \$ 3,960.92.

✓ Resumen periodo febrero, marzo BMV 809

Tabla 15. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 809

RESUMEN TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO FEBRERO y MARZO - BMV 809					
FECHA	TONELAJE	P.UNIT.	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
FEBRERO	500.07	3.96	2.10	12.72	2,786.50
MARZO	651.09	5.00	2.38	16.56	3,960.92
TOTAL/PROM	1,151.15	4.55	2.25	14.89	6,747.42
Diferencia	151.02	1.04	0.28	3.84	1,174.41



Figura 30. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 809

El resumen diario promedio para el periodo de febrero y marzo en la unidad BMV 809, se transportó de 500.07 y 651.09 toneladas respectivamente, las horas efectivas se incrementaron de 2.10 a 2.38 horas y el número de viajes se incrementó de 12.72 a 16.56 viajes.

La mejora durante el segundo periodo en tonelaje transportado, horas efectivas y número de viajes fueron de: 151.02 toneladas, 0.28 horas y 3.84 viajes respectivamente.

Finalmente, el valor unitario de acarreo se incrementó de 3.96 a 5.00 \$ con un incremento de \$ 1.04.

b) Análisis de tonelaje transportado – BMV 862

- ✓ Periodo febrero

Tabla 16. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de febrero

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE FEBRERO - BMV 862					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Feb	1,029.29	8.15	3.08	26.18	8,390.67
02-Feb	977.41	7.74	2.93	24.86	7,566.14
03-Feb	46.33	0.37	0.14	1.18	17.00
04-Feb	839.61	6.65	2.52	21.35	5,583.11
05-Feb	1,384.97	10.97	4.15	35.22	15,191.54
06-Feb	922.35	7.30	2.76	23.46	6,737.71
07-Feb	302.85	2.40	0.91	7.70	726.40
08-Feb	745.67	5.91	2.23	18.96	4,403.67
09-Feb	881.50	6.98	2.64	22.42	6,154.12
10-Feb	216.09	1.71	0.65	5.50	369.82
20-Feb	560.54	4.44	1.68	14.25	2,488.80
21-Feb	875.59	7.10	2.62	22.27	6,220.19
22-Feb	831.65	6.81	2.49	21.15	5,661.87
23-Feb	477.99	3.85	1.43	12.16	1,839.31
24-Feb	618.80	4.74	1.85	15.74	2,930.64
25-Feb	431.62	3.55	1.29	10.98	1,533.11
26-Feb	822.23	6.51	2.46	20.91	5,354.36
27-Feb	325.33	2.66	0.97	8.27	866.68
28-Feb	559.93	4.44	1.68	14.24	2,486.09
TOTAL/PROM	12,849.75	5.38	2.03	17.20	84,521.23
Promedio	676.30	5.38	2.03	17.20	4,448.49

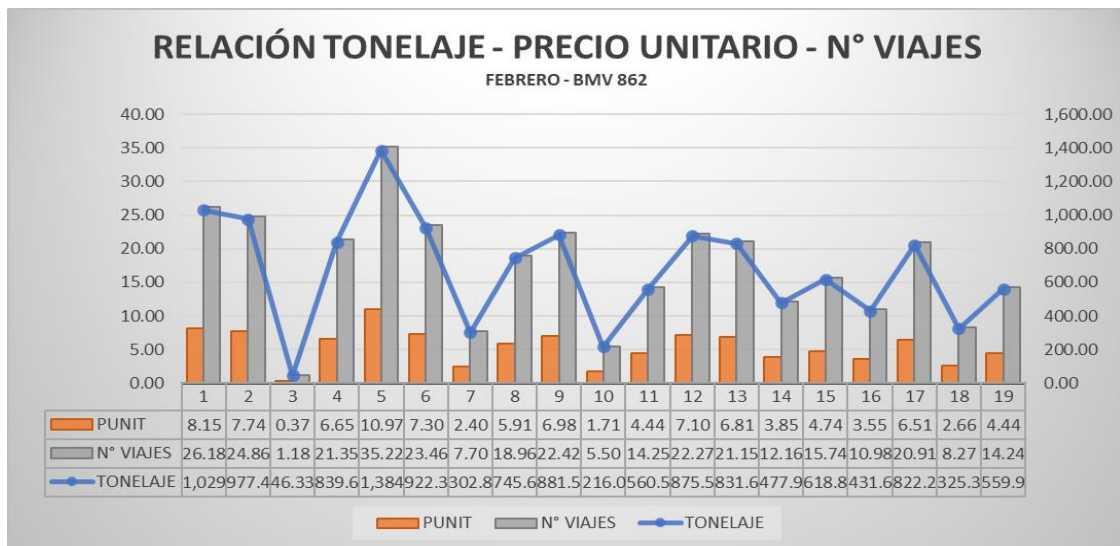


Figura 31. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, febrero

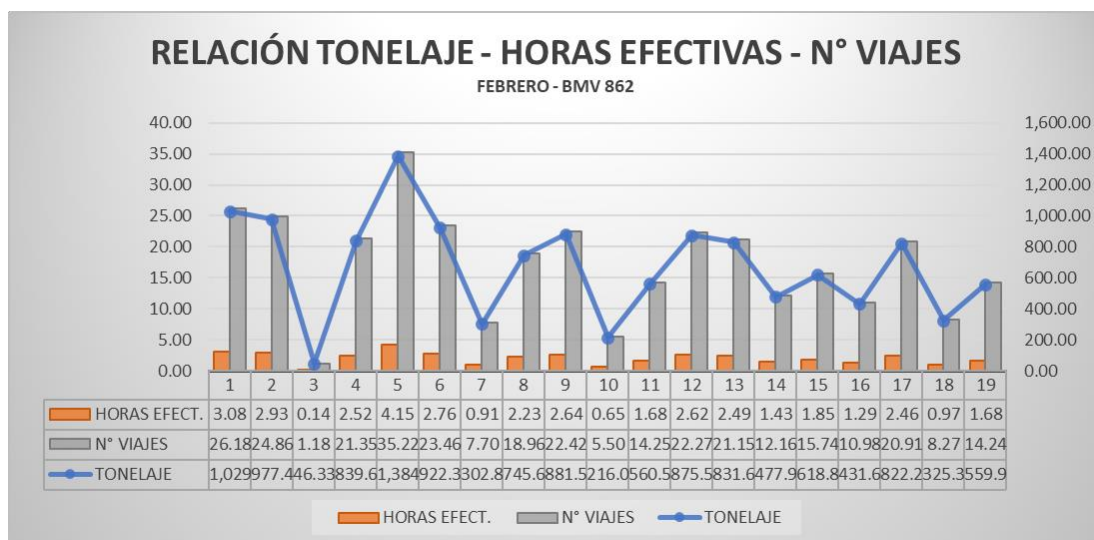


Figura 32. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 862, febrero

Para el periodo de febrero, la unidad BMV 862 transportó un total de 12,849.75 toneladas, con un promedio diario de 676.30 toneladas y 2.03 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 17.20 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.38 y un valor diario de \$ 4,448.49.

✓ Periodo marzo

Tabla 17. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 862, mes de marzo

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE MARZO - BMV 862					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Mar	833.65	6.51	2.50	21.20	5,428.73
02-Mar	584.78	4.74	1.75	14.87	2,769.52
03-Mar	687.45	5.62	2.06	17.48	3,866.22
04-Mar	594.59	4.74	1.78	15.12	2,815.98
05-Mar	970.29	7.70	2.91	24.67	7,467.35
06-Mar	654.84	5.33	1.96	16.65	3,488.99
07-Mar	1,412.06	11.25	4.23	35.91	15,882.85
08-Mar	198.65	1.48	0.60	5.05	294.00
09-Mar	934.88	7.40	2.80	23.77	6,918.11
10-Mar	399.74	3.26	1.20	10.17	1,301.55
11-Mar	370.32	2.96	1.11	9.42	1,096.15
12-Mar	654.83	5.03	1.96	16.65	3,295.10
13-Mar	774.32	6.22	2.32	19.69	4,813.17
14-Mar	752.07	5.92	2.25	19.13	4,452.25
15-Mar	151.05	1.18	0.45	3.84	178.84
16-Mar	849.52	6.81	2.54	21.60	5,783.53
17-Mar	822.63	6.51	2.46	20.92	5,356.97
18-Mar	751.09	5.92	2.25	19.10	4,446.45
20-Mar	1,100.97	8.88	3.30	28.00	9,776.61
21-Mar	798.30	6.51	2.39	20.30	5,198.53
22-Mar	758.90	5.92	2.27	19.30	4,492.69
TOTAL/PROM	15,054.93	5.71	2.15	18.23	99,123.61
Promedio	716.90	5.71	2.15	18.23	4,720.17

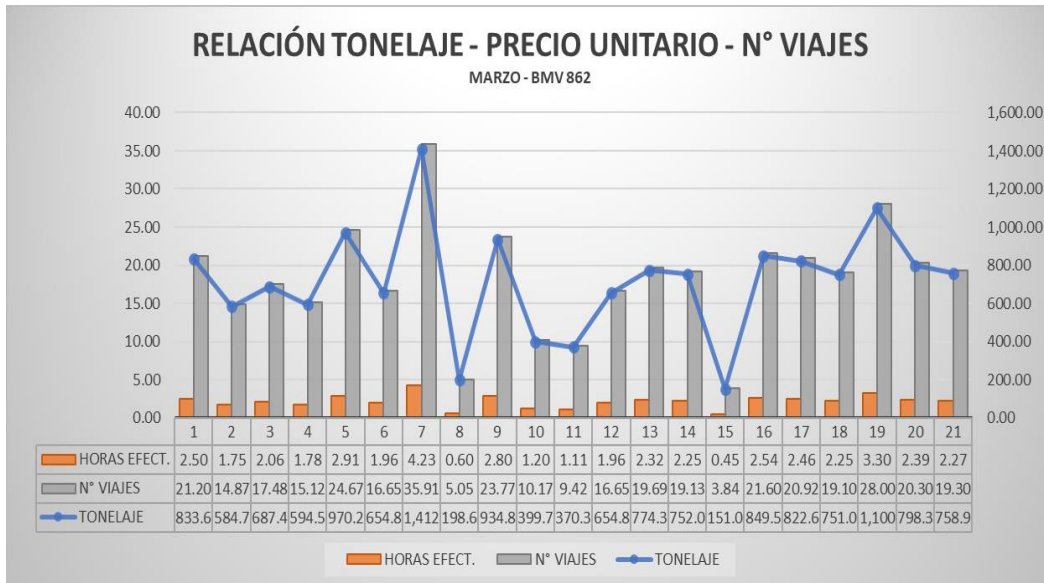


Figura 33. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, marzo



Figura 34. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, marzo

Para el periodo de marzo, la unidad BMV 862 transportó un total de 15,054.93 toneladas, con un promedio diario de 716.90 toneladas y 2.15 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 18.23 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.71 y un valor diario de \$ 4,720.17.

✓ Resumen periodo febrero, marzo BMV 862

Tabla 18. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 862

RESUMEN TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO: FEBRERO y MARZO - BMV 862					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
FEBRERO	676.30	5.38	2.03	17.20	4,448.49
MARZO	716.90	5.71	2.15	18.23	4,720.17
TOTAL/PROM	1,393.20	5.55	2.09	17.73	9,168.66
Diferencia	40.60	0.33	0.12	1.03	271.69

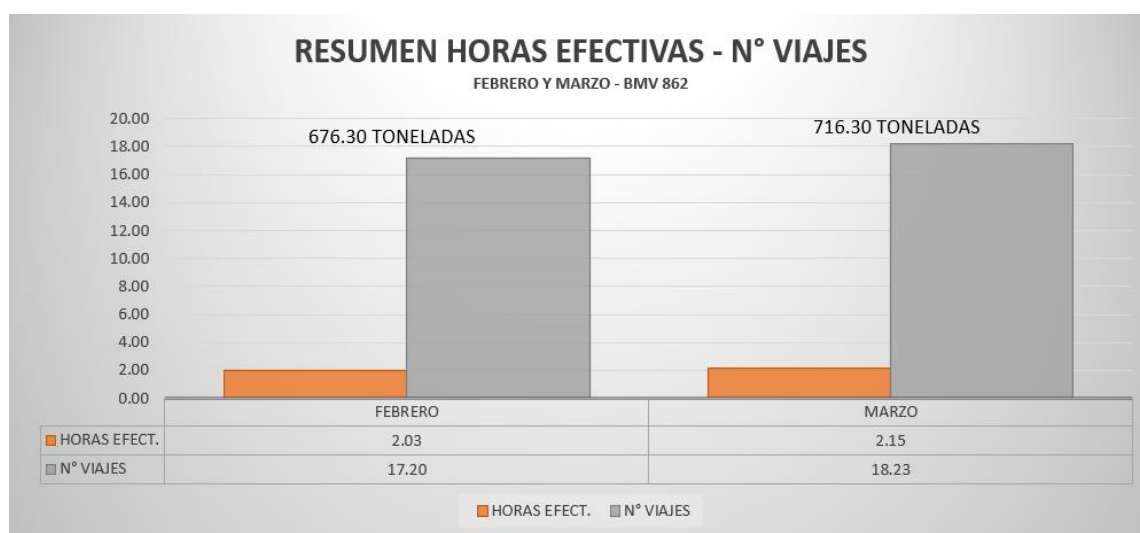


Figura 35. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 862.

El resumen diario para el periodo de febrero y marzo en la unidad BMV 862, se transportó un promedio de 767.30 y 716.90 toneladas respectivamente, las horas efectivas se incrementaron de 2.03 a 2.15 horas y el número de viajes se incrementó de 17.20 a 18.23 viajes.

La mejora durante el segundo periodo en tonelaje transportado, horas efectivas y número de viajes fueron de: 40.60 toneladas, 0.12 horas y 1.03 viajes respectivamente.

Finalmente, el valor unitario de acarreo se incrementó de 5.38 a 5.71 \$ con un incremento de \$ 0.33.

c) Análisis de tonelaje transportado – BMV 940

✓ Periodo febrero

Tabla 19. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 940, mes de febrero

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE FEBRERO - BMV 940					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Feb	632.55	4.96	1.89	16.09	3,135.57
02-Feb	919.11	7.20	2.75	23.37	6,620.07
03-Feb	940.81	7.37	2.82	23.93	6,936.35
04-Feb	417.19	3.27	1.25	10.61	1,363.94
06-Feb	971.13	7.61	2.91	24.70	7,390.64
07-Feb	885.13	6.94	2.65	22.51	6,139.62
08-Feb	748.57	5.87	2.24	19.04	4,391.29
09-Feb	747.76	5.86	2.24	19.02	4,381.79
10-Feb	300.87	2.36	0.90	7.65	709.39
19-Feb	360.65	2.66	1.08	9.17	960.77
20-Feb	111.40	0.89	0.33	2.83	98.92
21-Feb	637.06	5.03	1.91	16.20	3,205.69
22-Feb	937.77	7.40	2.81	23.85	6,939.50
23-Feb	1,246.46	9.77	3.73	31.70	12,175.42
24-Feb	148.48	1.18	0.44	3.78	175.80
25-Feb	628.60	4.74	1.88	15.99	2,977.05
26-Feb	851.60	6.22	2.55	21.66	5,293.55
27-Feb	669.36	5.03	2.01	17.02	3,368.22
28-Feb	584.59	4.44	1.75	14.87	2,595.58
TOTAL/PROM	12,739.09	5.20	2.01	17.05	78,859.16
Promedio	670.48	5.20	2.01	17.05	4,150.48

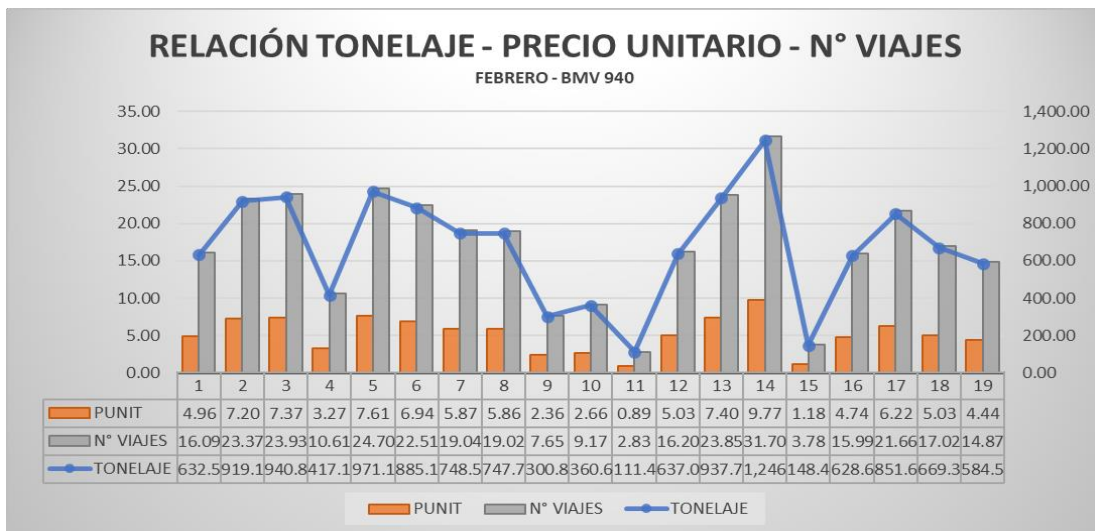


Figura 36. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, febrero

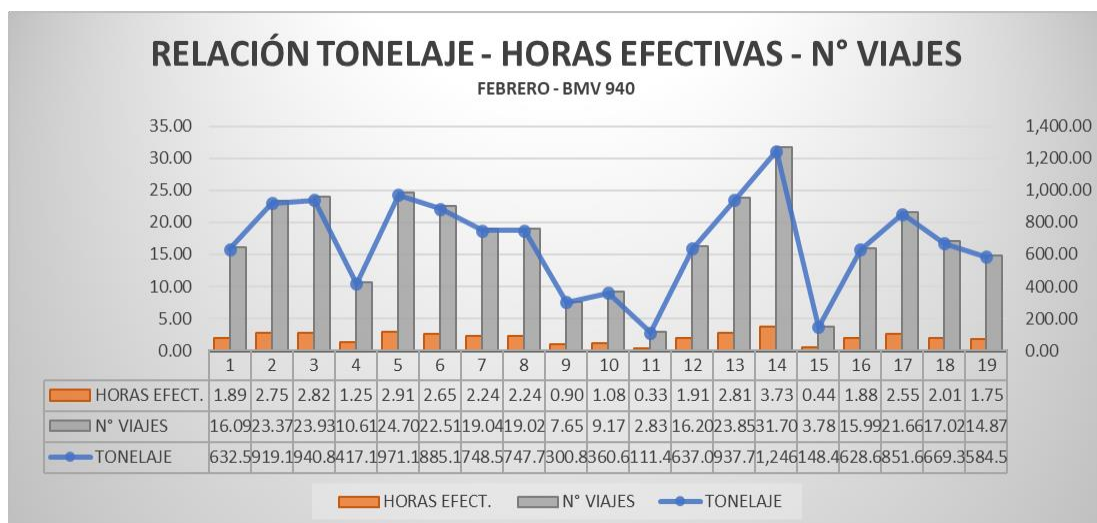


Figura 37. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 940, febrero

Para el periodo de febrero, la unidad BMV 940 transportó un total de 12,739.09 toneladas, con un promedio diario de 670.48 toneladas y 2.01 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 17.05 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.20 y un valor diario de \$ 4,150.48.

✓ **Periodo marzo**

Tabla 20. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 940, mes de marzo

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE MARZO - BMV 940					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Mar	573.00	4.14	1.72	14.57	2,374.51
02-Mar	718.83	5.62	2.15	18.28	4,042.70
03-Mar	900.49	7.10	2.70	22.90	6,397.08
04-Mar	1,045.24	7.99	3.13	26.58	8,353.56
05-Mar	308.10	2.37	0.92	7.84	729.58
06-Mar	873.29	6.81	2.62	22.21	5,945.36
07-Mar	295.13	2.37	0.88	7.51	698.87
08-Mar	967.84	7.40	2.90	24.61	7,162.02
09-Mar	767.72	5.92	2.30	19.52	4,544.90
10-Mar	483.89	3.85	1.45	12.31	1,862.01
10-Mar	73.69	0.59	0.22	1.87	43.62
11-Mar	808.36	6.22	2.42	20.56	5,024.77
12-Mar	241.76	1.78	0.72	6.15	429.37
13-Mar	667.69	5.33	2.00	16.98	3,557.45
14-Mar	955.81	7.40	2.86	24.31	7,072.99
15-Mar	656.40	5.03	1.97	16.69	3,303.00
17-Mar	851.67	6.51	2.55	21.66	5,546.08
18-Mar	636.90	4.74	1.91	16.20	3,016.36
19-Mar	994.77	7.40	2.98	25.30	7,361.30
20-Mar	588.21	4.44	1.76	14.96	2,611.65
21-Mar	1,092.29	8.29	3.27	27.78	9,052.90
22-Mar	236.37	1.78	0.71	6.01	419.79
TOTAL/PROM	14,737.45	5.14	2.01	17.04	89,549.87
Promedio	669.88	5.14	2.01	17.04	4,070.45

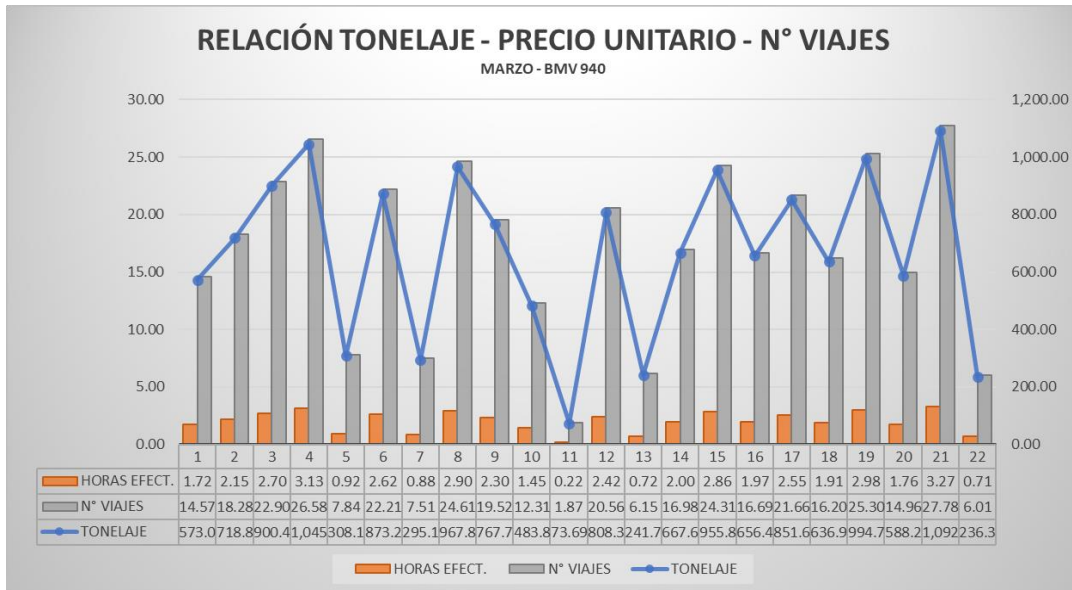


Figura 38. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, marzo

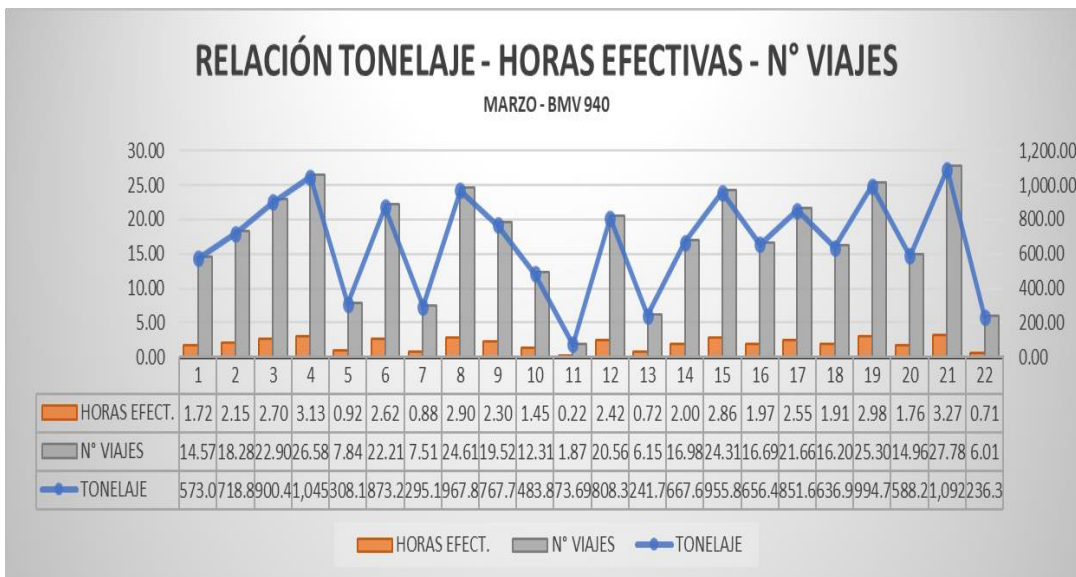


Figura 39. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, marzo

Para el periodo de marzo, la unidad BMV 940 transportó un total de 14,737.45 toneladas, con un promedio diario de 669.88 toneladas y 2.01 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 17.04 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.14 y un valor diario de \$ 4,070.45.

✓ Resumen periodo febrero, marzo BMV 940

Tabla 21. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 940

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO FEBRERO y MARZO - BMV 940					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
FEBRERO	670.48	5.20	2.01	17.05	4,150.48
MARZO	669.88	5.14	2.01	17.04	4,070.45
TOTAL/PROM	1,340.36	5.17	2.01	17.04	8,220.93
Diferencia	-0.59	-0.06	0.00	-0.02	-80.03



Figura 40. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 940

El resumen diario para el periodo de febrero y marzo en la unidad BMV 940, se transportó un promedio de 670.48 y 669.88 toneladas respectivamente, las horas efectivas se mantuvieron en 2.01 horas y el número de viajes disminuyó de 17.05 a 17.04 viajes.

La disminución de tonelaje transportado afectó directamente en los otros parámetros evaluados, manteniéndolos en valor o disminuyendo en valores mínimos.

Finalmente, el valor unitario de acarreo disminuyó de 5.20 \$ a \$ 5.14, con un valor de US \$ 0.06. producto de un incremento de la granulometría transportada.

d) Análisis de tonelaje transportado – BMV 714

✓ Periodo febrero

Tabla 22. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 714, mes de febrero

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE FEBRERO - BMV 714					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Feb	75.92	0.59	0.23	1.93	45.08
02-Feb	638.68	5.00	1.91	16.24	3,190.24
03-Feb	911.05	7.13	2.73	23.17	6,491.45
04-Feb	496.60	3.88	1.49	12.63	1,928.73
05-Feb	917.18	7.17	2.75	23.32	6,579.10
06-Feb	470.26	3.68	1.41	11.96	1,729.55
07-Feb	790.03	6.18	2.37	20.09	4,881.40
08-Feb	694.70	5.43	2.08	17.67	3,774.43
09-Feb	961.14	7.52	2.88	24.44	7,224.88
10-Feb	489.62	3.83	1.47	12.45	1,874.89
19-Feb	370.27	2.66	1.11	9.42	986.40
20-Feb	530.95	4.14	1.59	13.50	2,200.26
21-Feb	491.90	3.85	1.47	12.51	1,892.83
22-Feb	524.22	4.14	1.57	13.33	2,172.37
23-Feb	1,248.96	9.77	3.74	31.76	12,199.84
24-Feb	753.38	5.62	2.26	19.16	4,237.01
25-Feb	690.03	5.62	2.07	17.55	3,880.73
26-Feb	589.29	4.44	1.77	14.99	2,616.45
27-Feb	960.42	7.40	2.88	24.42	7,107.11
28-Feb	1,002.36	7.70	3.00	25.49	7,714.16
TOTAL/PROM	13,606.96	5.29	2.04	17.30	82,726.89
Promedio	680.35	5.29	2.04	17.30	4,136.34

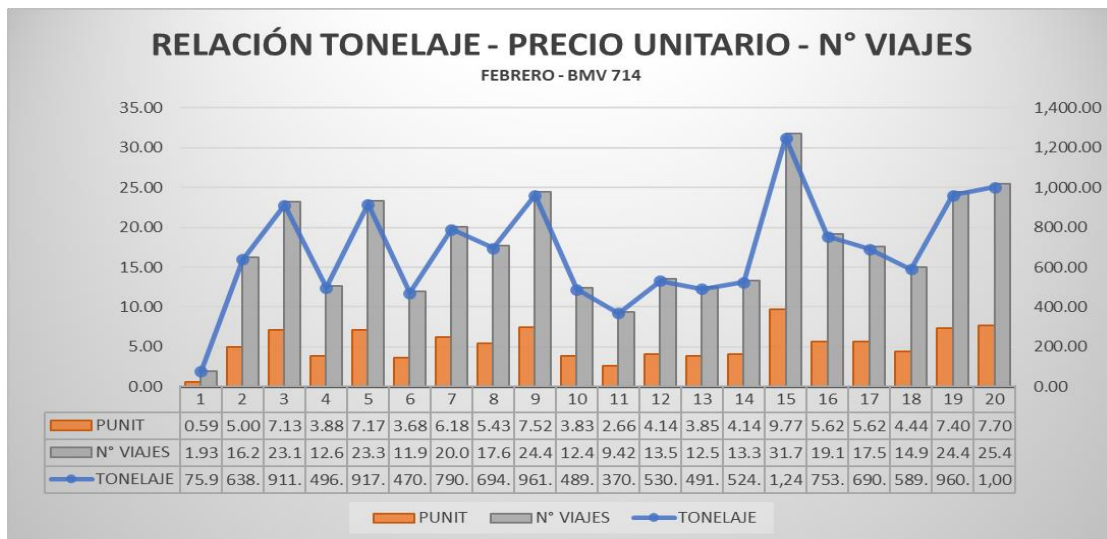


Figura 41. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 714, febrero

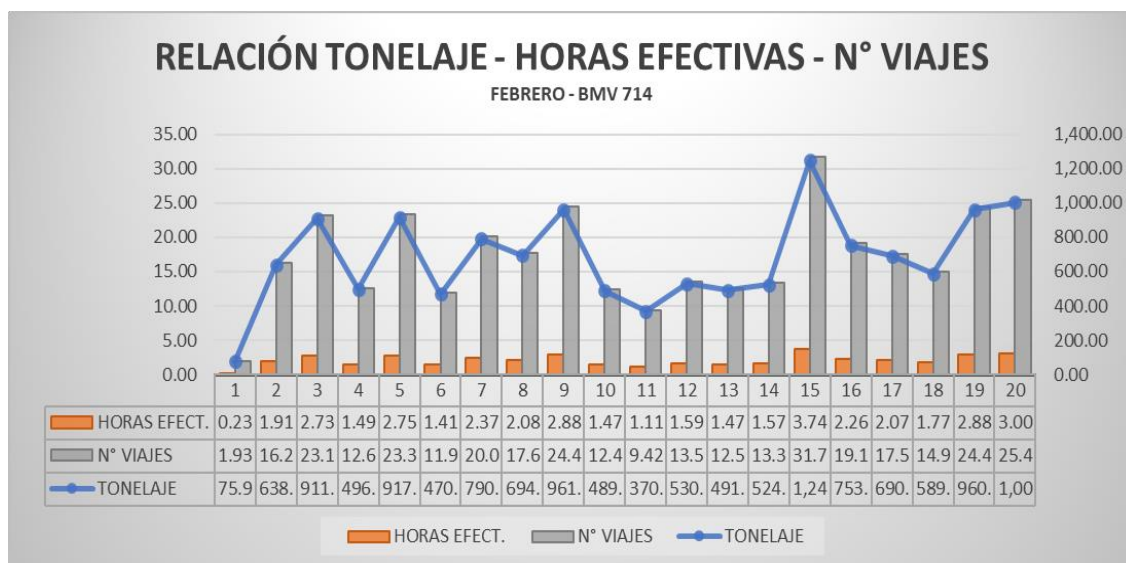


Figura 42. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 714, febrero

Para el periodo de febrero, la unidad BMV 714 transportó un total de 13,606.96 toneladas, con un promedio diario de 680.35 toneladas y 2.04 horas efectivas promedio. El total de viajes promedio fue de 17.30 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.29 y un valor diario de \$ 4,136.34.

✓ Periodo marzo

Tabla 23. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 714, mes de marzo

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE MARZO - BMV 714					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Mar	374.02	2.96	1.12	9.51	1,107.10
02-Mar	305.28	2.37	0.91	7.76	722.90
03-Mar	808.42	6.51	2.42	20.56	5,264.43
04-Mar	690.26	5.33	2.07	17.55	3,677.71
05-Mar	719.98	5.62	2.16	18.31	4,049.17
06-Mar	236.25	1.78	0.71	6.01	419.58
07-Mar	966.16	7.70	2.89	24.57	7,435.57
08-Mar	736.10	5.62	2.21	18.72	4,139.83
09-Mar	118.47	0.89	0.35	3.01	105.20
10-Mar	541.91	4.44	1.62	13.78	2,406.08
11-Mar	938.68	7.10	2.81	23.87	6,668.38
12-Mar	584.45	4.44	1.75	14.86	2,594.96
13-Mar	74.51	0.59	0.22	1.89	44.11
14-Mar	1,007.58	7.70	3.02	25.62	7,754.34
15-Mar	886.96	6.81	2.66	22.56	6,038.42
16-Mar	794.20	6.22	2.38	20.20	4,936.75
18-Mar	658.39	5.03	1.97	16.74	3,313.02
19-Mar	858.31	6.51	2.57	21.83	5,589.31
20-Mar	665.54	5.33	1.99	16.92	3,546.00
22-Mar	714.56	5.33	2.14	18.17	3,807.18
TOTAL/PROM	12,680.03	4.91	1.90	16.12	73,620.02
Promedio	634.00	4.91	1.90	16.12	3,681.00

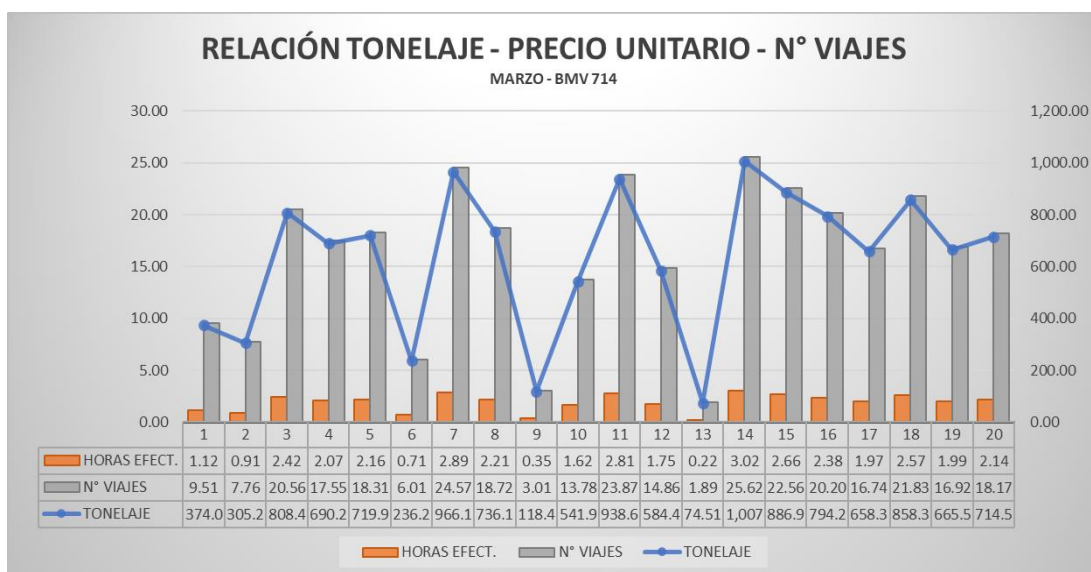


Figura 43. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 914, marzo

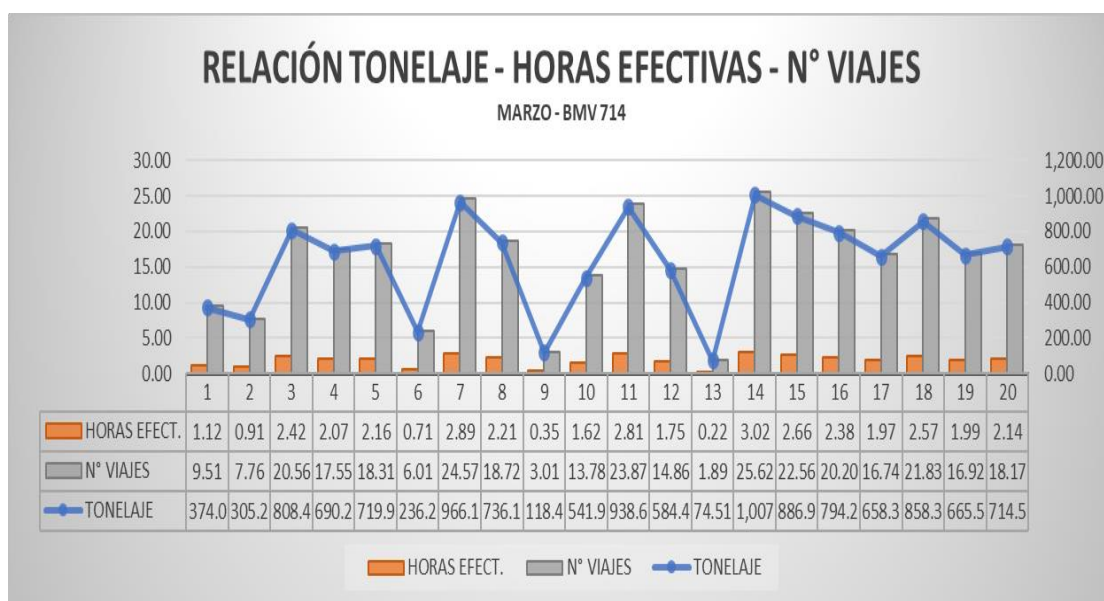


Figura 44. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 714, marzo

Para el periodo de marzo, la unidad BMV 714 transportó un total de 12,680.03 toneladas, con un promedio diario de 634.00 toneladas y 1.90 horas efectivas promedio. El total de viajes promedio fue de 16.12 viajes, considerando un precio unitario de \$ 4.91 y un valor diario de \$ 3,681.00.

✓ Resumen periodo febrero, marzo BMV 714

Tabla 24. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 714

RESUMEN TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO FEBRERO y MARZO - BMV 714					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
FEBRERO	680.35	5.29	2.04	17.30	4,136.34
MARZO	634.00	4.91	1.90	16.12	3,681.00
TOTAL/PROM	1,314.35	5.10	1.97	16.71	7,817.35
Diferencia	-46.35	-0.37	-0.14	-1.18	-455.34

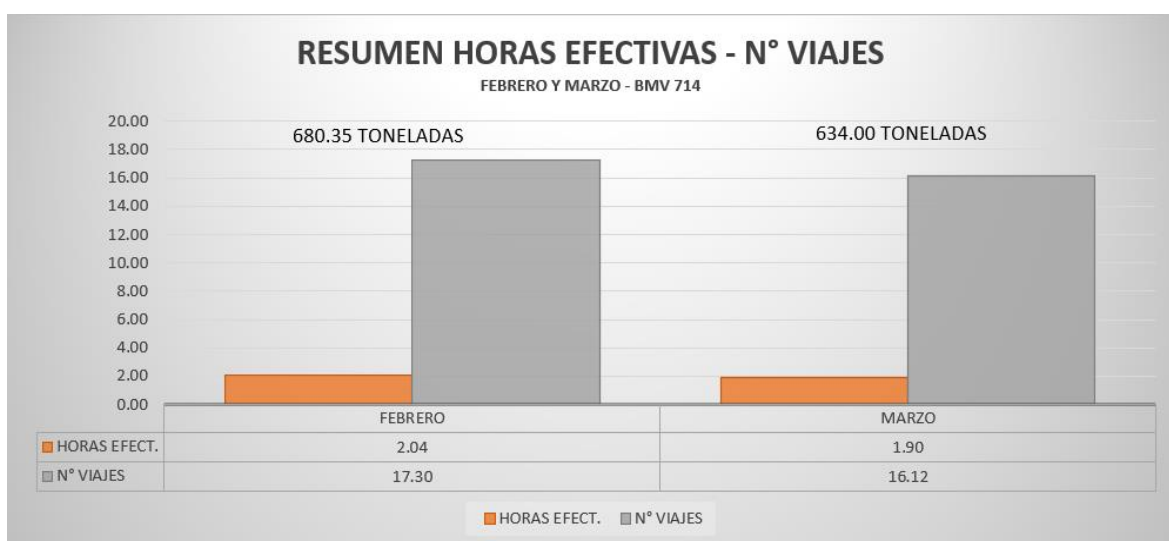


Figura 45. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 714

El resumen diario para el periodo de febrero y marzo en la unidad BMV 714, transportó un promedio de 680.35 y 634.00 toneladas respectivamente, las horas efectivas disminuyeron de 2.04 a 1.90 horas y el número de viajes disminuyó de 17.30 a 16.12 viajes.

La disminución de tonelaje transportado afectó directamente en los otros parámetros evaluados, disminuyendo el tonelaje en 46.35 toneladas, las horas efectivas en 0.14 horas y el número de viajes en 1.18 viajes.

Finalmente, el valor unitario de acarreo disminuyó de 5.29 \$ a \$ 4.91, con un valor de US \$ 0.37 producto de un incremento de la granulometría transportada.

4.3 Análisis de la granulometría en cancha de mineral

Para determinar la granulometría del mineral transportado en cancha de mineral, se realizaron diferentes tomas de imágenes, asociado al periodo de estudio, entre febrero y marzo, para ser analizados mediante el software *Split Desktop* y determinar el P80 (granulometría) y finos asociados.

Así mismo, estos valores de la granulometría afectarán directamente en el factor de llenado de los equipos de acarreo e incidirán directamente en la capacidad efectiva y el costo unitario.

Para ver el comportamiento del tonelaje transportado, se analizaron 4 imágenes (2 en febrero y 2 en marzo), con códigos de muestra: Ca001, Ca002, Ca003 y Ca004 para ver la incidencia de la granulometría en los equipos de acarreo marca Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m³.

a) Análisis de granulometría - Muestra Ca001, febrero



Figura 46. Imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero

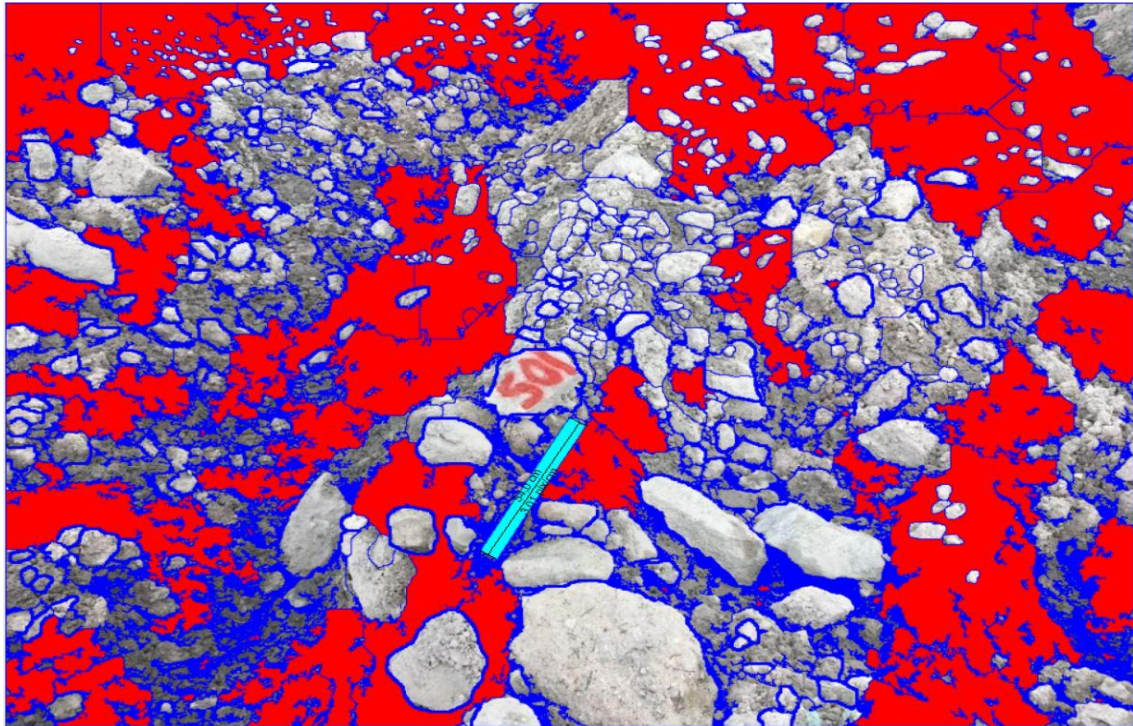


Figura 47. Análisis de imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero.

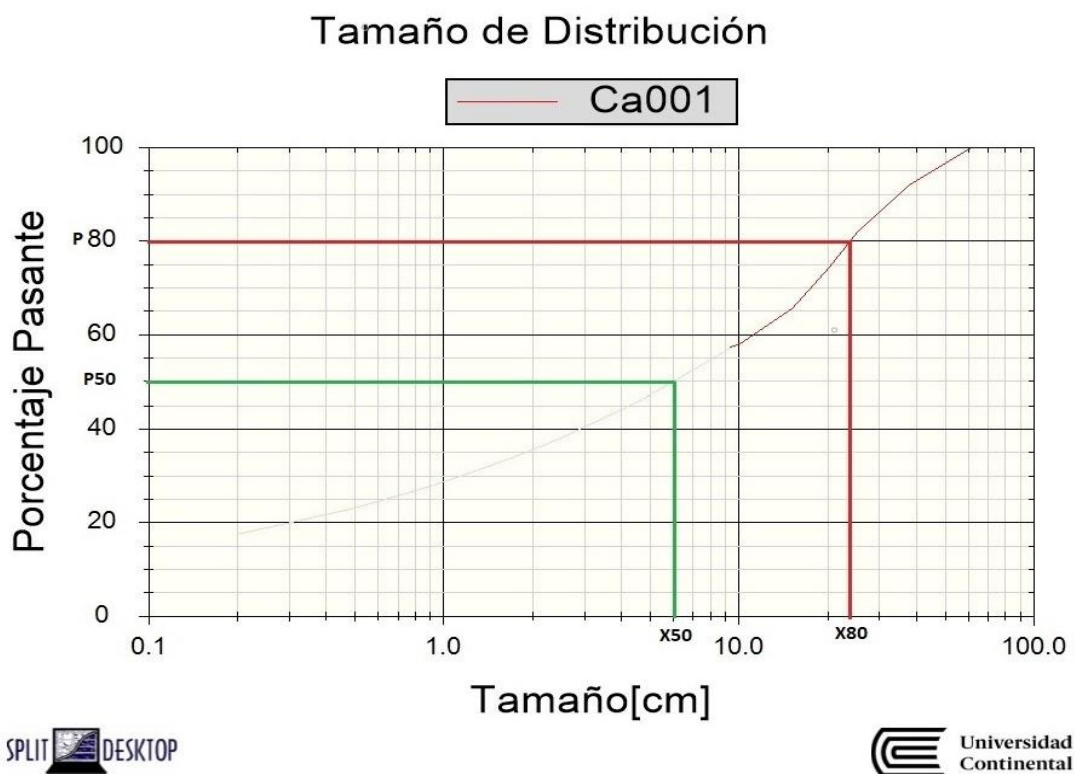


Figura 48. Distribución de granulometría muestra Ca001, febrero.

Tabla 25. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca001

% PASANTE DE MINERAL	
Muestra - Ca001	
Tamaño[cm]	% Pasante
63,50	100,00
38,10	91,88
25,40	81,75
20,32	74,25
15,24	65,52
10,16	58,01
5,08	47,44
2,54	38,37
1,91	35,13
1,27	31,00
0,95	28,37
0,64	25,03
0,47	22,88
0,20	17,54

GRANULOMETRÍA POST VOLADURA	
Muestra - Ca001	
% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,03
F20	0,31
F30	1,14
F40	2,91
F50 (P50)	6,03
F60	11,73
F70	17,82
F80 (P80)	24,11
F90	35,05
Topsize (99,95%)	61,49

De acuerdo con el estudio de granulometría en la muestra Ca001 mediante el software *Split Desktop*, considera el porcentaje pasante de mineral, considerando un tamaño de 1 pulgada solo pasa el 38.37 % de mineral. Asimismo, la granulometría asociada considera un P50 de 6.03 cm y un P80 de 24.11 cm, asumiendo un factor de llenado en equipos de acarreo del 85%.

b) Análisis de granulometría - Muestra Ca002 - febrero



Figura 49. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero

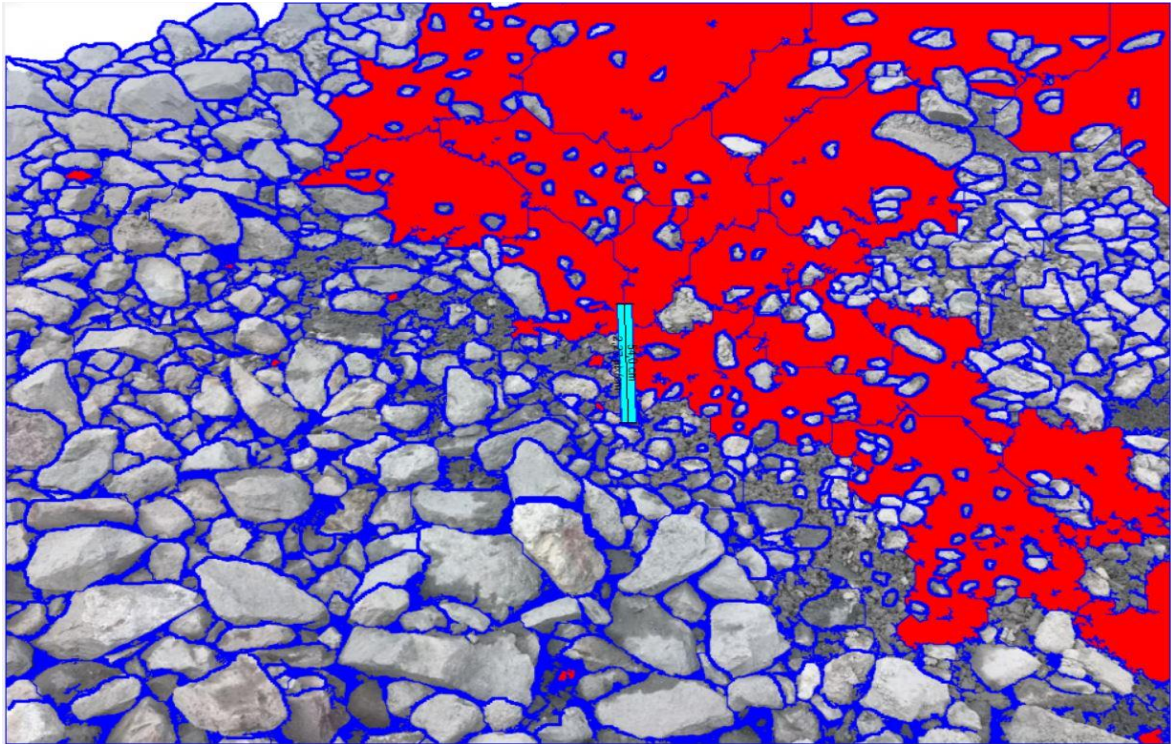


Figura 50. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero

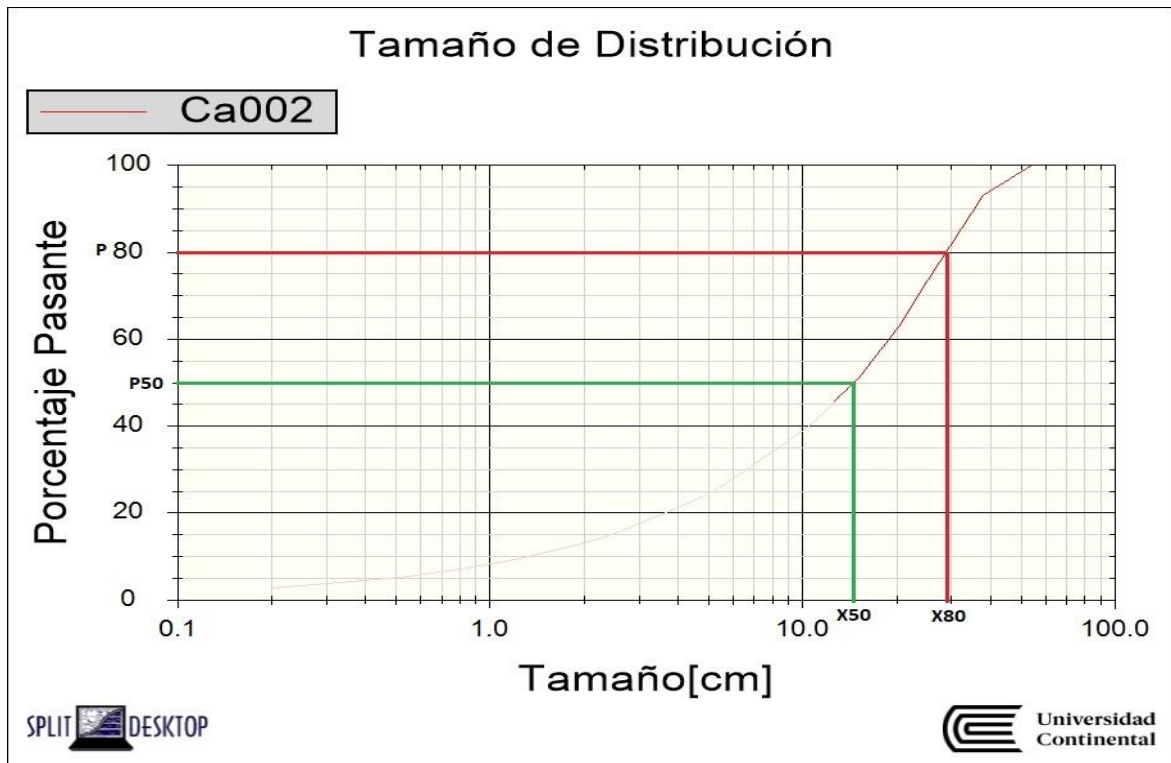


Figura 51. Distribución de granulometría muestra Ca002, febrero

Tabla 26. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca002

% PASANTE DE MINERAL		GRANULOMETRÍA POST VOLADURA	
Muestra - Ca002		Muestra - Ca002	
Tamaño[cm]	% Pasante	% Pasante	Tamaño[cm]
63,50	100,00	F10	1,32
38,10	93,02	F20	3,71
25,40	73,60	F30	6,78
20,32	62,73	F40	10,42
15,24	51,04	F50	14,77
10,16	39,32	F60	19,14
5,08	24,72	F70	23,63
2,54	15,52	F80	28,78
1,91	12,78	F90	35,44
1,27	9,73	Topsize (99,95%)	54,30
0,95	8,01		
0,64	6,08		
0,47	5,00		
0,20	2,78		

De acuerdo con el estudio de granulometría en la muestra Ca002 mediante el software Split Desktop, considera el porcentaje pasante de mineral, considerando un tamaño de 2.54 cm (1 pulgada) solo pasa el 15.52 % de mineral. Asimismo, la granulometría asociada considera un P50 de 14.77 cm y un P80 de 28.78 cm, asumiendo un factor de llenado en equipos de acarreo del 80 %.

c) Análisis de granulometría - Muestra Ca003 – marzo



Figura 52. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo

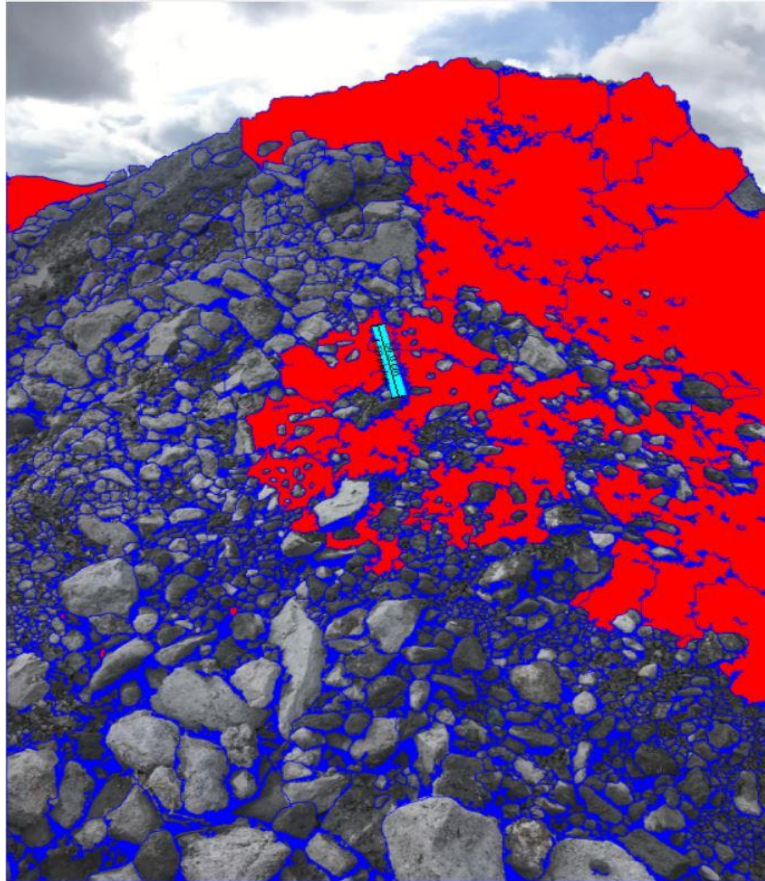


Figura 53. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo

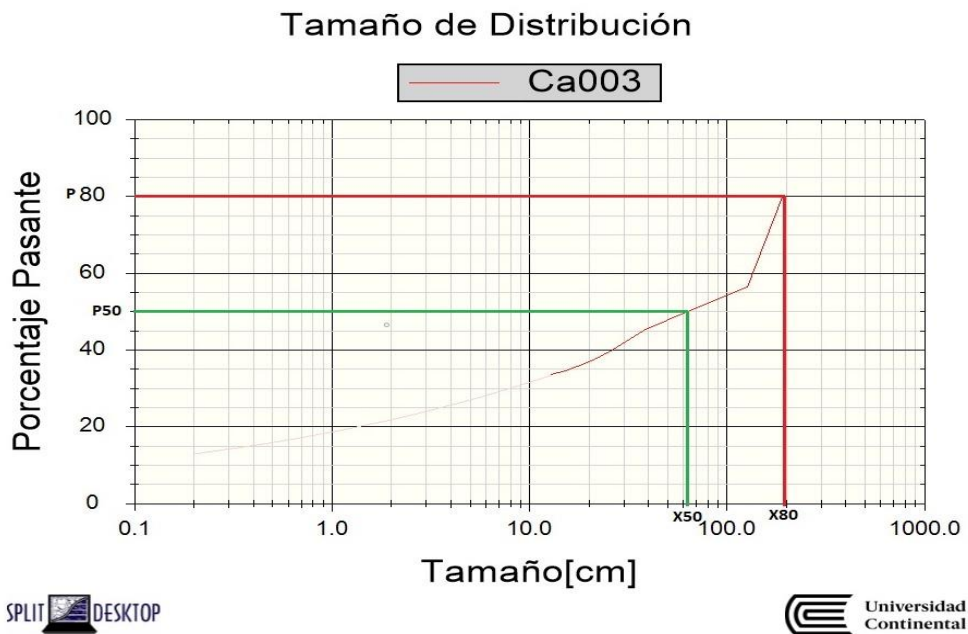


Figura 54. Distribución de granulometría muestra Ca003, marzo

Tabla 27. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca003

% PASANTE DE MINERAL	
Muestra - Ca003	
Tamaño[cm]	% Pasante
190,50	79,83
127,00	56,42
63,50	50,06
38,10	45,00
25,40	39,34
20,32	36,95
15,24	34,56
10,16	31,73
5,08	27,10
2,54	23,14
1,91	21,66
1,27	19,74
0,95	18,48
0,64	16,84
0,47	15,76
0,20	12,95

GRANULOMETRÍA POST VOLADURA	
Muestra - Ca003	
% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,06
F20	1,34
F30	7,94
F40	26,81
F50 (P50)	62,78
F60	138,72
F70	165,67
F80 (P80)	190,95
F90	218,15
Topsize (99,95%)	250,47

De acuerdo con el estudio de granulometría en la muestra Ca003 mediante el software Split Desktop, considera el porcentaje pasante de mineral, considerando un tamaño de 2.54 cm (1 pulgada) solo pasa el 23.14% de mineral. Así mismo la granulometría asociada considera un P50 de 62.78 cm y un P80 de 190.95 cm, asumiendo un factor de llenado en equipos de acarreo del 60 %.

d) Análisis de granulometría - Muestra Ca004 – marzo



Figura 55. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo

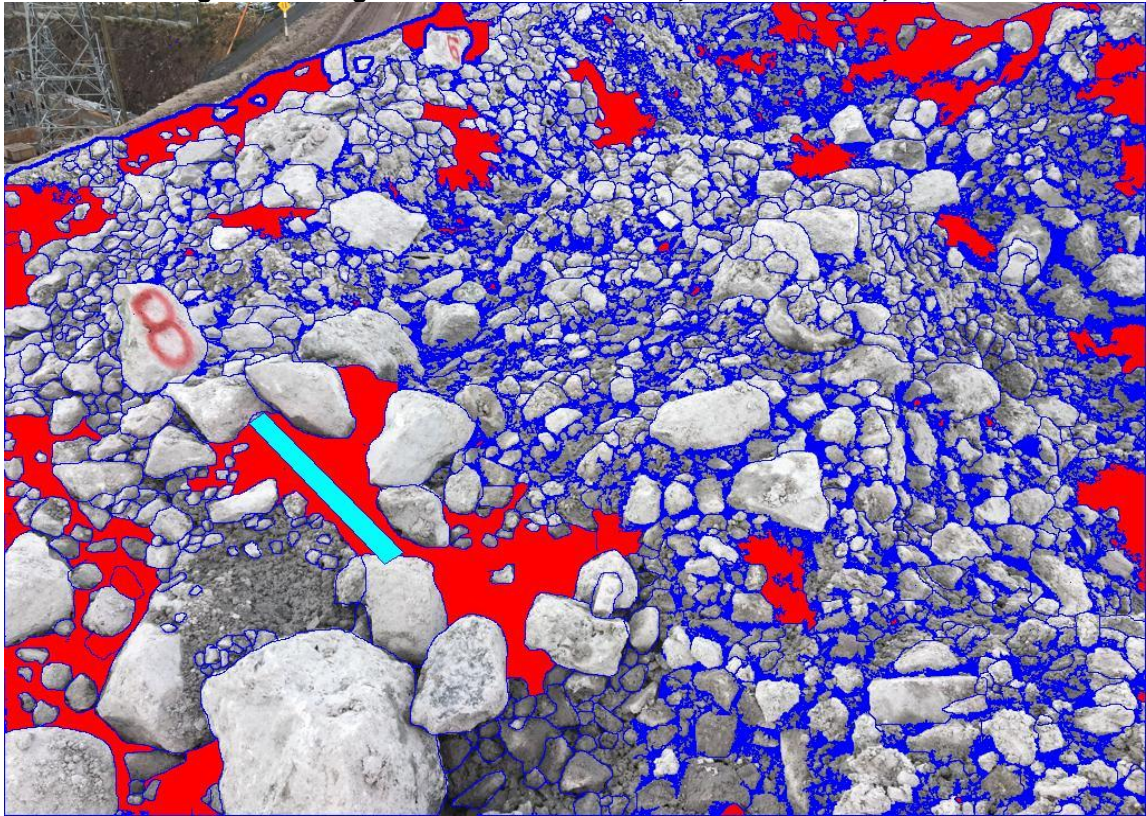


Figura 56. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo

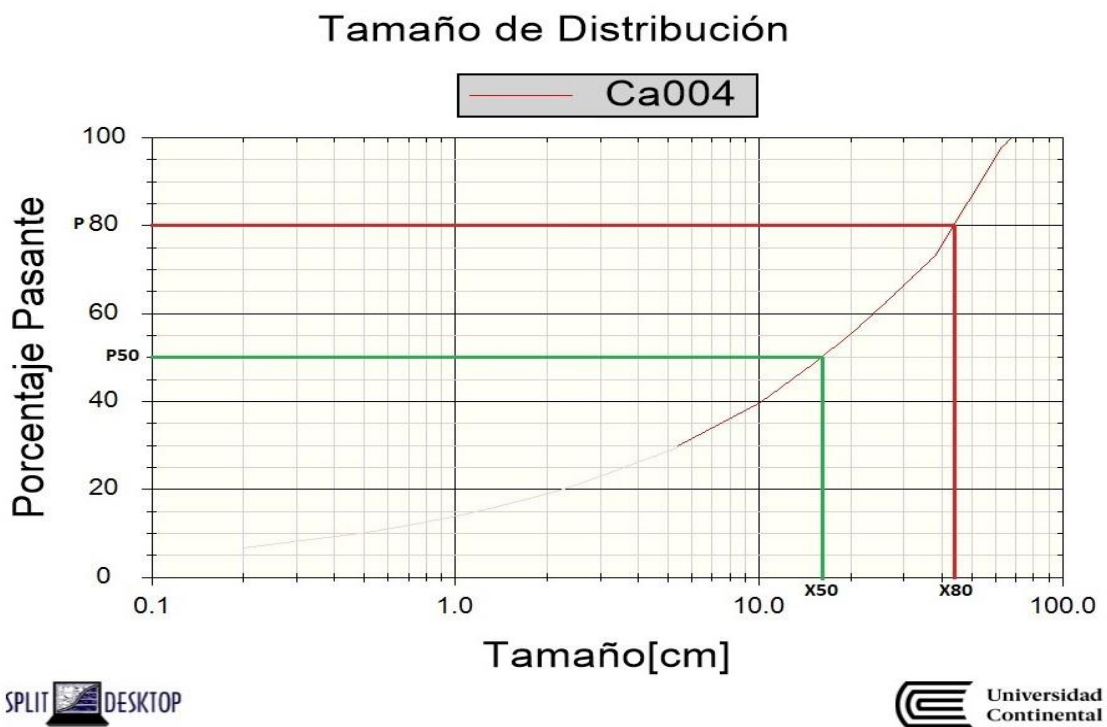


Figura 57. Distribución de granulometría muestra Ca004, marzo

Tabla 28. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca004

% PASANTE DE MINERAL		GRANULOMETRÍA POST VOLADURA	
Muestra - Ca004		Muestra - Ca004	
Tamaño[cm]	% Pasante	% Pasante	Tamaño[cm]
127,00	100,00	F10	0,48
63,50	97,80	F20	2,23
38,10	73,02	F30	5,53
25,40	61,42	F40	10,31
20,32	55,56	F50 (P50)	16,14
15,24	48,64	F60	24,06
10,16	39,71	F70	34,98
5,08	28,92	F80 (P80)	44,52
2,54	21,21	F90	53,73
1,91	18,64	Topsize (99,95%)	68,56
1,27	15,53		
0,95	13,64		
0,64	11,35		
0,47	9,95		
0,20	6,73		

De acuerdo al estudio de granulometría en la muestra Ca004 mediante el software Split Desktop, considera el porcentaje pasante de mineral, considerando un tamaño de 2.54 cm (1 pulgada) solo pasa el 21.21% de mineral. Así mismo la granulometría asociada considera un P50 de 16.14 cm y un P80 de 44.52 cm, asumiendo un factor de llenado en equipos de acarreo del 70%.

e) Resumen de análisis de la granulometría

Tabla 29. Resumen de la granulometría muestra cancha de mineral

RESUMEN DE GRANULOMETRÍA				
MUESTRA (Ca001-Ca004): CANCHA DE MINERAL				
MUESTRA	P50 cm	P80 cm	<= 1 PULG. % Pasante	FACTOR LLENADO (%)
Ca001	6.03	24.11	38.37	85
Ca002	14.77	28.78	15.52	80
Ca003	62.78	190.95	23.14	60
Ca004	16.14	44.52	21.21	70
PROMEDIO	24.93	72.09	24.56	74

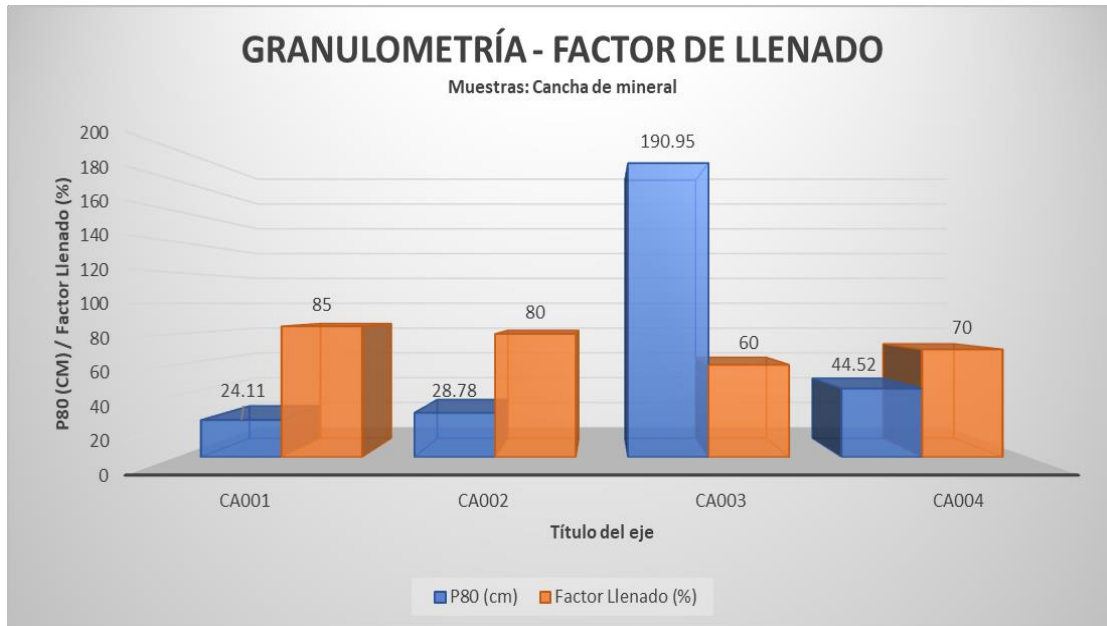


Figura 58. Resumen y análisis de la granulometría (P80) y el factor de llenado

El resultado obtenido del análisis de la granulometría post voladura nos permite entender el comportamiento del factor de llenado (fill factor) de los equipos de acarreo, siendo estos, tener una influencia directa en el rendimiento de los equipos.

Los valores de factor de llenado estarán en el rango de 0.5 a 1.0 o de 50 % al 100% como rangos del resultado de voladura, siendo del 90 al 100 % una buena voladura, del rango del 60 al 89% una baja voladura y < a 60% una pésima voladura.

De acuerdo con estos rangos de voladura se tiene rangos mínimos de factor de llenado del 60 % y máximos del 85 %, con un promedio del 74 %, los que afectarán el rendimiento y mayores costos de acarreo de los equipos.

4.4 Análisis de costos y rendimiento de equipos de acarreo

Para determinar la capacidad efectiva de los equipos de acarreo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad Efectiva} = \frac{(\text{Capacidad nominal} \times \text{densidad} \times \text{factor llenado})}{(1 + \text{Factor esponjamiento})}$$

Donde:

Capacidad nominal volquete (m³)

Factor llenado (%)

Factor esponjamiento (%)

De acuerdo con la evaluación realizada, en referencia a la implicancia de la granulometría en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo se considera una densidad de mineral promedio de 2.8 kg/m³ y un costo unitario de acarreo promedio de 6.12 US \$/ton (de acuerdo con los periodos evaluados), se determina la capacidad efectiva y costos de acarreo asociado con las muestras evaluadas.

Tabla 30. Resumen de capacidad efectiva y costos asociados

RESUMEN DE CAPACIDAD EFECTIVA Y COSTOS ASOCIADOS A EQUIPOS DE ACARREO

Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R

MUESTRA	GRANULOMETRÍA P80 (cm)	CAPACIDAD NOMINAL m3	DENSIDAD kg/m3	FACTOR ESPONJAMIENTO (%)	FACTOR LLENADO (%)	CAPACIDAD EFECTIVA Ton	VALORIZACIÓN US \$/ciclo
Ca001	24.11	20	2.8	30%	85%	36.62	224.13
Ca002	28.78	20	2.8	30%	80%	34.46	210.95
Ca003	190.95	20	2.8	30%	60%	25.85	158.21
Ca004	44.52	20	2.8	30%	70%	30.15	184.58
PROMEDIO	72.09	20	2.8	30%	74%	31.77	194.47

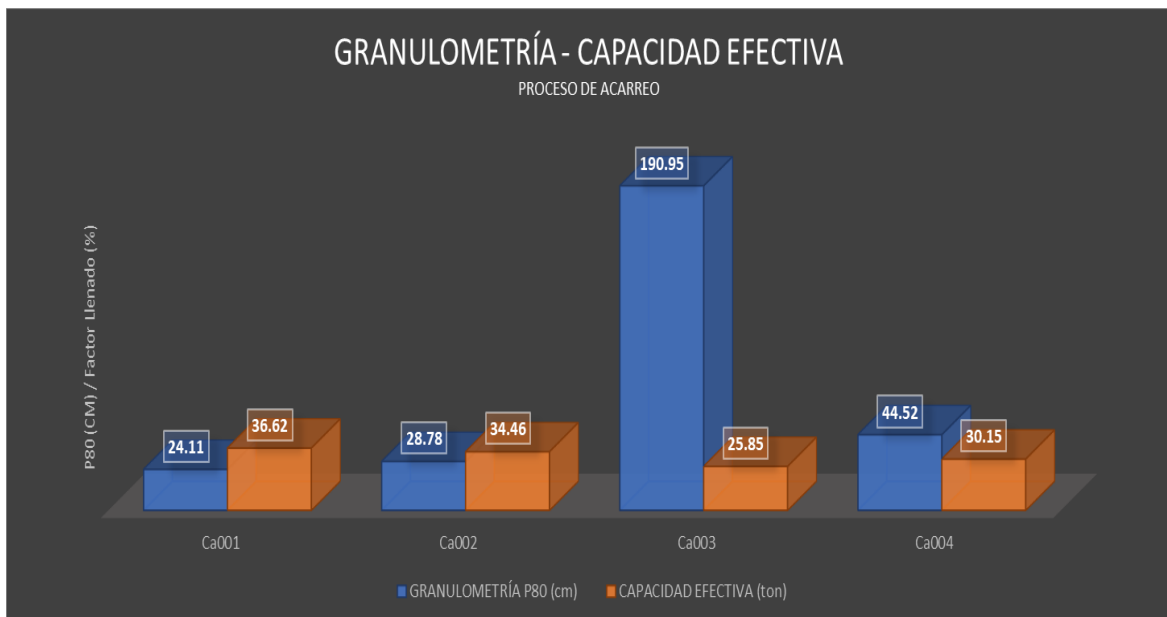


Figura 59. Granulometría y capacidad efectiva en equipos de acarreo

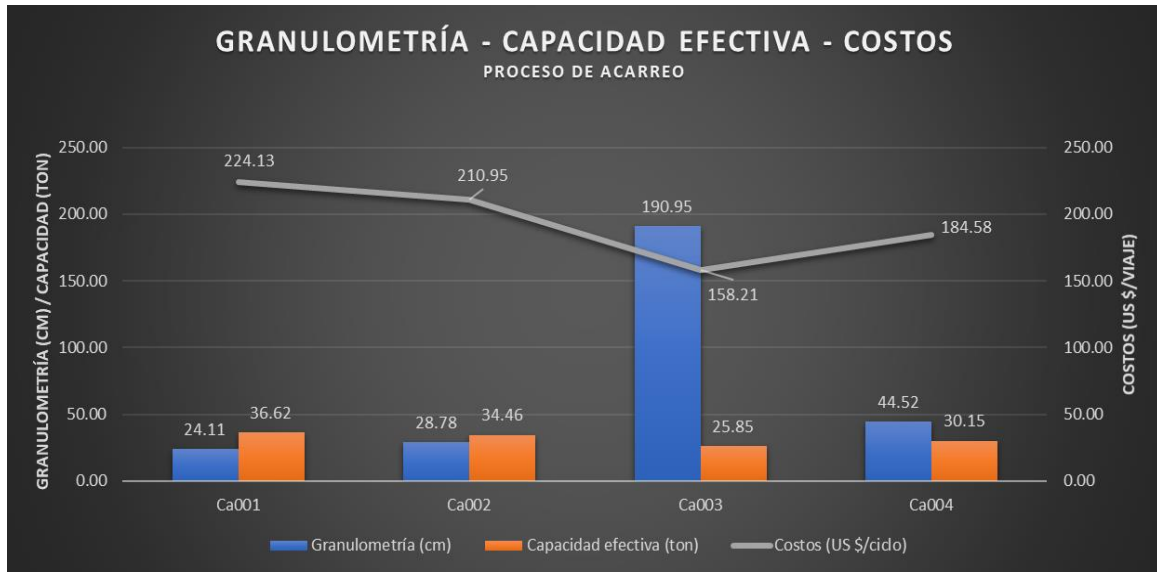


Figura 60. Granulometría, capacidad efectiva y costos en equipos de acarreo

De acuerdo con los estudios de granulometría realizados y su relación con la capacidad efectiva, tiene un efecto directo en los costos de acarreo. La granulometría varía desde 24.11 a 190.95 cm considerando una capacidad efectiva de 36.62 a 25.85 toneladas respectivamente.

Esta variabilidad en granulometría y capacidad efectiva está relacionado directamente a los costos de acarreo por ciclo entre 224.13 y 158.21 \$/ciclo.

Estos resultados demuestran que a mayor granulometría transportada el costo de acarreo es mayor y menor valorización (empresa de servicios) y si se transporta granulometrías homogéneas promedio de 26.45 cm generará mayor incremento en la valorización de acarreo.

4.5 Validación de la hipótesis planteada

La presente tesis, realizó el análisis de los principales indicadores de rendimiento de equipos de acarreo (utilización, disponibilidad y horas efectivas), así como el tonelaje transportado y el análisis granulométrico de 4 muestras de cancha de mineral, los cuales determinarán la capacidad efectiva y los costos o valorización durante el proceso de acarreo.

a) Rendimiento de equipos de acarreo

De acuerdo con el trabajo de investigación evaluado durante el periodo febrero y marzo se determinaron los siguientes resultados de rendimiento:

Tabla 31. Rendimiento programado y ejecutado equipos de acarreo.

RENDIMIENTO PROGRAMADO - EJECUTADO EQUIPOS ACARREO									
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R									
EQUIPO	EJECUTADO			PROGRAMADO			DIFERENCIA		
	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD	HRS EFECTIVAS OPER	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD	HRS EFECTIVAS OPER	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD	HRS EFECTIVAS OPER
BMV - 809	49.04%	93.46%	11.00	89%	85%	18	-39.96%	8.46%	-7.00
BMV - 862	46.93%	92.59%	10.43	89%	85%	18	-42.07%	7.59%	-7.57
BMV - 940	48.78%	87.86%	10.29	89%	85%	18	-40.22%	2.86%	-7.71
BMV - 714	44.25%	95.51%	10.14	89%	85%	18	-44.75%	10.51%	-7.86
PROMEDIO	47.25%	92.36%	10.46	89%	85%	18	-41.75%	7.36%	-7.54

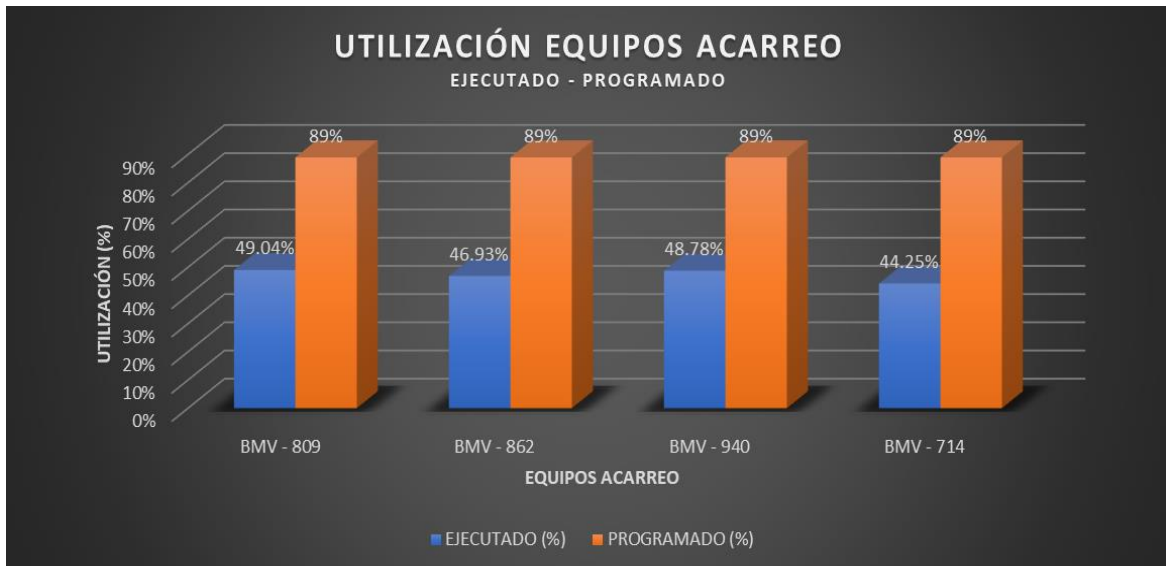


Figura 61. Resumen de utilización de equipos de acarreo.

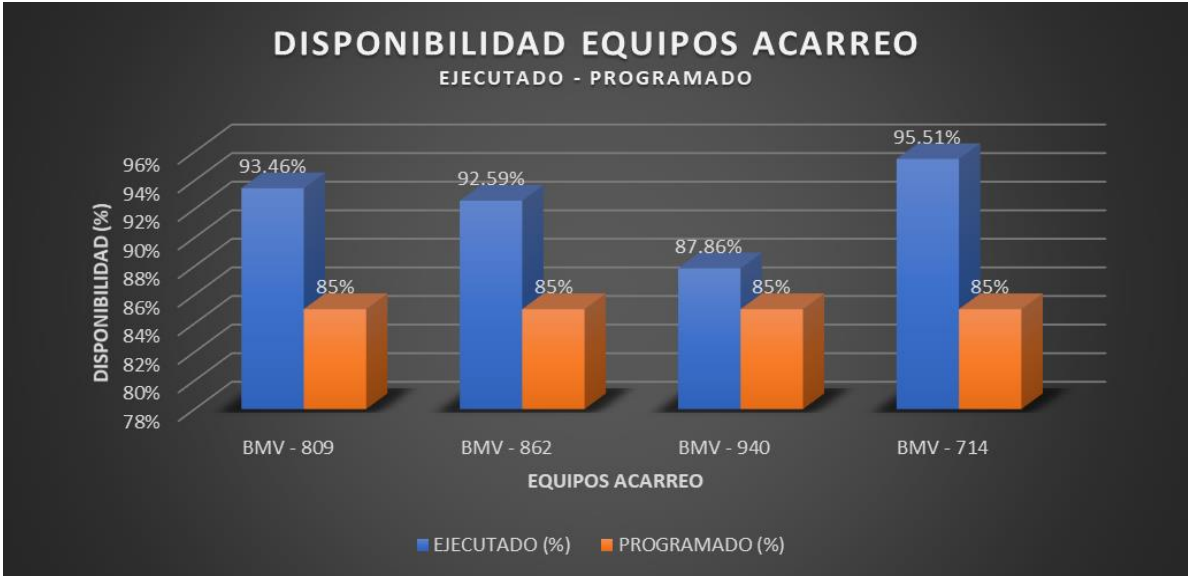


Figura 62. Resumen de disponibilidad de equipos de acarreo

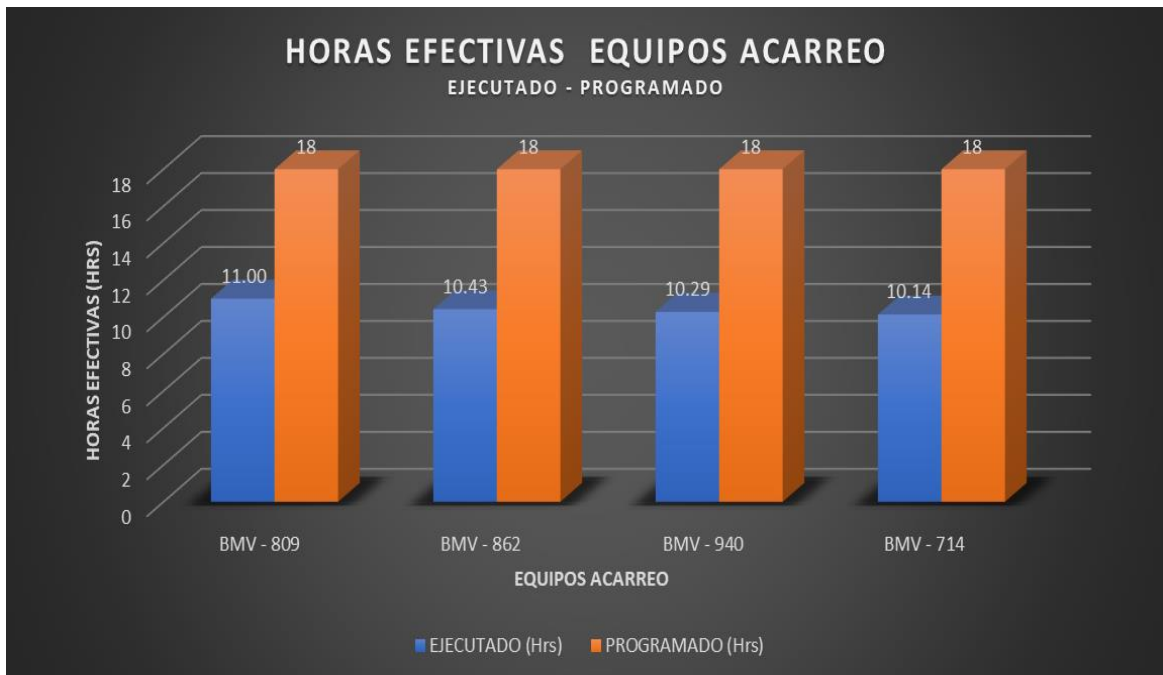


Figura 63. Resumen de horas efectivas de equipos de acarreo

El rendimiento de los equipos de acarreo evaluados en los escenarios de estudio de febrero y marzo consideras los valores programados y ejecutados en:

- ✓ La disponibilidad programada es del 85 % y la ejecutada fue del 92 %. Esta variabilidad en la disponibilidad está directamente relacionada a menores horas de mantenimiento por ser equipos nuevos.

- ✓ La utilización programada es del 89 % y la ejecutada fue del 47.25 %. La menor utilización de los equipos de acarreo solo está relacionada al análisis de transporte de mineral, sin considerar el desmonte, por lo que se incrementaría dicho valor.
- ✓ Las horas efectivas operacionales de equipos de acarreo programada es de 18 horas diarias, siendo el ejecutado 10.46 horas diaria. Estas menores horas efectivas asociadas a equipos de acarreo, está relacionado a las variables de utilización y disponibilidad determinadas.
- ✓ Finalmente, es necesario revisar las diferentes actividades relacionadas al proceso unitario de acarreo, para determinar las pérdidas de tiempo operacional y así generar programas de optimización y reducción de costos.

b) Tonelaje transportado

De acuerdo con el trabajo de investigación evaluado durante el periodo febrero y marzo se determinaron los siguientes resultados durante el periodo de febrero y marzo, considerando el tonelaje, horas efectivas y número de viajes.

Tabla 32. Resumen de tonelaje transportado, periodo febrero y marzo

RESUMEN TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO FEBRERO y MARZO					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
FEBRERO	48,196.97	6.11	2.04	19.74	296,264.34
MARZO	54,843.06	6.14	2.11	20.10	337,550.94
TOTAL/PROM	6,646.09	6.12	2.07	19.92	41,286.60

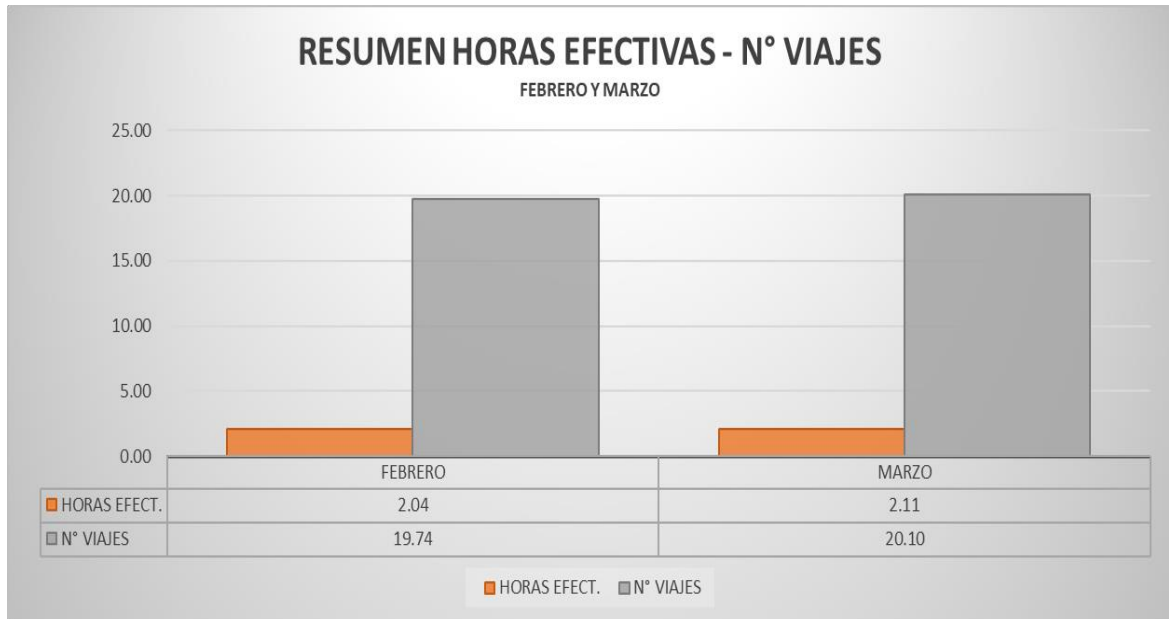


Figura 64. Resumen de horas efectivas y números de viajes en equipos de acarreo

Durante el periodo de estudio de febrero a marzo se incrementó el tonelaje transportado en 6,646.09 toneladas, con un promedio de viajes de 20 y horas efectivas operacionales de 2.02 horas. Así mismo, el incremento de tonelaje permitió un incremento en la valorización de transporte de mineral en \$ 41,286.60, considerando un precio unitario de \$ 6.12. Si bien es cierto hay una mejora en la valorización de transporte de mineral, está debería ser mucho mayor considerando la granulometría del material transportado.

c) Granulometría, capacidad efectiva y costo asociado

Una vez definido el rendimiento de los equipos, así como el tonelaje transportado, se analizó la granulometría asociada al proceso de acarreo considerando el análisis de muestras de cancha de mineral durante el periodo de estudio, para determinar su influencia en la capacidad efectiva y sus costos asociados. Por tal motivo, se analizó la granulometría obtenida en las muestras de cancha de minera, y ayudó a entender el comportamiento de la capacidad efectiva, el factor de llenado y sus costos asociados.

Tabla 33. Resumen de granulometría, capacidad efectiva y costos de acarreo

RESUMEN DE CAPACIDAD EFECTIVA Y COSTOS ASOCIADOS A EQUIPOS DE ACARREO							
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R							
MUESTRA	GRANULOMETRÍA P80 (cm)	CAPACIDAD NOMINAL m3	DENSIDAD kg/m3	FACTOR ESPONJAMIENTO (%)	FACTOR LLENADO (%)	CAPACIDAD EFECTIVA Ton	VALORIZACIÓN US \$/ciclo
Ca001	24.11	20	2.8	30%	85%	36.62	224.13
Ca002	28.78	20	2.8	30%	80%	34.46	210.95
Ca003	190.95	20	2.8	30%	60%	25.85	158.21
Ca004	44.52	20	2.8	30%	70%	30.15	184.58
PROMEDIO	72.09	20	2.8	30%	74%	31.77	194.47
ÓPTIMO	26.45	20	2.8	30%	90%	38.77	237.32
Diferencia							42.85

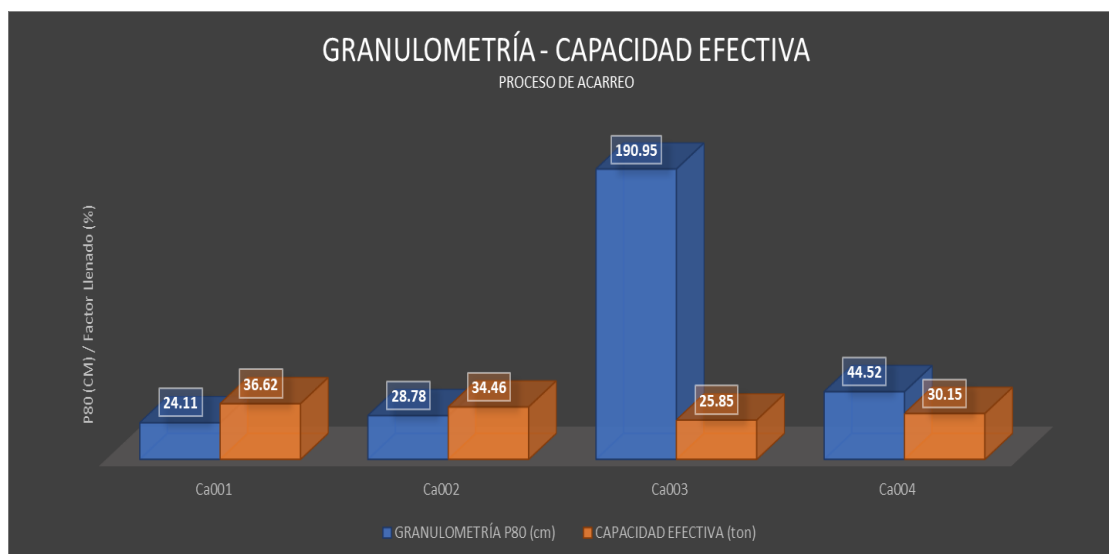


Figura 65. Resumen de granulometría y capacidad efectiva en equipos de acarreo

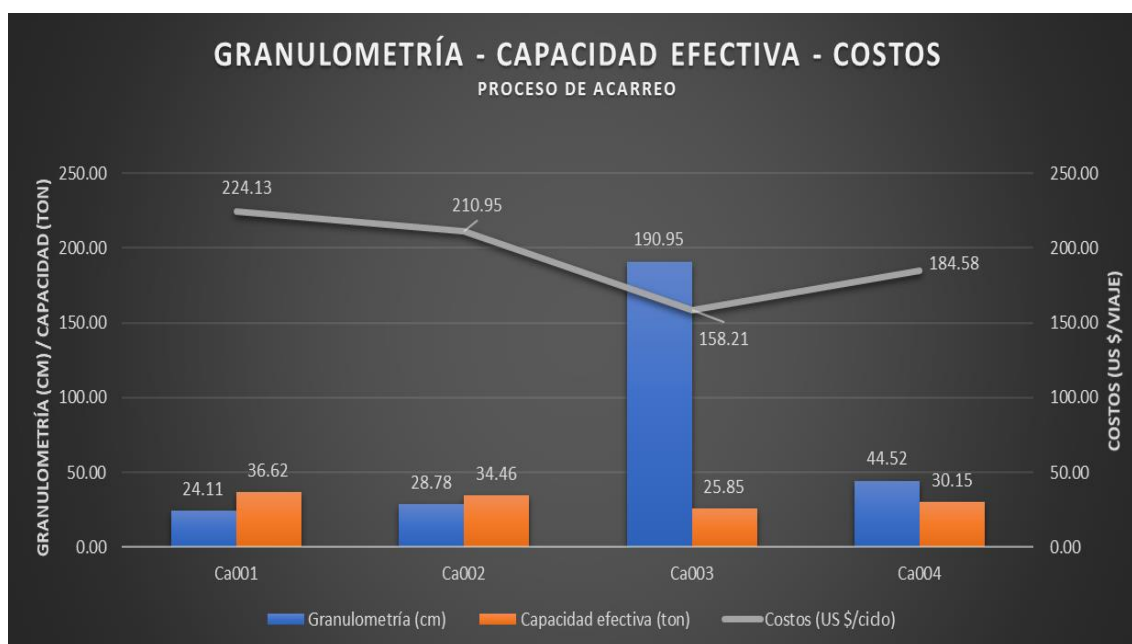


Figura 66. Resumen de granulometría, capacidad efectiva y costo asociados

Durante el análisis de la granulometría, la densidad de material, factor de esponjamiento y factor de llenado, influye directamente en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo y sus costos asociados.

La granulometría durante el estudio varía desde un rango mínimo de 24.11 cm a un máximo de 190.95 cm, considerando un promedio de granulometría de 72.09 cm, esto considera factores de llenado desde un mínimo del 60 % y un máximo del 85 %. Las granulometrías y factores de llenado consideran capacidades efectivas de equipos de acarreo en un mínimo de 36.62 toneladas y un máximo de 25.85 toneladas. Estas variabilidades en la granulometría afectarán directamente en el tonelaje transportado, considerando que a mayor granulometría (>P80) el tonelaje transportado es menor y viceversa a menor granulometría (=P80) el tonelaje transportado es mayor (óptimo). Considerando el rango de granulometría y capacidades efectivas de los equipos de acarreo, consideran costos de acarreo en una granulometría mínima de 24.11 cm, con capacidades efectivas de 36.62 toneladas y valores unitarios de 224.13 \$/ciclo, mientras que en granulometrías mayores de 190.95 cm, con capacidades efectivas de 25.85 toneladas y valores unitarios de 158.21 \$/ciclo.

Finalmente, considerando el escenario óptimo con granulometrías promedio de 26.45 cm, capacidad efectiva de 38.77 toneladas y valor unitario de 237.32 \$/ciclo, comparando con el escenario de estudio con granulometrías promedio de 72.09 cm, capacidad efectiva de 31.77 toneladas y valor unitario de 194.47 \$/ciclo, generan diferencias de valor en mejoras de 42.85 \$/ciclo.

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo de investigación realizó el análisis de los principales indicadores de rendimiento de equipos de acarreo (utilización, disponibilidad y horas efectivas), así como el tonelaje transportado de los equipos Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m³: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, pertenecientes a la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, así como el análisis granulométrico de 4 muestras de cancha de mineral, los cuales determinarán la capacidad efectiva y los costos o valorización durante el proceso de acarreo.
2. La disponibilidad programada de los equipos de acarreo es del 85 % y la ejecutada fue del 92 %, esta variabilidad en la disponibilidad está directamente relacionada a menores horas de mantenimiento por ser equipos nuevos.
3. La utilización programada de los equipos de acarreo es del 89 % y la ejecutada fue del 47.25 %, la menor utilización de los equipos de acarreo solo está relacionada al análisis de transporte de mineral, sin considerar el desmonte, por lo que se incrementaría dicho valor.
4. Las horas efectivas operacionales de equipos de acarreo programada es de 18 horas diarias, siendo el ejecutado 10.46 horas diaria. Estas menores horas efectivas asociadas a equipos de acarreo, está relacionado a las variables de utilización y disponibilidad determinadas consideradas en mineral.
5. Durante el periodo de estudio de febrero a marzo se incrementó el tonelaje transportado en 6,646.09 toneladas, con un promedio de viajes de 20 y horas efectivas operacionales de 2.02 horas. Asimismo, el incremento de tonelaje permitió un incremento en la valorización de transporte de mineral en \$ 41,286.60, considerando un precio unitario de \$ 6.12. Si bien es cierto hay una mejora en la valorización de transporte de mineral, está debería ser mucho mayor considerando la granulometría del material transportado.

6. Durante el análisis de la granulometría, la densidad de material, factor de esponjamiento y factor de llenado, influyen directamente en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo y sus costos asociados.
7. La granulometría durante el estudio varía desde un rango mínimo de 24.11 cm a un máximo de 190.95 cm, considerando un promedio de granulometría de 72.09 cm, esto considera factores de llenado desde un mínimo del 60 % y un máximo del 85 %. Las granulometrías y factores de llenado consideran capacidades efectivas de equipos de acarreo en un mínimo de 36.62 toneladas y un máximo de 25.85 toneladas.
8. Las variabilidades asociadas a la granulometría afectan directamente en el tonelaje transportado, considerando que a mayor granulometría (>P80) el tonelaje transportado es menor y viceversa a menor granulometría (=P80) el tonelaje transportado es mayor (óptimo). Considerando el rango de granulometría y capacidades efectivas de los equipos de acarreo, se consideran los costos de acarreo en una granulometría mínima de 24.11 cm, con capacidades efectivas de 36.62 toneladas y valores unitarios de 224.13 \$/ciclo, mientras que en granulometrías mayores de 190.95 cm, con capacidades efectivas de 25.85 toneladas y valores unitarios de 158.21 \$/ciclo.
9. Finalmente, considerando el escenario óptimo con granulometrías promedio de 26.45 cm, capacidad efectiva de 38.77 toneladas y valor unitario de 237.32 \$/ciclo, comparado con el escenario de estudio con granulometrías promedio de 72.09 cm, capacidad efectiva de 31.77 toneladas y valor unitario de 194.47 \$/ciclo, generan diferencias de valor en 42.85 \$/ciclo, considerando un incremento en el valor comercial o disminución de costos de acarreo, controlando la granulometría transportada.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que los cálculos asociados a la disponibilidad > al 92 %, se tomen con mucho cuidado, ya que los equipos nuevos solo se consideran disponibilidades entre 89 a 92 %.
2. Se recomienda seguir realizando estudios de granulometría para tener un mejor control del material transportado y su efecto que genera en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo.
3. Se recomienda que, para la mejora de las horas efectivas operacionales, es necesario revisar las diferentes actividades relacionadas al proceso unitario de acarreo, para determinar las pérdidas de tiempo operacional y así generar programas de optimización y reducción de costos.
4. Se recomienda realizar estudios de densidad de material y factor de esponjamiento para definir el tonelaje transportado real, por existir variabilidad geológica en el yacimiento.
5. Se recomienda realizar estudios de *machine learning* en equipos de acarreo, considerando la data asociada a periodos anteriores para generar modelos de predictibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ESCOBAR, D. Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina propuesta para mejorar su eficiencia. Tesis (Título de Ingeniero de Minas y Metalurgista). México: Universidad Nacional autónoma de México, 2017, 71 pp.
2. LIBARDO, J. Optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (limolitas, chert, margas) en la planta de cementos Argos, Toluviejo - Sucre. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2017, 94 pp.
3. CONDORI, R. Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA Servicios Mina Morococha. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2016, 174 pp.
4. APAZA, E. Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S. A. C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017.
5. APAZA, M. Optimización del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad en Cía. Minera Ares – U.O. Inmaculada. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019, 123 pp.
6. UNIDAD MINERA CHUNGAR, Mina Animón. Data del proceso de acarreo, periodo 2023.

ANEXOS

Anexo 1

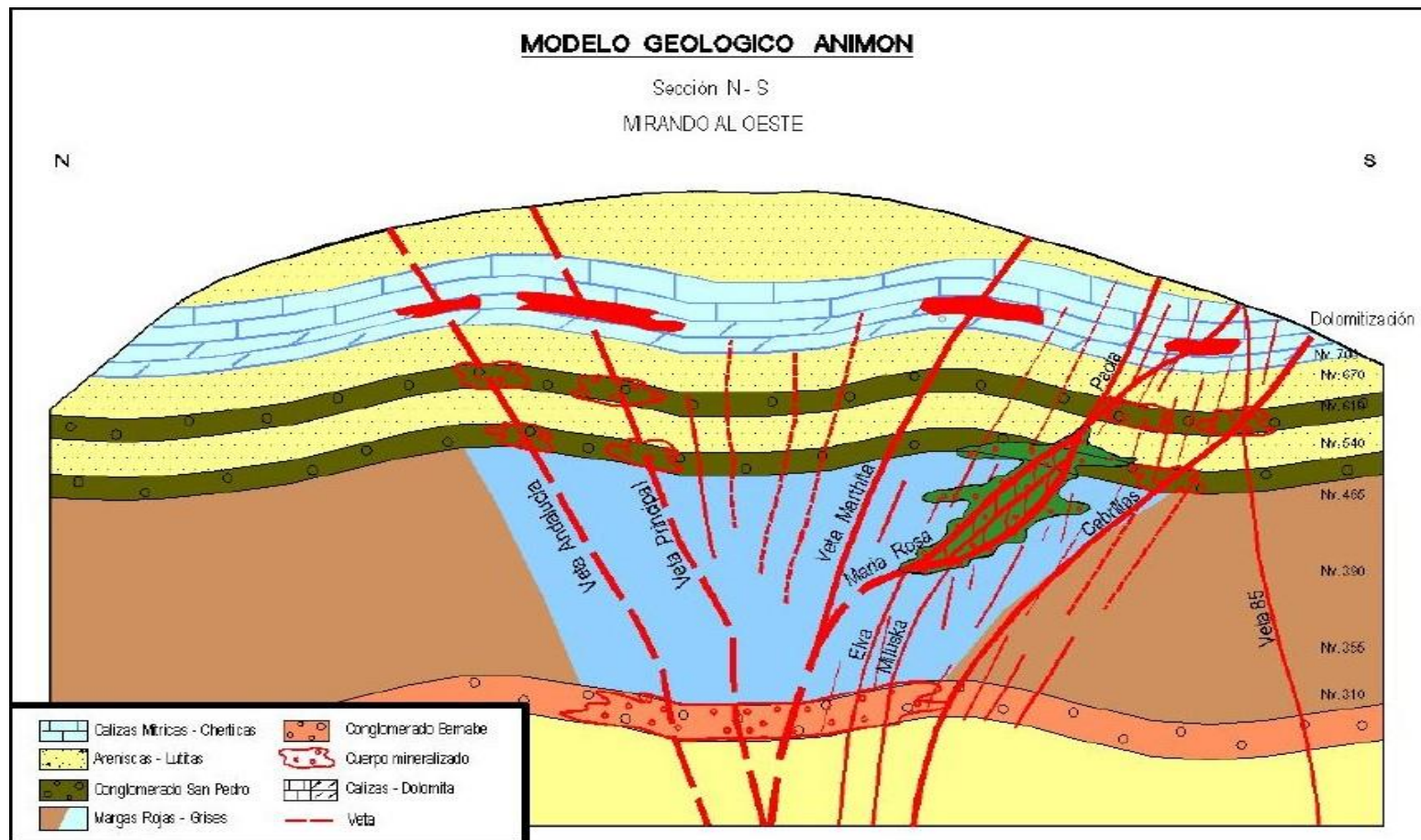
Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Reducción de costos de acarreo	Para garantizar la vida operacional de operaciones mineras es de vital importancia el control de la optimización y reducción de costos de acarreo, producto de las características del material transportado.	<ul style="list-style-type: none"> Consideraciones Geológicas Consideraciones Geomecánicas Consideraciones de Operación 	Geología Geomecánica Operación	Tipo roca, alteración hidrotermal, mineralogía, etc. Propiedades físicas de la roca. Producción, densidad, costos de acarreo, etc.
VD: Análisis de las variables operacionales de equipos de acarreo	Para optimizar el proceso unitario de acarreo es de vital importancia conocer las características del material a ser transportado, como la granulometría, la densidad, etc., para el cumplimiento de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros de operación en equipos de acarreo. Parámetros del rendimiento de equipos de acarreo 	Análisis de los parámetros para cumplimiento del material transportado Análisis de los parámetros de rendimiento de los equipos de acarreo.	Tonelaje transportado, granulometría, densidad de material, costos de acarreo, etc. Capacidad efectiva, utilización, disponibilidad y horas efectivas, etc.

Anexo 2

Planos en planta y perfil



**Figura 2. Perfil geológico de la mina Animón
Tomada del Área de Geología**

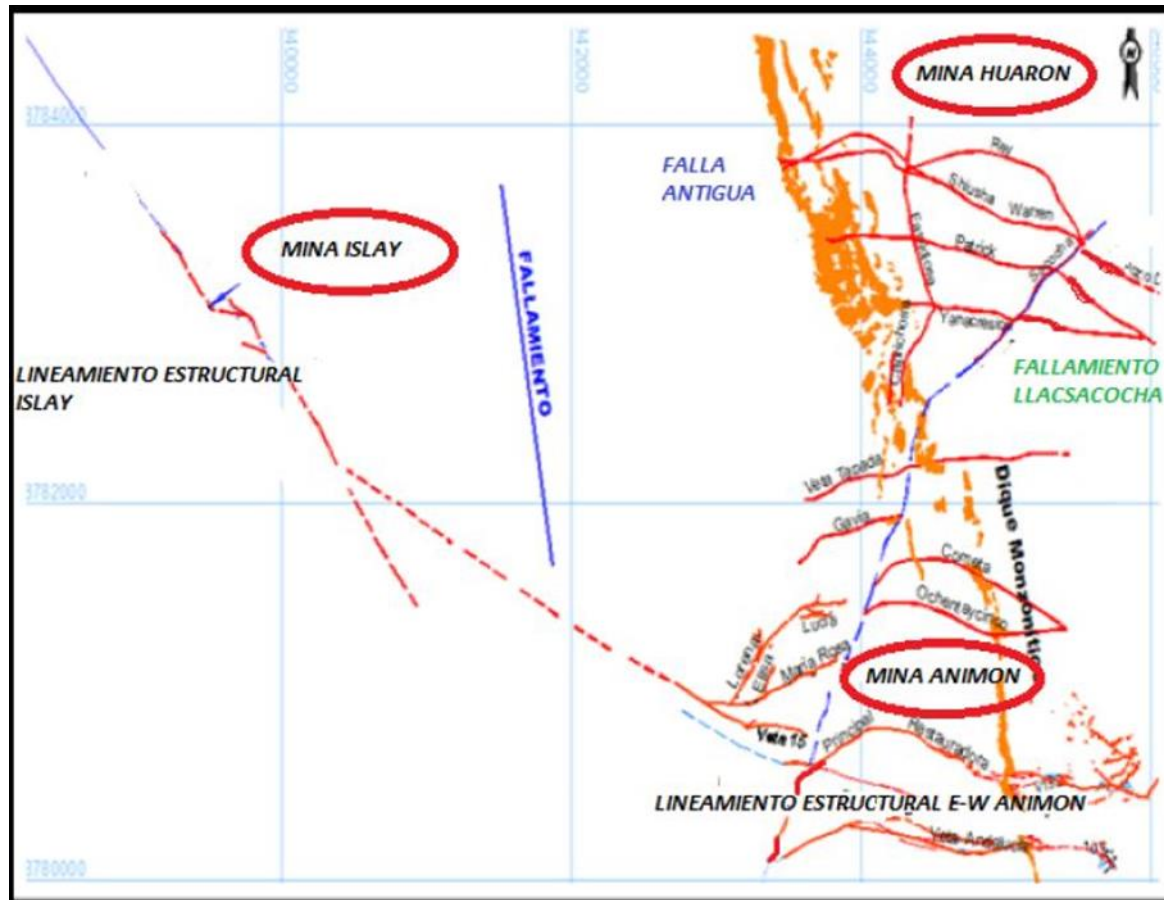
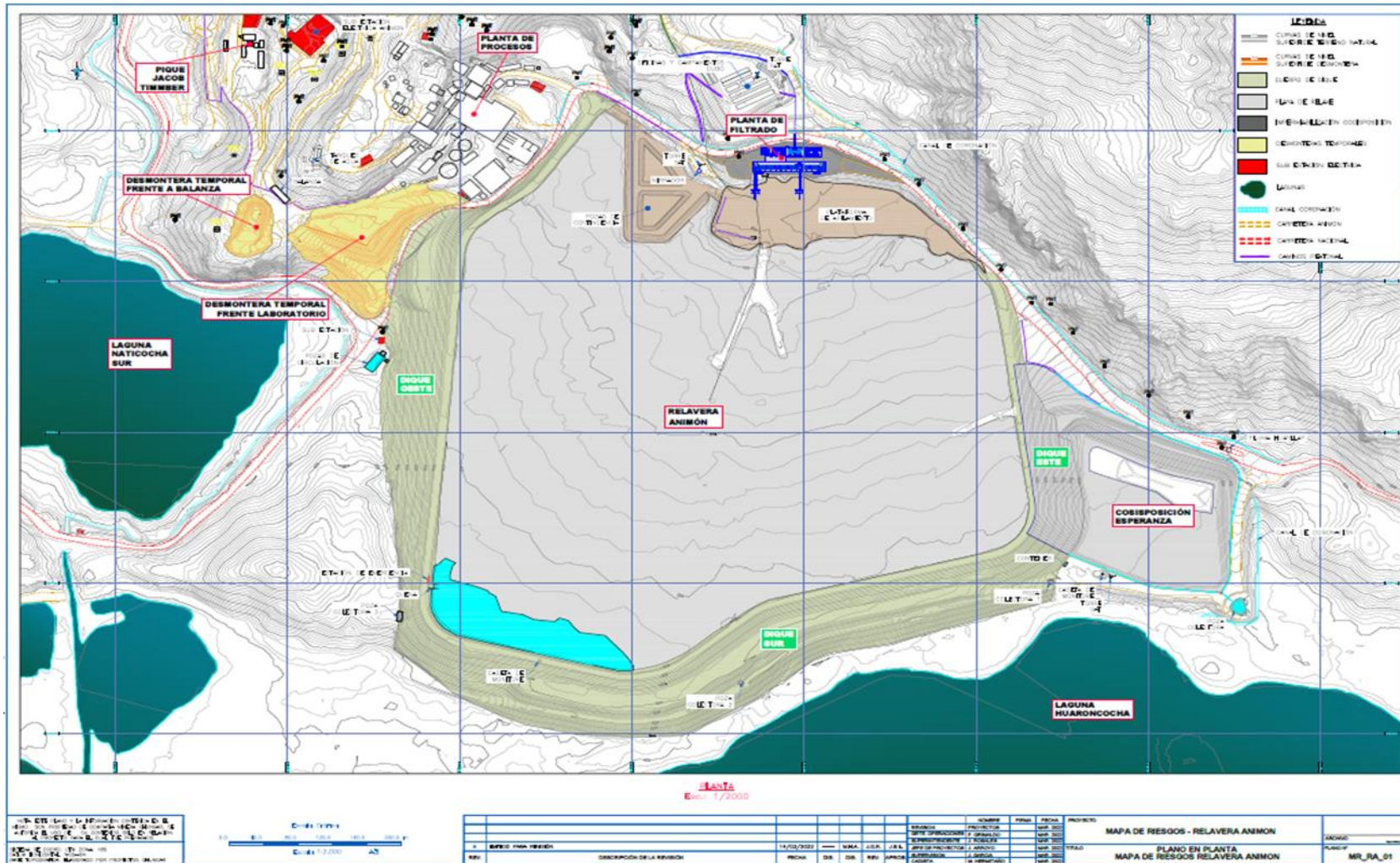
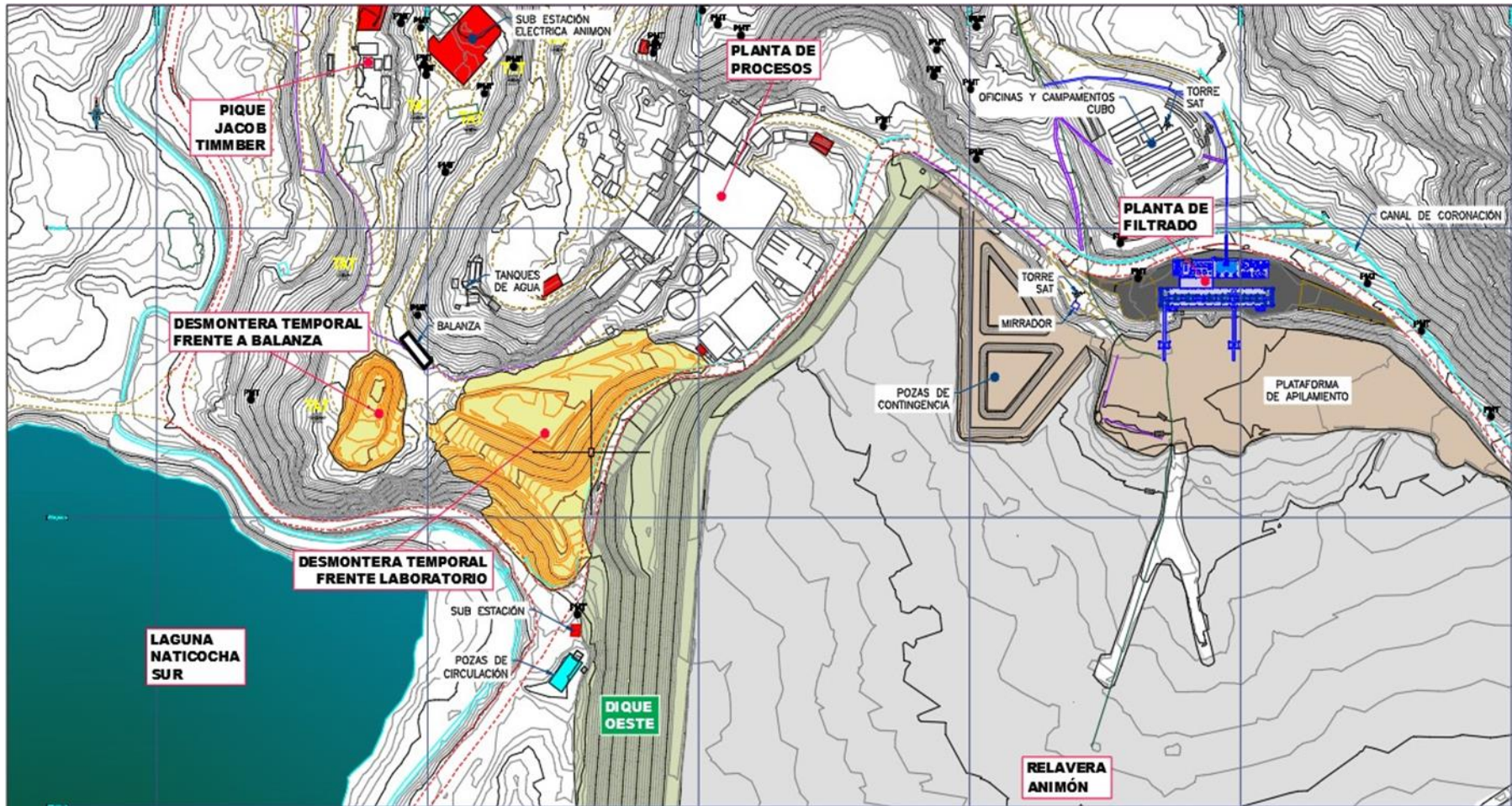


Figura 3. Lineamiento estructural de la mina Animón
Tomada del Área de Geología



**Figura 11. Componentes en superficie de mina Animón.
Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 12. Layout de acarreo pique Jacob Timber a planta, mina Animón
Tomada del Área de Planeamiento**

Anexo 3

Imágenes de cancha de mineral



Figura 17. Descarga de mineral, zona acopio planta



Figura 18. Pesaje de mineral en balanza



Figura 46. Imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero



Figura 49. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero



Figura 52. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo



Figura 55. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo