



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE CARGUÍO Y
ACARREO PARA EVITAR TIEMPOS MUERTOS Y
REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN LA
EMPRESA ELOHIM S.A.C.”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Rodrigo Ballena Paredes

Asesor:

Ing. Jesus Gabriel Vilca Pérez

<https://orcid.org/0000-0002-8348-8624>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Eduardo Noriega Vidal	43236142
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

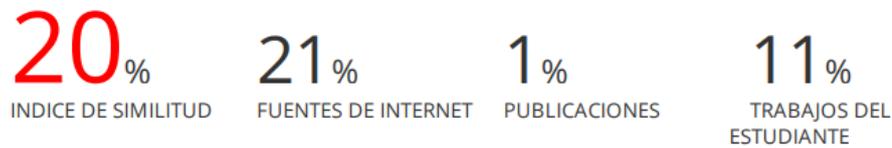
Jurado 2	Jorge Omar Gonzales Torres	43703713
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ronald Antonio Alvarado Obeso	44562630
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE CARGUÍO Y ACARREO PARA EVITAR TIEMPOS MUERTOS Y REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA ELOHIM S.A.C.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	6%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Privada del Norte	1%

DEDICATORIA

A mis padres pues fueros el principal cimiento para formar mi vida profesional sentaron en mi el deseo de superación y aspiraciones de todo lo que soy ahora; por su apoyo incondicional, por los valores valores inculcados desde niño los cuales me hicieron conseguir muchos de mis onjetivos y ahora este objetivo mas resaltante.

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios por darme sabiduría y fortaleza de seguir día a día adelante y no desfallecer en el intento. A mi familia por su apoyo incondicional, estímulo constante, valores y enseñanzas a lo largo de mi carrera. A mis docentes que de una u otra manera aportaron para la culminación de este trabajo.

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.1. Formulación del problema	21
1.2. Objetivos	21
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	23
CAPÍTULO III: RESULTADOS	30
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	86
REFERENCIAS	89
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Población del estudio.....	26
Tabla 2 Población del estudio.....	28
Tabla 3 Lista de causas	34
Tabla 4 Matriz de correlación.....	36
Tabla 5 Ponderado de las causas	37
Tabla 6 Causas – Propuestas de mejoras.....	38
Tabla 7 Tiempos promedios del ciclo de carguío del mes de diciembre 2022.....	41
Tabla 8 Tiempos promedios del ciclo de carguío del mes de enero 2023	43
Tabla 9 Descripción del tiempo de acarreo del banco 3300 al botadero en el turno noche	46
Tabla 10 Detalle del tiempo de acarreo del banco 3300 al botadero en el turno noche	47
Tabla 11 Promedio de horas registradas en enero 2023	48
Tabla 12 Cálculo de costos operativos en excavadores enero – 2023.....	50
Tabla 13 Causas del problema demoras operativas	51
Tabla 14 Matriz de Vester de demoras operativas	52
Tabla 15 Variables del problema de demoras operativas	54
Tabla 16 Alternativas de solución para el problema de demoras operativas	56
Tabla 17 Análisis FODA acerca del proceso de programación de mantenimiento preventivos.....	64
Tabla 18 Nomenclatura asignada para mantenimiento	71
Tabla 19 Causas de fallas que ocasiona demoras	74
Tabla 20 Promedio de horas registradas en junio 2023.....	77
Tabla 21 Cálculo de costos operativos en excavadores junio – 2023	80
Tabla 22 Inversión en capacitaciones	81
Tabla 23 Inversión en útiles de escritorio y equipos de oficina	81
Tabla 24 Inversión en implementos de seguridad	82
Tabla 25 Beneficio al aumentar horas de operación.....	83
Tabla 26 Flujo de caja	84
Tabla 27 Indicadores economicos	85

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Distribución de los tiempos improductivos.....	31
<i>Figura 2.</i> Diagrama de Ishikawa	33
<i>Figura 3.</i> Diagrama de Pareto	38
<i>Figura 4.</i> Mapa de la ruta de carguío y distintas rutas del yacimiento de la unidad minera.....	39
<i>Figura 5.</i> Tiempos del ciclo de carguío del mes de diciembre 2022.	42
<i>Figura 6.</i> Tiempos del ciclo de carguío del mes de enero 2023	45
<i>Figura 7.</i> Clasificación de la matriz demoras operativas.	53
<i>Figura 8.</i> Árbol de problemas “coordinación con supervisión”a	55
<i>Figura 9.</i> Cola en el frente de carguío.....	58
<i>Figura 10.</i> Mejora del frente del carguío con un cargador frontal.	59
<i>Figura 11.</i> Mejora del frente del carguío con un cargador frontal.	60
<i>Figura 12.</i> Polvo constante en las vías	61
<i>Figura 13.</i> Riego de vías mediante cisternas.....	62
<i>Figura 14.</i> Alargar los tiempos de vida. Muestra el intervalo prolongado de vida útil.	66
<i>Figura 15.</i> Alargando los tiempos de vida.	67
<i>Figura 16.</i> Revertir periódicamente el deterioro. Intervalo correcto de inspección	68
<i>Figura 17.</i> Organigrama propuesto con la mejora.....	70
<i>Figura 18.</i> Formato backlog propuesto	71

RESUMEN

La presente investigación expuso por finalidad optimizar el ciclo de carguío y acarreo para evitar tiempos muertos y reducir costos operativos en la empresa ELOHIM S.A.C., debido a que la empresa durante sus operaciones diarias identificó falencias provocando el retraso de las actividades programadas y algunas veces el no cumplir con las metas programadas, así como las fallas mecánicas las cuales ocasionan la paralización del traslado del material extraído y a su vez se añaden como problema de las malas condiciones de las vías y la destreza operativa de los operadores de los equipos. La metodología tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel explicativo, así como la población lo conformo 1 excavadora y 10 volquetes de transporte empleados para el traslado de mineral y desmonte. En el estudio se plantea alternativas de solución para las causas que generan un elevado tiempo muerto y costos operativos, los cuales comprenden en acciones para reducir demoras operativas, capacitación al personal de carguío y acarreo y mejoras en el plan de mantenimiento. Los resultados fueron que, las acciones establecidas permitieron reducir las demoras operativas, capacitaciones y un plan de mantenimiento a fin de aumentar la disponibilidad de un 83.15% y utilización de 72.53%, siendo las demoras operativas la que mayor efecto ocasiona al problema. Como conclusión, con una inversión de S/36,009.00 SE genera un VAN de S/. 22,400.96 y un TIR de 40.3%, así como un costo beneficio de S/1.62.

PALABRAS CLAVES: Ciclo de carguío, Costos operativos y Tiempos muertos

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la unidad minera Isabelita ubicada en el distrito de Huamachuco en el departamento de la Libertad, se encuentra el yacimiento de oro de alta sulfuración donde está emplazado en areniscas y cuarcitas de la formación Chimú. Es aquí que la formación está compuesta por intrusiones de rocas sub volcánicas que están compuestas por andesítica y están controladas por estructuras en dirección de nor oeste, encontrándose diseminada en micro fracturas y brechas con contacto litológico y estructural.

Durante el 2017 y 2018 se tuvo un programa intensivo de exploración donde se incluyeron 47 mil metros de perforaciones y más de 37 mil muestras de perforación, mapeo geológico y reconocimiento de más de 500 hectáreas. Siendo así la empresa ELOHIM, es una contratista minera encargada de brindar los servicios de carguío y acarreo del material el cual contiene el mineral, desmonte y otro material presente, realizando operaciones en la unidad Isabelita, ubicado en el distrito del Huamachuco en el departamento de La Libertad.

La presente empresa durante sus operaciones diarias identificó falencias provocando el retraso de las actividades programadas y algunas veces el no cumplir con las metas programadas. Durante los trabajos de carguío quienes están conformada por los equipos de maquinaria pesada como es cargadores, excavadoras, los cuales tiene fallas mecánicas paralizando las actividades por horas, al igual en los trabajos de acarreo quienes están conformado por equipos que son volquetes de 24m³ al igual que los otros equipos las fallas mecánicas ocasionan la paralización del traslado del material extraído

y a su vez se añaden como problema de las deficientes condiciones de las vías y la destreza de los operadores en su equipo para realizar los trabajos de carguío y acarreo.

Por los problemas antes mencionados se provoca pérdidas de horas de trabajo y por ende repercute en el tonelaje movido diario generando costos y pérdidas para la compañía. La disminución de costos y de tiempos como signo de mejora para las empresas se está convirtiendo cada vez más relevante, puesto ayuda que los procesos se optimicen y se refleje un aumento en la rentabilidad. Es por eso que sigue siendo un tema muy indagado a nivel internacional, nacional y local. A nivel internacional.

En Colombia, Jesus Libardo Barranco Lopez, en el año 2017 en su investigación titulada “optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (limonitas, chert, margas), en la planta de cementos argos, Tolúviejo- Sicre” describe la optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas efectuados en las instalaciones de la planta Toluviejo, donde se parte del estudio de cada uno de los ciclos de los ciclos actuales y las condiciones en las que cada uno de ve inmerso dentro del proceso. En ese sentido, se abordan un listado de ciclos de transporte que de forma diaria se realizan en la cantera, teniendo mayor interes en en el análisis correcto que admita encontrar los factores que condicionan la operatividad del mismo; y a partir de allí disponer de acciones correctivas que efectivicen cada una de las etapas del proceso. Dentro de la medida de efectivización de los ciclos de transporte se expone la construcción de dos nuevas vías para el acarrero del material, mismas que tienen como fin la minimización del tiempo usado, sumado a un programa de capacitación para los operadores de los equipios que están inmersos en el proceso de cargue y transporte. De manera adicional a las alterantivas dadas se aporta con un listado de recomendaciones

para velar por el correcto estado de las vías de la cantera, y con ello cuidar el estado óptimo de los equipos, y aumentar su eficiencia.

Por otro lado, desde Chile, María Fernanda Fica Tapia (2018) en su tesis titulada “Detección de anomalías en un proceso de carguío autónomo”, postuló como finalidad establecer los modelos formulados en similitudes, teniendo el objetivo de identificar las anomalías en el proceso de carguío y acarreo. Los hallazgos muestran tras ejecutar 30 pruebas en modelos diferentes para poder obtener la reducción del porcentaje de error en un 7.5%. Se finalizó mencionando que se pudo alcanzar diferentes puntos relevantes en el proceso de carguío y acarreo. Además, se verificó la del empleo del modelo SBM en contraste con el modelo ARX, mismo que cuenta con distintas variables con un factor de error mucho mayor. Las formulaciones metodológicas y los modelos generados en la investigación, dan cuenta de la complejidad que se tiene para alcanzar la optimización, y merma de costos en la ejecución de los procesos carguío y acarreo. Asimismo, exponen el gran aporte de la tecnología como herramientas fundamental para el desarrollo de su comparación de métodos y la elección del mejor para responder satisfactoriamente a solucionar el problema planteado.

A nivel nacional, en el Perú, exactamente en Huancayo Manuel Jesus Ramos Crisostomo y Estela Salomon De la Peña (2021) en su indagación titulada “Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua” donde estudio el estado del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral, a través del diagrama de Pareto se pudo mostrar tres diferentes actividades que representan un valor anterior al 80%. La actividad crítica, que es el refrigerio, equivale a un tiempo establecidos y difícil de dismmuir dado que es propio

del sistema de labor, no obstante, las actividades como la cola de los volquetes y las reparaciones mecánicas son tiempos improductivos que optimizar y mejorar respectivamente. En el análisis de la teoría de colas se tiene dos situaciones: el actual y la óptima. Se concluye que, en la situación actual, el número de espera de volquetes es de 1, el tiempo de carguío es de 8.41 minutos y el tiempo de espera en la fila es de 3.91 minutos, lo cual genera pérdidas productivas y económicas. Por otro lado, en la situación óptima, el número de espera de volquetes es de 0, el tiempo de carguío es de 4.81 minutos y el tiempo de espera en la fila es de 0.36 minutos, lo cual es óptima sin ningún equipo parado en espera respectivamente y el tiempo de espera de 0.36 minutos refleja la concordancia de mejora en el carguío, transporte y descarga de mineral.

Asimismo, en Chiclayo, Segundo Díaz Rojas y Alan Medina Estela (2020), en su tesis titulada “Reducción de tiempos improductivos para mejorar la productividad de los procesos de Carguío y Acarreo tajo Pampa Verde, minera la Zanja” define como principal objetivo reducir los tiempos improductivos para mejorar la producción de los equipos de carguío y acarreo en el tajo Pampa Verde, minera la Zanja. El tipo de investigación fue cuantitativa con diseño transversal descriptivo no experimental ya que se recolecto datos en un único momento. Con los resultados obtenidos se pudo confirmar que los tiempos improductivos en el carguío generan pérdidas de 65185 toneladas no movidas en 78.6 horas, mientras que en acarreo generan 22323 toneladas no movidas en 180.81 horas. Después de hacer el estudio el tiempo improductivo de los equipos de carguío se logró reducir en un 10.52% y para los equipos de acarreo se logró reducir en un 11.07%. La reducción de los tiempos improductivos permitió mejorar la producción de los equipos de carguío en un 4.14% siendo esto 425.44 toneladas promedio, de tal manera los equipos

de acarreo aumentaron su producción en un 6.22% siendo esto 426.62 toneladas promedio.

Por otro lado, Itamar Rojas Ortiz (2019) en su informe denominado “Optimización del proceso de carguío y acarreo mediante el uso de KPI’s en la fase de relleno del espaldón de la presa de relaves – Antamina” denota en optimizar y llevar un adecuado control de los KPI’S (Indicadores Claves de Rendimiento) de los equipos del proyecto en mención, los cuales nos permiten ver en qué estado nos encontramos en la optimización de nuestros equipos en especial los de carguío y acarreo para así poder encontrar oportunidades de mejora que nos permitan llevar un mejor control en el proyecto en general. Debido al crecimiento del volumen de los relaves en compañía minera Antamina esta se ve obligada a recrecer la presa con el fin de estructurar una barrera que permita la contención de los relaves producto de la explotación en el tajo, es así que Antamina da la buena pro a OBRASCON HUARTE LAIN (OHL) para la realización del proyecto “Construcción de la Elevación nivel 4115 al 4135 de la Presa de Relaves Fase VI – B”

También Pabel Marx Huarocc Ccanto (2014) en su tesis denominanda “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. trata de poder explicar una nueva metodología para la reducción de costos en las operaciones básicas de carguío y acarreo de mineral con un incremento sustancial del nivel de producción para el beneficio de la empresa minera y una disminución de los costos de carguío y transporte. La metodología que se usó para la demostración de la hipótesis fue descriptiva con la evaluación de los indicadores que se fueron evaluando y evaluando las causas que generaban que este indicador posea un elevado índice cuantitativo, con ello se tomaron

las decisiones pertinentes en las operaciones de minado con el objetivo de buscar optimizar y colocar el negocio de las explotaciones mineras en un nivel adecuado de producción.

A nivel local, en Trujillo, Gurreonero Mamani Marcos Weimar (2021), en su tesis titulada “Optimización de tiempos del ciclo de carguío y acarreo en la empresa minera la Arena, Huamachuco - La Libertad” tuvo como objetivo optimizar los tiempos del ciclo de carguío y acarreo en la empresa La Arena, Huamachuco. Así mismo, para el recojo de información se utilizó la técnica de la observación directa, junto al instrumento denominado guía de observación. Se obtuvieron como resultados que el tiempo promedio del ciclo de carguío y acarreo es de 1.30min y 42.22min respectivamente, así mismo, los resultados de los tiempos promedios del MTBS, MTTR, MTBF Y DM fueron de 37.20, 5.77, 42.13 y 86.58% respectivamente, evidenciándose tiempos improductivos. Finalmente, este trabajo permitió concluir que, de acuerdo a la implementación del plan de gestión de mantenimiento, el factor de acoplamiento en el PAD y desmonte mejoró a 1.07 (3.69%) y 1.09 (3.81%) respectivamente durante los meses de julio y agosto. Así mismo, los resultados obtenidos del MTBS, MTTR, MTBF y DM fueron de 46.30, 3.70, 56.87 y 92.60% respectivamente durante el año 2019, notándose la optimización del ciclo de carguío y acarreo.

Por último, Heber De La Cruz Valle (2018), en su informe “Optimización de los ciclos de carguío y acarreo para reducir los costos operativos en una empresa minera” pretende dar a conocer la importancia de reducir los costos operativos utilizando tecnologías de última generación como es el caso de una empresa minera. El objetivo de

esta investigación es reducir los costos y los tiempos en el proceso de carguío y acarreo de reportes aumentando la satisfacción del personal que labora en dicha institución.

Actualmente el sector minero es una de las principales actividades que aporta en gran medida al Producto Bruto Interno, siendo este el representante del 10% del PBI, el 60% de las exportaciones, el 16% de la inversión privada y el 19% de los tributos pagados por empresa (Gestión, 2020)”. Las empresas que desarrollan esta actividad deben de tener en cuenta que una de las partes imprescindibles para el desarrollo de de la extracción minera es el trabajo de carguío y acarreo del material, ya que esta labor conecta a todas las fases del procesos productivo como eslabones de una cadena. Es ahí donde entra a tallar la empresa ELOHIM SAC, puesto que esta presta los servicios de carguío y acarreo de materiales sólidos, la cual ha sido contratada en la Unidad Minera Isabelita.

En cuanto a los servicios que presta la empresa ELOHIM SAC, Aguirre-Jofré & otros (2023), en su artículo “Low-cost internet of things (IoT) for monitoring and optimising mining small-scale trucks and surface mining shovels” describe a la actividad de carguío como el levantamiento y traslado de restos sólidos por maquinaria pesada, desde el punto o lugar de extracción de minerales hasta donde está la maquinaria de acarreo. Esta actividad consta de cuatro etapas, las cuales conforman el ciclo de carguío, siendo la primera el empuje y levante que realiza la maquinaria con el fin de lograr una perforación eficiente y segura. Seguido de la etapa de almacenamiento de los residuos en la pala de la maquinaria, para lo cual pasamos a la etapa del giro, en donde el operario tiene el control sobre la posición de los restos sólidos y deberá centrar la pala hasta el punto de acarreo. La etapa de descarga, como su mismo nombre lo menciona, consta de la liberación de los residuos almacenados por parte del operario en la maquinaria de carga;

para lo cual, el operario debe realizar este trabajo con el máximo cuidado posible con la finalidad de prevenir accidentes por parte de los trabajadores y evitar daños a la maquinaria de carga. Por último en la etapa de retorno, el operario regresa la maquinaria a su posición inicial y la deja operativa para volver a realizar el primer paso.

La presente investigación ha tomado como uno de sus indicadores el tiempo de carguío, el cual no es más que el lapso en el que la maquinaria de carga logra llenar la maquinaria de acarreo para su traslado, por lo que para esto se debe conocer la capacidad de almacenaje con la que cuenta la maquinaria de acarreo, esto con el fin de poder determinar el número de veces en el que se repetirá el ciclo de carguío para el correcto llenado de la maquinaria de acarreo.

Por otro lado, Skoczylas & otros (2023) en su artículo “Identificación de ciclos de acarreo para transporte con ruedas en mina subterránea utilizando redes neuronales” describen a la actividad de acarreo como el traslado de los residuos sólidos desde el punto de carga hasta el punto de ubicación asignado, esta ubicación puede ser la planta de tratamiento y modificación de los residuos ó al cúmulo de escombros, dependiendo el valor económico que presenten estos materiales. El ciclo de acarreo, al igual que el de carguío, consta de cuatro etapas para su realización. La primera etapa es el acopio de residuos sólidos en el volquete o volva, que es la maquinaria que usualmente se utiliza para la actividad de acarreo, por parte de la maquinaria de carguío. En la segunda etapa, dependiendo la utilidad que se le dará al material reservado, pasa a ser trasladado a la planta de transformación o al cúmulo de escombros. Es así que se llega a la tercera etapa, la cual es la de descarga de residuos a los lugares asignados, por lo que la eficiencia de esta fase dependerá de la habilidad del operario que tenga con la maquinaria. Como última

y cuarta etapa está la del retorno de la maquinaria, en donde el operario deberá dejar la maquinaria en óptimas condiciones y volver al punto de carga para repetir el proceso.

Dicho esto, la presente investigación ha tomado como uno de sus indicadores para el desarrollo de esta dimensión al tiempo de acarreo, el cual no es más que el lapso en el que demora el volquete a ser llenado hasta el retorno del mismo, después de haber descargado los residuos en el punto asignado. Se debe tener en cuenta que el tiempo de acarreo dependiera principalmente de la velocidad en que se realice todo el ciclo, por lo que la habilidad de los operarios y las condiciones de las rutas serán de vital importancia si se quiere optimizar este proceso.

Aguirre y otros (2020), en su artículo titulado “La rentabilidad como herramienta para la toma de decisiones: análisis empírico en una empresa industrial”, señalan que la información financiera de una empresa es un documento de vital importancia que determina el rumbo de la misma, puesto que en ella se detallarán todas las transacciones que se realiza con el fin de darle operatividad. La información que se especifica en este documento debe ser transparente, debido a que con esta información la empresa puede tomar decisiones y dar un uso eficiente de sus recursos. En base a ello, uno de los factores en los que más se enfoca la toma de decisiones es la rentabilidad. Puesto que dependiendo del resultado de la misma, se conocerá si la empresa está utilizando los recursos necesarios para obtener un beneficio razonable.

En función a lo anterior, la empresa para poder conocer su rentabilidad deberá evaluar todos los gastos que se realizan para su operatividad, tanto fijos como variables. Dentro de los gastos fijos encontramos: el costo por el arrendamiento del terreno, el coste

por los servicios de agua potable y luz eléctrica, maquinaria, trabajadores, etc. Y dentro de los gastos variables encontramos: el costo del combustible para la maquinaria, el costo de contratación externa, costo de averías, etc. Es por eso que para el desarrollo de esta dimensión, se ha tomado como uno de sus indicadores el porcentaje de costo de operación. Este indicador nos ayudará a conocer si el uso que se les da a los recursos de la empresa está generando un beneficio razonable, por lo que este indicador no es más que la rentabilidad que está obteniendo la empresa.

La correcta y óptima operación de las actividades de la empresa, generan que esta pueda aumentar su productividad y a su vez, provoca que esta pueda elevar sus ingresos. Es por eso que el objetivo principal de las empresas es optimizar su proceso productivo, evitando los conocidos tiempos muertos o de ocio. Garcés y Castrillón (2017), en su artículo titulado “Diseño de una Técnica Inteligente para Identificar y Reducir los Tiempos Muertos en un Sistema de Producción”, conciben que los tiempos muertos están condicionados a una falla, la cual puede ser: mecánica, operaria u operativa. En la falla mecánica, como su mismo nombre lo menciona, hace referencia a un desperfecto mecánico de las máquinas de trabajo. En la falla operaria, los autores hacen referencia a la habilidad que tienen para el puesto que está ejecutando cada trabajador, puesto que la experiencia es un factor muy decisivo. Por último en la falla operativa, los autores hacen alusión a las condiciones del lugar de trabajo, puesto que una variabilidad en el clima o en el terreno retrasaría las operaciones de la empresa.

Debido a los servicios que presta la empresa ELOHIM SAC, esta investigación busca identificar y optimizar los tiempos muertos que se producen en los ciclos de carguío y acarreo. Por ello se ha decidido considerar como uno de los indicadores a tratar, con el

fin de identificar las fallas que se producen en el ciclo de acarreo, el porcentaje de tiempo muerto. Guerra-López y Montes de Oca-Risco (2019), en su artículo titulado “Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería”, señalan que el porcentaje de tiempo muerto es la sumatoria del lapso total en el que ha estado en espera la maquinaria y los errores que se han cometido en el proceso productivo gracias a personal exterior. Por otro lado, para identificar el tiempo muerto de carguío se ha decidido considerar los siguientes indicadores: el porcentaje de utilización del equipo y el porcentaje de disponibilidad del mismo.

Asimismo, para evaluar las fallas que se producen en el ciclo de carguío, se ha tomado como uno de sus indicadores el porcentaje de utilización o aprovechamiento del equipo. Donde los autores mencionados en el párrafo anterior describen a este indicador como la proporción de tiempo real del uso que se le da a la maquinaria de trabajo, para lo cual se le debe descontar el total de los lapsos en donde la maquinaria no está siendo utilizada. Además, otro indicador que se ha considerado para evaluar esta falla es el porcentaje de disponibilidad del equipo, en donde los mismos autores hacen referencia de este como el lapso en el que trabaja la maquinaria sin interrupciones, lo cual quiere decir sin paros o fallas.

Conociendo todos estos indicadores podemos identificar la duración de los tiempos muertos que se producen en el ciclo de carguío y acarreo, y cómo es que afectan a la productividad de la empresa desperdiciando recursos financieros. Por ello la presente investigación tiene como objetivo optimizar el ciclo de carguío y acarreo, con el fin de evitar y reducir tanto los tiempos muertos, como los costos operativos que se realizan para el proceso.

1.1. Formulación del problema

¿De qué manera se puede optimizar el ciclo de acarreo para evitar los tiempos muertos y reducir los costos operativos en la empresa ELOHIM SAC?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Optimizar el ciclo de carguío y acarreo para evitar tiempos muertos y reducir costos operativos en la empresa ELOHIM S.A.C

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de las operaciones del carguío, acarreo.
- Proponer un programa de optimización del ciclo de carguío y acarreo.
- Realizar un análisis costo beneficio del programa.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

La realización de un programa de optimización del ciclo de carguío y acarreo tendrá una tendencia de reducción significativa de los costos operativos de la empresa y a su vez la reducción de los tiempos muertos identificados.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Al realizar el diagnóstico actual permite identificar el estado de las operaciones que ocurren en el ciclo de carguío y acarreo.
- El programa de optimización en el ciclo de carguío y acarreo permite disminuir los costos operativos y también los tiempos muertos que ocurren en dicho ciclo.

- Al realizar el análisis de costo beneficio permite realizar un comparativo del estado anterior y posterior a la implementación de dicho programa.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El presente estudio es de tipo aplicada, pues Ñaupas et al (2018) sostuvo que, son estudios que se basan en deducciones de conocimientos teóricos o investigaciones básicas con la finalidad de resolver un problema de índole social, como, por ejemplo, minería ilegal, legislación laboral, riesgo laboral, retraso operativo, malas prácticas operacionales, entre otros. Bajo esa perspectiva, según su finalidad es aplicada, pues se emplea conocimientos teóricos para la solución al problema de deficiente ciclo de carguío y acarreo por parte de la empresa Elohim S.A.C. en la operación, en el yacimiento minero a fin de reducir los tiempos muertos y reducir los costos operativos que se manejan actualmente.

El nivel de la investigación es explicativo, pues Hernández y Mendoza (2018) sostuvo que, van más allá de la descripción del fenómeno, variables, conceptos o el establecimiento de la relación de las variables del estudio, por lo que se direcciona a la explicación de las causas que ocasionan el problema y las consecuencias de no solucionarlo. Por lo expuesto, se busca explicar el ciclo de carguío y acarreo a fin de identificar las causas que originan los tiempos muertos y los costos operativos de las maquinarias y vehículos que mantiene realizando labores la empresa Elohim en la operación en el yacimiento de la Mina Isabelita

El estudio según su enfoque es cuantitativo. Según Hernández y Mendoza (2018), se basa en la recopilación de información de las variables de estudio a fin de medirlas de manera numérica a través de indicadores a fin de probar las hipótesis y contestar a las interrogantes propuestas durante la investigación, esto quiere decir que se emplea un análisis estadístico descriptivo y/o inferencial para probar las hipótesis y generalizar los resultados obtenidos.

En ese sentido, se emplea mediciones numéricas a través de instrumentos que son las fichas de registro para establecer la reducción del tiempo muerto así como la reducción de los costos operativos generación durante la operación diaria.

El diseño es del tipo pre experimental. Según Ñaupas et al. (2018), son investigaciones que manipulan deliberadamente una variable para evaluar la repercusión o efecto ocasionado en una variable de tipo dependiente. Ante ello, se propone realizar mejoras a fin de optimizar el ciclo de carguío y acarreo para generar un efecto en el tiempo muerto y costo operativo de las maquinarias y vehículos de transporte de la empresa Elohim S.A.C. durante su operación en el yacimiento de la unidad minera ubicado en Huamachuco. Asimismo, por la temporalidad es longitudinal al realizar la medición de los indicadores en dos tiempos diferentes.

Grupo	Asignación	Pre-Prueba	Tratamiento	Post-Prueba
GE		O1	X	O2

Donde:

GE: Grupo de estudio

O1: Pre Prueba (Mostraremos indicadores antes de la mejora)

O2: Post Prueba (Mostraremos indicadores después de la mejora)

Por lo expuesto, la finalidad de la investigación es la mejora del ciclo de carguío y acarreo de la maquinaria y vehículos de transporte de la empresa Elohim S.A.C. a fin de evaluar si logra reducir los tiempos muertos y generar un menor costo operativo durante su operación en el yacimiento de la Minera Isabelita en el periodo 2022-2023.

La población es definida como un conjunto de procesos, información, objetos, personas, entre otros que presentan características en común, por tanto, se asocian como unidad de estudio (Ñaupas et al., 2018). En ese sentido, a través de criterios de inclusión y exclusión se determina a la población del presente estudio.

Criterios de inclusión

- Los equipos de carguío y acarreo de la empresa Elohim S.A.C. trabajaron en el periodo 2022 - 2023 en el yacimiento de la Unidad Minera Isabelita
- La información generada en reportes de trabajo durante el ciclo de carguío y acarreo de las maquinarias y vehículos de transporte que la empresa Elohim S.A.C. mantiene trabajando en el yacimiento de la Unidad Minera Isabelita.

Criterios de exclusión

- Las maquinarias y vehículos de transporte que la empresa Elohim S.A.C. no realizaron operaciones en el periodo 2022 - 2023 en el yacimiento de la Unidad Minera Isabelita.
- Las maquinarias y vehículos de transporte que la empresa Elohim S.A.C. que realizaron operaciones en el periodo 2022 - 2023 en el yacimiento de la Unidad Minera Isabelita, pero que nos encontraron operativas o fueron dados de baja por deficiente desempeño.
- La información generada en los reportes de trabajo de la empresa Elohim S.A.C. que no se relacione con los tiempos, velocidades, costos operativos por la operación en el yacimiento de la Unidad Minera Isabelita.

Al respecto, la población la conforma la información generada por 1 excavadora y 10 vehículos de transporte de minerales que forman parte del ciclo de carguío y acarreo en el yacimiento de la Unidad Minera Isabelita. A continuación, se especifica las series de la población:

Tabla 1

Población del estudio

N°	Serie	Tipo
1	390 FL-02	Excavadora
2	VOL-924	Volquete fmx cap. 36 Ton
3	VOL-927	Volquete fmx cap. 36 Ton
4	VOL-929	Volquete fmx cap. 36 Ton
5	VOL-931	Volquete fmx cap. 36 Ton
6	VOL-932	Volquete fmx cap. 36 Ton
7	VOL-933	Volquete fmx cap. 36 Ton
8	VOL-934	Volquete fmx cap. 36 Ton
9	VOL-938	Volquete fmx cap. 36 Ton
10	VOL-939	Volquete fmx cap. 36 Ton
11	VOL-940	Volquete fmx cap. 36 Ton
12	VOL-942	Volquete fmx cap. 36 Ton
13	VOL-945	Volquete fmx cap. 36 Ton

Nota: Maquinarias y vehículos de transporte de minerales que conforman la población del estudio

La muestra es definida como el conjunto representativo que mantiene los rasgos en común que la mantiene asociado como población (Ñaupas et al., 2018). Por lo expuesto, la muestra está conformada por 12 volquetes para el acarreo y 1 excavadora para el carguío.

La muestra es no probabilística, pues él investigador mediante criterios determinó la muestra que se trabajara en el presente estudio. Asimismo, la unidad de análisis son las maquinarias y volquetes que intervienen en el ciclo de carguío y acarreo.

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para la recolección de información antes y después de la optimización del ciclo de carguío y acarreo, se emplean técnicas e instrumentos para la recolección de información.

Técnicas de análisis de datos

Análisis documental: Mediante la presente técnica se examinan datos e información que se almacena en la base de datos de la empresa Elohim S.A.C. así como información relacionada al proceso de carguío y acarreo como son, reporte de rutas, costo de operación, parámetros de trabajo en el acarreo del mineral.

Observación directa: Mediante la presente técnica se recoge información relacionada al tiempo del ciclo de acarreo mediante el apoyo de un horómetro que facilite medir la velocidad y tiempo de cada volquete durante su jornada de trabajo.

Instrumentos utilizados en la recolección de datos

A continuación, se presentan los instrumentos a utilizar para la medición de los indicadores.

Ficha de registro: Una ficha de registro permite el registro de información de forma organizada y sistematizada, por lo que mediante la siguiente técnica se plantea evaluar el control de labores de equipos de carguío y acarreo, y una ficha resumen de los costos operativos durante el ciclo de carguío y acarreo en el yacimiento minero.

Tabla 2

Población del estudio

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnica de recojo de datos	Instrumento de recojo de datos	Fuente de verificación
Tiempos muertos y costos operativos	Tiempo muerto	% Utilización del equipo	Observación directa	Control de labores de equipos de acarreo	Proceso de carguío
		% Disponibilidad del equipo			
	Costo de operación	% de tiempo muerto	Observación directa	Control de labores de equipos de acarreo	Proceso de acarreo
		% de costo de operación			

Nota: Tabla que representa la técnica con su respectivo instrumento.

Por otro lado, durante la ejecución del proyecto se consideró también los siguientes instrumentos para garantizar el éxito del proyecto:

De fuentes informes, manuales, normas, publicaciones.

De instrumentos de software Microsoft Office y AutoCAD.

De instrumentos de laboratorio son los reportes obtenidos por los especialistas de mantenimiento.

Técnicas de análisis de datos

Los datos obtenidos de los instrumentos de recolección de información se organizan en formatos digitales de Microsoft Excel para luego ser analizados en el programa IBM SPSS Estatistics 26 a fin de obtener la estadística descriptiva e inferencial. Respecto a la estadística descriptiva, permite generar tendencias, promedios, desviaciones, entre otros

parámetros para interpretar los resultados. Por otro lado, mediante la estadística inferencial se verifica la optimización del ciclo de carguío y acarreo.

Procedimiento

Se realizará un estudio de campo para obtener la causa del problema e identificar las mejoras con el fin de mitigar los efectos del problema, para ello se obtuvo el consentimiento del contratista y la empresa minera así como el consentimiento de los involucrados para la recopilación de información.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Diagnóstico situacional de las operaciones del carguío y acarreo

Actualmente, el Perú es uno de los principales productores de minerales como son el estaño, zinc, cobre, oro, plata, entre otros que se encuentran generalmente en la cordillera de los Andes. Por tal motivo, diversas empresas del sector minero realizan importantes inversiones a fin de realizar la explotación minera, siendo una de las ubicaciones privilegiadas el yacimiento minero ubicado en Huamachuco en el departamento de La Libertad.

En el yacimiento descrito, opera la Unidad Minera Isabelita que para garantizar su programa de extracción establecida, considera necesario realizar las contrataciones de maquinaria para el carguío y volquetes para el acarreo, siendo una de las empresas proveedoras para el carguío y acarreo la empresa ELOHIM S.A.C. que ha venido operando en la zona y es bien recibida por el área de contrataciones de la unidad minera que reconoce los servicios brindados por la empresa contratista desde el inicio de las operaciones.

Sin embargo, en los últimos meses los equipos de carguío de flujo continuo que realizan la labor de carga del mineral hacia un vehículo de transporte presentan un tiempo promedio superior que ocasiona pérdidas operacionales a comparación de otros equipos con similares características, lo que genera mayores costos en el proceso de extracción al encontrarse involucrados una gran cantidad de equipos. De igual manera, con los volquetes que maneja la empresa dentro de la concesión de la unidad minera se ha venido reportando quejas por parte del encargado de la planificación, pues en promedio los 12 volquetes que vienen operando cuentan con mayor tiempo en el ciclo de acarreo a comparación de otros

volquetes que tienen la misma capacidad pero son de años de fabricación inferior que los volquetes de la empresa ELOHIM S.A.C.

Por ello, se identifico los tiempos muertos que se consideraron para el proceso de acarreo y carguío, siendo presentado a continuación las consideraciones para identificar las causas y su respectiva clasificación según el intervalo de paradas.

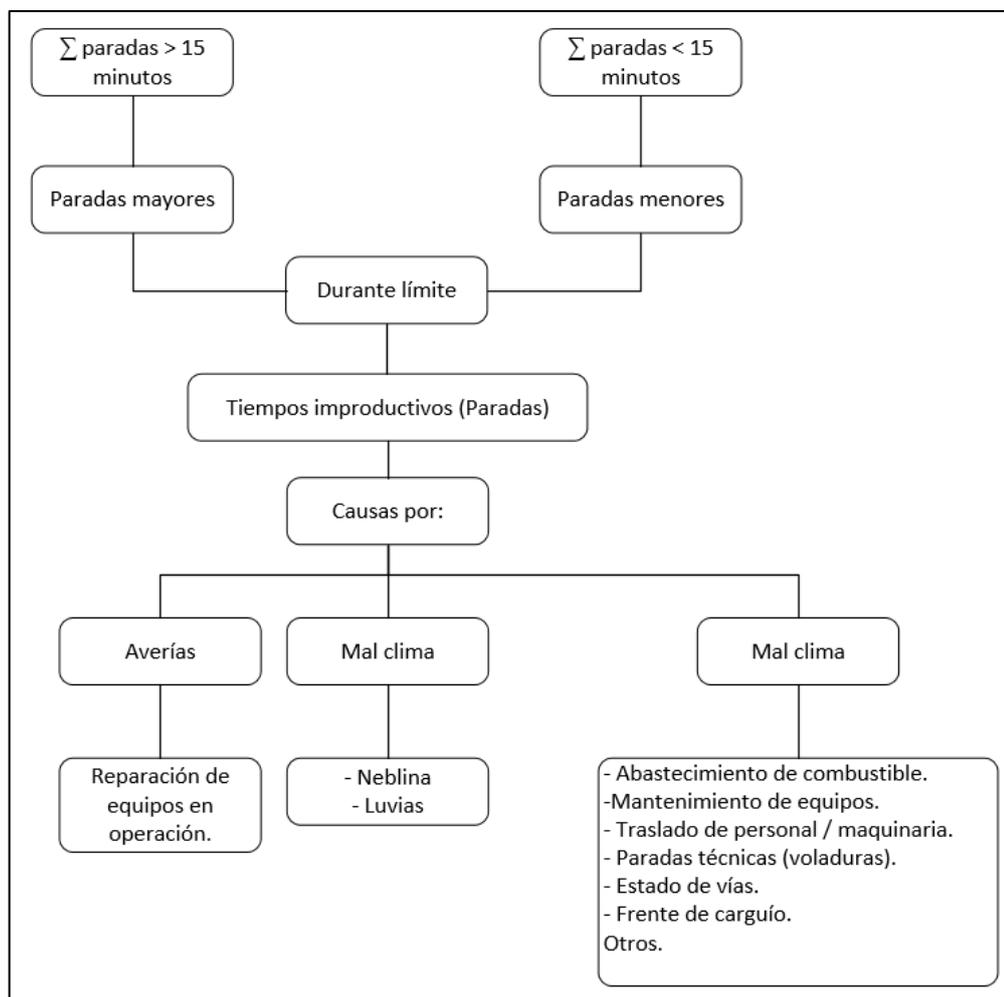


Figura 1. Distribución de los tiempos improductivos. Tomado de Calua (2019)

Para identificar las causas que genera un deficiente carguío y acarreo en la unidad minera, se realizó una serie de coordinaciones que permitan identificar el origen del

problema, siendo para ello la programación de dos reuniones que se describen a continuación:

En la primera reunión se conversó con los jefes de distintas áreas de la empresa Elohim S.A.C. y los representantes de las operaciones de la unidad minera en estudio, por lo que se tomó la decisión de utilizar un Diagrama de Ishikawa y Diagrama de Pareto para establecer un punto de partida en la identificación del problema.

En una siguiente reunión, se reunió con el personal interesado en la solución del problema que son los jefes de distintas áreas y el personal involucrado, para recepcionar las distintas ideas se utilizó la técnica de Tormenta de Ideas con la finalidad de establecer las causas de un deficiente ciclo de carguío y acarreo que influye en los tiempos muertos y un elevado costo operativo, por lo que registrado las causas de los participantes se procedió a identificar las mas resaltantes en un Diagrama de Ishikawa.

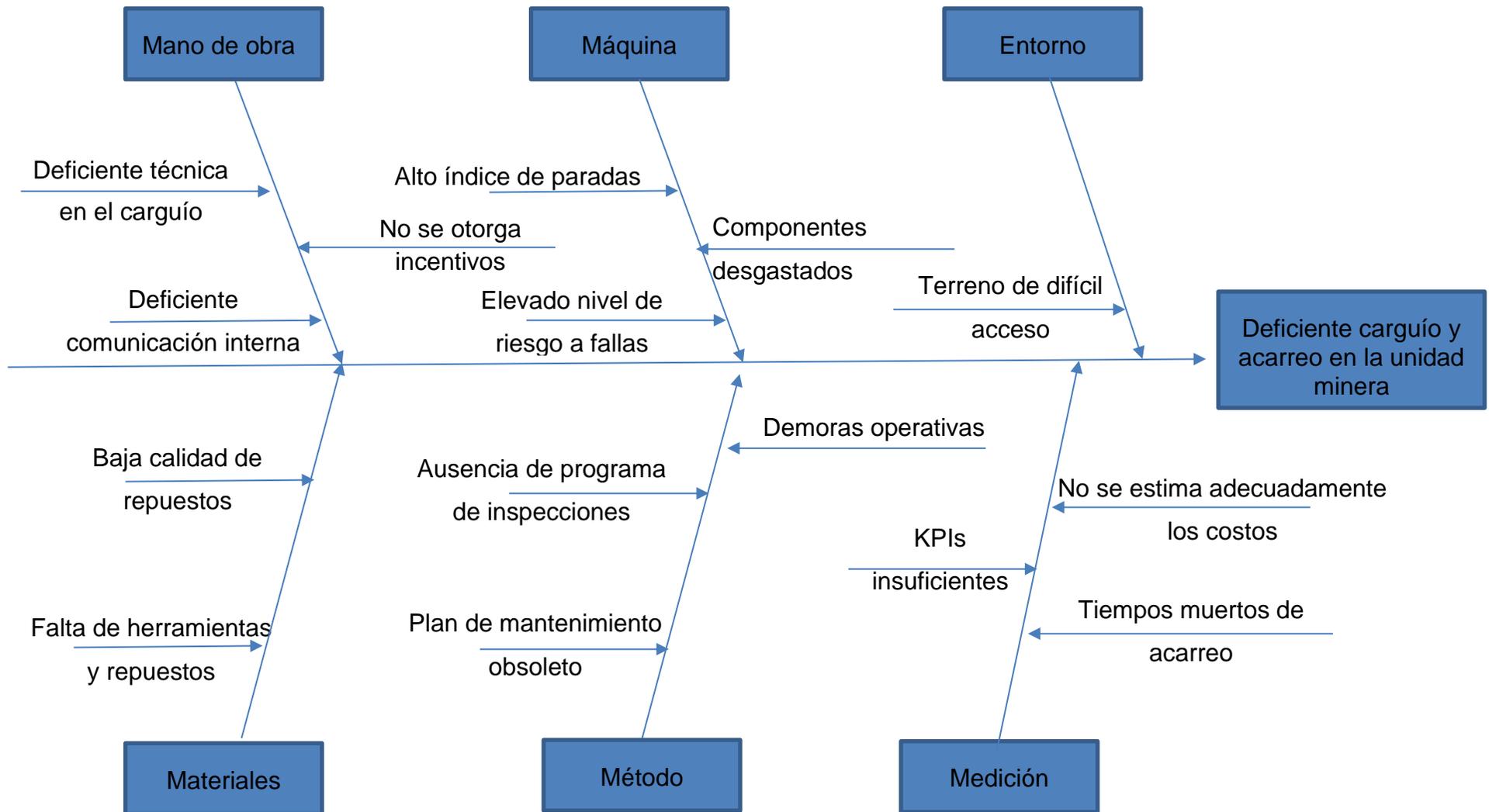


Figura 2. Diagrama de Ishikawa. Se visualiza las causas del problema deficiente carguío y acarreo en la munidad minera.

Las causas obtenidas en la figura 2, se identificaron en conjunto entre el jefe de operaciones, el supervisor de operaciones, el supervisor de mantenimiento y el administrador, pues en el ciclo de carguío y acarreo indirectamente intervienen otras áreas. Posteriormente, se procedió a codificar y tabular las causas de la Matriz de Ishikawa:

Tabla 3

Lista de causas

CÓD.	Listado de posibles causas
C1	Deficiente técnica en el carguío
C2	Deficiente comunicación interna
C3	No se otorga incentivos
C4	Alto índice de paradas
C5	Elevado nivel de riesgo a fallas
C6	Demoras operativas
C7	Componentes desgastados
C8	Terreno de difícil acceso
C9	Baja calidad de repuestos
C10	Falta de herramientas y repuestos
C11	Ausencia de programa de inspecciones
C12	Plan de mantenimiento obsoleto
C13	KPIs insuficientes
C14	No se estima adecuadamente los costos
C15	Tiempos muertos de acarreo

Nota: Tabla muestra la codificación de las causas expuestas en la Matriz de Ishikawa

Codificado las causas del deficiente carguío y acarreo en la unidad minera, se procede a realizar una Matriz de Correlación con la finalidad de realizar una asociación no causal entre las causas expuestas, si los cambios de una variable corresponden a los cambios en la

otra; por consiguiente, las causas muestran un nivel de relación según lo que indica como:
fuerte=5, media =3, débil =1, y no hay correlación =0.

Tabla 4

Matriz de correlación

N°	Causa	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	Puntaje	Ponderado
C1	Deficiente técnica en el carguío	C1	3	3	5	5	5	5	3	5	3	6	5	5	3	5	61	20.82%
C2	Deficiente comunicación interna	C2	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	5	1.71%
C3	No se otorga incentivos	C3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	1.02%
C4	Alto índice de paradas	C4	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	9	3.07%
C5	Elevado nivel de riesgo a fallas	C5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	5	1.71%
C6	Demoras operativas	C6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	66	22.53%
C7	Componentes desgastados	C7	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4	1.37%
C8	Terreno de difícil acceso	C8	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	6	2.05%
C9	Baja calidad de repuestos	C9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	4	1.37%
C10	Falta de herramientas y repuestos	C10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	5	1.71%
C11	Ausencia de programa de inspecciones	C11	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8	2.73%
C12	Plan de mantenimiento obsoleto	C12	5	5	1	5	5	1	5	3	5	3	5	3	1	3	50	17.06%
C13	KPIs insuficientes	C13	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	7	2.39%
C14	No se estima adecuadamente los costos	C14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0.68%
C15	Tiempos muertos de acarreo	C15	5	5	5	1	5	5	3	3	3	5	5	5	5	3	58	19.80%
Total																	293	100.00%

Nota: Tabla muestra la correlación que presenta una causa sobre las otras

A continuación, se muestra el acumulado de las causas

Tabla 5

Ponderado de las causas

N°	Causa	Frecuencia	Frecuencia (%)	Frecuencia acumulada (%)
C6	Demoras operativas	66	22.53%	22.53%
C1	Deficiente técnica en el carguío	61	20.82%	43.34%
C15	Tiempos muertos de acarreo	58	19.80%	63.14%
C12	Plan de mantenimiento obsoleto	50	17.06%	80.20%
C4	Alto índice de paradas	9	3.07%	83.28%
C11	Ausencia de programa de inspecciones	8	2.73%	86.01%
C13	KPIs insuficientes	7	2.39%	88.40%
C8	Terreno de difícil acceso	6	2.05%	90.44%
C2	Deficiente comunicación interna	5	1.71%	92.15%
C5	Elevado nivel de riesgo a fallas	5	1.71%	93.86%
C10	Falta de herramientas y repuestos	5	1.71%	95.56%
C7	Componentes desgastados	4	1.37%	96.93%
C10	Baja calidad de repuestos	4	1.37%	98.29%
C3	No se otorga incentivos	3	1.02%	99.32%
C14	No se estima adecuadamente los costos	2	0.68%	100.00%
Total		293	100.00%	

Nota: Tabla muestra el acumulado el % acumulado al ir sumando cada % ponderado descendente

Por consiguiente, se presenta el diseño del diagrama de Pareto con los resultados obtenidos, de tal forma se identificaron el 80% de causas que conlleva al deficiente carguío y acarreo en la unidad minera:

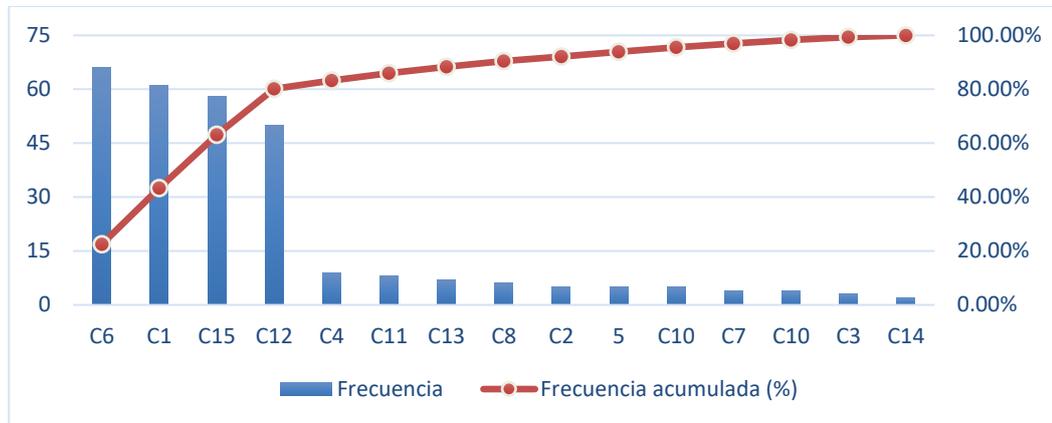


Figura 3. Diagrama de Pareto

De acuerdo a la tabla 5 y figura 3, se puede interpretar que la erradicación del 20% de las causas que generan el 80% que genera del problema, permitirá una reducción considerable del deficiente ciclo de carguío y acarreo en la unidad minera. Por lo tanto, el presente estudio abarca las excavadoras (equipo carguío) y los volquetes para el acarreo que se encuentran vinculados de manera directa en la operación de la empresa así como se describieron dentro de la población del estudio. A continuación, se presenta las causas principales y la respectiva propuesta de mejora para mitigar sus efectos:

Tabla 6

Causas – Propuestas de mejoras

Causas principales	Propuesta de mejora	
	Técnica	Detalle
Demoras operativas	Plan de solución	Se propone acciones para reducir el tiempo de las demoras operativas
Deficiente técnica en el carguío	Capacitación	Plan de capacitación para el carguío
Tiempos muertos de acarreo	Capacitación	Plan de capacitación para el acarreo
Plan de mantenimiento obsoleto	Mantenimiento	Establecer un plan de gestión de mantenimiento para equipos de carguío y acarreo

Nota: Tabla muestra el detalle de las causas a realizar para la solución de cada causa

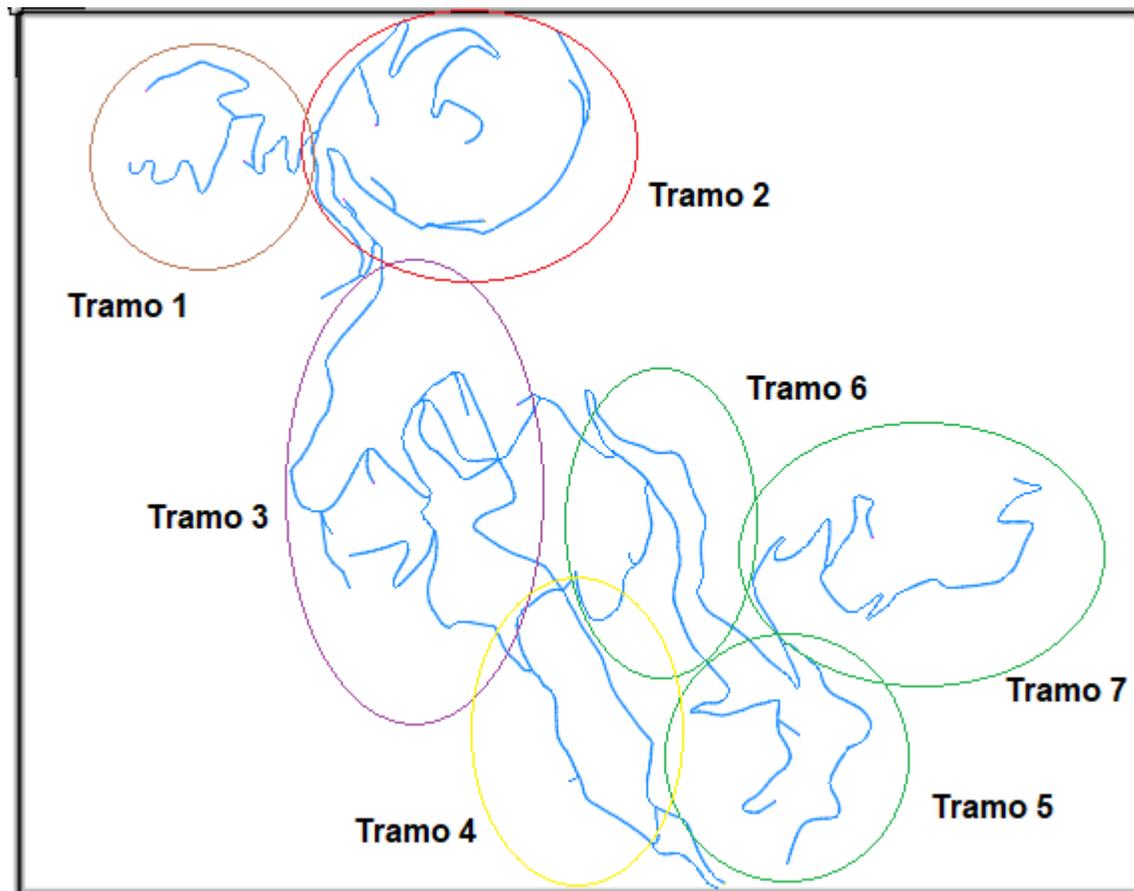


Figura 4. Mapa de la ruta de carguío y distintas rutas del yacimiento de la unidad minera. Tomado de la minera en estudio

A continuación, se realiza la descripción de cada tramo expuesto en la figura anterior:

Tramo 1: El tramo 1 muestra el área destinada para el desmonte cerrado, es decir, se llega al límite de su capacidad, por tanto, es necesario destinar otra zona para el traslado del desmonte que se origina durante la actividad de extracción.

Tramo 2: El tramo 2 muestra el área actual donde se realiza la actividad extractiva de minerales.

Tramo 3: El tramo 3 muestra el área destinada para botadero de desmonte, la cual permite la recepción del material que se origina de la actividad de extracción.

Tramo 4: El tramo 4 muestra el área actual en la que también se realiza actividades de desbroce de material inorgánico para ampliación de botadero

Tramo 5, 6 y 7: En el tramo 5, 6 y 7 se realiza la ampliación para la extracción en nuevas fases.

Presentación de los indicadores de la situación actual

Los tiempos en el ciclo de carguío se recolectaron de manera manual mediante una ficha de registro, por lo que se redactó los tiempos de espera en cada pase de llenado de tolva de los equipos mineros a los que realizaba el equipo de carguío.

Tabla 7

Tiempos promedios del ciclo de carguío del mes de diciembre 2022

Días	Espera	Pase 1	Pase 2	Pase 3	Pase 4	Total (s)
1	5	12	13	11	12	53
2	8	16	11	15	13	63
3	7	12	14	13	13	59
4	6	15	11	15	15	62
5	5	12	13	14	11	55
6	7	11	13	16	15	62
7	6	14	11	15	12	58
8	8	11	16	16	12	63
9	6	16	13	11	11	57
10	6	12	16	15	15	64
11	7	14	11	14	14	60
12	6	14	13	14	16	63
13	7	14	14	16	13	64
14	5	16	11	15	15	62
15	6	11	12	14	12	55
16	7	11	13	11	13	55
17	8	14	15	13	16	66
18	5	11	11	12	14	53
19	6	12	13	14	14	59
20	5	11	12	11	13	52
21	5	14	14	16	15	64
22	7	12	16	14	11	60
23	8	15	15	14	14	66
24	7	14	13	14	16	64
25	6	15	14	15	15	65
26	5	15	12	16	11	59
27	4	15	13	14	14	60
28	5	14	16	16	15	66
29	6	15	11	11	13	56
30	5	16	14	14	15	64
Prom.	6.13	13.47	13.13	13.97	13.60	60.30

Nota: Tabla muestra el promedio de los ciclos de carguío en diciembre 2022

En la tabla anterior, se muestra los promedios obtenidos del ciclo de carguío del mes de diciembre del 2022, siendo el promedio 60.3 segundos, lo que equivale a 1.3 minutos, el mínimo es 52 segundos, el máximo es 64 segundos y el promedio de tiempo de espera fue de 6.13 segundos.

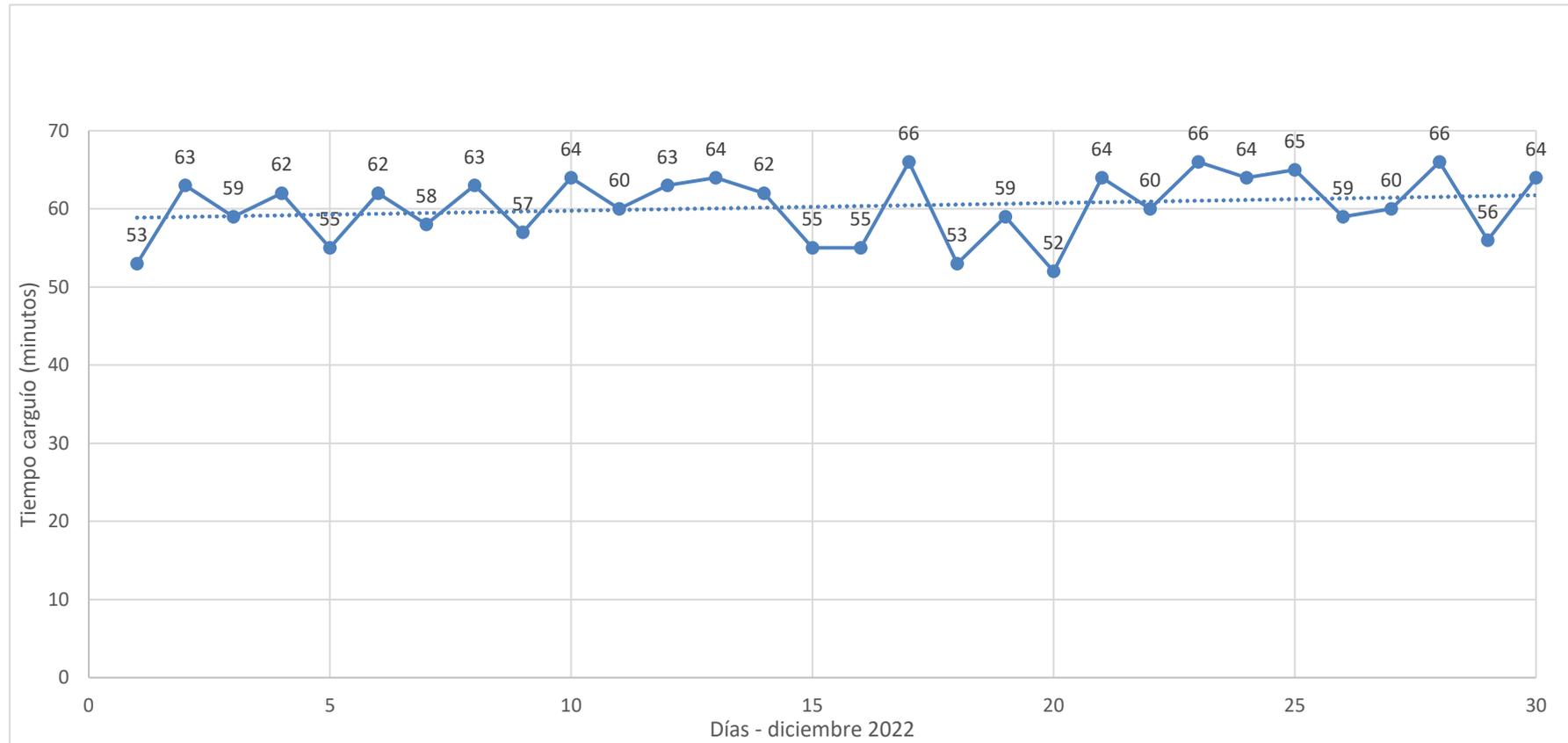


Figura 5. Tiempos del ciclo de carguío del mes de diciembre 2022. Figura muestra el promedio de los ciclos de carguío en diciembre 2022

Tabla 8

Tiempos promedios del ciclo de carguío del mes de enero 2023

Días	Espera	Pase 1	Pase 2	Pase 3	Pase 4	Total (s)
1	6	16	16	16	12	66
2	5	15	13	12	11	56
3	7	14	16	16	14	67
4	8	14	11	11	15	59
5	5	12	11	11	11	50
6	5	12	15	15	11	58
7	6	12	11	12	13	54
8	7	11	16	15	15	64
9	8	12	15	15	14	64
10	5	14	15	14	15	63
11	7	11	14	16	14	62
12	7	13	13	13	11	57
13	8	12	12	13	14	59
14	6	14	11	15	12	58
15	6	14	11	16	16	63
16	5	14	14	14	14	61
17	7	16	16	12	13	64
18	8	14	13	14	14	63
19	8	11	14	12	15	60
20	7	12	12	15	15	61
21	8	13	15	14	11	61
22	5	16	12	14	11	58
23	6	16	16	15	13	66
24	5	11	15	16	12	59
25	7	16	12	14	16	65
26	8	13	15	14	11	61
27	6	14	15	14	11	60
28	8	15	13	16	12	64
29	7	12	14	16	11	60
30	6	15	14	11	11	57
Prom.	6.57	13.47	13.67	14.03	12.93	60.67

Nota: Tabla muestra el promedio de los ciclos de carguío en enero 2023

En la tabla anterior, se muestra los promedios obtenidos del ciclo de carguío del mes de enero del 2023, siendo el promedio 60.67 segundos, lo que equivale a 1.01 minutos, el

mínimo es 50 segundos, el máximo es 67 segundos y el promedio de tiempo de espera fue de 6.57 segundos.

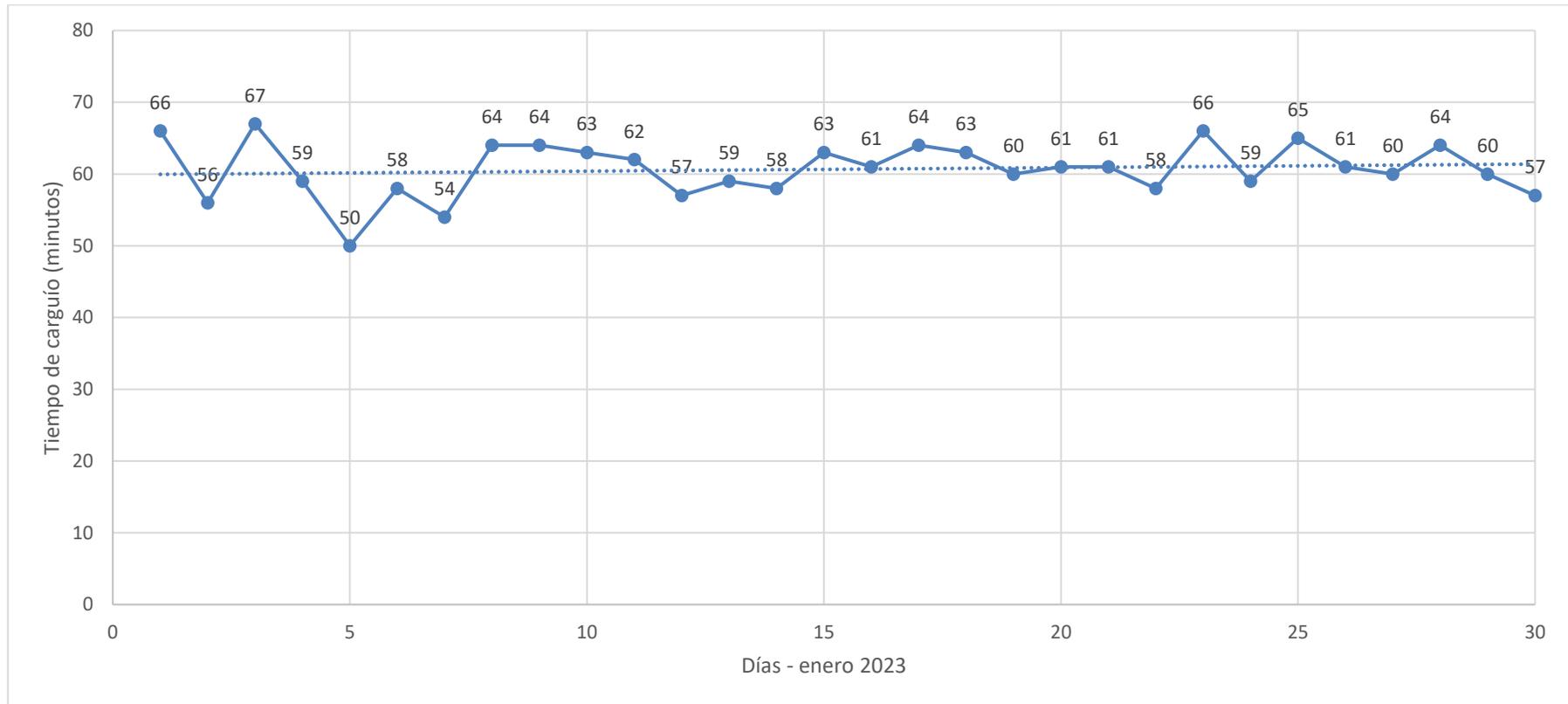


Figura 6. Tiempos del ciclo de carguío del mes de enero 2023. Se muestra el promedio de los ciclos de carguío en enero 2023

Como se observa en las tablas anteriores, se muestra tiempos improductivos o muertos que son 6.13s y 6.57s respectivamente, por lo que los tiempos netamente de producción en el carguío de la excavadora en el mes de diciembre del 2022 fue de 60.3s y en enero del 2023 de 60.67s, lo que evidencia que hay un mínimo tiempo de tiempo desperdiciado por cada ciclo en el que el camión espera que la excavadora realice el llenado.

En la tabla 9 se presenta el tiempo de transporte realizado por el volquete de código VOL_927 durante una actividad rutinaria en la unidad minera. Su función consiste en transportar desmorte desde el frente hasta la zona de botadero. Durante esta operación, el volquete tuvo un tiempo operativo de 03:39:30 de un total de 04:00:00, realizando un total de 9 viajes.

Tabla 9

Descripción del tiempo de acarreo del banco 3300 al botadero en el turno noche

Origen	Banco 3300	Destino	Botadero
Material	Desmorte	Hr. Arreglo de Frente	3.5 km
N° Volquete	VOL_927	Hrs. Operativas	03:39:30
Operador	Sin especificar	Hr. Disponible	04:00:00
Capac. Exc.	No indica	Capac. Volq.	36 ton

Nota: Ciclo de acarreo del volquete VOL_927 tomado en el turno noche

Para un mayor detalle de lo evidenciado, se muestra a continuación el tiempo de cada viaje realizado en el turno noche de 4 horas.

Tabla 10

Detalle del tiempo de acarreo del banco 3300 al botadero en el turno noche

EXC.	INICIO DE		DESCARGA		HORA DE		POSICIONAMIENTO		TIEMPOS DE (min)					DEMORAS (min)	TIEMPO CICLO (mín)	OBS.	
	CARGUÍO	TRASLADO	LLEGADA	INICIO	RETORNO	LLEGADA	INICIO	FIN	CARGUÍO	TRASLADO	CUADRE	DESCARGA	REGRESO				POS.
390FL_02SS	20:16:35	20:17:41	20:28:33	20:28:54	20:29:38	20:37:49	20:38:21	20:38:53	00:01:06	00:10:52	00:00:21	00:00:44	00:08:11	00:00:32	00:05:05	00:26:51	Ninguna
390FL_02SS	20:39:53	20:40:49	20:52:12	20:52:32	20:53:37	21:02:01	21:02:32	21:03:03	00:00:56	00:11:23	00:00:20	00:01:05	00:08:24	00:00:31	00:00:39	00:23:18	Ninguna
390FL_02SS	21:04:14	21:05:21	21:16:11	21:16:47	21:17:42	21:26:05	21:26:37	21:27:09	00:01:07	00:10:50	00:00:36	00:00:54	00:08:23	00:00:32	00:01:58	00:24:21	Ninguna
390FL_02SS	21:27:38	21:28:37	21:39:43	21:40:14	21:41:14	21:49:33	21:50:07	21:50:41	00:00:59	00:11:06	00:00:31	00:01:00	00:08:19	00:00:34	00:00:55	00:23:24	Ninguna
390FL_02SS	21:51:25	21:52:15	22:03:51	22:04:15	22:05:12	22:13:35	22:14:10	22:14:45	00:00:50	00:11:36	00:00:24	00:00:57	00:08:23	00:00:35	00:01:02	00:23:47	Ninguna
390FL_02SS	22:16:07	22:17:05	22:28:28	22:28:53	22:29:51	22:38:13	22:38:47	22:39:21	00:00:58	00:11:23	00:00:25	00:00:58	00:08:22	00:00:34	00:02:02	00:24:42	Ninguna
390FL_02SS	22:40:27	22:41:21	22:52:36	22:53:00	22:54:01	23:02:22	23:02:55	23:03:28	00:00:54	00:11:15	00:00:24	00:01:01	00:08:21	00:00:33	00:01:52	00:24:20	Ninguna
390FL_02SS	23:04:02	23:05:06	23:16:05	23:16:28	23:17:25	23:25:47	23:26:18	23:26:49	00:01:04	00:10:59	00:00:23	00:00:57	00:08:22	00:00:31	00:01:19	00:23:35	Ninguna
390FL_02SS	23:29:14	23:30:18	23:41:16	23:41:40	23:42:39	23:50:54	23:51:28	23:52:02	00:01:04	00:10:58	00:00:25	00:00:59	00:08:15	00:00:34	00:02:58	00:25:12	Ninguna

Nota: Ciclo de acarreo del volquete VOL_927 tomado en el turno noche

En la tabla 10, se presentan los resultados del monitoreo de campo realizado al volquete VOL_927, donde se observan variaciones en el ciclo de acarreo y demoras de la excavadora, evidenciando la necesidad de estandarizar los tiempos para lograr ciclos más uniformes.

Además, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la información de operación proporcionada por la empresa ELOHIM S.A.C. para el yacimiento de la unidad minera. A través de check list, registros almacenados y reportes de operación, se pudo determinar que el horario de ingreso es a las 6:30 am/pm, el chispeo inicia a las 6:15 am/pm y la salida se realiza a las 6:00 am/pm.

Tabla 11

Promedio de horas registradas en enero 2023

Cód.	Hrs. Prog.	Hrm. Inicial.	Hrm. Final	Hrs. Op.	Insp. Engrase	Mtto. Prev.	Mtto. Corr.	Hrs. Falla
390 FL-02	475.00	9301.1	9783.7	401.08	8.6	22.2	34.4	11.1
390 FL-03	507.27	8264.9	8772.5	491.10	8.8	19.5	31.5	13.3
VOL_927	521.77	10857.38	11381.31	384.89	8.6	19.3	36.9	11.3
VOL_932	408.76	10061.36	10479.04	316.06	7.2	25.6	35.6	11.3
VOL_942	518.10	11808.55	12339.11	401.42	7.9	21.3	37.3	11.7
VOL_945	316.06	4872.51	5201.05	225.58	8.8	21.2	33.4	13.7
VOL_945	460.03	9440.32	9911.30	344.06	7.5	25.2	34.3	12.8
Promedio	458.14	9229.4	9695.4	366.3	8.2	22.0	34.8	12.2

Nota: Tabla muestra el promedio de horas de operación en enero 2023

La disponibilidad de los equipos se calcula de la siguiente manera:

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo Total Programado (TTP)} - \text{Tiempo de Mantenimiento (TM)}}{\text{Tiempo Total Programado (TTP)}}$$

Ecuación 1. Disponibilidad

Despejando los valores de la tabla anterior se obtiene lo siguiente:

- Tiempo Total Programado (TTP) = 458.14 hrs
- $TM = \text{Insp. Engrase} + \text{Mtto. Prev.} + \text{Mtto. Corr.} + \text{Hrs. Falla}$

$$TM = 8.2 + 22 + 34.8 + 12.2 = 77.2 \text{ hrs}$$

Reemplazando el Tiempo de Mantenimiento en la Disponibilidad se obtiene:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{458.14 - 77.2}{458.14} * 100\% = 83.15\%$$

La utilización se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Utilización (UA)} = \frac{\text{Tiempo Neto de Operación (TNO)}}{\text{Tiempo Total Programado (TTP)} - \text{Tiempo de Mantenimiento (MP)}}$$

Ecuación 2. Utilización

Donde:

- Tiempo Neto de Operación (TNO) = Hrs. Op. = 366.3 hrs
- Tiempo Total Programado (TTP) = 458.14 Hrs
- Tiempo de Mantenimiento (TM) = 34.8 + 12.2 = 46.9 hrs

$$\text{Utilización (UA)} = \frac{366.3}{458.14 - 46.9}$$

$$\text{Utilización (UA)} = 72.53\%$$

Una vez conocida la situación actual de los indicadores y obtenido las causas del deficiente carguío y acarreo de los vehículos de la empresa ELOHIM S.A.C. sobre el yacimiento de la unidad minera, se realizó la identificación de las causas que ocasionan la demora.

Además, durante el mes en el que se realizó el análisis, se llevó a cabo un estudio exhaustivo de los costos operativos. En esta muestra del estudio, se identificaron tanto los costos fijos como los costos variables, como se muestra a continuación:

Tabla 12

Cálculo de costos operativos en excavadores enero – 2023

Descripción	Costo unitario anual	Total de maquinas
Carguío		
Número de máquinas		1
Costos fijos		
Salarios, beneficios	S/4,500.00	S/4,500.00
Costos variables		
Costo lubricantes	S/850.00	S/850.00
Mantenimiento	S/920.00	S/920.00
Costo de operación total	S/6,270.00	S/6,270.00
Acarreo		
Número de máquinas		12
Costos fijos		
Salarios, beneficios	S/3,800.00	S/45,600.00
Costos variables		
Costo lubricantes	S/1,275.00	S/15,300.00
Mantenimiento	S/1,380.00	S/16,560.00
Costo operación acarreo	S/2,655.00	S/31,860.00
Total		S/83,730.00

Nota: Tabla muestra el promedio de horas de operación en enero 2023

Como se evidencia en la tabla 12, se presenta un total de S/6,270.00 que se incurre como gasto operativo durante enero del 2023 en las excavadoras en estudio, mientras que en el acarreo la suma es de S/31,860.00, esto equivale en un gasto operativo conjunto de S/83,730.00 en los gastos operativos.

3.2. Programa de optimización del ciclo de carguío y acarreo

3.1.1. Soluciones propuestas para demoras operativas

Se ha identificado como causa a las demoras operativas en las operaciones del personal en la unidad minera. Sin embargo, para identificar las causas reales del problema se realizó una lista de las causas a fin de establecer las causas del problema en estudio, puesto

que las demoras operativas conciernen a las actividades que realizan los operadores de equipos y demoras que se relacionan a la limpieza de mineral durante el uso de los vehículos de carguío.

Tabla 13

Causas del problema demoras operativas

Problema	Causas
Demoras operativas	Abastecimiento de combustible
	Llenado de reporte del día
	Lavado del equipo
	Coordinación con supervisión
	Cola en la descarga
	Cola en frente del carguío
	Cambio de guardia
	Espera de estabilización de la roca
	Haul road en mal estado
	Horarios de refrigerio y movilidad
Traslado del operador a las zonas de operación	

Nota: Se muestra las causas del problema demoras operativas

Para identificar la solución a las causas y mitigar el efecto, se empleó la Matriz de Vester, que es una herramienta que permite analizar el problema, y determinar que mejora es la requerida según las causas. Por lo tanto, se realiza la matriz y el enfrentamiento si influye o no respectivamente en cada variable, asignado el valor de 1 si influye y 0 no influye; se procede a realizar la sumatoria de influencias activas y dependencias pasivas. Esto se aplica el problema demoras operativas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14

Matriz de Vester de demoras operativas

Código	Cusas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	Influencia/ activas
P1	Abastecimiento de combustible	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	4
P2	Llenado de reporte del día	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3
P3	Lavado del equipo	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	6
P4	Coordinación con supervisión	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	9
P5	Cola en la descarga	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	7
P6	Cola en frente del carguío	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	8
P7	Cambio de guardia	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
P8	Espera de estabilización de la roca	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	6
P9	Haul road en mal estado	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	8
P10	Horarios de refrigerio y movilidad	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	5
P11	Traslado del operador a las zonas de operación	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8
Dependencia/pasivas		6	5	9	8	5	5	3	10	7	3	10	

Nota: Se muestra la relación de 1 y 0 entre las distintas causas

Después de haber completado la matriz para determinar si cada enfrentamiento tiene influencia o no en los demás, se procede a posicionar los puntos en un plano cartesiano. Aquí, se clasificarán en cuatro categorías: problemas centrales (críticos), problemas efecto (pasivos), problemas raíces (activos) y problemas no relacionados (indiferentes).

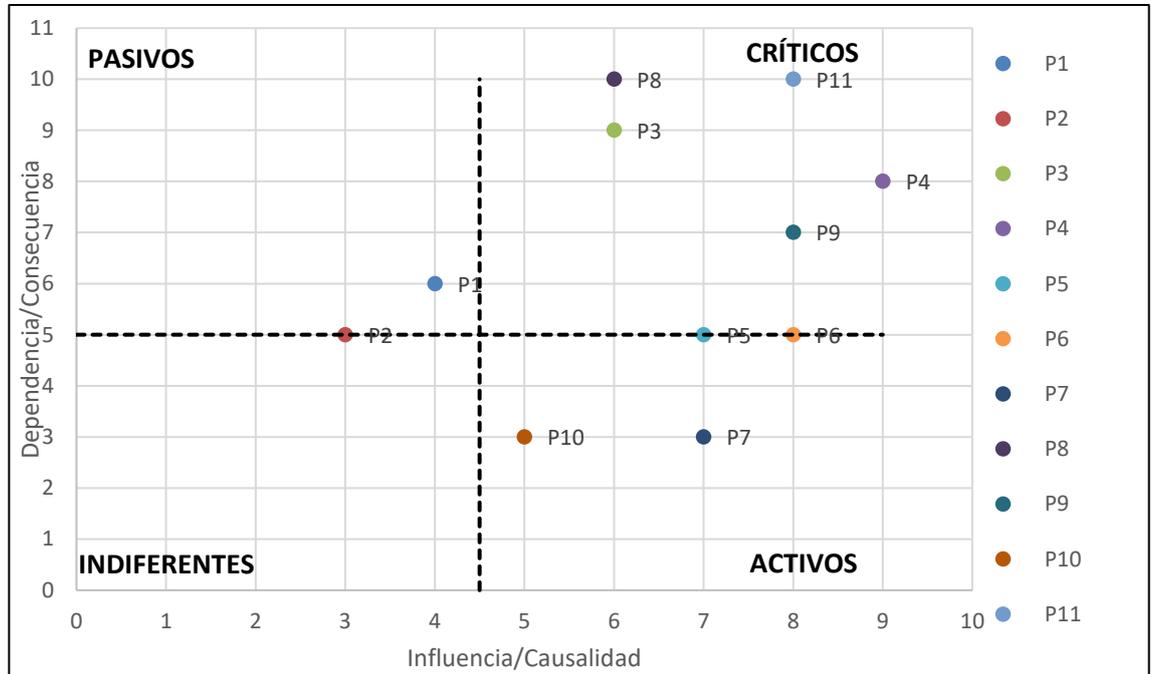


Figura 7. Clasificación de la matriz demoras operativas

Árbol de problemas Coordinación con supervisión

Para entender mejor la matriz se desarrolla el árbol de problemas donde se coloca el problema principal, los efectos y las raíces, que se obtiene de la matriz de Vester. Se muestra el desarrollo:

- Efectos: P1, P2, P3, P8, P9, P11.
- Problema central: P4.
- Raíces: P5, P6, P7, P10.

Ilustración del árbol de problemas

Las hojas son los efectos que genera el problema central (tronco del árbol), y las raíces son aquellas causas que alimentan el problema central.

Tabla 15

Variables del problema de demoras operativas

Código	Variable
P5	Cola en la descarga
P6	Cola en frente del carguío
P7	Cambio de guardia
P10	Horarios de refrigerio y movilidad

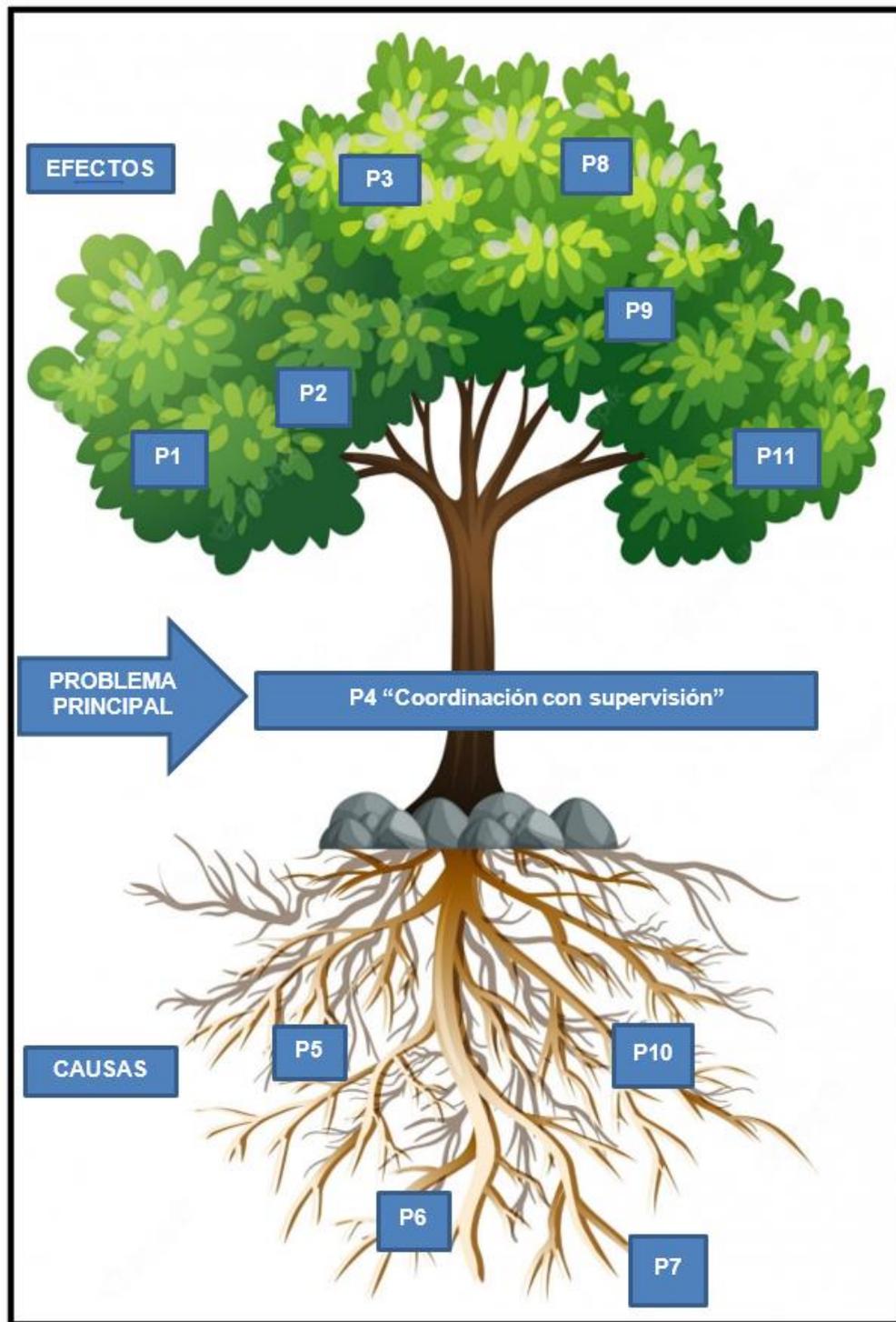


Figura 8. Árbol de problemas "coordinación con supervisión".

A continuación, se muestra las alternativas de solución para el problema de coordinación con supervisión (P4):

Tabla 16

Alternativas de solución para el problema de demoras operativas

Código	Variable	Alternativa de solución
P5	Cola en la descarga	Contar con un vigía que cuadre los volquete. Tener la vía en correcto estado. Señalizar el área de descarga. No tener un área de descarga reducida. Tener un equipo de empuje experimentado.
P6	Cola en frente del carguío	Tener un equipo auxiliar que libere colas en frente de carguío como por ejemplo un cargador frontal. Tener un tractor para corte de frentes duros, esto implica en el bajo rendimiento del equipo de carguío.
P7	Cambio de guardia	Se propone realizar cambios de guardia en el punto de carguío para minimizar perdida de tiempo en traslado de operador de excavadora y camiones hacia el punto donde se deja los equipos.
P10	Horarios de refrigerio y movilidad	La distancia entre los frentes de producción y los comedores hace que los operadores necesiten más tiempo para desplazarse hasta los comedores, lo que provoca este retraso. Se sugirió que la supervisión con movilidad disponible coordine la recogida de los operarios en función de su proximidad a los frentes y con mayor puntualidad durante su traslado.

En la tabla anterior, se muestra la solución al problema de demoras operativas. Para abordar esta cuestión, se propusieron cuatro alternativas de solución que se basan en las siguientes estrategias: cola de espera, cola en frente de carguío, cambio de guardia y horarios de refrigerio y movilidad. Estas alternativas tienen como objetivo mitigar el efecto del problema identificado.

3.1.2. Propuesta de mejora en el carguío

- **Implementación de un cargador frontal**

En el frente de carguío se ha evidenciado problemas en cuanto a las colas en el carguío que se asocian a una variedad de problemas, tales como que los camiones tienen que esperar para ser cargados, ineficiencia operativa debido al inadecuado uso de recursos en los activos al estar esperando y costos adicionales involucrados a los retrasos en el carguío de los camiones. Por consiguiente, una de las estrategias a implementarse fue el uso de un cargador que permita liberar el problema en las colas, esta razón se valida debido a que se requiere un cargador frontal en el frente de carguío que aumenta la productividad, acelerar el proceso de carga, mejorar la manipulación de materiales y reducir los tiempos de inactividad de la maquinaria.



Figura 9. Cola en el frente de carguío.

Los cargadores frontales están diseñados para movilizar grandes cantidades de material en un corto período de tiempo. Su capacidad para cargar y transportar rápidamente el mineral o desmonte permite que las operaciones sean mucho más eficientes en comparación con el trabajo manual o el uso de equipos menos potentes, lo que influye en que sean valiosos en operaciones que requieren cargar materiales en camiones, remolques o tolvas. Su diseño permite recoger grandes cantidades de material de una sola vez y cargarlo en vehículos de manera rápida y eficiente, lo que reduce significativamente los tiempos de carga en comparación con utilizar solo una excavadora en cada frente de carguío. Su versatilidad, seguridad y reducción de tiempos de inactividad garantizan una mejora en el frente de carguío, lo cual hacen que los cargadores frontales sean una herramienta valiosa para la reducción de tiempos muertos.



Figura 10. Mejora del frente del carguío con un cargador frontal.

- **Implementación de un tractor D8T**

Además, se ha observado que en el área de carga surgen dificultades en la extracción y el transporte eficiente hacia los camiones. Esto se debe a la presencia de zonas con formaciones rocosas irregulares y extremadamente duras (frentes amarrados y duros), lo que complica la extracción y el posterior traslado. Además, se suma la acumulación de escombros u otros materiales que obstaculizan la operación, como se muestra a continuación:



Figura 11. Frentes duros y amarrados.

En consecuencia, la incorporación de un tractor Caterpillar D8T para corte en terrenos duros representa una mejora fundamental. Esto se debe a que esta máquina es altamente versátil y adecuada para la manipulación de tierra en terrenos desafiantes. Para lograr un rendimiento óptimo, es esencial ajustar la cuchilla del tractor en la posición adecuada, dependiendo de si se necesita cortar, nivelar o empujar el material en función del tipo de roca presente en el terreno.

Por lo tanto, mantener una comunicación constante entre el operador del tractor y el equipo de excavación es de vital importancia. Esto no solo contribuirá a reducir la presencia de formaciones rocosas.

3.1.3. Propuesta de mejora en el acarreo

Referente a las condiciones del ciclo de carguío y acarreo de la Unidad Minera a través de los últimos meses ha venido presentando continuamente problemas durante el

recorrido de los camiones debido al polvo que se levanta por defecto de los traslados de los camiones, lo que ocasiona que no se realice un recorrido según los tiempos establecidos.



Figura 12. Polvo constante en las vías.

Una de las medidas que se llevaron a cabo para reducir los tiempos de viaje consistió en la implementación de una estrategia de riego en las vías. Para este propósito, se emplearon seis cisternas, cada una con una capacidad de 5000 galones, las cuales se distribuyeron estratégicamente a lo largo de los diferentes tramos de las vías. Estas cisternas tienen la función de mantener un riego constante en la red de vías y en los caseríos que influyen en la operación. Esta práctica contribuye significativamente a mejorar la calidad y el estado de las vías, lo que, a su vez, resulta en una reducción de los tiempos de viaje.



Figura 13. Riego de vías mediante cisternas.

La implementación de la estrategia de riego en las vías ha demostrado ser una medida eficaz para mejorar la infraestructura vial y reducir los tiempos de viaje en el ciclo de carguío y acarreo. Las seis cisternas con una capacidad de 5000 galones cada una se han convertido en piezas clave de esta estrategia, ya que se distribuyen estratégicamente a lo largo de los diferentes tramos de las vías y en áreas cercanas a los caseríos que influyen en la operación del transporte.

La función principal de estas cisternas es mantener un riego constante en la red de vías, lo que contribuye a evitar la acumulación de polvo y la formación de baches, mejorando así la calidad y el estado de las vías.

En última instancia, esta práctica se traduce en una reducción significativa de los tiempos de viaje para los usuarios de estas vías, ya que se logra un mayor nivel de confort y seguridad en la conducción. Además, el mantenimiento constante de las carreteras a través del riego contribuye a prolongar su vida útil, lo que ahorra costos a largo plazo en reparaciones y renovaciones.

3.1.4. Mejora del mantenimiento

3.1.8.1. Situación actual del mantenimiento

Entre los problemas identificados en los equipos de carguío de la empresa ELOHIM S.A.C., se encuentran niveles bajos en sus indicadores de disponibilidad y utilización. Es fundamental garantizar un óptimo estado de conservación para evitar averías. En este sentido, se requiere mejorar el plan de mantenimiento preventivo, que debe considerar cambios tanto en el diagnóstico como en los tiempos requeridos para las tareas de mantenimiento. Estos cambios propuestos tendrán un efecto significativo en el mantenimiento correctivo que se realiza actualmente en los equipos, y se espera obtener ciclos de trabajo efectivos y eficientes.

Por lo tanto, una gestión eficiente del mantenimiento de equipos debe considerar estrategias que permitan una mejora continua en el diagnóstico, ejecución y monitoreo de tareas, con el objetivo de mejorar los indicadores de mantenimiento. En este sentido, se identificó una debilidad en la empresa ELOHIM S.A.C. relacionada con la detección insuficiente de fallas en los vehículos. Esto repercute en que las tareas de reparación de averías no se realicen en el momento adecuado cuando un equipo está en el taller, o que no se disponga de los repuestos necesarios debido a que no se avisó oportunamente sobre la necesidad. Para abordar este problema, es esencial implementar un sistema de detección de fallas más eficiente y establecer un proceso de notificación oportuna para asegurar una gestión de mantenimiento más efectiva.

La recopilación de información para la programación del mantenimiento se lleva a cabo diariamente en hojas de trabajo del programa Microsoft Excel, pero con un control mínimo durante su elaboración. Además, no se realizaban reuniones semanales, lo que resultaba en tareas sin asignar y una falta de procedimientos establecidos para la detección de tareas correctivas por parte del personal de mantenimiento. Como resultado, algunas averías no se registraban tras su identificación, lo que afectaba el orden de las tareas por criticidad y provocaba paradas no planificadas debido a la falta de programación oportuna de repuestos.

Además, las horas hombre del personal de los talleres no se gestionaban adecuadamente, y se notaba la falta de involucramiento del personal en el proceso de programación de mantenimiento. Para una evaluación más completa, se realizó un análisis FODA del proceso de programación de mantenimiento preventivo del área responsable del mantenimiento de la flota de la empresa ELOHIM S.A.C.

Tabla 17

Análisis FODA acerca del proceso de programación de mantenimiento preventivos

FORTALEZAS	DEBILIDADES
El personal técnico cumple con las órdenes estipuladas por el jefe de mantenimiento.	No se ha identificado la capacidad del taller, así como el cálculo de horas hombres necesarios.
Confianza en el stock que posee el almacén.	La programación de tareas se realiza sin revisar la disponibilidad de personal o repuestos.
Se consideran tareas correctivas en las programaciones.	No se priorizan tareas de mantenimiento correctivas que no necesariamente solucionan la causa raíz de una falla.
La planificación se realiza mediante cartillas para la programación de tareas.	La estrategia del uso de cartillas no se ajusta a las necesidades de la empresa.
Se registra la información de mantenimiento en bases de datos.	Existencia de información incompleta almacenada en las bases de datos.

El plan de mantenimiento preventivo se elabora semanalmente. No se abordan en la planificación tareas específicas para mitigar la ocurrencia de potenciales fallas.

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Implantar un programa de capacitación orientado a mejorar la gestión de tareas e información en personal que se relacionan al proceso.	Posibilidad de que el personal con mayor capacidad y experiencia adquirida acepte ofertas de mejor oportunidad laboral.
Mejor clima laboral y efectividad al conocer los roles y responsabilidades de cada puesto.	Renuncia debido al cambio de modalidad de trabajo por el miedo a los cambios.
Se cuenta con disponibilidad de los recursos al momento de realizar la ejecución de tareas.	Posibilidad de rotura de stock ante los requerimientos de repuestos solicitados
Actualización de cartillas considerando información de los representantes de las marcas de equipos.	Aumento de costo muerto ocasionado por repuestos que no se han utilizado, así como recursos pendientes de uso.
Posibilidad de contar con información en tiempo real para pronósticos y posibilidad de planificar recursos para eliminar las causas de las fallas.	Incremento de tareas pendientes de ejecución.
Fortalecimiento de la gestión de planificación del mantenimiento preventivo mediante backlog (tarea pendiente de ejecución).	Baja disponibilidad de equipos al no emplear nuevas tendencias de mantenimiento en prácticas correctivas y preventivas.

Con base a la tabla 16, las acciones recomendadas son las siguientes:

Mejorar los tiempos de respuesta y la utilización eficiente de los recursos del taller de mantenimiento.

Aumentar la disponibilidad de las piezas que son difíciles de conseguir mediante su petición con anticipación.

Mejorar el programa de mantenimiento preventivo considerando la gestión de backlog (tareas pendiente de ejecución).

3.1.8.2. Propuesta de mejora al mantenimiento

- Aspectos introductorios

Una vez identificada las acciones a realizar para mejorar el dinamismo en los involucrados, mejorar la capacidad de utilización de los recursos humanos y alcanzar nuevos conocimientos se busca como objetivo final de preservar y/o prolongar la vida útil de los equipos y seguir disminuyendo la varianza de los intervalos de avería mediante la prevención de su rápida degradación, asimismo, minimizar la degradación y prolongar así la vida útil de los equipos, la frecuencia de las averías y los intervalos de sustitución se reducen drásticamente.

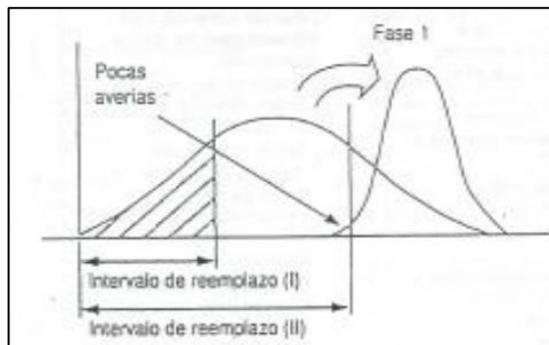


Figura 14. Alargar los tiempos de vida. Muestra el intervalo prolongado de vida útil.

Tomado de TPM para industrias de proceso, TGP Hoshin, 1994.

Cuando se soluciona un fallo de diseño o fabricación en una pieza de un equipo, se puede evitar que se produzcan problemas graves en otras partes del equipo. Cada fallo aporta una lección importante sobre las deficiencias. Las experiencias previas documentadas garantizan que los análisis de fallas resultan eficaces para prolongar la vida útil de los equipos.

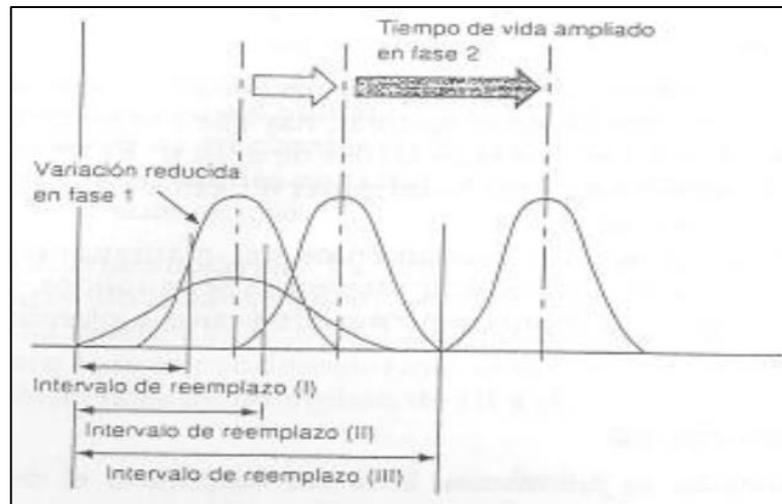


Figura 15. Alargando los tiempos de vida. Prolongación adicional de tiempo de mantenimiento. Tomado de TPM para industrias de proceso, TGP Hoshin, 1994.

Es importante contar con una estrategia de mantenimiento planificado o preventivo para mantener los equipos en buen estado y prolongar su vida útil. El objetivo es determinar con qué frecuencia deben realizarse las inspecciones y reparaciones. Como parte del plan de mantenimiento de repuestos y piezas de los equipos, siempre hay que reevaluar y fijar los intervalos de inspección y servicio más rentables. Esto se debe a que los equipos tienen que ser examinados y revisados una y otra vez hasta conseguir los intervalos óptimos de inspección.

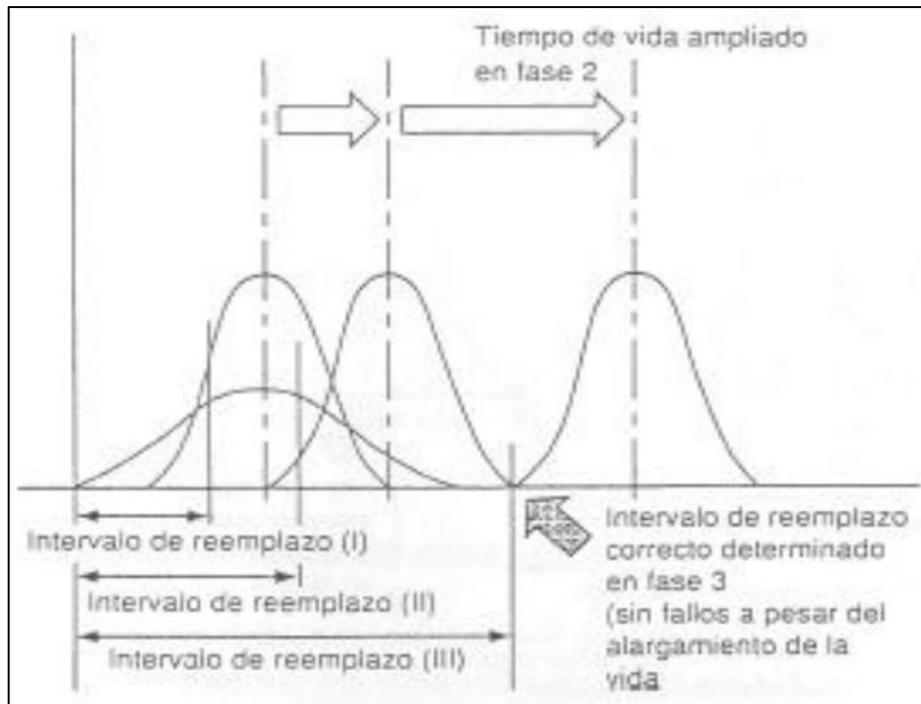


Figura 16. Revertir periódicamente el deterioro. Intervalo correcto de inspección.

Tomado de TPM para industrias de proceso, TGP Hoshin, 1994.

El mantenimiento preventivo es un método sólido de conservación de equipos; sin embargo, no es la panacea para conseguir cero fallos, que cada vez son más complicados. El mantenimiento debe desarrollar habilidades de diagnóstico más sensibles. Los técnicos, que están en contacto más estrecho con el proceso, deben desarrollar la capacidad de reconocer las señales internas de anomalía, afinando su sensibilidad y utilizando sus cinco sentidos para inspeccionar sus equipos mediante el mantenimiento preventivo (la notificabilidad se genera a través de las inspecciones), el mantenimiento correctivo y el análisis de fallos; todo ello se logra mediante una mejora en la gestión de mantenimiento que considere el control de tarea mediante backlog.

- **Contratación de nuevo personal**

En primera instancia, se examinó la cantidad de trabajadores necesarios para diseñar adecuadamente un nuevo proceso de mantenimiento a fin de que el personal de planificación de las actividades de mantenimiento pudiera dar soporte a sus procesos, para ello fue necesario incluir un técnico de backlog y un analista de backlog. Por lo expuesto, se presenta la sustentación que se realizó al área de recursos humanos para la contratación del personal.

Analista de backlog: Un analista de backlog es el encargado de procesar la información obtenida por el técnico de backlog con la finalidad de que se adicionen tareas a los equipos en el momento que se encuentra en las instalaciones. Por lo expuesto, debe ser una persona especializada en trabajos de planificación que tome medidas para aumentar la disponibilidad de equipos y reducir las fallas recurrentes en distintos sistemas.

Técnico Backlog: Es necesario un especialista que se encargue de preparar los materiales y repuestos para garantizar que al momento de que los equipos se encuentren en los talleres de mantenimiento se haga la reparación de actividades adicionales que pudiera ocasionar la avería de equipos, en ese sentido, es un personal que visita los puntos de trabajo de los equipos con la finalidad de registrar las actividades necesarias a realizarse, pues una parada correctiva representa cuatro veces el costo de una parada planificada, en ese sentido, contar con un especialista que brinde información oportuna permitirá un aumento de la disponibilidad.

- **Nuevo equipo de mantenimiento**

Al equipo de mantenimiento se le adiciona dos nuevos puestos con el fin de mejorar la planificación y cumplir con las asignaciones del área de planeamiento de la mina en estudio, por lo que se plantea la mejora del organigrama.

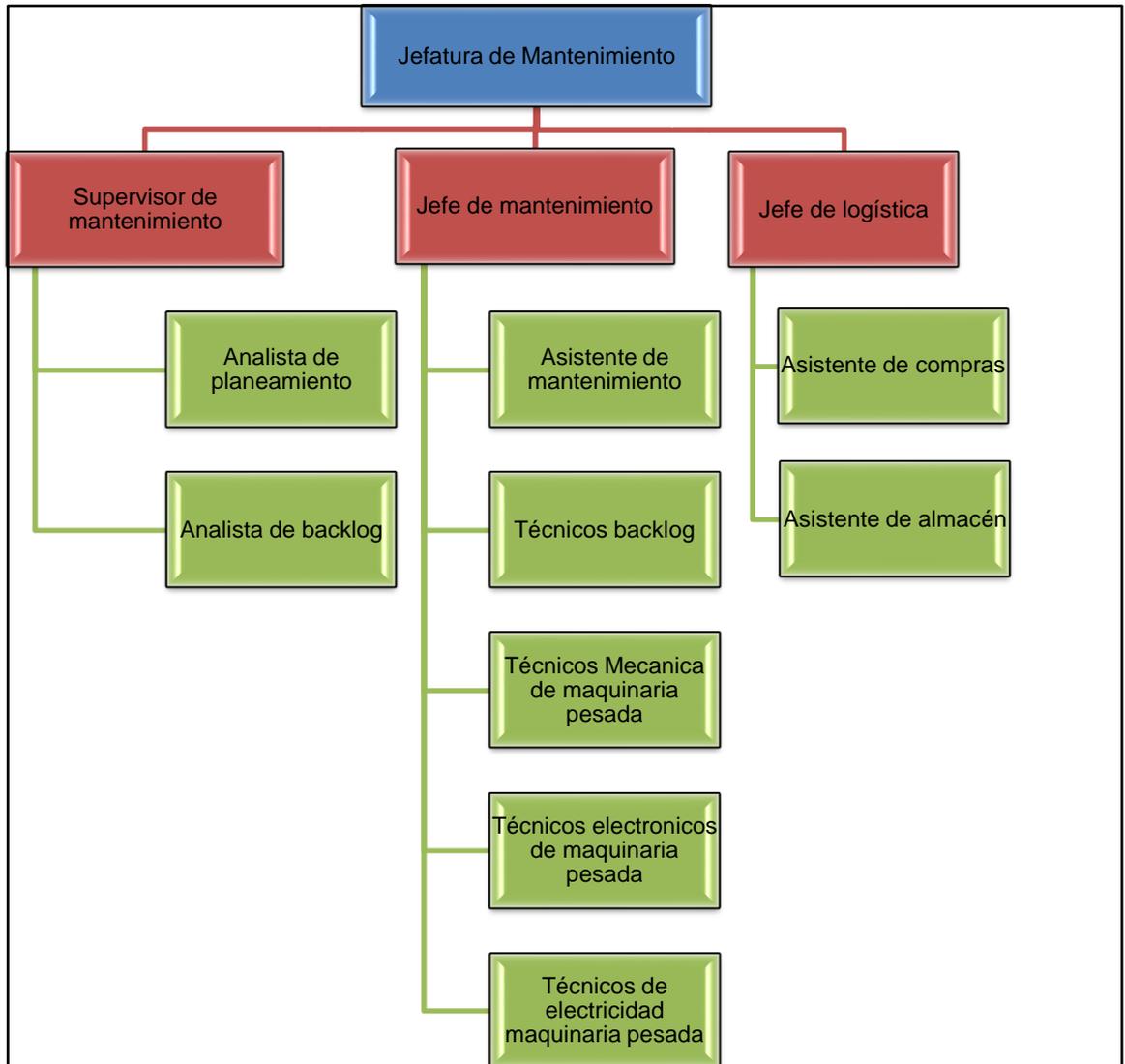


Figura 17. Organigrama propuesto con la mejora.

- **Formato de backlog inicial**

Establecida la necesidad de contar con personal para realizar registrar las inspecciones a los equipos mineros, también resulta necesario contar con un formato para la implementación del backlog, en ese sentido, a nivel nacional existen empresas que lo brindan, como, por ejemplo, Ferreyros. Por ello, posterior al realizar las consultas

I	Comprobar, inspeccionar o medir
D	Drenar
V	Verificar o revisar

A continuación, se presentan los tipos de mantenimientos que se realizan según el tiempo de ejecución.

Mantenimiento rutinario: Son actividades que se realizan de forma diaria según la información proporcionada por el área de mantenimiento, por ende, debe ser su verificación de forma obligatoria por parte del operador. El formato de mantenimiento rutinario se muestra en el anexo X1.

Mantenimiento por intervalos: Son las actividades enfocadas a realizar internamiento del vehículo con base a las horas de trabajo por recomendación del fabricante. En el anexo X2 se muestra el mantenimiento por intervalos de horas propuesto para los camiones volquetes.

Una vez determinadas las sugerencias de mantenimiento a tener en cuenta, se modifican los libros de mantenimiento preventivo, programado y correctivo teniendo en cuenta la siguiente terminología.

- **Capacitaciones al personal de mantenimiento**

Es fundamental una mejora continua en los conocimientos del personal de mantenimiento con el fin de que mejoren las técnicas y aprendan nuevas tendencias en el mantenimiento de equipos mineros. A continuación, se detallan los temas de capacitación:

Electrónica de la maquinaria pesada

Electrónica de una excavadora Caterpillar 390 FL

Electrónica de un camión volquete Volvo FMX 440

Mantenimiento de motor de maquinaria pesada

Funcionamiento del tren de potencia

Tren de potencia de una excavadora Caterpillar 390 FL

Tren de potencia de un camión volquete Mercedes Benz FMX

Mantenimiento del sistema hidráulico

Mantenimiento del sistema hidráulico de excavadora Caterpillar 390 FL

Mantenimiento del sistema hidráulico de camión volquete Mercedes Benz FMX

El temario propuesto para su aceptación deberá contener los siguientes aspectos para ser aceptado por el jefe de mantenimiento y la asignación del presupuesto necesario:

Tabla 19

Causas de fallas que ocasiona demoras

Área de mantenimiento		Optimización del ciclo de carguío y acarreo para evitar tiempos muertos y reducir costos operativos en la empresa ELOHIM S.A.C.			Fecha: 26/01/2023
		Plan de capacitación			Versión: 0.1
Ítem	Actividad	Propósito	Recursos	Resultado esperado	
1	Electrónica de la maquinaria pesada	El personal realiza una correcta medición con equipos electrónicos, realice pruebas, diagnóstico y solución de problemas en sistema de arranque, carga y en baterías, por lo tanto, la finalidad es afianzar el conocimiento en el mantenimiento de sistemas electrónicos y eléctricos de equipo pesado móvil.	Entrega de casos prácticos, libros sobre electrónica y la maquinaria pesada, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en el uso de equipos de diagnóstico de sistemas electrónicos y conocen de estrategias mediante el expositor.	
2	Electrónica de una excavadora Caterpillar 390 FL	Que el personal que se encarga de realizar el mantenimiento de la electrónica de la excavadora Caterpillar 390 FL pueda mejorar las técnicas, pruebas e identificar la solución con menor uso de recursos, así como realice un trabajo más fiable.	Entrega de casos prácticos, libros sobre electrónica y la excavadoras, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en el uso de equipos de diagnóstico de sistemas electrónicos específicamente de una excavadora Caterpillar 390 FL y conocen de estrategias mediante el expositor.	
3	Electrónica de un camión volquete Volvo FMX 440	Que el personal que se encarga de realizar el mantenimiento de la electrónica de los volquetes marca Volvo FMX 440 pueda mejorar las técnicas, pruebas e identificar la solución con menor uso de recursos, así como realice un trabajo más fiable.	Entrega de casos prácticos, libros sobre electrónica y la excavadoras, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en el uso de equipos de diagnóstico de sistemas electrónicos específicamente de un camión volquete Volvo FMX 440y conocen de estrategias mediante el expositor.	

4	Mantenimiento de motor de maquinaria pesada	Que el personal que se encarga de realizar el mantenimiento de los principales sistemas del motor de maquinaria pesada logre aprende nuevas técnicas, el uso de instrumentos mas eficiente y sobre todo mayor conocimiento sobre pruebas para un adecuado uso y gestión de los recursos disponibles.	Entrega de casos prácticos, libros sobre mantenimiento de motores de maquinaria pesada, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en técnicas, métodos y uso de instrumentos para reparación de motores de maquinaria pesada.
5	Funcionamiento del tren de potencia	Se brinda un enfoque teórico y práctico acerca de las técnicas, métodos y procedimientos a considerar para el mantenimiento preventivo y correctivo del tren de potencia.	Entrega de casos prácticos, libros sobre funcionamiento y mantenimiento del tren de potencia, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en técnicas, métodos y uso de instrumentos para reparación del tren de potencia
6	Tren de potencia de una excavadora Caterpillar 390 FL	Se brinda un enfoque teórico y práctico acerca de las técnicas, métodos y procedimientos a considerar para el mantenimiento preventivo y correctivo del tren de potencia específicamente para una excavadora Caterpillar 390 FL.	Entrega de casos prácticos, libros sobre funcionamiento y mantenimiento del tren de potencia, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en técnicas, métodos y uso de instrumentos para reparación del tren de potencia de una excavadora Caterpillar 390 FL
7	Tren de potencia de un camión volquete Mercedes Benz FMX	Se brinda un enfoque teórico y práctico acerca de las técnicas, métodos y procedimientos a considerar para el mantenimiento preventivo y correctivo del tren de potencia específicamente de un camión volquete Mercedes Benz FMX.	Entrega de casos prácticos, libros sobre funcionamiento y mantenimiento del tren de potencia, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en técnicas, métodos y uso de instrumentos para reparación del tren de potencia de un camión volquete Mercedes Benz FMX
8	Mantenimiento del sistema hidráulico	Se brinda un enfoque teórico y práctico acerca de las técnicas, métodos y procedimientos a considerar para el mantenimiento preventivo y correctivo de un sistema hidráulico.	Entrega de casos prácticos, libros sobre funcionamiento y mantenimiento del sistema hidráulico, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en técnicas, métodos y uso de instrumentos para el mantenimiento del sistema hidráulico.

9	Mantenimiento del sistema hidráulico de excavadora Caterpillar 390 FL	Se brinda un enfoque teórico y práctico acerca de las técnicas, métodos y procedimientos a considerar para el mantenimiento preventivo y correctivo de un sistema hidráulico específicamente de una excavadora Caterpillar 390 FL	Entrega de casos prácticos, libros sobre funcionamiento y mantenimiento del sistema hidráulico de excavadora Caterpillar 390 FL, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en técnicas, métodos y uso de instrumentos para el mantenimiento del sistema hidráulico de excavadora Caterpillar 390 FL
10	Mantenimiento del sistema hidráulico de camión volquete Mercedes Benz FMX	Se brinda un enfoque teórico y práctico acerca de las técnicas, métodos y procedimientos a considerar para el mantenimiento preventivo y correctivo de un sistema hidráulico específicamente de un camión volquete Mercedes Benz FMX	Entrega de casos prácticos, libros sobre funcionamiento y mantenimiento del sistema hidráulico de camión volquete Mercedes Benz FMX, dispositivas y videos realizados por el expositor.	Los participantes mejoran sus destrezas en técnicas, métodos y uso de instrumentos para el mantenimiento del sistema hidráulico de camión volquete Mercedes Benz FMX

3.1.8.3. Optimización del ciclo de carguío y acarreo

Tras implementar diversas acciones, se logró identificar una notable mejora en los tiempos muertos, gracias a la optimización del ciclo de carguío y acarreo, que aumentó el tiempo efectivo y redujo las fallas operativas, disminuyendo significativamente los gastos operativos. Estas medidas condujeron a una optimización operativa, comprobada en una nueva medición realizada en junio de 2023. Es importante señalar que estas mejoras se llevaron a cabo desde la perspectiva del contratista en la unidad minera, con el objetivo de mejorar la imagen y el rendimiento interno de los equipos mineros durante las operaciones de traslado de desmonte. A continuación, se presenta el aumento de la disponibilidad en junio del 2023:

Tabla 20

Promedio de horas registradas en junio 2023

Cód.	Hrs. M.	Hrm. Inicial.	Hrm. Final	Hrs. Op.	Insp. Engrase	Mtto. Prev.	Mtto. Corr.	Hrs. Falla
390 FL-02	484.50	13801.10	14285.60	428.19	8.6	20.2	20.30	7.22
390 FL-03	519.95	12764.90	13284.85	466.42	8.8	17.5	18.59	8.65
VOL_927	538.47	12057.38	12595.85	483.45	8.6	17.3	21.77	7.35
VOL_932	426.75	11261.36	11688.11	371.16	7.2	23.6	17.44	7.35
VOL_942	539.86	13008.55	13548.41	483.05	7.9	19.3	22.01	7.61
VOL_945	323.36	6072.51	6395.87	266.75	8.8	19.2	19.71	8.91
VOL_945	470.20	10640.32	11110.52	413.00	7.5	23.2	18.18	8.32
Promedio	471.87	11372.30	11844.17	416.00	8.20	20.04	19.71	7.91

Considerando la ecuación 1, se obtiene la disponibilidad con los siguientes datos:

- Tiempo Total Programado (TTP) = 471.87 hrs
- $TM = Insp. Engrase + Mtto. Prev. + Mtto. Corr. + Hrs. Falla$

$$TM = 8.20 + 20.04 + 20.04 + 7.91 = 36.21 \text{ hrs}$$

Reemplazando en la ecuación 1, se obtiene:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{471.87 - 36.21}{471.87} * 100\% = 92.32\%$$

Se observa un notable aumento en la disponibilidad, pasando de 83.15% en enero de 2023 a 92.32% en junio de 2023. Estos resultados demuestran que las acciones propuestas condujeron a un mayor cumplimiento de la planificación, lo que se traduce en un aumento significativo de las horas de operación del equipo minero.

Por otro lado, la utilización se obtiene de la siguiente manera:

- Tiempo Neto de Operación (TNO) = Hrs. Op. = 416 hrs
- Tiempo Total Programado (TTP) = 471.87 Hrs
- Tiempo de Mantenimiento (TM) = 19.71 + 7.91 = 27.62 hrs

$$\text{Utilización (UA)} = \frac{416}{471.87 - 27.62}$$

$$\text{Utilización (UA)} = 93.64\%$$

De manera similar, las mejoras tuvieron un impacto positivo en la utilización del equipo en la contrata minera, aumentando su utilización en el traslado de desmonte del 72.53% al 93.64%. Este incremento se debió a la mayor disponibilidad del equipo, lo que permitió asignarle tareas durante más horas de funcionamiento.

Por otro lado, se observa que la optimización operativa permitió reducir el costo de la operación, debido a que se consideró el uso de un sistema de gestión en conjunto del mantenimiento planificado utilizando backlog, lo que favoreció en gran medida en una

disminución de los costos, por tanto, se maximizo la vida útil de los equipos mineros, como se muestra a continuación:

Tabla 21

Cálculo de costos operativos en excavadores junio – 2023

Descripción	Costo unitario anual	Total de maquinas
Carguío		
Número de máquinas		1
	Costos fijos	
Salarios, beneficios	S/4,500.00	S/4,500.00
	Costos variables	
Costo lubricantes	S/850.00	S/850.00
Mantenimiento	S/840.00	S/840.00
Costo de operación carguío	S/6,190.00	S/6,190.00
Acarreo		
Número de máquinas		12
	Costos fijos	
Salarios, beneficios	S/3,800.00	S/45,600.00
	Costos variables	
Costo lubricantes	S/1,275.00	S/15,300.00
Mantenimiento	S/1,060.00	S/12,720.00
Costo operación acarreo	S/2,335.00	S/28,020.00
Total		S/79,810.00

En la tabla 21, se evidencia un costo operativo de S/79,810.00, en comparación con los S/82,730.00 registrados en enero de 2023. Esto refleja una reducción de S/3,920.00 en los costos operativos después de la implementación de las acciones de mejora. A pesar del aumento en las horas de trabajo, también se destaca un mayor cuidado por parte de los conductores hacia los equipos.

3.3. Evaluación costo beneficio de la mejora

- **Inversión**

La inversión del proyecto consiste en el establecimiento de medidas para la resolución de los problemas identificados. A continuación, se detallan los gastos asociados a la propuesta de solución, tales como capacitación:

Tabla 22

Inversión en capacitaciones

Capacitaciones	Costo unitario	Cantidad	Total
Costo de plan de capacitaciones	S/12,500.00	1	S/12,500.00

Así también, fue necesario un gasto el útil de escrito y equipos de oficina para el especialista encargado de realizar las actividades de planificación, coordinación y seguimiento de las actividades de mantenimiento con el fin de lograr un máximo aprovechamiento de los equipos en la unidad minera

Tabla 23

Inversión en útiles de escritorio y equipos de oficina

Costos de útiles de escritorio y equipos de oficina	Medida	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Memoria USB	Unidad	1	S/24.00	S/24.00
Impresora	Unidad	1	S/850.00	S/850.00
Laptop	Unidad	1	S/2,800.00	S/2,800.00
Plumones	Caja	1	S/16.00	S/16.00
Engrapador	Unidad	1	S/6.00	S/6.00
Tinta de impresora	Unidad	2	S/48.00	S/96.00
Perforados	Unidad	1	S/7.00	S/7.00
Lapiceros	Caja	2	S/3.00	S/6.00
Papel bond A4	Millar	2	S/18.00	S/36.00
Total				S/3,841.00

Por otro lado, para ejecutar con seguridad las actividades de mantenimiento y operaciones fue necesario la adquisición de implementos de seguridad.

Tabla 24

Inversión en implementos de seguridad

Costos de implementos de seguridad	Medida	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Cono de seguridad	Unidad	24	S/45.00	S/1,080.00
Extintores	Unidad	18	S/70.00	S/1,260.00
Zapatos de seguridad	Par	39	S/130.00	S/5,070.00
Guantes de protección	Par	39	S/75.00	S/2,925.00
Cintas reflectivas	Unidad	36	S/120.00	S/4,320.00
Arneses	Unidad	3	S/62.00	S/186.00
Tapones u orejeras	Unidad	39	S/18.00	S/702.00
Anteojos	Unidad	39	S/70.00	S/2,730.00
Cascos	Unidad	39	S/45.00	S/1,755.00
Total				S/20,028.00

La inversión total asciende a S/36,369.00, desglosada de la siguiente manera: S/12,500.00 en capacitaciones, S/3,841.00 en útiles de escritorio y equipos de oficina, y S/20,028.00 en implementos de seguridad. Cabe destacar que, se trabaja en mejorar el frente de carguío y las vías, pero el gasto de las mejoras realizadas corresponde al gasto presupuestado por la unidad minera, ya que le beneficia directamente en optimizar el ciclo de carguío y acarreo.

- **Beneficios**

La propuesta de solución resulta beneficiosa, pues se logra reducir de 97.4 horas a 63.32 horas de falla en los equipos de carguío, siendo el tiempo total de horas de 34.08 horas que influye en beneficio económico, como se muestra a continuación:

Tabla 25

Beneficio al aumentar horas de operación

Descripción	Antes de la mejora	Despues de la mejora	Diferencia
Horas de falla	97.4	63.32	34.08
Monto (S/. 375.00)	36525	23745	S/12,780.00

Al comparar la reducción de hras de falla en enero y junio del 2023 se ha demostrado una reducción en el tiempo de horas de falla de 34.08 horas, lo que demuestra una reducción significativa que impacta en los beneficios económicos que la empresa habia dejado de percibir. Adicionalmente, se tiene un beneficio mensual de ahorro de S/. 3,920.00 en reducción de costos operativos.

- **Flujo de caja**

Tabla 26

Flujo de caja

Inversión	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Capacitaciones	S/12,500.00						
Útiles de escritorio y equipos de oficina	S/3,481.00						
Elementos de seguridad	S/20,028.00						
Total de inversión	S/36,009.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
Total de egresos							
Horas de operación		S/12,780.00	S/12,780.00	S/12,780.00	S/12,780.00	S/12,780.00	S/12,780.00
Costos operativos		S/3,920.00	S/3,920.00	S/3,920.00	S/3,920.00	S/3,920.00	S/3,920.00
Total de beneficios		S/16,700.00	S/16,700.00	S/16,700.00	S/16,700.00	S/16,700.00	S/16,700.00
Totales netos	-S/36,009.00	S/16,700.00	S/16,700.00	S/16,700.00	S/16,700.00	S/16,700.00	S/16,700.00

Los indicadores económicos obtenidos del flujo económico son los siguientes:

Tabla 27

Indicadores economicos

Indicador	Valor
Cálculo del VAN	S/22,400.96
Cálculo de la TIR	40.30%
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	1.62

Como se observa en la tabla anterior, la mejora permite evidenciar una ganancia de 0.62 centimos por cada sol invertido, esto demuestra que es beneficioso la implementación realizada.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Referente al primer objetivo específico: realizar un diagnóstico de la situación actual de las operaciones del carguío, acarreo, los resultados obtenidos fueron que se identificó que el problema de deficiente ciclo de carguío y acarreo es consecuencia de demoras operativas, deficiente técnica de carguío, tiempos muertos de acarreo y un plan de mantenimiento, siendo la disponibilidad del 83.15% y una utilización de la flota del 72.53% para una muestra de 1 excavadora y 12 volquetes. Estos resultados concuerdan con Flores y Martell (2021) quien obtuvo una disponibilidad del 86.58% y planteo la implementación de un plan de gestión de mantenimiento para optimizar los tiempos del ciclo de carguío y acarreo. Así también, concuerdan con Huaroc (2014) quien obtuvo una disponibilidad del 75% en el equipo de carguío, por lo que realizó el dimensionamiento de los equipos con base a las operaciones para una mayor eficiencia en las operaciones. Por lo tanto, se establece, que las acciones de implementar un plan de mantenimiento e identificar las deficiencias en el ciclo de carguío y acarreo son las acciones a realizar para una reducción de tiempos muertos y costos operativos.

En el segundo objetivo específico, proponer un programa de optimización del ciclo de carguío y acarreo se busca reducir las causas de demoras operativas, tiempos muertos en el ciclo de carguío y acarreo y la mejora del plan de mantenimiento preventivo a los vehículos de acarreo. Lo mencionado, concuerda con Flores y Martell (2021) quienes mediante un plan de mantenimiento concluyeron que se logra reducir los tiempos improductivos y optimizar el ciclo de carguío y acarreo al reducir con estas causas de 7.23%

a 5.765%. Así también, el autor pone énfasis en la importancia de las técnicas del equipo de carguío para evitar tiempos improductivos en el ciclo de trabajo. Por otro lado, se concuerda también con Calua (2019) quien para una minimización de tiempos improductivos en el ciclo de carguío y acarreo propone mejoras operativas durante el transporte y capacitaciones para una mejora en las operaciones.

En el tercer objetivo específico, realizó un análisis costo beneficio del programa, siendo para una inversión de S/36,009.00 se genera un VAN de S/. 22,400.96 y un TIR DE 40.3%, es decir, se cuenta con un costo beneficio de S/1.62, lo que demuestra la viabilidad de las mejoras. Lo expuesto, es concordante con Calua (2019) quien obtuvo un ahorro diario de S/14.61 el día en un volquete y dos excavadoras como factor económico, mientras que al aumentar el rendimiento obtuvo \$174.24 en rentabilidad por el uso del equipo. Por lo tanto, se establece que, las acciones realizadas influyen en una reducción del dinero no percibido por la empresa en estudio, por lo que es importante una identificación de oportunidades para la mejora continua.

4.2 Conclusiones

Se identificó las causas de un elevado tiempo muerto y costos operativos, por lo que se estableció acciones para reducir las demoras operativas, capacitaciones y un plan de mantenimiento que aumentaron la disponibilidad de 83.15% en enero de 2023 a 92.32% en junio de 2023, la utilización en el traslado de desmonte del 72.53% al 93.64%. y una reducción de costos operativos de S/4,360.00, siendo las demoras operativas la que mayor efecto ocasiona al problema.

Se logro identificar en la etapa de diagnóstico que la baja disponibilidad del 83.15% de los equipos de carguío y acarreo se debe a un elevado tiempo de mantenimiento correctivo y paradas por horas de fallas, así como un elevado tiempo de demoras operativas debido a la cola de descarga, cola en frente del carguío, cambio de guardia, y horarios de refrigerio y movilidad.

Se plantea alternativas de solución para las causas que generan un elevado tiempo muerto y costos operativos, los cuales comprenden en acciones para reducir demoras operativas, capacitación al personal de carguío, y acarreo y mejoras en el plan de mantenimiento.

Se determinó que es viable la propuesta de mejora, puesto que con una inversión de S/36,009.00 se genera un VAN de S/. 22,400.96 y un TIR DE 40.3%, es decir, se cuenta con un costo beneficio de S/1.62 al reducir los tiempos muertos y costos operativos.

REFERENCIAS

- Aguirre Sajami, C. R., Barona Meza, C. M., & Dávila Dávila, G. (2020). La rentabilidad como herramienta para la toma de decisiones: análisis empírico en una empresa industrial. *Valor Contable*, 7(1), 50-64. Obtenido de https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_vc/article/view/1396
- Aguirre-Jofré, Eyre, Valerio, & Vogt. (2023). Low-cost internet of things (IoT) for monitoring and optimising mining small-scale trucks and surface mining shovels. *Automation in Construction*, 131(103918), 1-16. doi:10.1016/j.autcon.2021.103918
- Calua, F. (2019). *Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache S.A.* Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3114/TESIS%20FREDDY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garcés, D., & Castrillón, O. (2017). Diseño de una Técnica Inteligente para Identificar y Reducir los Tiempos Muertos en un Sistema de Producción. *Información Tecnológica*, 28(3), 157-170. doi:10.4067/S0718-07642017000300017
- García Colín, J. (2014). *Contabilidad de Costos* (Cuarta ed.). México: Mc Graw-Hill Interamericana. Obtenido de https://www.academia.edu/51048881/Garc%C3%ADa_J_2014_Contabilidad_de_costos_4ta_edici%C3%B3n_McGraw_Hill_Education_M%C3%A9xico
- Gestión. (20 de Agosto de 2020). Minería puede ser el salvavidas para economía peruana en recesión. *Gestión*, págs. 1-21. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/mineria-puede-ser-el-salvavidas-para-economia-peruana-en-recesion-noticia/>

- Guerra-López, E., & Montes de Oca-Risco, A. (2019). Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de Ciencias de la Tierra*(45), 14-21. doi:10.15446/rbct.n45.68711
- Gurreonero Mamani Marcos Weimar. (2021). *Optimización de tiempos del ciclo de carguío y acarreo en la empresa minera la Arena, Huamachuco - La Libertad*. Trujillo.
- Heber De La Cruz Valle. (2018). “*OPTIMIZACIÓN DE LOS CICLOS DE CARGUÍO Y ACARREO PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS EN UNA EMPRESA MINERA*”. Trujillo.
- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Santa Fe: Mc Graw Hill. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hern%C3%A1ndez-%20Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodlogía de la Investigación*. México: McGRAW-HILL / INTRAMERICANA EDITORES.
- Itamar Rojas Ortiz. (2019). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL USO DE KPI'S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN DE LA PRESA DE RELAVES – ANTAMINA*. Piura.
- Jesus Libardo Barranco Lopez. (2017). *OPTIMIZACIÓN DE LOS CICLOS DE CARGUE, TRANSPORTE Y DESCARGUE DE CALIZA Y MEZCLAS (LIMOLITAS, CHERT, MARGAS)*. Sogamoso, Boyaca.
- Maldonado, J. (2018). *Metodología de la Investigación Social*. Bogotá: Ediciones de la U.

- Manuel Jesus Ramos Crisostomo y Estela Salomon De la Peña. (2021). *Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua*. Huancayo.
- María Fernanda Fica Tapia. (2018). *DETECCIÓN DE ANOMALÍAS EN UN PROCESO DE CARGUÍO AUTÓNOMO*. Santiago de Chile.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J. J., & Romero, H. E. (2018). *Metodología de la investigación* (5 ed.). Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-invcuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
- Pabel Marx Huarocc Ccanto. (2014). *“OPTIMIZACION DEL CARGUIO Y ACARREODE MINERAL MEDIANTE EL USO DE INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO U.M.CHUCO II DE LA E.M. UPKAR MINING S.A.C*. Huancayo.
- Segundo Díaz Rojas y Alan Medina Estela. (2020). *Reducción de tiempos improductivos para mejorar la productividad de los procesos de Carguío y Acarreo tajo Pampa Verde, minera la Zanja* . Chiclayo.
- Skoczylas, A., Podredumbre, A., Stefaniak, P., & Śliwiński, P. (2023). Haulage Cycles Identification for Wheeled Transport in Underground Mine Using Neural Networks. *Sensors*, 23(3), 1-17. doi:10.3390/s23031331

ANEXOS

ANEXO N.º 1. Guía de análisis documental del indicador % utilización del equipo

Investigador	Rodrigo Ballena Paredes					
Objetivo	Calcular la reducción de la inactividad del equipo mediante un aumento de su utilización.					
Periodo	1 mes					
Variable	Fórmula					
Facturación de energía eléctrica	$\frac{\text{Tiempo Neto de Operación (TNO)}}{\text{Tiempo Total Programado (TTP)} - \text{Tiempo de Mantenimiento (MP)}}$					
Indicador						
Costo operativo						
Código de equipo	Tiempo Neto de Operación (TNO)	Tiempo Total Programado (TTP)	Tiempo de Mantenimiento (TM)			
			Insp. Engrase	Mtto. Prev.	Mtto. Corr.	Hrs. Falla
Promedio						

ANEXO N.º 2. Guía de análisis documental del indicador % disponibilidad del equipo

Investigador	Rodrigo Ballena Paredes				
Objetivo	Calcular el aumento de la disponibilidad que permita cumplir con las horas planificadas de operación.				
Periodo	1 mes				
Variable	Fórmula				
Facturación de energía eléctrica	$\frac{\text{Tiempo Total Programado (TTP)} - \text{Tiempo de Mantenimiento (TM)}}{\text{Tiempo Total Programado (TTP)}}$				
Indicador					
Costo operativo					
Código de equipo	Tiempo Total Programado (TTP)	Tiempo de Mantenimiento (TM)			
	Hrs. Prog.	Insp. Engrase	Mtto. Prev.	Mtto. Corr.	Hrs. Falla
Promedio					

ANEXO N.º 3. Guía de análisis documental del indicador Costo Operativo

Investigador	Rodrigo Ballena Paredes	
Objetivo	Calcular el costo operativo mediante el gasto total que se incurre en su funcionamiento y mantenimiento.	
Periodo	1 mes	
Variable	Fórmula	
Facturación de energía eléctrica	$\text{Costo operativo} = \text{Costos Variables} + \text{Costos Fijos}$	
Indicador		
Costo operativo		
Descripción	Costo unitario mensual	Total
Número de máquinas		
Costos fijos		
Salarios, beneficios		
Costos variables		
Costo lubricantes		
Mantenimiento		
Llantas		
Cálculo del costo operativo mensual		

ANEXO N.º 4. Horario de operaciones

CONTROL DIARIO				
Operario				
Fecha				
Ítem	Descripción	Si	No	Observaciones
1	¿Las luces delanteras están operativas?			
2	¿Las luces de retroceso están operativas?			
3	¿Las Luces del Panel de Control están operativas?			
4	¿La alarma de retroceso está operativa?			
5	¿La Bocina (claxon) está operativa?			
6	¿El cinturón de seguridad está operativo?			
7	¿El extintor de seguridad está operativo?			
8	¿El sistema de detección y supresión automática contraincendios está operativo?			
9	¿La batería y bornes de la batería se encuentran en buen estado?			
10	¿Cuenta con la medición de monóxido y gases nitrosos vigente?			
11	¿Existe materiales inflamables? (depósitos de aceite / combustibles, trapos, etc.)			
12	¿Existe grietas y/o rajaduras en la estructura del equipo (chasis, brazo, etc)?			
13	¿La articulación central se encuentra operativo?			
14	¿ Existe fugas de aceite de transmisión, refrigerante e hidráulico?			
15	¿El panel de control del operador se encuentra operativo (sin fallas activas)?			
16	¿Las puertas del operador incluye los vidrios se encuentran en buen estado?			
17	¿El equipo cuenta con ficha de control de ingreso a labores?			
18	¿El equipo se encuentra limpio y sin detritos en la viga de perforación?			
19	¿El operador cuenta con radio?			
20	¿El freno de servicio y de parqueo se encuentra en buen estado?			
21	¿Existe fugas de aceite del motor diésel?			
22	¿Existe fugas de combustible del motor diésel?			
23	¿El limpiaparabrisas, barrido delantero y posterior se encuentra operativo? (Si Aplica)			
24	¿El sensor de puerta abierta se encuentra operativo? (Si Aplica)			
25	¿El funcionamiento de estabilizadores (gatas) delanteras y posteriores está operativo?			
26	¿El selector de marchas, pedales de freno y aceleración se encuentra en buen estado?			

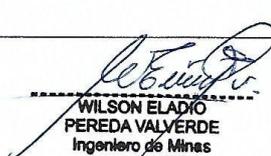
27	¿El nivel de combustible está por debajo de 1/4 de tanque?			
28	¿El nivel de aceite hidráulico se encuentra por debajo del mínimo?			
29	¿El nivel de aceite de motor se encuentra por debajo del mínimo de la varilla de medición?			
30	¿El nivel de aceite transmisión se encuentra por debajo del mínimo? (En caja power shift)			
31	¿El filtro de combustible y/o aceite presentan fugas?			
32	¿El horómetro (contador horario) se encuentra en buen estado?			
33	¿El enfriador(es) se encuentra(n) limpio(s) y en buen estado?			
34	¿Las mantas ignífugas en tubos de escape, turbo y zonas calientes del motor Diesel está en buen estado?			
35	¿El interruptor de la batería se encuentra en buen estado?			
36	¿El asiento del operador se encuentra en buen estado?			
37	¿Cuenta con strainer y tapa de llenado de combustible?			
38	¿El cable de alimentación de energía 440 voltios presenta cortes, empalmes y/o golpes?			
39	¿El equipo presenta inducción (antes de subir al equipo pruebe con su revelador de tensión) ?			
40	¿Cuenta con 02 cordones de bloqueo y 02 barras luminosas?			
41	¿La circulan azul se encuentra en buen estado?			
42	¿Cuenta con 02 conos y 02 tacos?			
43	¿El sistema de cámaras de retroceso se encuentran operativo?			
44	¿La alarma de pre-arranque se encuentra operativa?			
45	¿Tiene y está vigente Autorización Interna de Manejo para Jumbos Frontoneros?			
46	¿La temperatura y presión de aceite del motor diésel se encuentra en los rangos permitidos?			
47	¿La viga se encuentra en buen estado?			
48	¿Existen grietas y/o rajaduras; pernos rotos y/o flojos en el brazo?			
49	¿La Perforadora se encuentra operativa?			
50	¿La Compresora se encuentra operativa y su presión está dentro del rango de funcionamiento de 2 bar como mínimo?			
51	¿Los cables de Avance y Retorno se encuentran en buen estado?			

ANEXO N.º 5. Costos y equipos de carguío y acarreo

Mantenimiento de acuerdo al kilometraje por actividad												
Tipo de actividad	P = Limpiar, L= Lubricar, C=Cambiar, I=Comprobar, inspeccionar o medir, D=Drenar y V=Verificar											
ACTIVIDAD PROGRAMADA	INTERVALOS	REALIZAR (horas)										
		8	50	100	250	500	750	1000	1250	1500	1750	200
Engrase General	8 horas	L										
Revisar el nivel de aceite de compresora		V										
Revisar nivel de aceite de lubricación		V	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Realizar la revisión del nivel de aceite hidráulico		V										
Drenar agua del tanque de compresor	50 horas		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Rellenar aceite al tanque lubricador de martillo			L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Revisar nivel de aceite de motor Diesel			V	V								
Verificar ajuste de pernos de Guide Plates	100 horas			V		I		I		I		I
Verificar estado del Driver de rotación				V								
Verificar Carga de Acumuladores alta y baja					V							
Realizar el cambio del aceite de motor	250 horas				C	C	C	C	C	C	C	C
Realizar cambio de filtro de aceite de motor					C	C	C	C	C	C	C	C
Realizar cambio de filtros de aire del motor					C	C	C	C	C	C	C	C
Realizar cambio de filtros de combustible					C	C	C	C	C	C	C	C
Limpieza de filtro de aire del compresor	500 horas				L	L	L	L	L	L	L	L
Realizar cambio de aceite de compresor		V	D	D	D	C	D	C	D	C	D	C
Realizar cambio de filtros hidráulicos de compresor						C		C		C		C
Realizar cambio de filtro separador de aceite			L	L	L	C	L	C	L	C	L	C
Limpieza de filtros de colector de polvo					V							
Revisar Turbo estado de turbo compresor						V		V		V		V
Realizar el Templado de cadena de Carrilera	750 horas						I			I		
Cambio de aceite de reductores	1000 horas							C				C
Cambio de filtro hidráulico de retorno								C				C
Cambio de filtro respiradero del tanque hidráulico		V	V	V	V	V	V	C	V	V	V	C
Cambio de filtro de colector de polvo			V	V	V	V	V	C	V	V	V	C
Limpieza de pre filtros de motor								C				C
Realizar cambio de aceite hidráulico	2000hrs	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	C
Realizar cambio de filtro de succión hidráulico												C
Realizar cambio de filtro de pilotaje												C
Realizar cambio de líquido refrigerante		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	C

ANEXO N.º 6. Validación de experto



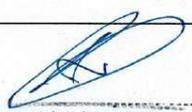
MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	"OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE CARGUÍO Y ACARREO PARA EVITAR TIEMPOS MUERTOS Y REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA ELOHIM S.A.C."			
Línea de investigación:	DESARROLLO SOTENIBLE Y GESTIÓN EMPRESARIAL			
Apellidos y nombres del experto:	PEREDA VALVERDE WILSON ELADIO			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	TIEMPOS MUERTOS Y COSTOS OPERATIVOS			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias:				
Firma del experto: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  WILSON ELADIO PEREDA VALVERDE Ingeniero de Minas CIP N° 270457 </div>				

ANEXO N.º 7. Validación de experto

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	"OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE CARGUÍO Y ACARREO PARA EVITAR TIEMPOS MUERTOS Y REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA ELOHIM S.A.C."			
Línea de investigación:	DESARROLLO SOSTENIBLE Y GESTIÓN EMPRESARIAL			
Apellidos y nombres del experto:	Graus Gonzalez Judith			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	TIEMPOS MUERTOS Y COSTOS OPERATIVOS			
<p>Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias: 				
Firma del experto: <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  ----- JUDITH GRAUS GONZALEZ Ingeniera de Minas CIP N° 301921 </div>				

ANEXO N.º 8. Validación de experto



MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	"OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE CARGUÍO Y ACARREO PARA EVITAR TIEMPOS MUERTOS Y REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA ELOHIM S.A.C."			
Línea de investigación:	DESARROLLO SOTENIBLE Y GESTIÓN EMPRESARIAL			
Apellidos y nombres del experto:	SICCHA RUIZ ORLANDO ALEX			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	TIEMPOS MUERTOS Y COSTOS OPERATIVOS			
<p>Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
<p>Sugerencias: Los instrumentos se adaptan a la toma de datos a equipos de carguío y acarreo.</p>				
<p>Firma del experto:</p> <div style="text-align: center;">  <i>Mr. en Ciencia e Ingeniería</i> ORLANDO ALEX SICCHA RUIZ ING. MINAS R. CIR 66633 </div>				

ANEXO N.º 9. Fotos de campo y operaciones

