

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de factores operacionales para
el incremento de la productividad en el
sistema de carguío y acarreo en minera
Chinalco Perú S. A. - 2021**

Robert Hugo Ames Puellas
Abraham Benito Castilla Solorzano

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, quien es creador y señor del universo, quién nos dio fortaleza y salud en nuestras vidas.

En segundo lugar, agradecemos a nuestras esposas e hijos porque son el valor para seguir adelante y por el apoyo incondicional que nos brindaron durante todos estos años. También a todos nuestros maestros que nos transmitieron todos los conocimientos que adquirimos hoy en día.

Estamos seguros que las metas que nos planteamos en nuestras vidas darán sus frutos en el futuro logrando ser muy buenos profesionales con ética y valores.

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo a nuestros padres, quienes fueron el motor y guía en nuestra vida diaria, apoyándonos y guiándonos por el buen camino y culminación de nuestra vida académica.

Gracias por sus consejos y la fortaleza que nos inculcaron para sobrellevar momentos difíciles.

Gracias por los valores y principios que nos inculcaron para ser personas de bien.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema	15
1.1.1. Planteamiento del problema	15
1.1.2. Formulación del problema	16
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Justificación e importancia	17
1.3.1. Justificación social - práctica	17
1.3.2. Justificación académica	17
1.3.3. Justificación económica	17
1.4. Hipótesis de la investigación	18
1.4.1. Hipótesis general	18
1.4.2. Hipótesis específicas	18
1.5. Identificación de las variables	18
1.5.1. Variable independiente	18
1.5.2. Variables dependientes	18
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes del problema	20
2.1.1. Antecedentes internacionales	20

2.1.2. Antecedentes nacionales -----	21
2.2. Generalidades de la Unidad Minera -----	22
2.2.1. Historia -----	23
2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades -----	23
2.3. Geología general -----	27
2.3.1. Geología regional -----	27
2.3.2. Geología estructural -----	28
2.3.3. Mineralización en el distrito de Morococha -----	30
2.4. Bases teóricas del estudio -----	31
2.4.1. Especificaciones técnicas de equipos de carguío -----	31
2.4.2. Producción -----	36
2.4.3. Rendimiento de equipos de carguío. -----	40
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	52
3.1. Método y alcances de la investigación -----	52
3.1.1. Método de la investigación -----	52
3.1.2. Alcances de la investigación -----	53
3.2. Diseño de la investigación -----	53
3.2.1. Tipo de diseño de investigación -----	53
3.3. Población y muestra -----	54
3.3.1. Población -----	54
3.3.2. Muestra -----	54
3.3.3. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	54
3.3.4. Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	54
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	55
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	55
4.1.1. Análisis del tonelaje transportado -----	55
4.1.2. Análisis de los equipos de carguío periodo 2020 a 2021 -----	58
4.1.3. Análisis comparativo de los equipos de carguío periodo 2020 a 2021 -----	76
4.1.4. Análisis del rendimiento de los equipos de acarreo. -----	79
4.1.5. Análisis comparativo de los equipos de acarreo periodo 2020 a 2021 -----	97
4.1.6. Análisis de los indicadores de productividad -----	100
CONCLUSIONES -----	103

RECOMENDACIONES -----	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	107
ANEXOS-----	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables	19
Tabla 2. Accesibilidad al proyecto Toromocho	23
Tabla 3. Capacidades, pesos y dimensiones operativas	34
Tabla 4. Tonelaje transportado, durante el periodo de estudio desde octubre a diciembre del 2020 y desde enero a marzo del 2021	56
Tabla 5. Tiempo de carguío, periodo octubre del 2020	59
Tabla 6. Tiempo de carguío, periodo noviembre del 2020	62
Tabla 7. Tiempo de carguío, periodo diciembre del 2020	65
Tabla 8. Tiempo de carguío, periodo enero del 2021	68
Tabla 9. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de octubre del 2020	80
Tabla 10. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de noviembre del 2020	83
Tabla 11. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de diciembre del 2020	86
Tabla 12. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de enero del 2021	89
Tabla 13. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de febrero del 2021	92
Tabla 14. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de marzo del 2021	95
Tabla 15. Tabla de variables	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto Toromocho	26
Figura 2. Geología regional.....	27
Figura 3. Sección geológica 27W, mirando al oeste.....	30
Figura 4. Plano en planta, geología regional	110
Figura 5. Plano en planta, estructural.....	111
Figura 6. Plano en planta, alteración hidrotermal - metamórfica.....	112
Figura 7. Plano en planta, dureza de las rocas	113
Figura 8. Pala eléctrica CAT 7495 HF	114
Figura 9. Camión Caterpillar 797F	114
Figura 10. Proceso carguío, frente de operación.....	115
Figura 11. Proceso operacional, perforación, carguío y acarreo	115

RESUMEN

La presente tesis permite realizar el análisis de los factores operacionales para el incremento de la productividad en el sistema de carguío y acarreo, considerando el tonelaje cargado y acarreado, el grado de fragmentación, el *dig rate* (tasa de excavación), tiempo de carguío, tiempo de acarreo, disponibilidad y utilización para la mejora del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.

Se aplicó el método analítico porque se define la investigación bajo un alcance descriptivo - explicativo. La tesis es de un nivel preexperimental, donde se analiza e interpreta las diferentes variables operacionales relacionadas a los equipos de carguío y acarreo, con la finalidad de la mejora del rendimiento de los equipos. Se analizó e interpretó la información durante dos periodos comparativos: de octubre a diciembre del 2020 y de enero a marzo del 2021.

El tonelaje transportado durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue de 220,555.50 toneladas y durante el periodo enero a marzo del 2021 fue de 367,106.90. El incremento de toneladas transportadas fue de 146,551.40 toneladas, producto de un mejor control de la granulometría (P80) y el *dig rate* (tasa de excavación).

El tiempo de carguío se incrementó durante el periodo de estudio octubre a diciembre 2020 de 5.57 minutos a 6.05 minutos; mientras que, en el periodo enero a marzo 2021 se tuvo un incremento de 0.47 minutos. Este mayor tiempo de carguío está relacionado a un mayor *dig rate* (tasa de excavación) con un incremento de 10,341.78 t/h durante el periodo octubre a diciembre 2020 a 11,394.86 t/h durante el periodo enero a marzo 2021.

El tiempo de acarreo se incrementó durante el periodo de estudio octubre a diciembre 2020 de 33.00 minutos a 35.69 minutos; mientras que, en el periodo de enero a marzo 2021 se tuvo un incremento de 2,69 minutos. Este mayor tiempo

de acarreo está relacionado a un mayor *dig rate* (tasa de excavación) con un incremento de 10,341.78 t/h durante el periodo octubre a diciembre 2020 a 11,394.86 t/h durante el periodo enero a marzo 2021.

La disponibilidad en equipos de carguío durante la primera etapa de estudio fue del 79.57 %; mientras que, en el segundo periodo de estudio se tuvo una mejora en 85.86 % con un incremento del 6.29 %. La utilización fue del 85.94 % durante la primera etapa y de 85.05 % en la segunda etapa.

La disponibilidad en equipos de acarreo durante la primera etapa de estudio fue de 80.47 %; mientras que, en el segundo periodo de estudio se tuvo una mejora en 88.14 % con un incremento del 7.67 %.

Palabras clave: tonelaje, tiempo de carguío, tiempo de acarreo, *dig rate*, granulometría, horas efectivas, etc.

ABSTRACT

This thesis allows for the analysis of operational factors to increase productivity in the loading and hauling system, considering the loaded and hauled tonnage, the degree of fragmentation, the dig rate (excavation rate), loading time, hauling time, availability and utilization to improve the performance of the loading and hauling equipment at Minera Chinalco Perú S.A.

The analytical method was applied, defining the research under a descriptive - explanatory scope. The thesis is of a pre-experimental level, where the different operational variables related to the loading and hauling equipment are analyzed and interpreted, with the purpose of improving the performance of the equipment. The information was analyzed and interpreted during 2 comparative periods, from October to December 2020 and from January to March 2021.

The tonnage transported during the period October to December 2020 was 220,555.50 tons and during the period January to March 2021 it was 367,106.90, the increase in tons transported was 146,551.40 tons, product of better control of granulometry (P80) and the dig rate.

The charging time increased during the study period October to December 2020 from 5.57 minutes to 6.05 minutes from January to March 20201, with an increase of 0.47 minutes. This longer loading time is related to a higher dig rate (excavation rate) with an increase from 10,341.78 t/h during the period October to December 2020 to 11,394.86 t/h during the period January to March 2021.

The carrying time increased during the study period October to December 2020 from 33.00 minutes to 35.69 minutes from January to March 20201, with an increase of 2.69 minutes. This longer haul time is related to a higher dig rate (excavation rate) with an increase from 10,341.78 t/h during the period October to December 2020 to 11,394.86 t/h during the period January to March 2021.

The availability of loading equipment during the first stage of the study was 79.57 %, with an improvement in the second study period of 85.86%, with an increase of 6.29 %. Utilization was 85.94 % during the first stage and 85.05% in the second stage.

The availability in hauling equipment during the first stage of the study was 80.47 %, with an improvement in the second study period of 88.14 % with an increase of 7.67 %.

Keywords: tonnage, loading time, hauling time, dig rate, granulometry, effective hours, etc.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación permite analizar los factores operacionales para el incremento de la productividad en el sistema de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.

Se analizó e interpretó la información de los diferentes factores operacionales durante dos periodos comparativos: de octubre a diciembre del 2020 y de enero a marzo del 2022. Los principales indicadores analizados fueron: tonelaje transportado, tiempo de carguío, tiempo de acarreo, granulometría (P80), tasa de excavación, utilización, disponibilidad y horas efectivas.

En el primer periodo de octubre a diciembre del 2020 se analizará los diferentes indicadores operacionales descritos, considerando el tonelaje transportado, asociado al tiempo de carguío, tiempo de acarreo, granulometría (P80), dig rate (tasa de excavación), disponibilidad y utilización.

Para el segundo periodo de enero a marzo, de acuerdo con los resultados obtenidos, se corregirán algunos aspectos a mejorar durante el segundo periodo como controlar o disminuir el grado de fragmentación para incrementar la tasa de excavación y por ende el tonelaje transportado. Asimismo, realizar mejoras en el mantenimiento preventivo y minimizar el mantenimiento correctivo para la mejora de las horas efectivas operacionales generando como resultado la mejora del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.

La mejora del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo será comparada entre ambos periodos, para así contrastar la hipótesis general y específicas en la mejora del rendimiento planteadas en el presente estudio.

El desarrollo de la presente tesis está asociada al tema de forma y tema de fondo considerando los siguientes capítulos: Capítulo 1, planteamiento del estudio; Capítulo 2, marco teórico; Capítulo 3, metodología de la investigación y Capítulo 4, resultados y discusión.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Controlar la estructura de costos en el ciclo de minado en operaciones mineras superficiales es de vital importancia, siendo las etapas de carguío y acarreo los que generan una incidencia importante en la estructura de costos. Por tal motivo, es de vital importancia controlar el rendimiento de los equipos asociadas a estas etapas operacionales considerando la disponibilidad, utilización y tiempo efectivo operacional.

Uno de los aspectos más relevantes en el ciclo de minado es ver la importancia de los resultados de la voladura en diferentes frentes operacionales de acuerdo a sus dominios geomecánicos que debe considerar el grado de fragmentación post voladura y su influencia en los equipos de carguío y acarreo.

Una buena voladura implica controlar el grado de fragmentación (P80) solicitado por planta concentradora, por lo que es de vital importancia un conocimiento adecuado de la variabilidad geológica presente en el yacimiento. Esta variabilidad geológica permitirá identificar diferentes dominios geomecánicos asociados a su alteración hidrotermal o metasomática presente, considerando que el yacimiento está asociado a un modelo tipo pórfido y skarn de Cu-Mo-Ag.

La importancia de definir los diferentes dominios geológicos y geomecánicos, así mismo conocer los modelos geometalúrgicos permitirá definir diferentes mallas de

perforación y voladura, que a su vez permitirán controlar el grado de fragmentación requerido por planta concentradora.

El control de la granulometría post voladura es de vital importancia por su incidencia en la etapa de conminución porque generará mayor consumo de energía y menor tonelaje procesado.

Finalmente, el control del grado de fragmentación post voladura incide directamente en la tasa de excavación de los equipos de carguío; por lo tanto, en el tonelaje transportado hacia los puntos de descarga, chancadora, zona de acopio y desmontera.

1.1.2. Formulación del problema

a) Problema general

¿Cómo mejorar la productividad en el sistema de carguío y acarreo mediante el análisis de factores operacionales en minera Chinalco Perú S. A.?

b) Problemas específicos

a) ¿Cómo relacionar las variables de tiempo de carguío y acarreo con el grado de fragmentación y *dig rate* en la mejora de la productividad en los equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.?

b) ¿Cómo relacionar el tonelaje transportado con el *dig rate* y grado de fragmentación en la mejora de la productividad en los equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Mejorar la productividad en el sistema de carguío y acarreo mediante el análisis de factores operacionales en minera Chinalco Perú S. A.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Relacionar las variables de tiempo de carguío y acarreo con el grado de fragmentación y *dig rate* en la mejora de la productividad en los equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.
- b) Relacionar el tonelaje transportado con el *dig rate* y grado de fragmentación en la mejora de la productividad en los equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

La presente tesis involucra el análisis de las variables operacionales para el incremento de la productividad en el sistema de carguío y acarreo en minera Chinalco, cuyos resultados positivos permiten optimizar los procesos unitarios y disminuir los costos operacionales.

Esta mejora, generará una interrelación social con las comunidades implementando mejora en los proyectos de inversión social y entablando una mejor relación con las comunidades.

1.3.2. Justificación académica

La aplicación de diferentes herramientas numéricas y de análisis de información permite el desarrollo del presente trabajo de investigación siendo los resultados de mejora en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.

La mejora del rendimiento de equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco permitirá el uso de los resultados obtenidos como una herramienta de análisis para estudios similares en la industria minera.

1.3.3. Justificación económica

Los resultados positivos obtenidos en el presente trabajo de investigación permitirán una mejora en la rentabilidad económica, por lo que el análisis de las variables operacionales logrará mejorar la productividad en equipos de carguío y acarreo.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

El análisis de los factores operacionales influye en la mejora de la productividad en el sistema de carguío y acarreo de minera Chinalco Perú S. A.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al relacionar las variables de tiempo de carguío y acarreo con el grado de fragmentación y *dig rate* influye positivamente en la mejora de la productividad en los equipos de carguío y acarreo en Minera Chinalco Perú S. A.

- b) Al relacionar el tonelaje transportado con el *dig rate* y grado de fragmentación influye positivamente en la mejora de la productividad en los equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

- Mejora de la productividad en equipos de carguío y acarreo.

1.5.2. Variables dependientes

- Variables operacionales en equipos de carguío y acarreo (tonelaje transportado, tiempo de carguío y acarreo, *dig rate* (tasa de excavación), grado de fragmentación (P80), etc.

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Productividad en equipos de carguío y acarreo	La productividad en equipos de carguío y acarreo, define el rendimiento operacional en cada proceso unitario, relacionado con la unidad de tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> • Dominios geológicos • Dominios geomecánicos • Variables Operacionales 	Variables geológicas Variables geomecánicas Productividad	Ley de mineral, litología, alteración hidrotermal, etc. Propiedades del macizo rocoso Disponibilidad, utilización, horas efectivas.
VD: Equipos de carguío y acarreo	Definir el rendimiento de equipos de está asociado a diferentes variables operacionales, que inciden en el uso de los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> • Cargadores frontales. • Palas Eléctricas • Camiones Caterpillar y Komatsu 	Tiempos efectivos operacionales, toneladas transportadas, P80, Dig rate.	<u>Categoría:</u> Producción Mantenimiento. Reservas Demoras operativas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

- Tesis titulada: «*Mejoramiento de las prácticas operacionales mediante el uso de un modelo de gestión*» de la Universidad de Chile. El trabajo de investigación busca identificar los factores y prácticas operacionales de mayor incidencia en el rendimiento de camiones y palas en minera Escondida, mediante un nuevo modelo de gestión. Se realizó el análisis en un periodo de 613 días de medición, Se pudo probar que, en la medida en que el operador completa más circuitos por turno, el tiempo de posicionamiento tiende a ser menor. Por lo tanto, se utilizó un límite operacional, en función del número de circuitos por turno, que caracteriza a los tiempos de posicionamiento demasiado altos como fallas operacionales. Finalmente se recomienda utilizar el modelo para más variables productivas, agregar variables de daño de equipo que inciden en los costos y considerar el uso de simuladores para una línea base de operación más detallada (1).

- Tesis titulada: «*Selección y asignación de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto por medio de una metodología de simulación y optimización*» de la Universidad de Chile. El trabajo desarrollado busca orientar la asignación de equipos y la generación de planes de producción. Mediante la incorporación de un modelo de simulación,

junto con una metodología de asignación de equipos. Entre los principales resultados obtenidos se encuentra que, para el ejercicio de equipos variados, se logra una mejora, respecto del caso sin aplicar la metodología, del 83% al 99% en la extracción total y en el caso de equipos fijos no es posible superar el 86% del plan base (2).

- Tesis titulada: «*Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción Gerencia Mina, División Ministro Hales Codelco Chile*» de la Universidad de Chile. El objetivo del presente trabajo de investigación es la implementación de planes de acción tendientes a subir las horas efectivas de uso de la flota de camiones mineros de alto tonelaje. Los planes de acción implementados permitieron aumentar la disponibilidad y confiabilidad de la flota de transporte, lo que se tradujo en una disminución de los tiempos asociados a demoras operacionales y por consiguiente un aumento de las horas efectivas de uso. Así mismo, se consiguió mejorar la velocidad de los camiones de alto tonelaje y aumentar el factor de carga, lo que permitió incrementar la productividad de la flota de transporte con la consiguiente reducción del costo de mina (3).

2.1.2. Antecedentes nacionales

- Tesis titulada: «*Análisis de las variables operacionales para el mejoramiento de la producción en equipos de carguío en minera Chinalco Perú S. A.*» de la Universidad Continental. El objetivo de la investigación es analizar las variables operacionales para la mejora de la producción en los equipos de carguío, como cargadores y palas eléctricas, evaluando analíticamente variables de disponibilidad mecánica y utilización, considerando el análisis de las diferentes actividades asociadas al rendimiento de los equipos mediante la herramienta de Pareto de la minera Chinalco Perú S.A. La mejora de la producción en 2 % fue producto de la mejora de la disponibilidad mecánica de 83.81 % a 85.36 % y de la utilización de 66.15 % a 78.46 %. Esta mejora en el rendimiento permitió el análisis de las diferentes actividades identificadas mediante Pareto los que

consideran principalmente: falta de operador, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, cambio de turno, etc. (4).

- Tesis titulada: «*Análisis de los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en Compañía Minera Kolpa S. A. – 2021*» de la universidad Continental. El objetivo de la investigación es analizar los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en la Compañía Minera Kolpa S. A. El rendimiento de los equipos de carguío y acarreo fueron de 21.01 m³/h y 21.23 m³/h respectivamente. El consumo de combustible en equipos de carguío tiene un promedio real del 3.10 gal/h, donde el objetivo es de 3.03 gal/h con un ahorro de 0.07 gal/h y el consumo promedio de combustible en equipos de acarreo fueron de del 2.70 gal/h, siendo el objetivo de 4.00 gal/h, obteniendo un ahorro de 1.3 gal/h (5).
- Tesis titulada: «*Evaluación técnica económica en el sistema de transporte y acarreo de talco para la reducción de costos en la UEA Jesús Poderoso N.º8 de Compañía Minera Agregados Calcáreos S. A.*» de la universidad Continental. El objetivo de la investigación fue desarrollar una metodología que permita mejorar la productividad incorporando una mejora en la gestión en las operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la Compañía Minera Agregados Calcáreos. Los resultados generados durante la nueva simulación para la elección del nuevo equipo de carguío y transporte se consideró una excavadora de 4.6 m³ de capacidad de balde y un equipo de transporte de 11.54 m³ de capacidad, considerando tres pases para su llenado, generando menor tiempo de llenado y un mayor ciclo de transporte de mineral y desmonte, reduciendo significativamente los costos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la Compañía Minera Agregados Calcáreos S. A. (6).

2.2. Generalidades de la Unidad Minera

2.2.1. Historia

El proyecto minero Toromocho ha sido reconocida por muchos años, por lo que es objeto de diversos estudios por diferentes empresas nacionales e internacionales. La gran magnitud de mineralización asociada a sistemas pórpidos de Cu (Mo, Ag) despertaron gran interés por diferentes empresas transnacionales, siendo realizado los estudios definitivos durante la última década pudiendo controlar los contaminantes asociados al yacimiento y proyectando niveles de producción alto, para el cumplimiento de los planes de minado. Los recursos asociados representan más allá de los 1,000 MTM con ley equivalente de Cu@0.47 % de cobre, Mo@0.03 % de Mo y Ag@12 g.

Actualmente, el proyecto viene siendo explotado por minera Chinalco Perú S. A. a un ritmo de producción superior a 100 ktp, considerando un Cut Off de Cu@0.5%.

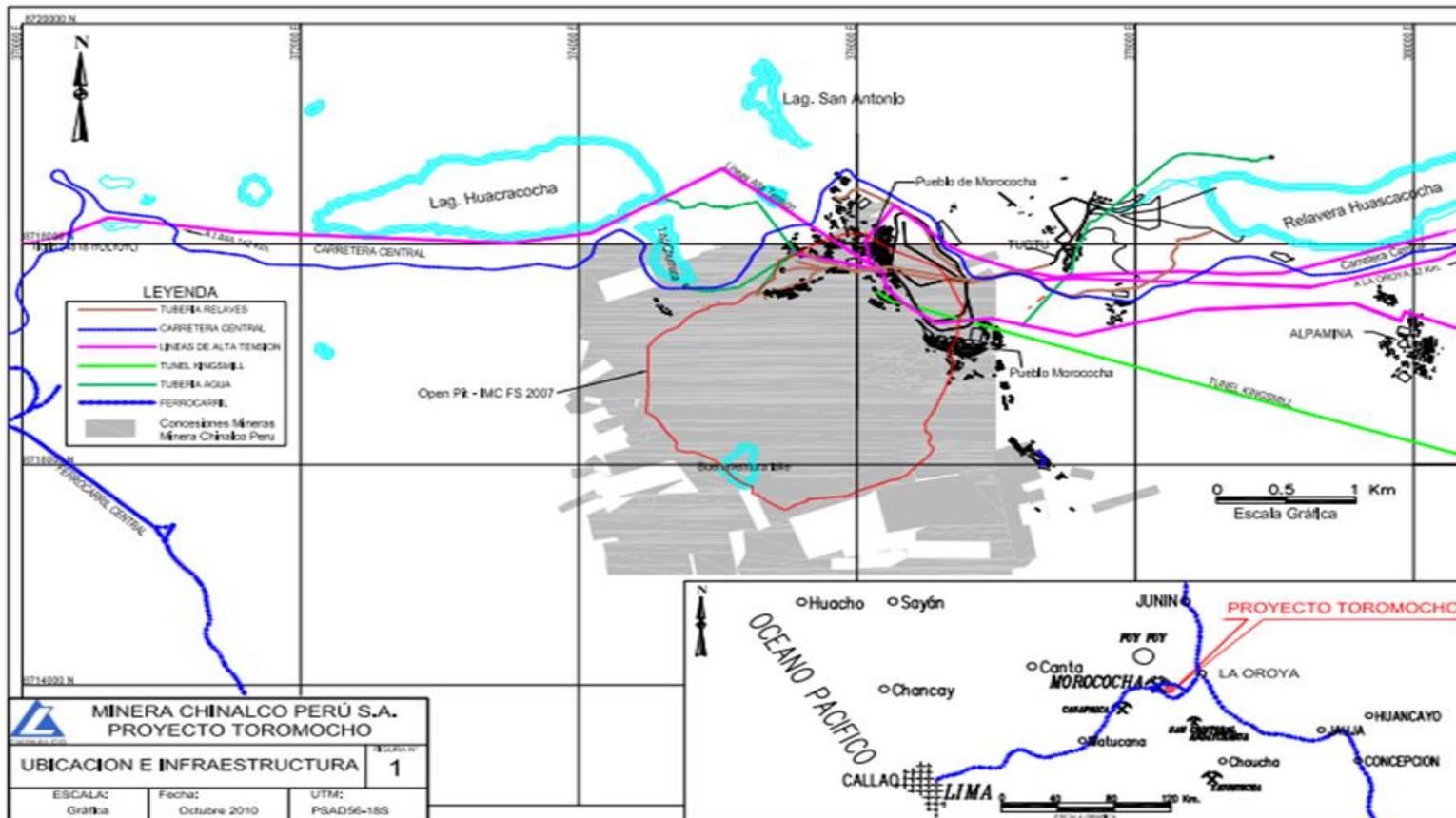
2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades

El proyecto Toromocho, pertenece a los distritos de Morococha y Yauli, provincia de Yauli y departamento de Junín, a una altura entre los 4300 a 5000 m s. n. m., con coordenadas UTM de: 8716 800 N y 376 600 E, perteneciente a los andes centrales.

Tabla 2. Accesibilidad al proyecto Toromocho

Tramo - Ruta	Distancia - Kilómetros
Lima por la carretera Central asfaltada	142 km
Lima por ferrocarril Central	173 km

Tomada del departamento de Geología



**Figura 1. Ubicación del proyecto Toromocho
Tomada del departamento de Geología**

2.3. Geología general

2.3.1. Geología regional

La litología está asociada a rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e ígneas, asociadas a la mineralización presente en el distrito minero.

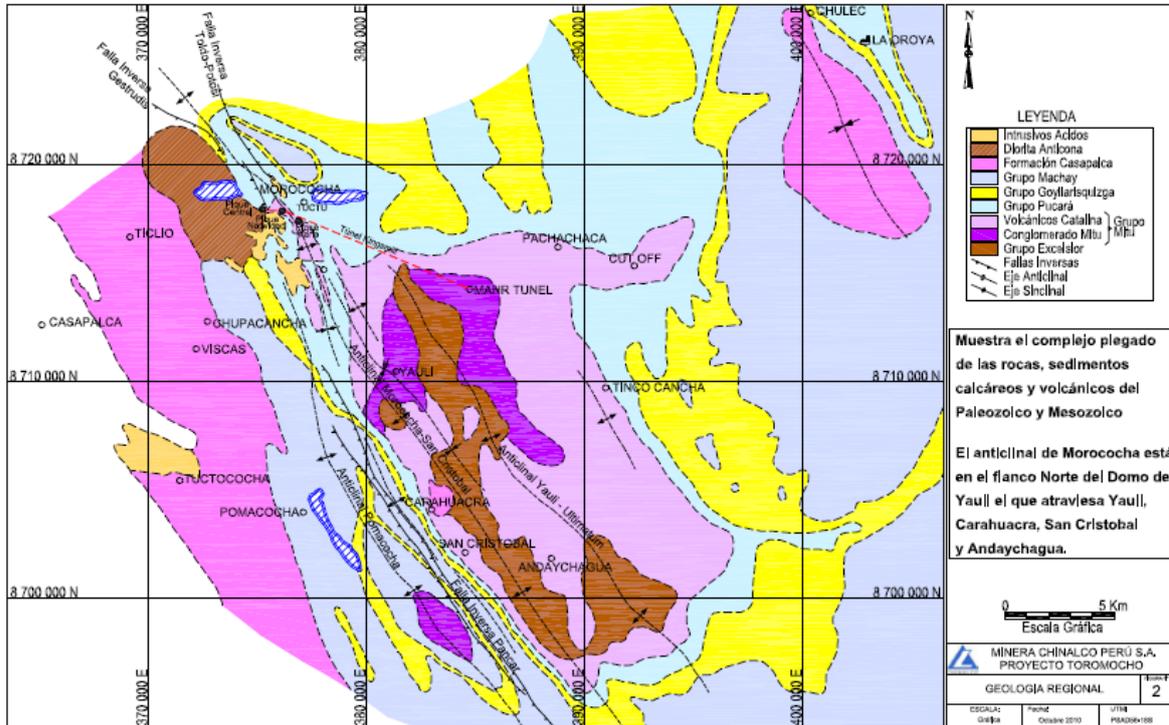


Figura 2. Geología regional
Tomada del departamento de Geología

a) Grupo Excelsior

Está compuesta por lutitas y filitas, calizas subordinadas y flujos de lava, pertenecientes al devónico (F. Megard, 1978). Asociado principalmente la parte central del domo de Yauli, con una potencia de 1800 metros en Tarma (J.V. Harrison, 1948). Perteneciente a la edad del devónico.

b) Grupo Mitu

Compuesta principalmente por rocas volcánicas de composición andesítica y dacítica, ubicadas en el núcleo de los anticlinales de Yauli y Morococha, con una altura promedio de 1700 metros y considerado de una edad del pérmico. Hospedan estructuras mineralizadas de Cu, Ag, Pb y Zn.

c) Grupo Pucará

Asociado principalmente a rocas sedimentarias, compuestas por calizas de diferentes potencias, lutitas, areniscas y cherts con potencias menores. Se distribuye en 3 formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga, con potencias entre 600 metros a 2900 metros. Se le considera una edad del Triásico – Jurásico. Es considerado un metalotecto para hospedar mineralización importante de mineralización de Pb y Ag.

d) Grupo Goyllarisquizga

Relacionado a rocas sedimentarias tipo conglomerado, areniscas y lutitas roja, así mismo interestratificadas por cuarcitas de 6 a 12 metros de espesor, considerando una edad del Cretácico Inferior.

e) Grupo Machay

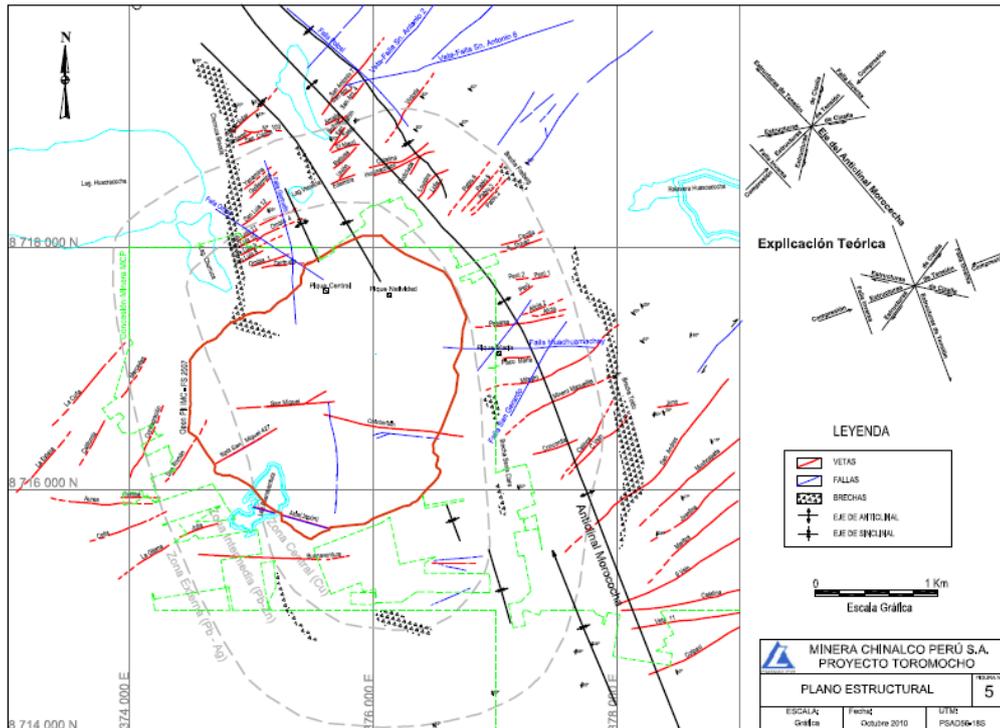
Representado principalmente por calizas gris masiva y en la parte inferior con restos fósiles, asociado al Cretácico Superior.

f) Actividad ígnea

La actividad ígnea compuesta principalmente por intrusiones de dioritas, granodioritas, pórfido cuarcífero, pórfido dacítico, pórfido feldespático, así como rocas volcánicas tipo andesita y andesita, los cuales intruyeron en el área de proyecto generando diferentes estructuras mineralizadas y los modelos geológicos tipo pórfido y skarn, asociados al terciario.

2.3.2. Geología estructural

Asociado principalmente al domo de Yauli con N35°W de rumbo y 30 kilómetros de extensión, asimismo se asocia el anticlinal de Morococha, con rumbo de N20°W, asociados al rumbo andino.



**Figura 3. Plano estructural
Tomada del departamento de Geología**

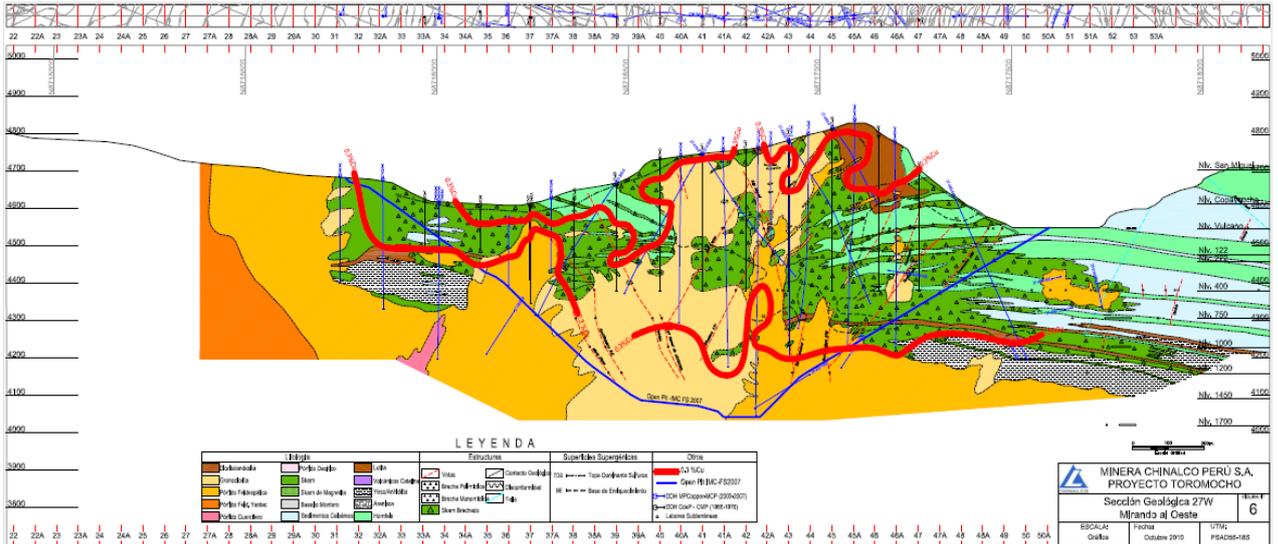
a) Fallamiento

Se reconoce 3 etapas de plegamiento, asociada a la cordillera de los Andes del Perú. El plegamiento de mayor intensidad está asociada al periodo Incaico, durante el terciario inferior, seguido por una actividad ígnea asociada al periodo Quechua, durante el terciario medio (diorita Anticona).

El anticlinal Morococha, asociado al periodo Incaico, generó más intrusiones de granodiorita, pórfido cuarcífero y pórfido feldespático, finalizando con la intrusión del dique de pórfido dacítico, presente en la zona sur del distrito.

b) Brechas hidrotermales

Presentes en las zonas de falla inversa, así como en la discontinuidad entre la caliza y volcánico Catalina, y en los contactos de los intrusivos Morococha. Son brechas tardías y piriticas, asociados a un origen sedimentario. Asociadas a brechas polimícticas y monomícticas.



**Figura 3. Sección geológica 27W, mirando al oeste
Tomada del departamento de Geología**

2.3.3. Mineralización en el distrito de Morococha

La presencia de diferentes estructuras mineralizadas en el proyecto Toromocho está asociado a sistemas tipo pórfido de Cu,Mo y sistemas skarn polimetálicos.

a) Estructuras tipo vetas

Asociada estructuralmente a la falla Huachuamachay mediante fracturas de tensión. Las estructuras mineralizadas menos profundas, con potencias y leyes irregulares, han sido asociadas a las zonas de *skarn* y *hornfels*

b) Estructuras tipo manto

Asociados principalmente a la zona externa de la mineralización tipo *skarn*, considerado como *exoskarn* en calizas marmolizadas. El manto Ombla es el más representativo con un afloramiento de 850 m y buzamiento entre 20 a 60°.

c) Zona *skarn* - cuerpos mineralizados

Cuerpos ubicados en el contacto litológico de los intrusivos San Francisco y Gertrudis con rocas sedimentarias (calizas del grupo Pucará), formando minerales calcosilicatados y mineralización diseminada.

d) Zona pórfido - disseminaciones

Mineralización disseminada y *stockwork* de Cu, Mo, Ag asociada principalmente a sistemas pórfido. Las alteraciones hidrotermales presentes en el proyecto Toromocho son las alteraciones potásicas, fílicas, propilíticas y argílicas, asociado principalmente al pórfido feldespático y granodiorítico.

La mineralización presente en el proyecto Toromocho está asociada a los modelos geológicos tipo pórfido de Cu, Mo y Ag en un enrejado de vetillas tipo *stockwork*, con una intensa alteración hidrotermal tipo potásica, fílica y propilítica. La mineralización está asociada principalmente al pórfido feldespático y la granodiorita.

2.4. Bases teóricas del estudio

En el presente trabajo de investigación se analizó los diferentes factores operacionales para el incremento de la productividad en el sistema de carguío y acarreo en la unidad minera.

El cumplimiento de la producción estará relacionada a los equipos de carguío: Pala CAT 7495 de 109 toneladas de capacidad de balde y camiones CAT 797F de 364 toneladas de capacidad nominal.

2.4.1. Especificaciones técnicas de equipos de carguío

Los equipos de carguío para el análisis en el presente trabajo de investigación son el cargador frontal CD-101 y CD-103: pala CAT PL001, PL002, PL003 y camiones Caterpillar 797F y camiones Komatsu 980E.

a) Equipos de acarreo - camiones Caterpillar CAT 797 F

La unidad minera cuenta con equipos Caterpillar 797F de 364 toneladas de capacidad nominal, con un peso bruto nominal de la máquina de 623,690 kg y de una potencia bruta SAE de 2983 kW.



ESPECIFICACIONES PRINCIPALES

Carga útil nominal

364 t

Peso bruto nominal de la máquina

623690 kg

Potencia bruta: SAE J1995

2983 kW

*Figura 7. Camión Caterpillar 797F
Tomada de FUCHENG® has advanced R&D technology*

b) Equipos de acarreo - camiones Komatsu 980E

La unidad minera también cuenta con equipos Komatsu 980E de 363 toneladas de capacidad nominal, con un peso bruto nominal de 265 toneladas y de un rendimiento de motor de 2610 kW.



Especificaciones



Peso	265 t	Neumáticos estándar	59/80R63
Capacidad de la cuchara bivalva	250 m ³	Carga útil	363 t
Dirección	VL	Longitud de transporte	15.72 m
Anchura transporte	10.01 m	Altura de transporte	8 m
Velocidad	64 km/h	Radio de torneado exterior	15.9 m
Altura de carga	7.09 m	Fabr. del motor	Komatsu
Modelo de motor	SSDA18V170	Rendimiento de motor	2610 kW
N° de cilindros	18	Nivel de emisión	Tier IV
Medidas l x a x x	###	Cilindrada	###
Revoluciones	###	Par máximo	###
cilindro Diámetro x carrera	###		

Modelo base con cabina Rops y equipo estándar

**Figura 8. Camión Komatsu 980E
Tomada de Focor**

c) Equipos de carguío - cargador frontal – modelo LT2350

Los equipos en evaluación en el presente trabajo fueron los cargadores frontales CD101 y CD102, modelos Letourneau de P&H, de 40.52 m³ de capacidad de balde.



**Figura 9. Cargador frontal – modelo LT2350 – P&H
Tomada del departamento de Planeamiento**

Tabla 3. Capacidades, pesos y dimensiones operativas

	Levante estándar		Levante alto	
Capacidad del balde*	40.52 m ³	53 yardas ³	38.23 m ³	50 yardas ³
Carga útil operacional	72,574 kg	160,000 libras	68039 kg	150,000 libras
Cargas límite de equilibrio estático:				
Recto	184,300 kg	406,300 libras	164,200 kg	362,000 libras
Giro completo de 42°	172,100 kg	379,400 libras	153,300 kg	338,000 libras
Fuerza de rompimiento	1173 kN	263,702 libras	1290 kN	289,900 libras
Peso de operación	266,622 kg	587,00 libras	272,065 kg	599,800 libras

*Balde para roca estándar basado en una densidad de material de 1780 kg/m³ (3000 libras/yard³)
Consulte la hoja de especificaciones de L-2350 para ver los valores de levante super altos.

Motor diésel	1715 kW	2300HP
Sistema de carga útil:		
Estándar	72,574 kg	160,000 libras
Levante alto	68,039 kg	150,000 libras
Capacidad del balde	Tamaño según densidad del material	
Camión correspondiente	de 290 a más de 363 tm	de 320 a más de 400 te

Tomada del departamento de Planeamiento

d) Equipos de carguío - palas eléctricas CAT – modelo 7495 HF

Los equipos de carguío usados en la operación son las palas eléctricas PL01, PL02 y PL03 de modelos Caterpillar 7495, de capacidad útil de balde de 109 toneladas.



***Figura 10. Palas eléctricas CAT – Modelo 7495 HF
Tomada del departamento de Planeamiento***

Tabla 4. Especificaciones técnicas de pala de cuerda eléctrica Caterpillar 7495 HF

Carga útil del balde

109 t

Capacidad del balde

30,6 a 62,7 m³ (40 a 82 yd³)

Peso de trabajo con balde y varillajes estándares

1431064 kg

Tomada de Cat.com

2.4.2. Producción

La producción asociada al proyecto Toromocho está relacionado a un tipo de yacimientos tipo pórfido y *skarn* de Cu, Ag y Mo. La producción diaria es de 165 ktp, con leyes promedio de Cu@ 0.54 %, Ag@ 7.65 ppm y Mo@ 170 ppm.

La alimentación corresponde a diferentes litologías y alteraciones, las zonas asociadas a sistemas pórfidos están representados por: alteración potásica que corresponde al 45.9 % y la alteración fílica representa 2.8 %, representando un total de 48.7 % del total enviado a planta. Las zonas asociadas a sistemas tipo *skarn* son: la alteración de *skarn* de magnesio representa el 22.4 %, la alteración de *skarn* de actinolita representa el 10.3 % y la alteración tipo *hornfels* representando el 18.5 %.

El total de alimentación en chancadora representa el 48.7 % a sistemas pórfido y el 51.3% a la zona tipo *skarn*.

La dureza del mineral producida considera desde suaves a medianamente duras en ambientes tipo *skarn* (alteración actinolita tremolita, *hornfels*, etc) y de dureza fuerte en ambientes tipo pórfido (alteración potásica).

Tabla 5. Producción de mineral diaria – Chancadora (Leyes)

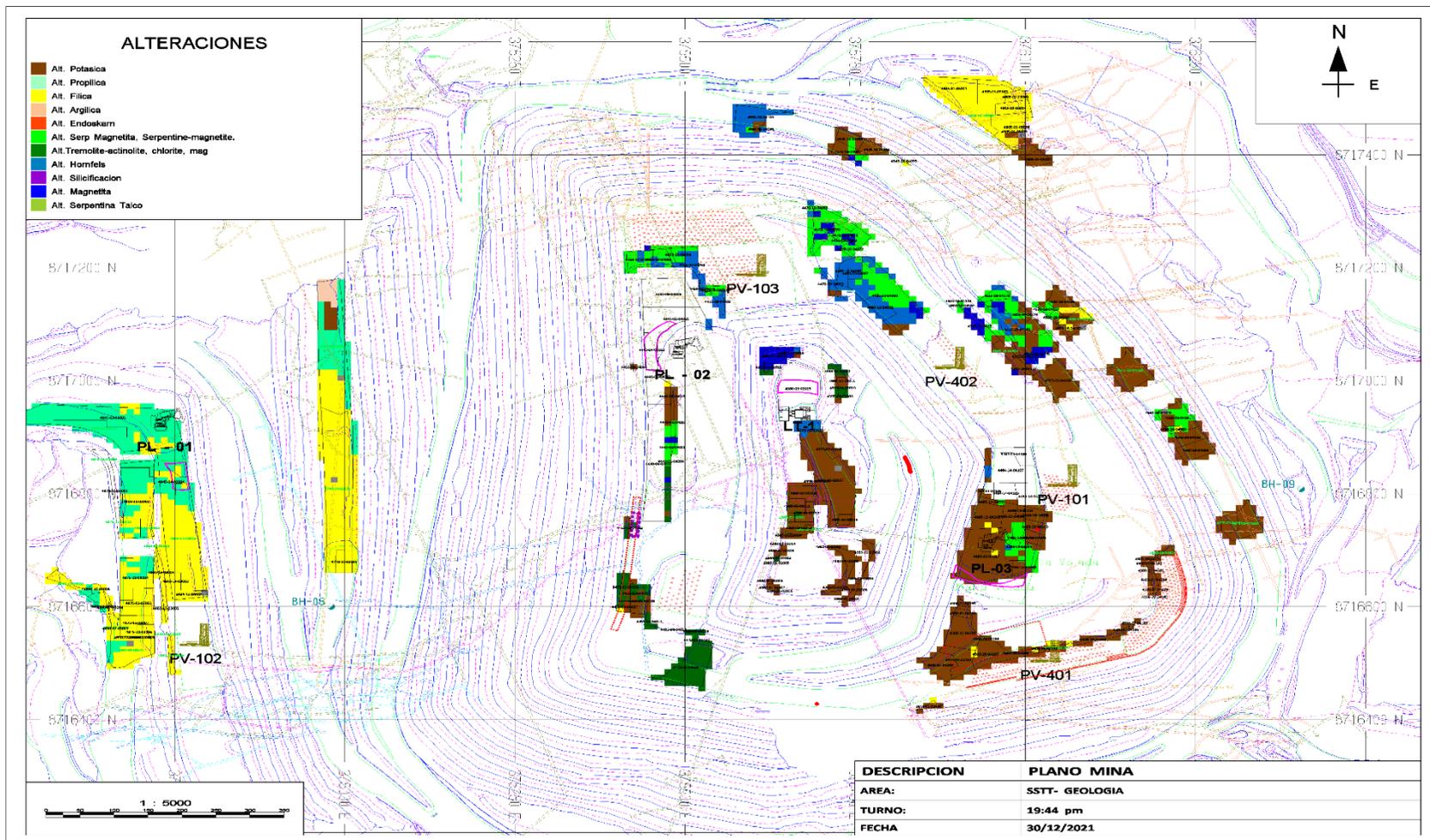
PERIODO	PRODUCCIÓN (MINERAL A CHANCADORA - POR MINERAL)												
	Toneladas	TCU	AG	AS	ZN	FE	HARD	BI	MGO	MO	FLUOR	RTOX	XRD - Talco
1	165,000	0.67	12.60	0.06	0.12	7.32	2.95	21.30	7.69	0.022	2,780	● 10.32	3.66%
2	165,000	0.70	5.97	0.01	0.07	8.53	2.74	17.96	10.53	0.036	3,640	● 10.42	4.03%
3	155,000	0.55	6.53	0.02	0.13	7.79	3.03	19.72	7.98	0.014	3,174	● 9.91	2.35%
4	155,000	0.55	8.59	0.02	0.13	9.74	3.11	21.06	8.84	0.012	3,234	● 8.11	3.08%
5	160,000	0.42	5.62	0.02	0.12	6.46	3.15	20.11	8.84	0.011	2,740	● 8.19	2.30%
6	155,000	0.42	7.75	0.02	0.22	6.95	3.04	19.27	10.62	0.007	3,107	● 7.92	1.72%
7	155,000	0.44	6.34	0.02	0.16	7.59	2.72	17.45	10.57	0.015	3,238	● 9.96	2.55%
TOTAL	1,110,000	0.54	7.65	0.02	0.14	7.77	2.96	19.56	9.29	0.017	3,130	● 9.28	2.83%

Tomada del departamento de Planeamiento

Tabla 6. Producción de mineral diaria – Chancadora (Tipo de alteración)

	PRODUCCIÓN (MINERAL A CHANCADORA - POR LITOLÓGÍA)									
	Toneladas	TCU	Potasico	Filico	Sk_Ac_Tr	Sk_Sr_Mg	Hornfels	Brecha	XRD - Talco	
1	165,000	0.67	41.8%	11.2%	● 4.9%	● 25.7%	● 16.4%	0.1%	3.66%	
2	165,000	0.70	35.8%	3.8%	● 37.1%	● 20.7%	● 2.7%	47.2%	4.03%	
3	155,000	0.55	52.9%	0.4%	● 5.0%	● 30.0%	● 11.7%	-	2.35%	
4	155,000	0.55	50.1%	-	● 2.0%	● 30.0%	● 17.9%	-	3.08%	
5	160,000	0.42	55.7%	-	● 4.9%	● 20.1%	● 19.3%	-	2.30%	
6	155,000	0.42	48.9%	3.3%	● 4.4%	● 13.4%	● 30.0%	-	1.72%	
7	155,000	0.44	36.7%	0.6%	● 12.9%	● 16.8%	● 33.0%	8.2%	2.55%	
TOTAL	1,110,000	0.54	45.9%	2.8%	● 10.3%	● 22.4%	● 18.5%	8.2%	2.83%	

Tomada del departamento de Planeamiento



**Figura 11. Plano de alteraciones, asociadas a los diferentes frentes operacionales
Tomada del departamento de Planeamiento**

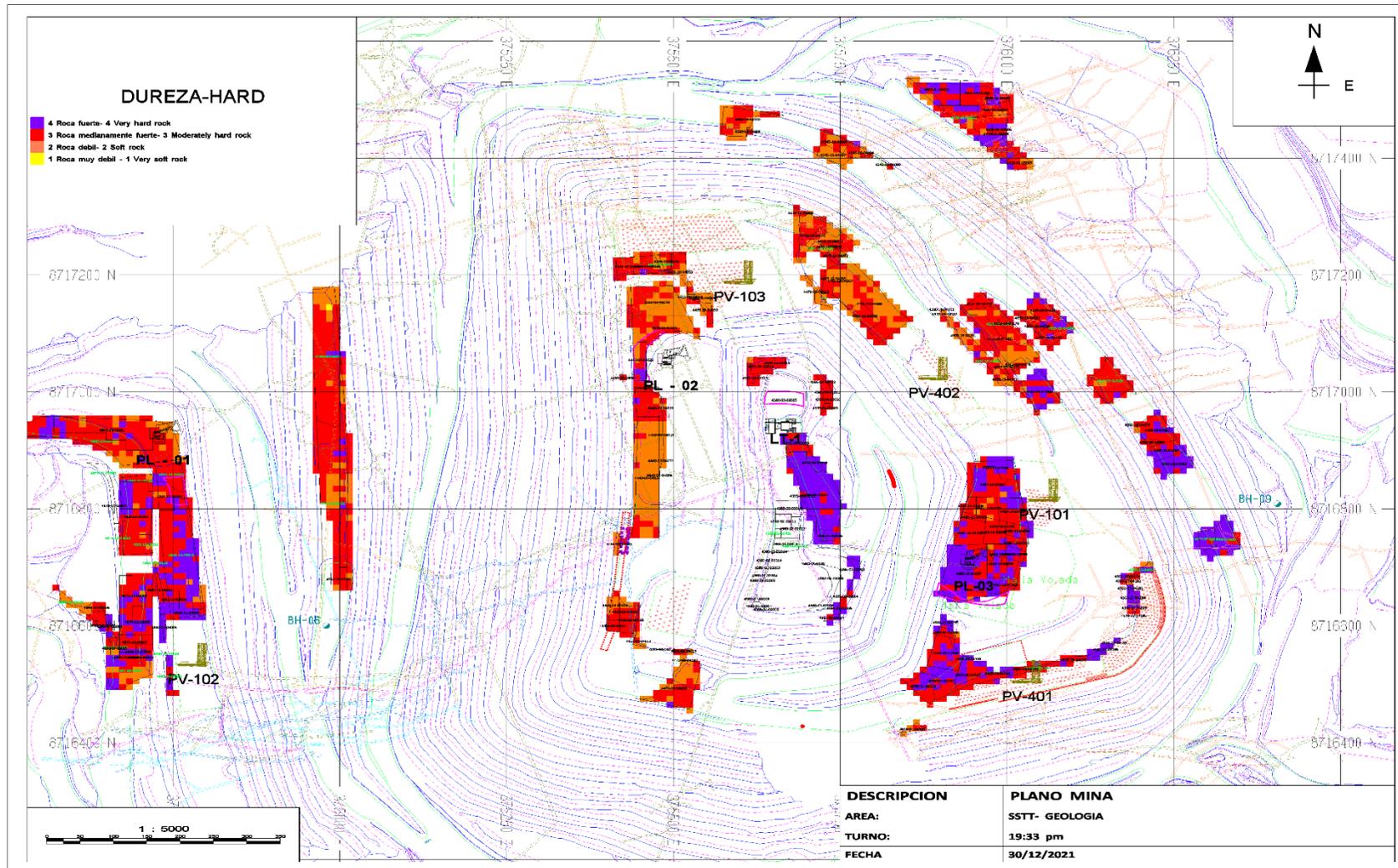


Figura 12. Plano de dureza, asociadas a los diferentes frentes operacionales Tomada del departamento de Planeamiento

2.4.3. Rendimiento de equipos de carguío.

El desarrollo de la presente tesis involucra 2 periodos de análisis: los meses octubre a diciembre y de enero a marzo. Se realizó el análisis considerando el número de equipos de acarreo asociado al tonelaje transportado, dureza y número de viajes.

Asimismo, se asocia las diferentes actividades relacionadas a los equipos de acarreo para definir las horas efectivas operacionales y la pérdida de tiempo operacional.

También se relaciona la utilización y disponibilidad de los equipos de acarreo para definir las horas efectivas operacionales en los periodos de estudio.

a) Variables operacionales

Se realizó un análisis del tonelaje transportado durante el periodo de estudio siendo las variables a analizar el tonelaje transportado, las toneladas por viaje, el número de viajes y la dureza del material.

Durante el primer periodo de octubre a diciembre se utilizaron de 22 a 25 unidades de acarreo, considerando un tonelaje promedio diario transportado de 89,497 t/día, con un promedio de 370.10 t/viaje, con un promedio de 199 viajes y una dureza media de 3.19.

Asimismo, durante el segundo periodo de enero a marzo se utilizaron de 23 a 25 unidades de acarreo, considerando un tonelaje promedio diario transportado de 122,368 t/día, con un promedio de 374.64 t/viaje, con un promedio de 327 viajes y una dureza media de 2.88.

Tabla 7. Resumen de variables operacionales – periodo octubre a diciembre

PARÁMETROS OPERACIONALES - OCTUBRE				
CAMIONES	TONELADAS VIAJE	TONELADAS TOTAL	DUREZA	NUM. VIAJES
CM101	361.51	7,591.80	3.09	21
CM103	359.85	719.70	3.27	2
CM104	371.00	8,162.00	3.03	22
CM105	371.00	2,226.00	3.06	6
CM108	372.10	1,860.50	3.22	5
CM109	374.66	5,245.30	3.04	14
CM110	371.00	4,823.00	3.08	13
CM111	387.88	1,551.50	3.07	4
CM112	361.36	2,529.50	3.15	7
CM113	365.80	2,560.60	3.15	7
CM114	371.00	4,452.00	3.09	12
CM115	364.61	10,573.70	3.07	29
CM118	361.67	1,085.00	3.18	3
CM119	358.82	13,276.30	3.04	37
CM121	356.19	2,849.50	2.95	8
CM123	365.25	730.50	3.15	2
CM124	369.63	1,108.90	3.03	3
CM125	373.77	4,859.00	3.03	13
CM126	367.12	4,038.30	3.03	11
CM127	365.18	13,876.90	3.06	38
CM128	363.97	5,459.50	3.11	15
CM130	366.39	3,297.50	3.06	9
PROMEDIO	366.11	102,877.00	3.07	281

PARÁMETROS OPERACIONALES - NOVIEMBRE				
CAMIONES	TONELADAS VIAJE	TONELADAS TOTAL	DUREZA	NUM. VIAJES
CM101	368.16	4,786.10	2.98	13
CM103	361.04	2,527.30	3.06	7
CM104	371.00	2,968.00	3.18	8
CM105	371.00	1,484.00	3.47	4
CM109	367.79	4,781.30	2.88	13
CM110	371.00	1,113.00	3.62	3
CM111	377.91	3,401.20	3.14	9
CM112	401.10	401.10	3.27	1
CM114	371.00	2,226.00	3.28	6
CM115	382.68	1,530.70	3.41	4
CM116	364.66	2,552.60	3.42	7
CM118	389.60	779.20	3.03	2
CM119	373.90	747.80	3.03	2
CM120	369.20	1,476.80	3.40	4
CM121	373.80	373.80	3.27	1
CM123	381.78	1,527.10	3.66	4
CM124	363.20	363.20	3.79	1
CM125	391.40	391.40	3.27	1
CM126	354.50	354.50	2.38	1
CM127	367.26	4,407.10	3.00	12
CM129	392.10	392.10	3.27	1
CM130	371.96	2,975.70	3.22	8
PROMEDIO	371.07	41,560.00	3.17	112

PARÁMETROS OPERACIONALES - DICIEMBRE				
CAMIONES	TONELADAS VIAJE	TONELADAS TOTAL	DUREZA	NUM. VIAJES
CM101	381.19	3,811.90	3.26	10
CM102	370.08	2,220.50	3.44	6
CM103	378.40	378.40	3.27	1
CM105	371.00	3,339.00	3.34	9
CM107	368.28	3,682.80	3.12	10
CM108	368.27	4,419.20	3.48	12
CM109	378.00	1,134.00	3.62	3
CM110	371.00	4,452.00	3.36	12
CM111	370.43	4,815.60	3.39	13
CM112	369.60	369.60	3.00	1
CM113	359.15	718.30	3.61	2
CM114	371.00	3,710.00	3.30	10
CM115	373.95	3,739.50	3.33	10
CM116	376.52	3,765.20	3.21	10
CM119	357.60	1,430.40	3.57	4
CM120	370.84	7,787.70	3.32	21
CM121	373.78	4,859.10	3.31	13
CM122	360.97	1,082.90	3.55	3
CM123	368.03	2,944.20	3.42	8
CM124	383.64	3,069.10	3.36	8
CM125	375.24	3,001.90	3.27	8
CM127	385.19	3,466.70	3.27	9
CM128	380.73	3,807.30	3.21	10
CM129	379.16	1,895.80	3.27	5
CM130	369.57	2,217.40	3.51	6
PROM/TOT	373.13	76,118.50	3.34	204

Tabla 8. Resumen de variables operacionales – periodo enero a marzo

PARÁMETROS OPERACIONALES - ENERO				
CAMIONES	TONELADAS VIAJE	TONELADAS TOTAL	DUREZA	NUM. VIAJES
CM102	376.78	6,782.00	2.78	18
CM103	376.68	10,170.30	2.62	27
CM104	373.81	5,607.20	2.59	15
CM105	371.00	2,597.00	2.38	7
CM107	377.26	7,545.10	2.58	20
CM108	387.44	3,487.00	2.38	9
CM109	365.41	2,557.90	2.38	7
CM112	377.35	8,301.60	2.63	22
CM113	378.64	2,650.50	2.38	7
CM114	371.00	1,484.00	2.38	4
CM115	378.85	3,788.50	2.38	10
CM116	379.97	6,079.50	2.38	16
CM119	389.40	1,168.20	2.38	3
CM120	375.96	5,263.40	2.67	14
CM122	380.90	4,189.90	2.45	11
CM123	384.54	6,152.70	2.38	16
CM124	390.09	2,730.60	2.38	7
CM125	374.50	749.00	2.38	2
CM126	383.86	1,919.30	2.38	5
CM127	373.20	373.20	2.38	1
CM128	349.40	349.40	2.38	1
CM129	378.40	3,405.60	2.38	9
CM130	376.07	7,145.40	2.38	19
PROMEDIO	377.99	94,497.30	2.50	250

PARÁMETROS OPERACIONALES - FEBRERO				
CAMIONES	TONELADAS VIAJE	TONELADAS TOTAL	DUREZA	NUM. VIAJES
CM101	371.88	8,553.20	2.75	23
CM102	378.57	7,571.40	2.80	20
CM103	368.86	5,901.70	2.86	16
CM104	378.02	10,206.50	2.70	27
CM105	371.00	9,275.00	2.52	25
CM108	383.02	6,894.30	3.16	18
CM109	380.78	7,615.50	3.24	20
CM110	371.00	4,452.00	3.26	12
CM111	363.61	3,272.50	3.13	9
CM112	370.98	9,274.50	2.64	25
CM113	369.29	5,170.00	2.87	14
CM114	371.00	2,968.00	3.07	8
CM115	374.30	8,234.70	3.13	22
CM116	373.75	8,222.50	3.12	22
CM119	377.06	3,016.50	3.18	8
CM120	366.49	12,827.00	2.83	35
CM121	384.25	768.50	3.18	2
CM123	367.81	2,942.50	2.94	8
CM124	389.17	2,724.20	3.12	7
CM125	384.10	384.10	3.03	1
CM128	386.28	6,953.00	3.08	18
CM129	375.17	2,626.20	3.21	7
CM130	378.43	2,649.00	3.21	7
PROMEDIO	374.30	132,502.80	2.93	354

PARÁMETROS OPERACIONALES - MARZO				
CAMIONES	TONELADAS VIAJE	TONELADAS TOTAL	DUREZA	NUM. VIAJES
CM101	362.27	1,086.80	3.29	3
CM102	389.15	2,334.90	3.12	6
CM103	375.61	2,629.30	3.11	7
CM105	371.00	4,452.00	3.15	12
CM108	371.27	12,994.60	3.18	35
CM109	370.22	14,438.50	3.12	39
CM110	371.00	5,194.00	3.30	14
CM111	350.60	350.60	3.57	1
CM112	369.94	3,329.50	3.26	9
CM113	386.19	2,703.30	3.09	7
CM114	371.00	5,194.00	3.28	14
CM115	369.62	15,893.70	3.24	43
CM116	369.95	11,838.30	3.28	32
CM118	373.27	6,345.60	3.20	17
CM119	366.73	15,769.40	3.19	43
CM120	380.29	10,648.20	3.20	28
CM121	378.10	756.20	3.03	2
CM122	373.95	1,495.80	3.09	4
CM123	376.03	1,128.10	3.08	3
CM124	376.58	4,518.90	3.12	12
CM126	378.05	756.10	3.03	2
CM127	364.88	4,743.40	3.22	13
CM128	371.38	7,799.00	3.29	21
CM129	385.90	771.80	3.42	2
CM130	366.85	2,934.80	3.33	8
PROMEDIO	371.64	140,106.80	3.21	377

b) Actividades relacionadas a los equipos de carguío y acarreo

✓ Carguío:

Los parámetros analizados en los equipos de carguío fueron los tiempos de carguío considerando el tonelaje asociado, tiempo de parada, tiempo de carga, tiempo de espera y tiempo de carguío.

Para el periodo 2020 el tonelaje promedio diario de carguío fue de 369.39 toneladas, el tiempo de parada promedio fue de 2.66 minutos, el tiempo de carga promedio fue de 2.74 minutos, el tiempo de espera promedio fue de 0.53 minutos, y considerando el tiempo total de carguío promedio de 5.92 minutos.

Tabla 9. Especificaciones técnicas de pala de cuerda eléctrica Caterpillar 7495 HF

TIEMPO DE CARGUÍO					
AÑO 2020					
MES	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	TIEMPO CARGUÍO TOTAL(min)
Ene	368.73	2.62	2.98	0.50	6.10
Feb	367.59	2.36	2.91	0.55	5.82
Mar	368.76	2.76	2.83	0.56	6.15
Abr	368.39	4.96	2.94	0.59	8.49
May	368.28	2.94	2.73	0.41	6.08
Jun	368.62	2.83	2.71	0.53	6.07
Jul	368.92	2.67	2.78	0.53	5.98
Ago	370.19	2.74	2.42	0.57	5.73
Set	367.86	2.41	2.74	0.50	5.65
Oct	370.49	2.30	2.59	0.51	5.41
Nov	373.00	2.61	2.58	0.53	5.72
Dic	369.74	2.26	2.79	0.54	5.59
PROMEDIO	369.39	2.66	2.74	0.53	5.92

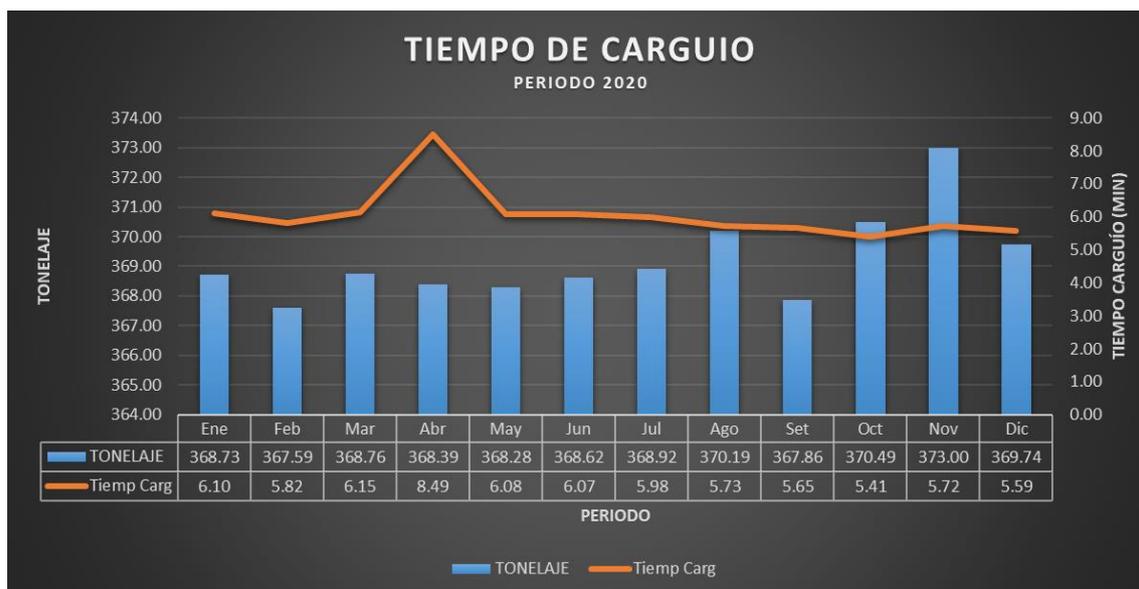


Figura 13. Tiempo de carguío, periodo 2020

Durante el periodo 2021 el tonelaje promedio diario de carguío fue de 370.75 toneladas, el tiempo de parada promedio fue de 2.86 minutos, el tiempo de carga promedio fue de 2.75 minutos, el tiempo de espera promedio fue de 0.54 minutos, y considerando el tiempo total de carguío promedio de 6.15 minutos.

Tabla 10. Especificaciones técnicas de pala de cuerda eléctrica Caterpillar 7495 HF

TIEMPO DE CARGUIÓ					
AÑO 2021					
MES	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	TIEMPO CARGUIO TOTAL (min)
Ene	369.83	2.94	2.83	0.59	6.35
Feb	371.74	2.84	2.59	0.57	6.01
Mar	370.23	2.64	2.62	0.54	5.79
Abr	369.99	2.71	2.75	0.54	6.00
May	367.64	3.04	2.80	0.52	6.36
Jun	368.56	2.95	2.80	0.55	6.30
Jul	371.56	3.15	2.79	0.56	6.50
Ago	372.55	2.88	2.73	0.52	6.13
Set	372.80	2.48	2.71	0.52	5.71
Oct	371.89	2.84	2.86	0.53	6.24
Nov	379.35	3.02	2.55	0.56	6.14
Dic	374.32	3.84	2.77	0.55	7.16
PROMEDIO	370.75	2.86	2.75	0.54	6.15



Figura 14. Tiempo de carguío, periodo 2021

✓ **Acarreo:**

Los parámetros analizados en los equipos de acarreo fueron los tiempos de acarreo considerando el tonelaje asociado, distancia y tiempos distintos en acarreo.

Para el periodo 2020 el tonelaje promedio diario fue de 374.21 toneladas, considerando una distancia promedio de 3.45 kilómetros, los tiempos asociados de acarreo consideran: tiempo de viaje vacío promedio de 8.92 minutos, tiempo de espera en pala promedio de 0.63 minutos, tiempo de maniobra y aculatamiento promedio de 1.48 minutos, tiempo esperando carga promedio de 0.31 minutos, tiempo de carguío promedio de 2.78 minutos, tiempo de viaje promedio con carga de 13.72 minutos, tiempo de espera en punto de descarga promedio de 1.04 minutos, tiempo de maniobra y aculatamiento promedio de 1.20 minutos y tiempo de descarga promedio en 0.93 minutos. El total de tiempo de ciclo de acarreo promedio durante el periodo 2020 es de 30.96 minutos.

Tabla 11. Resumen de ciclo de acarreo – periodo 2020

TIEMPO DE CICLO DE ACARREO													
PERIODO 2020													
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia	Tiempo Viaje	Tiempo espera	Tiempo maniobra	Tiempo Esperando	Tiempo de	Tiempo Viaje	Tiempo espera	Tiempo maniobra	Tiempo de	Tiempo Total
			Km	Vacio (min)	en pala (min)	y aculatación (min)	Carga (min)	Carguío (min)	Con carga (min)	en pto descarga (min)	y aculatación (min)	descarga (min)	Ciclo (min)
Ene	373.80	1.00	3.25	10.48	0.55	1.44	0.27	3.02	15.40	0.59	0.77	0.96	33.48
Feb	373.77	1.00	2.85	9.79	0.78	1.63	0.32	2.94	13.24	0.76	0.93	0.97	31.35
Mar	374.06	1.00	2.86	9.20	0.50	1.34	0.28	2.90	13.13	0.57	0.82	0.96	29.70
Abr	373.85	1.00	3.02	7.97	0.38	1.07	0.25	3.03	13.46	1.97	2.45	0.90	31.47
May	372.54	1.00	2.98	7.77	0.49	1.18	0.20	2.85	12.75	0.86	1.37	0.92	28.39
Jun	375.98	1.00	3.39	8.35	0.48	1.29	0.27	2.73	13.46	1.14	1.62	0.89	30.22
Jul	372.19	1.00	3.12	7.69	0.69	1.41	0.31	2.82	12.07	0.89	1.14	0.91	27.93
Ago	375.10	1.00	3.38	7.96	0.50	1.47	0.32	2.46	13.32	0.98	1.37	0.90	29.30
Set	373.19	1.00	4.66	8.10	0.66	1.38	0.30	2.78	12.61	0.72	0.96	0.93	28.45
Oct	374.71	1.00	3.81	8.59	0.66	1.44	0.35	2.62	13.45	1.18	1.14	0.91	30.35
Nov	376.38	1.00	3.82	9.10	0.75	1.46	0.37	2.62	15.85	1.72	1.44	0.90	34.20
Dic	374.06	1.00	3.42	10.32	0.80	1.62	0.39	2.81	14.50	1.30	1.16	0.95	33.86
PROMEDIO	374.21	1.00	3.45	8.92	0.63	1.43	0.31	2.78	13.72	1.04	1.20	0.93	30.96

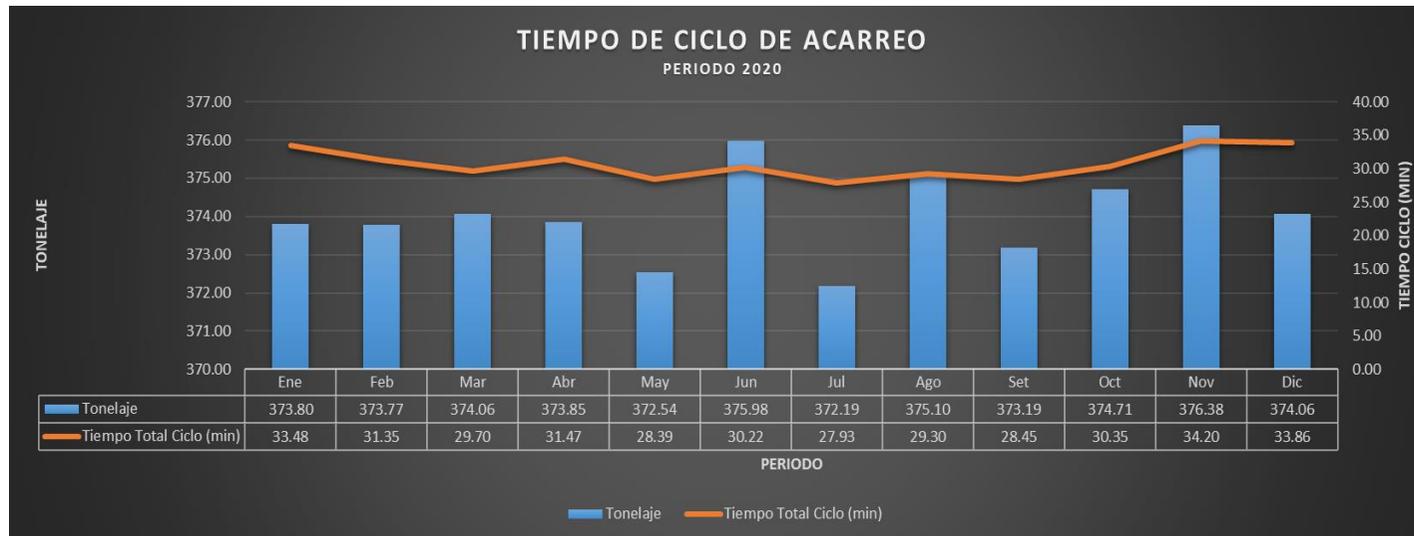


Figura 15. Tiempo de ciclo de acarreo, periodo 2020

Durante el periodo 2021 el tonelaje promedio diario fue de 375.78 toneladas, considerando una distancia promedio de 3.65 kilómetros, los tiempos asociados de acarreo consideran: tiempo de viaje vacío promedio de 10.19 minutos, tiempo de espera en pala promedio de 0.80 minutos, tiempo de maniobra y aculatamiento promedio de 1.42 minutos, tiempo esperando carga promedio de 0.44 minutos, tiempo de carguío promedio de 2.80 minutos, tiempo de viaje promedio con carga de 16.25 minutos, tiempo de espera en punto de descarga promedio de 1.06 minutos, tiempo de maniobra y aculatamiento promedio de 1.18 minutos y tiempo de descarga promedio en 0.99 minutos. El total de tiempo de ciclo de acarreo promedio durante el periodo 2021 es de 35.13 minutos.



Figura 16. Tiempo de ciclo de acarreo, periodo 2021

Tabla 12. Resumen de ciclo de acarreo – periodo 2021

TIEMPO DE CICLO DE ACARREO													
PERIODO 2021													
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia (Km)	Tiempo Viaje Vacio (min)	Tiempo espera en pala (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo Esperando Carga (min)	Tiempo de Carguío (min)	Tiempo Viaje Con carga (min)	Tiempo espera en pto descarga (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo de descarga (min)	Tiempo Total Ciclo (min)
Ene	374.59	1.00	3.41	11.42	0.72	1.47	0.36	2.86	15.79	1.12	1.29	1.01	36.03
Feb	375.90	1.00	3.59	10.55	0.68	1.53	0.41	2.75	16.75	1.12	1.33	1.01	36.13
Mar	375.24	1.00	3.28	10.27	0.60	1.41	0.38	2.66	15.90	1.27	1.43	0.98	34.92
Abr	375.81	1.00	3.46	10.80	0.66	1.37	0.40	2.78	15.81	0.73	0.89	1.02	34.46
May	373.94	1.00	3.36	9.12	0.65	1.32	0.38	2.81	15.18	1.19	1.29	0.99	32.93
Jun	374.90	1.00	3.53	9.14	0.69	1.31	0.42	2.82	15.85	0.93	1.15	0.97	33.28
Jul	376.53	1.00	3.83	9.55	0.70	1.38	0.45	2.84	16.52	1.15	1.21	0.98	34.77
Ago	376.64	1.00	3.79	9.74	0.89	1.40	0.52	2.81	16.08	1.08	1.10	0.96	34.58
Set	377.06	1.00	4.09	10.50	1.20	1.54	0.54	2.74	17.39	1.02	1.05	1.01	36.99
Oct	376.64	1.00	3.99	10.93	1.04	1.43	0.51	2.88	17.19	0.95	1.09	1.00	37.01
Nov	382.86	1.00	4.24	12.37	0.69	1.33	0.45	2.59	17.36	1.04	0.89	1.02	37.74
Dic	377.42	1.00	3.66	12.12	1.05	1.63	0.54	2.77	15.82	1.66	1.23	1.00	37.81
PROMEDIO	375.78	1.00	3.65	10.19	0.80	1.42	0.44	2.80	16.25	1.06	1.18	0.99	35.13

c) Rendimiento de equipos de carguío y acarreo

Se analizaron los diferentes indicadores analizados fueron durante los periodos 2020 y 2021.

✓ Indicadores de utilización:

Los indicadores de utilización de los equipos de carguío fueron: palas CAT 7495 con un 74.50 % y cargador LT2350 con un 69.87 % para el periodo 2020 y la utilización para las palas CAT 7495 con el 86.39 % y cargador LT2350 con un 78.96 % para el periodo 2021

Los indicadores de utilización de los equipos de acarreo fueron: camión CAT 797F con el 69.44 % y camión Komatsu 980E con el 75.29 % durante el periodo 2020 y para el periodo 2021 f para el camión CAT 797F con el 79.29 % y camión Komatsu 980E de 77.46 %.

✓ Indicadores de disponibilidad:

Los indicadores de disponibilidad de los equipos de carguío fueron: palas CAT 7495 con el 91.38 % y cargador LT2350 con el 74.39 % para el periodo 2020 y para el periodo 2021 para las palas CAT 7495 con el 88.7% y cargador LT2350 con el 80.07% para el periodo 2021.

Los indicadores de disponibilidad de los equipos de acarreo fueron: camión CAT 797F con el 79.45 % y camión Komatsu 980E con el 88.91 % durante el periodo 2020 y para el periodo 2021 para el camión CAT 797F con el 85.38 % y camión Komatsu 980E con el 85.64 %.

✓ Horas efectivas:

Las horas efectivas operacionales de los equipos de carguío fueron: palas CAT 7495 con 16 horas y cargador LT2350 con 12 horas y para los equipos de acarreo en los camiones CAT 797F 13 horas y para los camiones Komatsu 980E 16 horas durante el periodo 2020.

Las horas efectivas operacionales de los equipos de carguío fueron: palas CAT 7495: 18.41 horas y cargador LT2350: 15.17 horas y para los equipos de acarreo en los camiones CAT 797F:16.25 horas y para los camiones Komatsu 980E: 15.92 horas durante el periodo 2021.

Tabla 13. Indicadores de productividad, periodo 2020 y 2021

INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD: UTILIZACIÓN - DISPONIBILIDAD - HORAS EFECTIVAS

EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO - 20210

			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	PROMEDIO	HRS. EFECTIVAS
CARGUÍO	Pala CAT 7495	Disponibilidad	88.28%	90.04%	86.05%	98.30%	96.13%	95.52%	87.31%	93.23%	92.42%	86.78%	93.10%	89.44%	91.38%	16
		Utilización	85.19%	85.18%	71.99%	51.28%	52.37%	59.38%	66.65%	75.69%	83.14%	87.08%	88.68%	87.42%	74.50%	
	Cargador LT 2350	Disponibilidad	79.29%	86.26%	80.79%	83.30%	31.84%	64.25%	93.30%	49.99%	77.76%	75.34%	82.43%	88.07%	74.39%	12
		Utilización	75.32%	78.00%	65.04%	54.91%	70.96%	47.28%	61.16%	64.64%	74.01%	84.34%	80.27%	82.50%	69.87%	
ACARREO	Camion CAT 797F	Disponibilidad	84.55%	81.95%	85.92%	88.37%	69.80%	58.34%	74.67%	74.51%	77.26%	82.35%	83.66%	92.00%	79.45%	13
		Utilización	80.95%	81.15%	62.57%	34.73%	47.53%	69.22%	65.60%	65.15%	79.85%	81.70%	84.13%	80.72%	69.44%	
	Camion Komatsu 980E	Disponibilidad										84.83%	95.70%	91.31%	83.80%	16
		Utilización										61.75%	78.97%	81.88%	75.29%	

INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD: UTILIZACIÓN - DISPONIBILIDAD - HORAS EFECTIVAS

EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO - 2021

			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	PROMEDIO	HRS. EFECTIVAS
CARGUÍO	Pala CAT 7495	Disponibilidad	92.66%	90.35%	91.57%	84.90%	87.01%	92.85%	93.85%	85.49%	85.42%	75.79%	91.58%	93.94%	88.78%	18.41
		Utilización	85.08%	88.16%	88.82%	82.20%	85.19%	86.86%	88.35%	88.06%	85.94%	86.18%	87.41%	84.43%	86.39%	
	Cargador LT 2350	Disponibilidad	77.46%	73.40%	52.01%	70.85%	86.67%	81.94%	88.82%	85.56%	86.67%	91.22%	84.39%	81.78%	80.07%	15.17
		Utilización	84.60%	85.32%	83.69%	69.26%	71.63%	76.91%	77.12%	80.65%	75.21%	85.46%	80.33%	77.30%	78.96%	
ACARREO	Camion CAT 797F	Disponibilidad	84.02%	83.28%	84.12%	83.88%	85.58%	86.78%	86.74%	86.56%	87.99%	85.49%	85.82%	84.32%	85.38%	16.25
		Utilización	80.18%	81.67%	81.82%	77.16%	78.46%	81.00%	81.40%	77.36%	77.06%	78.13%	79.75%	77.52%	79.29%	
	Camion Komatsu 980E	Disponibilidad	70.86%	77.52%	83.05%	86.91%	86.43%	91.05%	92.00%	90.86%	91.60%	86.67%	83.59%	87.17%	85.64%	15.92
		Utilización	71.56%	78.01%	78.56%	75.42%	75.80%	79.62%	84.56%	81.99%	73.53%	76.52%	77.04%	76.97%	77.46%	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

La presente tesis es considerada como una investigación aplicada, con un nivel explicativo, mediante el análisis de los factores operacionales para la mejora del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.

a) Método general

El trabajo de investigación aplica el método inductivo – deductivo, donde se observan los diferentes factores operacionales que afectan directamente los rendimientos de los equipos de carguío: palas CAT 7495 y cargador LT 2350 y equipos de acarreo con camiones CAT 797F y camiones komatsu 980E, de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.

b) Métodos específicos

Está relacionado a las variables operacionales como: tonelaje transportado, dureza y número de viajes, así como los tiempos asociados en los procesos unitarios de carguío y acarreo, los cuales influirán directamente en los rendimientos de los equipos, considerando su influencia en la disponibilidad, utilización y horas efectivas, para lo cual se describirán las siguientes actividades:

- **Recopilación de informes anteriores.** Se recopiló y analizó diferentes informes de las áreas unitarias de carguío y acarreo, así como informes relacionado al tonelaje transportado.
- **Trabajo de campo.** El trabajo de campo es mediante la observación, considerando el análisis de tiempo en etapas unitarias de carguío y acarreo.
- **Trabajo de gabinete.** Se evaluó los diferentes factores operacionales que influyen directamente en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.
- **Resultados.** Se analizó e interpretó los diferentes indicadores operacionales asociados al tonelaje acarreado, tiempos de carguío y acarreo, así como el análisis de la disponibilidad y utilización de los equipos en minera Chinalco Perú S. A.

3.1.2. Alcances de la investigación

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación analiza los factores operacionales como tonelaje cargado y acarreado, así como los diferentes tiempos asociados a estos procesos, los cuales influyen en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.

3.2.1. Tipo de diseño de investigación

El trabajo de tesis presentado es de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo). Se desarrolló en 2 etapas, de octubre a diciembre y de enero a marzo, para su análisis correspondiente.

Durante el análisis de los resultados no se alteraron los diferentes factores operacionales, relacionados a los procesos unitarios de carguío y acarreo en Minera Chinalco Perú S.A.

GNO: 01 (T1, T2, T3, T4)

02 (T1, T2, T3, T4)

GNO: 01 y 02

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población pertenece a minera Chinalco Perú S. A. en las diferentes actividades de carguío y acarreo.

3.3.2. Muestra

Estará asociada a los equipos de carguío pala eléctrica CAT 7495 y cargador LT2350, así como los equipos de acarreo camiones CAT 797F y camiones Komatsu 980E de la unidad minera Toromocho.

3.3.3. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Análisis y recolección de data de master de perforación, voladura, producción y mantenimiento
- ✓ Revisión de la información de equipos de carguío
- ✓ Revisión de información de equipos de acarreo
- ✓ Recopilación de información de campo en equipos de carguío
- ✓ Recopilación de información de campo en equipos de acarreo.

3.3.4. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Informes de tesis
- ✓ Libros de rendimiento de equipos.
- ✓ Información de internet
- ✓ Manejo de plantillas en Excel
- ✓ Otros

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En el presente capítulo, se presentan el análisis e interpretación de los resultados de los factores operacionales para el incremento de la productividad en equipos de carguío y acarreo en minera Chinalco Perú S. A.

4.1.1. Análisis del tonelaje transportado

El tonelaje transportado durante al periodo de estudio considera el *layout* de acarreo desde los diferentes frentes operacionales hasta la chancadora, considerando los periodos de análisis de estudio desde octubre a diciembre 2020 y de enero a marzo del 2021. El tonelaje transportado se asoció a las variables tiempo de carguío, tiempo de acarreo, el *dig rate* (tasa de excavación), la granulometría (P80) y su dureza asociada.

Los resultados obtenidos durante los periodos en estudio son analizados e interpretados considerando los mejores escenarios de mejor productividad a nivel operacional en el segundo periodo.

El tonelaje transportado durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue de 220,555.50 toneladas y durante el periodo enero a marzo del 2021 fue de 367,106.90. El incremento de toneladas transportadas se dio en 146,551.40 toneladas, producto de un mejor control de la granulometría (P80) y el *dig rate* (tasa de excavación).

Tabla 4. Tonelaje transportado, durante el periodo de estudio desde octubre a diciembre del 2020 y desde enero a marzo del 2021

TONELAJE TRANSPORTADO

PERIODO 2020 - 2021

PERIODO	TONELAJE TRANSP (Ton)	TONELAJE TRANSP PROM (Ton)	P80 (pulg)	DIG RATE (ton/hr)	TIEMPO CARGUIO TOTAL (min)	TIEMPO ACRREO Ciclo (min)	DUREZA	TONELAJE TRANSP. PERIODO (ton)
OCTUBRE 20	102,877.00	366.11	2.64	10,100.73	5.41	30.96	3.07	220,555.50
NOVIEMBRE 20	41,560.00	371.07	2.39	10,496.14	5.72	34.20	3.17	
DICIEMBRE 20	76,118.50	373.13	2.53	10,428.47	5.59	33.86	3.34	
ENERO 21	94,497.30	377.99	2.40	11,184.52	6.35	36.03	2.50	367,106.90
FEBRERO 21	132,502.80	374.30	2.40	11,418.71	6.01	36.13	2.93	
MARZO 21	140,106.80	371.64	2.37	11,581.33	5.79	34.92	3.21	
Total/promedio	609,147.00	372.37	2.45	10,868.32	5.81	34.35	3.04	146,551.40

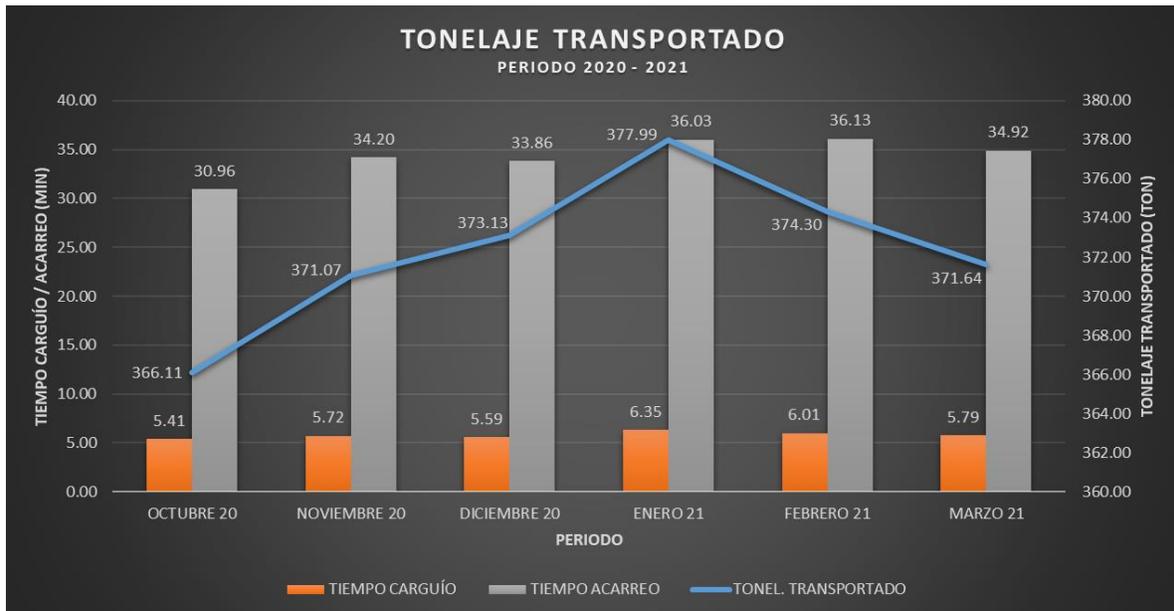


Figura 17. Tonelaje transportado y su relación con los tiempos de carguío y acarreo

a) Análisis e interpretación de resultados

El tonelaje transportado promedio durante el periodo de estudio fue de 372,37 t/día, considerando una granulometría (P80) promedio de 2.45 pulgadas y una dureza promedio de 3.04. Los tiempos promedio de carguío fueron de 5.81 minutos y de acarreo promedio de 34.35 minutos considerando un *dig rate* (tasa de excavación) promedio de 10,868.32 t/hora.

Los resultados entre ambos periodos de estudio de octubre a diciembre 2020 y de enero a marzo 2021 fueron:

- ✓ El mayor tonelaje transportado se realizó durante los periodos febrero y marzo del 2021 con 132,502.80 y 140,106.80 toneladas respectivamente.
- ✓ Los tonelajes promedio para ambos periodos de febrero y marzo del 2021 fueron de 374.30 y 371.64 toneladas.
- ✓ El tiempo de carguío considera para el periodo febrero y marzo de 6.01 minutos y 5.79 minutos respectivamente.
- ✓ El tiempo del ciclo de acarreo para el periodo: febrero y marzo del 2021 fue de

36.13 y 34.92 minutos respectivamente.

- ✓ El *dig rate* (tasa de excavación) para los periodos de febrero y marzo 2021 fue de 11,418.71 t/h y de 11,581.33 t/h respectivamente. Esta tasa de excavación está asociada al grado de fragmentación (P80) en 2.40 y 2.37 pulgadas respectivamente.
- ✓ Finalmente, la dureza para ambos periodos: febrero y marzo del 2021 fue de 2.93 y 3.21 respectivamente.

4.1.2. Análisis de los equipos de carguío periodo 2020 a 2021

El análisis para el proceso unitario de carguío considera las variables de tonelaje, tiempo de carguío, grado de fragmentación (P80) y *dig rate* (tasa de excavación). El tiempo de carguío está asociado a las siguientes etapas de carguío: tiempo de parada, tiempo de carga y tiempo de espera. Se analizó durante los periodos de octubre a diciembre del 2020 a enero a marzo del 2021, siendo los resultados:

- ✓ Carguío periodo octubre del 2020

El tonelaje promedio diario de carguío durante el mes de octubre fue de 370.49 toneladas considerando una granulometría (P80) de 2.64 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) de 10,100.73 t/h.

Asimismo, el tiempo de carguío promedio para el periodo de octubre 2020 es de 5.41 minutos por ciclo, el mismo considera las siguientes actividades: tiempo de parada con 2.30 minutos, tiempo de carga con 2.59 minutos y tiempo de espera con 0.51 minutos.

Tabla 5. Tiempo de carguío, periodo octubre del 2020

TIEMPO DE CARGUÍO							
OCTUBRE 2020							
MES	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	P80 (pulg)	DIG RATE (ton/hr)	TIEMPO CARGUÍO TOTAL(min)
01-Oct	375.49	2.66	2.31	0.49	2.00	10,039.18	5.47
02-Oct	368.15	2.66	3.13	0.64	1.75	9,377.87	6.43
03-Oct	375.65	2.44	2.35	0.48	2.05	10,988.67	5.27
04-Oct	372.59	2.13	2.60	0.55	2.26	9,156.50	5.28
05-Oct	372.16	2.00	2.65	0.52	3.49	9,690.86	5.17
06-Oct	372.69	2.29	2.62	0.48	3.70	9,689.24	5.39
07-Oct	371.61	2.86	2.77	0.55	2.18	11,106.26	6.19
08-Oct	373.22	2.46	2.57	0.54	2.83	9,796.44	5.57
09-Oct	374.23	2.41	2.81	0.62	2.09	9,226.00	5.84
10-Oct	371.70	2.88	2.56	0.48	2.15	9,589.34	5.92
11-Oct	368.24	2.18	2.69	0.55	1.95	9,529.50	5.42
12-Oct	372.13	1.90	2.22	0.52	2.17	10,781.71	4.64
13-Oct	373.40	2.00	2.27	0.48	2.77	9,489.00	4.75
14-Oct	372.49	1.78	2.32	0.48	3.23	11,780.92	4.58
15-Oct	371.01	1.95	2.41	0.46	3.00	10,100.00	4.82
16-Oct	372.35	1.88	2.60	0.53	2.84	9,355.32	5.01
17-Oct	367.24	2.00	2.61	0.46	2.41	10,768.38	5.06
18-Oct	364.77	1.92	2.75	0.53	3.07	6,373.33	5.20
19-Oct	364.52	2.12	2.61	0.50	2.34	10,786.14	5.22
20-Oct	368.12	2.11	2.43	0.48	2.32	10,656.05	5.01
21-Oct	370.77	2.01	2.57	0.48	3.85	10,411.22	5.05
22-Oct	370.29	2.63	2.76	0.53	3.30	10,780.21	5.92
23-Oct	368.86	2.61	2.61	0.51	2.85	10,549.35	5.73
24-Oct	366.79	2.65	2.76	0.53	1.95	10,943.27	5.94
25-Oct	370.02	2.64	2.69	0.50	2.69	10,566.39	5.82
26-Oct	366.99	2.43	2.66	0.44	2.38	11,228.13	5.53
27-Oct	372.92	2.66	2.81	0.56	2.23	10,472.03	6.03
28-Oct	371.18	2.41	2.57	0.51	2.20	10,728.57	5.49
29-Oct	366.96	2.06	2.64	0.51	2.79	7,152.75	5.21
30-Oct	371.41	2.00	2.51	0.53	4.19	10,045.00	5.04
31-Oct	367.31	2.73	2.65	0.46	3.14	10,313.42	5.84
PROMEDIO	370.49	2.30	2.59	0.51	2.64	10,100.73	5.41

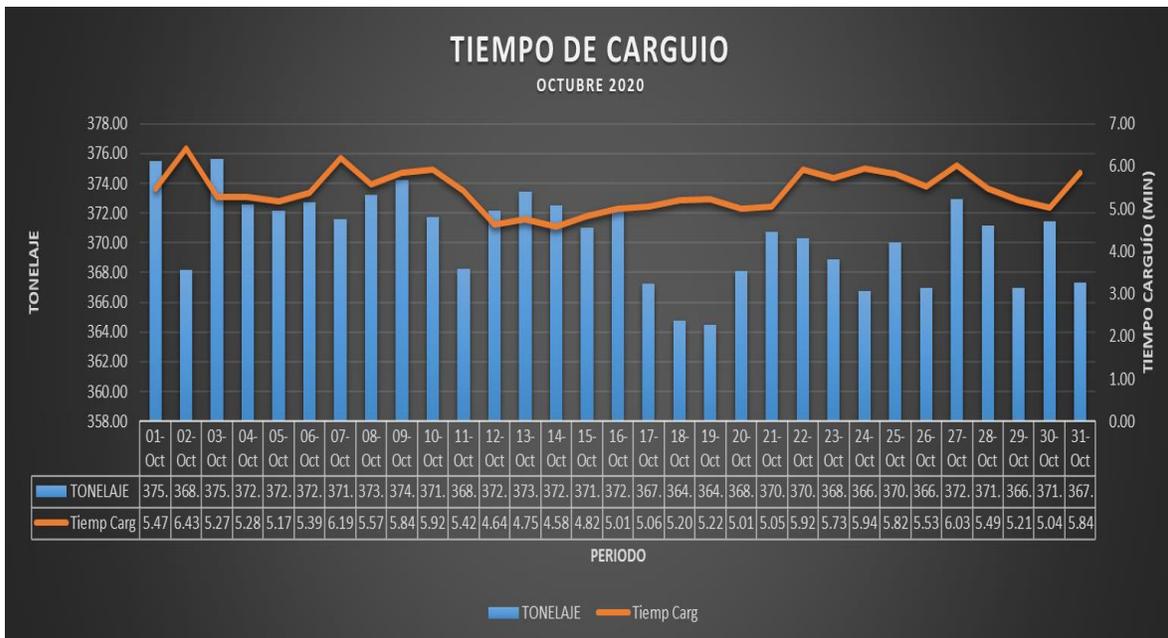


Figura 18. Tiempo de carguío, periodo octubre del 2020.

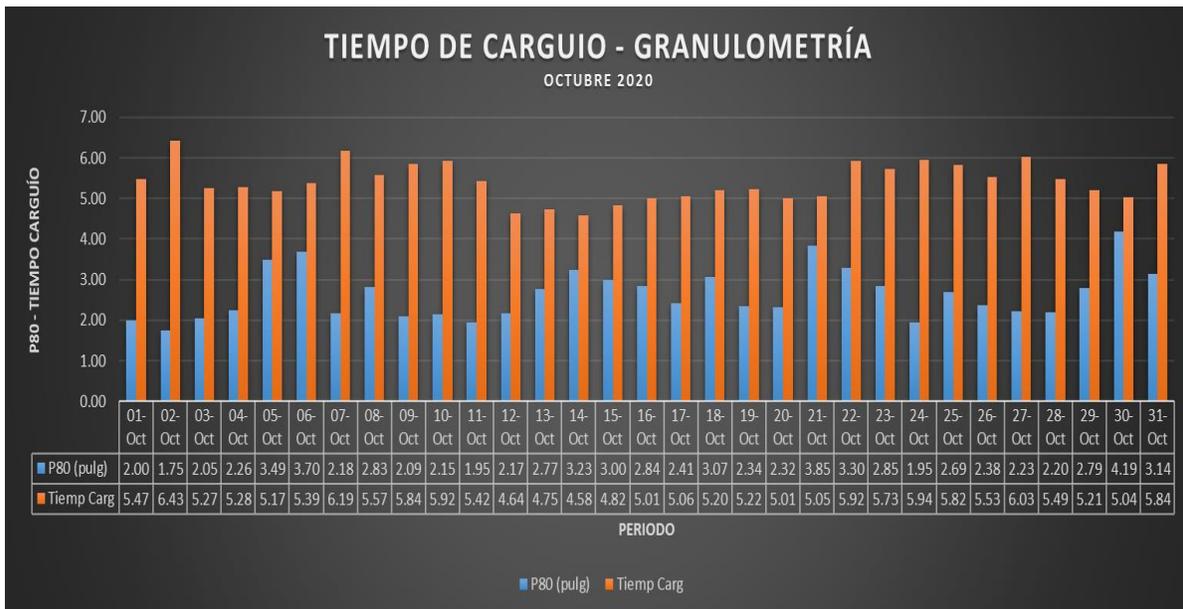


Figura 19. Relación de tiempo de carguío y granulometría, periodo octubre del 2020

Uno de los parámetros importantes a ser analizados es la relación del tiempo de carguío y granulometría, así como la granulometría (P80) y el *dig rate*.

El tiempo de carguío mínimo fue de 4.58 y el máximo de 6.43 minutos relacionando a un rango de granulometría de 1.75 pulgadas mínimo y un máximo de 4.19 pulgadas.

Asimismo, la granulometría con un mínimo de 4.58 y un máximo de 6.43 pulgadas relacionado al *dig rate* (tasa de excavación) con un mínimo de 6,373.33 y un máximo de 11,780.92 t/h.

La menor granulometría (P80) se mantuvo constante durante el periodo del 12 al 21 de octubre.

✓ Carguío periodo noviembre del 2020

El tonelaje promedio diario de carguío durante el mes de noviembre fue de 373.00 toneladas considerando una granulometría (P80) de 2.39 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) de 10,496.14 t/h.

Asimismo, el tiempo de carguío promedio para el periodo de noviembre del 2020 es de 5.72 minutos por ciclo, el cual considera las siguientes actividades: tiempo de parada con 2.61 minutos, tiempo de carga con 2.58 minutos y tiempo de espera con 0.53 minutos.

Tabla 6. Tiempo de carguío, periodo noviembre del 2020

TIEMPO DE CARGUÍO							
NOVIEMBRE 2020							
MES	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	P80 (pulg)	DIG RATE (ton/hr)	TIEMPO CARGUÍO TOTAL(min)
01-Nov	372.58	2.82	2.42	0.45	2.57	10,735.70	5.69
02-Nov	372.66	2.26	2.50	0.50	3.57	10,736.33	5.26
03-Nov	372.92	2.42	2.48	0.48	3.00	10,699.00	5.38
04-Nov	369.94	1.84	2.64	0.49	2.85	11,279.00	4.97
05-Nov	367.28	2.21	2.72	0.52	2.19	10,996.50	5.44
06-Nov	369.13	2.53	2.94	0.58	1.98	10,777.82	6.04
07-Nov	370.85	2.30	2.68	0.53	1.69	11,749.50	5.51
08-Nov	369.63	2.65	2.95	0.50	1.79	11,394.50	6.11
09-Nov	370.28	3.47	2.93	0.61	2.13	11,547.50	7.01
10-Nov	375.23	2.82	2.44	0.60	2.12	10,775.50	5.86
11-Nov	373.49	2.50	2.32	0.55	2.40	10,658.50	5.37
12-Nov	372.99	2.51	2.48	0.63	2.35	10,266.00	5.62
13-Nov	372.28	2.26	2.74	0.59	2.31	10,247.85	5.60
14-Nov	374.72	2.40	2.78	0.57	2.48	10,399.76	5.76
15-Nov	373.16	3.28	2.90	0.54	2.66	9,796.68	6.73
16-Nov	365.86	3.79	2.91	0.44	3.90	10,062.59	7.13
17-Nov	374.51	3.57	2.66	0.56	2.27	10,034.19	6.79
18-Nov	375.53	2.59	2.65	0.59	2.27	10,225.79	5.83
19-Nov	374.64	2.56	3.01	0.60	2.65	10,022.10	6.17
20-Nov	375.45	3.28	2.75	0.61	2.89	9,847.99	6.64
21-Nov	377.30	2.54	2.25	0.47	2.12	10,123.00	5.26
22-Nov	376.27	2.46	2.45	0.52	2.01	10,170.00	5.43
23-Nov	375.37	2.28	2.42	0.50	1.98	10,777.82	5.20
24-Nov	374.60	2.43	2.66	0.47	2.37	10,406.33	5.56
25-Nov	374.46	3.26	2.52	0.47	2.72	9,879.94	6.25
26-Nov	375.73	2.88	2.43	0.47	2.16	10,737.33	5.78
27-Nov	371.30	2.58	2.32	0.45	1.81	11,036.93	5.36
28-Nov	372.63	2.20	2.35	0.51	1.84	10,622.69	5.05
29-Nov	374.84	1.94	2.14	0.53	2.48	9,787.05	4.62
30-Nov	373.34	2.19	2.35	0.52	1.90	9,133.00	5.06
PROMEDIO	373.00	2.61	2.58	0.53	2.39	10,496.14	5.72

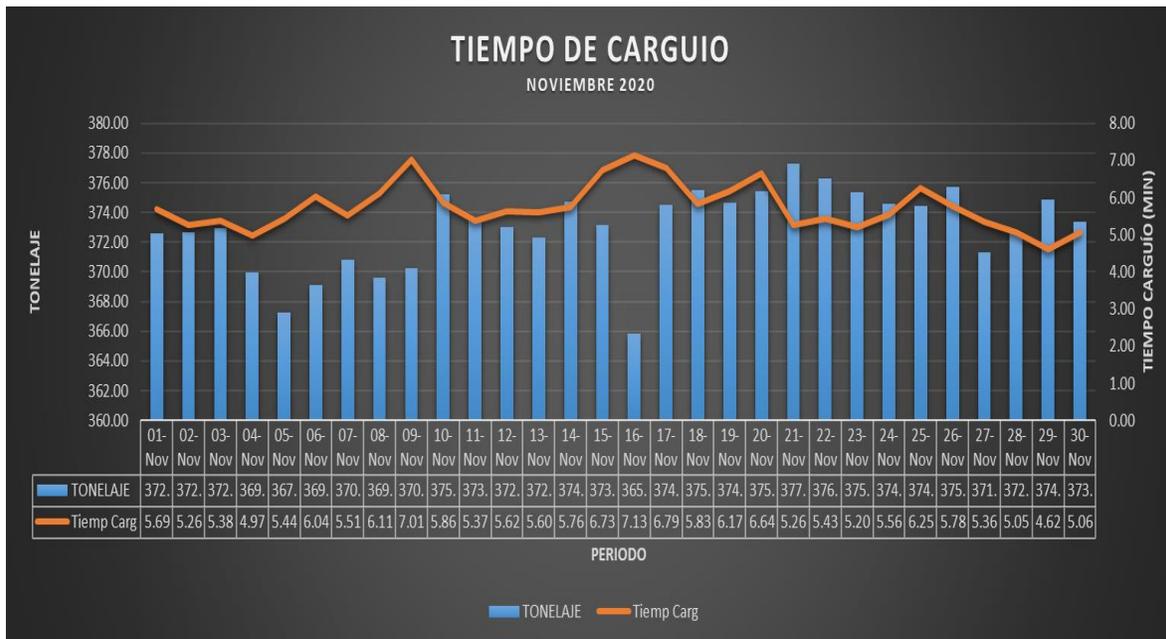


Figura 19. Tiempo de carguio, periodo noviembre del 2020

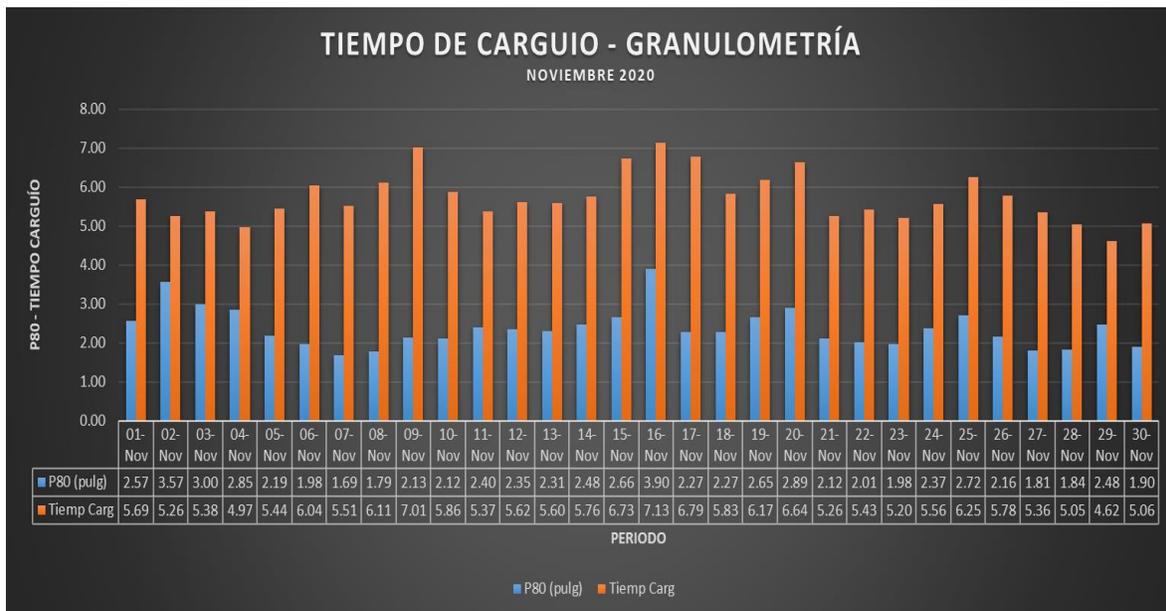


Figura 20. Relación de tiempo de carguio y granulometría, periodo noviembre del 2020

Uno de los parámetros importantes a ser analizados es la relación del tiempo de carguio y granulometría (P80), asimismo la granulometría con el *dig rate*.

El tiempo de carguío mínimo fue de 4.62 y el máximo de 7.13 minutos relacionando a un rango de granulometría de 1.69 pulgadas mínimo y un máximo de 3.90 pulgadas.

Asimismo, la granulometría con un mínimo de 1.69 pulgadas y un máximo de 3.90 pulgadas relacionado al *dig rate* (tasa de excavación) con un mínimo de 9,133.00 y un máximo de 10,777.82 t/h.

La menor granulometría (P80) se mantuvo constante durante el periodo del 26 al 30 de noviembre.

✓ Carguío periodo diciembre del 2020

El tonelaje promedio diario de carguío durante el mes de diciembre fue de 369.74 toneladas considerando una granulometría (P80) de 2.53 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) de 10,428.47 t/h.

Asimismo, el tiempo de carguío promedio para el periodo de diciembre del 2020 es de 5.59 minutos por ciclo, el cual considera las siguientes actividades: tiempo de parada con 2.26 minutos, tiempo de carga con 2.79 minutos y tiempo de espera con 0.54 minutos.

Tabla 7. Tiempo de carguío, periodo diciembre del 2020

TIEMPO DE CARGUÍO							
DICIEMBRE 2020							
MES	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	P80 (pulg)	DIG RATE (ton/hr)	TIEMPO CARGUÍO TOTAL(min)
01-Dic	367.90	2.59	2.61	0.52	2.22	9,482.78	5.71
02-Dic	369.11	1.62	2.70	0.49	2.84	10,596.57	4.81
03-Dic	366.88	1.50	2.99	0.57	2.31	10,223.74	5.06
04-Dic	367.93	2.23	2.98	0.55	2.31	10,630.00	5.76
05-Dic	367.45	2.30	2.81	0.53	2.46	10,739.51	5.65
06-Dic	369.59	2.66	2.58	0.48	3.31	10,934.90	5.73
07-Dic	366.24	2.66	2.81	0.56	2.40	10,567.09	6.02
08-Dic	369.03	2.16	2.87	0.58	2.11	8,914.07	5.61
09-Dic	370.54	1.68	2.76	0.48	3.35	9,675.59	4.92
10-Dic	367.02	1.77	2.70	0.50	2.16	10,135.15	4.98
11-Dic	370.41	2.63	2.73	0.54	2.34	10,075.62	5.90
12-Dic	367.39	1.60	2.80	0.42	3.39	11,528.00	4.83
13-Dic	367.06	1.54	2.59	0.45	2.31	10,630.00	4.58
14-Dic	370.14	1.30	2.67	0.47	3.19	10,767.00	4.45
15-Dic	369.19	1.53	2.49	0.52	3.19	10,879.40	4.54
16-Dic	370.26	1.42	2.65	0.57	2.96	10,705.00	4.63
17-Dic	366.93	1.71	2.76	0.48	2.74	11,078.50	4.95
18-Dic	370.28	2.21	2.83	0.50	2.68	9,964.04	5.54
19-Dic	369.40	2.13	2.86	0.59	2.19	9,860.60	5.58
20-Dic	372.95	2.41	2.89	0.62	2.22	9,962.40	5.92
21-Dic	374.25	3.09	2.70	0.57	2.30	10,045.22	6.36
22-Dic	373.54	2.98	2.79	0.60	2.44	9,836.78	6.37
23-Dic	369.02	2.05	2.78	0.54	2.28	9,455.72	5.36
24-Dic	373.78	3.12	2.83	0.54	2.29	10,622.61	6.50
25-Dic	372.26	3.35	2.92	0.64	1.82	11,965.93	6.91
26-Dic	371.06	3.18	2.90	0.58	2.13	10,412.86	6.66
27-Dic	373.15	2.90	2.89	0.63	2.46	10,739.51	6.42
28-Dic	371.42	2.73	2.89	0.65	3.31	10,934.90	6.27
29-Dic	367.86	2.44	3.61	0.75	2.31	10,630.00	6.80
30-Dic	371.91	3.29	2.73	0.52	3.19	10,767.00	6.53
31-Dic	369.84	3.16	2.92	0.55	2.16	10,135.15	6.62
PROMEDIO	369.74	2.26	2.79	0.54	2.53	10,428.47	5.59

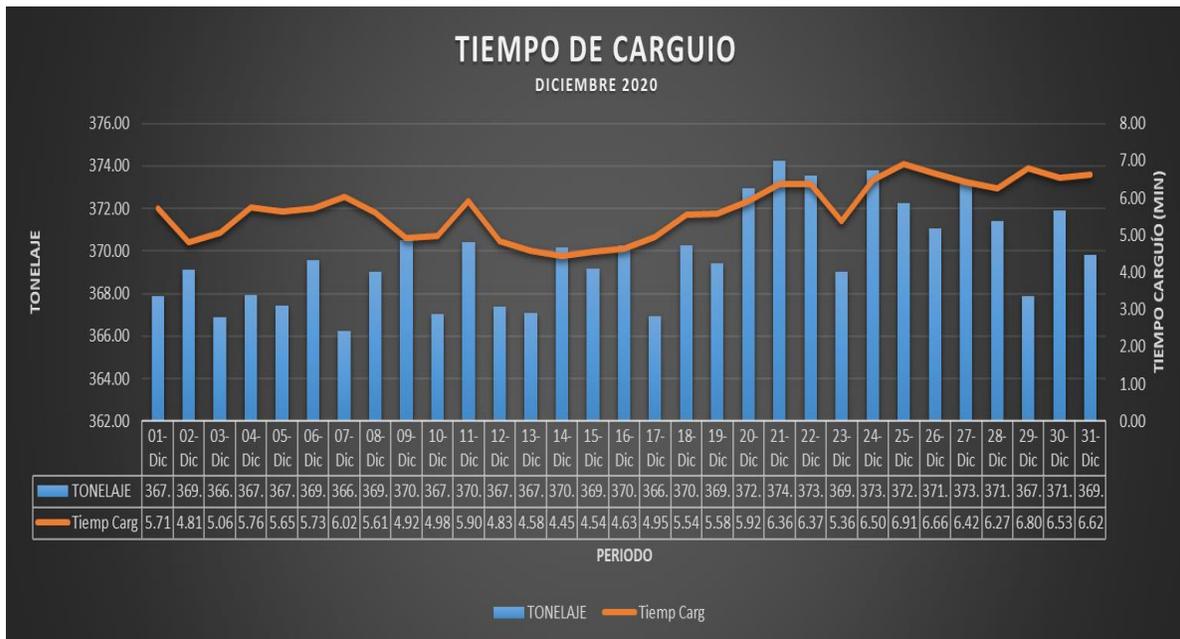


Figura 21. Tiempo de carguío, periodo diciembre del 2020

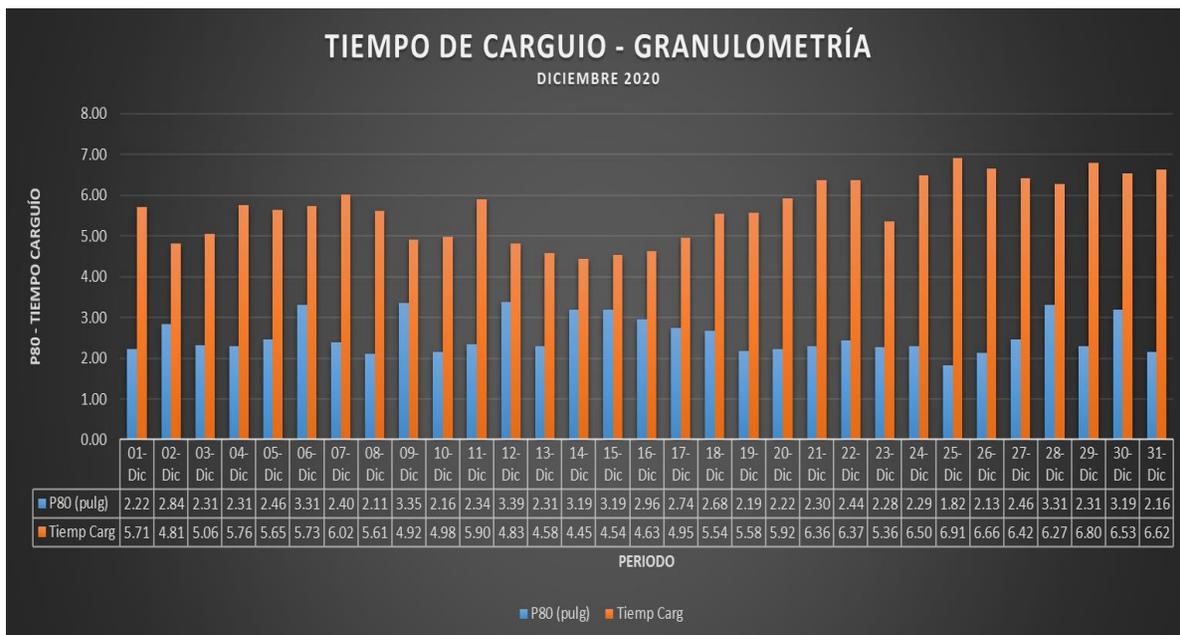


Figura 22. Relación de tiempo de carguío y granulometría, periodo diciembre del 2020.

Uno de los parámetros importantes a ser analizados es la relación del tiempo de carguío y granulometría (P80), asimismo la granulometría con el *dig rate*.

El tiempo de carguío mínimo fue de 4.45 y el máximo de 6.91 minutos relacionando a un rango de granulometría de 1.82 pulgadas mínimo y un máximo de 3.39 pulgadas.

Asimismo, la granulometría con un mínimo de 1.82 pulgadas y un máximo de 3.39 pulgadas relacionado al *dig rate* (tasa de excavación) con un mínimo de 8,914.07 y un máximo de 11,965.93 t/h.

La menor granulometría (P80) se mantuvo constante durante el periodo del 19 al 27 de diciembre.

✓ Carguío periodo enero del 2021

El tonelaje promedio diario de carguío durante el mes de enero del 2021 fue de 369.83 toneladas considerando una granulometría (P80) de 2.40 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) de 11,184.52 t/h.

Asimismo, el tiempo de carguío promedio para el periodo de enero del 2021 es de 6.35 minutos por ciclo, el mismol considera las siguientes actividades: tiempo de parada con 2.94 minutos, tiempo de carga con 2.83 minutos y tiempo de espera con 0.59 minutos.

Tabla 8. Tiempo de carguío, periodo enero del 2021

TIEMPO DE CARGUÍO							
ENERO 2021							
MES	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	P80 (pulg)	DIG RATE (ton/hr)	TIEMPO CARGUÍO TOTAL (min)
01-Ene	372.43	3.08	3.10	0.58	2.20	10,151.00	6.76
02-Ene	374.09	2.40	2.58	0.52	2.30	11,356.00	5.50
03-Ene	372.81	2.73	2.59	0.53	2.64	12,514.00	5.85
04-Ene	373.04	3.01	2.69	0.60	2.76	10,681.00	6.31
05-Ene	371.33	3.25	2.81	0.55	2.74	11,439.00	6.61
06-Ene	376.01	3.21	2.78	0.52	2.57	10,239.00	6.52
07-Ene	373.18	3.35	2.99	0.61	2.64	12,514.00	6.95
08-Ene	371.46	2.67	2.87	0.56	2.51	11,429.00	6.10
09-Ene	367.69	2.49	2.76	0.54	2.83	11,769.50	5.79
10-Ene	368.63	2.61	2.53	0.56	2.47	11,901.33	5.71
11-Ene	368.44	2.33	2.76	0.47	1.85	11,506.67	5.56
12-Ene	365.66	2.41	2.87	0.56	2.27	10,718.50	5.84
13-Ene	367.30	2.54	2.77	0.58	2.44	10,261.67	5.88
14-Ene	367.26	2.29	2.83	0.61	2.08	10,333.00	5.72
15-Ene	365.96	2.90	2.71	0.54	2.58	12,309.50	6.15
16-Ene	367.52	2.63	2.93	0.50	2.20	10,151.00	6.06
17-Ene	367.66	2.94	2.40	0.47	2.30	11,356.00	5.81
18-Ene	372.61	2.47	2.43	0.55	2.64	12,514.00	5.45
19-Ene	370.46	2.68	2.59	0.74	2.51	11,429.00	6.01
20-Ene	370.66	2.61	2.93	0.62	2.74	11,439.00	6.16
21-Ene	368.84	2.55	3.28	0.64	2.27	10,800.00	6.47
22-Ene	371.68	3.31	3.17	0.67	2.57	10,239.00	7.14
23-Ene	368.62	2.74	2.83	0.66	1.82	10,223.00	6.22
24-Ene	368.15	4.11	3.07	0.62	2.50	11,477.00	7.80
25-Ene	370.56	3.88	3.15	0.61	2.21	10,883.00	7.64
26-Ene	370.23	2.79	2.83	0.58	2.06	11,290.50	6.19
27-Ene	370.61	3.07	2.80	0.60	2.06	12,211.00	6.48
28-Ene	369.25	3.75	3.06	0.65	2.76	10,681.00	7.47
29-Ene	366.10	3.79	3.17	0.67	2.20	10,600.00	7.64
30-Ene	369.73	3.78	3.20	0.68	2.20	10,678.75	7.66
31-Ene	369.82	3.22	2.70	0.73	2.36	11,624.67	6.65
PROMEDIO	369.83	2.94	2.83	0.59	2.40	11,184.52	6.35

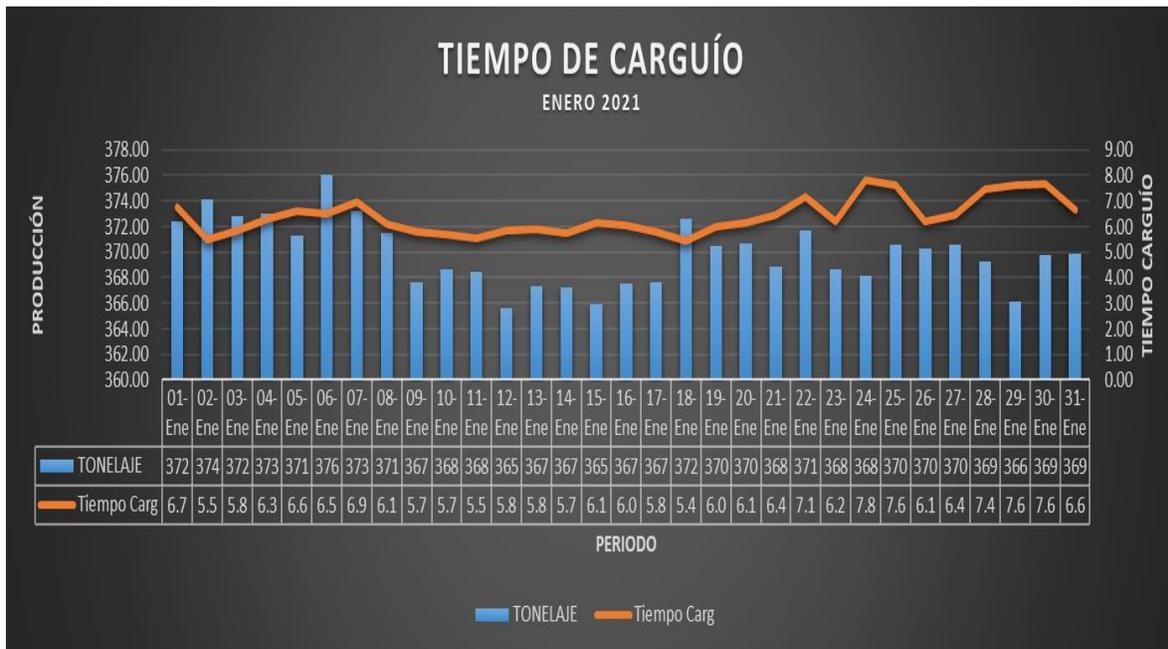


Figura 23. Tiempo de carguío, periodo enero del 2021

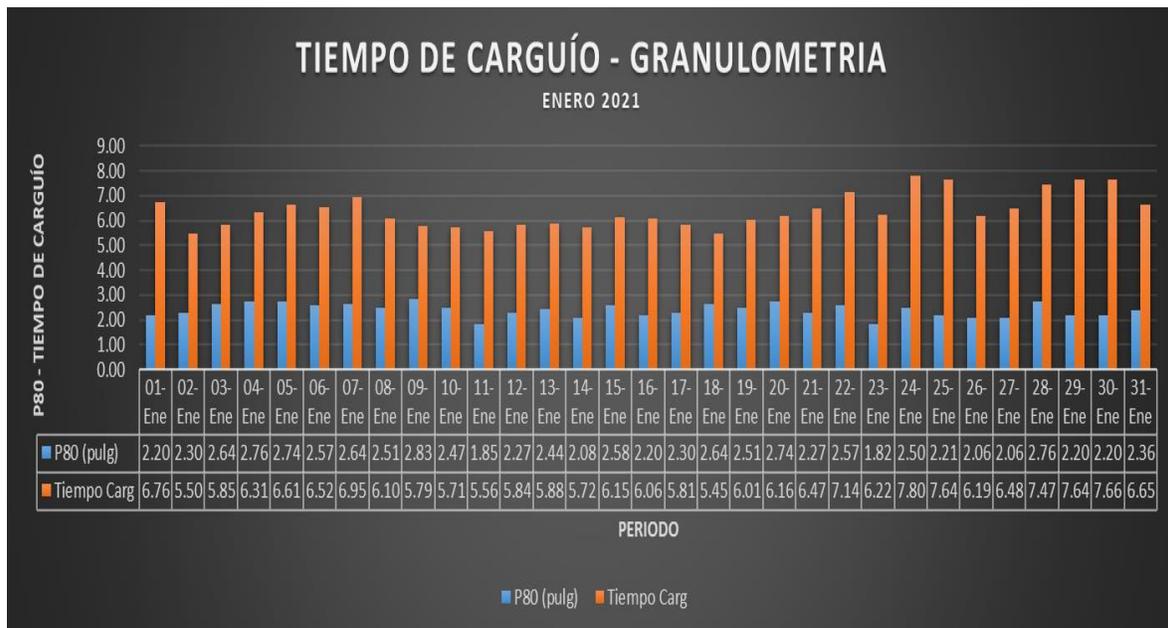


Figura 24. Relación de tiempo de carguío y granulometría, periodo enero del 2021

Uno de los parámetros importantes a ser analizados es la relación del tiempo de carguío y granulometría (P80), asimismo la granulometría con el *dig rate*.

El tiempo de carguío mínimo fue de 5.45 y el máximo de 7.80 minutos relacionando a un rango de granulometría de 1.82 pulgadas mínimo y un máximo de 2.83 pulgadas.

Asimismo, la granulometría con un mínimo de 1.82 pulgadas y un máximo de 2.83 pulgadas relacionado al *dig rate* (tasa de excavación) con un mínimo de 10,151 y un máximo de 12,514.00 t/h.

La menor granulometría (P80) se mantuvo constante durante el periodo del 01 al 31 de enero.

✓ Carguío periodo febrero del 2021

El tonelaje promedio diario de carguío durante el mes de febrero del 2021 fue de 371.74 toneladas considerando una granulometría (P80) de 2.40 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) de 11,418.71 t/h.

Asimismo, el tiempo de carguío promedio para el periodo de febrero del 2021 es de 6.01 minutos por ciclo, el mismo considera las siguientes actividades: tiempo de parada con 2.84 minutos, tiempo de carga con 2.59 minutos y tiempo de espera con 0.57 minutos.

Tabla 19. Tiempo de carguío, periodo febrero del 2021

TIEMPO DE CARGUÍO							
FEBRERO 2021							
MES	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	P80 (pulg)	DIG RATE (ton/hr)	TIEMPO CARGUIO TOTAL (min)
01-Feb	371.04	3.01	2.73	0.68	2.06	10,226.50	6.42
02-Feb	371.55	2.29	2.74	0.68	2.30	6,349.50	5.72
03-Feb	373.51	2.67	2.58	0.67	2.26	11,738.50	5.91
04-Feb	376.55	3.19	2.51	0.63	2.92	10,237.00	6.33
05-Feb	367.66	3.00	3.31	0.64	2.34	12,564.00	6.95
06-Feb	377.92	3.98	2.56	0.53	2.66	11,622.00	7.07
07-Feb	373.63	3.11	2.76	0.57	2.98	12,769.00	6.44
08-Feb	369.82	2.31	2.24	0.52	2.66	13,119.00	5.08
09-Feb	372.39	3.04	2.32	0.60	2.50	11,514.00	5.97
10-Feb	371.63	3.28	2.51	0.54	2.44	11,488.50	6.33
11-Feb	372.73	3.45	2.45	0.63	2.08	11,739.00	6.53
12-Feb	371.76	3.20	2.52	0.59	2.30	11,589.00	6.31
13-Feb	367.56	3.78	2.68	0.59	2.04	11,765.00	7.06
14-Feb	370.68	2.56	2.66	0.49	2.15	11,235.00	5.71
15-Feb	369.28	2.67	2.67	0.52	2.14	11,368.00	5.86
16-Feb	368.35	2.77	2.53	0.47	1.99	12,023.00	5.77
17-Feb	370.78	2.42	2.53	0.52	2.04	11,856.00	5.47
18-Feb	371.17	2.76	2.61	0.50	1.99	11,245.00	5.88
19-Feb	370.77	2.77	2.88	0.54	2.98	12,769.00	6.18
20-Feb	373.91	2.63	2.90	0.59	1.92	11,905.00	6.12
21-Feb	371.58	2.33	2.47	0.54	2.55	12,085.50	5.34
22-Feb	370.49	2.59	2.52	0.53	2.11	12,085.50	5.64
23-Feb	368.61	2.86	2.61	0.58	2.62	11,622.00	6.05
24-Feb	372.91	2.42	2.44	0.53	2.32	10,116.00	5.39
25-Feb	374.42	2.81	2.53	0.58	2.27	11,838.00	5.92
26-Feb	377.18	2.50	2.36	0.62	2.98	12,769.00	5.49
27-Feb	371.17	2.45	2.63	0.58	2.69	9,849.00	5.66
28-Feb	370.95	3.12	2.72	0.63	2.92	10,237.00	6.47
PROMEDIO	371.74	2.84	2.59	0.57	2.40	11,418.71	6.01

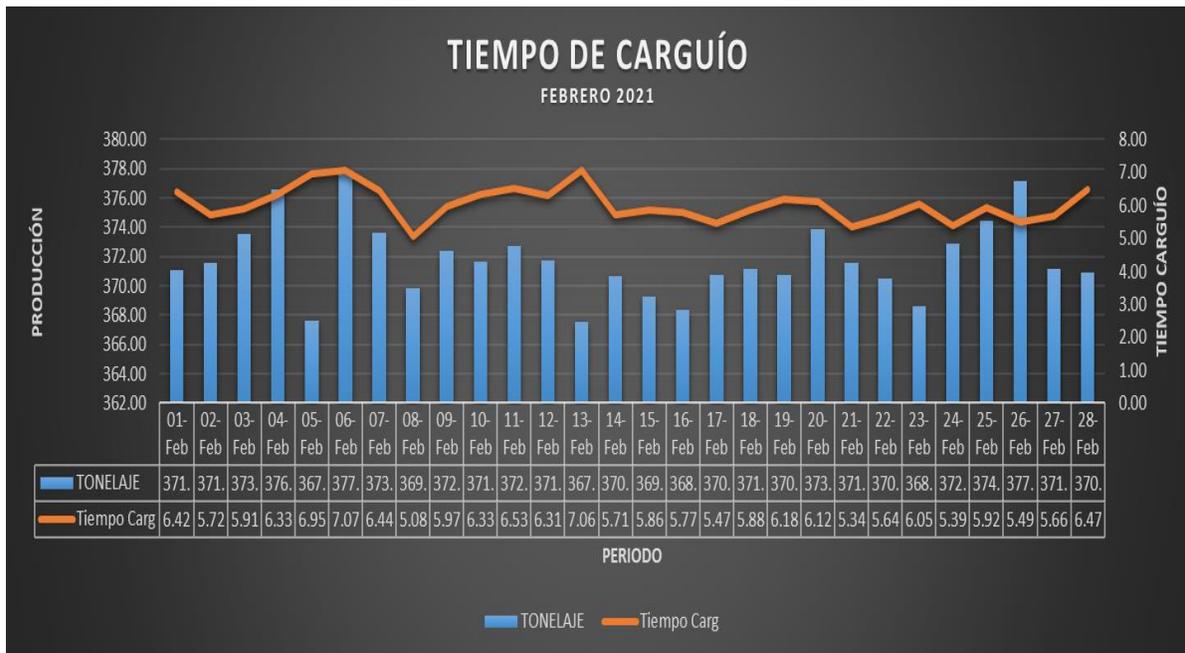


Figura 24. Tiempo de carguío, periodo febrero del 2021

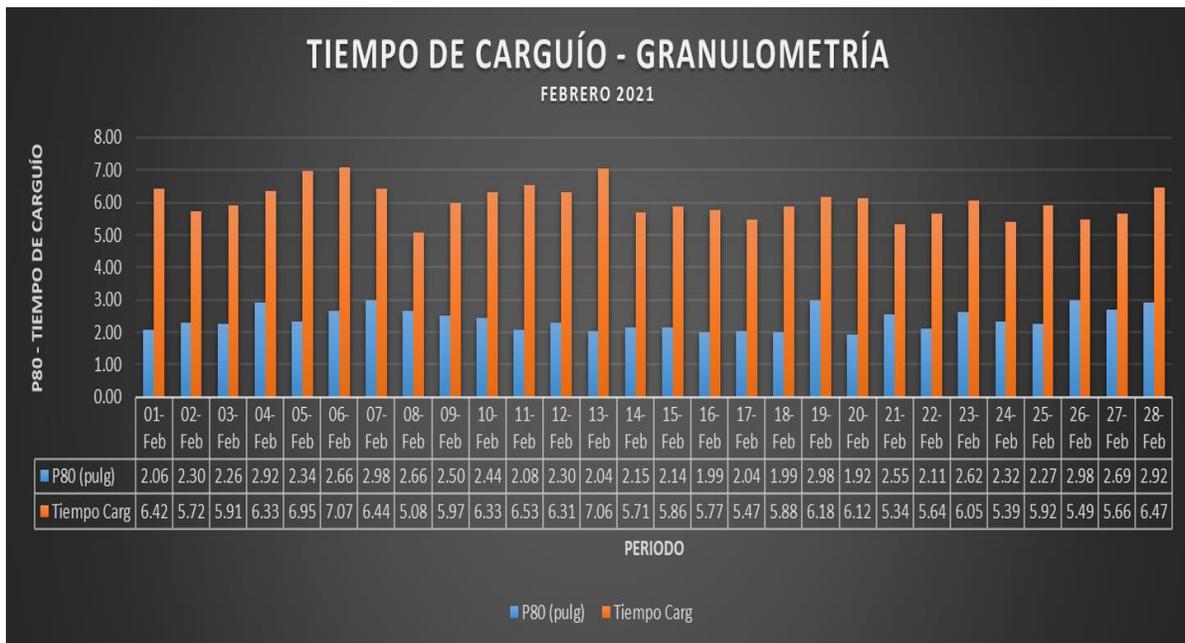


Figura 25. Relación de tiempo de carguío y granulometría, periodo febrero del 2021

Uno de los parámetros importantes a ser analizados es la relación del tiempo de carguío y granulometría (P80), asimismo la granulometría con el *dig rate*.

El tiempo de carguío mínimo fue de 5.08 y el máximo de 7.07 minutos relacionando a un rango de granulometría de 1.92 pulgadas mínimo y un máximo de 2.98 pulgadas.

Asimismo, la granulometría con un mínimo de 1.92 y un máximo de 2.98 pulgadas relacionado al *dig rate* (tasa de excavación) con un mínimo de 6,349.50 y un máximo de 13,119.00 t/h.

La menor granulometría (P80) se mantuvo constante durante el periodo del 01 al 28 de febrero.

✓ Carguío periodo marzo del 2021

El tonelaje promedio diario de carguío durante el mes de marzo del 2021 fue de 370.23 toneladas considerando una granulometría (P80) de 2.37 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) de 11,581.33 t/h.

Asimismo, el tiempo de carguío promedio para el periodo de marzo del 2021 es de 5.79 minutos por ciclo el cual considera las siguientes actividades: tiempo de parada con 2.64 minutos, tiempo de carga con 2.62 minutos y tiempo de espera con 0.54 minutos.

Tabla 20. Tiempo de carguío, periodo marzo del 2021

TIEMPO DE CARGUÍO							
MARZO 2021							
MES	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	P80 (pulg)	DIG RATE (ton/hr)	TIEMPO CARGUIO TOTAL (min)
01-Mar	372.43	3.08	3.10	0.58	2.82	10,996.00	6.76
02-Mar	374.09	2.40	2.58	0.52	2.59	11,224.00	5.50
03-Mar	372.81	2.73	2.59	0.53	2.65	9,129.00	5.85
04-Mar	373.04	3.01	2.69	0.60	2.06	11,250.00	6.31
05-Mar	371.33	3.25	2.81	0.55	2.33	10,579.50	6.61
06-Mar	376.01	3.21	2.78	0.52	2.68	11,819.50	6.52
07-Mar	373.18	3.35	2.99	0.61	2.32	14,227.00	6.95
08-Mar	371.46	2.67	2.87	0.56	1.85	15,479.00	6.10
09-Mar	367.69	2.49	2.76	0.54	2.26	11,407.50	5.79
10-Mar	368.63	2.61	2.53	0.56	2.13	11,899.50	5.71
11-Mar	368.44	2.33	2.76	0.47	2.53	10,975.00	5.56
12-Mar	365.66	2.41	2.87	0.56	1.76	9,287.00	5.84
13-Mar	367.30	2.54	2.77	0.58	2.64	10,275.50	5.88
14-Mar	367.26	2.29	2.83	0.61	2.38	11,624.33	5.72
15-Mar	365.96	2.90	2.71	0.54	2.64	10,275.50	6.15
16-Mar	367.52	2.63	2.93	0.50	1.99	11,281.50	6.06
17-Mar	367.66	2.94	2.40	0.47	2.32	11,750.50	5.81
18-Mar	372.61	2.47	2.43	0.55	2.34	12,119.50	5.45
19-Mar	370.46	2.68	2.59	0.74	2.98	11,950.00	6.01
20-Mar	370.66	2.61	2.93	0.62	2.19	12,009.00	6.16
21-Mar	368.84	2.55	3.28	0.64	2.25	11,474.00	6.47
22-Mar	371.68	3.31	3.17	0.67	2.68	11,819.50	7.14
23-Mar	368.62	2.74	2.83	0.66	2.20	11,977.50	6.22
24-Mar	368.15	4.11	3.07	0.62	2.35	11,966.50	7.80
25-Mar	370.56	3.88	3.15	0.61	2.16	11,548.50	7.64
26-Mar	370.23	2.79	2.83	0.58	2.32	11,750.50	6.19
27-Mar	370.61	3.07	2.80	0.60	2.21	12,278.50	6.48
28-Mar	369.25	3.75	3.06	0.65	2.26	11,407.50	7.47
29-Mar	366.10	3.79	3.17	0.67	2.18	11,271.00	7.64
30-Mar	369.73	3.78	3.20	0.68	2.54	11,129.00	7.66
31-Mar	369.82	3.22	2.70	0.73	2.98	12,840.00	6.65
PROMEDIO	370.23	2.64	2.62	0.54	2.37	11,581.33	5.79

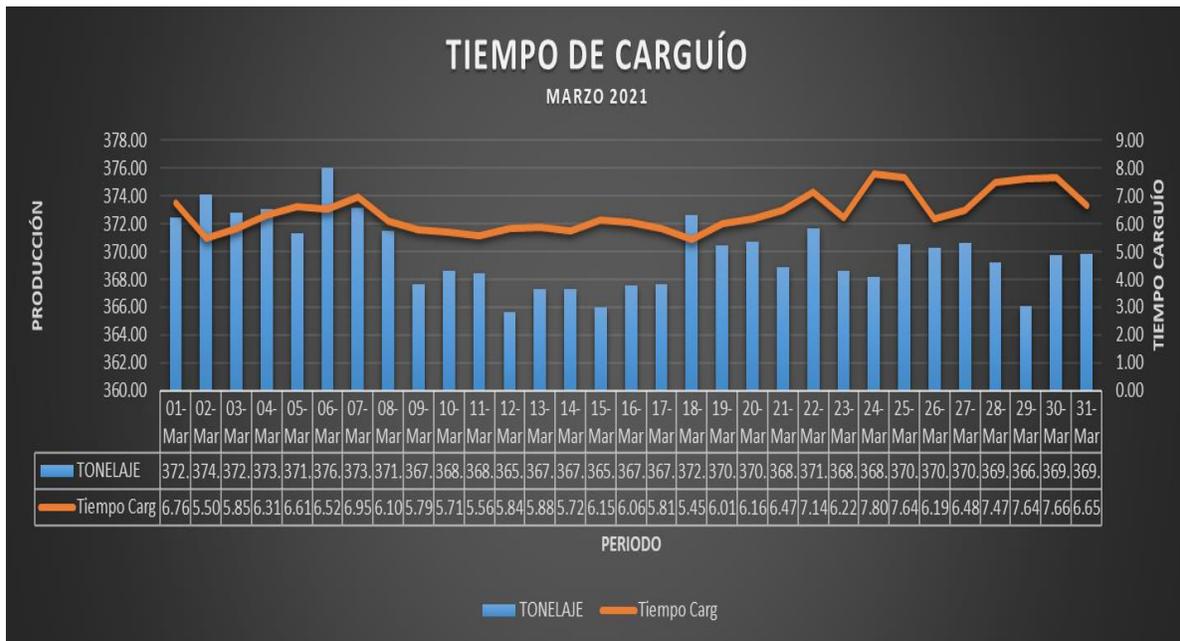


Figura 26. Tiempo de carguío, periodo marzo del 2021

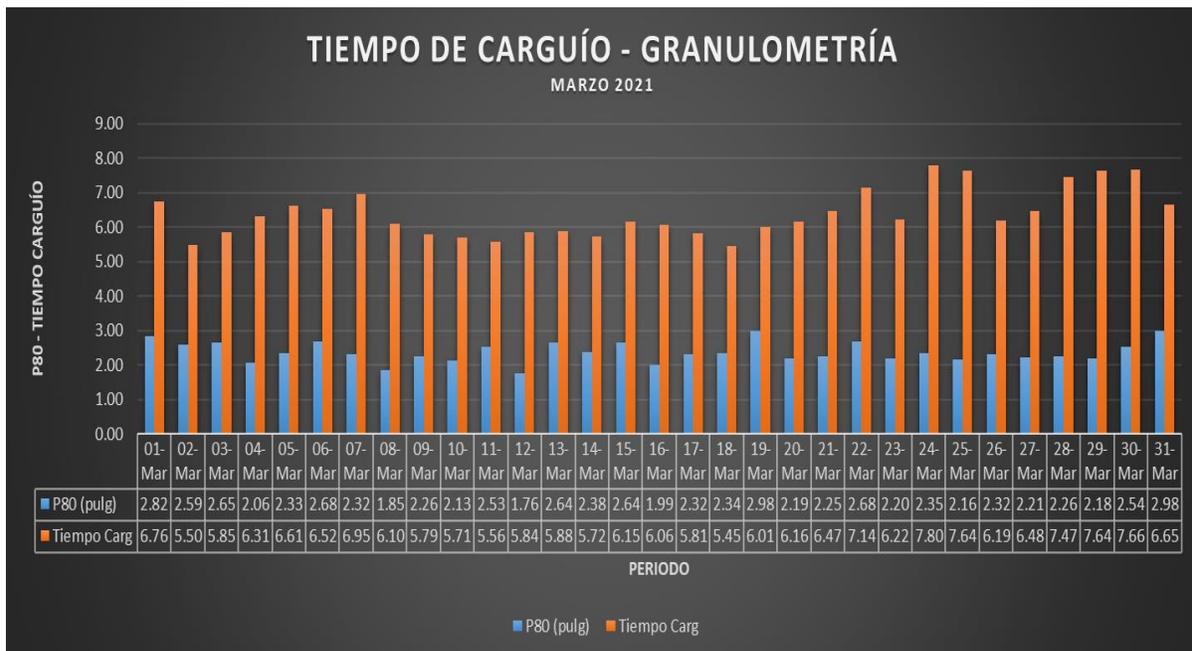


Figura 27. Relación de tiempo de carguío y granulometría, periodo marzo del 2021

Uno de los parámetros importantes a ser analizados es la relación del tiempo de carguío y granulometría (P80), asimismo la granulometría con el *dig rate*.

El tiempo de carguío mínimo fue de 5.45 y el máximo de 7.80 minutos relacionando a un rango de granulometría de 1.76 pulgadas mínimo y un máximo de 2.98.

Asimismo, la granulometría con un mínimo de 1.76 pulgadas y un máximo de 2.98 relacionado al *dig rate* (tasa de excavación) con un mínimo de 9,129.00 y un máximo de 15,479.00 t/h.

La menor granulometría (P80) se mantuvo constante durante el periodo del 01 al 31 de marzo.

4.1.3. Análisis comparativo de los equipos de carguío periodo 2020 a 2021

Durante el tiempo de estudio de octubre a diciembre del 2020 y de enero a marzo del 2021 se analizaron los siguientes resultados:

El tonelaje promedio de carguío fue de 370.84 t/día, considerando un tiempo de carguío de 5.81 minutos.

El tiempo de carguío considera el tiempo de parada promedio de 2.60 minutos, el tiempo de carga promedio de 2.67 minutos y el tiempo de espera promedio en 0.55 minutos.

La relación entre el tonelaje de carguío diario promedio de 370.84 t/día está relacionado al *dig rate* (tasa de excavación) en promedio de 10,862.32 t/h considerando un P80 promedio (grado de fragmentación) de 2.45 pulgadas y una dureza promedio de 3.03.

Tabla 21. Resumen de tiempo de carguío, periodo de estudio de octubre 2020 a marzo del 2021

RESUMEN TIEMPO DE CARGUÍO							
AÑO 2020 - 2021							
PERIODO	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	P80 (pulg)	DIG RATE (ton/hr)	TIEMPO CARGUÍO TOTAL (min)
OCTUBRE -20	370.49	2.30	2.59	0.51	2.64	10,100.73	5.41
NOVIEMBRE - 20	373.00	2.61	2.58	0.53	2.39	10,496.14	5.72
DICIEMBRE - 20	369.74	2.26	2.79	0.54	2.53	10,428.47	5.59
ENERO - 21	369.83	2.94	2.83	0.59	2.40	11,184.52	6.35
FEBRERO - 21	371.74	2.84	2.59	0.57	2.40	11,418.71	6.01
MARZO - 21	370.23	2.64	2.62	0.54	2.37	11,581.33	5.79
PROMEDIO	370.84	2.60	2.67	0.55	2.45	10,868.32	5.81

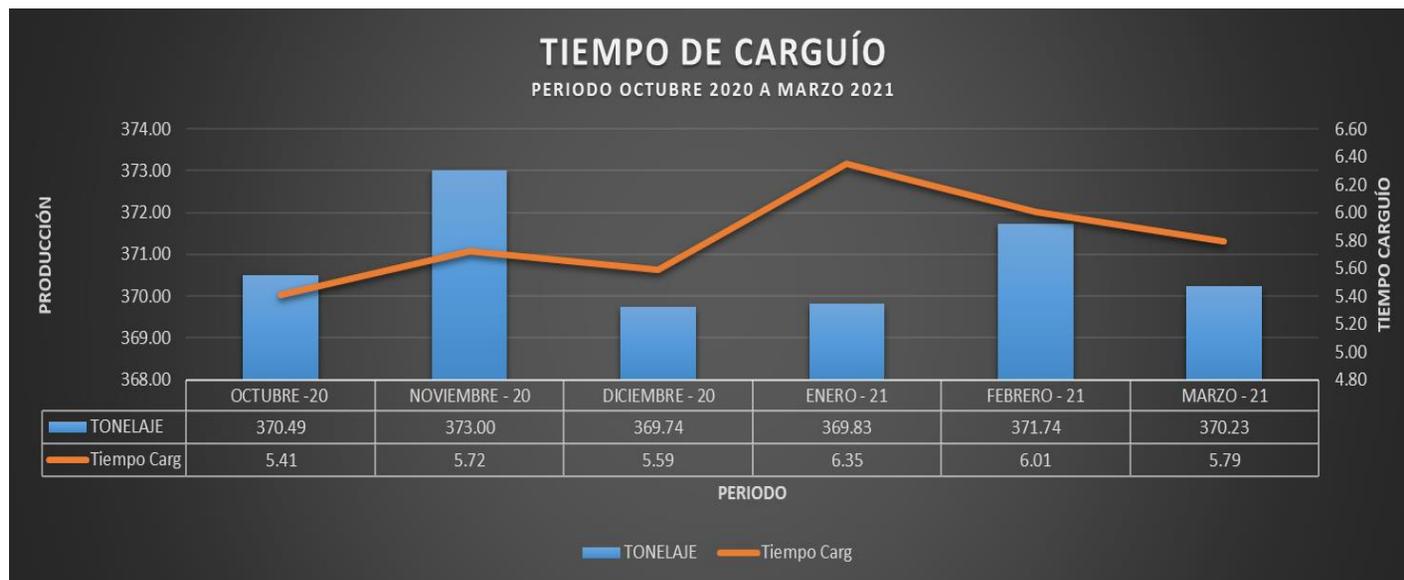


Figura 28. Relación de tiempo de carguío y producción, periodo agosto 2020 a marzo del 2021

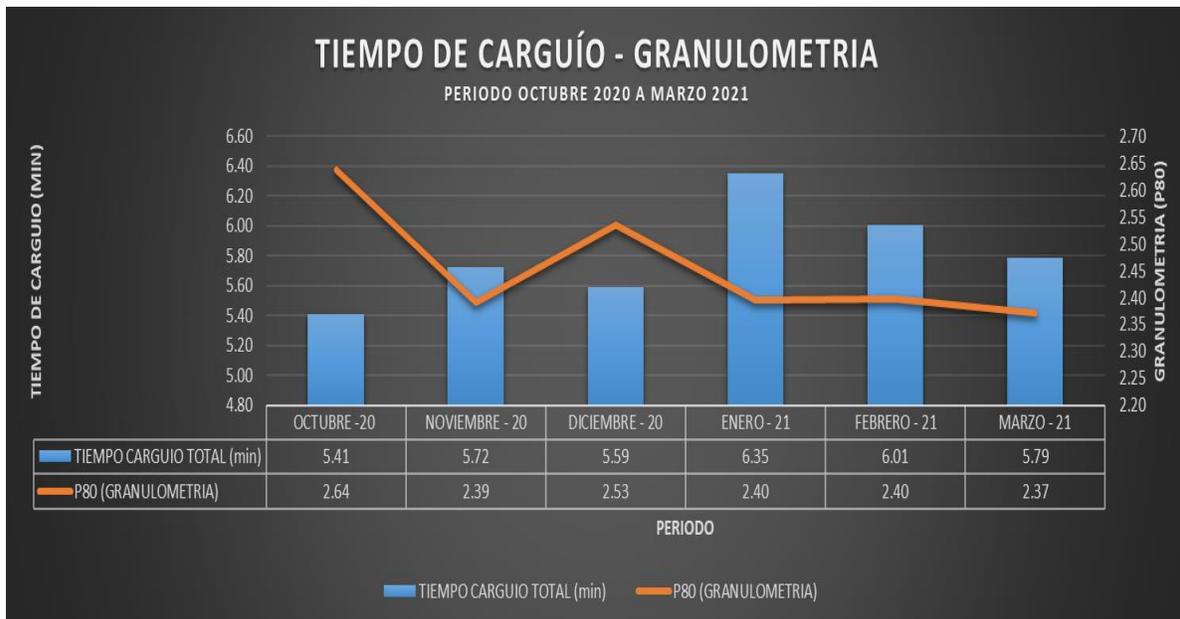


Figura 29. Relación de tiempo de carguío y granulometría, octubre 2020 a marzo del 2021

✓ Análisis comparativo periodo octubre – diciembre 2020 a enero – marzo 2021
 Los resultados comparativos entre ambos periodos de estudio se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 22. Comparativo ciclo de carguío, periodo de estudio de octubre 2020 a marzo del 2021

COMPARATIVO CICLO DE CARGUÍO							
PERIODO DE ESTUDIO OCTUBRE 2020 A MARZO 2021							
PERIODO	TONELAJE	TIEMPO PARADA (min)	TIEMPO CARGA (min)	TIEMPO ESPERA (min)	P80 (pulg)	DIG RATE (ton/hr)	TIEMPO CARGUÍO TOTAL (min)
OCT - DIC 20	371.08	2.39	2.66	0.53	2.52	10,341.78	5.57
ENE - MARZ 21	370.60	2.80	2.68	0.56	2.39	11,394.86	6.05
DIFERENCIA	-0.48	0.41	0.02	0.04	-0.13	1,053.08	0.47

El tiempo de carguío se incrementó durante el periodo de estudio octubre a diciembre 2020 de 5.57 a 6.05 minutos periodo enero a marzo 20201, con un incremento de 0.47 minutos. Este mayor tiempo de carguío está relacionado a un mayor *dig rate* (tasa de excavación) con un incremento de 10,341.78 t/h durante el

periodo octubre a diciembre 2020 a 11,394.86 t/h durante el periodo enero a marzo 2021.

El mayor tonelaje de excavación (dig rate) con los equipos de carguío se incrementaron en 1,053.08 t/h durante el periodo enero a marzo 2021, está relacionado al grado de fragmentación controlado (P80). La disminución del P80 (grado de fragmentación) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue de 2.52 pulgadas, generando una disminución durante el periodo de enero a marzo del 2021 con 2.39 pulgadas.

Finalmente, esta menor granulometría en 0.13 pulgadas, permitió el incremento de la tasa de excavación (dig rate) en 1053.08 t/h, mejorando el rendimiento en los equipos de carguío por el mayor tonelaje cargado.

4.1.4. Análisis del rendimiento de los equipos de acarreo.

El análisis de rendimiento de los equipos de acarreo realizado durante los periodos de octubre a diciembre 2020 y comparado con los periodos de enero a marzo del 2021 considera las diferentes variables operacionales como: tonelaje transportado diario, distancia de acarreo y ciclo del tiempo total de acarreo, relacionando con el P80 y di grate de los equipos de carguío.

✓ Acarreo periodo octubre 2020

Durante el periodo de octubre 2020 se considera un tonelaje transportado promedio de 374.21 t/día, distancia promedio de 3.45 kilómetros, un total de tiempo de ciclo de acarreo de 30.96 minutos.

Tabla 9. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de octubre del 2020

TIEMPO DE CICLO DE ACARREO															
OCTUBRE 2020															
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia	Tiempo Viaje	Tiempo espera	Tiempo maniobra	Tiempo Esperando	Tiempo de	Tiempo Viaje	Tiempo espera	Tiempo maniobra	Tiempo de	Tiempo Total	P80	Dig rate
			Km	Vacio (min)	en pala (min)	y acuatamiento (min)	Carga (min)	Carguío (min)	Con carga (min)	en pto descarga (min)	y acuatamiento (min)	descarga (min)			
01-Oct	378.60	1.00	5.59	9.53	0.48	1.48	0.28	2.36	14.51	0.73	1.12	0.90	31.38	2.00	10,039.18
02-Oct	375.55	1.00	3.36	8.37	0.78	1.52	0.38	3.18	12.84	0.78	1.15	0.90	29.89	1.75	9,377.87
03-Oct	378.94	1.00	3.80	8.58	0.68	1.44	0.31	2.35	14.38	0.71	1.12	0.90	30.47	2.05	10,988.67
04-Oct	376.66	1.00	3.18	7.96	0.56	1.37	0.30	2.60	12.36	0.67	0.96	0.88	27.66	2.26	9,156.50
05-Oct	377.48	1.00	3.66	8.04	0.85	1.45	0.36	2.65	12.89	0.56	0.36	0.91	28.07	3.49	9,690.86
06-Oct	378.64	1.00	3.66	8.78	0.83	1.65	0.38	2.64	13.71	0.37	0.29	0.93	29.58	3.70	9,689.24
07-Oct	376.78	1.00	3.49	8.04	0.51	1.25	0.29	2.82	13.76	1.42	1.63	0.89	30.62	2.18	11,106.26
08-Oct	375.82	1.00	2.86	6.65	0.56	1.54	0.33	2.62	11.10	1.29	1.23	0.90	26.21	2.83	9,796.44
09-Oct	376.15	1.00	3.06	7.11	0.57	1.41	0.33	2.83	11.92	1.81	1.94	0.85	28.76	2.09	9,226.00
10-Oct	374.65	1.00	3.89	9.13	0.44	1.26	0.37	2.58	15.39	1.34	1.48	0.88	32.86	2.15	9,589.34
11-Oct	374.49	1.00	3.29	8.32	0.64	1.56	0.34	2.91	13.16	1.68	1.45	0.90	30.96	1.95	9,529.50
12-Oct	375.14	1.00	3.61	8.76	0.68	1.76	0.41	2.26	13.95	1.82	1.67	0.93	32.24	2.17	10,781.71
13-Oct	376.25	1.00	4.27	9.30	1.23	1.70	0.42	2.31	16.70	2.10	1.72	0.96	36.44	2.77	9,489.00
14-Oct	375.45	1.00	4.31	10.32	0.89	1.57	0.40	2.37	16.78	2.26	1.88	0.90	37.37	3.23	11,780.92
15-Oct	373.89	1.00	4.35	10.73	1.07	1.72	0.45	2.46	16.81	2.37	1.86	0.90	38.37	3.00	10,100.00
16-Oct	374.80	1.00	4.14	10.80	0.99	1.83	0.44	2.76	16.71	1.96	1.72	0.94	38.15	2.84	9,355.32
17-Oct	370.81	1.00	3.61	9.66	0.88	1.48	0.37	2.65	15.33	1.56	1.55	0.86	34.35	2.41	10,768.38
18-Oct	371.42	1.00	4.31	8.77	0.75	1.67	0.34	2.78	12.77	1.27	1.21	0.88	30.45	3.07	6,373.33
19-Oct	370.50	1.00	6.05	7.68	0.64	1.32	0.32	2.61	11.73	0.88	0.73	0.91	26.81	2.34	10,786.14
20-Oct	373.31	1.00	4.27	8.01	0.63	1.41	0.36	2.45	12.72	1.23	1.16	0.91	28.89	2.32	10,656.05
21-Oct	374.42	1.00	3.25	8.67	0.67	1.48	0.32	2.52	13.19	1.31	1.18	0.92	30.27	3.85	10,411.22
22-Oct	373.71	1.00	3.16	8.70	0.71	1.36	0.33	2.76	13.17	1.12	0.99	0.93	30.06	3.30	10,780.21
23-Oct	372.12	1.00	3.52	7.33	0.64	1.15	0.37	2.58	10.78	1.84	1.54	0.92	27.15	2.85	10,549.35
24-Oct	374.38	1.00	4.79	8.62	0.54	1.23	0.28	2.77	14.33	1.54	1.26	0.91	31.48	1.95	10,943.27
25-Oct	373.36	1.00	4.55	9.06	0.46	1.28	0.34	2.66	13.61	0.63	0.90	0.92	29.86	2.69	10,566.39
26-Oct	373.12	1.00	3.51	8.78	0.41	1.11	0.32	2.76	12.30	1.26	1.16	0.93	29.04	2.38	11,228.13
27-Oct	375.90	1.00	3.41	8.19	0.61	1.17	0.31	2.78	12.40	1.13	1.11	0.90	28.60	2.23	10,472.03
28-Oct	374.95	1.00	3.33	8.66	0.62	1.32	0.35	2.58	13.01	0.56	0.53	0.91	28.55	2.20	10,728.57
29-Oct	373.34	1.00	3.47	9.18	0.51	1.54	0.34	2.69	13.04	0.42	0.35	0.94	29.01	2.79	7,152.75
30-Oct	372.84	1.00	2.60	7.23	0.51	1.49	0.37	2.50	10.39	0.73	0.69	0.91	24.81	4.19	10,045.00
31-Oct	371.56	1.00	3.69	9.21	0.46	1.44	0.38	2.70	14.67	0.32	0.45	0.99	30.62	3.14	10,313.42
PROMEDIO	374.21	1.00	3.45	8.92	0.63	1.43	0.31	2.78	13.72	1.04	1.20	0.93	30.96	2.64	10,100.73



Figura 30. Tiempo de ciclo de acarreo, periodo octubre del 2020

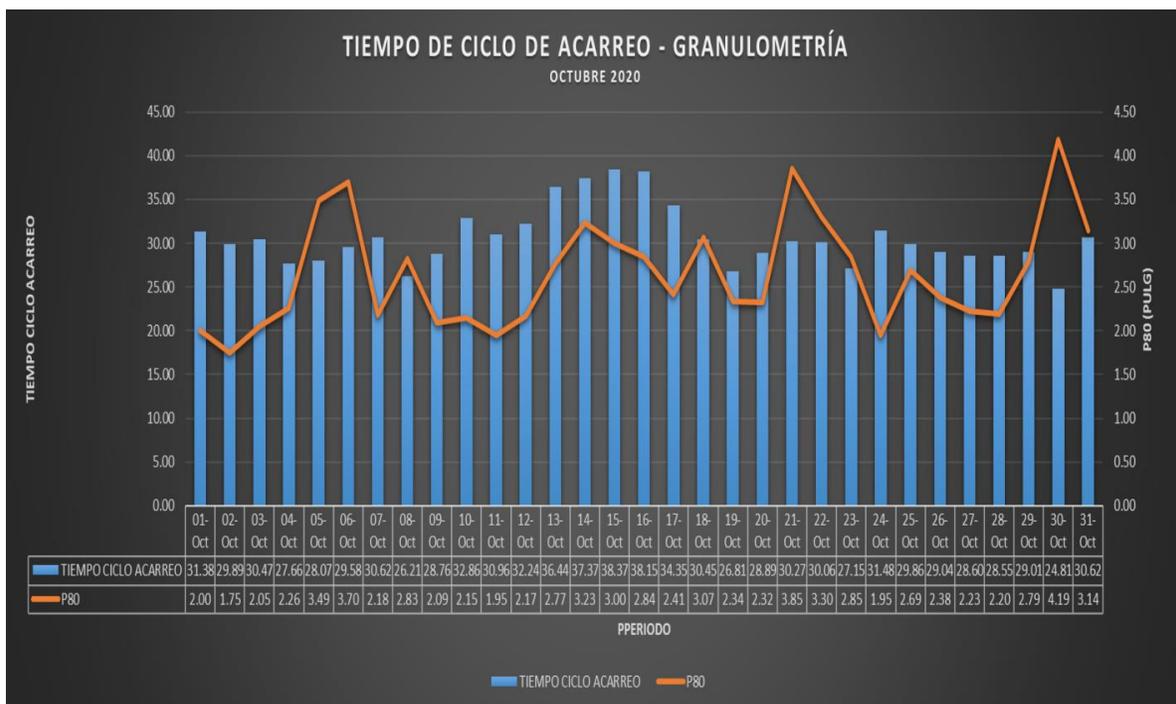


Figura 31. Tiempo de ciclo de acarreo versus granulometría, periodo octubre del 2020

El tiempo de ciclo de acarreo durante el periodo octubre del 2020 fue de 30.96 minutos. El ciclo de acarreo promedio considera los siguientes tiempos: de viaje vacío con 8.92 minutos, de espera en pala con 0.68 minutos, de maniobra y

aculatamiento con 1.48 minutos, de espera carga con 0.31 minutos, de carguío 2.78 minutos, de viaje con carga con 13.72 minutos, de espera en punto de descarga con 1.04 minutos, de maniobra y aculatamiento con 1.20 minutos y de descarga con 0.93 minutos.

La relación de ciclo de acarreo considerado en 30.96 minutos para el periodo octubre del 2020, el que considera una granulometría promedio de 2.64 pulgadas y un tonelaje transportado de 374.21 toneladas diarias.

El tiempo de viaje con carga es de 13.72 minutos y el tiempo de viaje sin carga es de 8.92 minutos considerando una distancia media de 3.45 kilómetros.

La velocidad media sin carga es de 23.20 km/r y la velocidad media con carga es de 15.07 km/h durante el mes de octubre.

✓ Acarreo periodo noviembre 2020

Durante el periodo de noviembre del 2020 se considera un tonelaje transportado promedio de 376.38 t/día, distancia promedio de 3.82 kilómetros, un total de tiempo de ciclo de acarreo de 34.20 minutos.

El total de ciclo de acarreo se relaciona con la granulometría promedio (P80) de 2.39 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) promedio de 10,496.14 t/h.

Tabla 10. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de noviembre del 2020

TIEMPO DE CICLO DE ACARREO															
NOVIEMBRE 2020															
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia	Tiempo Viaje	Tiempo espera	Tiempo maniobra	Tiempo Esperando	Tiempo de	Tiempo Viaje	Tiempo espera	Tiempo maniobra	Tiempo de	Tiempo Total	P80	Dig rate
			Km	Vacio (min)	en pala (min)	y aculamiento (min)	Carga (min)	Carguio (min)	Con carga (min)	en pto descarga (min)	y aculamiento (min)	descarga (min)			
01-Nov	374.49	1.00	3.51	8.71	0.32	1.17	0.33	2.42	14.45	0.87	1.17	0.91	30.36	2.57	10,735.70
02-Nov	375.06	1.00	3.53	8.38	0.72	1.45	0.38	2.60	14.65	1.40	1.26	0.93	31.76	3.57	10,736.33
03-Nov	374.49	1.00	3.51	8.95	0.69	1.55	0.39	2.65	14.77	1.36	1.33	0.90	32.60	3.00	10,699.00
04-Nov	373.74	1.00	3.37	8.88	1.26	1.73	0.40	2.63	13.82	1.47	1.31	0.92	32.42	2.85	11,279.00
05-Nov	371.73	1.00	3.27	7.98	0.71	1.37	0.40	2.74	13.20	1.40	1.21	0.90	29.92	2.19	10,996.50
06-Nov	372.59	1.00	3.41	8.28	1.38	1.75	0.39	2.92	15.02	1.82	1.44	0.86	33.86	1.98	10,777.82
07-Nov	375.73	1.00	3.93	9.52	0.74	1.48	0.36	2.68	16.69	1.33	1.13	0.88	34.81	1.69	11,749.50
08-Nov	374.33	1.00	3.76	8.56	1.00	1.43	0.34	2.99	15.31	1.70	1.33	0.89	33.55	1.79	11,394.50
09-Nov	375.61	1.00	4.25	9.12	0.66	1.36	0.32	3.03	17.66	1.85	1.73	0.87	36.59	2.13	11,547.50
10-Nov	378.17	1.00	4.23	9.55	0.80	1.56	0.36	2.44	18.14	1.78	1.62	0.83	37.08	2.12	10,775.50
11-Nov	376.87	1.00	3.58	8.79	0.53	1.32	0.37	2.34	15.57	1.79	1.46	0.86	33.03	2.40	10,658.50
12-Nov	376.74	1.00	4.14	9.30	0.73	1.62	0.39	2.49	17.54	1.67	1.73	0.88	36.36	2.35	10,266.00
13-Nov	375.62	1.00	3.40	7.82	0.88	1.73	0.43	2.78	14.15	1.65	1.58	0.86	31.87	2.31	10,247.85
14-Nov	377.59	1.00	3.67	8.75	0.84	1.52	0.34	2.81	15.49	1.98	1.61	0.90	34.24	2.48	10,399.76
15-Nov	377.66	1.00	3.77	8.89	0.61	1.28	0.37	2.91	16.26	2.14	1.57	0.91	34.93	2.66	9,796.68
16-Nov	376.09	1.00	3.68	8.57	0.84	1.54	0.36	3.23	15.53	2.15	1.65	0.86	34.73	3.90	10,062.59
17-Nov	377.08	1.00	3.97	9.35	0.87	1.63	0.42	2.71	16.57	2.63	1.75	0.88	36.82	2.27	10,034.19
18-Nov	378.54	1.00	4.22	9.43	0.78	1.51	0.38	2.62	17.26	2.33	1.73	0.90	36.95	2.27	10,225.79
19-Nov	378.01	1.00	4.64	10.39	0.90	1.67	0.38	3.02	18.37	0.64	0.79	0.94	37.09	2.65	10,022.10
20-Nov	378.73	1.00	3.73	8.65	0.82	1.65	0.42	2.74	15.12	1.96	1.81	0.88	34.05	2.89	9,847.99
21-Nov	379.29	1.00	4.08	9.74	0.60	1.29	0.31	2.28	17.40	2.56	1.73	0.87	36.78	2.12	10,123.00
22-Nov	379.35	1.00	4.13	9.99	0.62	1.23	0.35	2.44	17.49	1.81	1.51	0.88	36.32	2.01	10,170.00
23-Nov	378.63	1.00	4.02	8.92	0.96	1.54	0.42	2.44	16.88	2.30	1.63	0.89	35.97	1.98	10,777.82
24-Nov	378.25	1.00	3.86	9.17	0.58	1.23	0.35	2.68	15.59	1.39	1.39	0.98	33.38	2.37	10,406.33
25-Nov	377.97	1.00	4.16	9.72	0.36	1.11	0.41	2.59	17.00	1.99	1.62	0.92	35.71	2.72	9,879.94
26-Nov	378.06	1.00	4.01	9.27	0.51	1.34	0.42	2.46	16.43	1.76	1.36	0.93	34.49	2.16	10,737.33
27-Nov	373.81	1.00	3.64	8.78	0.71	1.30	0.36	2.35	14.14	1.53	1.30	0.93	31.41	1.81	11,036.93
28-Nov	374.97	1.00	3.94	9.50	0.74	1.42	0.36	2.40	15.90	1.50	1.28	0.91	34.00	1.84	10,622.69
29-Nov	376.26	1.00	3.48	9.44	0.90	1.58	0.37	2.14	14.35	1.49	1.17	0.94	32.38	2.48	9,787.05
30-Nov	376.37	1.00	3.59	9.97	0.58	1.54	0.38	2.38	14.93	1.52	1.19	0.93	33.41	1.90	9,133.00
PROMEDIO	376.38	1.00	3.82	9.10	0.75	1.46	0.37	2.62	15.85	1.72	1.44	0.90	34.20	2.39	10,496.14



Figura 32. Tiempo de ciclo de acarreo, periodo noviembre del 2020

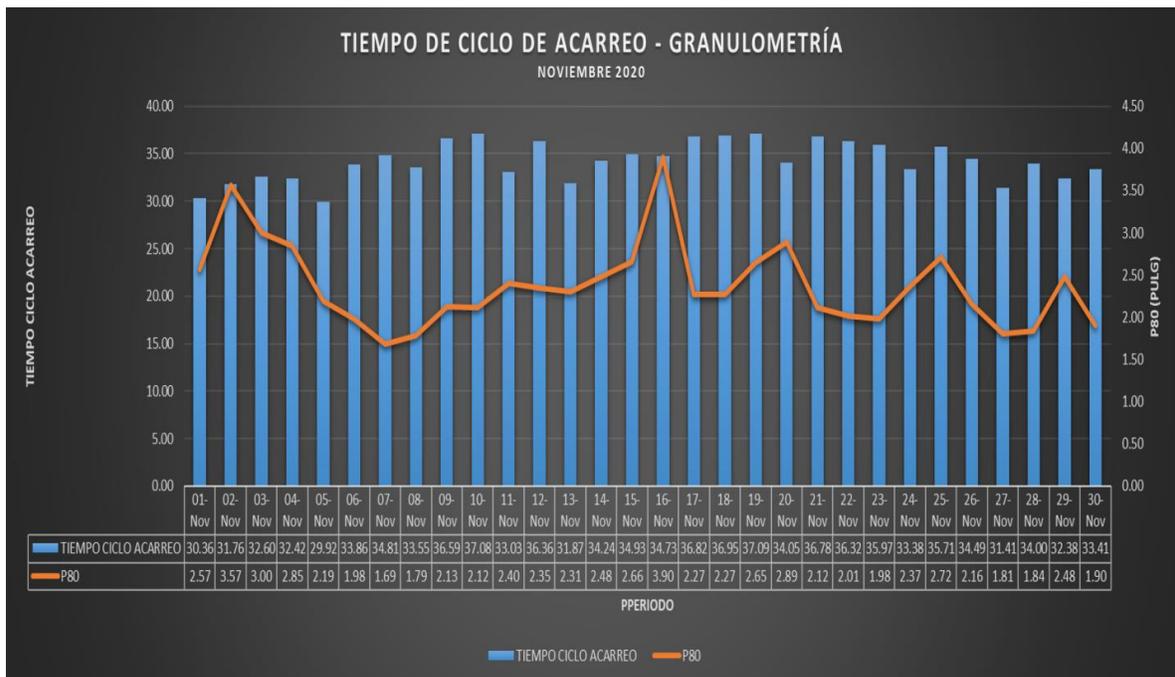


Figura 33. Tiempo de ciclo de acarreo versus granulometría, periodo noviembre del 2020

El tiempo de ciclo de acarreo durante el periodo noviembre del 2020 fue de 34.20 minutos. El ciclo de acarreo promedio considera los siguientes tiempos: de viaje vacío con 9.10 minutos, de espera en pala con 0.75 minutos, de maniobra y

aculatamiento con 1.46 minutos, espera carga con 0.37 minutos, de carguío 2.62 minutos, de viaje con carga con 15.85 minutos, de espera en punto de descarga con 1.72 minutos, de maniobra y aculatamiento con 1.44 minutos y tiempo de descarga con 0.90 minutos.

La relación de ciclo de acarreo considerado en 34.20 minutos para el periodo noviembre del 2020, el que considera una granulometría promedio de 2.39 pulgadas y un tonelaje transportado de 376.38 toneladas diarias.

El tiempo de viaje con carga es de 15.85 minutos y el tiempo de viaje sin carga es de 9.10 minutos considerando una distancia media de 3.45 kilómetros.

La velocidad media sin carga es de 25.17 km/h y la velocidad media con carga es de 14.45 km/h durante el mes de noviembre.

✓ Acarreo periodo diciembre 2020

Durante el periodo de diciembre del 2020 se considera un tonelaje transportado promedio de 374.06 t/día, distancia promedio de 3.42 kilómetros, un total de tiempo de ciclo de acarreo de 38.86 minutos.

El total de ciclo de acarreo se relaciona con la granulometría promedio (P80) de 2.53 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) promedio de 10,428.47 t/h.

Tabla 11. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de diciembre del 2020

TIEMPO DE CICLO DE ACARREO															
DICIEMBRE 2020															
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia	Tiempo Viaje	Tiempo espera	Tiempo maniobra	Tiempo Esperando	Tiempo de	Tiempo Viaje	Tiempo espera	Tiempo maniobra	Tiempo de	Tiempo Total	P80 pulg	Dig rate ton/hr
			Km	Vacio (min)	en pala (min)	y aculatamiento (min)	Carga (min)	Carguío (min)	Con carga (min)	en pto descarga (min)	y aculatamiento (min)	descarga (min)	Ciclo (min)		
01-Dic	370.52	1.00	3.50	9.41	0.53	1.31	0.39	2.68	15.03	1.45	1.14	0.93	32.87	2.22	9,482.78
02-Dic	371.03	1.00	3.99	10.65	1.02	1.72	0.39	2.79	16.38	0.40	0.41	0.98	34.74	2.84	10,596.57
03-Dic	371.21	1.00	3.80	11.21	0.75	1.59	0.34	3.03	16.07	0.28	0.26	0.99	34.51	2.31	10,223.74
04-Dic	373.15	1.00	3.67	10.19	0.68	1.34	0.33	3.07	15.18	1.17	0.85	0.96	33.78	2.31	10,630.00
05-Dic	371.08	1.00	3.69	11.71	0.76	1.49	0.41	2.85	16.16	1.45	1.32	0.92	37.07	2.46	10,739.51
06-Dic	371.58	1.00	3.80	11.68	0.45	1.19	0.35	2.60	16.46	1.30	1.19	0.96	36.18	3.31	10,934.90
07-Dic	372.00	1.00	3.68	11.96	0.55	1.45	0.36	2.81	16.37	1.34	1.08	0.99	36.91	2.40	10,567.09
08-Dic	374.22	1.00	3.54	11.51	0.73	1.63	0.40	2.93	15.38	1.05	0.94	0.98	35.54	2.11	8,914.07
09-Dic	375.09	1.00	2.67	9.20	0.83	1.66	0.43	2.79	10.78	1.24	0.99	0.96	28.88	3.35	9,675.59
10-Dic	372.85	1.00	2.83	9.12	0.87	1.80	0.40	2.77	11.77	1.31	0.91	0.93	29.88	2.16	10,135.15
11-Dic	376.07	1.00	3.07	9.00	0.59	1.38	0.33	2.75	12.86	1.96	1.37	0.93	31.17	2.34	10,075.62
12-Dic	370.52	1.00	2.60	7.77	0.81	1.44	0.37	2.84	10.30	1.40	1.38	0.90	27.20	3.39	11,528.00
13-Dic	371.33	1.00	2.99	10.13	0.52	1.31	0.39	2.58	11.50	1.03	0.92	0.91	29.29	2.31	10,630.00
14-Dic	373.63	1.00	2.90	9.47	0.73	1.45	0.39	2.67	10.82	0.93	1.00	0.92	28.40	3.19	10,767.00
15-Dic	371.92	1.00	2.81	7.95	0.90	1.80	0.41	2.50	10.68	1.60	1.21	0.94	28.00	3.19	10,879.40
16-Dic	373.59	1.00	2.88	8.24	1.31	1.89	0.47	2.67	10.75	1.28	1.10	0.94	28.65	2.96	10,705.00
17-Dic	370.89	1.00	2.71	8.30	0.69	1.36	0.38	2.77	10.28	1.34	1.18	0.97	27.27	2.74	11,078.50
18-Dic	376.20	1.00	3.44	9.62	0.84	1.43	0.42	2.84	13.57	1.52	1.43	0.99	32.66	2.68	9,964.04
19-Dic	374.24	1.00	3.83	11.19	0.97	1.89	0.40	3.04	16.49	2.01	1.57	0.97	38.53	2.19	9,860.60
20-Dic	376.85	1.00	3.87	11.74	0.81	1.50	0.36	2.90	16.40	1.28	1.09	0.94	37.02	2.22	9,962.40
21-Dic	377.85	1.00	3.62	10.45	0.59	1.50	0.34	2.70	16.06	1.88	1.47	0.89	35.88	2.30	10,045.22
22-Dic	377.26	1.00	3.81	11.01	0.69	1.44	0.39	2.81	16.82	1.76	1.51	0.93	37.35	2.44	9,836.78
23-Dic	374.74	1.00	3.59	10.83	1.08	1.98	0.37	2.79	14.94	0.69	0.68	0.95	34.31	2.28	9,455.72
24-Dic	378.82	1.00	3.70	10.24	0.46	1.47	0.36	2.82	15.85	1.38	1.50	0.96	35.05	2.29	10,622.61
25-Dic	376.61	1.00	4.19	11.56	0.86	1.42	0.33	3.00	17.88	1.13	1.76	0.89	38.82	1.82	11,965.93
26-Dic	376.47	1.00	3.82	11.20	0.67	1.69	0.41	2.84	17.62	1.37	1.26	0.95	38.02	2.13	10,412.86
27-Dic	378.46	1.00	3.74	11.45	0.68	1.69	0.40	2.87	16.96	1.06	1.37	0.92	37.40	2.46	10,739.51
28-Dic	377.16	1.00	3.68	11.59	1.16	2.19	0.39	2.89	17.15	1.13	1.17	0.98	38.66	3.31	10,934.90
29-Dic	372.92	1.00	4.00	12.73	2.30	3.02	0.45	3.62	18.40	1.74	1.55	0.99	44.81	2.31	10,630.00
30-Dic	376.65	1.00	3.84	12.40	0.56	1.57	0.38	2.73	18.44	1.69	1.58	1.00	40.35	3.19	10,767.00
31-Dic	374.71	1.00	3.57	11.07	0.74	1.97	0.44	2.94	16.83	1.52	1.52	0.98	38.01	2.16	10,135.15
PROMEDIO	374.06	1.00	3.42	10.32	0.80	1.62	0.39	2.81	14.50	1.30	1.16	0.95	33.86	2.53	10,428.47

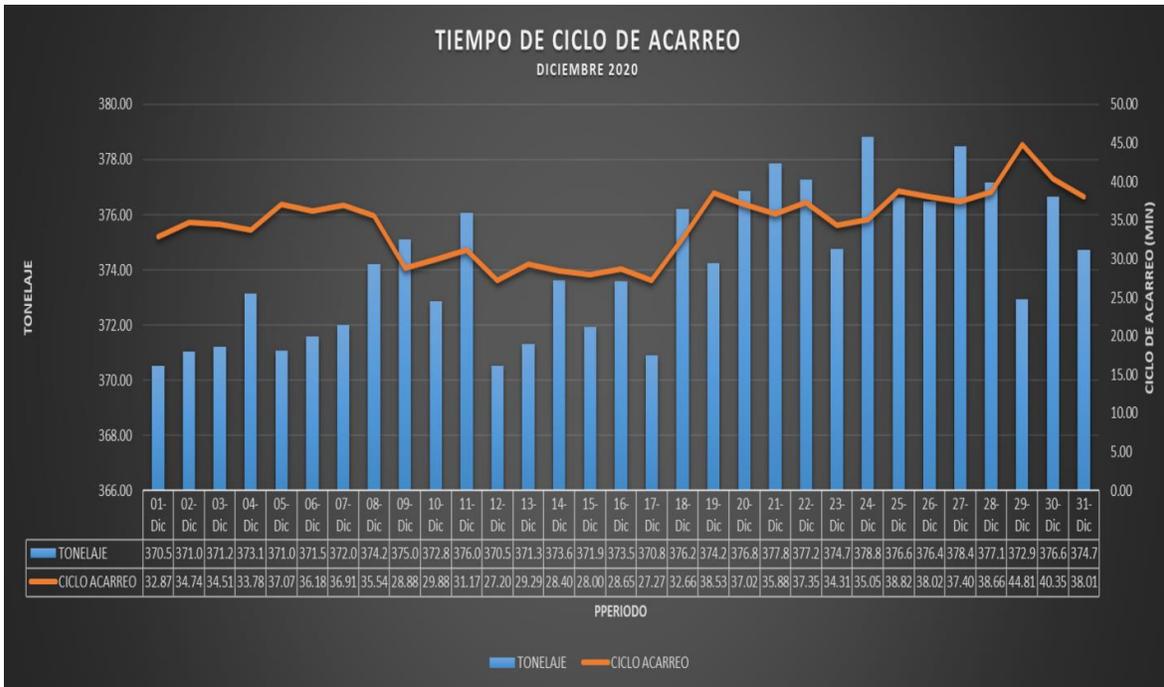


Figura 34. Tiempo de ciclo de acarreo, periodo diciembre del 2020

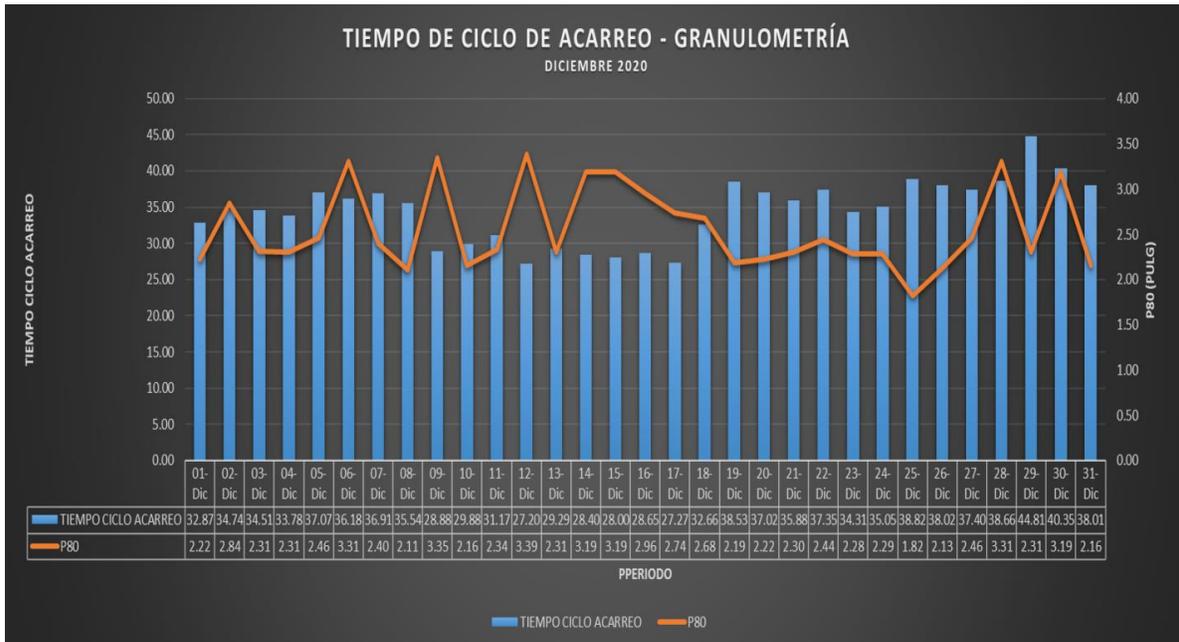


Figura 35. Tiempo de ciclo de acarreo versus granulometría, periodo diciembre del 2020

El tiempo de ciclo de acarreo durante el periodo noviembre del 2020 fue de 33.86 minutos. El ciclo de acarreo promedio considera los siguientes tiempos en minutos: de viaje vacío con 10.32 minutos, t de espera en pala con 0.82, de maniobra y

aculatamiento con 1.62, espera carga con 0.39, de carguío 2.81, de viaje con carga con 14.50, de espera en punto de descarga con 1.30, de maniobra y aculatamiento con 1.16 y tiempo de descarga con 0.95 minutos.

La relación de ciclo de acarreo considerado en 33.86 minutos para el periodo diciembre del 2020, considera una granulometría promedio de 2.53 pulgadas y un tonelaje transportado de 374.06 toneladas diarias.

El tiempo de viaje con carga es de 14.50 minutos y el tiempo de viaje sin carga es de 10.32 minutos, considerando una distancia media de 3.42 kilómetros.

La velocidad media sin carga es de 19.89 km/h y la velocidad media con carga es de 14.16 km/h durante el mes de diciembre.

✓ Acarreo periodo enero 2021

Durante el periodo de enero del 2021 se considera un tonelaje transportado promedio de 374.59 t/día, distancia promedio de 3.41 kilómetros, un total de tiempo de ciclo de acarreo de 36.03 minutos.

El total de ciclo de acarreo se relaciona con la granulometría promedio (P80) de 2.40 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) promedio de 11,184.52 t/h.

Tabla 12. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de enero del 2021

TIEMPO DE CICLO DE ACARREO																
ENERO 2021																
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia (Km)	Tiempo Viaje Vacio (min)	Tiempo espera en pala (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo Esperando Carga (min)	Tiempo de Carguo (min)	Tiempo Viaje Con carga (min)	Tiempo espera en pto descarga (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo de descarga (min)	Tiempo Total Ciclo (min)	P80 pulg	Dig rate ton/hr	
01-Ene	376.51	1.00	3.22	9.35	0.42	1.32	0.38	2.89	14.66	2.15	2.29	0.88	34.34	2.20	10,151.00	
02-Ene	378.23	1.00	3.67	10.76	0.75	1.67	0.43	2.58	16.66	1.08	1.42	0.95	36.29	2.30	11,356.00	
03-Ene	378.24	1.00	3.66	12.01	0.56	1.55	0.40	2.61	16.33	1.06	1.41	1.00	36.95	2.64	12,514.00	
04-Ene	377.63	1.00	3.69	12.30	0.62	1.70	0.45	2.69	17.41	1.35	1.47	0.98	38.98	2.76	10,681.00	
05-Ene	376.37	1.00	3.79	12.69	0.55	1.44	0.37	2.82	17.66	1.26	1.50	1.00	39.31	2.74	11,439.00	
06-Ene	378.25	1.00	3.78	13.08	0.69	1.55	0.39	2.71	18.58	1.28	1.28	1.04	40.61	2.57	10,239.00	
07-Ene	377.77	1.00	3.36	11.94	0.62	1.63	0.39	2.87	15.85	0.89	1.26	1.02	36.46	2.64	12,514.00	
08-Ene	374.87	1.00	2.89	10.34	0.57	1.22	0.32	2.83	13.77	1.13	1.24	1.05	32.46	2.51	11,429.00	
09-Ene	373.44	1.00	3.05	11.25	0.61	1.40	0.34	2.76	14.79	1.33	1.44	1.07	34.99	2.83	11,769.50	
10-Ene	371.82	1.00	3.16	10.75	0.77	1.40	0.38	2.55	14.86	1.27	1.38	1.07	34.43	2.47	11,901.33	
11-Ene	372.18	1.00	2.80	8.92	0.59	1.33	0.36	2.72	12.16	1.27	1.36	1.02	29.74	1.85	11,506.67	
12-Ene	370.32	1.00	3.12	9.87	0.77	1.53	0.36	2.85	13.85	0.97	1.14	1.03	32.36	2.27	10,718.50	
13-Ene	372.44	1.00	3.15	9.86	0.88	1.60	0.37	2.77	13.96	1.01	1.12	0.99	32.56	2.44	10,261.67	
14-Ene	375.43	1.00	3.47	12.10	0.85	1.68	0.37	2.84	16.29	0.41	0.44	0.97	35.97	2.08	10,333.00	
15-Ene	372.31	1.00	3.04	9.85	0.77	1.65	0.32	2.74	14.07	1.26	1.28	0.94	32.88	2.58	12,309.50	
16-Ene	371.60	1.00	3.39	10.52	0.72	1.26	0.36	2.84	15.38	0.95	1.29	0.97	34.28	2.20	10,151.00	
17-Ene	375.52	1.00	3.33	10.76	0.67	1.24	0.35	2.47	15.45	1.00	1.29	0.97	34.21	2.30	11,356.00	
18-Ene	376.18	1.00	3.29	11.17	0.57	1.38	0.43	2.45	15.22	1.20	1.25	1.04	34.72	2.64	12,514.00	
19-Ene	376.16	1.00	3.71	12.51	0.87	1.72	0.38	2.68	17.04	0.50	0.48	1.09	37.26	2.51	11,429.00	
20-Ene	374.34	1.00	3.48	11.88	0.95	1.61	0.34	2.97	16.08	0.92	1.14	1.02	36.91	2.74	11,439.00	
21-Ene	373.33	1.00	3.25	12.43	0.84	1.68	0.35	3.25	15.39	1.26	1.37	0.96	37.54	2.27	10,800.00	
22-Ene	373.28	1.00	3.06	9.98	0.90	1.23	0.29	3.16	13.44	1.24	1.50	0.97	32.69	2.57	10,239.00	
23-Ene	373.01	1.00	3.42	10.87	1.17	1.28	0.25	2.87	15.34	1.12	1.39	0.95	35.24	1.82	10,223.00	
24-Ene	374.70	1.00	3.81	13.25	0.48	1.18	0.30	2.96	17.54	0.93	1.20	0.98	38.81	2.50	11,477.00	
25-Ene	371.78	1.00	3.77	12.97	0.52	1.29	0.31	3.18	17.82	1.23	1.29	1.08	39.69	2.21	10,883.00	
26-Ene	376.65	1.00	3.55	13.07	0.73	1.46	0.40	2.86	16.11	0.71	0.88	1.10	37.31	2.06	11,290.50	
27-Ene	374.50	1.00	3.50	12.96	0.56	1.25	0.30	2.85	16.55	1.34	1.52	1.04	38.38	2.06	12,211.00	
28-Ene	373.78	1.00	3.50	11.76	0.75	1.15	0.25	3.07	16.11	1.23	1.45	1.06	36.84	2.76	10,681.00	
29-Ene	373.63	1.00	3.70	11.85	0.99	1.52	0.35	3.31	17.60	1.22	1.45	1.00	39.29	2.20	10,600.00	
30-Ene	375.09	1.00	3.63	11.19	0.96	1.59	0.32	3.55	17.04	1.35	1.56	0.95	38.51	2.20	10,678.75	
31-Ene	375.30	1.00	3.90	12.36	0.75	1.81	0.36	3.29	18.36	1.37	1.66	1.00	40.96	2.36	11,624.67	
PROMEDIO	374.59	1.00	3.41	11.42	0.72	1.47	0.36	2.86	15.79	1.12	1.29	1.01	36.03	2.40	11,184.52	

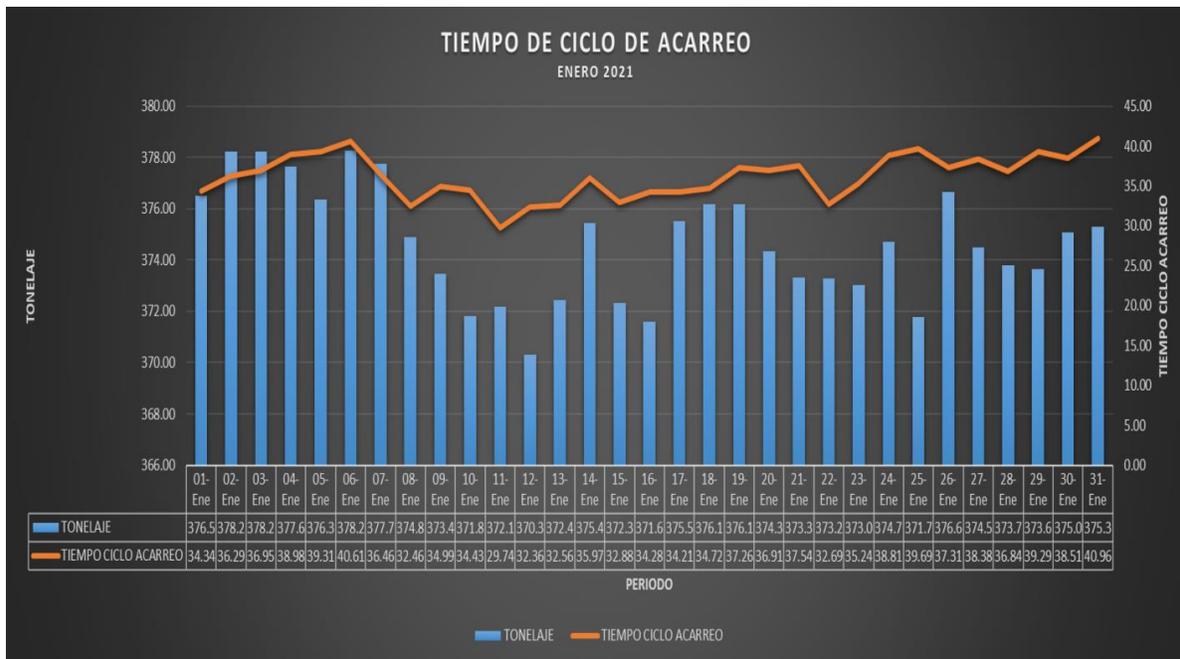


Figura 36. Tiempo de ciclo de acarreo, periodo enero del 2021

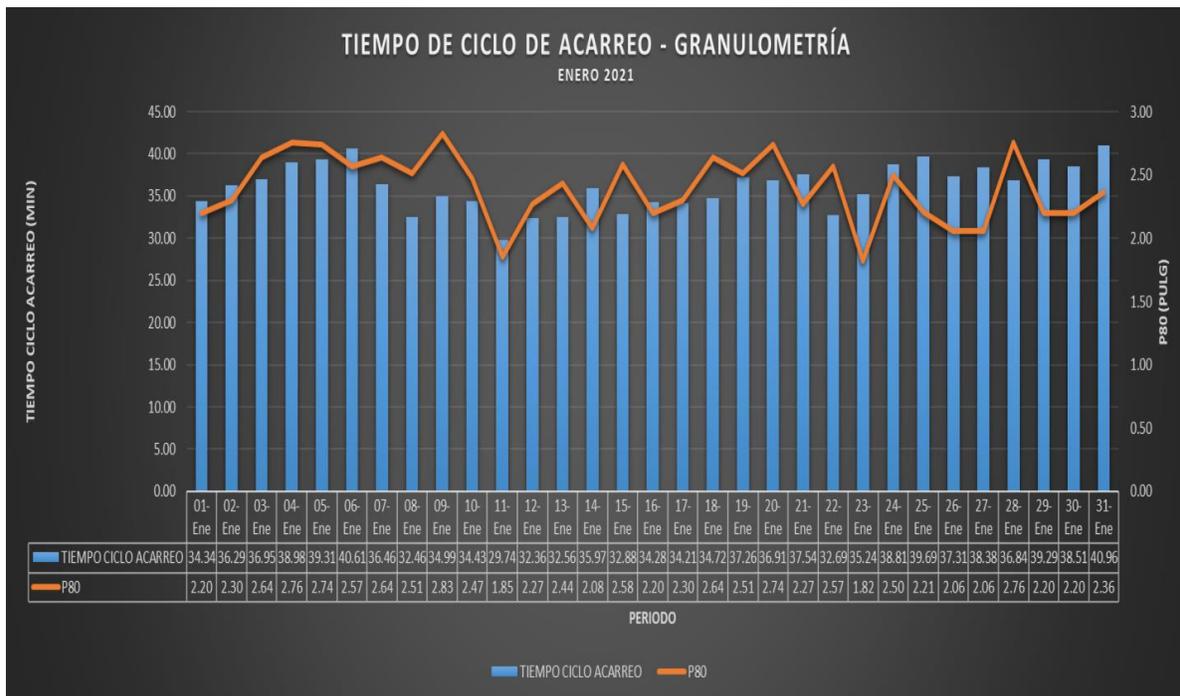


Figura 37. Tiempo de ciclo de acarreo versus granulometría, periodo enero del 2021

El tiempo de ciclo de acarreo durante el periodo enero del 2021 fue de 36.03 minutos. El ciclo de acarreo promedio considera los siguientes tiempos en minutos:

de viaje vacío con 11.42 minutos, de espera en pala con 0.72, de maniobra y aculatamiento con 1.47, espera carga con 0.36, de carguío 2.86, de viaje con carga con 15.79, de espera en punto de descarga con 1.12, de maniobra y aculatamiento con 1.29 y tiempo de descarga con 1.01 minutos.

La relación de ciclo de acarreo considerado en 36.03 minutos para el periodo enero del 2021, considera una granulometría promedio de 2.40 pulgadas y un tonelaje transportado de 374.59 toneladas diarias.

El tiempo de viaje con carga es de 15.79 minutos y el tiempo de viaje sin carga es de 11.42 minutos, considerando una distancia media de 3.41 kilómetros.

La velocidad media sin carga es de 17.94 km/h y la velocidad media con carga es de 12.97 km/h durante el mes de enero.

✓ Acarreo periodo febrero 2021

Durante el periodo de febrero del 2021 se considera un tonelaje transportado promedio de 375.90 t/día, distancia promedio de 3.59 kilómetros, un total de tiempo de ciclo de acarreo de 36.13 minutos.

El total de ciclo de acarreo se relaciona con la granulometría promedio (P80) de 2.40 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) promedio de 11,418.71 t/h.

Tabla 13. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de febrero del 2021

TIEMPO DE CICLO DE ACARREO															
FEBRERO 2021															
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia (Km)	Tiempo Viaje Vacio (min)	Tiempo espera en pala (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo Esperando Carga (min)	Tiempo de Carguío (min)	Tiempo Viaje Con carga (min)	Tiempo espera en pto descarga (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo de descarga (min)	Tiempo Total Ciclo (min)	P80 pulg	Dig rate ton/hr
01-Feb	375.33	1.00	3.96	12.33	0.76	1.55	0.40	3.13	19.64	1.37	1.81	1.04	42.03	2.06	10,226.50
02-Feb	376.25	1.00	4.22	13.64	0.79	1.70	0.38	3.18	20.23	1.70	1.75	0.97	44.33	2.30	6,349.50
03-Feb	376.34	1.00	4.15	12.53	1.00	1.65	0.48	3.37	20.06	1.53	1.48	1.00	43.11	2.26	11,738.50
04-Feb	379.23	1.00	3.81	12.73	0.50	1.66	0.38	3.80	18.70	1.36	1.60	1.00	41.74	2.92	10,237.00
05-Feb	373.97	1.00	3.73	12.84	0.63	1.63	0.39	4.00	17.00	0.99	1.32	0.95	39.76	2.34	12,564.00
06-Feb	379.25	1.00	3.42	11.67	0.34	1.06	0.33	3.33	16.94	1.51	1.64	1.00	37.81	2.66	11,622.00
07-Feb	379.73	1.00	3.48	11.23	0.67	1.60	0.38	2.81	17.71	1.10	1.38	0.98	37.88	2.98	12,769.00
08-Feb	377.45	1.00	4.23	14.20	0.67	1.87	0.45	2.36	20.69	0.33	0.38	1.13	42.08	2.66	13,119.00
09-Feb	375.59	1.00	4.18	12.42	0.81	1.55	0.37	2.65	19.45	0.21	0.36	1.02	38.84	2.50	11,514.00
10-Feb	374.78	1.00	3.82	11.18	0.32	1.33	0.36	2.60	18.04	0.73	0.83	1.02	36.41	2.44	11,488.50
11-Feb	377.11	1.00	3.59	9.38	0.46	1.50	0.36	2.51	16.77	1.01	1.51	1.06	34.56	2.08	11,739.00
12-Feb	375.16	1.00	2.90	8.48	0.58	1.34	0.38	2.53	14.13	1.77	2.11	0.97	32.28	2.30	11,589.00
13-Feb	374.35	1.00	3.30	9.54	0.37	1.41	0.35	2.69	15.72	1.46	1.88	0.93	34.35	2.04	11,765.00
14-Feb	374.54	1.00	3.17	9.10	1.05	1.69	0.41	2.64	14.90	1.39	1.77	1.02	33.99	2.15	11,235.00
15-Feb	375.97	1.00	3.40	9.37	1.08	1.64	0.44	2.76	15.40	1.24	1.55	0.99	34.46	2.14	11,368.00
16-Feb	373.70	1.00	3.05	8.91	0.60	1.35	0.40	2.52	13.80	1.20	1.60	0.96	31.35	1.99	12,023.00
17-Feb	375.42	1.00	3.37	9.63	0.70	1.59	0.37	2.55	14.51	1.15	1.41	0.93	32.84	2.04	11,856.00
18-Feb	376.84	1.00	3.33	8.99	0.54	1.38	0.39	2.61	14.83	0.90	1.30	0.95	31.89	1.99	11,245.00
19-Feb	378.52	1.00	3.27	9.14	0.94	1.78	0.47	2.63	14.80	0.97	1.33	0.99	33.05	2.98	12,769.00
20-Feb	375.35	1.00	3.15	8.53	1.14	1.79	0.49	2.76	14.47	1.09	1.50	1.06	32.83	1.92	11,905.00
21-Feb	375.09	1.00	3.29	9.32	0.75	1.40	0.39	2.55	14.52	1.41	1.30	1.01	32.66	2.55	12,085.50
22-Feb	373.70	1.00	3.41	9.57	0.56	1.39	0.37	2.53	15.74	1.30	1.42	1.10	33.99	2.11	12,085.50
23-Feb	373.05	1.00	3.53	9.63	0.31	1.31	0.38	2.56	16.03	1.06	1.23	1.00	33.51	2.62	11,622.00
24-Feb	376.85	1.00	3.93	11.33	0.99	1.72	0.54	2.41	17.70	0.51	0.44	1.01	36.66	2.32	10,116.00
25-Feb	375.41	1.00	3.77	10.94	0.56	1.36	0.44	2.54	17.19	0.89	0.96	1.05	35.94	2.27	11,838.00
26-Feb	379.20	1.00	3.15	8.01	0.58	1.43	0.39	2.39	14.70	1.56	1.85	0.99	31.89	2.98	12,769.00
27-Feb	374.38	1.00	4.20	11.54	0.79	1.70	0.43	2.59	19.06	0.60	0.62	1.07	38.39	2.69	9,849.00
28-Feb	373.92	1.00	4.51	13.30	0.59	1.61	0.49	2.71	20.72	0.87	0.78	1.08	42.14	2.92	10,237.00
PROMEDIO	375.90	1.00	3.59	10.55	0.68	1.53	0.41	2.75	16.75	1.12	1.33	1.01	36.13	2.40	11,418.71



Figura 38. Tiempo de ciclo de acarreo, periodo febrero del 2021.

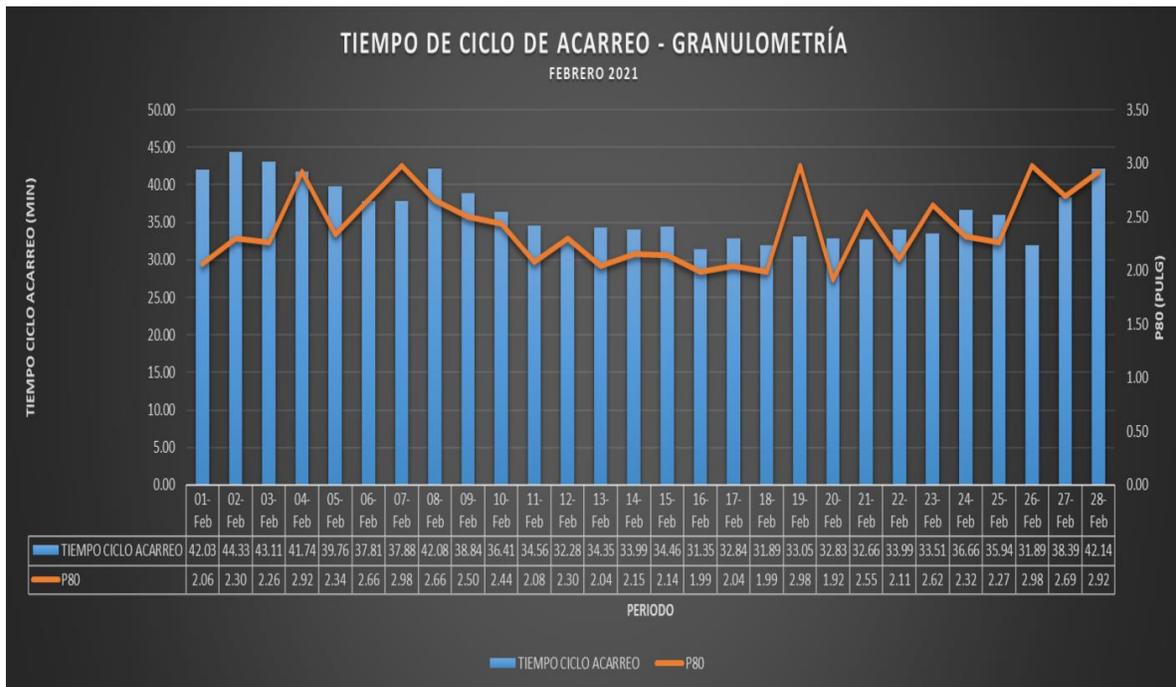


Figura 39. Tiempo de ciclo de acarreo versus granulometría, periodo febrero del 2021

El tiempo de ciclo de acarreo durante el periodo febrero del 2021 fue de 36.13 minutos. El ciclo de acarreo promedio considera los siguientes tiempos en minutos: de viaje vacío con 10.55 minutos, de espera en pala con 0.68, de maniobra y

aculatamiento con 1.53, espera carga con 0.41, de carguío 2.75, de viaje con carga con 16.759, de espera en punto de descarga con 1.12, de maniobra y aculatamiento con 1.33 y de descarga con 1.01 minutos.

La relación de ciclo de acarreo considerado en 36.03 minutos para el periodo febrero del 2021, considera una granulometría promedio de 2.40 pulgadas y un tonelaje transportado de 374.59 toneladas diarias.

El tiempo de viaje con carga es de 16.75 minutos y el tiempo de viaje sin carga es de 10.55 minutos, considerando una distancia media de 3.59 kilómetros.

La velocidad media sin carga es de 20.42 km/h y la velocidad media con carga es de 12.87 km/h durante el mes de febrero.

✓ Acarreo periodo marzo 2021

Durante el periodo de marzo del 2021 se considera un tonelaje transportado promedio de 375.24 t/día, distancia promedio de 3.28 kilómetros, un total de tiempo de ciclo de acarreo de 34.92 minutos.

El total de ciclo de acarreo se relaciona con la granulometría promedio (P80) de 2.37 pulgadas y un *dig rate* (tasa de excavación) promedio de 11,581.33 t/h.

Tabla 14. Tiempo de ciclo de acarreo, durante el periodo de marzo del 2021

TIEMPO DE CICLO DE ACARREO															
MARZO 2021															
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia (Km)	Tiempo Viaje Vacio (min)	Tiempo espera en pala (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo Esperando Carga (min)	Tiempo de Carguío (min)	Tiempo Viaje Con carga (min)	Tiempo espera en pto descarga (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo de descarga (min)	Tiempo Total Ciclo (min)	P80 pulg	Dig rate ton/hr
01-Mar	374.72	1.00	3.52	10.78	0.38	1.35	0.43	2.70	16.56	1.47	1.44	1.01	36.12	2.82	10,996.00
02-Mar	378.40	1.00	3.63	11.00	0.44	1.46	0.46	2.43	16.55	1.50	1.58	1.04	36.45	2.59	11,224.00
03-Mar	376.25	1.00	3.78	10.95	0.70	1.73	0.47	2.77	16.86	1.41	1.72	0.98	37.58	2.65	9,129.00
04-Mar	374.33	1.00	3.67	9.86	0.86	1.71	0.41	2.71	16.45	1.36	1.81	0.96	36.13	2.06	11,250.00
05-Mar	379.29	1.00	3.26	8.98	0.83	1.83	0.47	2.61	16.93	1.74	1.75	0.87	36.01	2.33	10,579.50
06-Mar	377.89	1.00	3.35	10.75	0.48	1.41	0.45	2.45	16.49	1.20	1.45	0.97	35.65	2.68	11,819.50
07-Mar	375.88	1.00	3.40	11.65	0.50	1.47	0.44	2.80	17.09	1.22	1.50	1.01	37.68	2.32	14,227.00
08-Mar	374.29	1.00	3.44	11.47	0.51	1.28	0.35	2.91	17.78	1.23	1.56	0.92	38.00	1.85	15,479.00
09-Mar	376.10	1.00	3.47	11.75	0.62	1.46	0.39	2.61	18.50	1.85	1.87	1.02	40.07	2.26	11,407.50
10-Mar	376.11	1.00	3.46	11.56	0.86	1.50	0.46	2.46	18.48	1.77	1.75	0.97	39.81	2.13	11,899.50
11-Mar	375.38	1.00	3.26	11.06	0.79	1.47	0.39	2.70	17.17	1.66	1.74	0.94	37.92	2.53	10,975.00
12-Mar	374.87	1.00	3.43	11.82	0.58	1.37	0.37	2.68	17.01	1.30	1.63	0.97	37.74	1.76	9,287.00
13-Mar	374.49	1.00	3.47	11.49	0.60	1.35	0.39	2.82	18.58	1.88	1.85	0.94	39.89	2.64	10,275.50
14-Mar	376.15	1.00	3.36	10.11	0.86	1.25	0.39	2.72	17.34	1.59	1.61	0.91	36.80	2.38	11,624.33
15-Mar	375.91	1.00	2.92	8.65	0.89	1.51	0.37	2.93	14.22	1.49	1.47	0.94	32.47	2.64	10,275.50
16-Mar	374.20	1.00	2.83	8.76	0.46	1.27	0.34	2.90	13.34	1.25	1.42	0.92	30.66	1.99	11,281.50
17-Mar	376.00	1.00	3.04	9.74	0.62	1.43	0.38	2.84	14.98	1.44	1.59	0.96	33.97	2.32	11,750.50
18-Mar	377.25	1.00	3.28	10.27	0.54	1.36	0.36	2.41	15.40	1.42	1.49	0.96	34.21	2.34	12,119.50
19-Mar	377.43	1.00	3.12	9.63	0.49	1.47	0.32	2.55	14.89	1.79	1.77	0.95	33.86	2.98	11,950.00
20-Mar	377.51	1.00	2.95	8.13	0.59	1.43	0.30	2.47	13.22	0.56	0.64	0.98	28.32	2.19	12,009.00
21-Mar	375.49	1.00	3.23	9.72	0.68	1.42	0.30	2.59	15.80	1.29	1.69	0.92	34.42	2.25	11,474.00
22-Mar	375.49	1.00	3.35	10.90	0.57	1.50	0.35	2.59	15.90	1.22	1.56	1.02	35.61	2.68	11,819.50
23-Mar	375.93	1.00	3.51	11.35	0.78	1.70	0.45	2.10	16.94	0.97	1.21	1.01	36.51	2.20	11,977.50
24-Mar	373.69	1.00	3.10	10.31	0.47	1.27	0.40	2.45	14.89	1.16	1.49	1.00	33.44	2.35	11,966.50
25-Mar	374.81	1.00	3.23	10.11	0.36	1.12	0.36	2.70	15.44	1.13	1.50	0.96	33.68	2.16	11,548.50
26-Mar	372.41	1.00	2.55	8.48	0.56	1.39	0.38	2.87	12.23	0.97	1.24	1.06	29.19	2.32	11,750.50
27-Mar	375.18	1.00	2.90	8.82	0.56	1.22	0.39	2.71	13.96	1.19	1.58	1.06	31.49	2.21	12,278.50
28-Mar	371.44	1.00	2.67	8.68	0.60	1.41	0.36	2.92	12.52	1.15	1.58	1.04	30.27	2.26	11,407.50
29-Mar	370.73	1.00	3.47	10.44	0.29	1.07	0.28	2.74	15.30	0.37	0.27	1.10	31.84	2.18	11,271.00
30-Mar	371.25	1.00	3.77	11.16	0.57	1.18	0.28	2.91	17.35	0.36	0.31	1.09	35.22	2.54	11,129.00
31-Mar	372.80	1.00	3.70	11.56	0.57	1.62	0.43	2.54	17.50	0.41	0.31	1.04	35.98	2.98	12,840.00
PROMEDIO	375.24	1.00	3.28	10.27	0.60	1.41	0.38	2.66	15.90	1.27	1.43	0.98	34.92	2.37	11,581.33



Figura 40. Tiempo de ciclo de acarreo, periodo marzo del 2021

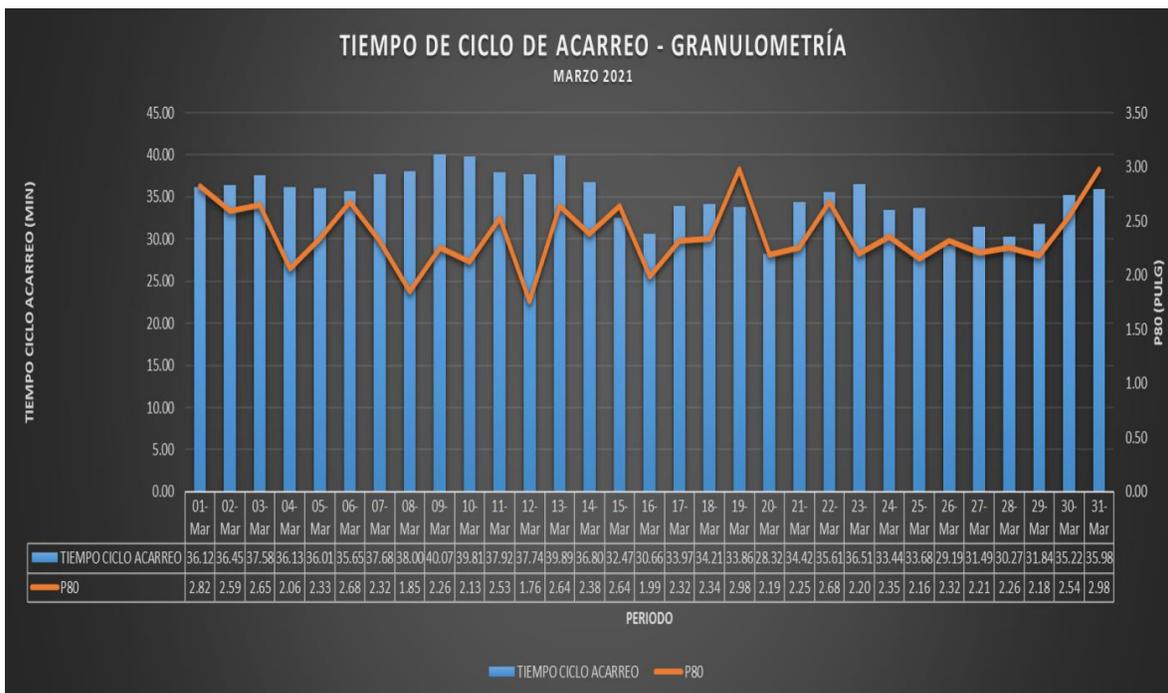


Figura 41. Tiempo de ciclo de acarreo versus granulometría, periodo marzo del 2021

El tiempo de ciclo de acarreo durante el periodo marzo del 2021 fue de 34.92 minutos. El ciclo de acarreo promedio considera los siguientes tiempos en minutos:

de viaje vacío con 10.27, de espera en pala con 0.60, de maniobra y acuatamiento con 1.41, espera carga con 0.38, de carguío 2.66, de viaje con carga con 15.90, de espera en punto de descarga con 1.27, de maniobra y acuatamiento con 1.43 y de descarga con 0.98 minutos.

La relación de ciclo de acarreo considerado en 34.92 minutos para el periodo marzo del 2021, considera una granulometría promedio de 2.37 pulgadas y un tonelaje transportado de 375.24 toneladas diarias.

El tiempo de viaje con carga es de 15.90 minutos y el tiempo de viaje sin carga es de 10.27 minutos, considerando una distancia media de 3.28 kilómetros.

La velocidad media sin carga es de 19.15 km/h y la velocidad media con carga es de 12.37 km/h durante el mes de marzo.

4.1.5. Análisis comparativo de los equipos de acarreo periodo 2020 a 2021

Durante el tiempo de estudio de octubre a diciembre del 2020 y de enero a marzo del 2021 se analizaron los siguientes resultados:

El tonelaje promedio de acarreo fue de 375.24 t/día, considerando un tiempo de acarreo de 34.35 minutos.

El tiempo de acarreo considera el tiempo de viaje vacío con 10.27 minutos, tiempo de espera en pala con 0.60 minutos, tiempo de maniobra y acuatamiento con 1.41 minutos, tiempo esperando carga con 0.38 minutos, tiempo de carguío con 2.66 minutos, tiempo de viaje con carga con 15.90 minutos, tiempo de espera en punto descarga con 1.27 minutos, tiempo de maniobra y acuatamiento con 1.43 minutos y tiempo de descarga con 0.98 minutos.

El promedio del *dig rate* (tasa de excavación) en promedio de 10,868.32 t/h considerando un P80 promedio (grado de fragmentación) de 2.45 pulgadas y una dureza promedio de 3.03.

Tabla 29. Resumen de tiempo de acarreo, periodo de estudio de octubre 2020 a marzo del 2021

TIEMPO DE CICLO DE ACARREO															
PERIODO ESTUDIO OCTUBRE 2020 A MARZO 2021															
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia (Km)	Tiempo Viaje Vacio (min)	Tiempo espera en pala (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo Esperando Carga (min)	Tiempo de Carguío (min)	Tiempo Viaje Con carga (min)	Tiempo espera en pto descarga (min)	Tiempo maniobra y aculatamiento (min)	Tiempo de descarga (min)	Tiempo Total Ciclo (min)	P80 pulg	Dig rate ton/hr
OCTUBRE -20	374.21	1.00	3.45	8.92	0.63	1.43	0.31	2.78	13.72	1.04	1.20	0.93	30.96	2.64	10,100.73
NOVIEMBRE - 20	376.38	1.00	3.82	9.10	0.75	1.46	0.37	2.62	15.85	1.72	1.44	0.90	34.20	2.39	10,496.14
DICIEMBRE - 20	374.06	1.00	3.42	10.32	0.80	1.62	0.39	2.81	14.50	1.30	1.16	0.95	33.86	2.53	10,428.47
ENERO - 21	374.59	1.00	3.41	11.42	0.72	1.47	0.36	2.86	15.79	1.12	1.29	1.01	36.03	2.40	11,184.52
FEBRERO - 21	375.90	1.00	3.59	10.55	0.68	1.53	0.41	2.75	16.75	1.12	1.33	1.01	36.13	2.40	11,418.71
MARZO - 21	375.24	1.00	3.28	10.27	0.60	1.41	0.38	2.66	15.90	1.27	1.43	0.98	34.92	2.37	11,581.33
PROMEDIO	375.24	1.00	3.28	10.27	0.60	1.41	0.38	2.66	15.90	1.27	1.43	0.98	34.35	2.45	10,868.32

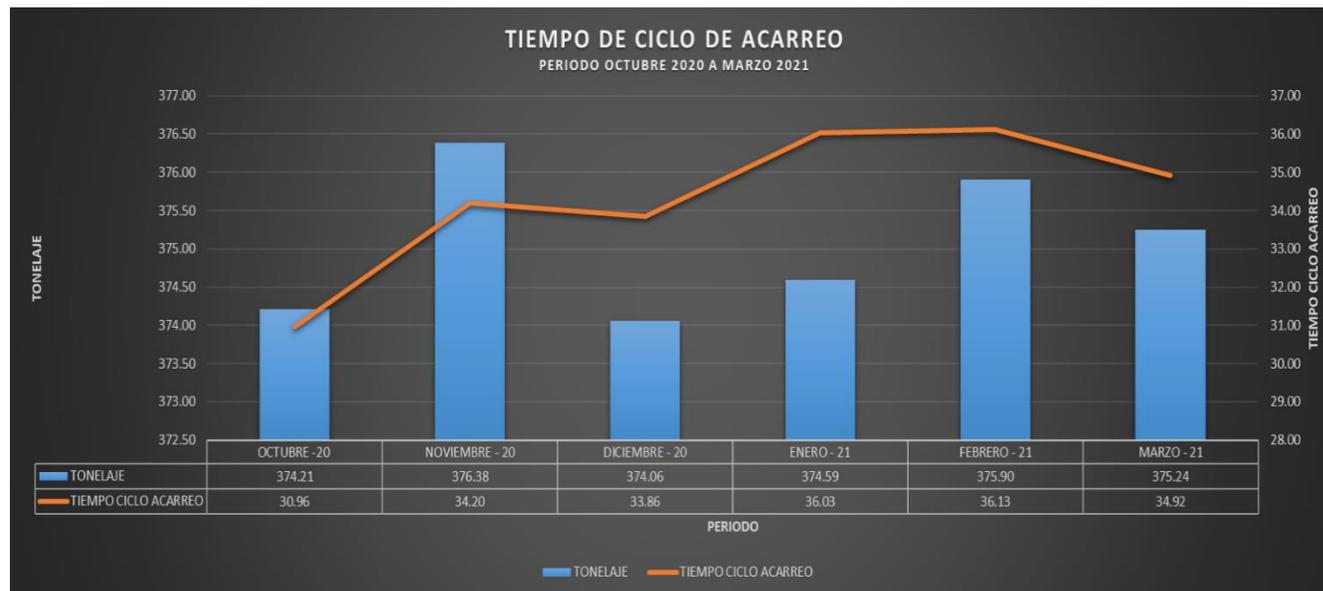


Figura 42. Relación de tiempo de acarreo y producción, periodo agosto 2020 a marzo del 2021

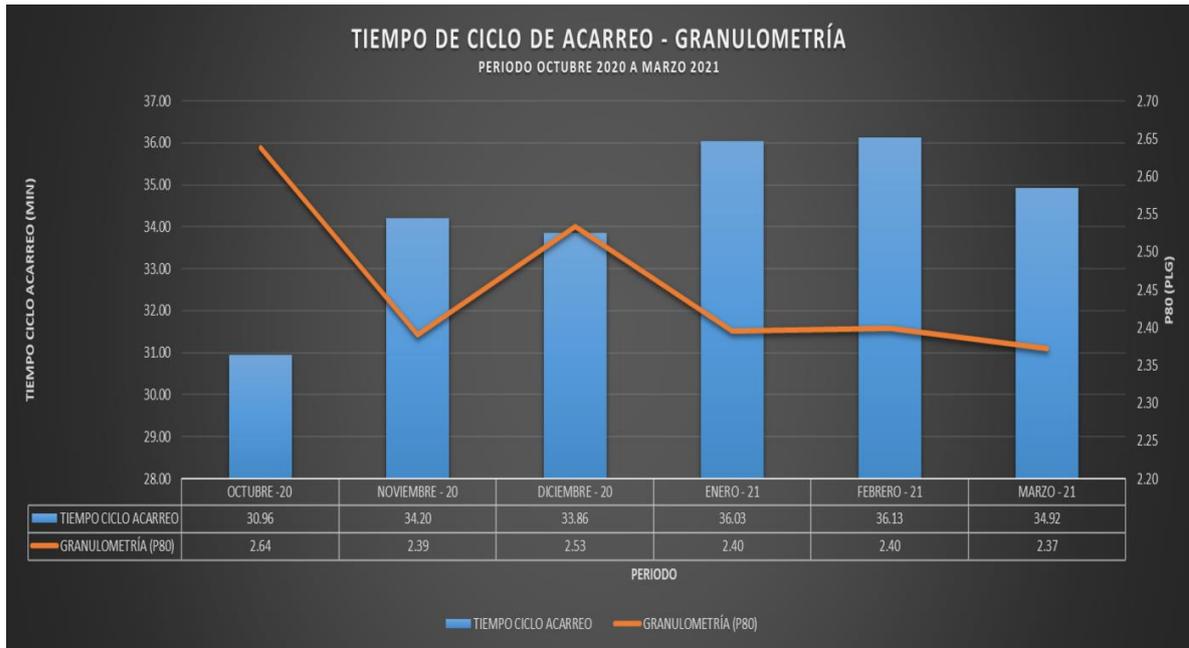


Figura 43. Relación de tiempo de acarreo y granulometría, octubre 2020 a marzo del 2021

- ✓ Análisis comparativo de acarreo, periodo octubre – diciembre 2020 a enero – marzo 2021

Los resultados comparativos entre ambos periodos de estudio se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 30. Comparativo ciclo de acarreo, periodo de estudio de octubre 2020 a marzo del 2021

COMPARATIVO CICLO DE ACARREO															
PERIODO ESTUDIO OCTUBRE A DICIEMBRE 2020															
Mes	Tonelaje	Ciclo	Distancia (Km)	Tiempo Viaje Vacio (min)	Tiempo espera en pala (min)	Tiempo maniobra y acuatamiento (min)	Tiempo Esperando Carga (min)	Tiempo de Carguío (min)	Tiempo Viaje Con carga (min)	Tiempo espera en pto descarga (min)	Tiempo maniobra y acuatamiento (min)	Tiempo de descarga (min)	Tiempo Total Ciclo (min)	P80 pulg	Dig rate ton/hr
OCT - DIC 20	374.88	1.00	3.56	9.44	0.73	1.50	0.36	2.74	14.69	1.35	1.26	0.93	33.00	2.52	10,341.78
EN - MARZ 21	375.25	1.00	3.43	10.75	0.67	1.47	0.38	2.76	16.15	1.17	1.35	1.00	35.69	2.39	11,394.86
DIFERENCIA	0.36	1.00	-0.13	1.30	-0.06	-0.03	0.02	0.02	1.46	-0.18	0.09	0.08	2.69	-0.13	1,053.08

El tiempo de acarreo se incrementó durante el periodo de estudio octubre a diciembre 2020 de 33.00 minutos a 35.69 minutos periodo enero a marzo 20201, con un incremento de 2,69 minutos. Este mayor tiempo de acarreo está relacionado a un mayor *dig rate* (tasa de excavación) con un incremento de 10,341.78 t/h durante el periodo octubre a diciembre 2020 a 11,394.86 t/h durante el periodo enero a marzo 2021.

El mayor tonelaje transportado durante el periodo enero a marzo del 2021 fue de 375.25 toneladas, comparado con el de 374.88 toneladas durante el periodo de octubre a diciembre del 2020.

El incremento de tonelaje transportado en 0.36 toneladas está relacionado directamente al mayor tiempo de acarreo en 2.69 minutos, una disminución del grado de fragmentación en 0.13 pulgadas y un incremento del *dig rate* (tasa de excavación) en 1,053.08 t/h mejorando el rendimiento de los equipos de acarreo, durante el segundo periodo de estudio.

4.1.6. Análisis de los indicadores de productividad

Los indicadores de productividad analizados durante el periodo de estudio fueron: la disponibilidad mecánica, la utilización y las horas efectivas.

La disponibilidad en equipos de carguío (palas y cargador) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue del 79.57 % y durante el periodo enero a marzo, de 85.86 % con un incremento del 6.29 %, con una mejora en el mantenimiento preventivo.

La utilización de los equipos de carguío (palas y cargador) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue del 85.94 % y durante el periodo enero a marzo, de 85.05%, generando el uso de los equipos de carguío de acuerdo a lo programado.

Las horas efectivas operacionales de los equipos de carguío (palas y cargador) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fueron de 16 horas efectivas y durante el periodo enero a marzo fue de 18 horas efectivas, generando un incremento de 2 horas efectivas por el control de la granulometría y mejora en el *dig rate* (tasa de excavación), explicados en los párrafos anteriores.

La disponibilidad en equipos de acarreo (camiones Caterpillar y Komatsu) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue del 80.47 % y durante el periodo

enero a marzo, de 88.14 % con un incremento del 7.67 %, producto de un mejor mantenimiento preventivo y controlando el mantenimiento correctivo.

La utilización de los equipos de acarreo (camiones Caterpillar y Komatsu) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue del 78.63 % y durante el periodo enero a marzo, de 81.00 %, con un incremento del 2.37 %, generando un mejor uso de los equipos de acarreo producto de una disminución en el grado de fragmentación post voladura, una mejora en el *dig rate* y un mayor incremento de toneladas transportadas.

Las horas efectivas operacionales de los equipos de acarreo (camiones Caterpillar y Komatsu) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fueron de 15 horas efectivas y durante el periodo enero a marzo fue de 17 horas efectivas, generando un incremento de 2 horas efectivas por el control de la granulometría y mejora en el *dig rate* (tasa de excavación), explicados en los párrafos anteriores.

Tabla 31. Indicadores de productividad: utilización, disponibilidad y horas efectivas, periodo de estudio de octubre 2020 a marzo del 2021

		INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD: UTILIZACIÓN - DISPONIBILIDAD - HORAS EFECTIVAS															
		EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO										OCTUBRE - DICIEMBRE 2020		ENERO - MARZO 2021			
		Oct	Nov	Dec	PROMEDIO	HRS. EFECTIVAS	Jan	Feb	Mar	PROMEDIO	HRS. EFECTIVAS	PROMEDIO	HRS. EFECTIVAS	PROMEDIO	HRS. EFECTIVAS		
CARGUÍO	Pala CAT 7495	Disponibilidad	92.66%	90.35%	91.57%	91.53%	19	86.78%	93.10%	89.44%	89.77%	19	DISPONIBILIDAD	16	DISPONIBILIDAD	18	
		Utilización	85.08%	88.16%	88.82%	87.35%		87.08%	88.68%	87.42%	87.73%		79.57%		85.86%		
	Cargador LT 2350	Disponibilidad	77.46%	73.40%	52.01%	67.62%	14	75.34%	82.43%	88.07%	81.95%	16	UTILIZACIÓN	16	UTILIZACIÓN	18	
		Utilización	84.60%	85.32%	83.69%	84.54%		84.34%	80.27%	82.50%	82.37%		85.94%		85.05%		
ACARREO	Camion CAT 797F	Disponibilidad	84.02%	83.28%	84.12%	83.81%	16	82.35%	83.66%	92.00%	86.00%	17	DISPONIBILIDAD	15	DISPONIBILIDAD	17	
		Utilización	80.18%	81.67%	81.82%	81.22%		81.70%	84.13%	80.72%	82.18%		80.47%		88.14%		
	Camion Komatsu 980E	Disponibilidad	70.86%	77.52%	83.05%	77.14%	14	95.70%	91.31%	83.80%	90.27%	17	UTILIZACIÓN	16	UTILIZACIÓN	17	
		Utilización	71.56%	78.01%	78.56%	76.04%		78.97%	81.88%	78.58%	79.81%		78.63%		81.00%		

CONCLUSIONES

1. El tonelaje transportado durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue de 220,555.50 toneladas y durante el periodo enero a marzo del 2021, de 367,106.90. Por tanto, el incremento de toneladas transportadas fue de 146,551.40 toneladas, producto de un mejor control de la granulometría (P80) y el *dig rate* (tasa de excavación).
2. El tonelaje transportado promedio durante el periodo de estudio fue de 372.37 t/día considerando una granulometría (P80) promedio de 2.45 pulgadas y una dureza promedio de 3.04. Los tiempos promedios de carguío fueron de 5.81 minutos y de acarreo promedio de 34.35 minutos, considerando un *dig rate* (tasa de excavación) promedio de 10,868.32 t/hora. Los resultados entre ambos periodos de estudio de octubre a diciembre 2020 y de enero a marzo 2021 fueron: el mayor tonelaje transportado se realizó durante los periodos febrero y marzo del 2021 con 132,502.80 y 140,106.80 toneladas respectivamente. Los tonelajes promedios para ambos periodos de febrero y marzo del 2021 fueron de 374.30 y 371.64 toneladas.
3. El tiempo de carguío se incrementó durante el periodo de estudio octubre a diciembre 2020 de 5.57 a 6.05 minutos; mientras que en el periodo enero a marzo 2021 se tuvo un incremento de 0.47 minutos. Este mayor tiempo de carguío está relacionado a un mayor *dig rate* (tasa de excavación) con un incremento de 10,341.78 t/h durante el periodo octubre a diciembre 2020 a 11,394.86 t/h durante el periodo enero a marzo 2021.
4. El mayor tonelaje de excavación (*dig rate*) con los equipos de carguío se incrementaron en 1,053.08 t/h durante el periodo enero a marzo 2021, está relacionado al grado de fragmentación controlado (P80). La disminución del P80 (grado de fragmentación) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue de 2.52 pulgadas, generando una disminución durante el periodo de enero a marzo del 2021 con 2.39 pulgadas.

5. Finalmente, esta menor granulometría en 0.13 pulgadas permitió el incremento de la tasa de excavación (*dig rate*) en 1053.08 t/h, de esta manera se mejoró el rendimiento en los equipos de carguío por el mayor tonelaje cargado.
6. El tiempo de acarreo se incrementó durante el periodo de estudio octubre a diciembre 2020 de 33.00 a 35.69 minutos; mientras que, en el periodo enero a marzo 2021 se tuvo un incremento de 2,69 minutos. Este mayor tiempo de acarreo está relacionado a un mayor *dig rate* (tasa de excavación) con un incremento de 10,341.78 t/h durante el periodo octubre a diciembre 2020 a 11,394.86 t/h durante el periodo enero a marzo 2021.
7. El mayor tonelaje transportado durante el periodo enero a marzo del 2021 fue de 375.25 toneladas, comparado con el de 374.88 toneladas durante el periodo de octubre a diciembre del 2020.
8. El incremento de tonelaje transportado en 0.36 toneladas está relacionado directamente al mayor tiempo de acarreo en 2.69 minutos, una disminución del grado de fragmentación en 0.13 pulgadas y un incremento del *dig rate* (tasa de excavación) en 1,053.08 t/h mejorando el rendimiento de los equipos de acarreo, durante el segundo periodo de estudio.
9. La disponibilidad en equipos de carguío (palas y cargador) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue del 79.57 % y durante el periodo enero a marzo, de 85.86 % con un incremento del 6.29 %, con una mejora en el mantenimiento preventivo.
10. La utilización de los equipos de carguío (palas y cargador) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue del 85.94 % y durante el periodo enero a marzo fue de 85.05 %, generando un mejor uso de los equipos de carguío de acuerdo con lo programado.

11. Las horas efectivas operacionales de los equipos de carguío (palas y cargador) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue de 16 horas efectivas y durante el periodo enero a marzo, de 18 horas efectivas, generando un incremento de 2 horas efectivas por el control de la granulometría y mejora en el *dig rate* (tasa de excavación), explicados en los párrafos anteriores.
12. La disponibilidad en equipos de acarreo (camiones Caterpillar y Komatsu) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fue del 80.47 % y durante el periodo enero a marzo, de 88.14 % con un incremento del 7.67 %, producto de un mejor mantenimiento preventivo y controlando el mantenimiento correctivo.
13. La utilización de los equipos de acarreo (camiones Caterpillar y Komatsu) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fueron del 78.63 % y durante el periodo enero a marzo fue de 81.00 %, con un incremento del 2.37 %, generando un mejor uso de los equipos de acarreo producto de una disminución en el grado de fragmentación post voladura, una mejora en el *dig rate* y un mayor incremento de toneladas transportadas.
14. Finalmente, las horas efectivas operacionales de los equipos de acarreo (camiones Caterpillar y Komatsu) durante el periodo octubre a diciembre del 2020 fueron de 15 horas efectivas y durante el periodo enero a marzo, de 17 horas efectivas, generando un incremento de 2 horas efectivas por el control de la granulometría y mejora en el *dig rate* (tasa de excavación).

RECOMENDACIONES

1. Es necesario realizar un análisis detallado de las diferentes actividades operacionales en carguío y acarreo para determinar las pérdidas de tiempo operacional y mejorar el rendimiento de los equipos.
2. Es importante conocer los diferentes modelos geometalúrgicos en el diseño de malla de perforación y voladura, para asociar a las etapas de carguío y acarreo, considerando el resultado de la voladura de acuerdo con su grado de fragmentación y *dig rate* (tasa de excavación), para la mejora del rendimiento de los equipos.
3. Realizar un análisis de mayor detalle del *layout* de acarreo, desde los diferentes frentes de carguío hacia los diferentes frentes de descarga como, chancadora, zona de acopio y desmontera, para medir la variabilidad del rendimiento de los equipos de acarreo de acuerdo con el material transportado, granulometría y velocidad.
4. Analizar las variables asociadas al grado de fragmentación, distancia y consumo de combustible, de acuerdo con la variabilidad geológica y de alteración presente en el yacimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OLIVARES, Cristian. Mejoramiento de las Prácticas Operacionales Mediante el Uso de un Modelo de Gestión. Tesis (Título de Ingeniero Civil en Minas). Santiago - Chile: Universidad de Chile, 2011.
2. GONZALES, Héctor. Selección y asignación de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto por medio de una metodología de simulación y optimización. Tesis (Magister en Minería). Santiago - Chile: Universidad de Chile, 2019, 75 pp.
3. CÓRDOVA, Gustavo. Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción Gerencia Mina, División Ministro Hales Codelco Chile. Tesis (Magister en Gestión y Dirección de Empresas). Santiago - Chile: Universidad de Chile, 2015, 51 pp.
4. HUAMANÍ, Paúl. Análisis de las variables operacionales para el mejoramiento de la producción en equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S.A. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Continental, 2021, 105 pp.
5. MERCADO, Jorge y MARÍN, Jorge. Análisis de los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en Compañía Minera Kolpa S. A. – 2021. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Continental, 2021, 124 pp.
6. ARTEAGA, Miguel. Evaluación técnica económica en el sistema de transporte y acarreo de talco para la reducción de costos en la UEA Jesús Poderoso N° 8 de Compañía Minera Agregados Calcáreos S. A. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Continental, 2020, 107 pp.

ANEXOS

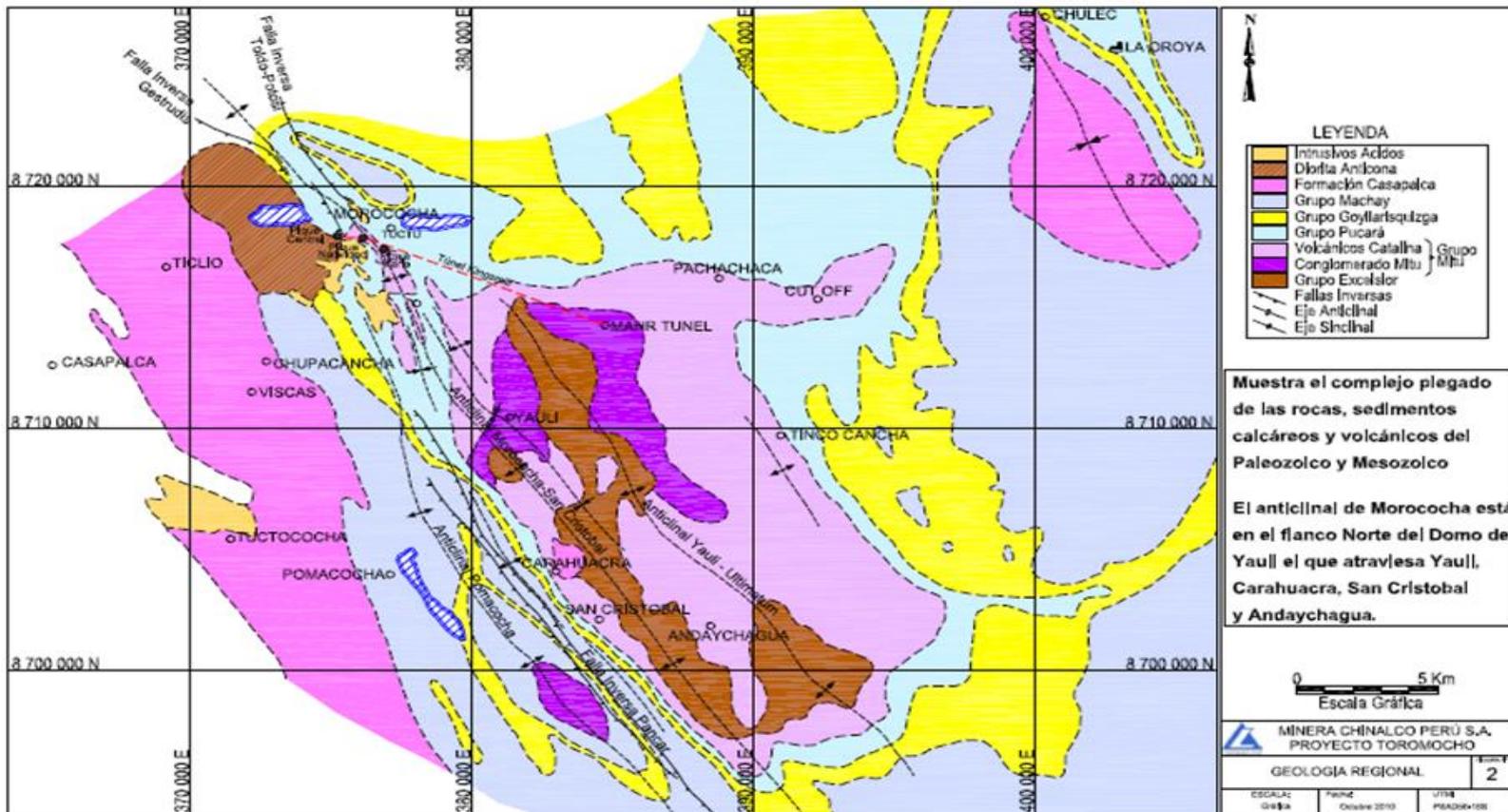
Anexo A

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 15. Tabla de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Productividad en equipos de carguío y acarreo	La productividad en equipos de carguío y acarreo define el rendimiento operacional en cada proceso unitario, relacionado con la unidad de tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> • Dominios geológicos • Dominios geomecánicos • Variables Operacionales 	<ul style="list-style-type: none"> Variables geológicas Variables geomecánicas Productividad 	<ul style="list-style-type: none"> Ley de mineral, litología, alteración hidrotermal, etc. Propiedades del macizo rocoso Disponibilidad, utilización, horas efectivas.
VD: Equipos de carguío y acarreo	Definir el rendimiento de equipos de está asociado a diferentes variables operacionales, que inciden en el uso de los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> • Cargadores frontales. • Palas Eléctricas • Camiones Caterpillar y Komatsu 	Tiempos efectivos operacionales, toneladas transportadas, P80, Dig rate.	<u>Categoría:</u> <ul style="list-style-type: none"> Producción Mantenimiento. Reservas Demoras operativas.

Anexo B
Planos en planta



**Figura 4. Plano en planta, geología regional
Tomada del departamento de Planeamiento**

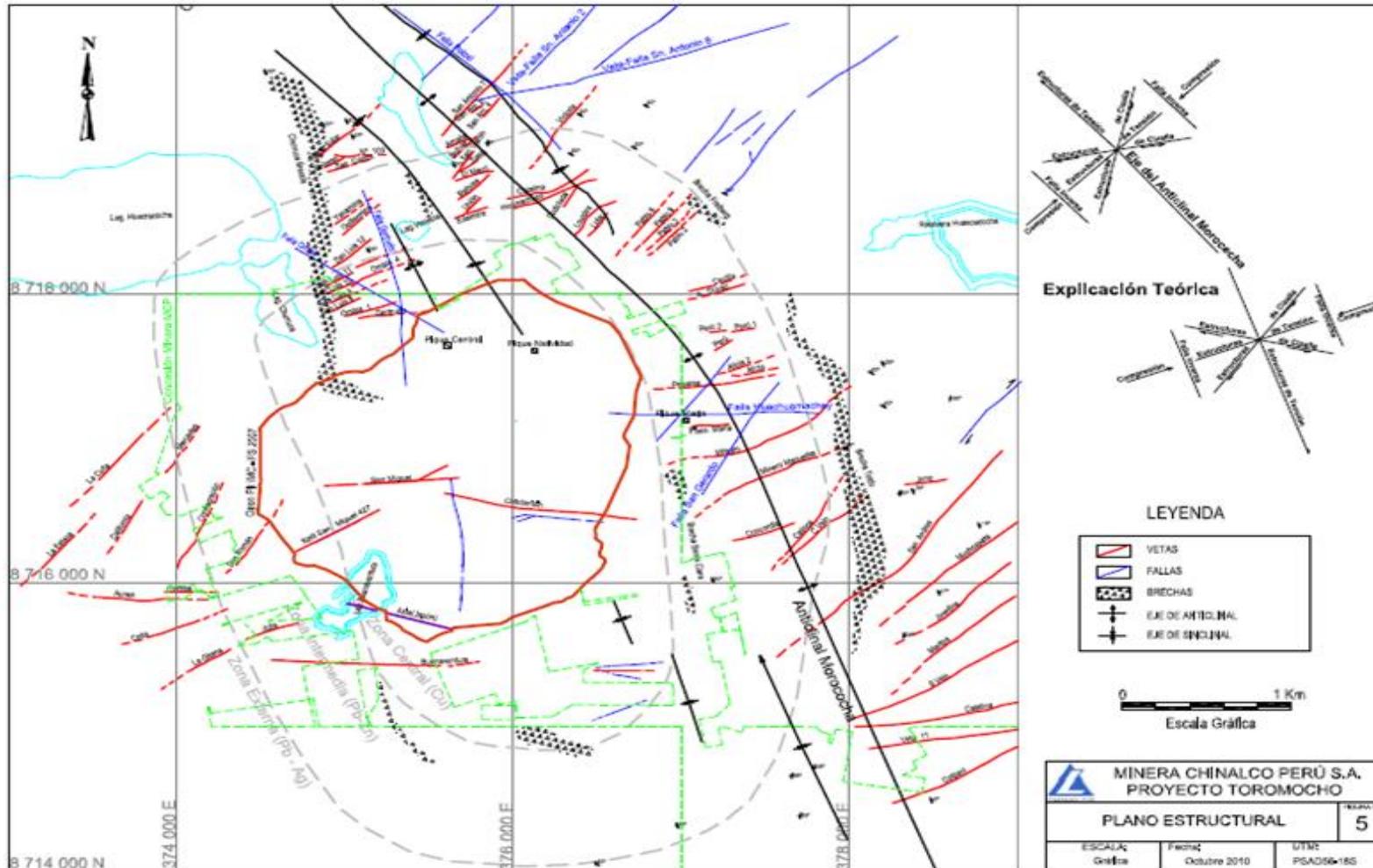
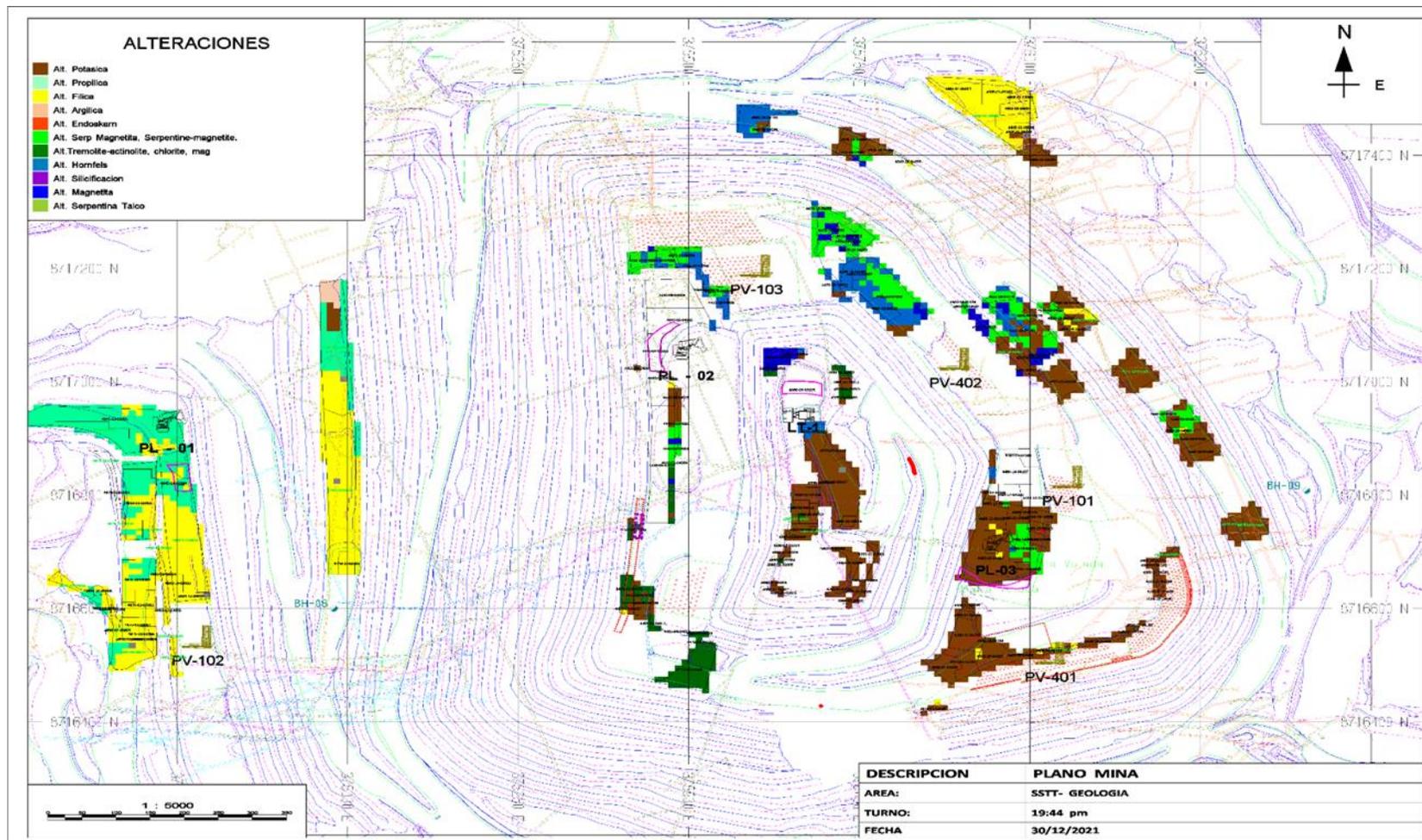
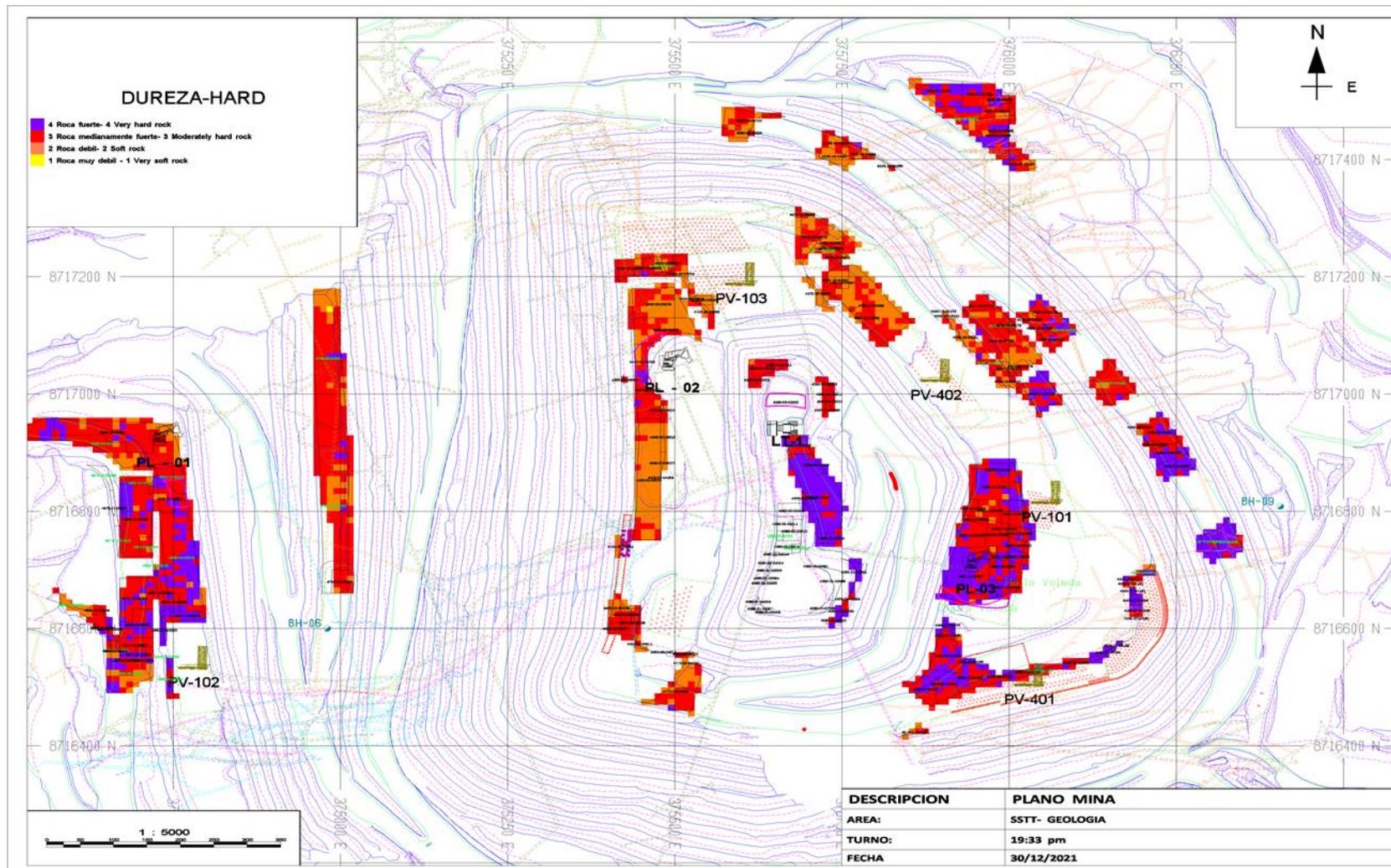


Figura 5. Plano en planta, estructural
Tomada del departamento de Planeamiento



**Figura 6. Plano en planta, alteración hidrotermal - metamórfica
Tomada del departamento de Planeamiento**



**Figura 7. Plano en planta, dureza de las rocas
Tomada del departamento de Planeamiento**

Anexo C

Fotos equipos de carguío y acarreo



Figura 8. Pala eléctrica CAT 7495 HF
Tomada del departamento de Planeamiento



Figura 9. Camión Caterpillar 797F
Tomada del departamento de Planeamiento



**Figura 10. Proceso carguío, frente de operación
Tomada del departamento de Planeamiento**



**Figura 11. Proceso operacional, perforación, carguío y acarreo
Tomada del departamento de Planeamiento**