



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS
OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE TIEMPOS EN
EL CARGUÍO Y DESCARGA DE MINERAL EN EL
PROYECTO CIÉNEGA NORTE, HUALGAYOC,
2018

PRESENTADO POR
BACH. CUBAS RÍOS, SANTOS TEÓFILO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

CAJAMARCA - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación personal.

A mi madre Esperanza:

Por ser el pilar más importante en mi vida, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A la Universidad Alas Peruanas, por haberme convertido en un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron para que este sueño se haga realidad.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Alas Peruanas, por brindarme la oportunidad de desarrollar capacidades, competencias y optar el título profesional de Ingeniero de Minas.

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|------|
| CARÁTULA | i |
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| RECONOCIMIENTO | iv |
| ÍNDICE | v |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT | xi |
| INTRODUCCIÓN | xii |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO | 1 |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática | 1 |
| 1.2. Delimitación de la investigación | 1 |
| 1.2.1. Delimitación espacial..... | 1 |
| 1.2.2. Delimitación social..... | 2 |
| 1.2.3. Delimitación temporal | 2 |
| 1.2.4. Delimitación conceptual..... | 2 |
| 1.3. Problemas de investigación | 3 |
| 1.3.1. Problema principal..... | 3 |
| 1.3.2. Problemas secundarios | 3 |
| 1.4. Objetivos de la investigación..... | 4 |
| 1.4.1. Objetivo general | 4 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.5. Hipótesis y variables | 4 |
| 1.5.1. Hipótesis general..... | 4 |
| 1.5.2. Hipótesis secundarias | 5 |
| 1.5.3. Variables | 5 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1.5.4. Operacionalización de las variables | 6 |
| 1.6. Metodología de la investigación | 6 |
| 1.6.1. Tipo y nivel de investigación..... | 6 |
| 1.6.2. Método y diseño de la investigación | 7 |
| 1.6.3. Población y muestra de la investigación..... | 7 |
| 1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 7 |
| 1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación | 8 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | 10 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 10 |
| 2.1.1. En el ámbito internacional | 10 |
| 2.1.2. En el ámbito nacional | 13 |
| 2.1.3. En el ámbito local | 15 |
| 2.2. Bases Teóricas | 17 |
| 2.2.1. Control de tiempos | 17 |
| 2.2.2. Carguío y descarga de mineral..... | 25 |
| 2.3. Definición de términos básicos..... | 32 |
| CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 34 |
| 3.1. Aspectos generales..... | 34 |
| 3.1.1. Empresa | 34 |
| 3.1.2. Estado del proyecto..... | 34 |
| 3.1.3. Material extraído..... | 34 |
| 3.1.4. Ubicación..... | 34 |
| 3.1.5. Extensión..... | 34 |
| 3.1.6. Concesiones mineras | 35 |
| 3.2. Control de tiempos en el carguío y descargue del mineral..... | 36 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| 3.3. Establecer parámetros de tiempo de ciclo | 50 |
| 3.3.1. Identificación de tiempos | 50 |
| 3.3.2. Identificación de velocidad..... | 50 |
| 3.3.3. Identificación de tiempo de ciclo..... | 50 |
| 3.3.4. Velocidad promedio..... | 51 |
| 3.3.5. Productividad teórica (Pt). | 51 |
| 3.3.6. Productividad máxima por hora (Pm). | 51 |
| 3.4. Mejora en el proceso de carguío y descarga de mineral..... | 52 |
| 3.4.1. Transporte | 52 |
| 3.4.2. Propuestas para carguío | 56 |
| 3.4.3. Propuesta de implementación | 57 |
| 3.4.4. Mejoras en el despacho..... | 63 |
| 3.5. Contrastación de la hipótesis | 64 |
| 3.5.1. Prueba de hipótesis general..... | 64 |
| 3.5.2. Prueba de hipótesis específicas | 65 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 66 |
| CONCLUSIONES | 67 |
| RECOMENDACIONES | 68 |
| FUENTES DE INFORMACIÓN | 69 |
| ANEXOS | 72 |
| Anexo 1: Matriz de consistencia..... | 73 |
| Anexo 2: Instrumentos de para la recolección tiempos en campo | 74 |
| Anexo 3: Instrumentos de para la recolección tiempos en campo | 74 |
| ANEXO 4: Panel fotográfico..... | 75 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1: Ubicación del proyecto Ciénega Norte | 35 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1 Tiempo de ejecución del proyecto..... | 2 |
| Tabla 2 Operacionalización de variables. | 6 |
| Tabla 3 Tiempos mínimos para cálculo de ciclo de carguío y acarreo mínimo. | 18 |
| Tabla 4 Tiempos de posicionamiento en punto de carguío - operación..... | 19 |
| Tabla 5 Tiempo promedio según el tipo de descarga | 21 |
| Tabla 6 Eficiencia operacional según condición y organización de la obra | 24 |
| Tabla 7 Control de tiempos del traslado de mineral en junio - turno mañana... | 36 |
| Tabla 8 Control de tiempos del traslado de mineral en julio - turno tarde..... | 37 |
| Tabla 9 Control de tiempos del traslado de desmonte en agosto - turno tarde. | 37 |
| Tabla 10 Control de tiempos de traslado de mineral setiembre - turno mañana. | 38 |
| Tabla 11 Control de tiempos del traslado de mineral en octubre - turno tarde. | 39 |
| Tabla 12 Control de tiempos de traslado de mineral noviembre - turno mañana. | 40 |
| Tabla 13 Control de tiempos de traslado de desmonte diciembre - turno noche. | 41 |
| Tabla 14 Control de tiempos del traslado de mineral en enero - turno tarde. | 42 |
| Tabla 15 Control de tiempos del traslado de mineral febrero - turno mañana. | 42 |
| Tabla 16 Control de tiempos del traslado de desmonte marzo - turno mañana. | 43 |
| Tabla 17 Control de tiempos del traslado de mineral en abril - turno tarde. | 44 |
| Tabla 18 Control de tiempos del traslado de mineral en mayo - turno noche. | 45 |
| Tabla 19 Control de tiempos del traslado de mineral en junio - turno noche | 46 |
| Tabla 20 Control de tiempos del traslado de desmonte junio - turno noche | 47 |
| Tabla 21 parámetros de tiempos de ciclo en el año 2017. | 47 |
| Tabla 22 Análisis del VAN del proyecto de cámaras..... | 62 |

RESUMEN

La presente tesis tuvo por objetivo realizar la optimización del control de tiempos en las actividades de carguío y descarga de mineral, para obtener una mejor productividad en el Proyecto Ciénaga Norte, Hualgayoc, en el año 2018. Los objetivos específicos son establecer parámetros de tiempo de ciclo, número de pases, tiempo de intercambio, para el cálculo de productividad de equipos; encontrar los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral; e incrementar el rendimiento, así como la utilización de los equipos mediante la disminución de los tiempos improductivos en ambos procesos.

El tipo de investigación es descriptiva, ya que se describieron los datos actuales de tiempos empleados en el carguío y descargue de mineral.

Multiservicios El Imperio S.R.L es una contratista especializada en movimiento de tierras, la asignación de recursos en base a presupuestos se convierte en pieza clave. Se requiere de una guía para la gestión de la flota que garantice la eficiencia del ciclo de extracción. Se determinaron los parámetros de tiempo de ciclo, el tiempo del ciclo total es 38.08 minutos, con una velocidad promedio: 28.36 km/hr; la productividad teórica es 23.63 ton/hr y la productividad máxima es 7.88 ton/hr. Se encontraron los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, que es la eliminación de los tiempos muertos que se producen principalmente en el lapso de la voladura, que abarca 1 hora y media. también, se producen paradas por el mal estado de las vías, por el poco avance de cargado de mineral y por dificultades mecánicas de los volquetes. El incremento del rendimiento, se verá reflejado con la implementación de una propuesta de mejora mediante el uso del sistema de visión y detección en tiempo real de la caída de los elementos de desgaste. Asimismo, se deben eliminar las malas prácticas en la toma de decisiones de los operadores y las demoras por limpieza de caminos. Esta propuesta es viable económicamente con un VAN de \$10.57 MUSD.

Palabras clave: Control de tiempos, carguío de mineral, descargue de mineral, productividad de equipos.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to optimize time control in ore loading and unloading activities, in order to obtain better productivity in the Ciénaga Norte Project, Hualgayoc, in 2018. The specific objectives are to establish time parameters for cycle, number of raisins, time of exchange, for calculating equipment productivity; find the points to improve for the process of loading and unloading ore; and increase the performance, as well as the use of the equipment by reducing the unproductive times in both processes.

The type of investigation is descriptive, since the current data of times used in the loading and unloading of ore will be described.

Multiservices The S.R.L Empire is a contractor specializing in earthmoving, the allocation of resources based on budgets becomes a key element. A guide is required for the management of the fleet that guarantees the efficiency of the extraction cycle. The parameters of cycle time were determined, the total cycle time is 38.08 minutes, with an average speed: 28.36 km / hr; the theoretical productivity is 23.63 ton / hr and the maximum productivity is 7.88 ton / hr. The points to be improved were found for the process of loading and unloading of ore, which is the elimination of the dead times that occur mainly during the lapse of the blasting, which covers an hour and a half. also, stops occur due to the poor condition of the tracks, the low advance of ore loading and mechanical difficulties of the dump trucks. The increase in performance will be reflected with the implementation of a proposal for improvement through the use of the system of vision and detection in real time of the fall of the wear elements. Likewise, bad practices in operators' decision-making and road cleaning delays must be eliminated. This proposal is economically viable with a NPV of \$ 10.57 MUSD.

Key words: Time control, ore loading, ore discharge, equipment productivity.

INTRODUCCIÓN

Multiservicios El Imperio S.R.L, es la empresa contratista encargada del minado del proyecto “Ciénega Norte”, perteneciente a la Compañía Minera Coimolache S.A.

La presente investigación describe los trabajos de carguío y descargue de mineral. Se realiza mediciones de tiempos y se aplican fórmulas para la determinación de la productividad horaria de los equipos implicados.

Para su mejor estudio, comprensión y análisis se ha dividido en cinco capítulos:

El capítulo I, titulado planteamiento metodológico, comprende la realidad problemática, delimitación, problemas, objetivos, hipótesis y metodología de la investigación.

El capítulo II, titulado marco teórico, comprende los antecedentes internacionales, nacionales y locales; las bases teóricas divididas en control de tiempos y carguío y descarga de mineral, finalmente se definen los términos básicos.

El capítulo III, titulado presentación, análisis e interpretación de resultados, comprende el análisis de los tiempos de carguío y descargue, asimismo se contrasta la hipótesis.

Posteriormente se discuten los resultados obtenidos comparados con un antecedente.

Finalmente se realizan las conclusiones, recomendaciones, fuentes de información y anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial y latinoamericano el Perú se ubica entre los primeros productores de diversos metales, lo cual es reflejo de la abundancia de recursos y la capacidad de producción de la actividad minera peruana, una de las principales actividades en minería es el carguío y acarreo, es decir el movimiento de tierras.

La gestión y la administración de la flota equipos de acarreo es muy importante debido al consumo de las llantas gigantes, repuestos y combustible.

El proyecto consiste en controlar y optimizar los tiempos en las actividades de carguío y descarga de mineral. Mientras más se profundiza el tajo y se alejan los botaderos el costo de acarreo aumenta si no se tiene control.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevó a cabo en el caserío El Tingo, La Palma, Nuevo Perú, La Colpa que pertenecen al distrito de Hualgayoc y

Cerca de los caseríos Chencho, Ramírez y centro poblado de Chugur que pertenecen al distrito de Chugur.

1.2.2. Delimitación social

En la investigación se contó con los trabajadores de la empresa Multiservicios El Imperio S.R.L, quien es la empresa contratista encargada del minado del proyecto “Ciénega norte”.

1.2.3. Delimitación temporal

El estudio se llevó a cabo durante el año 2018 entre los meses de enero a junio en la cual se realizó el control de tiempos de carga y descarga de mineral.

Tabla 1:
Tiempo de ejecución del proyecto.

| Etapas | Inicio | Término | Días |
|-------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| Recopilación de Información | 03 de Enero del 2018 | 31 de Enero del 2018 | 28 días |
| Etapa de Campo | 01 de Febrero del 2018 | 31 de Marzo del 2018 | 59 días |
| Etapa de análisis de gabinete | 01 de Abril del 2018 | 30 de Junio del 2018 | 90 Días |
| Total | | | 177 Días |

1.2.4. Delimitación conceptual

Los conceptos mencionados a continuación, son todos aquellos que tenemos que se tuvieron presente a lo largo de este proyecto de tesis:

- Carguío de mineral
- Descarga de mineral
- Control de tiempos

1.3. Problemas de investigación

1.3.1. Problema principal

¿Cómo optimizar el control de tiempos en las actividades de carguío y descarga de mineral, en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018?

1.3.2. Problemas secundarios

- ¿Cuáles son los parámetros para el cálculo de productividad en el control de tiempo y actividades de Carguío y Descarga de mineral en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018?

- ¿Cuáles son los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, en el control de tiempos, en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018?

- ¿Cómo incrementar el rendimiento en las actividades de Carguío y Descarga del mineral, así como la utilización de los equipos mediante la disminución de los tiempos improductivos en ambos procesos, para optimizar el Control de tiempos en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Realizar la optimización del control de tiempos en las actividades de carguío y descarga de mineral, para obtener una mejor productividad en el Proyecto Ciénaga Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer parámetros de tiempo de ciclo, número de pasas, tiempo de intercambio, para el cálculo de productividad de equipos, en el Proyecto Ciénaga Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018
- Encontrar los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, y los que se deben optimizar para una mejor productividad en el Proyecto Ciénaga Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018.
- Incrementar el rendimiento, así como la utilización de los equipos mediante la disminución de los tiempos improductivos en ambos procesos, en el Proyecto Ciénaga Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018.

1.5. Hipótesis y variables

1.5.1. Hipótesis general

Al realizar la optimización del control de tiempos en las actividades de Carguío y Descarga de mineral, habrá un gran aumento de productividad en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca en el año 2018.

1.5.2. Hipótesis secundarias

- Si se establecen los parámetros de tiempo de ciclo para el cálculo de productividad de equipo, se evaluarán mejoras en el control de tiempos en el carguío y descargue de mineral, en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018.
- Si se determinan los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, hará una mejora en el control de tiempos, en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018.
- Si se incrementa el rendimiento, así como la utilización de los equipos se disminuirá los tiempos muertos en ambos procesos, en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018.

1.5.3. Variables

- Control de tiempos.
- Carguío y descargue de mineral.

1.5.4. Operacionalización de las variables

Tabla 2
Operacionalización de variables.

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIONES | INDICADOR |
|---------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|
| Control de tiempos | Función de dirigir o regular todas las actividades que se desarrollan dentro de la empresa, con el fin de terminar en un tiempo estimado, generando mayor productividad | Tiempo total de operación | Minutos |
| | | Tiempo de giro y posicionamiento | |
| | | Tiempo de carguío | |
| | | Tiempo de retorno | |
| | | Tiempo de descarga | |
| Carguío y descargue del mineral | Etapa que forma parte de la explotación de un mineral, en la que se carga y descarga el material a explotar | Capacidad de equipos | Toneladas |
| | | Selección de equipos | Rendimiento de equipo (ton/hora) |
| | | Tipo de material | Peso específico (kg/m ³) |

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1. Tipo y nivel de investigación

a) Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva, ya que se van a describir los datos actuales de tiempos empleados en el carguío y descargue de mineral, además de acuerdo a ellos se va a proponer las mejoras en dicho proceso (Hernández, 2006).

b) Nivel de la investigación

Se utilizó la investigación analítica, se estableció la comparación de variables entre grupos de tiempos recogidos en campo. Además, se refiere a la proposición de hipótesis que el tesista trata de probar o invalidar (Hernández, 2006).

1.6.2. Método y diseño de la investigación

a) Método de investigación

Se aplicó el método analítico que consiste en observar las causas y los efectos de las demoras en el carguío y descargue de mineral (Hernández, 2006).

b) Diseño de la investigación

El diseño de la investigación corresponde al diseño correlacional, porque se muestra la relación que existe entre las variables (Hernández, 2006).

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a) Población

30 equipos empleados en el carguío y descargue del mineral en el proyecto “Ciénega Norte”.

b) Muestra

Se analizó 15 equipos de Multiservicios El Imperio S.R.L, empleados en el carguío y descargue del mineral en el proyecto Ciénega Norte.

1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Técnicas

- Observación directa.
- Recolección de tiempos de ciclos de producción en campo.

b) Instrumentos

- Para la técnica de Observación directa, para la que se usa el reloj, además de la contabilidad del número de quipos que

Trabajan en un día, que nos ayuda a un mejor análisis en la investigación.

- Para la técnica de recolección de tiempos de ciclos de carguío y descarga en campos, se utiliza la ficha de disponibilidad mecánica y utilización efectiva de equipos y la ficha de toma de tiempos de transporte de mineral.

1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

a) Justificación

El control de tiempos en el carguío y descarga de mineral es necesario para el planeamiento del transporte en interior mina.

Multiservicios El Imperio S.R.L es una contratista especializada en movimiento de tierras, la asignación de recursos en base a presupuestos se convierte en pieza clave. Se requiere de una guía para la gestión de la flota que garantice la eficiencia del ciclo de extracción.

b) Importancia

Este proyecto va a servir a Multiservicios El Imperio S.R.L y al proyecto “Ciénega Norte” para lograr optimizar los tiempos en el carguío y descarga de mineral.

Esta tesis sirve como base para poder aspirar al título profesional de ingeniero de minas.

c) Limitaciones

En las actividades de carguío y descarga del mineral se lleva el control de tiempos mediante un software, es necesario y a la

vez limitado tener acceso a esos datos, por lo cual se realizará la solicitud correspondiente.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. En el ámbito internacional

- **Cornejo, (2013).** Realizó una tesis: “*Sistema de optimización de Transporte para la Mediana Minería*”, ante la empresa minera MMEdmin, Santiago - Chile; el objetivo fue proponer medidas de optimización de tiempos y costos en el transporte minero. La investigación fue de tipo experimental, y su muestra son las empresas Vale, Rio Tinto, AMSA, BHP Billiton, Anglo American, Codelco. Se concluyó que la solución tecnológica consiste en: Un robusto Tablet PC de última generación y un GPS de baja precisión abordo de la maquinaria. Una capa de GPS de alta precisión para el guiado de la maquinaria y control de dilución en palas y perforadoras. Un servidor de gran performance. SOFTWARE de Mine Fleet Management desplegado en el servidor central y en cada terminal de equipo mina o apoyo. En términos simples un sistema de optimización de transporte y carguío minero, es una herramienta de software y hardware que facilita el incremento de la productividad de la flota minera, la reducción de los costos operacionales, el consumo de combustible, la durabilidad de la maquinaria y su ciclo de vida.

- **Rodríguez, (2013)**. Presentó su Tesis para obtener el grado de profesor supervisor, titulada: *“Modelo Analítico para el Dimensionamiento de Flota de Transporte en Minería a Cielo Abierto: Análisis de Prioridades de Atención Según Rendimiento”* a la Pontificia Universidad Católica de Chile, Puno – Perú. El objetivo de esta tesis fue estudiar los beneficios que podría traer la utilización de prioridades de atención en el proceso de carga de camiones en minería a cielo abierto. Esta investigación es de tipo experimental ya que para cada uno de los experimentos se realiza una descripción general del escenario y su respectiva definición de parámetros. La muestra fue una flota compuesta por 20 camiones de una capacidad efectiva de 150 toneladas. Se concluyó que el modelo analítico estima la solución de mínimo costo en términos de tiempos perdidos por conceptos de espera en cola, bajo una restricción de rendimiento del sistema de transporte. Adicionalmente, el modelo permite encontrar soluciones que involucran composiciones de flotas homogéneas y heterogéneas, como también, permite analizar dos políticas de atención de carga: de tipo FCFS “first come-first served” y de prioridades sin interrupción para una clase determinada de camión. En relación a la composición óptima de la flota (homogénea o heterogénea) depende de los tipos de camiones disponibles y de los diversos factores que componen el ciclo de carguío y transporte. En relación a las prioridades de atención, el modelo analítico permitió concluir que la utilización de prioridades de atención genera beneficios positivos cuando la flota es heterogénea. En esta investigación se obtienen beneficios en el rendimiento en torno a un 2% a 3% en promedio. Finalmente, al resolver el problema de dimensionamiento a través de un enfoque de sistema, es decir para todos los ciclos de forma simultánea, se pueden generar beneficios de un 19,6% en promedio en términos de tiempos perdidos por espera.

- **Merizalde, (2013).** Presentó su Tesis para obtener el grado de magister en minería, titulada: “*Optimización de la Seguridad en el Transporte de Mineral en la Concesión Minera de la Empresa Elipe S.A.*” a la Universidad Técnica de Machala, Loja – Ecuador. El objetivo del estudio fue analizar las “causas que afectan a la seguridad en el transporte de mineral en la empresa ELIPE S.A. en el cantón Portovelo, de la provincia de El Oro”. La metodología de la investigación inició presentando la información secundaria acerca de la seguridad en relación al transporte de mineral; posteriormente se realizó un diagnóstico de la situación actual de riesgo a través de talleres, entrevistas y encuesta, así como la elaboración de una matriz de riesgo, resultados que demuestran que a pesar de existir normativas de seguridad, se presentan una serie de riesgos físicos asociados principalmente a la falta de procedimientos de seguridad requeridos, la falta socialización de los procedimientos existentes, así como de insuficientes herramientas tecnológicas apropiadas para el control y seguridad en el transporte de mineral; estos factores que no han sido oportunamente tomados en cuenta, determinan la necesidad de desarrollar un sistema integral de seguridad, que considere la capacitación permanente del talento humano, actualización de los procedimientos de seguridad e implementación de sistemas modernos de monitoreo inteligente, que permita dar una respuesta oportuna y eficiente a los factores críticos identificados en este análisis y con ello gestionar - mitigar los riesgos del transporte de mineral en la empresa minera.

2.1.2. En el ámbito nacional

- **Soto y Tarazona, (2016).** Presentaron su Tesis para obtener el grado de Ingeniero de Minas, titulada: “*Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial*”, a la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. El objetivo de esta tesis fue diseñar, validar e implementar una aplicación para la simulación del proceso de acarreo, y un método de control para mantener el ritmo de operaciones. Esta investigación fue de tipo experimental. Se concluyó que en base a las condiciones de operación se determinó un factor de corrección de 90%. La estimación del tiempo de ciclo con el simulador “FPM” haciendo uso del factor de corrección es de 0% y con el simulador “FPC” de 11%. De acuerdo a los datos obtenidos, se demostró que se puede realizar un sacrificio de pase a partir de una carga acumulada de 90 toneladas, el cargar un tonelaje menor no sería económicamente rentable. El mejorar las condiciones de las vías permite ciclos más fluidos, velocidades óptimas, ciclos de carguío más rápidos, mayor duración de componentes del camión. El incremento de cada 1% de resistencia a la rodadura conlleva a un aumento de 7% de tiempo en el ciclo de acarreo, por consiguiente, un incremento en el costo por tonelada transportada.
- **Riveros, (2016).** Presentó su Tesis para obtener el grado de Ingeniero de Minas, titulada: “*Cálculo de la Productividad Máxima por Hora de los Volquetes en el Transporte Minero Subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016*” a la Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú. El objetivo fue aumentar la productividad de los volquetes en Arcata. Se utilizó la metodología descriptiva tomando como muestra 15 volquetes mineros. Se concluyó que, con la determinación de los ciclos totales de acarreo y transporte minero subterráneo con

volquetes, se pudo calcular la productividad horaria real en la Unidad Operativa de Arcata, siendo esta 10.156 TM/h como promedio y equivalente al 77.9 % de la productividad máxima siendo esta 13.038 TM/h como promedio. Los factores que influyen en el cálculo de la productividad son el tiempo, la eficiencia relacionada al equipo y al personal, además del material a transportar. Con la determinación de la productividad horaria real, se pudo establecer las tarifas unitarias por cada zona de trabajo, las cuales permitan generar un incremento en la facturación de 34.63 % que representa la suma de US\$ 126314.81 hasta fin de año. El cálculo de la productividad horaria real indica que esta constituye el 77.90 % de la producción óptima posible, debido a lo dilatado del tiempo de carguío en los ore pass.

- **Toledo y Tovar, (2014).** Presentaron una conferencia para la mina Bisa, titulada: "*Sistema In-Pit Crushing and Conveying (IPCC) Alternativa para optimizar el proceso de carguío/transporte en minado por open pit*" ante el Ministerio de Energía y Minas, Lima - Perú. El objetivo fue difundir las grandes ventajas del sistema de minado IPCC. La metodología que se utilizó es descriptiva para realizar la evaluación se tomó como muestra a los equipos de carguío y transporte en la mina Las Bambas. Se concluyó que el sistema IPCC es menos flexible que el sistema de camiones, sin embargo, reduce costos de acarreo (ahorro en combustibles, llantas, equipos auxiliares). Reduce el OPEX (costo de operación), incrementando el VPN y generando mayor rentabilidad. Mientras más grandes y profundas sean las minas de tajo abierto, más rentable será la aplicación de la tecnología de los sistemas IPCC. Los costos de capital serán bajos cuando las capacidades de producción son muy altas; mientras que los costos de operación siempre serán más bajos para el sistema

IPCC que para el sistema convencional. La implementación del sistema de transporte mediante chancado y fajas dentro del tajo puede tener un impacto significativo en la geometría del tajo, generando una variación del striping ratio y en los accesos de la mina.

2.1.3. En el ámbito local

- **Rodríguez, (2017)**. Presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas, titulada: *“Evaluación de Costos de Carguío y de Emisión de Dióxido de Carbono (Co2), al Reducir el Tiempo de Limpieza de Piso de Pala Gigante en Minera Yanacocha, 2017”* a la Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú, el objetivo de la presente investigación fue reducir los costos operativos y la emisión de gases en el área de carguío en una mina a tajo abierto al reducir el tiempo de limpieza de piso de pala. El estudio se desarrolló en dos fases: campo y gabinete. En la fase de campo se trabajó en el área de carguío de pala gigante y en sala de DISPATCH donde se determinaron los tiempos, y cantidad de gases contaminantes que emite el tractor de ruedas encargado de la limpieza de piso de pala. Se concluyó que el tiempo, fue analizado con base de datos de MYSRL, llevando un control desde el año 2013 hasta el año 2017, en el cual el procedimiento alternativo de limpieza de piso de pala fue aplicado desde junio del año 2016. Luego de aplicar el procedimiento alternativo de limpieza de piso de pala, se redujo el tiempo para esta operación de 500 segundos a 400 segundos por hora, por ende, los costos de operación se redujeron en aproximadamente \$.180000 dólares mensuales y un aproximado de \$. 2'160 000 dólares anuales.

- **Huamán, (2015).** Presentó su Tesis para obtener el título profesional de ingeniero de minas, titulada: “*Estudio Comparativo entre el Sistema Minestar Health y el Sistema Convencional en el Control de Camiones Mineros en Minera Gold Fields La Cima, Cajamarca - 2015*” a la Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú. El objetivo de esta tesis fue estudiar comparativamente el Sistema Minestar Health y el Sistema Convencional en los Camiones Mineros. La investigación fue No experimental, Transversal, Descriptiva al comparar dos tecnologías diferentes de Sistemas de Control Electrónico y elegir la que mejore el Rendimiento y Costos del Sistema de Acarreo. Se concluyó que el Sistema Convencional es utilizado en los Camiones Mineros con Control Electrónico y viene instalado en su configuración Estándar. El Sistema Convencional necesita de personal especializado para realizar su evaluación en el área de trabajo. Se pierde la información del equipo. El Sistema Convencional no tiene un costo inicial, su costo de operación es de 2.72 US\$/hora. El Sistema Minestar Health es utilizado como un Sistema adicional en todos los Camiones Mineros con Control Electrónico. El Sistema Minestar Health permite las descargas durante las 24 horas del día y evaluación del equipo en tiempo real; no se pierde la información recolectada del equipo. El Sistema Minestar Health tiene un costo inicial alto; su costo de operación es de 1.14 US\$/hora. La selección del Sistema de Control de Camiones de Acarreo, se realizó mediante las descripciones técnicas – económicas y la evaluación por medio del uso de fórmulas, observación directa y cuadro de rendimiento del fabricante. Se seleccionó al Sistema de Control Minestar Health el cual permite mejorar el rendimiento de los Camiones de Acarreo y reduce los costos de Acarreo en un 15%.

- **Malpica, (2014).** Presentaron su Tesis para obtener el grado de Ingenieros de Minas, titulada: “*Evaluación de Rendimientos de Equipos en las Operaciones de Movimiento de Tierras en el Minado Cerro Negro Yanacocha – Cajamarca*” a la Universidad Privada del Norte, Cajamarca – Perú. El objetivo de esta tesis fue evaluar los rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado Cerro Negro Yanacocha. La metodología ha sido de tipo descriptiva; debido a que se está conociendo las diferentes características a través de una descripción exacta de las actividades que han realizado la maquinaria pesada utilizada. Se concluyó que los rendimientos reales alcanzados en la ejecución, son menores a los dados por el fabricante lo cual valida la hipótesis de la investigación, para las actividades de carguío, empuje, acarreo, corte y nivelación. En la presente investigación se logró determinar los rendimientos alcanzados por los diferentes equipos analizados. El rendimiento real de los equipos es: Excavadora: 81.17 m³/hr Tractor: 163.93 m³/hr Cargador Frontal: 67.91 m³/hr Volquete: 47.18 m³/hr Motoniveladora: 0.21 Ha/hr. Se determinó el tiempo de duración de los ciclos de los equipos, siendo los siguientes: Excavadora: 0.33 segundo/ciclo Tractor: 2.5 minutos/ciclo Cargador Frontal: 2.10 minutos/ciclo Volquete: 15.83 minutos/ciclo Motoniveladora: 3.49 horas/ciclo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Control de tiempos

a. Definición

Función de dirigir o regular todas las actividades que se desarrollan dentro de la empresa, con el fin de terminar en un tiempo estimado, generando mayor productividad (Checya, 2015).

b. Características del control tiempos

La principal diferencia en el cálculo de productividades con el caso de equipos sin acarreo, radica en que el tiempo de ciclo incluye el tiempo de transporte y regreso necesarios.

Para estimar los tiempos de transporte, se puede considerar que para recorrer 60 metros a 12 km/hr el tiempo es de 30 segundos, mientras que, si la velocidad se reduce a 6 km/hr, el tiempo aumenta a 60 segundos. (Checya, 2015)

Tabla 3

Tiempos mínimos para cálculo de ciclo de carguío con acarreo mínimo.

| Tiempo de ciclo (min) | |
|------------------------------|------|
| Carga | 0.06 |
| Transporte | 0.15 |
| Descarga | 0.05 |
| Regreso | 0.14 |
| Total | 0.40 |

Fuente: Checya, (2015).

c. Tipos de control de tiempos

- Tiempo total de operación

Es el tiempo real en el que el volquete realiza un trabajo directamente relacionado con la producción. Se define como la suma de los diferentes tiempos del ciclo de transporte (tiempo de giro y posicionamiento, tiempo de carguío, tiempo de transporte, tiempo de descarga y tiempo de regreso). (Quiquia, 2015)

- **Tiempo de giro y posicionamiento en el punto de carguío (Tg)**

Es el tiempo que demora el volquete en posicionarse en el punto de carguío. Este tiempo depende del tipo de equipo de transporte y de las condiciones de trabajo. El posicionamiento descuidado en el punto de carguío es una práctica que puede causar grandes pérdidas en tiempo de operación. Un buen posicionamiento de los volquetes permite reducir el tiempo de giro del scoop y aumentar su productividad. Se muestra la tabla 2 con valores referenciales. (Quiquia, 2015)

Tabla 4

Tiempos de posicionamiento en punto de carguío según condiciones de operación.

| TIEMPO DE POSICIONAMIENTO (min) | | | |
|--|----------|---------|---------|
| <u>Condiciones de operación</u> | INFERIOR | TRASERA | LATERAL |
| Favorable | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| Promedio | 0.5 | 0.3 | 0.5 |
| Desfavorable | 1 | 0.5 | 1 |

Fuente: Quiquia, (2015).

- **Tiempo de carguío (Tc)**

Es el tiempo de carguío que demora el volquete en ser llenado en el buzón o cargado por el scoop. El tiempo de carga depende del número de lampones necesarios para llenar la capacidad del volquete (o unidad de transporte). Se puede calcular según la siguiente fórmula (Quiquia, 2015):

$$\text{Tiempo de carguío (min)} = T_e * N$$

Dónde:

Te: Tiempo de ciclo del scoop (min).

N: Número de pases.

El número de lampones (N) necesarios para colmar la capacidad del volquete se determina de la siguiente manera:

$$N^{\circ} = \frac{Q}{(C * f * e * P. e.)}$$

Dónde:

Q: Capacidad nominal del equipo (TM).

C: Capacidad nominal de la cuchara (m³).

f: Factor de llenado de la cuchara (en %).

e: Esponjamiento del material (en %).

P.e.: Peso específico del material in situ (TM/m³).

El porcentaje del factor de llenado dependerá del tipo de material a ser cargado, así se tiene (Quiquia, 2015):

- Roca bien fragmentada: 90 – 95 %
- Roca fragmentada mediana: 75 – 90 %
- Roca mal fragmentada: 60 – 75%

Se indica que el porcentaje de esponjamiento de material a ser cargado, será (Quiquia, 2015):

- Roca blanda bien fragmentada: 67 – 68 %
- Roca dura bien fragmentada: 65 %
- Roca dura mal fragmentada: 50 %

- **Tiempo de acarreo y transporte (Ta)**

Es el tiempo para que el volquete cargado recorra la distancia existente hasta el lugar de destino. Depende de la distancia de acarreo “D” y de la velocidad que utiliza el volquete con carga. (Checya, 2015)

$$Ta = D / Vc$$

Dónde:

D: Distancia de acarreo (m).
Vc: Velocidad con carga (m/min)

- **Tiempo de descarga y maniobras (Td)**

Este tiempo depende de las condiciones de trabajo y del tipo de descarga del equipo. Se debe considerar que en el área de descarga no debe estar ningún equipo en movimiento, para que el volquete pueda ingresar y avanzar en retroceso una determinada distancia y descargar el material realizando las maniobras de aceleración y frenado correspondiente para luego retornar hacia el destare. (Checya, 2015)

Siempre se debe visualizar las condiciones en el área de trabajo para la determinación del tiempo de descarga. (Checya, 2015)

Tabla 5
Tiempo promedio según el tipo de descarga

| TIEMPO SEGÚN EL TIPO DE DESCARGA (min) | | | |
|---|----------|-----------|---------|
| Condiciones de operación | INFERIOR | TRASERA | LATERAL |
| Favorable | 0.3 | 0.15 | 0.7 |
| Promedio | 0.6 | 0.3 | 1.0 |
| Desfavorable | 1.5 | 1.5 – 2.5 | 1.5 |

Fuente: Checya, (2015).

- **Tiempo de retorno (Tr)**

Es el tiempo que demora el volquete en ingresar vacío desde el punto de descarga (tolva de finos / desmontera) hasta el punto de carguío. Depende de la distancia de acarreo “D” y de la velocidad que utiliza el volquete vacío en retornar. (Checya, 2015)

$$Tr = D / Vr$$

Dónde:

D: Distancia de acarreo (m)

Vr: Velocidad del volquete vacío (m/min)

Entonces, para considerar un ciclo completo de trabajo de acarreo de material este será la sumatoria del tiempo de giro y posicionamiento, tiempo de carguío, tiempo de transporte, tiempo de descarga y tiempo de regreso.

Considerando que el ciclo de transporte comprende 2 tipos de tiempos (Checya, 2015):

- Tiempo fijo (Tf): Está formada por el tiempo usado para el giro y las maniobras del volquete, más el tiempo en el que el scoop empieza la operación de carga, más el tiempo de descarga y el tiempo de demora. (Checya, 2015)

$$\mathbf{Tf = Tg + Tc + Td + Tb}$$

Dónde:

Tf: Tiempo fijo (min)

Tg: Tiempo de giro y posicionamiento (min)

Tc: Tiempo de carguío (min)

Td: Tiempo de descarga (min)

Tb: Tiempo de demora (min)

- Tiempo Variable (Tv): Los tiempos variables para el acarreo y retorno se determinarán dividiendo la distancia entre las velocidades medias de ambos trayectos. (Checya, 2015)

$$\mathbf{Tv = Ta (con carga) + Tr (sin carga)}$$

Dónde:

Tv: Tiempo variable (min)

Ta: Tiempo de acarreo con carga (min)

Tr: Tiempo de retorno sin carga (min)

Para poder acercarnos al ciclo real de acarreo será necesario considerar los límites de velocidad permitidos por el estándar de seguridad en vías de tránsito en superficie e interior mina, así como realizar un estudio de campo; lo cual deberá ser procesado mediante un análisis estadístico para poder determinar las velocidades medias de transporte y regreso considerando la pendiente de la rampa y las condiciones de la vía. (Checya, 2015)

Las condiciones de la vía serán determinantes para el ciclo total del transporte; ya que de ello dependerá el grado de resistencia a la rodadura de la rampa. A menor resistencia a la rodadura dará como resultado una mejor productividad y mayor seguridad. Mantener el óptimo estado de las vías se conseguirá con la aplicación de un buen material a compactar, buen drenaje, adecuado control de la polución, estandarización de cunetas y sangrías y un estricto cumplimiento de su mantenimiento. (Checya, 2015)

- **Tiempo de demora**

Existen demoras que están directamente relacionadas con el ciclo de acarreo que debemos de considerar (Checya, 2015):

- Pesado en balanza: Consiste en pesar la carga transportada proveniente de mina. El estándar de balanza indica que esta actividad se realiza entre 1 a 3 minutos.
- Destare en balanza: Consiste en pasar al volquete vacío para conocer el tonelaje extraído.

d. Ventajas del control de tiempos

La ventaja del control de tiempos equivale a mejorar la eficiencia de trabajo es el más complejo elemento de estimación que es determinado por una serie de variables como el factor humano, condiciones climáticas, métodos de explotación, tránsito, reparación de los volquetes, operación nocturna, logística, etc. (Quiquia, 2015)

El porcentaje de eficiencia puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$\%Eff = \frac{\text{Tiempo de operación efectiva}}{\text{Tiempo total de operación}} * 100$$

Esta eficiencia operacional o factor operacional (operating factor) dependerá por todos estos factores anteriormente descritos, más el rendimiento administrativo y de la supervisión. (Quiquia, 2015)

Tabla 6
Eficiencia operacional según condición y organización de la obra .

| Condiciones de trabajo | Organización de la obra | | |
|------------------------|-------------------------|----------|------|
| | Buena | Promedio | Mala |
| Buena | 0.90 | 0.750 | 0.60 |
| Promedio | 0.80 | 0.650 | 0.50 |
| Mala | 0.70 | 0.600 | 0.45 |

Fuente: Quiquia, (2015).

e. Control de tiempos enfocado al mejorar en el ciclo de acarreo y transporte

El ciclo total de acarreo y transporte es el periodo de tiempo que demore el volquete en realizar todo un ciclo completo de trabajo considerando además los tiempos mencionados

anteriormente, así como los tiempos de demora que se generan en el proceso. (Lagos, 2013)

Entonces se puede indicar que el ciclo total de acarreo y transporte será la sumatoria de los tiempos variables generados en el trabajo de transporte y los tiempos fijos que estos producen multiplicado con el factor de eficiencia de trabajo del volquete. (Lagos, 2013)

$$\text{Ciclo Total de transporte} = (\text{tiempos variables} + \text{tiempos fijos}) * \% \text{Eff}$$

Los tiempos variables estarán constituidos por el tiempo de acarreo con carga, tiempo de retorno, las cuales variarán de acuerdo a la distancia y condiciones de la rampa. (Lagos, 2013)

Los tiempos fijos estarán constituidos por el tiempo de giro y posicionamiento para el carguío, carga y descarga determinados, así como los tiempos de demora que se generan en el proceso; los cuales son constantes independientemente de la distancia. (Lagos, 2013)

2.2.2. Carguío y descarga de mineral

a. Definición

Consiste en la carga de material (mineral o estéril) del material fragmentado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril. La operación de carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones que aseguran que el proceso se lleve a cabo con normalidad y eficiencia. Esta etapa del proceso de la explotación minera se ocupa de definir los sectores de carga, las direcciones de carguío (a frentes de carga, posición de

equipos de carguío y nivel de pisos) y el destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente. (Manzaneda, 2015)

b. Criterios para carguío y descargue

Se considerarán lo siguientes criterios de operación en el carguío (Manzaneda, 2015):

- Producción requerida.
- Tamaño, tipo y capacidad del equipo de carga.
- Altura y espaciamiento del banco.
- Diseño de la zona de carguío, requerimientos operacionales: amplitud o espaciamiento de la zona de carguío, nivel de piso.
- Tamaño, altura y tipo de la tolva o camión donde se descarga.
- Tipo y condiciones del material: Abrasión, adhesión, cohesión, ángulo de reposo, compresibilidad. densidad del material, friabilidad, contenido de humedad, higroscopicidad, tamaño de fragmentos, forma de fragmentos, razón de esponjamiento.
- Fragmentación y forma de la pila de escombros.
- Restricciones de mezcla del material (selectividad: control de leyes).
- Condiciones climáticas y altitud.
- Disponibilidad y utilización de equipos.
- Equipos auxiliares.
- Ergonomía.
- Experiencia, destreza y capacitación del operador: eficacia del operador.

c. Factores que afectan la productividad y costo en un sistema de carguío y acarreo

La eficiencia y el costo de efectivo de estos sistemas son sensibles a diversos elementos o factores. Éstos factores deben ser comprendidos a cabalidad por los planificadores de mina, porque cada uno de ellos afecta los costos en un mayor o menor grado. La inadecuada combinación de varios factores, aunque ello parezca insignificante, puede resultar costosa en un sistema de transporte y carguío. Los factores son los siguientes (Requejo, 2016):

- Capacidad y selección del balde del equipo de carguío - productividad de carguío: La capacidad y selección del balde del equipo de carguío influirán directamente en la productividad de este equipo y en la eficiencia del transporte del sistema en total. (Requejo, 2016)
- Relación entre la capacidad del equipo de carguío con la capacidad del camión: El tamaño de la caja del volquete no debe ser ni muy pequeño, ni débil, en comparación con el tamaño del cucharón de la máquina de carga para no destrozarla en poco tiempo o viceversa. (Requejo, 2016)
- Fragmentación del material a cargar: El carguío es el primer cliente de la voladura, es el que se las tendrá que arreglar para manipular el material volado y si este material no cumple con las características apropiadas (granulometría, geometría de la ola de escombros, estado del piso, etc.), la operación del carguío se verá severamente afectada (incremento de costos y daños en equipos), así mismo el transporte será afectado al bajar sus rendimientos (ciclo de carguío mayor) y podrá sufrir daños al ser cargado con material de mayor tamaño que lo ideal.

El grado de éxito de la fragmentación tiene relación directa con la eficiencia y calidad de los procesos que se desarrollarán posteriormente, como son el carguío, transporte y procesamiento del mineral y el vaciado en botaderos del estéril o lastre. (Requejo, 2016)

d. Equipos de carguío y descarga

Si se desea reducir el costo por m³ o tonelada movida, debemos obtener del equipo de transporte la más alta capacidad de producción. El tiempo de parada, como sucede durante la carga debe mantenerse en el mínimo posible. Como norma general y práctica, se considerará una buena relación cuando se utilicen entre 3 y 6 cucharas de la unidad de carga para llenar el equipo de transporte. Cuanto menor sea el número de cubas y su ciclo, menor es el tiempo de parada de la unidad de transporte, siempre y cuando tengamos en cuenta que (Huarocc, 2014):

- El tamaño de la tolva del volquete no debe ser ni muy pequeño, ni débil, en comparación con el tamaño de cuchara o cazo de la máquina de carga, para no destrozarla en poco tiempo. (Huarocc, 2014)
- El tiempo de carga no debe ser tan corto que otra unidad de transporte no se haya situado en la posición de ser cargada, originando un excesivo tiempo de parada de la máquina de carga. (Huarocc, 2014)

El problema se complica al existir varios puntos de carga y una flota variada de volquetes y se trata de conseguir una óptima saturación de todos ellos. Existen en las minas dos corrientes operativas a la hora de seleccionar los tamaños y el número de

los equipos de carga y transporte para lograr el mejor equilibrio entre ambos (Huarocc, 2014):

- Factor de eficiencia del trabajo en la producción
Todo cálculo de capacidades de producción en minería debe tener en cuenta que la vida o período de trabajo considerado va a ser largo. Considerando los inevitables retrasos que aparecen en el desarrollo real de los proyectos, es muy recomendable la utilización del llamado factor de eficiencia (E). (Huarocc, 2014)

La eficiencia se expresa en porcentaje y puede ser estimado con una mayor precisión si se determinan todas las paradas o los retrasos que puedan originarse durante el trabajo por las siguientes causas (Huarocc, 2014):

- Factores económicos y financieros. Calidad del equipo.
 - Calidad y formación de la mano de obra.
 - Supervisión. Experiencia en dirección de obras.
 - Condiciones del trabajo (sociales y laborales).
 - Condiciones atmosféricas. Medias y extremas.
 - Paradas y retrasos. Horas de trabajo reales por relevo, por día y por año.
 - Organización de los repuestos y almacenes.
 - Amplitud de la zona de trabajo. Diseño geométrico.
-
- Determinación de la capacidad de carga del LHD
Aunque la capacidad de carga se ve, en gran parte, afectada por el sistema de transporte con el que trabaja, se trata de presentar un cálculo de la capacidad de producción de la máquina de carga, independientemente del equipo de transporte, mediante la aplicación de una serie de factores correctores según las condiciones y los medios utilizados.

Las fórmulas de la capacidad horaria de los scoops y palas cargadoras son (Huarocc, 2014):

Producción de material suelto

$$= \frac{3600 * CcE * F * H * A * V}{tc} (m^3/h)$$

Donde:

cc = Capacidad del cazo (m³ ó tn) E = Factor de eficiencia

F = Factor de llenado de cazo

H = Factor de corrección por altura de la pila

A = Factor de corrección por el ángulo de giro V = Factor de conversión volumétrica

tc = Ciclo de cuchareo en segundos

En el caso de los scoops y palas cargadoras, el ciclo de una cuchara se dividirá en 4 tiempos (Huarocc, 2014):

- Carga del cucharón
- Maniobra en V con máquina cargada
- Descarga del cucharón
- Maniobra en V con máquina vacía
- Luego el ciclo total "tc" resulta $tc = tf + tv$,

Donde:

tf = tiempo fijo (carga, descarga, giros)

tv = tiempo variable (tiempo de recorrido de las distancias dl y d2 de marcha adelante y marcha atrás).

Estos tiempos se deben estimar a partir de los gráficos proporcionados por los fabricantes de las máquinas y compararlos con los medidos en mina. (Huarocc, 2014)

e. Especificaciones en el carguío y descarga

Las especificaciones técnicas de los vehículos de transporte, como los volquetes mineros, entre otros muchos parámetros, se detallan (Lagos, 2013):

- La capacidad de transporte en toneladas (normalmente para los volquetes se especifican en toneladas cortas "tn", que equivalen a 0.9 tn)
- Capacidad al ras" en metros cúbicos.
- Capacidad colmada en metros cúbicos

Independientemente del conocimiento de las características principales de la potencia, motor, dimensiones geométricas, transmisión, neumáticos, ejes, que pueden contemplarse en las especificaciones de las máquinas, para la determinación de las capacidades de la producción y de la selección de los equipos de volquetes, es preciso analizar algunos otros factores de trabajo. (Lagos, 2013)

- Producción requerida y organización del trabajo
- Características del material.
- Facilidad de carga y desprendimiento de la carga.
- Efecto de la climatología y topografía en el rendimiento del motor.
- Características de las pistas de transporte
- Carga.
- Descarga.

f. Selección de tamaño y modelo de equipo para carguío y descargue

Las siguientes consideraciones afectan a la selección del tamaño y del modelo del volquete minero (Requejo, 2016):

- Producción horaria.
- Coste de la mano de obra.
- Equipo armónico. Una flota integrada por volquetes de muy diferentes tamaños y modelos, trabajando con un mismo equipo de carga y vertiendo en un mismo punto provoca una reducción notable productividad, de la misma manera que las grandes unidades de carga junto con pequeños volquetes o viceversa. La relación armónica recomienda unas unidades de transporte de un tamaño entre 8 y 10 tn por cada m³ de capacidad de la cuchara de la máquina de carga.
- Requerimientos físicos.
- Diseño de las pistas y bancos.

2.3. Definición de términos básicos

- Acarreo o transporte:
Transporte de materiales a diferentes distancias en el área de la obra. (Marín, 2015)
- Carguío:
Constituye una de las etapas que forma parte del proceso de explotación a rajo abierto. Se refiere específicamente a la carga de material mineralizado del yacimiento. Ésta se realiza en las bermas de carguío, las que están especialmente diseñadas para la actividad. (Berrocal, 2014)
- Control de equipos:
Conjunto de técnicas destinadas a regular los equipos y/o maquinarias diversas. (Barreto, 2017)

- Descarga:
Acción de sacar los materiales transportadas en algún vehículo para entregárselas a su destinatario o almacenarlas en un depósito. (Checya, 2015)

- Horas efectivas:
Horas reales de trabajo sin tomar en cuenta paradas o demoras ajenas a la labor asignada. (Lagos, 2013)

- Minería a cielo abierto (tajo abierto):
Actividad de extracción de minerales de las minas con métodos superficiales y con ventilación natural. (Berrocal, 2014)

- Operaciones o procesos unitarios:
Se llama Operación o Proceso unitario a una parte indivisible de cualquier proceso de transformación donde hay un intercambio de energía del tipo de físico, de una materia prima en otro producto de características diferentes. (Barreto, 2017)

- Tiempos muertos:
Tiempo muerto en general es aquel en el que una máquina o equipo no es productivo. (Marín, 2015)

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Aspectos generales

3.1.1. Empresa:

Compañía Minera Coimolache S.A.

3.1.2. Estado del proyecto:

En explotación. Luego de su aprobación, se une al proyecto Tantahuatay.

3.1.3. Material extraído:

Oro y Plata.

3.1.4. Ubicación:

El proyecto "Ciénega Norte" se encuentra ubicado en la provincia de Hualgayoc, distrito de Chugur y Hualgayoc, cerca del caserío El Tingo, La Palma, Nuevo Perú, La Colpa que pertenecen al distrito de Hualgayoc y cerca de los caseríos Chencho, Ramírez y centro poblado de Chugur que pertenecen al distrito de Chugur.

3.1.5. Extensión:

Cuenta con un área de 4.802 Km² equivalente a 480.20 Ha.

3.1.6. Concesiones mineras:

El proyecto se encontró en exploración en las concesiones mineras “Acumulación Tantahuatay” que pertenecen a la Compañía Minera Coimolache S.A., actualmente se encuentra en explotación y forma parte del proyecto Tantahuatay.

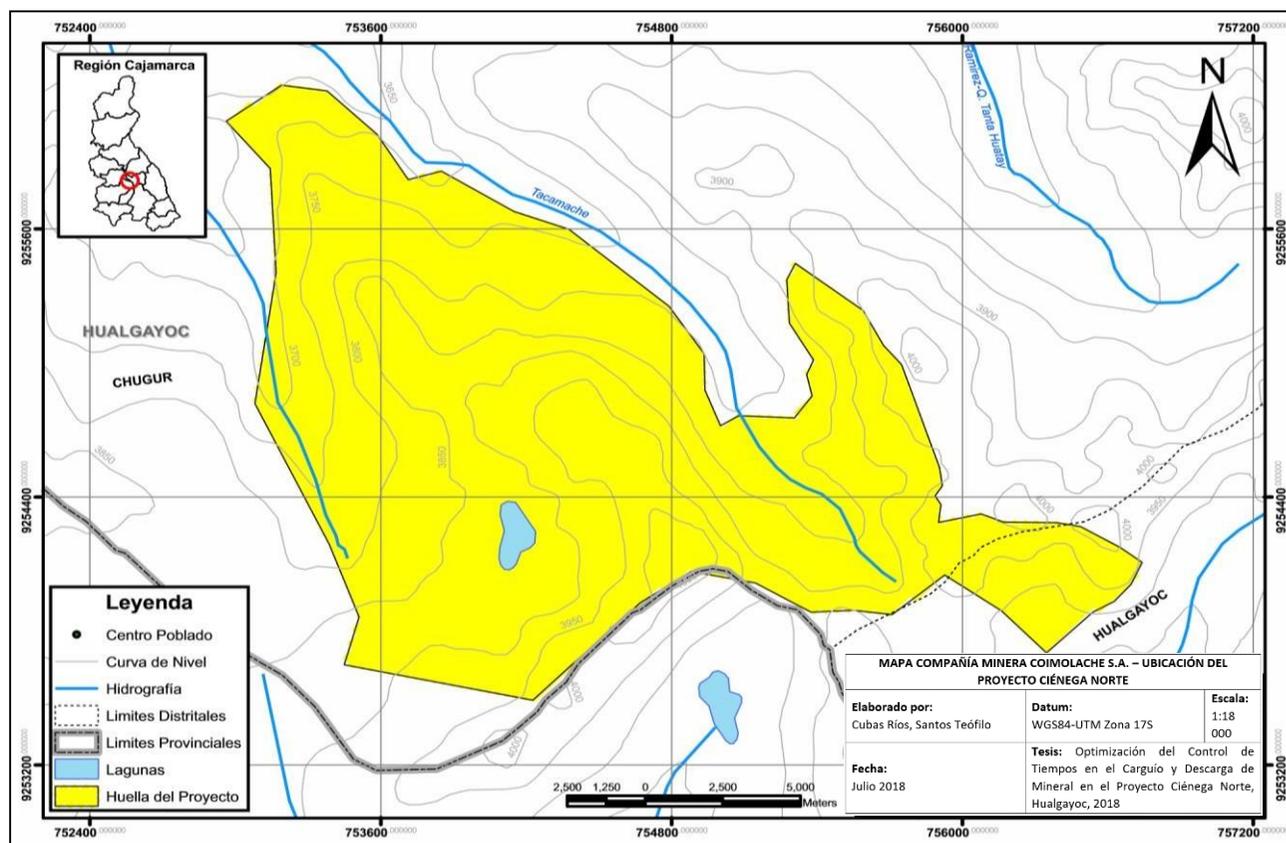


Figura 1: Ubicación del proyecto Ciénega Norte.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2. Control de tiempos en el carguío y descargue del mineral

a) Se ha tomado un día aleatorio y representativo de los meses de junio hasta diciembre del 2017.

Tabla 7

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de junio – turno mañana.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|------------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 12/06/17 | Día/mañana | mineral | 3932 | 5 | 18 | Pad | 10 |

| N°/V | 105 | 120 | 118 | 111 | 104 | 108 | 102 | 109 | 110 | 107 | 114 | 121 | 125 | 112 | 103 | 124 | 113 | 101 |
|-----------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 07:14 | 07:18 | 07:21 | 07:24 | 07:27 | 07:30 | 07:32 | 07:35 | 07:38 | 07:40 | 07:43 | 07:45 | 08:00 | 08:10 | 08:13 | 08:17 | 08:21 | 09:11 |
| 2 | 07:54 | 08:00 | 08:04 | 08:07 | 08:11 | 08:13 | 08:14 | 08:18 | 08:22 | 08:23 | 08:27 | 08:28 | 08:43 | 08:54 | 08:55 | 09:01 | 09:04 | 09:52 |
| 3 | 08:36 | 08:45 | 08:46 | 08:50 | 08:53 | 08:54 | 08:57 | 08:59 | 09:06 | 09:04 | 09:10 | 09:09 | 09:24 | 09:37 | 09:38 | 09:45 | 09:45 | 10:37 |
| 4 | 09:19 | 09:26 | 09:27 | 09:32 | 09:36 | 09:39 | 09:38 | 09:43 | 09:51 | 09:49 | 09:51 | 09:54 | 10:09 | | 10:19 | 10:29 | 10:30 | 11:21 |
| 5 | 10:00 | 10:11 | 10:11 | 10:15 | 10:17 | 10:23 | 10:23 | 10:25 | 10:35 | 10:33 | 10:36 | 10:38 | 10:53 | | 11:04 | | 11:14 | |
| 6 | 10:45 | 10:55 | 10:52 | 10:58 | 11:02 | 11:03 | 11:07 | 11:08 | 11:17 | 11:18 | 11:20 | 11:21 | 11:36 | | 11:48 | | 11:57 | |
| 7 | 11:27 | 11:37 | 11:35 | 11:41 | 11:45 | 11:44 | 11:48 | 11:50 | 11:59 | 11:59 | | | | | | | | |
| 8 | 12:08 | 12:18 | 12:19 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Viajes/v | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 3 | 6 | 4 | 6 | 4 |
| total | 114 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| RESUMEN | :12/06/2017 | VIAJES |
|---------------------------|-------------|--------|
| TOTAL MINERAL: Día/mañana | | 114 |

En la tabla 7 se muestran los resultados de control de tiempos del traslado de mineral del mes de junio, el control se dio en 18 equipos de la empresa contratista Multiservicios El Imperio S.R.L. los resultados varía entre 4 y 8 viajes por cada equipo haciendo un total de 114 viajes de mineral en un tiempo de 40 a 45 minutos por viaje

Tabla 8

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de julio – turno tarde.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|-----------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 12/07/17 | Día/tarde | Mineral | 3932 | 5 | 18 | Pad | 10 |

| N°/V | 109 | 104 | 125 | 110 | 117 | 118 | 128 | 119 | 102 | 105 | 127 | 112 | 103 | 101 | 120 | 116 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 1:10 | 1:13 | 1:17 | 1:20 | 1:22 | 1:24 | 1:25 | 1:27 | 1:28 | 1:31 | 1:33 | 1:35 | 1:37 | 1:39 | 1:40 | 2:02 |
| 2 | 1:51 | 1:53 | 1:57 | 2:00 | 2:05 | 2:06 | 2:06 | 2:07 | 2:08 | 2:13 | 2:15 | 2:15 | 2:18 | 2:19 | 2:20 | 2:42 |
| 3 | 2:33 | 2:34 | 2:38 | | 2:39 | 2:47 | 2:48 | 2:47 | 2:48 | 2:53 | 2:55 | | 2:59 | 2:59 | 3:00 | 3:02 |
| 4 | 3:14 | 3:14 | 3:20 | | 3:21 | 3:31 | 3:29 | 3:30 | | 3:33 | 3:37 | | 3:39 | 3:40 | 3:42 | 3:44 |
| 5 | 3:54 | | 4:01 | | 4:02 | 4:10 | 4:09 | 4:11 | | 4:14 | 4:18 | | 4:20 | 4:22 | 4:26 | 4:24 |
| 6 | 4:40 | | 4:44 | | 4:45 | 4:50 | 4:48 | 5:00 | | 4:55 | 4:58 | | 5:02 | | | |
| Viajes/v | 6 | 4 | 6 | 2 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 6 | 6 | 2 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| total | 80 | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| RESUMEN :12/07/2017 | VIAJES |
|--------------------------|--------|
| TOTAL MINERAL: Día/tarde | 80 |

En la tabla 8 se muestran los resultados de control de tiempos de mineral del mes de julio en el turno tarde, los resultados de cada equipo varía entre 2 y 6 viajes, haciendo un total de 80 viajes de mineral en un tiempo de 40 a 45 minutos por viaje. El mineral acarreado en este mes ha sido depositado en el pad, en el banco 3932, proyecto 5, polígono 18, lift 10.

Tabla 9

Control de tiempos del traslado de desmonte en el mes de agosto – turno tarde.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|-----------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 15/08/17 | Día/tarde | desmonte | 3940 | 6 | 21 | dme | 7 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| N°/V | 110 | 126 | 112 | 102 | 113 | 104 | 101 | 120 | 116 | 109 | 125 | 117 | 118 | 101 | 128 |
| 1 | 2:41 | 2:43 | 2:53 | 3:27 | 3:44 | 3:55 | 5:10 | 5:13 | 5:15 | 5:19 | 5:20 | 5:24 | 5:29 | 5:32 | 5:35 |
| 2 | 3:04 | 3:08 | 3:10 | 3:45 | 4:05 | 4:14 | | 5:32 | | | | | | | 5:57 |
| 3 | 3:22 | 3:28 | 3:28 | 4:05 | 4:20 | 4:38 | | | | | | | | | |
| 4 | 3:39 | 3:46 | 3:47 | 4:21 | 4:38 | 4:58 | | | | | | | | | |
| 5 | 3:58 | 4:03 | 4:06 | 4:40 | 4:58 | 5:20 | | | | | | | | | |
| 6 | 4:18 | 4:23 | 4:26 | 5:00 | 5:17 | | | | | | | | | | |
| 7 | 4:37 | 4:40 | 4:43 | 5:23 | 5:37 | | | | | | | | | | |
| 8 | 4:49 | 5:00 | 5:02 | 5:36 | | | | | | | | | | | |
| 9 | 5:13 | 5:22 | 5:21 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 5:35 | 5:43 | 5:42 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | 5:57 | | | | | | | | | | | | | |
| Viajes/v | 10 | 11 | 10 | 8 | 7 | 5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Total | 62 | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| | |
|----------------------------------|---------------|
| RESUMEN :15/08/2017 | VIAJES |
| TOTAL DESMONTE: Día/tarde | 62 |

En la tabla 9 se muestran los resultados de control de tiempos del traslado de desmonte en el mes de agosto en el turno tarde, se empleó 15 equipos de la empresa Multiservicios El Imperio S.R.L. donde cada equipo realizó entre 1 y 11 viajes en un tiempo de 20 a 25 minutos por viaje, haciendo un total de 62 viajes de desmonte. Dicho material tuvo como destino el dme en el banco 3940, proyecto 6 polígono 21 lift 7.

Tabla 10

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de setiembre– turno mañana.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|------------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 10/09/17 | Día/mañana | mineral | 3940 | 6 | 21 | pad | 7-10 |

| N°/V | 117 | 126 | 120 | 103 | 101 | 102 | 125 | 109 | 110 | 104 | 105 | 128 | 116 | 127 | 111 | 113 | 121 |
|----------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 7:17 | 7:18 | 7:19 | 7:21 | 7:22 | 7:24 | 7:26 | 7:28 | 7:30 | 7:30 | 7:33 | 7:35 | 7:37 | 7:39 | 7:43 | 8:04 | 9:07 |
| 2 | 7:57 | | 8:00 | 8:01 | 8:00 | 8:05 | 8:08 | 8:10 | 8:12 | 8:12 | 8:15 | 8:20 | 8:25 | 8:20 | 8:25 | 8:44 | 9:48 |
| 3 | 8:38 | | 8:42 | 8:43 | 8:43 | 8:45 | 8:50 | 9:02 | 8:53 | 8:55 | 9:00 | 8:59 | 9:05 | 9:00 | 9:10 | 9:30 | 10:30 |
| 4 | 9:20 | | 9:23 | 9:24 | 9:23 | 9:30 | 9:31 | 9:44 | 9:34 | 9:38 | 9:40 | 9:40 | 9:45 | 9:42 | 9:52 | 10:10 | 11:11 |
| 5 | 9:40 | | 9:59 | 10:04 | 10:02 | 10:08 | 10:12 | 10:28 | 10:15 | 10:20 | 10:20 | 10:21 | 10:17 | 10:23 | 10:38 | 10:42 | 11:53 |
| 6 | 10:23 | | | 10:45 | 10:43 | 10:49 | 10:53 | 11:10 | 10:58 | 11:03 | 11:20 | 11:00 | 10:57 | 11:04 | 11:18 | 11:23 | |
| Viajes/v | 6 | 1 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| total | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| RESUMEN :10/09/2017 | VIAJES |
|---------------------------|--------|
| TOTAL MINERAL: Día/mañana | 95 |

En la tabla 10 se muestran los resultados de control de tiempos de mineral en el mes de setiembre en el turno día (mañana), se empelaron 17 equipos, cada equipo realizó 1 y 6 viajes en un tiempo de 40 a 45 minutos por viaje, haciendo un total de 95 viajes de mineral.

Tabla 11

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de octubre– turno tarde.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|-----------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 21/10/17 | Día/tarde | mineral | 3940 | 6 | 21 | pad | 7-10 |

| N°/V | 117 | 111 | 125 | 101 | 127 | 118 | 113 | 110 | 104 | 121 | 116 | 103 | 105 | 128 | 120 | 112 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 1:59 | 1:52 | 2:01 | 2:23 | 2:28 | 2:30 | 2:30 | 2:33 | 2:37 | 2:38 | 2:50 | 3:08 | 3:10 | 4:03 | 4:04 | 4:32 |
| 2 | 2:39 | 2:32 | 2:41 | 3:05 | 3:06 | 3:09 | 3:11 | 3:16 | 2:17 | 3:19 | 3:30 | 3:39 | 3:49 | 4:44 | 4:44 | 5:10 |
| 3 | 3:21 | 3:15 | 3:23 | 3:44 | 3:49 | 3:50 | 3:52 | 3:56 | 3:59 | 4:01 | 4:05 | 4:18 | 4:28 | 5:24 | 5:24 | |
| 4 | 4:03 | 3:55 | 4:03 | 4:22 | 4:24 | 4:30 | 4:34 | 4:38 | 4:41 | 4:43 | 4:47 | 4:58 | 5:08 | | | |
| 5 | 4:43 | 4:34 | 4:45 | 5:04 | 5:04 | 5:09 | 5:11 | 5:15 | 5:20 | 5:18 | 5:26 | 5:28 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 6 | 5:23 | 5:14 | 5:21 | | | 5:35 | | | | | | | | | | | |
| Viajes/v | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | |
| total | 76 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| | |
|---------------------------------|---------------|
| RESUMEN :21/10/2017 | VIAJES |
| TOTAL MINERAL: Día/tarde | 76 |

En la tabla 11 se muestran los resultados de control de tiempos de mineral en el mes de octubre en el turno tarde, el mineral tuvo como destino el pad, en el banco 3940, proyecto 6, polígono 21, lift 7 y 10.

Tabla 12

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de noviembre – turno mañana.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|------------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 04/11/17 | Día/mañana | mineral | 3932 | 2 | 7 | pad | 7 |

| N°/V | 117 | 128 | 104 | 110 | 119 | 102 | 118 | 101 | 113 | 109 | 103 | 105 | 125 | 111 | 121 | 120 | 127 | 116 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 7:27 | 7:23 | 7:24 | 7:26 | 7:27 | 7:29 | 7:32 | 7:34 | 7:36 | 7:37 | 7:39 | 7:41 | 7:44 | 7:45 | 7:46 | 7:48 | 7:53 | 9:44 |
| 2 | 8:04 | 8:05 | 8:06 | 8:08 | 8:09 | 8:10 | 8:12 | 8:14 | 8:16 | 8:18 | 8:20 | 8:23 | 8:25 | 8:26 | 8:27 | 8:30 | 8:33 | 10:25 |
| 3 | 8:45 | 8:46 | 8:48 | 8:50 | 8:52 | 8:54 | 8:56 | 8:58 | 9:00 | 9:02 | 9:04 | 9:06 | 9:08 | 9:10 | 9:12 | 9:12 | 9:15 | 11:08 |
| 4 | 9:25 | 9:26 | 9:28 | 9:30 | 9:32 | 9:34 | 9:36 | 9:28 | 9:40 | 9:42 | 9:44 | 9:47 | 9:50 | 9:50 | 9:51 | 9:53 | 9:55 | 11:50 |
| 5 | 10:00 | 10:05 | 9:08 | 10:10 | 10:12 | 10:14 | 10:16 | 10:18 | 10:20 | 10:22 | 10:24 | 10:28 | 10:30 | 10:34 | 10:36 | 10:44 | 10:35 | |
| 6 | 10:42 | 10:45 | 10:48 | 10:50 | 10:52 | 10:54 | 10:56 | 10:58 | 11:00 | 11:02 | 11:04 | | 11:12 | 11:16 | | 11:23 | | |
| Viajes/v | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 4 |
| total | 103 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| | |
|----------------------------------|---------------|
| RESUMEN :04/11/2017 | VIAJES |
| TOTAL MINERAL: Día/mañana | 103 |

En la tabla 12 se muestran los resultados de control de tiempos en el mes de noviembre turno día (mañana), donde cada equipo realizó entre 4 y 6 viajes en un tiempo de 40 a 45 minutos por viaje, haciendo un total de 103 viajes de mineral.

Tabla 13

Control de tiempos del traslado de desmonte en el mes de diciembre – turno noche.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|-------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 15/12/17 | noche | desmonte | 3956 | 9 | 27 | pad | 8 |

| Nº/V | 110 | 117 | 112 | 126 |
|-----------------|-----------|----------|----------|----------|
| 1 | 3:32 | 3:25 | 3:39 | 3:35 |
| 2 | 3:50 | 3:45 | 3:59 | 4:10 |
| 3 | 4:20 | 4:15 | 4:26 | 4:51 |
| 4 | 4:53 | 4:49 | 55:05 | 5:22 |
| Viajes/v | 4 | 4 | 4 | 4 |
| total | 16 | | | |

Fuente: Elaboración propia

| RESUMEN :15/12/2017 | VIAJES |
|------------------------------|-----------|
| TOTAL DESMONTE: noche | 16 |

En la tabla 13 se muestran los resultados de control de tiempos del traslado de desmonte en el mes de diciembre turno noche, se utilizó 4 equipos de 15 toneladas de la empresa Multiservicios El Imperio S.R.L. cada equipo realizó 4 viajes de desmonte en un tiempo de 20 a 25 minutos por viaje, haciendo un total de 16 viajes.

a) Se ha tomado un día aleatorio y representativo de los meses de enero hasta junio del año 2018.

Tabla 14

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de enero – turno tarde.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|-----------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 12/01/18 | Día/tarde | mineral | 3932 | 2 | 7 | pad | 7 |

| Nº/V | 117 | 103 | 125 | 109 | 113 | 110 | 102 | 118 | 101 | 116 | 120 | 127 | 128 | 105 | 104 | 119 | 111 | 107 |
|-----------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 1:29 | 1:35 | 1:36 | 1:37 | 1:36 | 1:41 | 1:42 | 1:45 | 1:50 | 1:51 | 1:52 | 1:38 | 1:54 | 1:57 | 2:00 | 2:03 | 2:05 | 3:22 |
| 2 | 2:07 | 2:11 | 2:12 | 2:15 | 2:16 | 2:21 | 2:22 | 2:25 | 2:30 | 2:31 | 2:32 | 2:18 | 2:34 | 2:37 | 2:40 | 2:43 | 2:43 | 4:04 |
| 3 | 2:45 | 2:46 | 2:55 | 2:57 | 2:57 | 3:00 | 3:04 | 3:06 | 3:10 | 3:13 | 3:17 | 2:58 | 3:29 | 3:18 | 3:20 | 3:25 | 3:29 | 4:49 |
| 4 | 3:27 | 3:30 | 3:36 | 3:38 | 3:39 | 3:42 | 3:46 | 3:44 | 3:50 | 3:53 | 3:56 | 3:41 | 4:14 | 3:59 | 4:02 | 4:11 | 4:10 | 5:26 |
| 5 | 4:10 | 4:01 | 4:20 | 4:22 | 4:23 | 4:28 | 4:30 | 4:22 | 4:33 | 4:34 | 4:43 | 4:25 | 4:54 | 4:33 | 4:46 | 4:51 | 5:55 | |
| 6 | 4:53 | 4:43 | 5:00 | 5:04 | 5:03 | 5:05 | 5:07 | 4:06 | 5:13 | 5:12 | 5:22 | 5:08 | 5:10 | 5:08 | 5:25 | 5:29 | | |
| 7 | 5:30 | 5:22 | 5:32 | 5:42 | 5:40 | | | | | | | | | | | | | |
| Viajes/v | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| total | 109 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| RESUMEN :12/01/2018 | VIAJES |
|------------------------------------|------------|
| TOTAL MINERAL: mañana-tarde | 109 |

En la tabla 14 se muestran los resultados de control de tiempos de traslado de mineral en el mes de enero turno noche, se utilizó 18 equipos de 15 toneladas cada unidad, cada equipo realizo entre 4 y 7 viajes cada uno en un tiempo 35 a 40 minutos por viaje, haciendo un total de 109 viajes de mineral.

Tabla 15

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de febrero – turno mañana

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|------------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 12/02/18 | Día/mañana | mineral | 3932 | 2 | 7 | pad | 9 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N°/V | 107 | 127 | 111 | 105 | 103 | 110 | 120 | 102 | 113 | 125 | 128 | 104 | 117 | 101 | 118 | 121 |
| 1 | 7:26 | 7:27 | 7:28 | 7:29 | 7:30 | 7:32 | 7:33 | 7:35 | 7:36 | 7:37 | 7:37 | 7:39 | 7:40 | 7:41 | 7:43 | 7:49 |
| 2 | 8:50 | 8:52 | 8:49 | 8:50 | 8:54 | 8:59 | 9:13 | 8:57 | 9:02 | 9:07 | 8:42 | 8:40 | 8:44 | 9:00 | 9:03 | 9:11 |
| 3 | 9:28 | 9:30 | 9:27 | 8:28 | 9:32 | 9:35 | 9:49 | 9:34 | 9:38 | 9:44 | 9:19 | 9:17 | 9:23 | 9:36 | 9:40 | 9:38 |
| 4 | 10:02 | 10:05 | 10:03 | 10:05 | 10:06 | 10:08 | 10:29 | 10:12 | 10:15 | 10:24 | 9:55 | 9:53 | 10:00 | 10:14 | 10:17 | 10:20 |
| 5 | 10:39 | 10:41 | 10:39 | 10:41 | 10:40 | 10:42 | 11:05 | 10:48 | 10:52 | 11:00 | 10:35 | 10:33 | 10:38 | 10:50 | 10:54 | 10:57 |
| 6 | 11:16 | 11:19 | 11:15 | 11:19 | 11:17 | 11:20 | 11:37 | 11:24 | 11:28 | 11:32 | 11:11 | 11:09 | 11:14 | 11:26 | 11:30 | 11:32 |
| 7 | 11:58 | 12:00 | 11:56 | 12:02 | 11:59 | 12:01 | 12:17 | 12:04 | 12:08 | 12:10 | 11:40 | 11:38 | 11:54 | 12:12 | 12:05 | 12:07 |
| Viajes/v | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| total | 112 | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| | |
|-----------------------------------|---------------|
| RESUMEN :12/02/2018 | VIAJES |
| TOTAL MINERAL: Día/ mañana | 112 |

En la tabla 15 se muestran los resultados del control de tiempos del traslado de mineral en el mes de febrero en el turno día (mañana), se utilizó 16 equipos de la empresa Multiservicios El Imperio S.R.L. todas estas unidades realizaron 7 viajes cada una en un tiempo de 35 a 40 minutos por viaje, haciendo un total de 112 viajes de mineral. Dicho mineral fue descargado en el banco 3932, proyecto 2, polígono 7, lift 9.

Tabla 16

Control de tiempos del traslado de desmonte en el mes de marzo – turno mañana

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|------------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 14/03/18 | Día/mañana | desmonte | 3956 | 9 | 27 | dme | 8 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N°/V | 117 | 105 | 110 | 121 | 126 | 104 | 114 | 122 | 109 | 102 | 127 | 128 | 101 | 103 |
| 1 | 9:04 | 9:06 | 9:08 | 9:10 | 9:12 | 9:15 | 9:17 | 9:19 | 9:25 | 9:34 | 9:45 | 9:47 | 9:49 | 9:50 |
| 2 | 9:25 | 9:28 | 9:30 | 9:32 | 9:34 | 9:36 | 9:38 | 9:40 | 9:42 | 9:50 | 10:02 | 10:05 | 10:07 | 10:10 |
| 3 | 9:49 | 9:47 | 9:46 | 9:45 | 9:46 | 9:48 | 9:50 | 9:52 | 9:56 | 10:09 | 10:20 | 10:23 | 10:25 | 10:26 |
| 4 | 9:58 | 10:00 | 10:02 | 10:04 | 10:05 | 10:07 | 10:08 | 10:09 | 10:12 | 10:23 | 10:34 | 10:40 | 10:42 | 11:45 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5 | 10:12 | 10:14 | 10:16 | 10:18 | 10:20 | 10:22 | 10:24 | 10:26 | 10:28 | 10:39 | 10:50 | 10:57 | 11:00 | 11:03 |
| 6 | 10:28 | 10:30 | 10:32 | 10:35 | 10:36 | 10:38 | 10:40 | 10:41 | 10:46 | 10:58 | 11:07 | 11:17 | 11:20 | 11:22 |
| 7 | 10:46 | 10:48 | 10:50 | 10:52 | 10:54 | 10:55 | 10:58 | 11:00 | 11:08 | 11:14 | 11:24 | 11:35 | 11:38 | 11:40 |
| 8 | 11:02 | 11:04 | 11:06 | 11:08 | 11:10 | 11:12 | 11:14 | 11:16 | 11:28 | 11:30 | 11:39 | 11:51 | 11:52 | 11:54 |
| 9 | 11:22 | 11:25 | 11:26 | 11:30 | 11:28 | 11:32 | 11:35 | 11:36 | 11:46 | 11:50 | 11:58 | 12:05 | 12:07 | 12:10 |
| 10 | 11:40 | 11:43 | 11:45 | 11:47 | 11:50 | 11:52 | 11:55 | 11:56 | 11:58 | 12:10 | | | | |
| Viajes/v | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| total | 136 | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| | |
|-----------------------------|--------|
| RESUMEN :14/03/2018 | VIAJES |
| TOTAL DESMONTE: Día/ mañana | 136 |

En la tabla 16 se muestran los resultados de controles de tiempos del traslado de desmonte en el mes de marzo en el turno día (mañana), se utilizó 14 equipos de 15 toneladas cada equipo, haciendo 9 y 10 viajes cada uno, llegando a un total de 136 viajes de desmonte. Este material fue descargado en el dme, banco 3956, proyecto 9, polígono 27 lift 8.

Tabla 17

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de abril – turno tarde.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|-----------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 15/04/18 | Día/tarde | mineral | 3940 | 6 | 22 | pad | 9 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| N°/V | 116 | 104 | 128 | 103 | 127 | 125 | 107 | 120 | 111 | 102 | 101 | 113 | 118 | 109 | 119 |
| 1 | 1:01 | 1:03 | 1:04 | 1:05 | 1:06 | 1:08 | 1:10 | 1:12 | 1:15 | 1:17 | 1:19 | 1:21 | 1:23 | 1:12 | 3:24 |
| 2 | 1:38 | 1:40 | 1:47 | 1:42 | 1:44 | 1:49 | 1:52 | 1:54 | 1:55 | 2:00 | 1:58 | 2:05 | 2:03 | 1:54 | 4:06 |
| 3 | 2:15 | 2:17 | 2:25 | 2:20 | 2:22 | 2:31 | 2:32 | 2:33 | 2:37 | 2:40 | 2:39 | 2:45 | 2:44 | 2:34 | 4:48 |
| 4 | 2:52 | 2:54 | 3:00 | 2:55 | 2:57 | 3:09 | 3:10 | 3:12 | 3:15 | 3:18 | 3:16 | 3:22 | 3:19 | 3:08 | 5:28 |
| 5 | 3:26 | 3:35 | 3:37 | 3:30 | 3:32 | 3:48 | 3:50 | 3:52 | 3:54 | 3:55 | 3:59 | 4:00 | 3:57 | 3:50 | |
| 6 | 4:02 | 4:14 | 4:12 | 4:05 | 4:10 | 4:12 | 3:25 | 4:26 | 4:31 | 4:29 | 4:36 | 4:37 | 4:33 | 4:21 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 7 | 4:40 | 4:56 | 4:50 | 4:39 | 4:42 | 4:45 | 5:08 | 5:06 | 5:24 | 5:21 | 5:26 | 5:18 | 5:15 | 4:58 | |
| 8 | 5:19 | 5:12 | 5:10 | 5:15 | 5:23 | 5:25 | 5:40 | 5:42 | | | | | | | |
| 9 | | 5:46 | 5:45 | | | | | | | | | | | | |
| Viajes/v | 8 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 |
| total | 112 | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| RESUMEN :15/04/2018 | VIAJES |
| TOTAL DE MINERAL: Dia/ tarde | 112 |

En la tabla 17 se muestran los resultados de control de tiempos en el traslado de mineral en el mes de abril turno día (tarde). El mineral fue descargado en el pad, banco 3940, proyecto 6, polígono 22 lift 9. Cada equipo realizó entre 4 y 9 viajes cada uno, haciendo un total de 112 viajes de mineral en un tiempo de 35 a 40 minutos por viaje.

Tabla 18

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de mayo – turno noche.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|-------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 16/05/18 | noche | mineral | 3932 | 1 | 4 | pad | 7 |

| N°/V | 116 | 112 | 105 | 106 | 103 | 111 | 118 | 120 | 109 | 104 | 102 | 117 | 128 | 113 | 119 | 126 |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 7:11 | 7:13 | 7:16 | 7:19 | 7:21 | 7:23 | 7:25 | 7:26 | 7:33 | 7:35 | 7:41 | 7:43 | 7:45 | 7:49 | 8:30 | 9:05 |
| 2 | 7:50 | 7:55 | 7:58 | 8:00 | 7:56 | 8:03 | 8:01 | 8:05 | 8:12 | 8:14 | 8:16 | 8:18 | 8:05 | 8:08 | 9:11 | 9:40 |
| 3 | 8:26 | 8:34 | 8:36 | | 8:29 | 8:45 | 8:38 | 8:44 | 8:50 | 8:57 | 8:55 | 8:58 | 9:00 | 8:48 | 9:51 | 10:24 |
| 4 | 9:05 | 9:11 | 9:13 | | 9:07 | 9:23 | 9:11 | 9:23 | 9:25 | 9:35 | 9:30 | 9:35 | 9:40 | 9:25 | 10:29 | 10:58 |
| 5 | 9:41 | 9:51 | 9:53 | | 9:43 | 10:02 | 9:51 | 10:00 | 10:06 | 10:07 | 10:08 | 10:11 | 10:20 | 10:05 | 11:08 | 11:35 |
| 6 | 10:18 | 10:32 | 10:34 | | 10:25 | 10:40 | 10:27 | 10:39 | 10:45 | 10:51 | 10:46 | 10:49 | 10:56 | 10:42 | 11:45 | 12:15 |
| 7 | 10:54 | 11:10 | 11:12 | | 11:00 | 11:17 | 11:03 | 11:19 | 11:22 | 11:28 | 11:24 | 11:09 | 11:33 | 11:20 | 12:25 | 12:56 |
| 8 | 11:30 | 11:48 | 11:50 | | 11:40 | 11:57 | 11:43 | 11:56 | 12:03 | 12:09 | 12:05 | 12:07 | 12:14 | 12:02 | 1:05 | 1:35 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 9 | 12:10 | 12:25 | 12:27 | 12:16 | 12:37 | 12:18 | 12:34 | 12:41 | 12:48 | 12:45 | 12:46 | 12:52 | 12:38 | | |
| 10 | 12:48 | 1:04 | 1:07 | 12:36 | 1:16 | 12:58 | 1:14 | 1:21 | 1:27 | 1:24 | 1:26 | 1:33 | 1:18 | | |
| 11 | 1:29 | | | 1:35 | | | | | | | | | | | |
| descanso | (2:00,3:00) | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 3:31 | 3:14 | 3:16 | 3:39 | 3:20 | 3:10 | 3:18 | 3:23 | 3:30 | 3:26 | 3:28 | 3:34 | 3:22 | 3:12 | 3:36 |
| 13 | 4:14 | 3:52 | 3:58 | 4:19 | 4:02 | 3:46 | 3:59 | 4:06 | 4:11 | 4:08 | 4:10 | 4:15 | 4:04 | 3:49 | 4:17 |
| 14 | 4:54 | 4:28 | 4:34 | 4:59 | 4:39 | 4:20 | 4:37 | 4:46 | 4:51 | 4:48 | 4:50 | 4:55 | 4:44 | 4:26 | 4:57 |
| 15 | 5:25 | 5:08 | 5:13 | 5:29 | 5:18 | 5:02 | 5:16 | 5:21 | 5:23 | 5:18 | 5:21 | 5:26 | 5:16 | 5:04 | 5:27 |
| 16 | | | | | | 5:31 | | | | | | | | | |
| Viajes/v | 15 | 14 | 14 | 2 | 15 | 14 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 12 | 12 |
| total | 211 | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| | |
|--------------------------------|---------------|
| RESUMEN :16/05/2018 | VIAJES |
| TOTAL DE MINERAL: noche | 211 |

En la tabla 18 se muestran los resultados de control de tiempos del traslado de mineral en el mes de mayo en el turno noche, cada equipo realizó entre 2 y 15 viajes cada uno, haciendo un total de 211 viajes de mineral, en el turno noche se toma un tiempo de descanso de una hora de (02:00 am a 03:00 am) que sirve para que los conductores descansen y realicen sus pausas activas.

Tabla 19

Control de tiempos del traslado de mineral en el mes de junio – turno noche.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|-------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 17/06/18 | noche | mineral | 3932 | 2 | 7 | pad | 9 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Nº/V | 103 | 113 | 111 | 104 | 112 | 109 | 105 | 119 | 126 | 101 | 128 | 116 | 114 | 118 | 120 |
| 1 | 7:19 | 7:21 | 7:22 | 7:26 | 7:24 | 7:29 | 7:31 | 7:34 | 7:37 | 7:40 | 7:42 | 7:45 | 7:47 | 7:51 | 7:54 |
| 2 | 7:57 | 8:01 | 8:03 | 8:09 | 8:06 | 8:11 | 8:14 | 8:17 | 8:18 | 8:20 | 8:22 | 8:26 | 8:27 | 8:30 | 8:32 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3 | 8:35 | 8:39 | 8:41 | 8:47 | 8:45 | 8:44 | 8:54 | 8:57 | 8:58 | 8:58 | 9:01 | 9:08 | 9:11 | 9:08 | 9:16 |
| 4 | 9:14 | 9:39 | 9:26 | 9:34 | 9:31 | 9:29 | 9:34 | 9:36 | 9:39 | 9:41 | 9:43 | 9:45 | 9:46 | 9:41 | 9:58 |
| 5 | 9:50 | 10:35 | 10:08 | 10:14 | 10:10 | 10:12 | 10:17 | 10:19 | 10:21 | 10:24 | 10:21 | 10:27 | 10:29 | 10:18 | 10:38 |
| 6 | 10:32 | 11:14 | 10:43 | 10:53 | 10:51 | 10:45 | 11:17 | 10:39 | 11:05 | 11:08 | 11:02 | 11:10 | 11:12 | 10:55 | 11:22 |
| 7 | 11:07 | 11:54 | 11:26 | 11:31 | 11:33 | 11:25 | 12:18 | 11:19 | 11:45 | 11:46 | 11:42 | 11:48 | 11:52 | 11:20 | 12:00 |
| 8 | 11:43 | 12:35 | 12:06 | 12:07 | 12:14 | 12:02 | 12:58 | 12:21 | 12:26 | 12:32 | 12:25 | 12:29 | 12:33 | 12:00 | 12:40 |
| 9 | 12:22 | 1:14 | 12:45 | 12:47 | 12:51 | 12:43 | 12:58 | 12:58 | 1:04 | 1:11 | 1:02 | 1:07 | 1:09 | 12:54 | 1:20 |
| 10 | 1:00 | | 1:24 | 1:26 | | 1:22 | 1:34 | | | | | | | 1:34 | |
| descanso (2:00,3:00) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 3:15 | 3:25 | 3:32 | 3:36 | 3:11 | 3:23 | 3:34 | 3:38 | 3:18 | 3:27 | 3:17 | 3:20 | 3:22 | 3:13 | 3:29 |
| 12 | 3:53 | 4:12 | 4:14 | 4:19 | 3:48 | 4:06 | 4:16 | 4:22 | 3:58 | 4:09 | 3:55 | 4:00 | 4:03 | 3:50 | 4:16 |
| 13 | 4:29 | 4:49 | 4:52 | 4:56 | 4:26 | 4:42 | 4:56 | 4:58 | 4:36 | 4:46 | 4:32 | 4:37 | 4:40 | 4:28 | 4:55 |
| 14 | 5:08 | 5:25 | 5:28 | | 5:09 | 5:17 | | | 5:11 | 5:19 | 5:08 | 5:13 | 5:15 | 5:09 | 5:30 |
| Viajes/v | 14 | 13 | 14 | 13 | 13 | 14 | 13 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 13 |
| total | 198 | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| RESUMEN :17/06/2018 | VIAJES |
|----------------------|--------|
| TOTAL MINERAL: noche | 198 |

En la tabla 19 se muestran los resultados de control de tiempos del mes de junio en el turno noche, se utilizó 15 equipos de 15 toneladas; cada equipo realizó entre 12 y 14 viajes de mineral cada uno en un tiempo de 35 a 40 minutos, haciendo un total de 198 viajes, el mineral se descargó en el pad banco 3932, proyecto 2, polígono 7, lift 9.

Tabla 20

Control de tiempos del traslado de desmonte en el mes de junio – turno noche.

| FECHA | TURNO | MATERIAL | BANCO | PROYECTO | POLIGONO | DESTINO | LIFT |
|----------|-------|----------|-------|----------|----------|---------|------|
| 18/06/18 | noche | desmonte | 3956 | 6 | 14 | dme | 4 |

| Nº/V | 114 | 121 | 128 | 104 | 105 | 119 | 106 | 116 | 117 | 118 | 127 | 101 | 120 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 7:49 | 7:51 | 7:55 | 7:58 | 8:01 | 8:05 | 8:15 | 8:05 | 8:08 | 8:11 | 8:14 | 8:18 | 8:25 |
| 2 | 8:03 | 8:07 | 8:10 | 8:20 | 8:18 | 8:23 | 8:32 | 8:22 | 8:28 | 8:32 | 8:34 | 8:36 | 8:42 |
| 3 | 8:17 | 8:24 | 8:26 | 8:39 | 8:37 | 8:42 | 8:48 | 8:40 | 8:46 | 8:50 | 8:53 | 8:57 | 9:02 |
| 4 | 8:33 | 8:44 | 8:46 | 8:57 | 8:53 | 9:00 | 9:07 | 9:00 | 9:05 | 9:10 | 9:13 | 9:16 | 9:20 |
| 5 | 8:50 | 9:02 | 9:05 | 9:15 | 9:11 | 9:18 | 9:27 | 9:18 | 9:23 | 9:27 | 9:33 | 9:36 | 9:40 |
| 6 | 9:04 | 9:22 | 9:24 | 9:34 | 9:31 | 9:37 | 9:44 | 9:38 | 9:43 | 9:48 | 9:53 | 9:56 | 10:00 |
| 7 | 9:29 | 9:39 | 9:41 | 9:52 | 9:50 | 9:54 | 10:00 | 9:58 | 10:15 | 10:17 | 10:20 | 10:22 | 10:26 |
| 8 | 9:47 | 9:57 | 9:59 | 10:10 | 10:07 | 10:12 | 10:20 | 10:25 | 10:35 | 10:37 | 10:41 | 10:45 | 10:50 |
| 9 | 10:04 | 10:15 | 10:18 | 10:28 | 10:26 | 10:30 | 10:38 | 10:49 | 10:59 | 11:02 | 11:05 | 11:07 | 11:11 |
| 10 | 10:23 | 10:30 | 10:35 | 10:44 | 10:42 | 10:46 | 10:53 | 11:09 | 11:17 | 11:20 | 11:53 | 11:56 | 12:03 |
| 11 | 10:40 | 10:44 | 10:51 | 11:00 | 10:58 | 11:03 | 11:12 | 11:59 | 12:06 | 12:09 | 12:12 | 12:13 | 12:19 |
| 12 | 11:00 | 11:07 | 11:06 | 11:19 | 11:16 | 11:20 | 11:28 | 12:16 | 12:26 | 12:29 | 12:32 | 12:35 | 12:39 |
| 13 | 11:15 | 11:24 | 11:26 | 11:34 | 11:32 | 11:37 | 11:45 | 12:36 | 12:46 | 12:49 | 12:50 | 12:53 | 12:59 |
| 14 | 11:30 | 11:40 | 11:46 | 11:53 | 11:51 | 11:56 | 12:03 | 12:56 | 1:04 | 1:07 | 1:09 | 1:11 | |
| 15 | 11:57 | 11:59 | 12:01 | 12:11 | 12:09 | 12:12 | 12:20 | | | | | | |
| 16 | 12:12 | 12:17 | 12:19 | 12:29 | 12:27 | 12:29 | 12:36 | | | | | | |
| 17 | 12:27 | 12:32 | 12:35 | 12:41 | 12:34 | 12:45 | 12:42 | | | | | | |
| 18 | 12:48 | 12:49 | 12:50 | 12:56 | 12:53 | 1:01 | 1:09 | | | | | | |
| 19 | 12:54 | 1:04 | 1:07 | 1:16 | 1:13 | 1:17 | | | | | | | |
| 20 | 1:11 | 1:20 | 1:22 | | | | | | | | | | |
| descanso (2:00,3:00) | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 3:20 | 3:34 | 3:22 | 3:30 | 3:28 | 3:32 | 3:25 | 3:20 | 3:22 | 3:29 | 3:24 | 3:27 | 3:31 |
| 22 | 3:39 | 3:56 | 3:41 | 3:50 | 3:48 | 3:53 | 3:45 | 3:38 | 3:40 | 3:49 | 3:43 | 3:47 | 3:52 |
| 23 | 3:58 | 4:15 | 4:01 | 4:10 | 4:07 | 4:12 | 4:04 | 3:55 | 3:58 | 4:12 | 4:01 | 4:06 | 4:16 |
| 24 | 4:18 | 4:34 | 4:20 | 4:29 | 4:27 | 4:31 | 4:23 | 4:18 | 4:22 | 4:32 | 4:24 | 4:29 | 4:34 |
| 25 | 4:36 | 4:50 | 4:38 | 4:45 | 4:42 | 4:47 | 4:40 | 4:36 | 4:40 | 4:50 | 4:46 | 4:48 | 4:52 |
| 26 | 4:52 | 5:07 | 4:54 | 5:01 | 4:59 | 5:04 | 4:57 | 4:57 | 5:01 | 5:07 | 5:04 | 5:05 | 5:12 |
| 27 | 5:08 | 5:23 | 5:11 | 5:18 | 5:16 | 5:21 | 5:13 | 5:14 | 5:16 | 5:25 | 5:20 | 5:22 | 5:30 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 28 | 5:26 | 5:28 | 5:35 | 5:32 | 5:38 | 5:32 | 5:33 | 5:35 | 5:44 | 5:39 | 5:43 | |
| Viajes/v | 28 | 27 | 28 | 27 | 27 | 27 | 26 | 22 | 22 | 22 | 22 | 20 |
| Total | 320 | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

| | |
|------------------------------|---------------|
| RESUMEN :18/06/2018 | VIAJES |
| TOTAL DESMONTE: noche | 320 |

En la tabla 20 se muestran los resultados de control de tiempos del traslado de desmonte en el mes junio turno noche, se utilizó 13 equipos con una capacidad de 15 toneladas, cada equipo realizó entre 20 a 28 viajes de desmonte en un tiempo de 15 a 20 minutos por viaje, haciendo un total de 320 viajes de desmonte.

Tabla 21

Parámetros de tiempos de ciclo del año 2017

| IDENTIFICACIÓN DE TIEMPOS | |
|--|----------------|
| Tiempo de ida | 32.6 minutos |
| Tiempo de regreso | 12.35 minutos |
| Tiempo variable | 41.55 minutos |
| IDENTIFICACIÓN DE VELOCIDAD | |
| Velocidad de subida | 9.20 km/h |
| Velocidad de bajada | 25.30 km/h |
| Distancia | 4.8 km |
| IDENTIFICACIÓN DE TIEMPO DE CICLO | |
| Tiempo de ida | 27.42 minutos |
| Tiempo de regreso | 11.38 minutos |
| Tiempo de ciclo | 40.8 minutos |
| VELOCIDAD PROMEDIO | |
| Velocidad promedio | 10.093 minutos |
| PRODUCTIVIDAD TEÓRICA (PT) | |
| Productividad teórica | 22.05 ton/hr |
| PRODUCTIVIDAD MÁXIMA POR HORA | |
| Productividad máxima | 7.35 ton/hr |

Fuente: Elaboración propia

3.3. Establecer parámetros de tiempo de ciclo

3.3.1. Identificación de tiempos

Tiempo de carguío promedio: 2.3 minutos

Tiempo de espera: 2 minutos

Tiempo Ac: 50 – 60 seg

Tiempo de descarga: 40 seg

$$Tiempo\ ida = \frac{4.8\ km}{9.68\ km/h} * \frac{60\ min}{1\ hora} = 29.75\ minutos$$

$$= 26.18\ minutos$$

$$Tiempo\ Regreso = \frac{4.8\ km}{26.36\ km/h} * \frac{60\ min}{1\ hora} = 10.92\ minutos$$

$$Tiempo\ Variable = 26.18\ min + 10.92\ min = 37.1\ min$$

3.3.2. Identificación de velocidad

Velocidad de subida: 9.68 km/h

Velocidad de bajada: 26.36 km/h

Distancia: 4.8 km

3.3.3. Identificación de tiempo de ciclo

$$Tiempo\ Ida = \frac{Distancia\ de\ Ida}{Velocidad\ de\ Ida}$$

$$Tiempo\ Ida = \frac{4.8\ km}{11.1\ km/h} * \frac{60\ min}{1\ hora}$$

$$Tiempo\ Ida = 0.4324 * 60\ min$$

$$Tiempo\ Ida = 25.945\ min$$

$$Tiempo\ Regreso = \frac{Distancia\ de\ Regreso}{Velocidad\ de\ Regreso}$$

$$Tiempo\ Regreso = \frac{4.8\ km}{26.36\ km/h} * \frac{60\ min}{1\ hora}$$

$$Tiempo\ Regreso = 0.1820 * 60\ min$$

Tiempo Regreso = 10.92 min

$$T_c = T_{carga} + T_{ida} + T_{descarga} + T_{regreso}$$
$$TC = 1.08 \text{ Seg} + 25.94 \text{ min} + 60 \text{ seg} + 10.92 \text{ min}$$
$$T = 38.08$$

3.3.4. Velocidad promedio

$$\text{Velocidad promedio cargado} = \frac{\sum n}{n} = 11.083 \text{ min}$$

Para el vacío se hace igual con valoraciones reales
Tenemos una velocidad promedio: 28.36 km/hr

3.3.5. Productividad teórica (Pt).

Indica el potencial máximo productivo de un equipo, lo que muy raramente ocurre en la práctica, se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{Productividad teórica (ton/hr.)} = 60 \text{ (min/hr.)} \times C_{tt} / TC_{t}$$

Donde:

C_{tt} : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

TC_{t} : tiempo del ciclo de transporte (min).

$$\text{Productividad teórica (ton/hr.)} = 60 \text{ (min/hr.)} \times 15 \text{ ton} / 38.08 \text{ min}$$

$$\text{Productividad teórica (ton/hr.)} = 900 \text{ (min/hr.)} \text{ ton} / 38.08 \text{ min}$$

$$\text{Productividad teórica (ton/hr.)} = 23.63 \text{ ton/hr.}$$

3.3.6. Productividad máxima por hora (Pm).

La productividad máxima viene dada por:

$$\text{Productividad máxima (ton/hr)} = 60 \text{ (min/hr)} \times E_t \times C_{tt} / TC_{t}$$

Donde:

E_t : Eficiencia del trabajo (fracción).

C_{tt} : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

TC_{t} : tiempo del ciclo de transporte (min).

$$\text{Productividad máxima (ton/hr)} = 60 \text{ (min/hr)} \times 1/3 \times 15 \text{ ton} \\ /38.08 \text{ min}$$

$$\text{Productividad máxima (ton/hr)} = 7.88 \text{ ton/hr.}$$

3.4. Mejora en el proceso de carguío y descarga de mineral

3.4.1. Transporte

Para el transporte se tienen las siguientes oportunidades de mejora mencionadas:

- Interferencia en caminos angostos.
- Los traslados de los operadores que no se registra por Dispatch y el relevo.
- Malas prácticas en la toma de decisiones de los operadores.
- Demoras por limpieza de caminos.
- Desafíos con la gran cantidad de derrames.
- Rampas muy empinadas, mala estiba o factor de carga excesivo.
- Maniobra de aculatamiento.
- Ingreso de datos y reportabilidad.

a. Propuestas para transporte

- Caminos angostos

El diseño de los caminos, sobre todo los angostos se debe analizar con el área de planificación a largo plazo. Se debe realizar un estudio de los tiempos que toman los camiones en este tipo de espera, y evaluar cuanto es el beneficio si no se tuvieran. De esa manera se puede desarrollar un diseño global de los caminos de la mina antes de su cierre.

- Traslado de operadores

El tema de los relevos se podría manejar de mejor manera si se tuviera un plan de acción que evalúe y gestione el sistema de traslados. La idea es generar un procedimiento que sea óptimo para la operación y que signifique la menor cantidad de tiempo. Se debe realizar un plan de acción

dinámico que se vaya adecuando a los requerimientos de la mina y a las condiciones que ésta presenta.

Este plan tiene que considerar las distancias entre los diferentes destinos de los camiones y los comedores, junto con las velocidades promedio de los equipos. También se debe evaluar la posibilidad de trasladar o incorporar un comedor a los sectores lejanos para que no existan tiempos de traslado excesivos. Este tipo de planes debe conversarse con planificación a largo plazo.

Además, se recomienda considerar la implementación de un nuevo estado en los operadores de los camiones que considere el traslado del personal, puesto que de esta manera se llevaría un control de los tiempos de traslado para poder gestionar los posibles desafíos y coordinar planes de acción con la empresa colaboradora encargada de los traslados.

- **Limpieza de caminos**

El tema de derrame de las rampas de salida de las frentes puede solucionarse de varias maneras dependiendo de la causa que esté generando este inconveniente. En el caso que sea la pendiente muy elevada de las rampas, se debería estudiar y analizar la factibilidad de disminuir la pendiente a una tal que no haya derrames por los camiones.

Otro factor a considerar es “la mano del palero”, es decir, que el material quede colmado sobre la tolva del camión de tal manera que no haya derrames (estiba de la carga) y no sobrecargue a los camiones (factor de carga). Y el tercer factor es el movimiento del camión, es decir, que el operador no sea tan brusco en manejar, sobre todo en las pendientes

y curvas, lo que tiene por consecuencia un sacrificio de tiempo al disminuir las velocidades de avance.

Como se vio en el estudio de factor de carga, se debe tener cuidado con sobrecargar los equipos, puesto que además de provocar derrames, se tienen desgastes exagerados de los componentes del camión. También se debe capacitar a los operadores de los cargadores, ya que un 55% de la carga no está centrada, lo que provoca desgaste prematuro de los neumáticos y derrames en los caminos.

- **Maniobra de aculatamiento**

De acuerdo a la diferencia de la maniobra de aculatamiento, se recomienda hacer una especie de capacitación a los operadores para que de forma estándar y unánime ingresen los datos a Dispatch. De esta manera se tendrá de forma precisa los tiempos de ciclo de los camiones de acuerdo a lo que realmente debería ser. Se pueden dar al finalizar las charlas de inicio de turno de cada grupo.

Es necesario tener dos semanas de marcha blanca para que los operadores se vayan acostumbrando al nuevo proceso de ingreso de datos, es decir, una administración del cambio.

- **Ingreso de datos y reportabilidad**

Otra recomendación relacionada a la propuesta anterior es la modificación del ingreso de datos a Dispatch. Sería bueno reconsiderar la idea de reprogramar el ingreso de datos, es decir, agregarle un paso más a lo que deben marcar los operadores de camiones.

b. Primera opción

- Al llegar al destino, marcar la llegada.
- Si no hay un camión antes del camión que llegó, iniciar la maniobra de acuatamiento y una vez que esté listo, marcar la descarga/carga.
- En el caso que haya un camión anterior, una vez detenido el camión, marcar una nueva opción que se llame espera. De esta manera el tiempo entre la llegada y en que marca la espera, se considera como acuatamiento (pre-acuatamiento). Cuando el equipo anterior se retire, el operador marque una opción que se llame Fin Espera (o Acuatamiento), inicie el resto del acuatamiento y cuando esté listo, marque la opción de carga/descarga. Con esto, el tiempo entre la Espera y la carga/descarga, se considera como acuatamiento (sumándose al anterior) y la espera es el tiempo que tuvo entre que marco Espera y Fin Espera (o Acuatamiento).

c. Segunda opción

En el caso que no se pueda realizar la recomendación anterior, se puede configurar el Dispatch de tal manera que trabaje en "Background". A esto, el memorista se refiere a que el operador marque los tiempos y Dispatch trabaje de forma independiente de fondo y haga las conversiones y cálculos correspondientes. Es decir, siguiendo la secuencia actual del proceso, Dispatch debería hacer lo siguiente:

- El operador al llegar al destino, marcar la llegada.
- Si no hay un camión que lo anteceda, que el camión inicie la maniobra de acuatamiento. Para esto, el camión ya debió marcar la llegada y si el camión sigue en movimiento, este tiempo se considere como acuatamiento hasta que se detenga el camión que sería cuando está listo para cargar/descargar e ingrese a Dispatch la carga/descarga.

- Para el caso en que haya un camión cargando/descargando, el operador marque la llegada donde corresponda. Luego mientras el camión este en movimiento, este tiempo se considere como aculatamiento hasta que el camión se detenga para esperar a que salga el camión que lo antecede. Cuando se detenga, automáticamente empiece a tomar el tiempo de espera mientras el camión este detenido. Finalmente, cuando se vaya el equipo anterior, reanude la marcha y de forma automática pare de tomar tiempo de espera y le sume el tiempo que se demore en posicionarse a cargar/descargar al aculatamiento que consideró anteriormente y se detenga una vez que el operador marque la carga/descarga a Dispatch.

Con una de estas dos alternativas se tendría un detalle del ciclo del equipo para interpretar mejor los datos y poder tomar decisiones que agreguen valor al negocio.

3.4.2. Propuestas para carguío

Los tiempos en los cargadores se ven afectados por dos motivos.

- El primero es por la condición de la frente de carguío la cual al ser angosta, la pala tiene que girar con un mayor ángulo el balde para poder cargar a los camiones. Esto se traduce en una pérdida de tiempo en comparación con una operación en condiciones normales como en la pala 4 (giro de 90°).
- El segundo motivo es el uso de cámaras en posiciones estratégicas que le permiten al operador tener un mayor control sobre su entorno de trabajo. Con esto el operador debe gastar menos tiempo en observar las condiciones que le rodean para operar de manera segura.

Se observó que, al tener la cámara en el balde, se optimiza en 100% el uso del tiempo empleado en la revisión de los dientes, puesto que ya no existe la necesidad de que el operador del

cargador tenga que mostrar los dientes al operador del camión y que éste le indique la condición del balde. Con la cámara, en tiempo real, se obtiene un detalle del estado de los dientes donde se puede ir viendo en cualquier momento del ciclo de operación la condición del balde. Además, el uso de la cámara mejoraría la seguridad en la frente, ya que se instalan 3 cámaras adicionales a la del balde (una atrás y a cada costado del equipo), las cuales tienen un ángulo de visión de 120°, por lo que el operador tendría prácticamente entre un 80% y 90% de visibilidad del entorno, cuidando así de operar de forma segura para el mismo y para los equipos de apoyo que en ocasiones operan de manera simultánea en la frente o de vehículos livianos que necesiten transitar por el lugar o personal de topografía a pie.

Como resumen, la diferencia entre estos dos elementos que aumentan los tiempos de ciclo de carguío es que la condición de la frente de carguío no es muy “manejable”, hay oportunidades donde las condiciones del rajo no permiten operar de manera óptima y eficiente, por lo que no se puede hacer mucho para mejorar esta condición, en cambio, el uso de cámaras, disminuye los tiempos de ciclos independiente de las condiciones adversas que pueda presentar la frente.

La idea es hacer un estudio de los tiempos que recurre la pala en mostrar los elementos de desgaste a los operadores de camiones cuando se está en condiciones adversas en la frente.

3.4.3. Propuesta de implementación

Se decide por presentar como propuesta a implementar el uso del sistema de visión y detección en tiempo real de la caída de los elementos de desgaste.

Las cotizaciones realizadas por el área de mantenimiento se iniciaron en 2017.

Se han hecho pruebas de evaluación de los cargadores, de octubre de 2017 a diciembre de 2017, lo que ha arrojado buenos y confiables resultados.

Alguno de los beneficios (de los más importantes) que se ganarían con la implementación de la tecnología de monitoreo de los elementos de desgaste son:

- Prevenir accidentes de alto potencial por retiro de inchancables.
- Monitorear los elementos de desgaste de baldes de pala y prevenir que lleguen a chancado y produzcan detenciones no programadas asociadas a pérdidas operacionales y de producción.

Se hace un análisis de todo lo que conlleva la utilización de las cámaras, desde la instalación, características, aspecto técnico hasta los beneficios que entrega el uso de esta herramienta a la operación y a los temas de seguridad.

Una de las causas comunes en la inactividad de las palas de alto rendimiento es el rompimiento de los dientes del balde (elementos de desgaste). Un diente roto que no es detectado puede generar muchos inconvenientes aguas abajo, puesto que el diente roto se considera como un elemento inchancable, que puede trabar los chancadores de la mina, deshabilitándolo por horas hasta días, generando costos altísimos de miles de dólares a la empresa.

a. Objetivo del Uso de Cámaras

El objetivo principal del uso del Sistema de Visión MMI y del uso de cámaras es la detección temprana de la caída de los elementos de desgaste del balde de las palas y la optimización del tiempo del ciclo de operación de carguío.

b. Alcance del Uso de Cámaras

En primera instancia, se aplicaría esta tecnología sólo a los cargadores.

c. Beneficios

Sin que se tengan mayores antecedentes del tema, es lógico pensar que el uso de las cámaras y todo lo involucrado con el monitoreo en tiempo real de los elementos de desgaste, tendría más efectos positivos que negativos en la operación. Sin embargo, esta tecnología tiene un gasto de inversión asociado, por lo que hay que evaluar otras alternativas antes de tomar la última decisión.

Tiene múltiples beneficios la utilización de esta tecnología como, por ejemplo, con la detección temprana de la caída de algún diente, la mina puede evitar tiempo no planificado de inactividad en el chancador, prevenir daños en equipos que vienen en etapas posteriores al carguío y salvar la vida de los operadores eliminando el peligro para la seguridad asociado a la extracción del diente del chancador.

d. Que se espera lograr

De acuerdo a las entrevistas realizadas y a la información obtenida, se tiene una serie de debilidades en el sistema de carguío que se quieren mejorar.

Respecto al sistema de monitoreo de los elementos de desgaste se pretende:

- Prevenir accidentes de alto potencial cuando se trabaja en el retiro de elementos de desgaste inchancables (dientes) provenientes de los equipos de carguío.
- Monitorear los elementos de desgaste de baldes de pala y prevenir que lleguen a chancado y produzcan detenciones

no programadas asociadas a pérdidas operacionales y de producción.

- Prevenir daños al sistema “Hidroset” de los chancadores, el cual cumple la función de mantener una abertura determinada de chancado para el mineral, entre las corazas fijas y el eje principal (poste).

Lo que se quiere lograr para el Sistema de Monitoreo en línea de componentes críticos en palas eléctricas es lo siguiente:

- Prevenir fallas catastróficas en componentes principales, transmisiones Swing, Crowd, Hoist y motores asociados a estas transmisiones.
- Mejora en la toma de decisiones basado en la información predictiva confiable para realizar mantención y/o cambio de componentes previamente.
- Optimizar el cambio de componentes de acuerdo a las condiciones que se presenten.

Además de lo anterior, en temas de seguridad se busca:

- Mejorar la seguridad de los trabajadores, a través de la reducción o eliminación de las reparaciones de emergencia.
- Prevenir accidentes de alto potencial por retiro de inchables.

En cuanto a producción se pretende aumentar las horas efectivas de operación de los cargadores.

e. Cómo genera Valor al Negocio

A nivel operacional, con esta tecnología se ayuda a asegurar el cumplimiento de los planes de producción del caso base.

f. Estudio económico preliminar de la implementación de la tecnología

Se decide realizar una evaluación económica simple con los siguientes parámetros a considerar:

- La inversión inicial del sistema de cámaras corresponde aproximadamente a \$1,000,000 USD, de acuerdo a la cotización de la empresa MMI.
- De acuerdo al análisis previo, se tiene un ahorro de tiempo de 0.8 minutos por camión. En promedio cada camión transporta 305 toneladas húmedas y la pala 4 tiene un rendimiento de 85 [ktpd]. Por lo tanto, la pala 4 carga 278 camiones en promedio, lo que implica un ahorro en tiempo de 222.4 minutos, es decir 3.71 horas adicionales.
- Se asume que se ocuparan el 25% de esas horas adicionales (0.93 horas por día), que se traduce en 4.1 [ktpd] extras de mineral por pala. En consecuencia, como se tienen 2 palas en frentes de mineral, se tendrían 8.2 [ktpd] adicionales.
- Al año se tienen 2.87 [Mton] de mineral con una ley media de 0.69% de Cu. Considerando una recuperación de 89%, se tienen 17.62 [kton] de cobre fino pagable por año.
- Suponiendo un precio de 2.2 [US/lb] y un C1 de 1.4 [US/lb], se tiene un beneficio equivalente a 0.8 cUS/lb, lo que implica una ganancia de \$3.11 MUSD por año.

En la Tabla 21 se tiene una evaluación económica del VAN, de acuerdo a la cotización realizada.

Tabla 22*Análisis del VAN del proyecto de cámaras.*

| | Unidad | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Mineral | kton | | 8.20 | 8.20 | 8.20 | 8.20 | 8.20 |
| Cobre | kton | | 17.62 | 17.62 | 17.62 | 17.62 | 17.62 |
| Ingresos | US\$M | | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 |
| Inversión | US\$M | 1 | | | | | |
| Flujo de Caja | | -1.00 | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 |
| VAN (8%) [MUSD] | | | | | | | \$10.57 |
| TIR | | | | | | | 311% |

El cálculo se hizo con una tasa de descuento de 8%. Se observa que el proyecto es viable económicamente con un VAN de \$10.57 MUSD.

g. Observaciones y trabajo futuro

La primera observación a realizar es el hecho de la tecnología a implementar. La cotización se realizó tiempo atrás postergándose en el tiempo por diversos motivos. Actualmente el fabricante ofrece una nueva tecnología basada en la que se cotizó, por lo que se recomienda que se renueve la cotización con la nueva tecnología para obtener mejores resultados y mayores beneficios.

La cotización final para el resto de la flota de carguío se hará con el fabricante original, Motion Metrics.

Se recomienda encarecidamente llevar a cabo este proyecto, debido a que sus beneficios son positivos para la operación.

Por temas de tiempo y de disponibilidad, se recomienda a la empresa que se haga un análisis de los tiempos de los ciclos de carguío y que haga una medición de los tiempos que se

necesiten para el monitoreo de los elementos de desgaste en palas que no posean la tecnología y en la pala 4 que posee el sistema de cámaras. De esta manera se podrán comparar los tiempos del ciclo y evaluar cuál es el beneficio en tiempo, que se traduce en la utilización de los camiones y a su vez en la producción (toneladas) que tiene el uso de cámaras.

Como no todas las palas operan de la misma manera, se propone realizar un análisis estadístico de los tiempos de ciclo de las palas sin la tecnología, para luego comparar los tiempos de ciclos una vez que se instale el sistema de visión.

3.4.4. Mejoras en el despacho

De acuerdo a entrevistas con los despachadores de los 4 turnos, se tienen las siguientes necesidades:

- No existen reportes con los tiempos individualizados del ciclo de camiones ni el de cargadores.
- Para los despachadores sería útil tener una herramienta que segregue las colaciones por comedor y cantidad de camiones por éstos, con el fin de gestionar la asignación de camiones a los comedores de manera automática y no manual.
- Plan invierno: reporte con los camiones que tengan cadenas.
- Para la asignación dinámica no se tienen los tiempos promedio de las demoras, el sistema realiza las asignaciones de acuerdo a tiempos que vienen predeterminados por el sistema. Se debe hacer un estudio de las demoras para poder ingresarlas a Dispatch® y así utilizar la asignación dinámica de forma eficiente.

También se entrevistó a los instructores mina de los 4 grupos, puesto que ellos están más pendientes de los sucesos en terreno.

- La información es transmitida a los operadores a través de los despachadores, los cuales utilizan un lenguaje técnico que en

algunas ocasiones no logran entender. Se debe transmitir la información de instructor a operador, ya que se tienen más confianza y se expresan con las mismas palabras.

- Existe un tema con el cambio de turno. Tienen diferentes horarios y quedan bloques sin cubrir. El turno en pelambres termina a las 9:00 o 21:00, en cambio el de las EE.CC. termina a las 8:00 o 20:00, por lo que existe un tiempo de una hora y media sin cubrir por ellas, sobre todo con las empresas de mantención de equipos.
- Los instructores concuerdan unánimemente que el ancho y la pendiente de las rampas está fuera de lo estándar, ya que dicen que tienen mucho derrame en los caminos.
- Cantidad de operadores v/s cantidad de equipos. Se tienen más equipos que operadores, además de tener una distinta dotación de personal entre los grupos.
- Los operadores no saben cómo los van a evaluar y trabajan a la suerte. Tampoco se tiene un seguimiento de su trabajo para ir haciendo un “feedback” a los operadores con el propósito de motivar su trabajo. Se sugiere realizar presentación de corta duración que explique el avance que tienen los operadores con respecto a las metas que presenta operaciones.

3.5. Contrastación de la hipótesis

3.5.1. Prueba de hipótesis general

Se realizó la optimización del control de tiempos en las actividades de Carguío y Descarga de mineral, mediante una propuesta de mejoras de eliminación de tiempo improductivos por tanto hay un

aumento de productividad en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca en el año 2018. Por tanto, esta hipótesis queda aprobada.

3.5.2. Prueba de hipótesis específicas

- Si se establecen los parámetros para el cálculo de productividad de equipo, mediante ellos se evaluaron mejoras en el control de tiempos en el carguío y descargue de mineral, en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018. Por tanto, esta hipótesis queda aprobada.

- Se determinaron los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, y se evidencia una mejora en el control de tiempos, en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018. Por tanto, esta hipótesis queda aprobada.

- Se incrementa el rendimiento, así como la utilización de los equipos al disminuir los tiempos muertos en ambos procesos, en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018. Por tanto, esta hipótesis queda aprobada.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Malpica, (2014), presentó su tesis, titulada: “Evaluación de Rendimientos de Equipos en las Operaciones de Movimiento de Tierras en el Minado Cerro Negro Yanacocha – Cajamarca”. Se concluyó que los rendimientos reales alcanzados en la ejecución, son menores a los dados por el fabricante lo cual valida la hipótesis de la investigación, para las actividades de carguío, empuje, acarreo, corte y nivelación. En la presente investigación se logró determinar los rendimientos alcanzados por los diferentes equipos analizados. El rendimiento real de los equipos es: Excavadora: 81.17 m³/hr Tractor: 163.93 m³/hr Cargador Frontal: 67.91 m³/hr Volquete: 47.18 m³/hr Motoniveladora: 0.21 Ha/hr. Se determinó el tiempo de duración de los ciclos de los equipos, siendo los siguientes: Excavadora: 0.33 segundo/ciclo Tractor: 2.5 minutos/ciclo Cargador Frontal: 2.10 minutos/ciclo Volquete: 15.83 minutos/ciclo Motoniveladora: 3.49 horas/ciclo.

A comparación del antecedente de Malpica en esta tesis solo se evaluó los equipos de carguío y transporte de mineral comprendidos por cargadores y camiones de 15 toneladas, con una productividad teórica (ton/hr.) = 23.63 ton/hr y una productividad máxima por hora (Pm) = 7.88 ton/hr. Es muy inferior a la productividad del cargador analizado por Malpica, por tanto, se asume que puede ser por la mayor capacidad de los equipos empleados en Yanacocha, y por el mejor estado de las vías.

CONCLUSIONES

- Se determinaron los parámetros de tiempo de ciclo, el tiempo del ciclo total es 38.08 minutos, con una velocidad promedio: 28.36 km/hr; la productividad teórica es 23.63 ton/hr y la productividad máxima es 7.88 ton/hr. A comparación del tiempo de ciclo del año 2017 los resultados son: el tiempo de ciclo total es de 41.53 minutos, con una velocidad promedio: 26.58 Km/hr; la productividad teórica es 21.67 ton/hr y la productividad máxima es 7.22ton/hr. Los rendimientos alcanzados en esta tesis son de mayor productividad para las actividades de carguío y descarga de mineral en el proyecto Ciénega Norte.
- Se encontraron los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral es la eliminación de caminos angostos, desafíos con la gran cantidad de derrames, malas prácticas en la toma de decisiones de los operadores y en rampas muy empinadas, mala estiba o factor de carga excesivo. También se producen paradas principalmente por el mal estado de las vías, por el poco avance de cargado de mineral y por dificultades mecánicas de los equipos.
- El incremento del rendimiento, se verá reflejado con la implementación de una propuesta de mejora mediante el uso del sistema de visión y detección en tiempo real de la caída de los elementos de desgaste. Asimismo, se deben eliminar las malas prácticas en la toma de decisiones de los operadores y las demoras por limpieza de caminos. Esta propuesta es viable económicamente con un VAN de \$10.57 MUSD.

RECOMENDACIONES

- A la empresa, realizar un diagnóstico mecánico constantemente de los equipos, y realizar las capacitaciones concernientes a los operadores de volquetes, tractores, moto niveladora y de excavadoras.
- A la empresa, implementar un software para dispatch, implementar el uso de del sistema de visión y detección en tiempo real de la caída de los elementos de desgaste y mantener un mejor control de equipos en todo el proceso de carguío y acarreo de mineral.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Barreto, L. (2017). Optimización del Número de Camiones 785C CAT y Cargador Frontal 992K CAT Mediante el Match Factor en la Ruta Mineral – Stock Pile Antapaccay – Chancadora Tintaya San Martin Contratistas Generales S.A. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe>.
- Berrocal, J. (2014). Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema para el Registro y Control de Equipos de Protección Personal Asignados a los Trabajadores de una Corporación Minera. *Tesis para optar el título de ingeniero informático*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream>.
- Checya, D. (2015). Gestión de la Operación de Equipos de Movimiento de Tierras para Mejorar el Rendimiento de Carguío y Acarreo en la Mina Antapaccay. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle>.
- Cornejo, E. (2013). Sistema de optimización de Transporte para la Mediana Minería. *Exposición*. Santiago, Chile: MMEdmin. Recuperado de <http://www.sonami.cl/site>.
- Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México : Interamericana Editores. Recuperado de <https://www.esup.edu.pe>
- Huamán, W. (2015). Estudio Comparativo entre el Sistema Minestar Health y el Sistema Convencional en el Control de Camiones Mineros en Minera Gold Fields La Cima, Cajamarca - 2015. *Tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle>.

- Huaroc, P. (2014). Optimización del Carguío y Acarreo de Mineral Mediante el Uso de Indicadores Claves de Desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe>
- Lagos, E. (2013). Gestión Operativa del Sistema de Despacho. *Tesis para optar el título de ingeniero civil de minas*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Recuperado de <http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile>.
- Malpica, C. (2014). Evaluación de Rendimientos de Equipos en las Operaciones de Movimiento de Tierras en el Minado Cerro Negro Yanacocha – Cajamarca. *Tesis para optar título profesional de ingeniero de minas*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe>
- Manzaneda, J. (2015). Optimización de la Flota de Carguío y Acarreo para el Incremento de Producción de Material de Desbroce de 400k a 1000K Bcm - U.E.A. El Brocal Consorcio Pasco Stracon GYM. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe>
- Marín, C. (2015). Incremento de la Productividad en el Carguío y Acarreo en Frentes que Presentan Altos Contenidos de Arcillas al Utilizar un Diseño de Lastre Adecuado, Minera Yanacocha, Perú, 2015. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream>
- Merizalde, W. (2013). Optimización de la Seguridad en el Transporte de Mineral en la Concesión Minera de la Empresa Elipe S.A. *Tesis magistral*. Loja, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8289>
- Quiquia, G. (2015). Mejoramiento Continuo en la Gestión del Ciclo de Acarreo de Camiones en Minería a Tajo Abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro

- Corona, Antapacay y Pucamarca. *Tesis de maestría*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de cybertesis.uni.edu.pe
- Requejo, P. (2016). Evaluación, Implementación de Sistema Dispatch: Control de Equipos en Minería a Cielo Abierto, en la Empresa Minera Coripuno S.A.C. *Tesis de maestría en ingeniería*. Trujillo, La Libertad, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream>
- Riveros, J. (2016). Cálculo de la Productividad Máxima por Hora de los Volquetes en el Transporte Minero Subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe>
- Rodríguez, D. (2013). Modelo Analítico para el Dimensionamiento de Flota de Transporte en Minería a Cielo Abierto: Análisis de Prioridades de Atención Según Rendimiento. *Tesis para optar el título de profesor supervisor*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de <https://repositorio.uc.cl>
- Rodríguez, M. (2017). Evaluación de Costos de Carguío y de Emisión de Dióxido de Carbono (Co₂), al Reducir el Tiempo de Limpieza de Piso de Pala Gigante en Minera Yanacocha, 2017. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del norte. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle>
- Soto, C., & Tarazona, N. (2016). Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123
- Toledo, W., & Tovar, R. (2014). Sistema In-Pit Crushing and Conveying (IPCC) Alternativa para optimizar el proceso de carguío/transporte en minado por open pit. *Conferencia para la mina Bisa*. Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de <http://iimp.org.pe/pptjm/jm20151112>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia.

ANEXO 2: Instrumentos para la recolección tiempos en campo: Ficha de disponibilidad mecánica y utilización efectiva de equipos.

ANEXO 3: Instrumentos de para la recolección tiempos en campo: Ficha de toma de tiempos de transporte de mineral.

ANEXO 4: Panel fotográfico.

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: “Optimización del Control de Tiempos en el Carguío y Descarga de Mineral en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, 2018”.

Tesista: Cubas Ríos, Santos Teófilo

| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | OBJETIVO DE LA INVESTIGACION | HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | VARIABLES E INDICADORES | INSTRUMENTOS | METODOLOGÍA |
|--|--|---|--|---|--|
| <p>Problema principal: ¿Cómo optimizar el control de tiempos en las actividades de carguío y descarga de mineral, en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018?</p> | <p>Objetivo General: Realizar la optimización del control de tiempos en las actividades de carguío y descarga de mineral, para obtener una mejor productividad en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018.</p> | <p>Hipótesis general: Al realizar la optimización del control de tiempos en las actividades de Carguío y Descarga de mineral, habrá un gran aumento de productividad en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca en el año 2018.</p> | | | <p>Tipo de investigación El tipo de investigación será experimental descriptiva. Nivel de investigación Se utilizará la investigación analítica. Diseño de investigación El diseño de la investigación corresponde al diseño correlacional.</p> |
| <p>Problemas secundarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los parámetros para el cálculo de productividad en el control de tiempo y actividades de Carguío y Descarga de mineral en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018? ¿Cuáles son los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, en el control de tiempos, en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018? ¿Cómo incrementar el rendimiento en las actividades de Carguío y Descarga de mineral, así como la utilización de los equipos mediante la disminución de los tiempos improductivos en ambos procesos, para optimizar el Control de tiempos en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018? | <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Establecer parámetros de tiempo de ciclo, número de pasas, tiempo de intercambio, para el cálculo de productividad de equipos, en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018 Encontrar los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, y los que se deben optimizar para una mejor productividad en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018. Incrementar el rendimiento, así como la utilización de los equipos mediante la disminución de los tiempos improductivos en ambos procesos, en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018. | <p>Hipótesis secundarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> Si se establecen los parámetros para el cálculo de productividad de equipo, se evaluarán mejoras en el control de tiempos en el carguío y descargue de mineral, en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018. Si se determinan los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, hará una mejora en el control de tiempos, en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018. Si se incrementa el rendimiento, así como la utilización de los equipos se disminuirá los tiempos muertos en ambos procesos, en el Proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, en el año 2018. | <ul style="list-style-type: none"> Control de tiempos. Carguío y descargue de mineral. | <ul style="list-style-type: none"> Observación directa. Ficha de disponibilidad mecánica y utilización efectiva de equipos. Ficha de toma de tiempos de transporte de mineral. | <p>Población Equipos empleados en el carguío y descargue del mineral en el proyecto “Ciénega Norte”. Muestra Se analizará 15 equipos de Multiservicios El Imperio S.R.L, empleados en el carguío y descargue del mineral en el proyecto “Ciénega Norte”.</p> |

Anexo 2: Instrumentos de para la recolección tiempos en campo

Título: Ficha de disponibilidad mecánica y utilización efectiva de equipos.

| Equipo | Horas | Horas | Demoras mecánica | Demoras operativas | Demoras fijas | Otras demoras | Horas trabajadas | U (%) |
|--------|-------|-------|---------------------|-----------------------|------------------|------------------|---------------------|-------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Anexo 3: Instrumentos de para la recolección tiempos en campo

Título: Ficha de toma de tiempos de transporte de mineral.

| Detalle de tiempos | Calificación | Medición de tiempos de ciclo por viaje (Hr) | | | | | Prom. |
|-----------------------|--------------|--|---|---|---|---|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Tiempo productivo | (T.P.) | | | | | | |
| Fallas mecánicas | (F.M.) | | | | | | |
| Demoras operativas | (D.O.) | | | | | | |
| Demoras fijas | (D.F.) | | | | | | |
| CICLO TOTAL | | | | | | | |

ANEXO 4: Panel fotográfico.

Vías en mal estado, con pendientes pronunciadas y curvas angostas en el proyecto Ciénega Norte.



Foto 1 vías del proyecto Ciénega Norte
Fuente: Elaboración propia

Mejoramiento de vías (ensanchamiento de curvas, disminución de pendientes y lastrado de vías) en el proyecto Ciénega Norte.



Foto 2 Lastrado de vías desde el tajo Ciénega Norte hacia el pad
Fuente: Elaboración propia

Ensanchamiento de accesos y rampas en el tajo Ciénega Norte, con la excavadora CAT 336.



Foto 3 vías angostas
Fuente: Elaboración propia

Compactación de los accesos y rampas después del ensanchamiento en el tajo Ciénega Norte.



Foto 4 compactación de accesos
Fuente: Elaboración propia