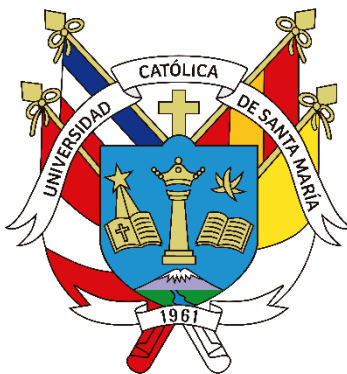


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



**Implementación de controles operativos para la optimización del
rendimiento de los equipos Scooptram Cat R1300G para mejorar la
rentabilidad en la empresa Martínez contratista e ingeniería, unidad
minera Kolpa, Huancavelica 2025**

Tesis presentada por el Bachiller:

Ccari Paricahua, Jordan Eduth

ORCID: 0009-0006-2181-1349

para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas

Asesor:

Mg. Arias Quispe, Cesar Fabian

ORCID: 0009-0001-7874-2691

Arequipa - Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA DE MINAS

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 03 de Septiembre del 2025

Dictamen: 015230-C-EPIM-2025

Visto el borrador del expediente 015230, presentado por:

2015222911 - CCARI PARICAHUA JORDAN EDUTH

Titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES OPERATIVOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS SCOOPTRAM CAT R1300G PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD EN LA EMPRESA MARTÍNEZ CONTRATISTA E INGENIERÍA, UNIDAD MINERA KOLPA, HUANCAVELICA 2025.

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO DE MINAS

**40656104 - LOPEZ CASAPERALTA DE DIAZ PATRICIA YANETH
DICTAMINADOR**



**40859499 - BERNEDO TITO EDWIN JOSE
DICTAMINADOR**



**71237395 - OJEDA VIZARRETA JORGE ANTONIO
DICTAMINADOR**



Implementación de controles operativos para la optimización del rendimiento de los equipos Scooptram Cat R1300G para mejorar la rentabilidad en la empresa Martínez contratista e ingeniería, unidad min

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza y perseverancia para superar cada reto en este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo en cada etapa de mi vida. Su ejemplo de esfuerzo y dedicación ha sido mi mayor inspiración.

A mi pareja, por su paciencia, comprensión y aliento constante en los momentos más difíciles.

A mi hija, motivo de mi lucha diaria y fuente de mi mayor felicidad. Que este logro sea un reflejo del amor y compromiso que tengo por su futuro.

A mi asesor que con su apoyo y consejos hicieron más llevadero este proceso.

A todos aquellos que de una u otra manera han formado parte de este logro, mi más sincero agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios, quien me ha dado la fortaleza, paciencia y determinación para completar esta etapa de mi vida.

A mis padres, por ser mi pilar y brindarme su amor, apoyo incondicional y enseñanzas, las cuales han sido fundamentales en mi formación personal y profesional.

A mi pareja, por su comprensión, paciencia y aliento constante en cada momento de este proceso. Su compañía y motivación han sido clave para alcanzar esta meta.

A mi hija, quien representa mi mayor inspiración y motivo de esfuerzo. Que este logro sea un ejemplo de dedicación y perseverancia para su futuro.

A mis docentes y asesores, por compartir su conocimiento y orientación a lo largo de este camino, brindándome las herramientas necesarias para desarrollar este trabajo.

A mis compañeros de trabajo y amigos, por su apoyo, consejos y compañerismo, los cuales hicieron que este proceso sea más llevadero.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron a la culminación de esta investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado *Implementación de controles operativos para la optimización del rendimiento de los equipos Scooptram Cat R1300G para mejorar la rentabilidad en la empresa Martínez contratista e ingeniería, unidad minera Kolpa, Huancavelica 2025*, tiene como objetivo la mejora del rendimiento de los equipos Scooptram, ya que actualmente se evidencia deficiencias operativas de los equipos en las operaciones mina, que afectan directamente al rendimiento y rentabilidad. Algunos de esas deficiencias que se evidenciaron son los indicadores mecánicos: disponibilidad mecánica y utilización, un diseño deficiente de planeamiento mina que nos da como resultado la sobredistancia o la doble manipulación y la falta de control en factores técnicos.

Todos estos factores operacionales son base de nuestro estudio, ya que se evidenció que el rendimiento de cada equipo Cat R1300G es ligeramente bajo, lo que trae consigo que el material movido en un periodo de tiempo de la jornada de trabajo no sea eficiente, de tal forma esto perjudica y acondiciona directamente a la operación durante guardia; ya que cada equipo tendría una menor eficiencia en la limpieza de los frentes de avance o traslado de mineral/desmonte hacia las cámaras de acumulación. En dicha investigación se basó en detectar los factores técnicos y operacionales como: Sobredistancia, doble manipulación de carga, condiciones de las vías, disponibilidad y utilización mecánica. De tal forma que la investigación de tipo descriptiva y cuasi experimental se basó en evidenciar mediante registro de meses anteriores a la investigación y se realizó la implementación de los controles operativos en base a lo observado y registrado durante los meses anteriores y los 6 meses que duró la investigación, por consiguiente en transcurso de la investigación se ve una mejora en el rendimiento de los equipos, ya que parte de nuestro estudio desde el mes de enero, con la implementación de los controles operativos ya dada, se logró optimizar el tiempo de ciclo de trabajo de los equipos, obteniendo una mejora del rendimiento de los equipos, que meses

anteriores a empezar la investigación se registraba un rendimiento de 23.41 m³/h y luego con la implementación de los controles se obtuvo un rendimiento a 24.38 m³/h. Los resultados dados en el rendimiento permiten que los equipos Scooptram Cat R1300G garanticen un mayor avance en la limpieza y habilitación de frentes, lo que da como resultados un aumento en habilitar frentes o avanzar con otros trabajos programados.

En conclusión, la aplicación de controles operativos nos permite registrar un mayor avance de labores, un mayor control de tiempo y un aumento de la rentabilidad de la operación de acarreo y limpieza por parte de los equipos de 4.1 yd³; todas estas mejoras operacionales se verán reflejados en un aumento de metros de avances y un mayor crecimiento de la rentabilidad que fue de 8.9% registrado en diciembre 2023 a un 11.46% en el mes de enero 2024.

Palabras clave: Optimización operativa, rentabilidad, Scooptram Cat R1300G.

ABSTRACT

The present research work entitled Implementation of operational controls for the optimization of the performance of Scooptram CAT R1300G equipment to improve profitability in the company Martínez contratista e ingeniería, Kolpa Mining Unit, Huancavelica 2025, aims to improve the performance of the Scooptram equipment, since current operational deficiencies in mining operations directly affect performance and profitability. Some of these deficiencies identified include mechanical indicators such as mechanical availability and utilization, poor mine planning design resulting in over-distance or double handling, and the lack of control over technical factors.

All these operational factors form the basis of this study, as it was evidenced that the performance of each Cat R1300G unit is slightly below expected, which results in inefficient material movement during the working shift. Consequently, this directly impacts operations during each shift, as equipment shows lower efficiency in cleaning development faces or hauling ore/waste to stockpiles. The research focused on detecting technical and operational factors such as over-distance, double load handling, road conditions, and mechanical availability and utilization.

This descriptive and quasi-experimental study was based on records from months prior to the research period, followed by the implementation of operational controls based on observed and recorded data during previous months and the six months of the research itself. As the study progressed, improvements in equipment performance were observed. From January onwards, with the implementation of the operational controls, the equipment cycle time was optimized, increasing performance from 17.14 m³/h (recorded before the study) to 21.51 m³/h after implementation.

The results obtained demonstrate that the Scooptram CAT R1300G units achieved

greater progress in cleaning and face preparation, which also allowed for increased availability of headings and the advancement of other scheduled works.

In conclusion, the application of operational controls allows for greater progress in mining activities, improved time management, and increased profitability in hauling and cleaning operations with the 4.2 yd³ equipment. These operational improvements are reflected in increased development (meterage) and higher profitability, which rose from 8.9% in December 2023 to 11.46% in January 2024.

Keywords: Operational optimization, profitability, Scooptram CAT R1300G

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

1.1 Planteamiento del problema 4

1.2 Objetivos de la investigación..... 7

1.2.1 General 7

1.2.2 Específicos 7

1.3 Pregunta de la investigación 7

1.4 Líneas de investigación..... 7

1.4.1 Campo 7

1.4.2 Área 8

1.4.3 Línea..... 8

1.5 Palabras clave. 8

1.6 Aporte del desarrollo de tesis. 8

CAPÍTULO II 9

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS 10

2.1. Estado del arte 10

2.2. Antecedentes de la investigación..... 14

2.2.1. Antecedentes internacionales 14

2.2.2. Antecedentes nacionales..... 16

2.3. Aspectos generales.....	18
2.3.1. Ubicación	18
2.3.2. Vías de acceso	20
2.3.3. Clima y vegetación.....	21
2.3.4. Geología	21
2.3.4.1 Geología regional	21
2.3.4.2 Geología local	22
2.3.4.3 Geología estructural	22
2.3.4.4 Geología económica.....	23
2.3.5. Labores de desarrollo y exploración	24
2.3.5.1 Labores de desarrollo	24
2.3.5.2 Labores de preparación	24
2.3.6. Método de minado.....	25
2.3.7. Ciclo de minado en labores de avance	26
2.3.8. Recurso humano en operaciones mineras	28
2.4. Bases Teóricas	28
2.4.1. Labores de limpieza en frentes de avance	28
2.4.2. Clasificación de los costos según su variabilidad	30
Costos fijos.....	30
Costo de inversión.....	31
Costo de posesión.....	31
Costo horario	31
Periodo de depreciación	31
2.4.3. Costos variables.....	32
2.4.3.1 Valor depreciable	32

2.4.3.2	Valor de rescate.....	33
2.4.3.3	Costo de combustible	33
2.4.3.4	Materiales e insumos.....	33
2.4.3.5	Aceites y lubricantes	33
2.4.4.	Punto de equilibrio en minera	33
2.4.5.	Factores claves en el punto de equilibrio minero	34
2.4.6.	Deficiencias operativas en minería.....	34
2.4.7.	Scoops de la empresa especializada	36
2.4.8.	Scooptram Cat R1300G	37
2.4.9.	Especificaciones técnicas del Scooptram CAT R1300G	38
2.4.10.	Mantenimiento de equipos LHD	39
2.4.11.	Tipos de mantenimiento	40
2.4.12.	Parámetros de operación y eficiencia en minería subterránea	41
2.4.13.	Formato de reporte de equipo Cat R1300G.....	41
2.4.14.	Base de datos de información.....	42
2.4.15.	Distancias de acarreo de mineral.....	43
2.4.16.	Limpieza y transporte con scooptram	44
2.4.17.	Productividad optima	45
2.4.18.	Análisis de tiempos en el ciclo operativo del LHD.....	45
2.4.19.	Componentes del estudio de tiempos	46
2.4.20.	Disponibilidad y utilización	46
2.4.21.	Rendimiento del equipo	47
2.5.	Definiciones conceptuales	48
2.6.	Hipótesis	49
2.6.1.	Hipótesis general.....	49

2.6.2. Hipótesis específicas	49
2.7. Variables.....	50
2.7.1. Variable independiente.....	50
2.7.2. Variable dependiente.....	50
2.7.3. Operacionalización de las variables	50
CAPÍTULO III.....	51
3. METODOLOGÍA	52
3.1. Alcance y limitaciones.....	52
3.1.1. Alcance.....	52
3.1.2. Limitaciones	52
3.1.3. Aporte.....	52
3.2. Tipo y nivel de la investigación.....	53
3.2.1. Tipo de investigación	53
3.2.2. Nivel de la investigación	53
3.3. Población y muestra.....	53
3.3.1. Población.....	53
3.3.2. Muestra.....	53
3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54
3.4.1. Técnicas.....	54
3.4.2. Instrumentos:.....	54
3.5. Plan de análisis estadístico de datos	55
3.6. Cronograma y presupuesto	56
CAPÍTULO IV.....	58
4. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES	59
4.1. Análisis e interpretación de resultados	59

4.2. Factores técnicos y operativas que afectan el rendimiento de los Scooptram.....	59
4.2.1. Sobredistancia en las operaciones de acarreo.	60
4.2.2. Doble manipulación de mineral / desmonte.	61
4.2.3. Condiciones de las vías de acarreo.....	62
4.2.4. Sobrerotura en frentes de avance.....	63
4.3. Controles operativos implementados.....	64
4.3.1. Gestión de la disponibilidad y utilización de equipos.....	64
4.3.1.1. Mejora en los programas de mantenimiento.	65
4.3.1.2. Cálculo de indicadores de disponibilidad y utilización de equipos mina con la implementación de controles.	67
4.3.2. Optimización del control de voladuras en frentes y secciones.....	71
4.3.3. Sobredistancia y doble manipuleo en equipos CAT R1300G.....	76
4.3.4. Mantenimiento de vías	80
4.4. Evaluación del impacto de los controles operativos en el rendimiento del Scooptram Cat R1300G.....	81
4.4.1. Rendimiento de equipo Cat R1300G	81
4.4.1.1. Análisis del rendimiento de equipo Cat R1300G.....	82
4.4.1.2. Características de equipo Scooptram R1300G.....	85
4.4.1.3. Cálculo del ciclo de limpieza	86
4.4.2. Rendimiento del equipo con la implementación de controles operacionales	93
4.4.2.1 Análisis del nuevo rendimiento de equipo Cat R1300G	93
4.4.2.2 Características de equipo Scooptram R1300G.....	96
4.4.2.3 Cálculo del ciclo de limpieza	96

4.5. Determinación de la mejora en la rentabilidad de la operación.....	102
4.5.1. Cálculo del costo unitario.....	102
4.5.2. Costos de posesión	103
4.5.3. Cálculo del costo de operación.....	107
4.5.3.1 Cálculo de costo por hora del equipo LHD (Scoop Cat R1300G).....	109
4.5.4. Evaluación de la rentabilidad de los equipos Scooptram R1300G	109
4.6. Contrastación de resultados y análisis de resultados	113
4.6.1. Primera hipótesis	113
CONCLUSIONES	118
RECOMENDACIONES	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
ANEXOS	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas de Kolpa.....	19
Tabla 2 Ruta y vías de acceso a la unidad.	20
Tabla 3 Tabla de porcentaje de depreciación.....	32
Tabla 4 Equipos Scooptram de Mceisa.....	36
Tabla 5 Equipos Cat R1300G de MCEISA	38
Tabla 6 Tabla de Variables	50
Tabla 7 Tabla de cronograma.	56
Tabla 8 Tabla de presupuesto	57
Tabla 9 Tabla de disponibilidad y utilización promedio de los equipo Cat R1300G	71
Tabla 10 Promedio de sobrerotura mensual.....	76
Tabla 11 Resumen de horas trabajadas del mes de Enero a Junio 2024.....	79
Tabla 12 Mantenimiento de vías (horas).	81
Tabla 13 Velocidad de equipo CAT R1300G.....	81
Tabla 14 Labores programadas enero 2024.....	82
Tabla 15 Promedio de secciones de labores sin optimizar.	83
Tabla 16 Factor de esponjamiento	84
Tabla 17 Factor de llenado15.....	85
Tabla 18 Labores programadas en enero 2024.	93
Tabla 19 Características de labores.....	94
Tabla 20 Datos del equipo Cat R1300G	102
Tabla 21 Conformación del costo del equipo	103
Tabla 22 Periodo de depreciación de equipos.....	105
Tabla 23 Costo de lubricantes.....	108
Tabla 24 Costo por hora del equipo.....	109

Tabla 25 Horas mínimas de trabajo por mes, según capacidad del equipo.	110
Tabla 26 Horas trabajadas equipo Scoop Nro. 41.....	111
Tabla 27 Horas equipos total de los Scoop R1300G	111
Tabla 28 Cuadro de avances y cumplimiento de enero a junio 2024	112
Tabla 29 Cuadro de rentabilidad.....	112
Tabla 30 Costo horario equipo.....	114
Tabla 31 Diferencia de tiempos de limpieza con y sin controles en una sección de 3.0m x 3.0 m	115
Tabla 32 Rendimiento del equipo optimizado por meses.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación y Accesos a la mina.....	20
Figura 2 Labores de preparación y desarrollo.....	25
Figura 3 Diseño de minado taladros largos.....	26
Figura 4 Cantidad de trabajadores	28
Figura 5 Formato de reporte de equipo Cat.	42
Figura 6 Base de datos	43
Figura 7 Plano de limpieza de CAT 4.1 yd3.....	44
Figura 8 Estado de las vías de acceso a labores de avance.....	63
Figura 9 Tabla de mantenimiento programado de 2023 a 2024 (% de cumplimiento)	66
Figura 10 Porcentaje de cumplimiento de programa de capacitación mensual 2023 a 2024	67
Figura 11 Tiempos Programados.....	68
Figura 12 Cuadro de disponibilidad mensual de los equipos CAT R1300G.....	69
Figura 13 Cuadro de porcentaje de utilización de equipo Cat R1300G	70
Figura 14 Pintado de malla de perforación (sección menor a lo programado).....	73
Figura 15 Uso de guidores de perforación (paralelismo de taladros).	74
Figura 16 Preparación de explosivos de menor potencia para control para corona y hastiales.....	75
Figura 17 Frente de avance con controles de voladura.....	76
Figura 18 Contrato de limpieza con equipos.	77
Figura 19 Horas equipo sobredistancia enero 2024.....	78
Figura 20 Horas equipo sobredistancia febrero 2024	78
Figura 21 Cuadro de horas trabajadas mensualmente en labores con sobredistancia.....	80
Figura 22 Tiempo de retorno con carga.....	87

Figura 23 Tiempo de retorno sin carga.	88
Figura 24 Ciclo total de acarreo.	89
Figura 25 Tiempo total de limpieza.	90
Figura 26 Rendimiento del equipo.	91
Figura 27 Rendimiento del equipo ajustado.	92
Figura 28 Tiempo de retorno con carga optimizado.	97
Figura 29 Tiempo de retorno sin carga optimizado.	98
Figura 30 Tiempo total de limpieza optimizado.	99
Figura 31 Rendimiento del equipo optimizado.	100
Figura 32 Rendimiento del equipo optimizado (Tn/h)	101
Figura 33 Cuadro de rendimiento mensual de oct. 2023 a junio 2024, de los 4 equipos Cat R1300G.	102
Figura 34 Comparación del rendimiento del equipo Diciembre 2023 y enero 2024.	117

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Manual técnico Equipo Cat R1300G	124
Anexo 2. Cronograma de mantenimiento semanal según programa PCR.	125
Anexo 3. Cronograma de mantenimiento mensual programado de acuerdo a la necesidad del equipos según programa PCR	126
Anexo 4. Programa de capacitaciones programados durante el mes.....	127
Anexo 5. Pintado y diseño de malla de perforación, según tipo de roca. Proyección de líneas en corona para guía de perforación con Jumbo	128
Anexo 6. Carga de explosivo en distintas secciones	129
Anexo 7. Sobredistancia en acarreo, planos de labor	130
Anexo 8. Imagen de labor raspado por equipo Scooptram	134
Anexo 9. Cuadro de retorno con carga a distintas distancias diciembre 2023.	135
Anexo 10. Cuadro de retorno sin carga a distintas distancias diciembre 2023.....	136
Anexo 11. Cuadro de ciclo total de acarreo distintas distancias diciembre 2023.....	137
Anexo 12. Cuadro de tiempo total de limpieza distintas distancias diciembre 2023.	138
Anexo 13. Cuadro de rendimiento del equipo a distintas distancias diciembre 2023	139
Anexo 14. Cuadro de tiempo de retorno con carga optimizado enero 2024.....	140
Anexo 15. Cuadro de tiempo de retorno sin carga optimizado enero 2024.....	141
Anexo 16. Cuadro de tiempo total de limpieza optimizado enero 2024.....	142
Anexo 17. Cuadro de rendimiento del equipo optimizado enero 2024.	143
Anexo 18. Cuadro de comparación de rendimiento diciembre 2023 y enero 2024.....	144
Anexo 19 Autorización de uso de datos.	145

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas contratistas que operan en el sector minero se encuentran en un ambiente altamente competitivo, donde uno de los objetivos principales es reducir los costos en todas sus operaciones y donde la eficiencia operativa es crucial para maximizar la rentabilidad de la empresa. Por tal motivo, el presente estudio realizado llevará a obtener resultados donde se obtenga un mayor rendimiento de los equipos Scooptram Cat R1300G y por tanto dicha actividad sea rentable para la empresa.

Dicha investigación se llevará a cabo en la unidad minera Kolpa, donde realiza sus operaciones la empresa Martínez Contratistas e Ingeniería S.A., del cual basaremos nuestra investigación. La empresa especializada Martínez viene prestando servicios integrales, realizando trabajos de preparación de labores, explotación de vetas, carguío, acarreo y transporte de material. Por tal motivo nuestra investigación tiene como línea de estudio la actividad de carguío y acarreo realizado por los 4 equipos Scooptram Cat R1300G, que es una de las actividades unitarias que concentran una de las mayores inversiones en equipos y costos de operación; ya que en el tiempo laborado se observa deficiencias operativas que se reflejan en el bajo rendimiento de los equipos y la baja rentabilidad de los equipos Cat R1300G. El rendimiento de los equipos Cat R1300G viene acondicionado a muchos factores operacionales, tales como: la baja disponibilidad de los equipos, la sobredistancias o doble manipulación que realizan los equipos, la deficiencia en el área planeamiento respecto a la ubicación de las cámaras de carguío hacia el frente, la falta de control de voladura, entre otras. Todos estos factores operacionales afectan el rendimiento de los equipos, además como punto importante es que en el contrato estipulado de la empresa Martínez con el titular de la actividad minera Kolpa, refleja que los equipos durante el acarreo de mineral o desmonte tiene como recorrido de una distancia no mayor a los 150 metros, es decir que los ciclos de limpieza del frente hacia las cámaras de transferencia o carguío no deben superar los 150 metros, ya que de no ser así

tomaría más tiempo para realizar dicho trabajo, como consecuencia el programa diario o las horas diarias que cada equipo Cat R1300G debe realizar por guardia o día, presentará deficiencias y en muchos casos no llegaría a cumplirse dicho programa. Al recorrer dichas distancias cargado con material comprometería el desgaste prematuro de los componentes del equipo.

El objetivo principal de esta investigación es poder demostrar que, mediante la implementación de controles operativos, los rendimientos de los equipos van a mejorar, lo que traerá como resultado que dicha actividad realizado por los equipos CAT R1300G sea rentable para la empresa, ya que en la actualidad la contrata cumple la meta programada y presenta una buena rentabilidad en tema de costos y margen de utilidad, pero mediante la implementación de nuestros controles y mejoras en muchos aspectos operativos; la rentabilidad respecto a los equipos Scooptram deberá mejorar y como dato se menciona en el ISO 14224:2016 que el análisis continuo de fiabilidad y mantenibilidad es esencial para aumentar la disponibilidad y reducir las fallas mecánicas imprevistas de los equipos.

Nuestra investigación se dividirá en 4 capítulos, en el capítulo I se desarrollará el planteamiento del problema.

En el capítulo II se desarrollará los fundamentos teóricos necesarios para realizar la investigación.

En el capítulo III se realizará marco metodológico.

En el capítulo IV se demostrará los resultados de la investigación obtenidos en el periodo de tiempo.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El titular de la actividad Minera Kolpa S.A., ubicado en el distrito de Huachocolpa, provincia y región de Huancavelica, teniendo una altura promedio de 4480 msnm, dedicada a la exploración, explotación y beneficio de minerales polimetálicos como plata, plomo, zinc y cobre. Teniendo como recurso y reserva actual la “Veta Bienaventurada”, “Tatiana” y “Elizabeth” con una producción promedio de 1350 TMSD y cuenta con una planta de Beneficio Huachocolpa Uno que tiene una capacidad de 1622 TMSD con una proyección a 2500 TMSD para este año 2024 a 2025, teniendo así el objetivo de ser una compañía Minera competitiva acorde a exigencias del mercado.

Actualmente el titular de la actividad Minera Kolpa S.A. se encuentran diversas empresas contratistas con un aproximado de 900 trabajadores, una de las cuales es la Empresa Especializada Martínez Contratistas e Ingeniería S.A. que brinda servicios en la industria minera y de construcción civil, teniendo una de sus sedes de operación en la unidad Kolpa, donde realiza trabajos de labores de avance (rampas, cruceros, cámaras de acumulación o carguío, entre otras), preparación y explotación polimetálica (corte y relleno ascendente); siendo estas realizadas en la zona de Rampa 2 Nv. 4480.

Los trabajos realizados por la empresa especializada Mceisa en la unidad minera Kolpa que son las operaciones unitarias: perforación, voladura, sostenimiento, limpieza, carguío y transporte de desmonte/beneficio de mineral a planta de beneficio. Siendo el objeto de la investigación la operación de limpieza y carguío de mineral o desmonte principalmente, que se viene realizando con los equipos Cat R1300G. En nuestra investigación uno de los puntos importantes será conocer las deficiencias operativas encontradas en los equipos Cat R1300G al momento de realizar sus trabajos.

En nuestra investigación abarcaremos temas de operatividad de equipos Scooptram modelo Cat R1300G y también identificaremos todas las deficiencias operativas que se observaran en campo y poder identificar aquellos factores que afectan el rendimiento. Al empezar la investigación se tuvo un registro de los meses anteriores de empezar la investigación, que nos servirá como base de estudio para el análisis e interpretación de datos; una de las deficiencias principales encontradas fue la disponibilidad y utilización, ya que los KPI de los meses anteriores a enero de 2024 nos muestran que la disponibilidad promedio general de los 4 equipos CAT R1300G en base a datos anteriores, que van desde 79% a 90% (octubre a diciembre 2023) registrando la menor disponibilidad y utilización en el mes de diciembre 2023 con un promedio mensual de 88.37% disponibilidad y una utilización promedio de 74.51%. Teniendo como consecuencia una limitación en la limpieza de frentes de avance ya que los equipos no se prestan para su utilización efectiva en la guardia; además según el benchmarks de operaciones de equipos, la disponibilidad de equipos LHD deben mantenerse por encima de 85% como indica la ISO 14224:2016.

Por otro lado también se tiene como referencia de meses anteriores la falta de cumplimiento de mantenimiento preventivo ya que de manera operativa en muchas ocasiones no se cumplía con el mantenimiento programado de cada equipo y esto traía como consecuencia una baja disponibilidad del equipo, ya que como es el caso del equipo Scoop Nro. 24 tuvo una disponibilidad promedio en diciembre de 2023 de 88.37% ya que presentaba fallas mecánicas desgaste y por la antigüedad del equipo; lo que traía como consecuencia que estuviera en el taller más tiempo y presentara un estado inoperativo.

Muchas de estas deficiencias vienen acondicionados a la baja disponibilidad de los equipos, el bajo rendimiento de los equipos producto de las distancias mayores a 150m en los ciclos de limpieza, el mal diseño de parte de planeamiento al momento de diseñar las cámaras de carguío respecto a los frentes de avance, entre otros. Por otro evidenciamos que también en

meses anteriores a enero de 2024 se ve una tendencia respecto a los metros avanzados y al cumplimiento mensual donde se evidencio que solo algunos meses se cumplía la meta programada de 750 metros, ejemplo el mes de diciembre de 2023 se logró cumplir con 688 metros efectivos con una relación de los equipos de Cat R1300G de 946.4 horas utilizadas y 79% de promedio mensual de disponibilidad y 69% de utilización.

Todas las deficiencias operacionales mencionadas anteriormente afectan el rendimiento de cada equipo Cat R1300G se encuentre por debajo de lo normal, como ejemplo: tenemos labores que se avanzó con un promedio de sección de 3.0 x 3.0, donde el rendimiento del equipo es de 17.14 m³ /h esto también afectado por el mal diseño de planeamiento respecto de las cámaras de carguío o transferencia hacia los frentes de avance, lo que afecta directamente a las actividades por realizar durante la guardia, ya que el tiempo que tomaría limpiar dicha labor será mayor y no se cumplirá con el programa establecido o retrasara lo programado para la guardia.

En base a la investigación podremos demostrar que la falta de controles operativos en las operaciones de los equipos CAT R1300G trae como consecuencia retrasos en operaciones mina (carguío y acarreo), desgaste prematuro de componentes de los equipos y horas equipo que no se valorizan, teniendo como resultado la pérdida económica hacia la empresa, por lo cual al término de dicha investigación podremos denotar que dichos controles operativos implementados nos permitirán obtener un mayor rendimiento en los equipos, de tal manera que la rentabilidad de las operaciones con equipos aumenten, ya que el objetivo principal de cualquier empresa es reducir los costos para obtener mayores ganancias.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 General

Implementar controles operativos para optimizar el rendimiento (m^3/h) de los equipos Scooptram Cat R1300G y mejorar la rentabilidad en la Empresa Martínez Contratista e Ingeniería, Unidad Minera Kolpa, Huancavelica 2025.

1.2.2 Específicos

- Analizar las causas técnicas y operativas que afectan el rendimiento (m^3/h) de los equipos Scooptram Cat R1300G.
- Implementar controles operativos orientados a reducir los tiempos de ciclo (min) y mejorar la eficiencia de los equipos Scooptram.
- Evaluar el impacto de los controles implementados en el rendimiento de los equipos Scooptram Cat R1300G.
- Determinar la mejora en la rentabilidad de la operación tras la optimización del rendimiento de los Scooptram, mediante el análisis de márgenes de utilidad.

1.3 Pregunta de la investigación

¿De qué manera al implementar controles operativos se puede optimizar el rendimiento de los equipos Scooptram Cat R1300G y mejorar la rentabilidad en la Empresa Martínez Contratista e Ingeniería?

1.4 Líneas de investigación

1.4.1 Campo

Ingeniería.

1.4.2 Área

Ingeniería de minas.

1.4.3 Línea

Optimización de procesos mineros.

1.5 Palabras clave.

Rendimiento, Equipos Scooptram, Controles operativos, Rentabilidad en minería, Carguío y acarreo de mineral, Minería subterránea, Gestión de costos operativos, Eficiencia operativa, Deficiencias operativas, Contratistas en minería.

1.6 Aporte del desarrollo de tesis.

El aporte del desarrollo de esta tesis se centrará en proporcionar soluciones prácticas y teóricas para optimizar el rendimiento de los equipos Scooptram Cat R1300G utilizados en la minería subterránea. A través de la implementación de controles operativos, se busca reducir las deficiencias en el acarreo y carguío, lo cual permitirá mejorar la eficiencia operativa y, consecuentemente, la rentabilidad de la Empresa Especialista Martínez Contratista e Ingeniería. Además, la tesis ofrecerá un modelo aplicable a otras empresas mineras que enfrentan desafíos similares, contribuyendo al desarrollo de metodologías operativas innovadoras que faciliten la gestión eficiente de recursos en el sector minero.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Estado del arte

Según Smith y Johnson (2021), el artículo *Operational decision support for material management in mining*, publicado en Canadá, explora estrategias avanzadas para optimizar el flujo de materiales en sistemas de minería continua mediante el uso de modelos de simulación como herramienta de apoyo en la toma de decisiones. El estudio se centró en adaptar la tecnología de simulación para mejorar la eficiencia operativa, reducir los costos de material y gestionar de manera estratégica el desempeño de los equipos mineros en operaciones de gran escala. Los autores evaluaron cómo la simulación puede anticipar problemas operativos como demoras y cuellos de botella con el fin de optimizar el ciclo de producción. A través del análisis de datos en tiempo real y la simulación de múltiples escenarios, lograron implementar ajustes en rutas de transporte, capacidad de vehículos y frecuencia de carga, obteniendo una reducción de costos de hasta un 20 % y un incremento del 10 % en la productividad. Asimismo, destacaron la utilidad de la simulación para ofrecer soluciones adaptativas frente a variaciones en la carga de trabajo, demandas de producción y condiciones operativas. Finalmente, concluyeron que los modelos de simulación para la gestión de materiales constituyen una herramienta prometedora que optimiza tanto el rendimiento de los equipos como la eficiencia de los recursos en términos de tiempo y costos.

La revista *Fleet Management Optimization in Underground Mining* (2020), publicada en Estados Unidos, aborda las tecnologías de optimización de flotas en minería subterránea, enfocándose en el seguimiento del rendimiento y la reducción de tiempos de inactividad en equipos como los cargadores LHD (similares al Scooptram Cat R1300G). El objetivo principal del estudio fue analizar y aplicar tecnologías avanzadas de monitoreo de flotas en tiempo real para maximizar la disponibilidad y la productividad. Los resultados mostraron que la implementación de un sistema de rastreo en tiempo real permitió una mejora del 18 % en la

eficiencia operativa y una disminución significativa en el tiempo de inactividad. Además, el uso de estos sistemas facilitó la toma de decisiones estratégicas en la gestión de la flota, optimizando el uso de recursos y los costos asociados a la interrupción de actividades. Este estudio también detalla cómo la recolección y análisis de datos en tiempo real apoya la toma de decisiones para priorizar el mantenimiento preventivo, lo cual resultó en una reducción del 10 % en los costos de mantenimiento y prolongó la vida útil de los equipos, haciendo énfasis en la importancia de la tecnología de seguimiento para mejorar la rentabilidad de las operaciones mineras subterráneas.

La revista *Simulation of Underground Mining Operations* (2019), publicada en el Reino Unido, explora el uso de simulaciones para optimizar tiempos de ciclo y mejorar la disponibilidad de equipos en operaciones subterráneas. Su enfoque está en ajustar los controles operativos basados en análisis de datos para lograr mayores niveles de eficiencia, productividad y rentabilidad, alineándose con el objetivo de optimizar el rendimiento del Scooptram Cat R1300G. Los objetivos del estudio incluyeron la reducción de los tiempos de ciclo y la maximización del uso de los equipos mediante simulaciones detalladas de distintos escenarios operativos. Los resultados indicaron una mejora del 12 % en la disponibilidad de los equipos y una reducción del 15 % en los tiempos de ciclo, lo que se tradujo en un incremento del 8 % en la rentabilidad total de la operación. Además, el estudio resalta la importancia de las simulaciones en la planificación estratégica, permitiendo anticipar cuellos de botella y ajustar los tiempos de carga y acarreo para optimizar el flujo de trabajo en minas subterráneas, lo que trajo como resultado que la aplicación de modelos de simulación permite un control más preciso de las operaciones.

Sulla Quivio (2019), en su tesis para la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, profundiza en la optimización operativa de carguío y acarreo en la mina subterránea Uchucchacua, con el objetivo de elevar la eficiencia de los equipos y disminuir

significativamente los costos de operación. Su investigación enfatizó la implementación de mejoras técnicas en la asignación y uso de equipos, como el mantenimiento preventivo y correctivo, que optimizó tiempos y redujo paradas operativas. Los resultados mostraron que una adecuada asignación de los equipos puede reducir los tiempos de inactividad en un 20 % y los costos en un 15 %. La investigación destaca cómo el enfoque en metodologías de asignación y en la revisión continua del desempeño operacional permite una optimización de los recursos en minería subterránea, ofreciendo un modelo aplicable en distintas unidades mineras de similar envergadura.

Giraldo (2019), en su artículo para la Pontificia Universidad Católica del Perú, explora el impacto de un sistema de monitoreo en tiempo real con la metodología Six Sigma en los procesos de carguío y acarreo, aplicados en UM Inmaculada. Los sensores implementados permitieron monitorear el desempeño de los equipos al instante. Los resultados fueron destacados: se observó una disminución del 20% en costos operativos y un incremento del 25% en la eficiencia, evidenciando que las técnicas avanzadas de monitoreo y control de calidad como Six Sigma son efectivas en el sector minero. La aplicación de estas tecnologías permitió detectar fallas antes de que causaran problemas operativos y ajustó el desempeño de los equipos, destacando el rol del monitoreo y análisis continuo para la optimización de la productividad minera.

UPKAR Mining S.A.C. (2018) en su informe técnico, implementado en la U.M. Chuco II, aplicó indicadores clave de desempeño (KPI) para optimizar procesos de carguío y acarreo. A través de un sistema de KPIs que abarca el tiempo de ciclo, el consumo de combustible y la disponibilidad de equipos, el estudio evidenció mejoras del 18% en la productividad y una reducción del 12% en los costos. La evaluación constante de estos indicadores permitió ajustes inmediatos en la operación, lo que optimizó la utilización de recursos y maximizó el rendimiento del personal y de los equipos. Este enfoque cuantitativo de gestión operativa

destaca cómo los datos y su análisis pueden ser herramientas esenciales en la planificación de operaciones mineras eficientes y sostenibles.

Contratista Rumage S.A. (2019), en colaboración con la Universidad Nacional del Centro del Perú, implementó un estudio de optimización de costos en el ciclo de minado en la Unidad Minera Cori Puno. El estudio adoptó metodologías de gestión continua y monitoreo que permitieron identificar puntos críticos de eficiencia y áreas de mejora. Al aplicar prácticas de control y planificación en cada proceso, lograron una reducción del 20% en los costos operativos y un aumento notable en el rendimiento general. La investigación destaca cómo una metodología rigurosa y ajustada a cada etapa operativa permite optimizar la producción y reducir los costos. Estos resultados reflejan la efectividad de una supervisión continua y de metodologías de planificación en operaciones mineras subterráneas.

Villalobos (2015), en su investigación para la Universidad Privada del Norte, elaboró una propuesta de mejora del sistema de carguío y acarreo basada en simulaciones operativas y análisis cuantitativo. Utilizando modelos de simulación, analizó el uso óptimo de un cargador y dos camiones en el transporte de material, logrando una disminución del tiempo promedio de acarreo en un 18.49% y una reducción de costos en un 37.70%, incrementando la productividad a 414.47 toneladas por hora. La investigación resalta que la planificación adecuada y el modelado simulado de los procesos pueden lograr importantes beneficios en la eficiencia y en la reducción de costos, ofreciendo un enfoque estratégico para la administración de equipos en minería subterránea.

Quispe Mamani (2017), en su tesis para la Universidad Nacional del Altiplano, se centra en la optimización de los costos de acarreo mediante el uso de equipos LHD (Load Haul Dump) en la Unidad Minera Tambomayo. Con el objetivo de reducir costos y mejorar la eficiencia operativa en distancias de acarreo que oscilan entre 250 y 350 metros, Quispe analizó el

impacto del uso de equipos LHD en la reducción de tiempos y costos. A través de una planificación ajustada, logró una mejora del 15 % en la eficiencia y una reducción significativa de los costos operativos, resaltando cómo el manejo de distancias y la planificación operativa permiten mejorar el desempeño y reducir los gastos en procesos de minería subterránea.

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. Antecedentes internacionales

Rivera (2015) desarrolló una investigación titulada *Optimización de los rendimientos de equipos Scooptram y Dumper en minería subterránea* en la minería subterránea de Chile. Este estudio surgió por la necesidad de mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados al ciclo de carguío y acarreo. El análisis se enfocó en los equipos scooptram y dumper mediante la evaluación detallada de tiempos de desplazamiento, carga, descarga y consumo de combustible. Para abordar estas limitaciones, se emplearon herramientas de simulación y análisis de datos operacionales, logrando identificar cuellos de botella y tiempos muertos que afectaban el rendimiento global. La implementación de programas de mantenimiento preventivo y la reorganización de las rutas de acarreo permitieron incrementar la productividad en un 15 % y reducir los costos operativos en un 12 %. En un análisis crítico, aunque el estudio evidencia la relevancia de una gestión integral de los equipos mineros, carece de una correlación directa entre los indicadores de mejora técnica y el impacto financiero global. En comparación, la presente investigación propone una metodología más completa, considerando no solo la optimización operativa del Scooptram CAT R1300G, sino también la relación de estos controles con la rentabilidad empresarial. Además, esta tesis se apoyará en estándares técnicos como la ISO 14224 (fiabilidad y mantenimiento industrial) y los manuales técnicos de Caterpillar para establecer parámetros de referencia que otorguen mayor rigor técnico y metodológico.

González (2017) realizó un estudio titulado *Análisis y mejora de la eficiencia de los equipos Scooptram en minería subterránea* en Canadá, centrado en la mejora de los tiempos de ciclo y en la reducción de los tiempos de inactividad no planificados ocasionados por fallas mecánicas recurrentes. La investigación implementó metodologías de mantenimiento predictivo, apoyadas en análisis de datos en tiempo real y capacitación a los operadores, logrando un aumento del 18 % en la productividad y una disminución del 10 % en los costos de mantenimiento. En términos comparativos, este antecedente resalta el papel crucial de la gestión de mantenimiento y del recurso humano como factores clave para la eficiencia, pero no profundiza en cómo estos cambios influyen en la rentabilidad operativa. La presente tesis se diferencia al establecer esta relación directa, usando indicadores financieros y parámetros técnicos recomendados por Caterpillar para evaluar el rendimiento del Scooptram CAT R1300G en la minería peruana.

Martínez (2018), en su trabajo *Mejora del rendimiento operativo de equipos de carguío en minería subterránea*, analizó en Chile los problemas operacionales que afectaban a los Scooptram CAT R1300G, como los ciclos de trabajo prolongados, interrupciones no planificadas y deficiencias en la planificación de rutas de acarreo. Mediante un análisis exhaustivo de los patrones de operación y de las causas de los tiempos muertos, se identificaron factores determinantes como fallas mecánicas recurrentes, mantenimiento reactivo y una planificación deficiente. La implementación de controles operativos específicos y programas de mantenimiento predictivo incrementó la disponibilidad de los equipos en un 20 % y mejoró la eficiencia operativa.

Cabe destacar que el estudio aporta una valiosa base técnica sobre la importancia de la gestión operativa y el mantenimiento predictivo en equipos Scooptram. Asimismo, los resultados obtenidos constituyen una referencia clave para la presente investigación, que amplía este enfoque incorporando indicadores de rendimiento recomendados por Caterpillar y

parámetros de benchmarking internacional (Normet), a fin de contextualizar y aplicar estas estrategias al modelo Cat.

Normet Group (2021), en su informe *Benchmarking of Underground Loaders Efficiency*, presentó un análisis comparativo entre diferentes marcas y modelos de cargadores subterráneos, incluyendo indicadores clave como la capacidad de cucharón, consumo de combustible, disponibilidad mecánica y tiempos de ciclo. El estudio identificó que muchas operaciones subterráneas logran solo entre el 70 % y el 85 % de la capacidad nominal de los equipos debido a deficiencias en la planificación operativa y en las estrategias de mantenimiento. La presente tesis toma estos estándares internacionales como base para adaptar los benchmarks al contexto operativo del Scooptram CAT R1300G, proponiendo controles operativos que cierren la brecha entre capacidad nominal y rendimiento real, con una correlación directa a la rentabilidad operativa.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Clemente Munguía y Vilma (2021), en *Reducción de costos de transporte y acarreo mediante la adecuada utilización de Scooptrams*, desarrollaron un estudio en la Unidad Minera Animón (Perú) para optimizar los costos operacionales mediante una gestión eficiente de los Scooptram. Se implementaron parámetros operacionales óptimos y ajustes en los tiempos de ciclo, logrando una mejora significativa en la productividad y una reducción del 14 % en los costos unitarios. Este trabajo constituye una base relevante, pero la presente investigación amplía el análisis al incorporar estándares internacionales como la ISO 14224 y los parámetros técnicos del fabricante Caterpillar, con el fin de establecer una relación directa entre la optimización de los ciclos operativos del Scooptram CAT R1300G y la rentabilidad empresarial.

Salinas Vargas (2022), en su tesis *Evaluación de sobredistancias de acarreo y*

transporte de material mediante equipos trackless en la mina Marsa (Arequipa), analizó cómo las sobredistancias impactaban directamente en los costos unitarios y en la rentabilidad operativa.

La reorganización de rutas permitió un ahorro aproximado de USD 40 000 anuales y optimizó el desempeño de los scooptrams. A diferencia del enfoque logístico de Salinas, la presente investigación se concentra en la optimización técnica del Scooptram CAT R1300G, integrando indicadores del fabricante y referencias de Normet para demostrar la correlación entre el mejor rendimiento de los equipos y el impacto en la rentabilidad empresarial.

Rodríguez Chávez (2020), en su tesis *Optimización de la flota de carguío en mina subterránea*, implementó KPIs operativos en una unidad peruana, logrando un incremento del 15 % en eficiencia gracias a la reducción de tiempos muertos, optimización de ciclos y distribución de carga. Abarcó indicadores de rendimiento como m³/h y porcentaje de disponibilidad mecánica. Esta investigación complementa y actualiza los antecedentes nacionales al demostrar cómo la vinculación de métricas operacionales medibles puede guiar mejoras específicas del Cat R1300G. Servirá además para contrastar el impacto de los controles en rentabilidad frente a datos previos en el contexto peruano.

Mayta Mucha (2021), en *Análisis de los parámetros operacionales en equipos de carguío para la mejora del rendimiento operacional*, evaluó en la Unidad Minera Condestable cómo factores como los ciclos de trabajo, tiempos de inactividad y frecuencias de mantenimiento impactaban en la productividad de los scooptrams.

La optimización de estos parámetros incrementó la productividad en un 17 % y redujo considerablemente los costos operativos. Este antecedente, aunque valioso, es complementado en la presente tesis con un enfoque integral técnico-financiero, utilizando los estándares de Caterpillar y la norma ISO 14224 para demostrar cómo la implementación de controles

operativos mejora la productividad y rentabilidad de la empresa contratista minera.

Caterpillar Inc. (2023), en el *manual digital CAT R1300G: Telemetry & Performance Monitoring User Guide*, resalta la utilización de sistemas telemétricos y diagnóstico en línea para monitorear eficacia, consumo y salud del equipo en tiempo real. Describe herramientas tecnológicas que permiten medir indicadores clave, como velocidad de ciclo y niveles de vibración, proporcionando una base técnica actualizada para la implementación de controles operativos efectivos. Esta referencia reciente enriquece la presente tesis al incorporar tecnología de monitoreo avanzado, esencial para validar la hipótesis de control operativo mediante datos reales y mejorar la capacidad de análisis financiero-operacional del equipo.

2.3. Aspectos generales

2.3.1. Ubicación

Ubicación política. La Unidad Huachocolpa Uno del titular de la actividad minera Kolpa S.A. se encuentra ubicada en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales, dentro del distrito de Huachocolpa, provincia y región de Huancavelica, a una altitud aproximada de 4480 metros sobre el nivel del mar.

Departamento:	Huancavelica
Provincia:	Huancavelica
Distrito:	Huachocolpa

Ubicación en coordenadas UTM. El Perú para sus concesiones mineras utiliza el sistema UTM teniendo como base el PSAD 56.

El área de las operaciones de Unidad Minera Kolpa se ubica dentro de las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 1
Coordenadas de Kolpa

	Coordenada NORTE	Coordenada ESTE
MAX	8,555,752	502,230
MIN	8,552,585	499,196

Nota. Extraído de MINEM. Informe Técnico / Plan Ambiental Detallado (PAD). Coordenada de la Unidad Minera Huachocolpa Uno.

Ubicación en coordenadas geográficas. El área de las operaciones de Unidad Minera Kolpa se ubica dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

Longitud Oeste: 74° 53' 43"
Latitud Sur: 13° 03' 52"

Ubicación en la carta nacional (IGN). La Unidad Minera Huachocolpa Uno se encuentra representada en las siguientes hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN); Hoja Huachocolpa (28-t): Esta hoja cartográfica cubre la zona donde se ubica la unidad minera.

Por definición, cada zona UTM tiene como límites dos meridianos separados por 6°, y cada hoja cartográfica del IGN cubre un área específica dentro de estas zonas.

La hoja Huachocolpa se encuentra en la Zona 18 del sistema UTM. Cada zona UTM está dividida en bandas codificadas desde la C hasta la W, con una altura de 8° cada una. La hoja Huachocolpa se ubica en la Banda L.

Figura 1

Ubicación y Accesos a la mina.



Nota. Extraído de MINEM – Informe técnico – Mapa donde se ubica la U.M. Kolpa.

2.3.2. Vías de acceso

El acceso a la Unidad se da por las siguientes rutas:

Tabla 2

Ruta y vías de acceso a la unidad.

Ruta	Distancia	Tiempo	Tipo de Vía
Lima – Pisco – Huaytará – Rumichaca – Paso de Chonta – Mina	445 km	09 hrs	Asfaltada y Afirmada
Lima – Pisco – Castrovirreyna – Paso de Chonta – Mina	462 km	10 hrs	Asfaltada y Afirmada
Lima – Huancayo – Huancavelica – Paso de Chonta – Mina	565 km	12 hrs	Asfaltada y Afirmada

Nota. Extraído de MINEM – Informe técnico – Cuadro de ruta de acceso a la Unidad Minera Kolpa.

2.3.3. Clima y vegetación

La región presenta un clima variado, especialmente entre los meses de abril y noviembre, caracterizado por temperaturas frías debido a la elevada altitud. Predomina un clima de tundra seca propia de alta montaña, con una temperatura media anual que varía entre 10 °C y 15 °C en las zonas bajas, mientras que en las áreas más altas pueden registrarse temperaturas mínimas de hasta -5 °C. Las precipitaciones se concentran principalmente entre diciembre y abril, acompañadas de intensas tormentas eléctricas. Durante los meses de mayo a septiembre, las condiciones climáticas se destacan por heladas frecuentes, vientos intensos y sequías, como resultado del descenso nocturno de las temperaturas.

La vegetación está determinada por los patrones de precipitación y el frío, predominando especies típicas de la puna, como el ichu, musgos, líquenes, yaretas y cazorrilla, las cuales son fundamentales para la actividad ganadera, especialmente de ovinos y auquénidos. (Concha, 2022).

2.3.4. Geología

2.3.4.1 Geología regional

El área de estudio se sitúa en el cuadrángulo de Huachocolpa, que abarca regiones de Huancavelica y Ayacucho, y se encuentra en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental.

Los alrededores del proyecto exhiben una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. El yacimiento está ubicado en rocas volcánicas terciarias compuestas por lavas, aglomerados y brechas volcánicas andesíticas de la Formación Caudalosa, abarcando zonas de los cuadrángulos de Huancavelica, Huachocolpa, Conayca y Castrovirreyna.

Las estructuras mineralizadas presentan un rumbo principal de N 52°-65° E y buzamientos entre 55° y 75° SE, con anchos que oscilan entre 0.6 y 2.5 metros. El yacimiento

se clasifica como un depósito hidrotermal de tipo epitermal a mesotermal, con estructuras de relleno de fracturas y reemplazo, compuesto principalmente por zinc, plomo, plata y cobre, además de vetas ricas en plata. Las aureolas de metamorfismo de contacto, presentes entre calizas y rocas volcánicas, son superficialmente estériles.

Los minerales más comunes son esfalerita, galena, cuarzo y pirita, mientras que otros como tetraedrita, calcopirita, estibina, baritina y yeso aparecen en menor proporción. La textura predominante de los minerales es brechoide a orbicular, con cuarzo como relleno principal que engloba fragmentos de galena y esfalerita.

2.3.4.2 Geología local

En el sector Bienaventurada, las andesitas son predominantemente de color gris-marrón amarillento, con una alteración argílica moderada. Se identifican dos unidades litológicas principales: una ubicada al noroeste de la veta Bienaventurada, con volcánicos andesíticos que muestran bandeamientos de flujo con rumbo promedio N 65° W y buzamientos de 66°-70° NE; y otra hacia el este y noreste, donde las lavas andesíticas tienen alteración argílica y espesores de 1 a 15 metros, con rumbo N 60° E y buzamientos de 15°-25° SE.

2.3.4.3 Geología estructural

Las secuencias volcánicas de la Unidad Huachocolpa Uno se encuentran en una estructura cómica dentro de la Formación Caudalosa. Estas capas están suavemente plegadas, con rumbo N 30°-40° W y buzamientos de 10° SW-15° NE, y están atravesadas por fallas transversales mineralizadas.

A nivel regional, los esfuerzos compresivos han generado fracturas de cizalla y tensión con rumbo N 60° E a N 60° W, características del distrito y que facilitaron el transporte de fluidos mineralizantes.

Las principales estructuras del yacimiento comprenden dos sistemas principales:

Fracturas de tensión y cizalla con rumbo N 45°-85° E, buzamientos entre 42° y 85° SE, y múltiples inflexiones y ramales. Este sistema incluye vetas como Caudalosa 1 y 2, Bienaventurada, Silvia, entre otras, muchas asociadas a fallas reactivadas.

Fracturas del sistema Este-Oeste, caracterizadas por vetas de gran longitud como la falla Silvia

2.3.4.4 Geología económica

La Unidad de Producción Huachocolpa Uno explota un depósito de tipo filoniano, caracterizado por fracturas que han sido rellenadas por soluciones hidrotermales, sirviendo como canales y receptáculos para la mineralización de mena y ganga. Las vetas, que son subparalelas y en su mayoría continuas, se extienden por más de 1,000 metros. La mineralización económicamente relevante se concentra en "clavos" o zonas enriquecidas, que presentan variabilidad en longitud, potencia y profundidad, y están intercalados con zonas empobrecidas o de menor espesor. La veta Bienaventurada destaca por su continuidad y clavos mineralizados que superan los 1,500 metros en longitud, con posibilidades de expansión en niveles más profundos. Sin embargo, otras vetas como Jessica y Elizabeth presentan mayor irregularidad debido a fallas estructurales, siendo más inestables; estas últimas están incluidas en los programas actuales de exploración y desarrollo. Las características del yacimiento, típico de los depósitos "en Rosario", son comunes en formaciones volcánicas Terciarias del Perú. Clasificado como un depósito mesotermal a epitermal, contiene minerales de plomo y zinc con valores adicionales de plata y cobre, lo que lo hace económicamente relevante en la minería subterránea

2.3.5. Labores de desarrollo y exploración

2.3.5.1 Labores de desarrollo

Esta operación tiene como finalidad llegar a la zona mineralizada y poder explotarla, de tal forma se necesita realizar trabajos previos para establecer los accesos a la zona mineralizada.

Al tener confirmado la zona de mineralización, se inicia desarrollando una rampa negativa en una sección accesible a equipos de dimensiones grandes, luego continuamos realizando ventanas o cruceros según sea la finalidad de interceptar vetas en los niveles principales o darnos acceso a dichos niveles. También cuando el terreno se complica en muchos casos realizamos By pass, que es una labor que llevamos de manera paralela al rumbo de la veta.

2.3.5.2 Labores de preparación

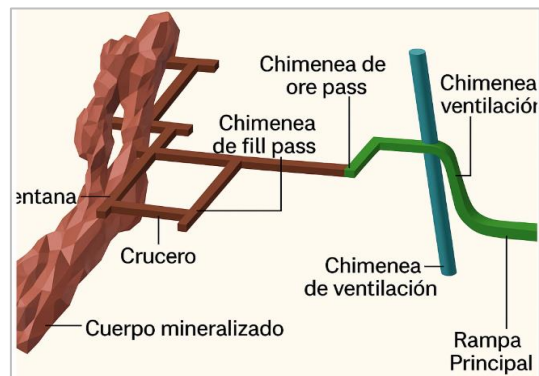
Los trabajos de preparación consisten en diseñar en el terreno la forma de cómo extraer el mineral mediante un método de minado.

En la cota calculada se ingresan con cruceros hasta cortar la veta, la rampa de acceso continúa subiendo/bajando para iniciar el siguiente crucero hacia la veta, esto permitirá conformar bancos para el minado por SLS con taladros largos.

La chimenea de ore pass, fill pass, se realiza con la finalidad de poder evacuar el mineral o desmonte mediante chimeneas y de manera más eficiente o rápida.

Figura 2

Labores de preparación y desarrollo.



Nota. Elaboración propia. Figura donde explica las distintas labores de la operación mina.

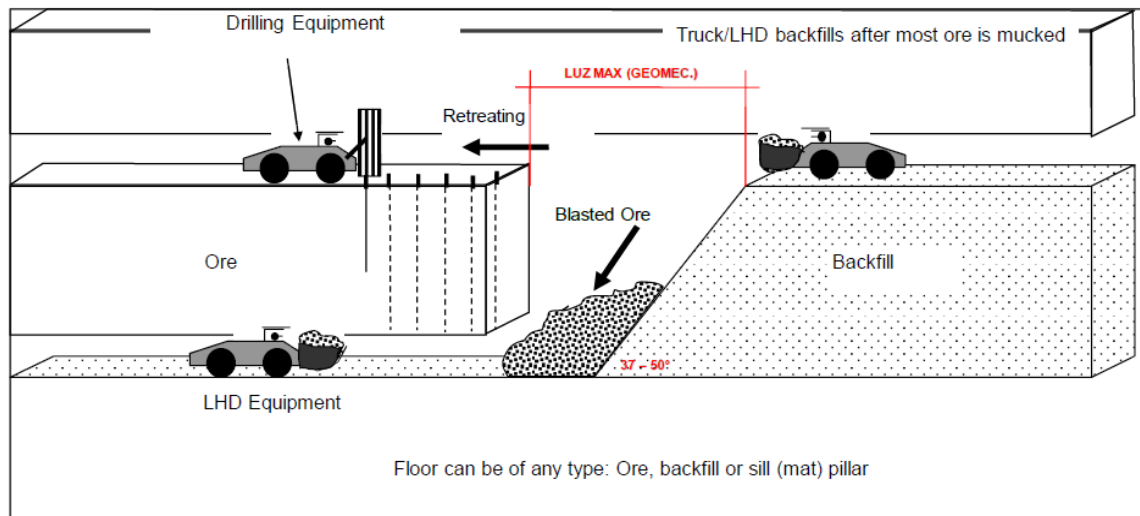
2.3.6. Método de minado

El método de minado conocido como “tajeos por subniveles con taladros largos” (Sub-Level Stopping, SLS) es característico por su capacidad de minado masivo y su potencial para incrementar la producción planificada. De acuerdo con el análisis del Estudio Geomecánico elaborado por DCR Ingenieros (2010), este método resulta adecuado para la explotación, con la particularidad de implementar un relleno. Esto da lugar a la aplicación del método híbrido de “banqueo y relleno” (Bench & Fill, B&F), también conocido como AVOCA, el cual combina características del SLS y el C&F (Cut & Fill). Este enfoque es más productivo que el C&F y se recomienda cuando las condiciones geomecánicas son favorables, especialmente en estructuras mineralizadas con cajas de calidad geomecánica que varían de regular a mala.

El método B&F se ejecuta de manera longitudinal a lo largo de la veta, creando subniveles superior e inferior, dejando un banco de mineral entre ambos. Este banco es extraído de forma progresiva mediante perforaciones largas. A medida que el mineral se extrae desde el subnivel inferior, el frente de trabajo se va retirando y se procede con el relleno desde el subnivel superior utilizando material detrítico, preferentemente seco. Este proceso permite limitar la longitud de las cajas expuestas, brindando sostenimiento estructural a través del relleno, lo cual asegura estabilidad durante la operación.

Figura 3

Diseño de minado taladros largos



Nota. Departamento de planeamiento Kolpa. Se muestra el ciclo y diseño de taladros largos.

2.3.7. Ciclo de minado en labores de avance

2.3.7.1 Perforación

La perforación se ejecuta con jumbos electrohidráulicos de un brazo en frentes con secciones de 3.0 m × 3.0 m, 4.0 m × 4.0 m y 4.5 m × 4.0 m, logrando un avance promedio de 2.9 metros por disparo. Para secciones más pequeñas, como subniveles y refugios (1.5 m × 1.8 m), se utilizan jumbos electrohidráulicos o equipos manuales como el Jack Leg. En el caso de chimeneas cortas menores a 20 metros, se emplean equipos de perforación larga, mientras que en chimeneas superiores a 60 metros se opta por el sistema Raise Climber con equipos Alimak y perforadoras convencionales.

2.3.7.2 Voladura

La voladura se realiza utilizando emulsiones encartuchadas como cebo y ANFO como carga principal. Los frentes horizontales, inclinados o verticales se detonan con accesorios no eléctricos, excepto en chimeneas Raise Climber, donde se emplean fulminantes eléctricos. El carguío de los taladros se lleva a cabo manualmente.

2.3.7.3 Limpieza y Carguío

Las actividades de limpieza y carguío se efectúan con equipos Scooptram de bajo perfil, con capacidades 4.1 yd³ para secciones mayores, y 2.2 yd³ para secciones menores a 3 m × 3 m. El material removido se transporta a cámaras de acumulación en cada nivel, desde donde los volquetes lo trasladan para su disposición final.

2.3.7.4 Transporte

El transporte se realiza mediante una flota de volquetes. El desmonte se utiliza como relleno de tajos o se traslada a Rublo, mientras que el mineral se transporta a la planta de beneficio de la unidad minera.

2.3.7.5 Ventilación

El sistema de ventilación emplea ventiladores secundarios que alimentan aire a través de mangas, alcanzando hasta 30 metros del frente trabajado. Este sistema asegura condiciones óptimas en las labores subterráneas.

2.3.7.6 Sostenimiento

Dado que muchas labores son permanentes, se implementa un sostenimiento adecuado basado en clasificaciones geomecánicas (RMR89-Bieniawski). Las labores permanentes incluyen shotcrete reforzado con fibra metálica y perno helicoidal. Para labores temporales, se emplean pernos Split Set y shotcrete con fibra sintética.

2.3.7.7 Relleno

El relleno se aplica únicamente en labores destinadas al cierre, siguiendo normativas vigentes. Este proceso contribuye a la estabilidad estructural y al cumplimiento ambiental.

2.3.7.8 Drenaje

En labores horizontales, el agua se colecta por gradientes mínimas hacia los accesos principales, mientras que en labores negativas se emplean bombas para bombear el agua.

2.3.8. Recurso humano en operaciones mineras

La ejecución de las labores mineras del titular de la actividad minera requiere personal especializado, distribuido de la siguiente manera: 653 personas pertenecen a el titular de la actividad minera Kolpa, 391 son contratistas y 447 forman parte de empresas conexas, incluyendo empleados y obreros. Según el cuadro 18, el sistema laboral establecido opera en un régimen de 14 días consecutivos de trabajo seguidos por 7 días de descanso. Las actividades se realizan en dos turnos diarios con un turno adicional para descanso. En promedio, cada turno cuenta con la participación de 244 trabajadores, considerando tanto al personal de la empresa como a los contratistas que ingresan a las labores de mina.

Figura 4

Cantidad de trabajadores

DESCRIPCIÓN	Cantidad de Trabajadores		
	Empleados	Obreros	Total
Compañía	332	321	653
Contratista Minera	164	227	391
Empresas Conexas	142	377	447
Total	638	920	1,563

Nota. Extraído de Departamento de Bienestar Social. Muestra la cantidad de trabajadores en la compañía.

2.4. Bases Teóricas

2.4.1. Labores de limpieza en frentes de avance

En minería subterránea, las labores de limpieza y acarreo son fundamentales para mantener la eficiencia y seguridad de las operaciones. Estas actividades aseguran la remoción del material extraído y su transporte adecuado, permitiendo la continuidad de las labores de avance. Además, una limpieza eficiente de los frentes evita acumulaciones de roca suelta y lodo que podrían obstaculizar el tránsito de equipos como el Scooptram CAT R1300G,

afectando su rendimiento y aumentando los riesgos operacionales.

Actualmente, los fabricantes como Caterpillar (2022) recomiendan integrar tecnologías como el MineStar™ Fleet para monitorear en tiempo real la condición de las rutas subterráneas y optimizar la programación de las labores de limpieza, mejorando la productividad hasta en un 12 % según reportes técnicos. Por su parte, la norma ISO 19296:2018 establece que la correcta gestión de los frentes de avance reduce el desgaste de componentes críticos de los equipos y minimiza el consumo de combustible.

A continuación, se describen las principales estructuras involucradas en estas labores:

2.4.1.1 Crucero

El crucero es una labor minera subterránea que se desarrolla para intersectar una veta o cuerpo mineralizado desde una obra principal, como una rampa o galería. Su objetivo es proporcionar acceso directo al mineral y facilitar su extracción. Los cruceros son esenciales para la planificación y desarrollo de las operaciones mineras, ya que permiten la evaluación y explotación eficiente de los recursos minerales. Además, un diseño adecuado de cruceros permite un mejor tránsito de equipos trackless como el Scooptram, optimizando los tiempos de carguío y acarreo (Caterpillar, 2023).

2.4.1.2 Galería

La galería es una labor horizontal subterránea que se excava con el propósito de explorar y desarrollar el yacimiento mineral. Estas estructuras permiten evidenciar la **mineralización** y delimitar los tajeos de explotación, trabajando en conjunto con otras labores como las chimeneas. Las galerías son fundamentales para el acceso, ventilación y transporte dentro de la mina, y su diseño y mantenimiento son cruciales para la seguridad y eficiencia operativa. De acuerdo con Normet (2021), un adecuado dimensionamiento de galerías mejora la maniobrabilidad de cargadores frontales como el CAT R1300G, disminuyendo las

maniobras excesivas y aumentando la eficiencia operativa.

2.4.1.3 By Pass

El By Pass es una labor horizontal subterránea construida en estéril, paralela a la galería principal. Su función es servir como ruta alternativa para el paso de equipos "trackless" (sin rieles) y para el acarreo de mineral hacia los echaderos o puntos de descarga. Los By Pass son especialmente útiles para mejorar la logística interna de la mina, permitiendo desviar el tráfico de equipos y optimizar las rutas de transporte, lo que contribuye a reducir los tiempos de ciclo y aumentar la productividad.

2.4.1.4 Cámara de Acumulación

La cámara de acumulación es una labor subterránea diseñada para almacenar temporalmente el mineral y el estéril extraídos, evitando así largas distancias de limpieza y transporte inmediato. Estas cámaras permiten una gestión más eficiente del material, facilitando su posterior acarreo a la superficie o a las plantas de procesamiento. Además, contribuyen a la organización del flujo de trabajo dentro de la mina, permitiendo que las operaciones de extracción y transporte se realicen de manera más flexible y eficiente. Según Caterpillar (2021), el uso de sensores y sistemas de control remoto en estas áreas permite una mejor coordinación del carguío y transporte, optimizando los recursos humanos y mecánicos.

2.4.2. Clasificación de los costos según su variabilidad

En el marco de la planificación y control de operaciones, los costos pueden clasificarse en función de su grado de variabilidad frente a los niveles de producción. Las categorías principales incluyen: costos fijos y costos variables.

Costos fijos. Para tener en cuenta el significado de costos fijos es necesario tener en cuenta: Los costos fijos son aquellos que permanecen constantes sin importar el volumen de

producción de una empresa. Son considerados esenciales para "mantener la empresa en funcionamiento" y deben ser cubiertos independientemente de si se produce o no, o si se generan ingresos por la venta de bienes o servicios. En este sentido, estos costos no se ven afectados por las variaciones en la cantidad de producción dentro de ciertos límites operativos (Alva, 2004).

Costo de inversión. La cotización de equipos disponibles en el mercado permite seleccionar la marca y modelo más adecuados. En el pasado, los proveedores de maquinaria pesada para minería eran limitados y de calidad reconocida, pero actualmente han surgido nuevos competidores, particularmente de origen asiático, que ofrecen equipos con precios y calidad altamente competitivos, lo que debe considerarse al seleccionar equipos de reemplazo (Alva, 2004).

Costo de posesión. Este se refiere al costo que implica ser propietario de un equipo, sin importar si está operando o no. Representa el gasto asociado con la compra o adquisición del equipo (Baldeón, 2011).

Costo horario. El costo horario de operación de un scooptram se calcula dividiendo el costo total de operación entre el número total de horas anuales en las que el equipo ha estado en funcionamiento (Alva, 2004).

Periodo de depreciación. La Ley del Impuesto a la Renta estipula que, para calcular la depreciación, los bienes utilizados en la generación de rentas gravadas de la tercera categoría deben depreciarse aplicando el porcentaje establecido por la normativa correspondiente.

Tabla 3

Tabla de porcentaje de depreciación

Bienes	Porcentaje anual máximo de depreciación
Vehículos de transporte terrestre (excepto ferrocarriles); hornos en general (5 años)	20%
Maquinaria y equipos usados en actividades mineras, petroleras y de construcción (5 años)	20%
Equipos de procesamiento de datos (5 años)	25%
Otros bienes del activo fijo (10 años)	10%

Nota. Elaboración propia. Extraído de Área de costos MCEISA. Tabla donde se explica el porcentaje de depreciación de los diferentes equipos.

2.4.3. Costos variables

Son aquellos costos que fluctúan de manera proporcional con el nivel de producción o actividad de la empresa. Estos costos están asociados con las actividades de producir o vender y, por lo tanto, varían directamente con los cambios en el volumen de producción. Según Alva (2004), los costos variables representan una parte esencial del cálculo de rentabilidad en procesos operativos.

2.4.3.1 Valor depreciable

La depreciación se refiere al desgaste que experimenta un equipo debido al uso continuo. Cuando un equipo es empleado en la generación de ingresos, sufre un deterioro que, al término de su vida útil, lo convierte en inutilizable. Según Jáuregui (2009), es indispensable incluir en el análisis de costos el gasto derivado de este desgaste, ya que, de acuerdo con principios económicos fundamentales, ningún ingreso puede generarse sin antes haber incurrido en un gasto. Este reconocimiento del deterioro asegura que el costo total del equipo se distribuya adecuadamente a lo largo de su vida útil.

2.4.3.2 Valor de rescate

El valor de rescate corresponde al monto que se estima obtener por la venta de un equipo una vez que ha llegado al final de su vida útil. Alva (2004) señala que este **valor** representa el ingreso residual que un bien puede generar tras haber sido completamente depreciado.

2.4.3.3 Costo de combustible

Este costo se determina a partir de los registros de mantenimiento, que incluyen horas de trabajo y consumo de combustibles, aceites y lubricantes. Sin *embargo*, según Alva (2004), estos registros suelen ser generales, sin especificar las actividades específicas a las que se destinó el equipo. En el caso de los scooptrams, además de transportar material, también realizan tareas como el acarreo de maderas, agua y equipos pesados, aunque dichas actividades representan una proporción menor del consumo total.

2.4.3.4 Materiales e insumos

El consumo de materiales e insumos varía dependiendo del tipo **de** mantenimiento que se realice. Este rubro abarca aceites, filtros, y especialmente el aceite hidráulico necesario para el funcionamiento de equipos como los convertidores de par. Los lubricantes, por su parte, son esenciales para el correcto desempeño del motor y otros componentes.

2.4.3.5 Aceites y lubricantes

En este apartado, se consideran tanto los aceites hidráulicos, fundamentales para el funcionamiento de equipos pesados, como los lubricantes utilizados en el **mantenimiento** del motor y sus partes asociadas. Alva (2004) subraya la importancia de estos insumos para prolongar la vida útil y asegurar el óptimo funcionamiento de los equipos.

2.4.4. Punto de equilibrio en minera

En minería subterránea, la gestión del punto de equilibrio es crucial, ya que las operaciones requieren grandes inversiones en maquinaria, sistemas de ventilación,

infraestructura subterránea y mano de obra especializada. Además, factores como la eficiencia del acarreo y carguío, el tiempo improductivo de los equipos y la planificación del mantenimiento impactan directamente en la capacidad de alcanzar el punto de equilibrio en el menor tiempo posible.

2.4.5. Factores claves en el punto de equilibrio minero

Para determinar el punto de equilibrio en minería, se deben considerar los siguientes factores:

2.4.5.1 Costos Fijos

Son aquellos costos que no varían con el nivel de producción y deben ser cubiertos independientemente del volumen de extracción. Ejemplos:

- Inversión en infraestructura minera (rampas, galerías, ventilación).
- Compra y depreciación de equipos Scooptram Cat R1300G.
- Costos de seguridad y mantenimiento de las vías de acarreo.
- Sueldos del personal operativo y administrativo.

2.4.5.2 Costos Variables

Son los costos que fluctúan en función de la producción de la mina y la cantidad de mineral extraído. Ejemplos:

- Consumo de combustible y lubricantes para Scooptrams y volquetes.
- Costo de mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos.
- Insumos como explosivos, accesorios de voladura y herramientas.
- Gastos de energía en bombas de drenaje y ventiladores mecánicos.

2.4.6. Deficiencias operativas en minería

Según nuestra investigación, para poder analizar las deficiencias operativas encontradas en la Unidad Minera Kolpa en relación con la empresa contratista Martínez Contratista e Ingeniería S.A.C., es fundamental comprender el concepto de punto de equilibrio dentro del

contexto minero. Este concepto permite evaluar el nivel de producción necesario para cubrir los costos operativos sin generar pérdidas ni ganancias, asegurando así la sostenibilidad económica de las operaciones. En el sector minero, el punto de equilibrio se vincula directamente con la optimización de recursos, la inversión en equipos y la eficiencia operativa.

Las deficiencias operativas identificadas en la Unidad Minera Kolpa incluyen tiempos excesivos en el ciclo de acarreo y carguío, baja disponibilidad y utilización de los equipos Scooptram Cat R1300G, consumo elevado de combustible debido a sobre recorridos innecesarios y falta de un adecuado monitoreo en tiempo real. Estos factores generan un incremento en los costos operativos y reducen la productividad de la operación. Por ello, es imprescindible implementar controles operacionales que permitan reducir las pérdidas de tiempo, mejorar la planificación logística y optimizar el rendimiento de los equipos.

Una adecuada planificación y control de estos aspectos permitirá mejorar la rentabilidad de la empresa, maximizando la disponibilidad de los equipos y minimizando los costos de operación. Además, el uso de herramientas de análisis de costos y productividad permitirá establecer estrategias para optimizar el uso de los recursos, asegurando que la empresa opere dentro de los márgenes de rentabilidad esperados (Horngren, Datar & Rajan, 2018)

Las principales deficiencias operativas pueden ser las siguientes:

- **Sobredistancias en el Acarreo:** Los equipos recorren más distancia de la necesaria, lo que incrementa los costos operativos y los tiempos de ciclo.
- **Baja Disponibilidad Mecánica:** Inconsistencias en los mantenimientos preventivos y correctivos, lo que reduce el tiempo efectivo de operación de los equipos.
- **Granulometría Inadecuada del Material:** Presencia de bancos grandes que dificultan el carguío y aumentan los tiempos de ciclo.
- **Estado Deficiente de las Vías:** Mal estado de las rutas de transporte que genera

impactos negativos en los equipos (desgaste prematuro de neumáticos, bajas velocidades y más tiempo improductivo).

- **Falta de Capacitación del Personal Operativo:** Limitada experiencia o conocimiento técnico en el manejo eficiente de los Scooptrams, lo que afecta la productividad.
- **Paradas operativas:** generados por demoras evitables, como espera de equipos, habilitación de vías o coordinación ineficiente.
- **Falta de Análisis de Datos Operativos:** Ausencia de registros adecuados sobre tiempos de ciclo, tonelajes transportados y costos asociados, lo que dificulta la toma de decisiones basadas en datos.

2.4.7. Scoops de la empresa especializada

En la empresa especializada Martínez se cuenta con la siguiente flota de equipos que son destinados a la limpieza de frentes y acarreo de mineral como detalla en la tabla Nro. 04.

Tabla 4

Equipos Scooptram de Mceisa

CÓDIGO	MARCA EQUIPO	MODELO EQUIPO	AÑO DE FABRICACIÓN	CAPACIDAD	FECHA DE INGRESO U.M. KOLPA
SCM-21.1	EPIROC	ST2G	Reman 2022	2.5 Yd ³	14/03/2022
SCM-23	CATERPILLAR	R1300G	2022	4.1 Yd ³	11/09/2022
SCM-24	CATERPILLAR	R1300G	2021	4.1 Yd ³	11/09/2022
SCM-27	SANDVIK	LH-201	2018	1.5 Yd ³	6/02/2022
SCM-34	SANDVIK	EJC-65	2015	1.5 Yd ³	7/02/2023
SCM-35	TALPA	LH 112	2020	0.75 Yd ³	16/07/2021
SCM-36	TALPA	LH 112	2020	0.75 Yd ³	16/07/2021
SCM-41	CATERPILLAR	R1300G	2022	4.1 Yd ³	28/04/2023
SCM-42	CATERPILLAR	R1300G	2022	4.1 Yd ³	22/05/2023
SCM-43	SANDVIK	EJC-65	2015	1.5 Yd ³	6/10/2023
SCM-44	CATERPILLAR	R1600	2021	6 Yd ³	15/12/2023

Nota. Elaboración propia. Tabla donde nos da a resaltar los distintos equipos LHD que hay en la U.M. Kolpa.

2.4.8. Scooptram Cat R1300G

Los equipos de bajo perfil, como el Scooptram CAT R1300G, están diseñados específicamente para la carga, transporte y descarga de material fragmentado (mineral o desmante) en operaciones mineras subterráneas. Funcionan con diésel como combustible y están optimizados para ofrecer un bajo costo por tonelada transportada. Su diseño compacto, alto rendimiento, estructura robusta y facilidad de mantenimiento aseguran una mayor productividad. Según el Manual de Operación y Mantenimiento de Ferreyros (2015), estos equipos han sido creados para maximizar el rendimiento, proporcionar comodidad al operador y resistir condiciones exigentes.

El CAT R1300G cuenta con un motor Cat 3306B DIT con una potencia neta de 165 HP (123 kW), diseñado para ofrecer un alto torque a bajas revoluciones y un menor consumo de combustible. Su cucharón estándar tiene una capacidad de 3.1 m³ (4.1 yd³), con una fuerza de desprendimiento de 12,040 kgf, lo que le permite realizar operaciones de carguío eficientes incluso en zonas con espacio reducido. Además, posee un sistema hidráulico de detección de carga (Load Sensing) que ajusta automáticamente el flujo y la presión según la demanda, optimizando la potencia hidráulica y reduciendo el desgaste de los componentes (Caterpillar, 2023). Este modelo incorpora sistemas electrónicos como el Electronic Monitoring System (EMS), que permite supervisar parámetros críticos del equipo en tiempo real, alertando sobre condiciones anormales que puedan derivar en fallas mecánicas. Asimismo, mediante la integración con Cat Product Link™ y la plataforma VisionLink®, es posible monitorear remotamente indicadores como horas de operación, consumo de combustible, códigos de error y localización del equipo, facilitando la planificación del mantenimiento preventivo y predictivo (Ferreyros, 2023).

Los equipos LHD (Load-Haul-Dump) como el Cat R1300G destacan por su capacidad para realizar operaciones de carguío, acarreo y vaciado con tiempos de ciclo optimizados. Estas

características permiten reducir tiempos muertos y aumentar la disponibilidad mecánica, lo que es esencial para las labores de avance en minería subterránea. La implementación de controles operativos y sistemas de gestión inteligente, como el MineStar™ Fleet, contribuye significativamente a mejorar la eficiencia y la seguridad en las operaciones (Caterpillar, 2023).

El Scoop R-1300 y otros equipos LHD (Load Haul Dump) de diferentes capacidades, como el modelo de 4.1 yd³, están preparados para el carguío de en equipos de dimensiones bajas. Estos equipos se destacan por su capacidad para realizar las operaciones de carga, acarreo y vaciado de forma eficiente y con un tiempo de ciclo asociado a cada tarea, lo que contribuye a la optimización de las labores mineras subterráneas. En la empresa especializada MCEISA se cuenta con los siguientes equipos (Ver tabla Nro.4) y como dato técnico podemos observar el manual del equipo Cat R1300G Ver (Anexo A-1).

Tabla 5
Equipos Cat R1300G de MCEISA

CÓDIGO	MARCA EQUIPO	MODELO EQUIPO	AÑO DE FABRICACIÓN	CAPACIDAD	FECHA DE INGRESO U.M. KOLPA	ESTADO EQUIPO
SCM-23	CATERPILLAR	R1300G	2022	4.1 Yd3	11/09/2022	OPERATIVO
SCM-24	CATERPILLAR	R1300G	2021	4.1 Yd3	11/09/2022	OPERATIVO
SCM-41	CATERPILLAR	R1300G	2021	4.1 Yd3	28/01/2023	OPERATIVO
SCM-42	CATERPILLAR	R1300G	2022	4.1 Yd3	22/05/2023	OPERATIVO

Nota. Información de Área de costos. Tabla donde nos muestra los equipos Cat de 4.2 yd³ de MCEISA.

2.4.9. Especificaciones técnicas del Scooptram CAT R1300G

El Scooptram CAT R1300G es un cargador de bajo perfil diseñado para operaciones de minería subterránea, con un enfoque en productividad, durabilidad y facilidad de mantenimiento. Este equipo presenta una longitud total de 8,944 mm, un ancho de operación de 2,880 mm y una altura total de 2,410 mm, lo que le permite operar eficientemente en labores

con restricciones de espacio (Caterpillar, 2022). Su peso operativo es de 27,000 kg, mientras que su capacidad nominal de carga útil alcanza las 6,800 kg (15,000 lb).

El cucharón estándar tiene una capacidad de 3.1 m³ (4.1 yd³), permitiendo ciclos de carga rápidos y eficientes. La potencia neta del motor CAT 3306B DIT alcanza los 165 kW (221 HP) a 2,200 rpm, con un sistema de inyección directa de combustible que optimiza el consumo y reduce emisiones. La velocidad máxima de desplazamiento es de 23 km/h en vacío y 14.5 km/h cargado, con una distancia efectiva de recorrido recomendada de hasta 500 m para optimizar los tiempos de ciclo y la productividad en labores subterráneas (Ferreyros, 2023).

El diseño robusto del R1300G incluye sistemas hidráulicos de alta capacidad y un chasis reforzado, asegurando un bajo costo por tonelada transportada. Este modelo también está preparado para integración con sistemas de monitoreo remoto como MineStar™ Command, permitiendo la operación semiautónoma o totalmente remota en ambientes de alto riesgo. Ver (Anexo A-1)

2.4.10. Mantenimiento de equipos LHD

El mantenimiento de equipos LHD como el Scooptram CAT R1300G es un pilar esencial para garantizar la continuidad operativa y la reducción de costos en minería subterránea. Este mantenimiento se clasifica en tres tipos principales: mantenimiento preventivo, que consiste en inspecciones y sustitución programada de componentes para evitar fallas; mantenimiento predictivo, basado en el análisis de datos y sensores para anticipar fallas mediante técnicas como análisis de vibraciones o termografía; y mantenimiento correctivo, aplicado una vez que la falla ha ocurrido (Caterpillar, 2022).

Los indicadores clave de gestión incluyen la disponibilidad mecánica (DM), que mide el porcentaje de tiempo que el equipo está disponible para operar, la utilización (U), que refleja el uso efectivo del equipo respecto a su tiempo disponible, y el MTBF (Mean Time Between

Failures), que calcula el tiempo promedio entre fallas. Una adecuada gestión de estos indicadores puede incrementar la disponibilidad mecánica del R1300G hasta un 85-90%, según reportes de Caterpillar Global Maintenance Standards (2021).

La aplicación de estándares internacionales como la ISO 14224 asegura una gestión integral de la confiabilidad y mantenimiento, mientras que las normas internas de Caterpillar orientan sobre frecuencias de servicio, procedimientos y repuestos recomendados para prolongar la vida útil del equipo y reducir los costos operativos (ISO, 2016; Caterpillar, 2021).

2.4.11. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento del Scooptram CAT R1300G se divide en varias categorías para garantizar su óptimo rendimiento y disponibilidad operativa. Dentro de las cuales tenemos las siguientes:

2.4.11.1 Mantenimiento preventivo: Consiste en inspecciones y reemplazos periódicos de componentes para evitar fallos inesperados. Se realizan según un cronograma basado en horas de operación del equipo, e incluyen cambios de filtros, lubricación y revisión de sistemas clave

2.4.11.2 Mantenimiento predictivo: Utiliza herramientas de monitoreo y análisis de datos para anticipar fallos en los componentes antes de que ocurran. Se basa en técnicas como la medición de vibraciones y el análisis de fluidos para detectar desgastes prematuros

2.4.11.3 Mantenimiento correctivo: Se realiza cuando el equipo ya ha presentado una falla. Este tipo de mantenimiento puede implicar reparaciones menores o mayores, dependiendo del daño sufrido por el componente afectado

2.4.11.4 Frecuencia de mantenimiento:

- Cada 250 horas: Cambio de filtros y revisión del sistema hidráulico.
- Cada 500 horas: Inspección de componentes clave y ajustes menores.

- Cada 1000 horas: Cambio de filtros principales y mantenimiento del sistema de combustión.
- Cada 2000 horas: Revisión y posible reemplazo de piezas críticas como motor y transmisión.

2.4.12. Parámetros de operación y eficiencia en minería subterránea

La eficiencia operativa del Scooptram CAT R1300G está determinada por factores como la longitud del acarreo, la pendiente del terreno, la densidad del material y los tiempos de ciclo. Según estudios de Caterpillar (2021), optimizar estos parámetros puede incrementar la productividad hasta en un 15 %.

Para calcular la eficiencia, se utilizan métricas como el costo por tonelada transportada, toneladas por hora (TPH) y el índice de utilización. La correcta capacitación de los operadores y el uso de tecnologías de monitoreo remoto son clave para mantener altos niveles de rendimiento en condiciones subterráneas desafiantes.

2.4.13. Formato de reporte de equipo Cat R1300G.

Los equipos desempeñan diversas tareas, principalmente en la limpieza de frentes de trabajo. Cada una de estas actividades se registra en formularios proporcionados por el área de costos y productividad, los cuales son completados por los operadores. Para asegurar un adecuado registro, el personal recibe capacitaciones sobre los códigos utilizados en dichos documentos, ya que estos constituyen la base para la facturación de las operaciones realizadas. Posteriormente, el reporte es revisado y validado por el jefe de sección, quien representa a el titular de la actividad minera y supervisa la gestión de la contratista. A continuación, se presenta el formato correspondiente a estos reportes

Figura 5
Formato de reporte de equipo Cat.

REPORTE DE EQUIPOS CARGUIO - ACARREO V.1.1												Número de Reporte			
SCOOPTRAM															
EMPRESA		HORÓMETRO		MOTOR DIESEL		CENTRO DE COSTOS		ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE (DL)		ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE (DL)		ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE (DL)			
120 LPA		11600.5		11608.4								39 565			
CAPACIDAD (VOL-TON-HE)		INICIAL		FINAL		CAPACIDAD (VOL-TON-HE)		INICIAL		FINAL		JEFE DE GUARDIA			
CAT 413		11600.5		11608.4		CAT 413		11600.5		11608.4		C. B. O. A.			
ITEM	HORA INICIO	HORA FINAL	HORÓMETRO INICIAL	HORÓMETRO FINAL	CODIGO ACTIVIDAD	ZONA	LABOR	NIVEL	LABOR	NIVEL	MATERIAL	Nº CUCHARAS	STANCIAS PROMEDIOS (m)	OBSERVACIONES	ACTIVIDADES OPERATIVAS
1	5:45	7:30			201										219 Limpieza de Motor/Descarga en Tronco
2	7:30	8:00			200										220 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
3	8:00	8:35	11600.5	11601.0	178		Foreman		7.890			270	2300	Mucha trécula	221 Limpieza de Motor/Descarga de Cajo
4	8:35	12:15	11601.0	11605.0	222										222 Alimentación de Motor/Descarga
5	12:15	1:00	11605.0	11605.0	203										223 Cambio de Motor/Descarga
6	1:00	1:30	11605.0	11605.0	604		CH 518								224 Mantenimiento de Motor
7	1:30	2:30	11605.0	11606.1	174		CH 518								225 Limpieza y cambio de punta
8	2:30	3:00	11606.1	11606.7	196		CH 518								226 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
9	3:00	3:30	11606.7	11607.3	123		CH 518								227 Mantenimiento de Motor
10	3:30	4:20	11607.3	11608.3	604		CH 518								228 Limpieza y cambio de punta
11	4:20	5:00	11608.3	11608.4	123		CH 518								229 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
12	5:00	5:10	11608.4	11608.4	201		CH 518								230 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
13	5:10	5:30			204		CH 518								231 Mantenimiento de Motor
14	5:30	6:00			205		CH 518								232 Limpieza y cambio de punta
15															233 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
16															234 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
17															235 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
18															236 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
19															237 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
20															238 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
OBSERVACIONES															239 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
Firma Operador: Firma Jefe de Guardia: Jefe de Guardia: ESTADO DE EQUIPO A INICIO DE GUARDIA: ESTADO DE EQUIPO A FIN DE GUARDIA: ESTADO DEL EQUIPO FIN DE GUARDIA:															240 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															241 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															242 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															243 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															244 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															245 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															246 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															247 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															248 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															249 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															250 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															251 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															252 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															253 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															254 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															255 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															256 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															257 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															258 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															259 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															260 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															261 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															262 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															263 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															264 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															265 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															266 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															267 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															268 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															269 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															270 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															271 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															272 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															273 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															274 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															275 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															276 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															277 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															278 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															279 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															280 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															281 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															282 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															283 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															284 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															285 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															286 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															287 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															288 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															289 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															290 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															291 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															292 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															293 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															294 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															295 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															296 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															297 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															298 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															299 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															300 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															301 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															302 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															303 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															304 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															305 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															306 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															307 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															308 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															309 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															310 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															311 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															312 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															313 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															314 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															315 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															316 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															317 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															318 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															319 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															320 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															321 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															322 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															323 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															324 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															325 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															326 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															327 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															328 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															329 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															330 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															331 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															332 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															333 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															334 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															335 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															336 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															337 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															338 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															339 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															340 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															341 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															342 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															343 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															344 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															345 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															346 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															347 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															348 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															349 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															350 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															351 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															352 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															353 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															354 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															355 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															356 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															357 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															358 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															359 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															360 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															361 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															362 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															363 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															364 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															365 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															366 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															367 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															368 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															369 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															370 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															371 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															372 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															373 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															374 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															375 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															376 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															377 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															378 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															379 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															380 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															381 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															382 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															383 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															384 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															385 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															386 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															387 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															388 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															389 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															390 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															391 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															392 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															393 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															394 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															395 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															396 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															397 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															398 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															399 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador
															400 Limpieza de Motor/Descarga en Chancador

Nota. Extraído de área de Costos. Muestra el formato utilizado por os operadores de equipo Cat.

2.4.14. Base de datos de información

En los formatos de operación se consignan tanto el horómetro inicial como el final, lo que permite determinar el tiempo efectivo de trabajo del equipo. Esta información se compara con las horas registradas por el operador en las distintas actividades realizadas durante su turno, considerando exclusivamente las horas operativas en ambos reportes.

Las horas operativas se facturan en dólares por hora, todos los registros son ingresados al sistema de base de datos en Excel por digitador de costos. Este sistema solo es accesible desde los equipos informáticos del titular de la actividad minera, con dos terminales habilitadas en la oficina de costos para su procesamiento.

Figura 6
Base de datos

EMPLEADO	FECHA	MES	SEMANA	SUPERVISOR	OPERADOR	GUARDO	FLIPIN	EQUIPO	COD EQUIPO	ESTADO INICIAL	ESTADO DE GUARDO	COMBUSTIBLE	HORAS PERSEMAN	H. INICI	H. FIN	H. DIO	H. IN	H. OUT	
6170	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21	OPERATIVO	OPERATIVO							
6171	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									
6172	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									
6173	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									
6174	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5798.2
6175	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5798.4
6176	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5800.2
6177	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5803.2
6178	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5803.5
6179	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5803.8
6180	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5806.3
6181	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5806.4
6182	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5806.5
6183	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									5806.6
6184	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									0
6185	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	HUACHO ORDOÑEZ ABELINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-21									0
6186	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23	OPERATIVO	OPERATIVO	31	11	0.5	12496.7	12505		8.3
6187	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23									0
6188	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23									0
6189	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23									12496.7
6190	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23									0
6191	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23									12497.7
6192	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23									12498.8
6193	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23									12500.9
6194	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23									12500.9
6195	MCEISA	30-04-24	Abril	SEM 18	CAVERO CUARESMA HENRY	VENTURA GARCIA RUFINO	MCEISA A	DIA	SCOOPTRAM	SCM-23									12501

Nota. Elaboración propia. Base de datos en Excel utilizado por la contrata MCEISA para el registro de sus datos.

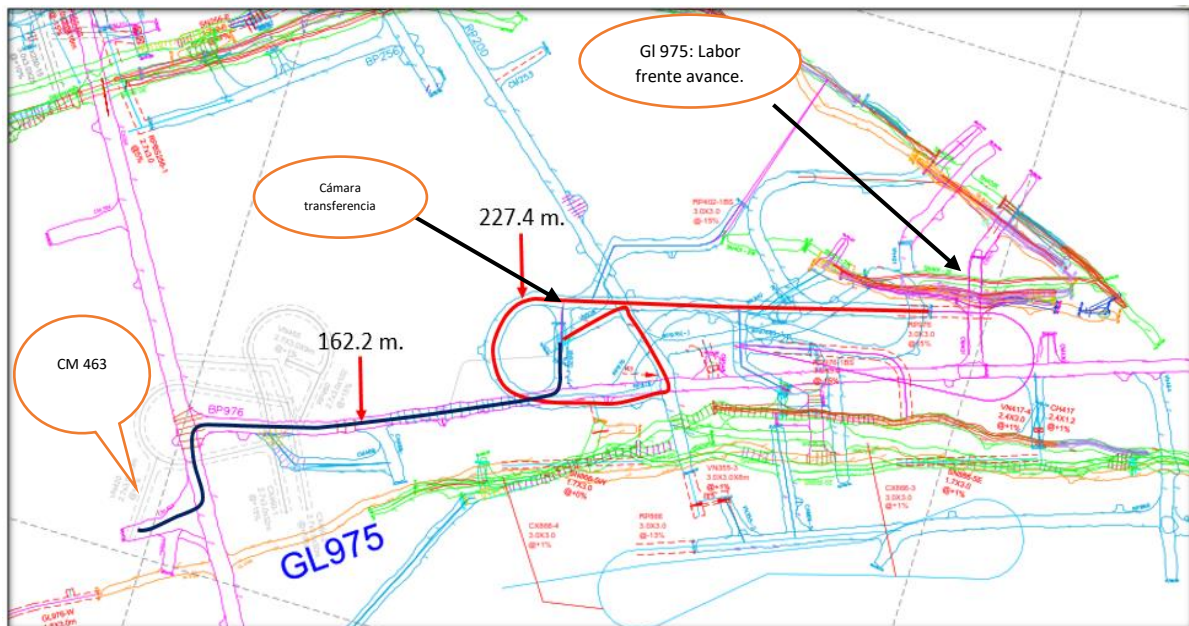
2.4.15. Distancias de acarreo de mineral

En todas las labores de avance donde operan los equipos Scooptram para realizar trabajos de limpieza, se dispone de una cámara de carguío en los distintos niveles.

Durante el desarrollo de labores, ya sea en galerías, cruceros, estocadas, by pass o ventanas, se habilitan cámaras de acumulación de material. La distancia entre estas estructuras varía según la capacidad del equipo empleado: para los scoop de 4.2 yd³, las cámaras deberían de ubicarse cada 150 metros. En ambos casos, los equipos utilizados funcionan con motores diésel.

Figura 7

Plano de limpieza de CAT 4.1 yd³



Nota. Extraído de Departamento de planeamiento. Imagen donde se explica el recorrido de la limpieza y las distancias mayores a 150 m que recorren los equipos Cat.

2.4.16. Limpieza y transporte con scooptram

El proceso de limpieza del material fragmentado tras la voladura en minería subterránea se realiza utilizando equipos LHD (Load-Haul-Dump), comúnmente conocidos como Scooptram. Estos equipos permiten retirar el material desde el frente de trabajo hasta las cámaras de carguío o transferencia. Su diseño compacto y resistente garantiza eficiencia operativa, bajos costos por tonelada y una larga vida útil. Uno de los puntos de análisis en limpieza y transporte de material con scooptram son los siguientes:

- **Condiciones de las Vías:** Las vías de transporte desempeñan un papel crucial en la eficiencia y seguridad de las operaciones. Problemas como derrames de carga, impactos en componentes mecánicos, y desgaste acelerado de neumáticos afectan tanto la velocidad de desplazamiento como el rendimiento general de los equipos. Según las especificaciones de los fabricantes, los neumáticos tienen una vida útil estimada de 2,000 a 2,500 horas, que puede

reducirse significativamente si las vías están en mal estado.

B. Zonas de Carguío: Para garantizar una operación óptima, las zonas de carguío deben contar con un suelo firme, evitando que el balde del Scooptram se hunda. Esto previene esfuerzos innecesarios en los componentes hidráulicos, como el cilindro central de volteo, y reduce el riesgo de daños mecánicos.

2.4.17. Productividad óptima

La productividad en minería subterránea se define como la capacidad de maximizar la extracción y el transporte de mineral empleando la menor cantidad de recursos posible. Esto resulta en una disminución significativa de costos al utilizar un número óptimo de equipos tanto de carguío como de transporte, garantizando operaciones más eficientes. El acarreo y transporte de mineral representan una parte crucial de la estructura de costos en las operaciones mineras, y una distribución estratégica de los equipos puede generar ahorros sustanciales.

2.4.18. Análisis de tiempos en el ciclo operativo del LHD

Los tiempos del ciclo operativo de un LHD se dividen en dos categorías: tiempos fijos y tiempos variables. Los tiempos fijos, como el tiempo de carga (T_c) y descarga (T_d), dependen exclusivamente del equipo. Por otro lado, los tiempos variables, como el tiempo de maniobra (T_m), el desplazamiento con el balde lleno (T_{vc}), y el desplazamiento con el balde vacío (T_{vv}), están influenciados por factores como el estado de las vías, la distancia de acarreo, las características del mineral, la inclinación del terreno, la experiencia del operador, y la visibilidad.

La fórmula para calcular el tiempo de ciclo (T_{ciclo}) es la siguiente:

$$T_{\text{ciclo}} = T_c + T_d + T_m + T_{vc} + T_{vv}$$

El rendimiento del equipo, expresado en ciclos por hora, se obtiene mediante: N° de

ciclos (ciclos/hora) = $60 / (T_c + T_d + T_m + T_{vc} + T_{vv})$

2.4.19. Componentes del estudio de tiempos

2.4.19.1 Tiempo productivo

- Productivo neto: Tiempo en el que el equipo realiza la tarea para la que fue diseñado.
- Demoras operativas: Inspección de la zona de trabajo, traslado entre labores, revisión y mantenimiento del equipo.

2.4.19.2 Tolerancias

- Demoras inevitables: Actividades como refrigerio, cambio de guardia, y entrega o recolección de herramientas.

2.4.19.3 Tiempo improductivo

- Improductivo inevitable: Procedimientos necesarios que no contribuyen directamente al tiempo productivo, como traslado a refugios y desplazamiento a superficie.
- Improductivo evitable: Demoras no operativas, como espera de equipo, habilitación de vías, y reparaciones mecánicas o eléctricas

2.4.20. Disponibilidad y utilización

2.4.20.1 Disponibilidad: Es el porcentaje del tiempo programado para trabajar durante el cual el equipo estuvo a disposición de Operaciones para ser usado.

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Horas de operación} + \text{Horas de mantenimiento}}$$

2.4.20.2 Utilización: Es el porcentaje del tiempo usado por la parte operativa, mientras el equipo está disponible.

$$\text{Utilización (\%)} = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Horas programadas}}$$

2.4.21. Rendimiento del equipo

El rendimiento, calculado en toneladas por hora, depende de variables como la capacidad de la cuchara del equipo (V_c), la velocidad de transporte, la densidad del material ($\delta = 2.8 \text{ TM/m}^3$), y el coeficiente de llenado de la cuchara ($\varphi = 0.85$). Se expresa como:

$$N = W / H$$

Donde:

W: es el peso transportado

H: el tiempo operativo en horas.

O también considerando para calcular el peso en toneladas tenemos la siguiente formula:

$$W = \delta \varphi V_c$$

En el caso del Scooptram Cat R1300G, el volumen estándar de la cuchara es de 3.1 m^3 , lo que permite un transporte de aproximadamente 7.4 toneladas por ciclo, considerando los valores de densidad y llenado mencionados. Con una velocidad promedio de 14.5 km/h cargado y un tiempo de ciclo estimado de 6 minutos, el equipo puede alcanzar un rendimiento teórico de 74 a 82 toneladas por hora, dependiendo de factores operativos como la distancia de acarreo y la eficiencia del operador (Caterpillar, 2022).

El rendimiento real también está condicionado por parámetros como la disponibilidad mecánica, la pendiente de las labores subterráneas, y la implementación de sistemas de gestión como MineStar™ Productivity, que permiten monitorear en tiempo real variables críticas y optimizar el uso del equipo. Estas herramientas han demostrado ser eficaces en operaciones

subterráneas para reducir tiempos de ciclo y maximizar la productividad.

2.5. Definiciones conceptuales

- **Costo:** Los costos representan la valoración monetaria de los recursos necesarios para la producción de bienes o servicios, considerando factores como materiales, mano de obra, equipos y energía consumida durante un periodo determinado. Comprender los costos es esencial para establecer precios y asegurar la sostenibilidad económica de las operaciones mineras (Polimeni & Fabozzi, 2020; Caterpillar, 2023).
- **Rentabilidad:** La rentabilidad es un indicador financiero que mide la capacidad de una empresa, proyecto o equipo para generar utilidades respecto al capital invertido. Es crucial para evaluar la viabilidad económica y la toma de decisiones estratégicas en minería (Real Academia Española, 2023).
- **Análisis de costos:** Proceso sistemático de identificación, estimación y evaluación de los recursos utilizados en un proyecto. Incluye costos de operación, mantenimiento, posesión y consumo energético, considerando variables como disponibilidad mecánica y vida útil de los equipos (Smith & Brown, 2021).
- **Confiabilidad y disponibilidad:** Confiabilidad: Capacidad de un activo, como el CAT R1300G, para realizar sus funciones bajo condiciones especificadas durante un periodo sin fallas (ISO 14224, 2016).
- **Disponibilidad mecánica (DM):** Proporción de tiempo que un equipo permanece operativo y listo para cumplir con su función productiva en comparación con el tiempo total programado (Caterpillar, 2022).
- **Costo de posesión:** Valor asociado a la propiedad de un equipo, independientemente de su uso, incluyendo adquisición, depreciación, seguros y mantenimiento a largo plazo (Ferreiros, 2022).

- **Optimización:** Aplicación de técnicas para maximizar la eficiencia y el rendimiento de los procesos operativos. En equipos como el CAT R1300G, se logra optimizando ciclos de carguío y mantenimiento predictivo (Normet Group, 2021).
- **Productivo neto:** Tiempo efectivo en el que un equipo ejecuta su tarea principal sin interrupciones ni tiempos muertos (Smith, 2021).
- **Productividad:** Relación entre la producción obtenida (toneladas por hora) y los recursos empleados (horas-hombre, equipos, combustible). Es un KPI clave en operaciones con Scooptram (Caterpillar, 2023).
- **Vías de transporte:** Infraestructuras internas de la mina, como rampas, galerías y cruceros, diseñadas para el desplazamiento de equipos y materiales (Ferreyros, 2022).
- **Vida útil:** Periodo estimado en el que un activo mantiene su funcionalidad y rendimiento esperado bajo condiciones normales de operación. Para el CAT R1300G suele estimarse en 20,000 a 25,000 horas operativas (Caterpillar, 2023).

2.6. Hipótesis

2.6.1. Hipótesis general

La implementación de controles operativos permitirá incrementar el rendimiento de los equipos Scooptram CAT R1300G en al menos un 10 % y, en consecuencia, mejorar la rentabilidad operativa de la Empresa Martínez Contratista e Ingeniería durante el primer semestre de 2024.

2.6.2. Hipótesis específicas

- La implementación de controles operativos reducirá los tiempos de ciclo de los equipos Scooptram CAT R1300G, generando un incremento en su rendimiento durante las labores de acarreo subterráneo.
- El cumplimiento de un plan de mantenimiento preventivo incrementará la

disponibilidad mecánica de los equipos Scooptram CAT R1300G, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa.

- La optimización del rendimiento de los equipos mediante controles operativos tendrá un efecto positivo en la rentabilidad de la operación minera.

2.7. Variables

2.7.1. Variable independiente

Implementación de controles operativos.

2.7.2. Variable dependiente

Rendimiento de los equipos Scooptram CAT R1300G y rentabilidad.

2.7.3. Operacionalización de las variables

Tabla 6

Tabla de Variables

Variable	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Unidades	Fuente de datos
Controles operativos (Variable independiente)	Planificación Operativa	Aplicación de controles operativos	Categoría Nominal	Si / No	Informes Operativos
	Mantenimiento Operativo	Existencia de un plan de mantenimiento	Categoría Nominal	Si / No	Registros de Mantenimiento
	Procedimientos de trabajo	Cumplimiento de procedimientos establecidos	Ordinal	Bajo / Medio / Alto	Observación directa y reportes internos
Rendimiento de los equipos (Variable dependiente)	Productividad	Volumen de material movido por hora	Cuantitativa continua	m ³ /h	Reportes de producción
Disponibilidad Mecánica (Variable dependiente)	Tiempo efectivo de operación	% de disponibilidad de los equipos	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)	Área de mantenimiento.
Rentabilidad Operativa (Variable dependiente)	Relación ingresos - costos	Margen operativo mensual	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)	Área de costos

Nota. Elaboración *propia*. Tabla nos muestra las variables independiente y dependiente de la investigación.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Alcance y limitaciones

3.1.1. Alcance

Esta investigación se llevó a cabo en la unidad minera Kolpa, ubicada en Huancavelica, donde opera la empresa Martinez. La investigación tendrá un alcance temporal de un periodo de 6 meses, dentro de esos meses se analizarán los datos recopilados y donde también se dará seguimiento a los resultados de la implementación de los controles operativos. De tal manera se consideraría que la investigación es viable ya que se contaría con el acceso a la información y el seguimiento de los resultados durante la investigación y respecto al financiamiento se necesitará acceso a internet y documentación. El propósito fue generar soluciones prácticas que impacten directamente en la eficiencia y rentabilidad de los equipos Scooptram.

3.1.2. Limitaciones

La investigación presenta un alcance local, ya que solo se centrará en los equipos CAT R1300G y no en los demás equipos de la empresa Martinez. Donde solo nos limitaremos en el estudio de los cuatro equipos.

3.1.3. Aporte

El presente estudio sobre la implementación de controles operativos en los equipos Scooptram CAT R1300G en la Unidad Minera Kolpa, tendrá como aporte hacia la empresa, la optimización del rendimiento en operaciones de carguío y acarreo en minería subterránea. También tendrá como resultado que la operación ya presente genere mayores ingresos económicos y por tanto la actividad sea rentable. Esta investigación propone soluciones prácticas para mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos, ya que se basará en el rendimiento de los equipos y todos los factores que afectan directamente, de los cuales realizaremos un seguimiento e implementación. Lo que también podría tomarse como modelo

por otras empresas que realizan la misma actividad.

3.2. Tipo y nivel de la investigación

3.2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema operativo detectado en la empresa contratista mediante la implementación de controles operativos específicos para optimizar el rendimiento de los equipos Scooptram CAT R1300G, contribuyendo así a la mejora de la rentabilidad y la eficiencia operativa.

3.2.2. Nivel de la investigación

El estudio es de nivel descriptivo y cuasi experimental, dado que se realizará una caracterización detallada de las condiciones actuales de operación de los equipos y se evaluará el impacto de la aplicación de mejoras mediante la comparación de indicadores antes y después de la intervención. Este enfoque permitirá identificar las variaciones en la productividad y disponibilidad de los equipos tras la implementación de los controles operativos.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población.

La población de estudio está compuesta por todos los equipos de perfil bajo (LHD) operativos de la Empresa Martínez. Esta población incluye un total de 14 equipos utilizados en las operaciones de carguío y acarreo de mineral, distribuidos en diferentes turnos de operación.

3.3.2. Muestra

La muestra de la investigación estará conformada por 4 equipos Scooptram CAT R1300G seleccionados de manera representativa. Estos equipos fueron elegidos por su nivel de operatividad, disponibilidad y por desempeñar un papel crucial en las operaciones de carguío y acarreo en las zonas más productivas de la mina.

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizará un enfoque cuantitativo, orientado a medir con precisión los indicadores de rendimiento y disponibilidad de los equipos Scooptram CAT R1300G, con el fin de evaluar el impacto de los controles operativos implementados.

3.4.1. Técnicas

- **Observación directa:** Supervisión en campo de las operaciones de carguío y acarreo para registrar los tiempos de ciclo y paradas no programadas.
- **Revisión documental:** Análisis de reportes diarios elaborados por los operadores y registros de mantenimiento ingresados al sistema de control mediante hojas Excel.

3.4.2. Instrumentos:

- **Cronómetros digitales:** Para medir los tiempos de ciclo (carguío, acarreo y descarga) durante la operación de los Scooptram CAT R1300G.
- **Hojas de registro:** Para documentar tiempos efectivos de operación, demoras tolerables, tiempos muertos y horas-hombre asociadas.
- **Checklists de mantenimiento:** Para verificar la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo.
- **Microsoft Excel 2016:** Para consolidar los datos, realizar cálculos de indicadores de rendimiento (m^3/h , ton/h), disponibilidad mecánica y generar gráficos comparativos.

3.4.2.1 Procedimiento de validación y control de datos.

- **Revisión cruzada de datos:** Los datos obtenidos mediante la observación directa en campo se contrastarán con los registros diarios elaborados por los operadores y las hojas de reporte enviadas a la jefatura de operaciones.

- **Verificación con supervisores:** Se consultará a los supervisores de turno y personal de mantenimiento sobre cualquier discrepancia detectada entre los datos registrados y las condiciones reales de operación.
- **Control de calidad en Excel:** Antes de su análisis, los datos serán filtrados y depurados en Microsoft Excel 2016 para identificar valores atípicos o inconsistencias (por ejemplo, tiempos de ciclo fuera de rangos esperados).
- **Capacitación previa:** El personal encargado de registrar la información recibirá instrucciones para aplicar criterios homogéneos al momento de medir y reportar los datos (inicio/fin de ciclo, causas de paradas, etc.), minimizando errores humanos.

3.5. Plan de análisis estadístico de datos

Para el procesamiento de la información se aplicará un análisis estadístico descriptivo y comparativo:

- **Estadístico descriptivo:** Se determinarán promedios, medianas y desviaciones estándar para los tiempos de ciclo, toneladas transportadas por hora y disponibilidad mecánica.
- **Análisis comparativo:** Se evaluarán los datos obtenidos antes y después de la implementación de los controles operativos, identificando variaciones en los indicadores clave de rendimiento (KPI).
- **Herramienta de análisis:** Microsoft Excel 2016 se utilizará como plataforma principal para consolidar los datos, generar gráficos que faciliten la interpretación de resultados.

Este enfoque permitirá determinar el impacto de las mejoras aplicadas sobre la productividad y la rentabilidad de los equipos Scooptram CAT R1300G.

3.6. Cronograma y presupuesto

La investigación tuvo una duración total de seis meses, de enero a junio de 2024. Desde el primer mes se implementaron los controles operativos propuestos, y simultáneamente se evaluaron los resultados comparativos con los datos históricos del año 2023 para medir el impacto en el rendimiento y rentabilidad de los equipos Scooptram CAT R1300G.

Tabla 7
Tabla de cronograma.

Fase	Actividad	Tiempo estimado	Mes
Fase 1: Implementación inicial y diagnóstico	- Implementación de controles operativos en los equipos Scooptram CAT R1300G	2 semanas	Enero 2024
	- Evaluación de datos históricos (2023) y comparación inicial	2 semanas	Enero 2024
Fase 2: Monitoreo y ajustes	- Observación directa de operaciones de carguío y acarreo	4 semanas	Febrero 2024
	- Revisión de reportes en hojas Excel y análisis de indicadores preliminares	2 semanas	Febrero 2024
Fase 3: Seguimiento y optimización	- Ajuste de medidas implementadas según resultados obtenidos	4 semanas	Marzo 2024
	- Validación de controles operativos aplicados	2 semanas	Abril 2024
Fase 4: Evaluación final	- Comparación de indicadores antes y después	3 semanas	Mayo 2024
	- Análisis de impacto en productividad y rentabilidad	2 semanas	Mayo 2024
Fase 5: Redacción y presentación	- Elaboración y revisión del informe de tesis	3 semanas	Junio 2024
	- Presentación y sustentación final	1 semana	Junio 2024

Nota. Elaboración propia. Cronograma de la investigación y sus tiempos de realización.

El presupuesto es reducido ya que la empresa contratista Martínez facilitó los recursos logísticos, operativos y tecnológicos necesarios.

Tabla 8

Tabla de presupuesto

Categoría	Detalle	Costo estimado (S/.)
Recursos humanos	Sueldo del investigador durante 6 meses (S/ 2000 mensuales)	12,000.00
Materiales y suministros	Hojas de registro, bolígrafos, carpetas	150.00
Herramientas de medición	Cronómetros digitales y calibración	200.00
Software	Uso de Microsoft Excel 2016 proporcionado por la empresa	0.00
Movilidad y viáticos	Transporte interno (cubierto por la empresa)	0.00
Impresión y encuadernado del informe	Impresión y empastado de la tesis final	100.00
Total		S/ 12,450.00

Nota. Elaboración propia. Tabla con los presupuestos que se necesitan para realizar dicha investigación.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

4.1. Análisis e interpretación de resultados

El presente capítulo expone y analiza los resultados obtenidos en la investigación, con el propósito de dar respuesta al objetivo general y a los objetivos específicos planteados. Para ello, se emplearon como fuentes de información los registros históricos de la operación correspondientes al año 2023 y los reportes de campo generados durante el primer semestre del 2024, periodo en el cual se implementaron los controles operativos en los equipos Scooptram Cat R1300G.

El análisis se centra en la comparación entre la situación inicial y los resultados posteriores a la aplicación de dichos controles, lo que permitió identificar y medir mejoras en indicadores clave de gestión minera: rendimiento operativo (m^3/h), tiempos de ciclo (min), disponibilidad mecánica (%), utilización efectiva (%) y costo operativo unitario (USD/h). Estos indicadores están directamente vinculados a las características técnicas del equipo, las condiciones de acarreo y limpieza, la gestión de mantenimiento y la optimización de la logística interna en las labores subterráneas.

Para el procesamiento de los datos se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas y comparativas mediante Microsoft Excel, lo cual facilitó la sistematización de la información y su representación en cuadros, tablas y gráficos. La interpretación de los hallazgos se estructura en subsecciones alineadas con los objetivos específicos de la investigación, abordando las causas técnicas y operativas que afectan el rendimiento, la implementación de los controles operativos, la evaluación de su impacto en la productividad y, finalmente, la determinación de la mejora en la rentabilidad de la operación.

4.2. Factores técnicos y operativas que afectan el rendimiento de los Scooptram

El desempeño de los equipos Scooptram CAT R1300G en la Contrata Martínez se

encuentra condicionado por diversos factores técnicos y operativos que repercuten directamente en el tiempo de ciclo y, por ende, en el rendimiento del equipo durante la limpieza. La identificación de estas causas permite comprender las limitaciones que afectan la productividad y sirven de base para la implementación de controles operativos orientados a la mejora operativa. A continuación, se detallan las principales causas determinadas en la operación.

4.2.1. Sobredistancia en las operaciones de acarreo.

Durante las actividades de limpieza de los frentes de avance programados, se evidencio en varios casos, la distancia entre los frentes de avance y las cámaras de transferencia o acumulación superan los 150 metros, lo que trae como consecuencia directa en el rendimiento de los equipos Scooptram CAT R1300G. Este exceso de recorrido ocasiona un mayor tiempo de acarreo en las labores programadas, reduce la cantidad de viajes por hora, reduce la cantidad de labores a limpiar durante la guarida, en consecuencia, disminuye la productividad (m^3/h).

El impacto de la sobredistancia se refleja también en el desgaste prematuro de componentes críticos como neumáticos, transmisión y sistema de frenos, además de generar un incremento en el consumo de combustible y lubricantes. Asimismo, estas horas-equipos invertidas en recorridos adicionales no están contempladas en el contrato con el titular de la actividad minera, lo que representa un costo no valorizado para la empresa contratista (Área de Costos Mceisa, 2024). Como dato histórico se evidencio en reportes y registro de datos que durante los meses de noviembre y diciembre del año 2023; las horas producto de sobredistancia variaban entre las 115 horas a 130 horas por el mes con los 4 equipos Scoop y en enero se registraron 90,76 horas equivalentes a un costo de USD 10 932,95

De forma complementaria, es importante resaltar que la sobredistancia tienen un efecto de desgaste en partes mecánicas directo sobre los Scooptram CAT R1300G, acelerando el

deterioro de sus componentes principales y esto trae como consecuencia que a los equipos se realice mantenimientos correctivos, disminuyendo la disponibilidad del equipo. Entre los impactos más relevantes se encuentran:

- ***Neumáticos y suspensión:*** mayor fricción y presión constante, reduciendo su vida útil.
- ***Transmisión y frenos:*** incremento de esfuerzos por arranques y frenadas frecuentes en recorridos extendidos.
- ***Sistema hidráulico:*** sobreuso de cilindros y actuadores en operaciones de carga y descarga, con desgaste prematuro de sellos, mangueras y bombas.
- ***Consumo de combustible y lubricantes:*** aumento del esfuerzo mecánico que reduce la eficiencia energética.
- ***Fatiga en articulaciones y cojinetes:*** producto de mayores vibraciones y fricciones por recorridos prolongados.

Estas condiciones contribuyen a la reducción de la disponibilidad mecánica (%) y al incremento del costo de mantenimiento correctivo, impactando tanto la continuidad operativa como los márgenes de rentabilidad.

4.2.2. Doble manipulación de mineral / desmonte.

El doble manipuleo de mineral o desmonte producto de la necesidad de poder retirar carga del frente o tajo para seguir avanzando con el ciclo de operación, constituye otra de las causas operativas que afectan negativamente el rendimiento de los equipos Scooptram Cat R1300G, ya que al tener solo cámaras de transferencia, tener ubicado la cámara de carguío en otro punto y no tener un plan de respaldo como chimeneas fill pass; esto trae como consecuencia volver a trasladar la carga de desmonte o mineral a las cámaras de carguío.

Durante el segundo semestre de 2024 se registró que, en varios frentes de avance, el

material era inicialmente depositado en cámaras de acumulación ubicadas a distancias superiores a 150 metros, para luego ser nuevamente transportado hacia las cámaras de transferencia o de carguío. Esta práctica generó un sobrecosto acumulado de 36,805.35 USD en horas improductivas, de acuerdo con los registros del área de costos de MCEISA, además de una reducción significativa en la eficiencia operativa de los Scooptram.

4.2.3. Condiciones de las vías de acarreo

Las condiciones de las vías de acarreo en la Unidad Minera Kolpa constituyen una de las causas técnicas que afectan directamente el rendimiento de los equipos Scooptram CAT R1300G. Durante el periodo de investigación se observó que las rampas principales y los accesos a los frentes de trabajo presentaban desniveles, presencia de agua, lama y lodo, factores que generan pérdida de adherencia y obligan a los operadores a reducir la velocidad de traslado.

Este escenario limita tanto la velocidad de retorno con carga como la de ida sin carga, afectando el tiempo de ciclo y, en consecuencia, el rendimiento expresado en m³/h. Además, el mal estado de las vías provoca mayores vibraciones y sobreesfuerzo en los sistemas de rodado, dirección y transmisión, acelerando el desgaste de componentes y aumentando la demanda de mantenimiento correctivo.

En los registros de campo se evidenció que la velocidad promedio de los Scooptram CAT R1300G alcanzaba 5.0 km/h en retorno con carga y 5.5 km/h en ida sin carga bajo condiciones deficientes de vías. Estas limitaciones se traducen en tiempos de acarreo más prolongados y una reducción en la cantidad de viajes efectivos por turno, lo que repercute negativamente en la productividad global del equipo.

De esta manera, las deficiencias en las vías de acarreo se reconocen como un factor crítico que condiciona el desempeño de los Scooptram, ya que impactan de manera directa en la eficiencia de los ciclos de acarreo y en la disponibilidad mecánica de los equipos.

Figura 8

Estado de las vías de acceso a labores de avance.



Nota. Elaboración propia. Vías en mal estado con presencia de lama en labores de avance.

4.2.4. Sobrerotura en frentes de avance.

En la Unidad Minera Kolpa, uno de los factores técnicos que inciden en el rendimiento de los equipos Scooptram CAT R1300G es la sobrerotura generada durante las voladuras en frentes de avance. Se evidenció que, en distintos turnos de operación, los porcentajes de sobrerotura alcanzaron valores entre 10 % y 20 %, por encima de lo permisible en condiciones controladas.

La sobrerotura implica la generación de un volumen adicional de material, lo que se traduce en mayores tiempos de limpieza y mayor número de ciclos de acarreo para restablecer la labor. En términos prácticos, esta condición impacta directamente en el rendimiento horario de los equipos LHD, ya que prolonga el tiempo invertido en la evacuación del frente antes de que pueda retomarse el avance programado.

Entre las causas más recurrentes de la sobrerotura se identificaron factores como:

- Calidad geomecánica de la roca, particularmente en sectores con presencia de fallas y fracturamiento intenso.
- Deficiencias en la perforación y control de carga explosiva, que generan una sobreexcavación en la sección disparada.

El efecto acumulado de estas condiciones se refleja en una mayor cantidad de material a limpiar por cada disparo, en las horas-equipo destinadas a la limpieza. En conclusión, la sobrerotura constituye una causa técnica crítica dentro del ciclo de minado, ya que no solo aumenta el volumen a transportar, sino que también reduce el rendimiento en m^3/h de los equipos de limpieza, limitando la productividad y reduciendo la eficiencia de la operación. Como registro dado en los meses de noviembre y diciembre de 2023 se evidencia en labores programadas de 3.0 m x 3.0 m que el disparo una vez levantado topográficamente daba como sección 3.2 m x 3.3 m, presentando un 17.4 % 14.8 % de sobrerotura.

4.3. Controles operativos implementados.

La implementación de controles operacionales en el equipo Scooptram CAT R1300G dentro de la Unidad Minera Kolpa S.A.C. tiene como objetivo optimizar su rendimiento, minimizar tiempos improductivos y mejorar la rentabilidad de la operación minera. Para ello, se han establecido estrategias basadas en la mejora de la disponibilidad, utilización eficiente y estandarización de procedimientos operativos que realiza el equipo CAT R1300G.

4.3.1. Gestión de la disponibilidad y utilización de equipos.

La disponibilidad y utilización efectiva de los equipos mineros, como el Scooptram CAT R1300G, dependen directamente de una gestión eficiente del mantenimiento. Un plan de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y predictivo reduce el tiempo de inactividad no programado, asegurando que los equipos estén operativos cuando se requieran. Esto mejora la disponibilidad, al minimizar fallos inesperados, y optimiza la utilización, al

garantizar que los equipos funcionen a su máxima capacidad sin interrupciones. Una gestión adecuada de estos factores no solo incrementa la productividad, sino que también contribuye a la reducción de costos operativos y al mejor aprovechamiento de los recursos en la operación minera. Además, como dato el programa de mantenimiento se da de manera semanal y ya tiene fechas programadas, tal como se muestra en las imágenes, ver (Anexo B-1).

De tal forma en la presente investigación se da seguimiento al cumplimiento estricto del mantenimiento programado de los equipos (Scooptram R1300G) que se dan durante la semana y además se implementa un programa denominado PCR (cambio programado de componentes) que nos sirve para tener un historial del tiempo de vida de cada componente de cada equipo.

4.3.1.1. Mejora en los programas de mantenimiento.

El seguimiento de los programas de mantenimiento en equipos mineros es fundamental para mejorar su disponibilidad operativa y reducir costos asociados a fallas inesperadas. En el presente estudio, se analizaron los principales problemas en la gestión del mantenimiento del Scooptram Cat R1300G, identificando deficiencias en el cumplimiento de los planes de mantenimiento, registros de reparaciones, capacitación del personal técnico y la falta de seguimiento de los desgastes de componentes de los equipos mediante un programa PCR.

Para abordar estas limitaciones, se implementaron estrategias orientadas a mejorar la planificación y ejecución de las actividades de mantenimiento. Entre estas mejoras, se estableció un seguimiento detallado del cumplimiento de los mantenimientos programados, y la capacitación del personal. Además, se realizaron evaluaciones sobre la disponibilidad de repuestos en almacén y la relación con los proveedores para reducir los tiempos de espera en la adquisición de componentes críticos.

Un problema fue la falta de programación y cumplimiento en el mantenimiento de

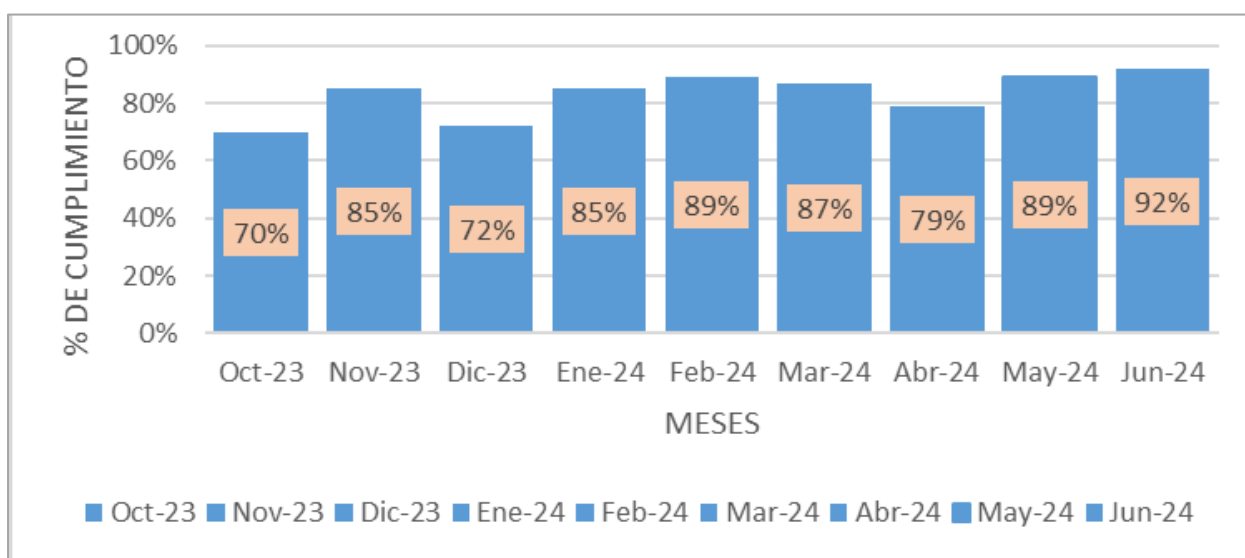
acuerdo a las horas trabajadas, ya que en muchos casos por ser operativos no se cumplió con el programa establecido en el mantenimiento, por consiguiente, se tuvo inconvenientes con el equipo, presentando paradas y estar inoperativo por días.

- *Mantenimiento programado:* Se llevó un mejor control en los programas de mantenimiento programados que iniciamos desde enero. De tal manera se dio seguimiento al programa de mantenimiento proyectado por el área de mantenimiento y sobre todo al cumplimiento de este. (Ver anexo B-2)

Donde como registro anterior desde el año 2023, se obtuvo la siguiente tabla Nro 9, que nos muestra el % de cumplimiento de las horas programadas de mantenimiento programado. Además, con el seguimiento al programa de cumplimiento de mantenimiento programado se obtuvo un aumento en el porcentaje de cumplimiento.

Figura 9

Tabla de mantenimiento programado de 2023 a 2024 (% de cumplimiento)



Nota. Elaboración propia. Imagen donde detalla el porcentaje de cumplimiento mensual del mantenimiento programado de octubre 2023 a junio 2024.

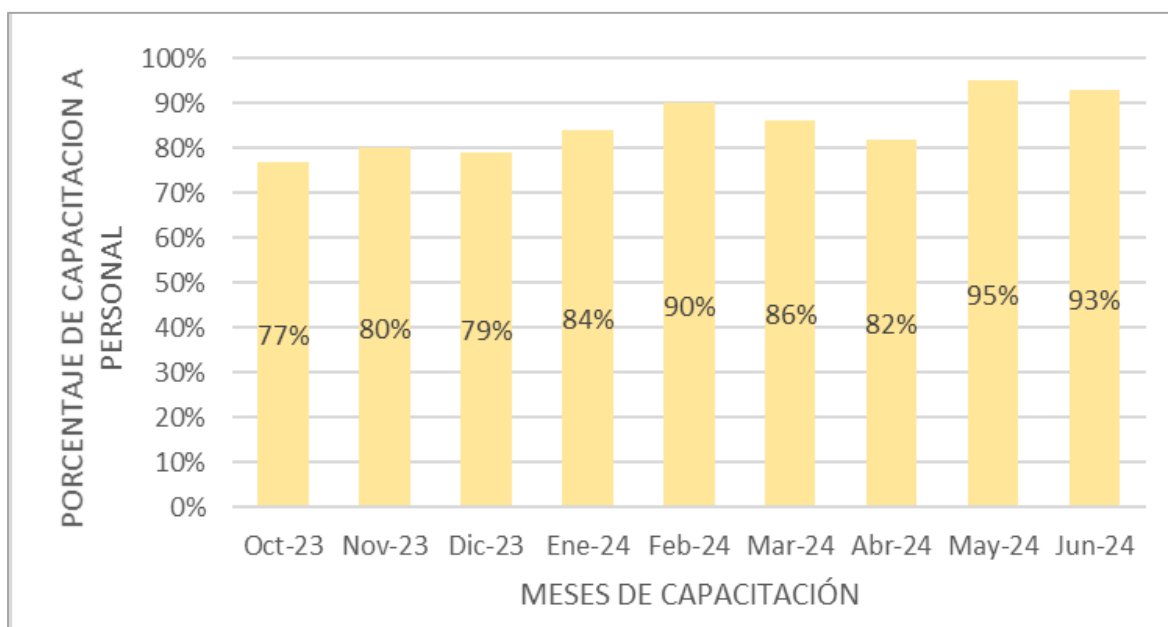
- *Programa de capacitación:* Se realizó un cronograma de capacitaciones que inician desde enero, donde se trata de brindar conocimientos a los operadores con la finalidad

de mejorar el cuidado de equipos mediante la buena operación de dichos equipos. (Ver anexo B-3). De tal forma que al tener capacitado a los operadores de equipos se tiene una mayor confiabilidad en el tema de operar el equipo y identificar posibles fallas durante el trabajo de limpieza.

Al proponer el programa de capacitación dado por el área de mantenimiento, solo se tuvo que dar seguimiento para su cumplimiento obteniendo los siguientes resultados.

Figura 10

Porcentaje de cumplimiento de programa de capacitación mensual 2023 a 2024



Nota. Elaboración propia. Evidenciamos el porcentaje de cumplimiento de las capacitaciones programadas durante los últimos meses 2023 hasta los meses de la investigación.

4.3.1.2. Cálculo de indicadores de disponibilidad y utilización de equipos mina con la implementación de controles.

- *Distribución de tiempos:* El control del tiempo programado de los equipos en mina, se dividen en tiempo disponible y las demoras no operativas. Tal como se muestra en la siguiente imagen (figura Nro 11). Además, como dato adicional la guardia Día es de 11 horas y la de noche 10 horas.

Figura 11
Tiempos Programados

TIEMPO PROGRAMADO				
TIEMPO DISPONIBLE			DEMORAS NO OPERATIVAS	
			CORRECTIVO	PROGRAMADO
ACTIVIDADES OPERATIVAS	DEMORAS OPERATIVAS		- FALLA MECÁNICA - FALLA ELÉCTRICA	- MANTENIMIENTO PROGRAMADO
	PREVISTAS	NO PREVISTAS		- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Nota. Área de costos. Imagen donde se detalla el tiempo disponible y demoras no operativas.

- *Disponibilidad:* Es el porcentaje del tiempo programado para trabajar durante el cual el equipo estuvo a disposición de Operaciones para ser usado.

Para la presente investigación en la empresa especializada Martínez, se cuenta con cuatro equipos, de los cuales se analizará el equipo Scooptram Nro. 41, según datos obtenidos registramos que los equipos tienen una disposición operativa saliendo del taller después de 1 hora iniciada la guardia (reparto de guardia, inspección y mantenimiento).

$$Disponibilidad (\%) = \frac{Horas\ de\ operación}{Horas\ de\ operación + Horas\ de\ mantenimiento}$$

Calculando en base al promedio del mes de diciembre de 2024:

Horas de operación: 380 horas promedio por equipo (mensual)

Horas de mantenimiento: 50 horas (mayor tiempo en mantenimiento correctivos)

$$Disponibilidad (\%) = 380 / (380+50)$$

$$Disponibilidad (\%) = 88.37 \%$$

Para los equipos (SCOOP) es recomendable que la disponibilidad tiene que ser mayor o igual de 85 %. Luego de dar seguimiento a los programas dados por el área de Mantenimiento y hacer cumplir las fechas programas de mantenimiento, se obtuvo una mejora:

Durante la investigación se obtuvo que en el mes de enero a junio lo siguiente:

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Horas de operación} + \text{Horas de mantenimiento}}$$

Donde:

Horas de operación enero 2024: 480 horas promedio por equipo (mensual)

Horas de mantenimiento: 70 horas (mayor tiempo en mantenimiento correctivos)

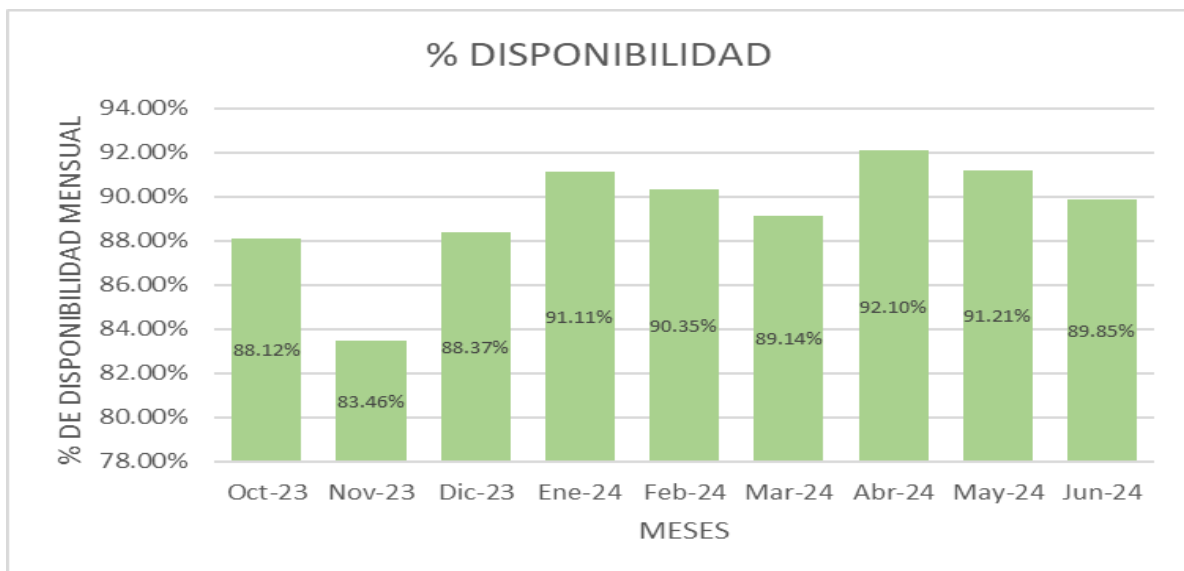
$$\text{Disponibilidad (\%)} = 410 / (410+40)$$

$$\text{Disponibilidad (\%)} = 91.11 \%$$

Para nuestro estudio recopilamos información anterior desde el mes de octubre de 2023, para este cuadro promediamos la disponibilidad de los 4 equipos de manera mensual, donde se obtuvo la siguiente muestra, indicando el crecimiento de la disponibilidad de los 4 equipos Cat R1300G.

Figura 12

Cuadro de disponibilidad mensual de los equipos CAT R1300G.



Nota. Elaboración propia. Imagen donde se detalla el porcentaje mensual de la disponibilidad de los meses de octubre 2023 a junio 2024.

Utilización: Es el porcentaje del tiempo usado por la parte operativa, mientras el equipo está disponible.

$$Utilización (\%) = \frac{Horas\ de\ operación}{Horas\ programadas}$$

Donde:

Horas operación: 380 h.

Horas programadas: 510 h.

Utilización = $(380/510) * 100$

Utilización = 74.51 %

En la presente investigación se tuvo como registro de la base de datos del mes de enero 2024, ya con los controles dados, el siguiente calculo:

Horas operación: 400 h.

Horas programadas: 510 h.

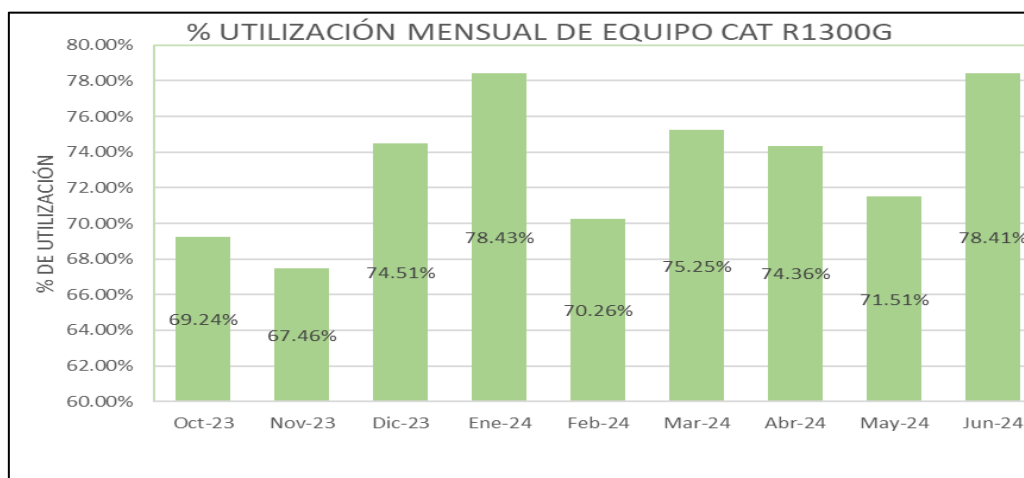
Utilización = $(410/510) * 100$

Utilización = 78.43 %

Para nuestro estudio recopilamos información anterior desde el mes de octubre de 2023, para este cuadro promediamos la utilización de los 4 equipos de manera mensual, donde se obtuvo la siguiente muestra, indicando el crecimiento de la utilización de los 4 equipos CAT R1300G.

Figura 13

Cuadro de porcentaje de utilización de equipo Cat R1300G



Nota. Elaboración propia. Porcentaje mensual de utilización hasta junio 2024.

- *Análisis de disponibilidad y utilización según los controles establecidos*

Para nuestro caso implementamos una mejora en el cumplimiento obligatorio de las fechas programadas de mantenimiento, sobre todo en los mantenimientos preventivos respetando las horas de trabajo de cada equipo que tiene como resultado una mejora en la disponibilidad y utilización de equipo. Además, con el programa de PCR se pudo reducir las horas de mantenimiento correctivo reactivo. Se obtuvo el siguiente cuadro de disponibilidad y utilización donde se aprecia el aumento, producto de las mejoras y seguimientos.

Tabla 9

Tabla de disponibilidad y utilización promedio de los equipo Cat R1300G

MES	DISPONIBILIDAD (%)	UTILIZACIÓN (%)
Octubre 2023	88.12%	69.24%
Noviembre 2023	83.46%	67.46%
Diciembre 2023	88.37%	74.51%
Enero 2024	91.11%	78.43%
Febrero 2024	90.35%	70.26%
Marzo 2024	89.14%	75.25%
Abril 2024	92.10%	74.36%
Mayo 2024	91.21%	71.51%
Junio 2024	89.85%	78.41%

Nota. Elaboración Propia. Tabla comparativa de la disponibilidad y utilización desde octubre 2023 hasta junio 2024.

4.3.2. Optimización del control de voladuras en frentes y secciones

Primero, como toda voladura realizada el objetivo principal es poder controlar la sección de avance o disparo, ya que de tal manera en nuestros frentes de avance de la contrata vemos esa deficiencia de sobrerotura que van de 10% a 20% de sobrerotura en muchos casos, todo esto alineado a diferentes condiciones como la calidad de la roca, la presencia de fallas, la presencia de agua, entre otros. Factores que condicionan la voladura y esto está sujeto a

nuestra investigación de optimizar el rendimiento de los equipos de limpieza, ya que a una mayor sobrerotura del frente, generamos una mayor cantidad de material; es decir en términos de avance, nos tomará más tiempo poder limpiar el frente y el rendimiento del equipo bajará.

Como parte del estudio, se evaluaron diversas estrategias para mejorar la eficiencia y precisión de las voladuras en frentes y secciones subterráneas. La implementación de estos procesos permitió reducir los efectos de sobre rotura, mejorar la fragmentación del material, minimizar el impacto a los frentes de avance y sobre todo aumentar el % de rendimiento en la limpieza de frentes. De tal forma se implementó y mejoró los procesos de voladura, los cuales son:

- *Ajuste en el Diseño de la Malla de Perforación*

En nuestra investigación, durante la inspección y seguimiento a la perforación nos dimos cuenta un factor al inicio de realizar el trabajo de la perforación de frente con jumbo con barra de 12, el proceso de pintado de malla de perforación no era el eficiente y acorde a las condiciones del terreno, es decir en un terreno de calidad de roca IV A , el diseño de malla de perforación al realizar el pintado lo realizaban a 3.0m x 3.0m , lo que traía como consecuencia una sobrerotura mayor a lo permisible.

De tal forma se dio seguimiento al pintado y diseño de malla de perforación, se utilizaron líneas de referencia proyectadas que facilitaron la alineación de los barrenos y minimizaron desviaciones en la perforación. Todas estas implementaciones se dieron registro mediante imágenes como se muestra a continuación (Imagen Nro.14) y también registradas en (Anexo. B-4).

Figura 14

Pintado de malla de perforación (sección menor a lo programado).



Nota. Elaboración propia. Pintado de malla de perforación antes de iniciar perforación con jumbo.

- *Control en la Carga de Explosivos*

Otro aspecto evaluado fue la cantidad de explosivos en función del diseño de perforación o la sección programada de voladura, en nuestra situación mayormente se avanzó en frentes de sección 3.0m x 3.0m; se evidencia en (Anexo B-5) la malla de perforación y sus factores (carga). En nuestra investigación se dio seguimiento a que se cumpla con la cantidad dada a las de mallas de perforación, mediante el control de los vales de los bodegueros.

- *Corrección de Desviaciones en la Perforación y control de sección*

Para garantizar la alineación de los barrenos y evitar desviaciones que afectaran la calidad de la excavación, se implementó el uso de tubos guía y dispositivos de alineación en la perforación. Esta medida permitió corregir errores angulares y mejorar la precisión de los taladros, asegurando un mejor aprovechamiento de la energía de voladura.

Figura 15

Uso de guíadores de perforación (paralelismo de taladros).



Nota. Elaboración propia. Imagen donde se evidencia uso de guíadores para la perforación.

Asimismo, se utilizó la perforación de taladros de alivio en la corona y hastiales para evitar la sobre rotura y se utilizó el control de “cañas de precorte” que son explosivos de menor potencia (emunor de 1000) utilizados en tubos cortados, con una menor cantidad y una mayor distribución, como se observa en (Imagen Nro. 16).

Figura 16

Preparación de explosivos de menor potencia para control para corona y hastiales.

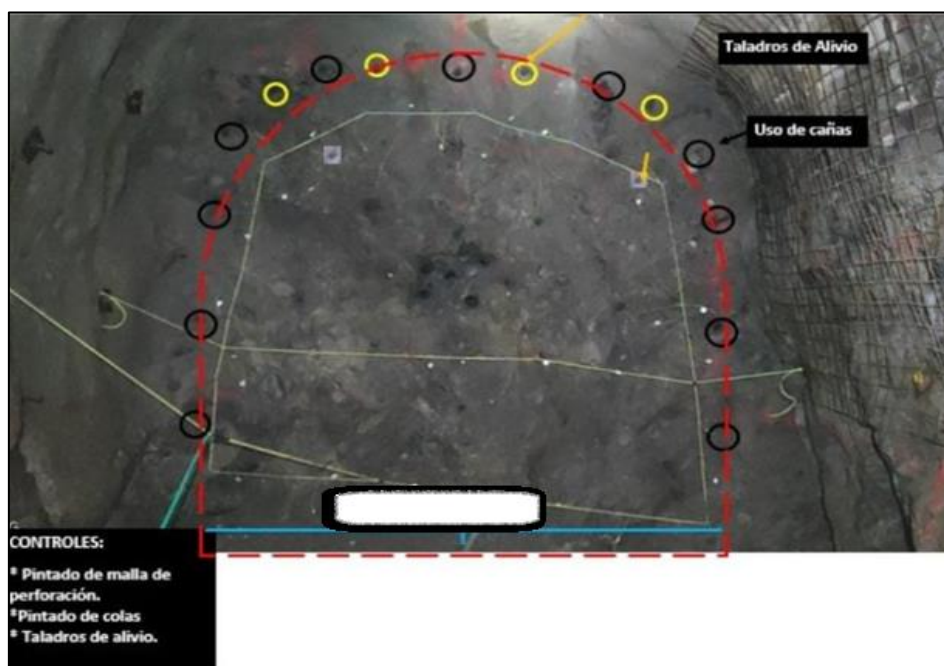


Nota. Elaboración propia. Preparación de voladura controlada con explosivo de menor potencia para controlar la sobrerotura.

Todas estas mejoras en la implementación de controles respecto al tema de voladura controlada, nos dio como resultado un menor porcentaje de sobrerotura en los meses de investigación respecto a meses anteriores. Como resultado se tiene que la perforación de acuerdo al tipo de roca, tiene que tener una sobrerotura no mayor al 10% y tiene que tener controles como los ya mencionados, como se evidencia en la siguiente imagen.

Figura 17

Frente de avance con controles de voladura.



Nota. Elaboración propia. Imagen con los controles de voladura aplicados durante a perforación de frente.

Tabla 10

Promedio de sobrerotura mensual

MESES	SECC. POGRAMADO		PROMEDIO SECC. TOPOG.		MED.TOPOG. AV.	% SOBREROT
	ANCHO	ALTURA	ANCHO	ALTURA	AVANCE	
Oct-23	3.0	3.0	3.28	3.19	3.00	16.3%
Nov-23	3.0	3.0	3.2	3.3	3.00	17.4%
Dic-23	3.0	3.0	3.24	3.19	2.90	14.8%
Ene-24	3.0	3.0	3.11	3.18	3.10	9.9%
Feb-24	3.0	3.0	3.2	3.2	3.05	12.4%
Mar-24	3.0	3.0	3.18	3.09	2.95	9.2%
Abr-24	3.0	3.0	3.08	3.11	2.90	6.4%
May-24	3.0	3.0	3.18	3.12	2.90	10.2%
Jun-24	3.0	3.0	3.14	3.09	3.00	7.8%

Nota. Elaboración propia. Tabla donde detalla el porcentaje de sobrerotura y su desarrollo en la investigación.

4.3.3. Sobredistancia y doble manipuleo en equipos CAT R1300G.

En las actividades de limpieza de los frentes de avance se puede apreciar que en unos

casos la distancia de las cámaras de transferencia o cámaras de acumulación superar los 150 m efectivos de distancia, lo que tiene como consecuencia una pérdida en el rendimiento de los equipos al momento de la limpieza y que trae como consecuencia muchas falencias en el equipo. También se observa la doble manipulación de material ya sea mineral o desmorte de las cámaras de acumulación hacia las cámaras de carguío que también superan los 150 m efectivos. Estas horas invertidas en realizar la limpieza o evacuación de material no está estipulado en el contrato con el titular de la actividad minera, en conclusión, dicho trabajo no se cobra y tiene como resultados el desgaste prematuro de los equipos CAT R 1300 G. Se muestra un extracto de los estipulado en el contrato con el titular de la actividad minera en la siguiente imagen.

Figura 18

Contrato de limpieza con equipos.

ELIMINACIÓN O LIMPIEZA DEL DESMORTE DEL FRENTE DE EXCAVACIÓN Y DE LA CÁMARA DE CARGUÍO

- El material producto de las excavaciones deberá ser retirado del frente de trabajo hacia las cámaras de carguío hasta una distancia máxima de 150 m del frente de trabajo para equipos menores a 4.2 yd³, y de 200 m para equipos de 6.0 yd³; a mayor distancia **KOLPA** reconocerá costo por sobredistancia o doble manipuleo.
- El costo de esta actividad forma parte de la estructura de costos de los Precios Unitarios de avance de la excavación hasta el radio de 150 m a 200 m de distancia del frente según el equipo de limpieza a utilizar.

Nota. Área de costos MCEISA. Imagen donde se explica la distancia promedio del equipo Cat durante la limpieza de un frente.

Al tener distancias mayores a las de 150 m, el equipo presenta un rendimiento más bajo, por consiguiente, genera que para limpiar un frente de avance o para realizar el carguío este generará un mayor tiempo para realizar dicha tarea, para ver los planos donde se observa sobredistancia, como se observa en (Anexo B – 6).

Por dicho motivo parte del control es poder identificar las labores donde presenta sobredistancia y calcular la pérdida de horas equipos.

Horas trabajadas con SCOOP DE 4.1 yd3 enero 2024

Figura 19

Horas equipo sobredistancia enero 2024

CUADRO DE DOBLE MANIPULEO Y SOBRE DISTANCIA ENERO 2024 MCEISA										
LABOR	M2	DISTANCIA CONTRATO	DISTANCIA RECORRIDO	SOBREDISTANCIA	AVANCE	AVANCE TOTAL	M3	TONELADAS (2.7 PE DESMONTE)	RENDIMIENTO (TON/HR) SCOOP 4.2	HORAS EQUIPO
RP045	9	150.00	456.93	306.93	12.2	306.93	109.8	296.5	28.3	10.48
VN 663-6	9	150.00	456.93	306.93	27.5	306.93	247.5	668.3	28.3	23.61
BP525 E	9	150.00	538.10	388.10	30.5	388.10	274.5	741.2	28.3	26.19
RP 526-4BS	9	150.00	538.10	388.10	35.5	388.10	319.5	862.7	28.3	30.48
										90.76

Nota. Elaboración propia. Imagen de doble manipuleo y sobredistancias, total de horas utilizadas.

Horas trabajadas con SCOOP DE 4.1 yd3 febrero 2024

Figura 20

Horas equipo sobredistancia febrero 2024

CUADRO DE DOBLE MANIPULEO FEBRERO 2024 MCEISA										
LABOR	M2	DISTANCIA CONTRATO	DISTANCIA RECORRIDO	SOBREDISTANCIA	AVANCE	AVANCE TOTAL	M3	TONELADAS (2.7 PE DESMONTE)	RENDIMIENTO (TON/HR) SCOOP 4.2	HORAS EQUIPO
CM800	9	150.00	277.00	127.00	10	127.00	90.0	243.0	31.2	7.79
RP466-1BS	9	150.00	187.00	37.00	5.1	37.00	45.9	123.9	40.7	3.04
CX526	9	150.00	482.93	332.93	19	332.93	171.0	461.7	18.3	25.23
BP 525	9	150.00	468.50	318.50	24	318.50	216.0	583.2	20.2	24.85
										60.91

Nota. Elaboración propia. Imagen de doble manipuleo y sobredistancias, total de horas utilizadas en febrero 2024.

- *Horas en sobredistancia y doble manipulación.*

Podemos observar en el siguiente cuadro que durante la investigación el tema de sobredistancia permanece, ya que hay muchos factores que no permiten corregir dicha condición, una de ellas la disposición de la empresa a realizar cámaras a cada 150 m; pero en dicha investigación se pudo observar que se ha corregido en muchos casos a medida del avance de los meses ya que se tiene como resultado una ligera disminución en las horas utilizadas en limpieza o doble manipulación de material. Además, observamos el gasto que la empresa especializada está perdiendo en el tema de sobredistancia.

Tabla 11

Resumen de horas trabajadas del mes de Enero a Junio 2024

RESUMEN DE HORAS DE TRABAJOS DE SOBREDISTANCIA Y DOBLE MANIPULEO			
MESES	HORAS	PU	TOTAL (\$)
Ene-24	90.76	\$ 120.46	10932.95
Feb-24	60.26	\$ 120.46	7258.92
Mar-24	45.30	\$ 120.46	5456.84
Abr-24	60.42	\$ 120.46	7278.19
May-24	30.20	\$ 120.46	3637.89
Jun-24	18.60	\$ 120.46	2240.56
			\$ 36805.35

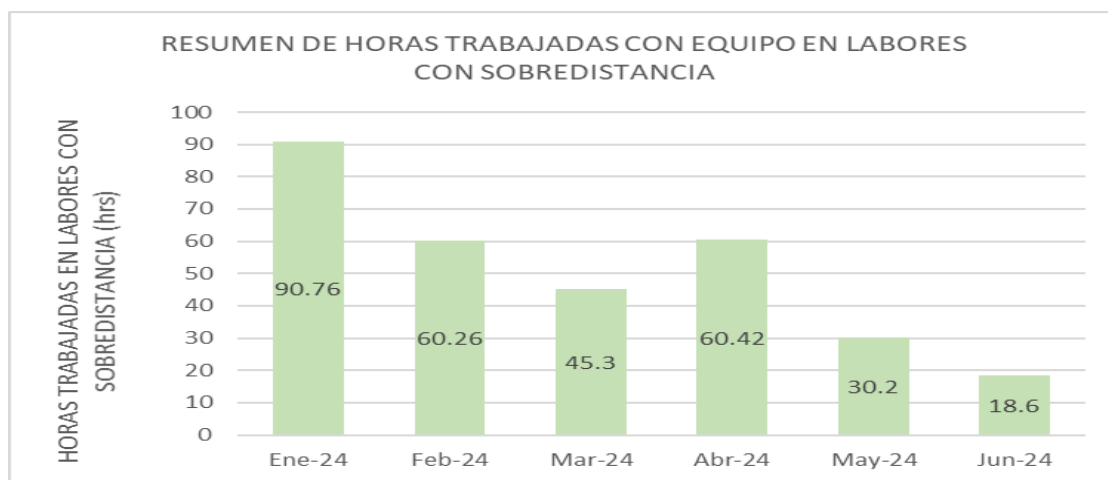
Nota. Elaboración propia. Tabla donde muestra la cantidad de horas que se utilizaron para realizar actividades de sobredistancia y doble manipuleo durante la investigación.

- Estrategias para la reducción de la sobredistancia y el doble manipuleo

Como medida de control implementadas para optimizar el transporte de material y reducir los efectos negativos de la sobredistancia y el doble manipuleo, se hizo un análisis y para evitar costos mayores el titular de la actividad minera y la contratista MCEISA han adoptado el uso de dámper para el acarreo de desmonte y mineral desde las cámaras de producción hasta las cámaras de carguío. Esta estrategia nos permitió implementar un seguimiento en el uso de dámper y cumplimiento a lo acordado en el uso de equipos dámper para minimizar el desgaste prematuro de los equipos Scooptram, reducir el consumo excesivo de combustible y optimizar los tiempos operativos, asegurando una mayor eficiencia en la cadena logística del material extraído.

Figura 21

Cuadro de horas trabajadas mensualmente en labores con sobredistancia.



Nota. Elaboración Propia. Imagen donde se ve la evolución de las horas utilizadas para labores que presentan sobredistancia.

4.3.4. Mantenimiento de vías

En la implementación de controles respecto al mantenimiento de vías fue el registro de horas utilizadas para el mantenimiento obligatoria de las vías de los frentes de avance, un registro y una base de datos del cumplimiento horarios de la actividad de mantenimiento de vías. El mantenimiento de las vías de acceso a las distintas labores de avance o producción, juega un papel crucial para obtener resultados de mejoras en rendimiento, ya que actualmente en las rampas principales y labores de acceso las vías se encuentran en mal estado, presentando desniveles y en muchos otros casos presencia de agua que tiene como consecuencia la presencia de lama y lodo. Todo esto trae como resultados que los equipos livianos y pesados no tengan buen acceso a las labores, sobre todo en equipos como dumper o scoops no tengan un buen rendimiento en su velocidad de retorno o ida con carga.

Como solución inmediata, se dio preferencia al mantenimiento de vías luego de terminar la limpieza de labores de los equipos Scoop.

Por otro lado, en el transcurso de la investigación fue necesario realizar o programar el mantenimiento de las vías en los frentes de avance con los equipos CAT R 1300 G ya que se

puede observar una mejora en las velocidades de retorno e ida durante la limpieza.

Tabla 12

Mantenimiento de vías (horas).

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
28.5	58.6	32.5	48.4	53.2	78.4

Nota. Elaboración propia. Tabla donde muestra la cantidad de horas destinadas a realizar mantenimiento de vías.

Al programar y realizar dicha actividad de mantenimiento de las vías, se pudo apreciar las velocidades en el siguiente cuadro.

Tabla 13

Velocidad de equipo CAT R1300G

VELOCIDAD PROMEDIO REGISTRADA		
	Velocidad de retorno con carga	Velocidad de ida sin carga
Velocidad sin mantenimiento de vías	5.0 km / h	5.5 km / h
Velocidad con mantenimiento de vías	5.5 km / h	6.0 km / h

Nota. Elaboración propia. Velocidad promedio del equipo con carga y sin carga registrada en campo.

4.4. Evaluación del impacto de los controles operativos en el rendimiento del Scooptram Cat R1300G

4.4.1. Rendimiento de equipo Cat R1300G

Para este paso optaremos el análisis del rendimiento del equipo CAT R1300G Nro. 41 para poder demostrar el rendimiento a base de datos reales obtenidos en campo.

Para ello es necesario tener en cuenta que de los 4 equipos que pertenecen a la empresa especializada MCEISA, se puede observar que tienen una antigüedad de 4 a 3 años, ya que un

equipo tiene una vida económica útil de 5 años, pasado ese tiempo requerirá una mayor asistencia mecánica por lo que ya no será rentable. De tal manera nuestro equipo de estudio será el de código SCM – 41 que tiene como año de fabricación el 2021.

4.4.1.1. Análisis del rendimiento de equipo Cat R1300G.

En dicha investigación tomaremos en cuenta el estudio que va desde enero de 2024, donde el titular de la actividad minera da un programa de labores de avances, las cuales detallan en la siguiente tabla Nro.14 donde detalla las labores que se tendrán que avanzar, las cuales tenemos labores con sección de 3.0x3.0, 4.5x4.0 y 1.7x3.0. De tal manera que nuestro estudio tratara labores de 3.0 m x 3.0 m. Nuestro análisis comenzara por el estudio de mes de diciembre 2023, para hallar su rendimiento mensual sin optimizar y luego la comparación del mes de enero 2024 para ver la diferencia de rendimientos.

Tabla 14

Labores programadas enero 2024.

LABOR	NIVEL	FASE	SECCION	TIPO	EMPRESA
RP045(+)	4555	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
VN663-6	4555	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
BP525-E	4480	DESARROLLO	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
GL526-E	4480	EXPLORACIÓN	1.7X3.0	AVANCE	MCEISA
VN526-4	4518	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
RP526-4BS	4518	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
RP525(+)	4518	DESARROLLO	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
RP402-2BS	4518	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
SN877-2E	4380	PREPARACIÓN	1.7X3.0	AVANCE	MCEISA
RP866(-)	4430	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
CX369	4430	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
GL500-E	4430	EXPLORACIÓN	1.7X3.0	AVANCE	MCEISA
BP255-E	4430	DESARROLLO	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
CX350-S	4330	INVERSIÓN	4.5X4.0	AVANCE	MCEISA

Nota. Área de costos MCEISA. Labores programadas por compañía para el mes de enero 2024.

- Características de labores de avance diciembre 2023 (Promedio de la sección mensual).

Tabla 15

Promedio de secciones de labores sin optimizar.

MES	CÓD. EQUIPO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SECCIÓN PROGRAMADA	LABOR	SECCIÓN SIN OPTIMIZAR		
					ANCHO(m)	ALTO(m)	AVANCE(m)
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP_045 (+)	3.40	3.30	3.10
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	VN_663_6	3.30	3.40	3.00
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	BP525_E	3.30	3.40	3.20
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	VN_526_4	3.20	3.30	3.10
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP_526_4BS	3.50	3.20	3.00
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP_525(+)	3.30	3.40	2.90
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP_866(-)	3.60	3.50	3.00
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	CX_369	3.30	3.20	2.90
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	BP_255_E	3.40	3.30	2.80
Enero	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP_402_2BS	3.50	3.40	3.00
PROMEDIO					3.40	3.30	2.90

Nota. Área de costos.

Para nuestro calculo tomaremos en cuenta la sección obtenida en campo mediante medición que es un promedio de sección de 3.40 x 3.30 y con un avance promedio de 2.90.

Factor de esponjamiento: Para el análisis del factor de esponjamiento es variable dependiendo de las características de la roca y la voladura. Ver (Tabla Nro. 16)

Tabla 16
Factor de esponjamiento

Tipo de suelo	Porcentaje de esponjamiento
Tierra vegetal, arena	9 a 15
Arcilla, arena húmeda	15 a 25
Grava gruesa	25 a 35
Roca blanda a semi dura	35 a 45
Roca Dura	45 a 65

Nota. Baldeón Quispe Zoila (2011)

Para este tipo de roca que encontramos en Kolpa consideraremos:

Factor de esponjamiento = 35 %

- *Volumen de material (v):* Para calcular el volumen roto de material de la sección consideraremos las dimensiones de la sección que va de 3.40 m x 3.30 m y con un avance promedio de 2.90 m.

Cálculo de volumen:

$$V = b * h * La$$

Donde:

V = Volumen roto (m³)

b = Ancho de labor (m)

h = Altura de labor (m)

$La = \text{Longitud de avance (m)}$

$$V = b * h * La$$

$$V = 3.40 \text{ m} * 3.30 \text{ m} * 2.90 \text{ m}$$

$$V = 32.54 \text{ m}^3$$

- *Volumen esponjado (Ve)*: es el material real producto después de la voladura donde influye el factor de esponjamiento.

Cálculo de volumen esponjado:

$$Ve = V + (V * Fe)$$

Donde:

$Ve = \text{Volumen roto.}$

$Fe = \text{Factor de esponjamiento (\%)}$

$$Ve = V + (V * Fe)$$

$$Ve = 32.54 + (32.54 * 35\%)$$

$$Ve = 43.93 \text{ m}^3$$

4.4.1.2. Características de equipo Scooptram R1300G.

- *Factor de llenado*

Factor de llenado = 85 % Ver (Tabla Nro. 17)

Tabla 17

Factor de llenado15

TAMAÑO	FACTOR DE LLENADO
Bien fragmentado	80 – 95 %
Fragmentación mediana	75 – 80 %
Mal fragmentado con lascas o bloques.	60 – 75 %

Nota. Extraído de Baldeón Quispe Zoila (2011). Tabla donde se registra el factor de llenado de acuerdo al tamaño de los bancos.

- *Capacidad real del equipo SCOOP.*

$$\text{Capacidad del equipo Scoop} = 3.21 \text{ m}^3$$

- *Velocidad del scoop:* Para poder obtener la velocidad del equipo esta depende de muchos factores tales como el estado de la vía, la destreza del operador, entre otros. Para ello los datos que obtuvimos fueron en campo.

Velocidad de retorno con carga del Scoop = 5.0 km/h

Velocidad de ida sin carga del Scoop = 5.5 km /h

4.4.1.3. Cálculo del ciclo de limpieza

- *Cálculo tiempo de retorno (con carga) (Tr).* Para el cálculo del tiempo de retorno se tomó en función de la limpieza de los frentes y la distancia que recorre hacia la cámara de carguío, tomando los datos en campo.

Para el presente cálculo se tomará una distancia de 150 m.

Calculo para tiempo de traslado con carga.

$$Tr = D / Vr$$

Donde:

Tr : Tiempo de retorno con carga (minutos).

D: distancia de recorrido con carga (km).

Vr: Velocidad de retorno con carga (km/h).

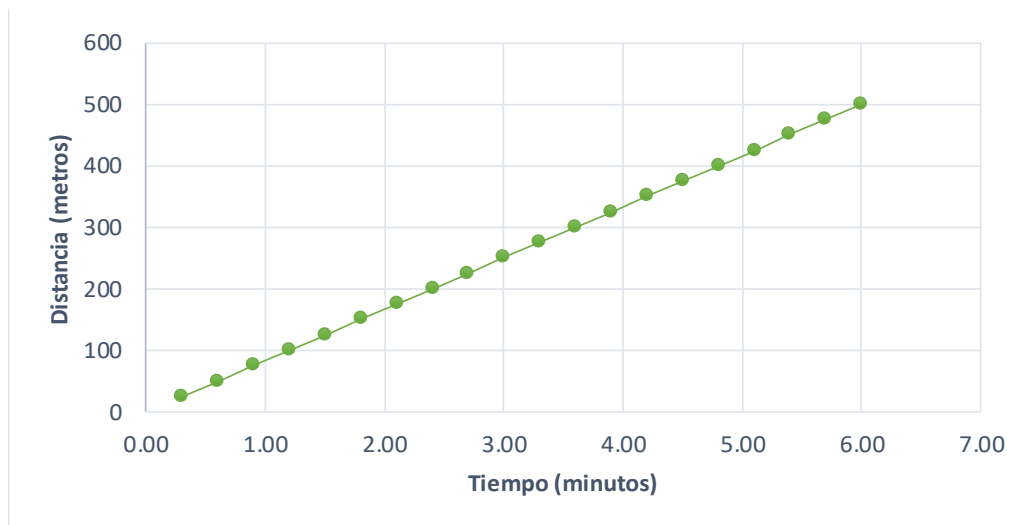
$$Tr = D / Vr$$

$$Tr = (0.15 \text{ km} / (5.0 \text{ km/h})) * 60$$

$$Tr = 1.80 \text{ minutos.}$$

Para obtener los datos que se muestran en la figura se observa en (Anexo B – 7) donde realizamos los cálculos del tiempo en distintas distancias, los datos obtenidos lo observamos en (Figura Nro. 22).

Figura 22
Tiempo de retorno con carga.



Nota. Elaboración propia. Imagen donde detalla el tiempo utilizado de acuerdo a la distancia recorrida por el equipo Cat.

- *Cálculo tiempo de ida (sin carga) (Ti):* Es el tiempo de recorrido de ida sin carga desde cámara de acumulación hacia el frente de limpieza, se tomaron los datos en campo.

Para este cálculo continuaremos con la distancia de 150 m.

$$T_i = D/V_i$$

Donde:

Ti: Tiempo de ida sin carga (minutos).

D: distancia de recorrido sin carga (km).

Vi: Velocidad de ida sin carga (km/h)

$$T_i = D/V_i$$

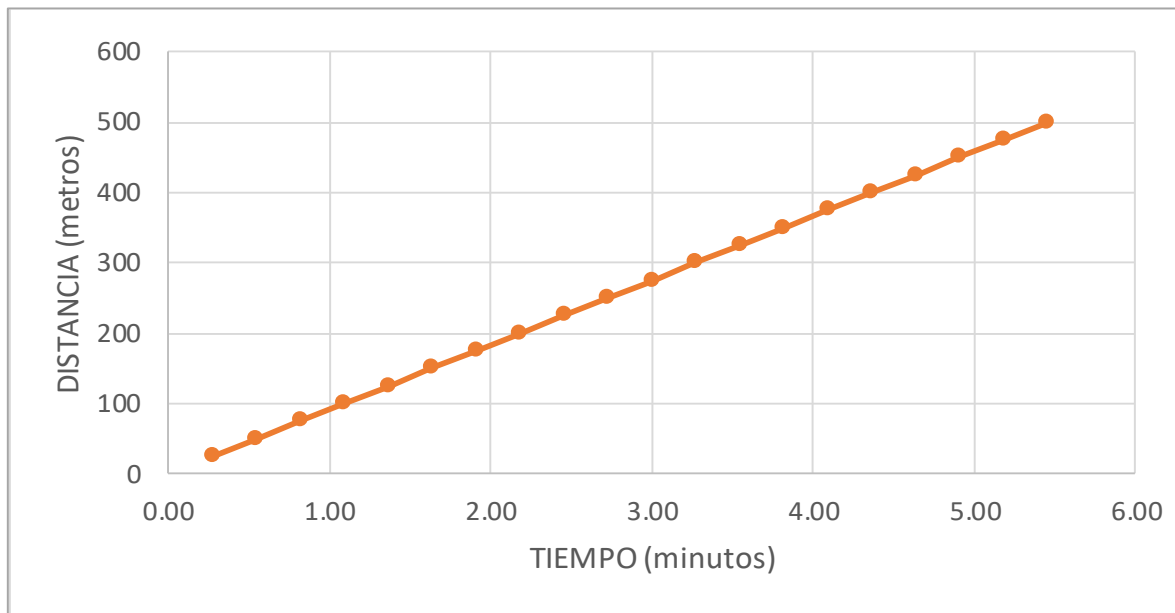
$$T_i = (0.15 \text{ km} / (5.5 \text{ km/h})) * 60$$

$$T_i = 1.64 \text{ minutos.}$$

Para obtener los datos que se muestran en la figura se observa en (Anexo B – 8) donde realizamos los cálculos del tiempo en distintas distancias, los datos obtenidos lo observamos en (Figura Nro. 23).

Figura 23

Tiempo de retorno sin carga.



Nota. Elaboración propia. Relación de los tiempos de acuerdo a la distancia recorrida por el equipo Cat.

- *Cálculo para maniobras totales (Mt):* Son las maniobras que realiza el equipo durante la limpieza de un frente hasta la descarga de material en la cámara de acumulación.

Maniobras totales = 1 minuto

- *Ciclo total de acarreo (Ca):* Es el tiempo que demora un equipo para realizar un viaje de limpieza.

$$Ca = Tr + Ti + Mt$$

Donde:

Ca = Ciclo total de acarreo (minutos)

Tr = Tiempo de retorno con carga (minutos).

Ti = Tiempo de ida sin carga (minutos)

Mt = Maniobras Totales (minutos).

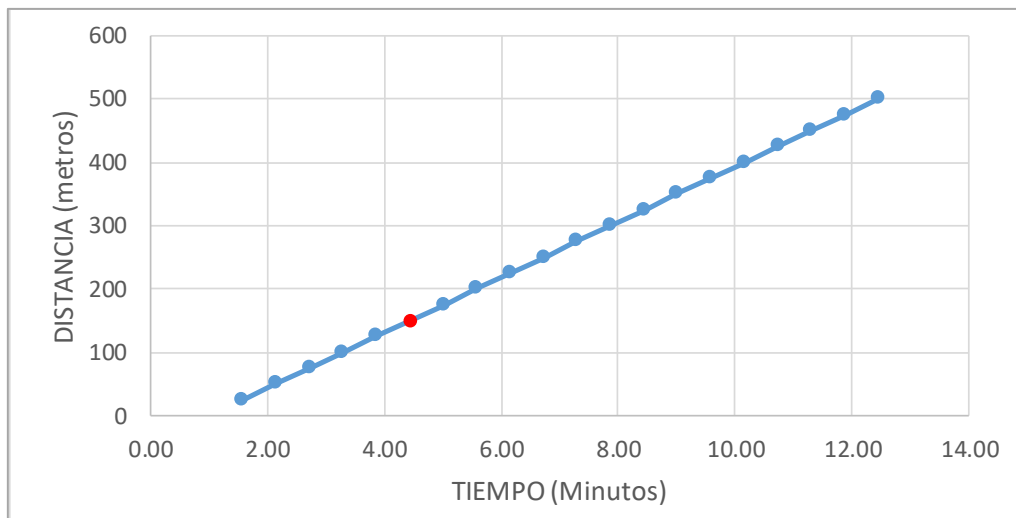
$$Ca = Tr + Ti + Mt$$

$$Ca = 1.80 + 1.64 + 1.0$$

$$Ca = 4.44 \text{ minutos.}$$

Para obtener los datos que se muestran en la figura se observa en (Anexo B – 9) donde realizamos los cálculos del tiempo en distintas distancias, los datos obtenidos lo observamos en (Imagen Nro. 24).

Figura 24
Ciclo total de acarreo.



Nota. Elaboración propia. Ciclo total de acarreo a las distintas distancias recorridas por el equipo Cat.

- *Cálculo para número de ciclos (Nc):* La cantidad de viajes que realiza el equipo scoop para realizar la limpieza del frente de avance.

$$Nc = Ve / Cs$$

Donde:

Nc = Numero de ciclos.

Ve = Volumen esponjado (m³)

Cs = Capacidad de la cuchara (m³)

$$Nc = Ve / Cs$$

$$Nc = 43.93 \text{ m}^3 / 3.21 \text{ m}^3$$

$$Nc = 13.69$$

Numero de ciclos: 14 ciclos.

- *Calculo para el tiempo total de limpieza (TI):* Es el tiempo que demora el equipo en realizar la limpieza de un frente de 3.0 m x 3.0 m.

$$TI = Nc \times Ca$$

Donde:

TI: Tiempo de limpieza (h).

Nc: Numero de ciclos.

Ca: Ciclo total de acarreo (minutos).

$$TI = Nc * Ca$$

$$TI = 14 \text{ ciclos} * 4.44 \text{ minutos}$$

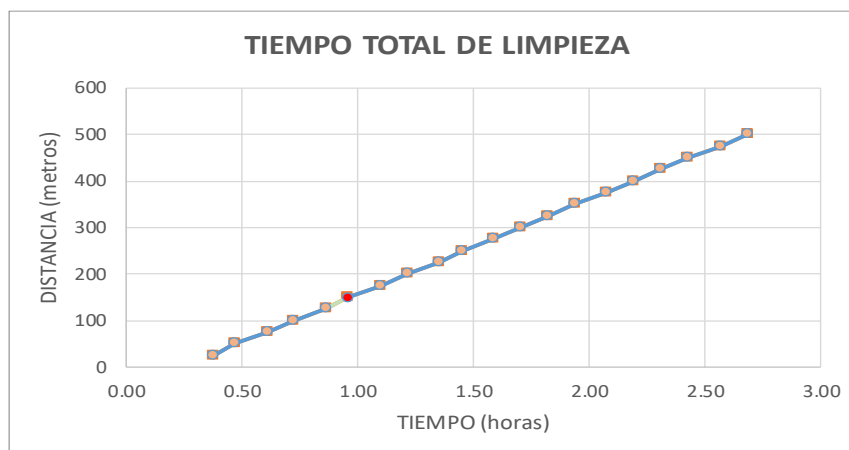
$$TI = 62.16 / 60 \text{ h}$$

$$TI = 1.036 \text{ horas.}$$

Para obtener los datos que se muestran en la figura se observa en (Anexo B – 10) donde realizamos los cálculos del tiempo en distintas distancias, los datos obtenidos lo observamos en (Imagen Nro. 25).

Figura 25

Tiempo total de limpieza.



Nota. Elaboración propia. Relación del tiempo total utilizado por el equipo Cat a distintas distancias.

- *Rendimiento del equipo (Rs).* Para el cálculo del rendimiento del equipo LHD

tomaremos dos fórmulas para hallar el rendimiento del equipo Cat R1300G, la primera será:

$$Rs = Ve / TI$$

Donde:

Rs: Rendimiento del equipo (Rs)

Ve: Volumen esponjado (m^3)

TI: Tiempo total de limpieza (h)

El rendimiento del equipo a 150 m.

$$Rs = Ve / TI$$

$$Rs = 43.93 \text{ m}^3 / 1.036$$

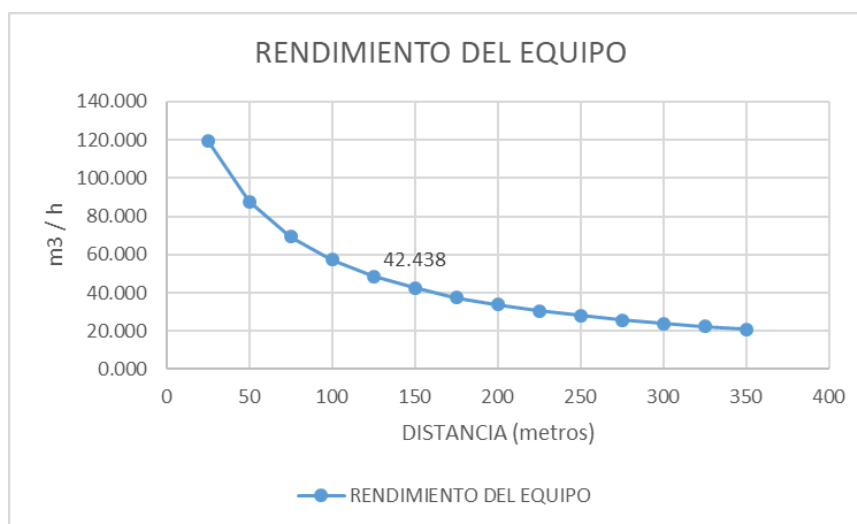
$$Rs = 42.40 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para obtener los datos que se muestran en la figura se observa en (Anexo B – 11)

donde realizamos los cálculos del tiempo en distintas distancias, los datos obtenidos lo observamos en (Imagen Nro. 26).

Figura 26

Rendimiento del equipo.



Nota. Elaboración propia. Rendimiento del equipo a distintas distancias recorridas por el equipo Cat.

Ajustando a las condiciones de los equipos CAT R1300G que se presentan en campo, ajustamos la formula a la siguiente:

$$R = (VRCV \times VH \times DM \times UE)$$

Donde:

VRCV: volumen real de la cuchara.

VH: número de viajes por hora

DM: disponibilidad mecánica.

UE: utilización efectiva.

$$R = (VRCV \times VH \times DM \times UE)$$

$$R = (5.9 \text{ ton} * 13.6 * 88.37\% * 74.51\%)$$

$$R = 52.83 \text{ ton/hor}$$

En metros cúbicos por hora:

$$R = (VRCV \times VH \times DM \times UE)$$

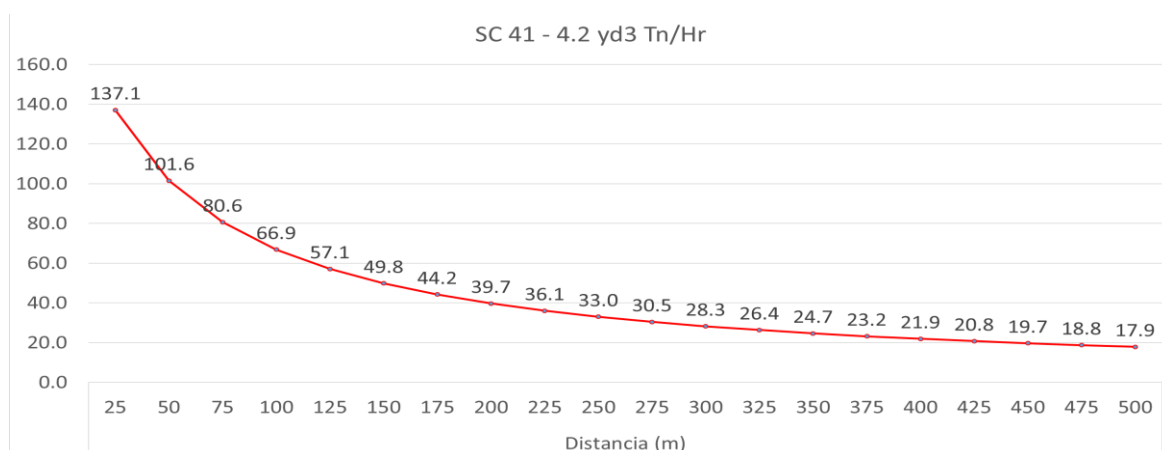
$$R = (2.57 * 13.6 * 88.37\% * 74.51\%)$$

$$R = 23.01 \text{ m}^3/\text{h}$$

Obtenemos los resultados de los rendimientos del equipo ajustando a la situación en mina, observamos en (Imagen Nro. 27).

Figura 27

Rendimiento del equipo ajustado.



Nota. Elaboración propia. Relación del rendimiento ajustado de acuerdo a las distancias recorridas.

4.4.2. Rendimiento del equipo con la implementación de controles operacionales

4.4.2.1 Análisis del nuevo rendimiento de equipo Cat R1300G

Para poder obtener el nuevo rendimiento después de la implementación de controles operativos recopilamos los datos obtenidos en campo, analizamos la información y compramos los nuevos datos para que de esa manera poder ver la diferencia de los principales factores que afectaban dicho rendimiento de los equipos. Seguiremos tomando en consideración las labores de secciones de 3.0 x 3.0.

- Labores programadas mes de enero 2024

Tabla 18

Labores programadas en enero 2024.

LABOR	NIVEL	FASE	SECCION	TIPO	EMPRESA
RP045(+)	4555	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
VN663-6	4555	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
BP525-E	4480	DESARROLLO	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
VN526-4	4518	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
RP526-4BS	4518	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
RP525(+)	4518	DESARROLLO	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
RP402-2BS	4518	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
RP866(-)	4430	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
CX369	4430	PREPARACIÓN	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
BP255-E	4430	DESARROLLO	3.0X3.0	AVANCE	MCEISA
CX350-S	4330	INVERSIÓN	4.5X4.0	AVANCE	MCEISA

Nota. Área de costos MCEISA. Labores programadas por compañía para el mes de enero 2024

- Características de labores de avance enero 2024

Tabla 19

Características de labores.

MES	TURNO	CÓD. EQUIPO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SECCIÓN PROGRAMADA	LABOR	SECCIÓN OPTIMIZADA		
						ANCHO(m)	ALTO(m)	AVANCE(m)
Mayo	NOCHE	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	BP 402	3.10	3.20	3.1
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP 438	3.20	3.15	3.1
Mayo	NOCHE	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	CX 255	3.10	3.20	3
Mayo	NOCHE	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	BP 255	3.15	3.10	3.15
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	CX494	3.10	3.15	3
Mayo	NOCHE	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	BP 255	3.10	3.15	2.9
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	BP 255	3.15	3.10	3
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	CX663	3.10	3.20	3
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP362(-)	3.15	3.10	2.9
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	CM611	3.20	3.10	3
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP524(-)	3.15	3.10	2.9
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	VN524	3.10	3.20	3
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP524(-)	3.20	3.15	3
Mayo	NOCHE	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	CX663	3.10	3.10	2.9
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP438	3.20	3.30	3.1
Mayo	NOCHE	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	CX663	3.10	3.20	3.1
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	BP416	3.15	3.15	3.1
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	BP525	3.05	3.10	3.1
Mayo	DIA	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	RP524	3.10	3.15	3.1
Mayo	NOCHE	SCM-41	<i>Limpieza de Desmonte en Frentes</i>	3.0 X 3.0	CX663	3.15	3.10	3.2
PROMEDIO						3.13	3.15	3.03

Nota. Área de costos MCEISA. Características de la labor programada en el mes de enero 2024.

Para nuestro calculo tomaremos en cuenta la sección obtenida en campo mediante medición que es un promedio de sección de 3.13 x 3.15 y con un avance promedio de 3.03

- *Factor de esponjamiento:*

Para este tipo de roca que encontramos en Kolpa consideraremos:

Factor de esponjamiento = 35 %

- *Volumen de material (v):* Para calcular el volumen roto de material de la sección consideraremos las dimensiones de la sección que va de 3.40 m x 3.30 m y con un avance promedio de 2.90 m.

Cálculo de volumen:

$$V = b * h * La$$

Donde:

V = Volumen roto (m³)

b = Ancho de labor (m)

h = Altura de labor (m)

La = Longitud de avance (m)

$$V = b * h * La$$

$$V = 3.13 \text{ m} * 3.15 \text{ m} * 3.03 \text{ m}$$

$$V = 29.87 \text{ m}^3$$

- *Volumen esponjado (ve):*

Cálculo de volumen esponjado:

$$Ve = V + (V * Fe)$$

Donde:

Ve = Volumen roto.

Fe = Factor de esponjamiento (%)

$$Ve = V + (V * Fe)$$

$$V_e = 29.87 + (29.87 * 35\%)$$

$$V_e = 40.32 \text{ m}^3$$

4.4.2.2 Características de equipo Scooptram R1300G.

- *Factor de llenado*

Factor de llenado = 85 %

- *Capacidad real del equipo SCOOP.*

Capacidad del equipo Scoop = 3.21 m³

- *Velocidad del SCOOP: El nuevo promedio de velocidad obtenido en campo.*

Velocidad de retorno con carga del Scoop = 5.5 km/h

Velocidad de ida sin carga del Scoop = 6.0 km /h

4.4.2.3 Cálculo del ciclo de limpieza

Para el presente cálculo se tomará una distancia de 150 m.

Calculo para tiempo de traslado con carga.

$$T_r = D / V_r$$

Donde:

$$T_r = D / V_r$$

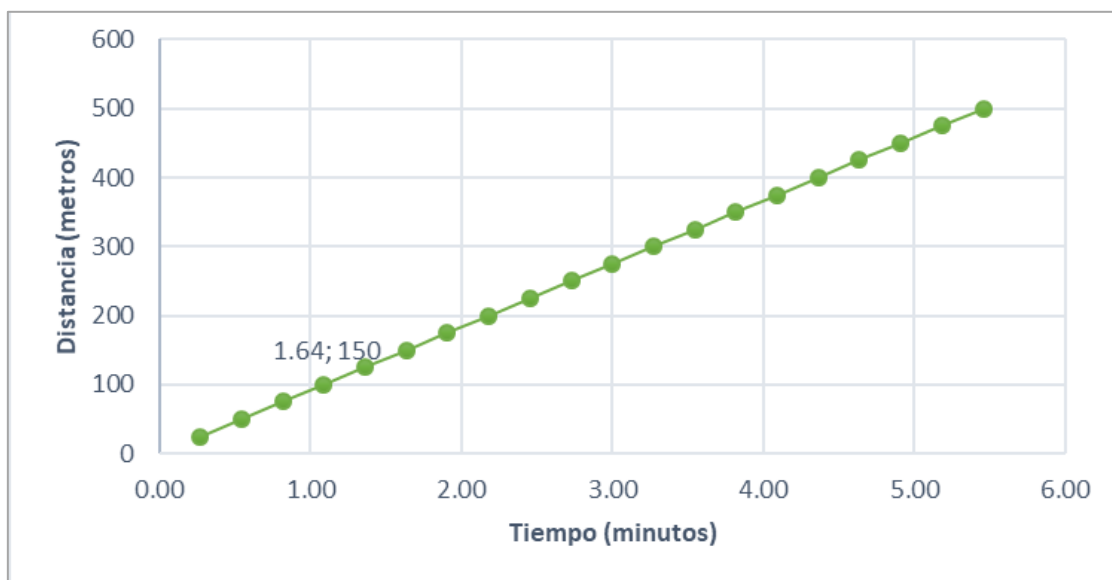
$$T_r = (0.15 \text{ km} / (5.5 \text{ km/h})) * 60$$

$$T_r = 1.63 \text{ minutos}$$

Para obtener los datos que se muestran en la figura se observa en (Anexo B – 10) donde realizamos los cálculos del tiempo en distintas distancias, los datos obtenidos lo observamos en (Imagen Nro. 28).

Figura 28

Tiempo de retorno con carga optimizado.



Nota. Elaboración propia. Relación de tiempo con carga optimizado del equipo Cat.

- *Cálculo tiempo de ida (sin carga) (Ti):*

Para este cálculo continuaremos con la distancia de 150 m.

$$T_i = D/V_i$$

$$T_i = (0.15 \text{ km} / (6.0 \text{ km/h})) * 60$$

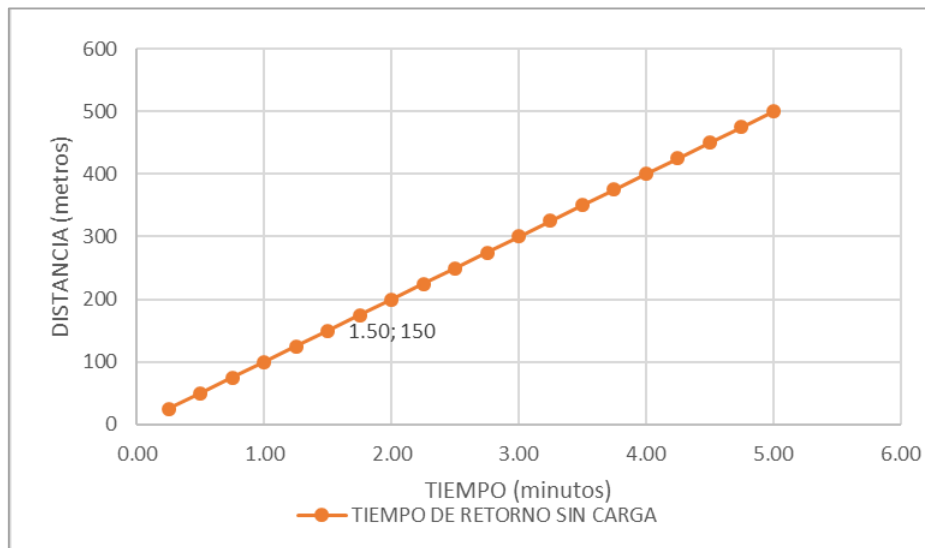
$$T_i = 1.5 \text{ minutos}$$

Para obtener los datos que se muestran en la figura se observa en (Anexo B – 11)

donde realizamos los cálculos del tiempo en distintas distancias, los datos obtenidos lo observamos en (Imagen Nro. 29).

Figura 29

Tiempo de retorno sin carga optimizado.



Nota. Elaboración propia. Relación de tiempo a distinta distancia recorridas por el equipo Cat.

- *Cálculo para maniobras totales (Mt):*

Maniobras totales = 1 minuto

- *Ciclo total de acarreo (Ca):*

$$Ca = Tr + Ti + Mt$$

$$Ca = Tr + Ti + Mt$$

$$Ca = 1.63 + 1.5 + 1.0$$

$$Ca = 4.13 \text{ minutos}$$

- *Cálculo para número de ciclos (Nc):.*

$$Nc = Ve / CS$$

$$Nc = 40.32 \text{ m}^3 / 3.21 \text{ m}^3$$

$$Nc = 12.56$$

Numero de ciclos: 13 ciclos.

- *Calculo para el tiempo total de limpieza (TI):*

$$TI = Nc \times Ca$$

$$TI = 13 \text{ ciclos} \times 4.13 \text{ minutos}$$

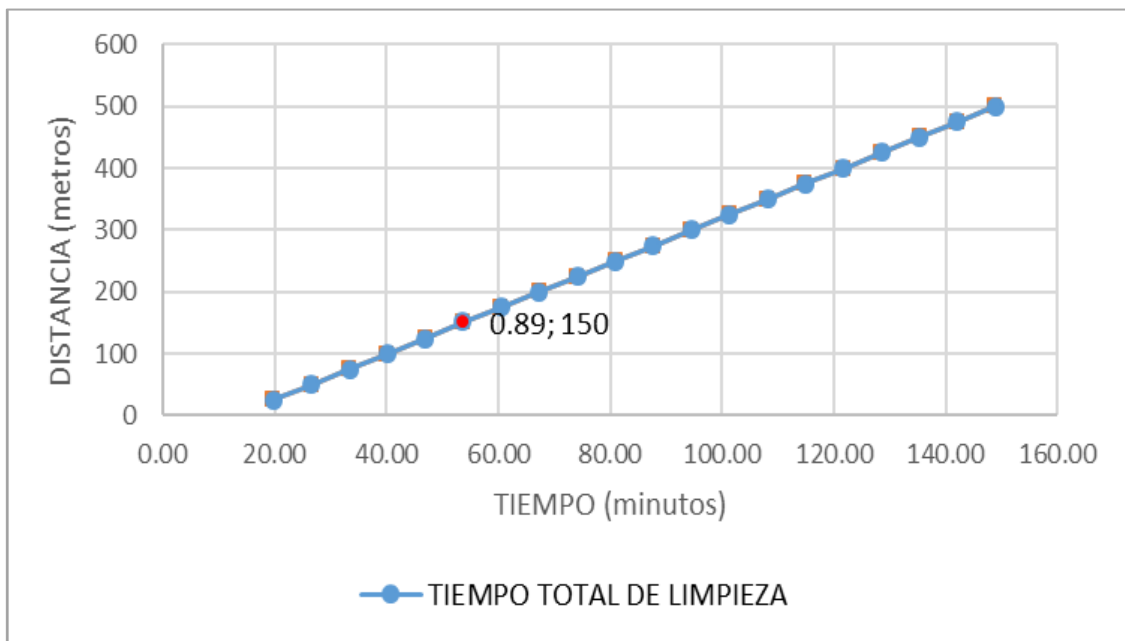
$$TI = 53.69 / 60 \text{ h}$$

$$TI = 0.89 \text{ horas}$$

Para obtener los datos que se muestran en la figura se observa en (Anexo B – 12) donde realizamos los cálculos del tiempo en distintas distancias, los datos obtenidos lo observamos en (Imagen Nro. 30).

Figura 30

Tiempo total de limpieza optimizado.



Nota. Elaboración propia. Relación de tiempo total de limpieza optimizado con la distancia que recorre el equipo Cat.

- *Rendimiento del equipo (Rs):*

$$Rs = Ve / TI$$

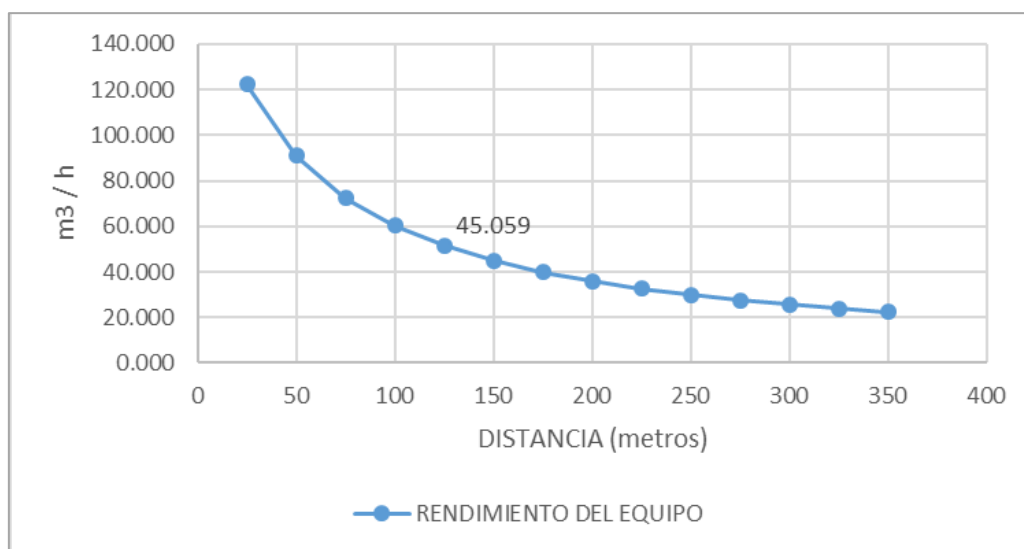
$$Rs = 40.32 \text{ m}^3 / 0.89$$

$$Rs = 45.30 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Para obtener los datos que se muestran en la figura se observa en (Anexo B – 13) donde realizamos los cálculos del tiempo en distintas distancias, los datos obtenidos lo observamos en (Imagen Nro. 31).

Figura 31

Rendimiento del equipo optimizado.



Nota. Elaboración propia. Relación del rendimiento del equipo Cat a distintas distancias.

Ajustando a las condiciones de los equipos CAT R1300G que se presentan en campo, ajustamos la formula a la siguiente:

$$R = (VRCV \times VH \times DM \times UE)$$

$$R = (5.9 \text{ ton} * 12.56 * 91.11\% * 78.43\%)$$

$$R = 54.81 \text{ ton/hor}$$

En metros cúbicos por hora:

$$R = (VRCV \times VH \times DM \times UE)$$

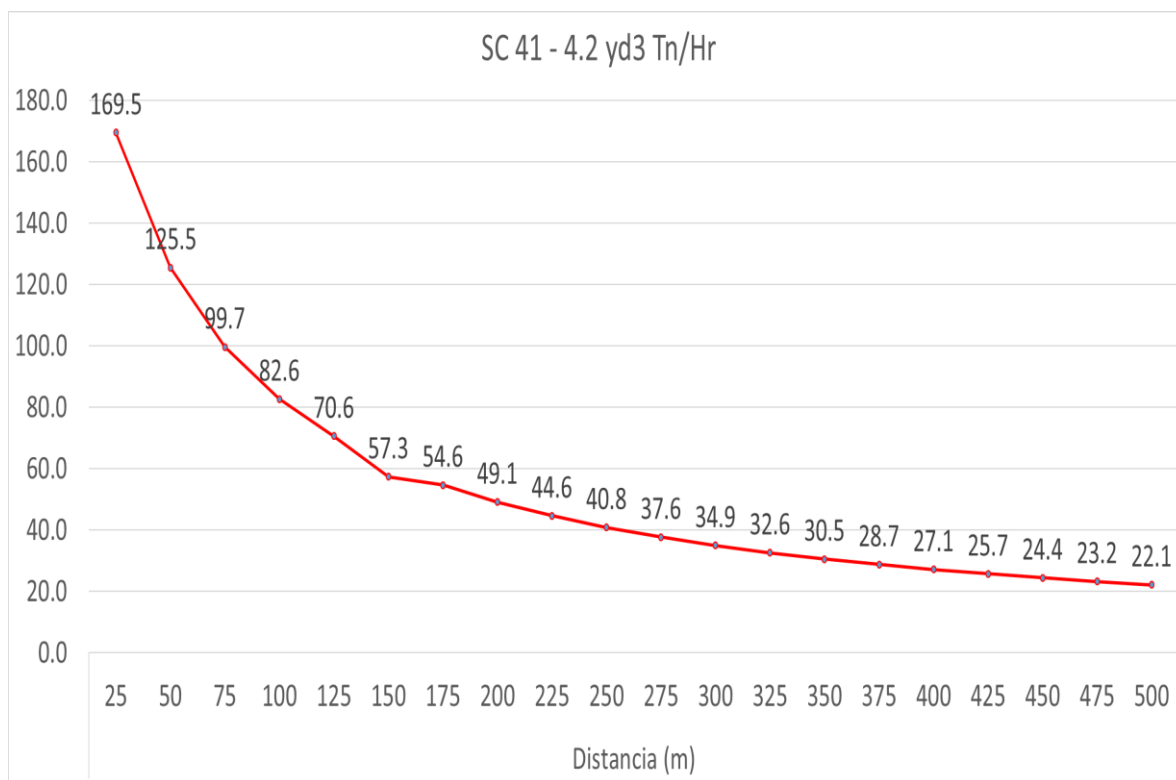
$$R = (2.73 * 12.56 * 91.11\% * 78.43\%)$$

$$R = 24.50 \text{ m}^3/\text{h}$$

Teniendo en cuenta los ajustes podemos observar el rendimiento del equipo, ver (imagen Nro. 32)

Figura 32

Rendimiento del equipo optimizado (Tn/h)

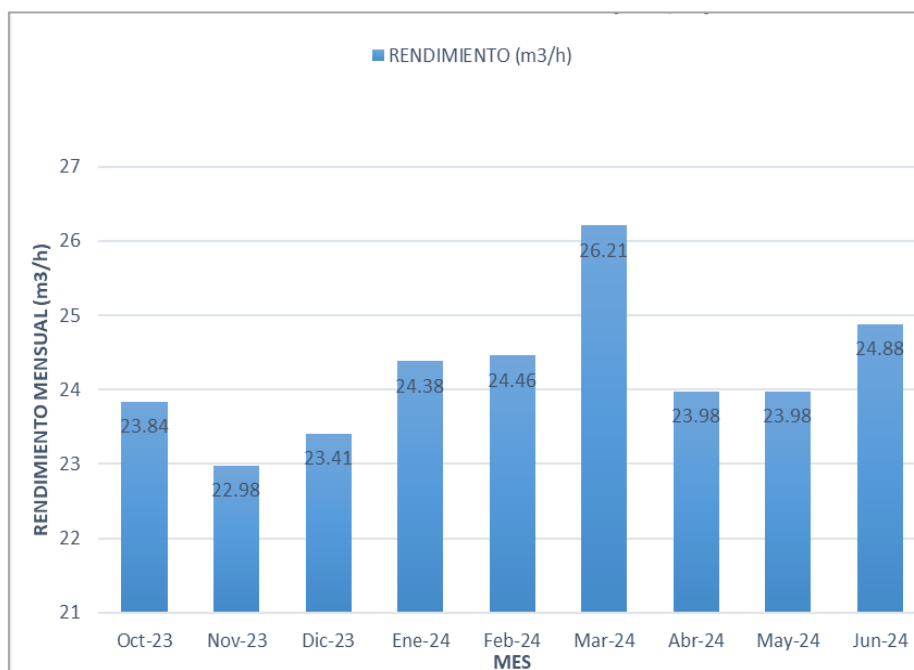


Nota. Elaboración propia. Relación del rendimiento optimizado del equipo Cat a distintas distancias recorridas.

Por otro lado, se obtiene un crecimiento del rendimiento mensuales de un equipo CAT R1300G desde el mes de octubre de 2023 hasta el mes de junio de 2024 pero en este caso promediamos de los 4 equipos scooptram para ver su rendimiento mensual promedio, como se muestra en la siguiente imagen comparativa.

Figura 33

Cuadro de rendimiento mensual de oct. 2023 a junio 2024, de los 4 equipos Cat R1300G.



Nota. Elaboración propia. Imagen comparativa del rendimiento mensual de octubre 2023 a junio 2024.

4.5. Determinación de la mejora en la rentabilidad de la operación.

4.5.1. Cálculo del costo unitario

Para nuestro análisis del costo unitario nos basaremos en el costo unitario de un equipo CAT R1300G, para el cual necesitaremos datos del equipo scooptram número 41.

Datos del equipo:

Tabla 20

Datos del equipo Cat R1300G

Equipo	SCOOP 4.1 yd3
Marca	CATERPILLAR
Año	2021
Modelo	R1300G

Nota. Área de costos MCEISA. Tabla donde se detalla las características del equipo Cat Nro. 41.

Conformación del costo horario

Tabla 21
Conformación del costo del equipo

COSTO DEL EQUIPO	COSTO DE POSESIÓN	COSTO DE OPERACIÓN
	Valor de adquisición	Costos de mantenimiento y reparación
	Valor de rescate	Costos de combustible
	Inversión media anual	Costos de lubricantes
	Costo de depreciación	Costos de filtros
	Costo de interés	Costo de grasas
	Costo de seguros	Costos de llantas

Nota. Área de costos MCEISA. Conformación del costo horario de equipo, costo de posesión y operación.

4.5.2. Costos de posesión

- *Valor de adquisición (Va):*

Precio actual del equipo en el mercado.

Equipo completo: \$ 480 000

El precio de los neumáticos (4 llantas) es de \$ 8 000

Equipo sin llantas: \$ 472 000

- *Valor de rescate (Vr):*

También conocido como valor de rescate o salvataje se obtiene por la reventa del equipo al final de su vida económica útil, utilizando un porcentaje del 20%.

$$Vr = Va * 20\%$$

Donde:

$$Vr (\$) = Va * 20\%$$

$$Vr = \$ 480 000 * 20\%$$

$$Vr = \$ 96 000$$

- *Cálculo de la inversión media anual (IMA):*

Es el valor promedio de un activo a lo largo de su vida útil, considerando la depreciación acumulada en cada período. Este indicador se emplea como base para calcular costos financieros asociados, como intereses, seguros e impuestos, proporcionando una referencia estable y representativa del valor del activo. La IMA se obtiene promediando los valores contables registrados al inicio de cada año, ajustados según las cuotas de amortización, lo que permite una evaluación precisa de la inversión durante su ciclo operativo.

$$IMA = Va(n + 1) / 2n$$

Donde:

IMA: Inversión media anual.

Va = Valor de adquisición.

n = Vida económica útil, tomaremos para nuestro caso una vida económica útil de 5 años.

Tomando nuestros datos:

$$IMA = Va (n + 1) / 2n$$

$$IMA = 480\,000 (5+1) / 2(5)$$

$$IMA = 2\,880\,000 / 10$$

$$IMA = 288\,000 \text{ \$/año}$$

- *Vida económica útil (VEU)*

Años: 5 años.

Horas: 12 000

PERIODO DE DEPRECIACIÓN DEL EQUIPOS

Tabla 22
Periodo de depreciación de equipos.

EQUIPOS	VIDA ECONÓMICA UTIL
Maquinaria Liviana	6,000 horas de trabajo; 3 años de duración.
Maquinaria Pesada	12,000 horas de trabajo; 5 años de duración.
Maquinaria Súper Pesada	16,000 horas de trabajo; 8 años de duración.

Nota. Gustavo A. García Sandoval (2010). Tabla de depreciación de equipos.

- *Cálculo del costo horario de depreciación (Cd).*

$$Cd = (Va - Vr) / VEU$$

Donde:

Cd = Depreciación.

Va = Valor de adquisición.

Vr = Valor de rescate.

VEU = Vida económica útil (horas).

$$Cd = (Va - Vr) / VEU$$

$$Cd = (480\,000 - 96\,000) / 12000$$

$$Cd = 32 \text{ \$/h}$$

- *Cálculo del costo de interés (I):*

Cuando una empresa adquiere una máquina, suele recurrir a financiamiento mediante entidades bancarias o el mercado de capitales, lo que implica el pago de intereses asociados al préstamo. Para este caso, se considerará como referencia la tasa activa promedio 6%.

$$I = IMA * \% \text{ de tasa anual} / N^\circ \text{ horas anuales}$$

Donde:

I = Interés (\$/h)

IMA = Inversión Media Anual (\$)

% = Tasa Monetaria (%)

$$I = IMA * \% \text{ de tasa anual} / N^\circ \text{ horas anuales}$$

$$I = (288000 * 0.06) / 2400$$

$$I = 7.2 \$/h$$

- *Cálculo de costos de seguros, impuestos y almacenaje (Cs):*

Corresponde al desembolso anual necesario para cubrir la protección, tributos y resguardo del equipo. Este valor se calcula aplicando una tasa porcentual sobre la inversión media anual (IMA), considerando los siguientes componentes:

Seguro: Corresponde al importe abonado a una aseguradora para proteger el equipo frente a daños, robos o siniestros, cuyo porcentaje varía según el valor y condiciones de operación.

Impuestos: Incluye los tributos legales asociados a la propiedad y uso del equipo, establecidos según las normativas fiscales vigentes.

Almacenaje: Representa el gasto derivado de resguardar el equipo durante períodos de inactividad, abarcando costos de almacenamiento, seguridad y conservación.

Se usará referencialmente las siguientes tasas promedios:

$$\text{Seguros } 2.5\% + \text{Impuestos } 2.0\% + \text{Almacenaje } 1.0\% = \text{Total } 5.5\%$$

$$Cs = IMA * S / N^{\circ} \text{ horas anuales}$$

Donde:

Cs = Costo de Seguros.

IMA = Inversión Media Anual.

S = Tasa de seguros.

$$Cs = IMA * S / N^{\circ} \text{ horas anuales}$$

$$Cs = 288\ 000 * 0.055 / 2400$$

$$Cs = 6.6 \$/h$$

4.5.3. Cálculo del costo de operación.

- *Costo de mantenimiento y reparación (Cm):*

Corresponde al gasto estimado en repuestos y servicios correctivos durante la vida útil del equipo. Se establece que, a lo largo de su operación, la maquinaria requerirá una inversión proporcional a su valor de adquisición para mantener su funcionalidad óptima. Este porcentaje varía en función del tipo de equipo y la exigencia de las labores ejecutadas.

De acuerdo con estándares técnicos, se emplean valores referenciales que permiten proyectar con precisión el impacto de estos costos en la operatividad. La correcta planificación del mantenimiento garantiza la reducción de fallas imprevistas, optimizando la disponibilidad y prolongando la vida útil del equipo. (Norma técnica para determinación de costo horario de los equipos, 2015).

Trabajo duro 80 a 100%

Trabajo normal 70 a 90%

Trabajo suave 50 a 80%

Asumimos el 70% de acuerdo a los trabajos de limpieza y acarreo.

$$Cm = Va * Sm / VEU$$

Donde

Cm = Costo de mantenimiento (\$)

Va = Valor de adquisición (\$)

Sm = Seguros de mantenimiento (%)

VEU = Vida económica útil

$$Cm = Va * Sm / VEU$$

$$Cm = 480\,000 * 0.7 / 12000$$

$$Cm = 28 \$/h$$

a) Cálculo de costo de combustible (Cc)

Consumo de combustible	4.5 gl/h
Costo de combustible	4.53 \$/gl
Costo por hora combustible	20.39 \$/h

- *Cálculo de costo de lubricantes (Cl)*

Tabla 23

Costo de lubricantes.

	LUBRICANTES	COSTO
Aceite de motor	0.038 gl/h * \$10.72	\$ 0.41 / hora
Aceite caja de cambio	0.027 gl/h * \$11.71	\$ 0.32 / hora
Aceite dirección	0.015 gl/h * \$13.29	\$ 0.20 / hora
Grasas	0.22 lb/h * \$1.61	\$ 0.35 / hora
Refrigerante	0.002 gl/h * \$12.07	\$ 0.02 / hora
TOTAL COSTO LUBRICANTES		1.3 \$/h

Nota. Área de costos MCEISA. Tabla de los costos de lubricantes, detallando el costo de cada componente.

- *Cálculo de Costo de filtros (Cf)*

Es el 20% (costo de combustible + costo lubricante)

$$Cf = 0.20 (Cc + Cl)$$

Donde:

Cc = Costo por hora de combustible (\$/h)

Cl = Costo de lubricantes (\$/h)

$$Cf = 0.20 (Cc + Cl)$$

$$Cf = 0.20 (20.39 + 1.3)$$

$$Cf = 4.33 \text{ \$/h}$$

- *Cálculo de costo de llantas (Cll)*

$$Cll = Ctl/Vull$$

Donde

CII = Costo de llanta (\$/h)

Ctll = Costo total de llanta (\$)

Vull = Vida útil de llantas (h)

$CII = Ctll / Vull$

$CII = 2000 / 2300$

$CII = 0.87 \text{ \$/h}$

- *Cálculo de costo horario total equipo (CT)*

Tipo de cambio dólar 3.8

Costo de petróleo 4.53 \$/gl

$$CT = Cd + I + Cs + Cm + Cc + Cl + Cf + Cg + CII$$

Donde

$CT = Cd + I + Cs + Cm + Cc + Cl + Cf + CII$

$CT = 32 \text{ \$/h} + 7.2 \text{ \$/h} + 6.6\text{\$/h} + 28 \text{ \$/h} + 20.39 \text{ \$/h} + 1.3\text{\$/h} + 4.33 \text{ \$/h} + 0.87 \text{ \$/h}$

$CT = 100.39 \text{ \$/h}$

4.5.3.1 Cálculo de costo por hora del equipo LHD (Scoop Cat R1300G)

Tabla 24

Costo por hora del equipo.

Costo total \$/h	100.39
Tipo de cambio \$ a moneda S/	3.8
Costo total Soles /h	381.48
Gastos administrativos 5%	19.07
Utilidades 15%	57.22
TOTAL S/h	457.77
TOTAL \$/h	120.46

Nota. Área de costos MCEISA. Tabla donde nos muestra el costo horario final del equipo Cat.

4.5.4. Evaluación de la rentabilidad de los equipos Scooptram R1300G

Hablar de la rentabilidad de una empresa significa que esta genera utilidades, que se

obtienen cuando los ingresos generados por las ventas o los servicios que prestan superan los costos producto de las operaciones, que se realizan para producir dichos ingresos. De tal forma en la Empresa especializada Martínez se logró identificar factores que afectaban la operación y que traían consigo pérdidas económicas, producto de desgaste de componentes de equipos, penalidades al no cumplir el metraje en proyecto de labores, entre otros.

Para nuestro caso de estudio, se logró mejorar el rendimiento de un equipo Scooptram mediante la implementación de controles operacionales, esto permite de manera operativa tener un mayor uso de los equipos al momento de habilitar frentes para la siguiente guardia; como resultado tendremos un ciclado el tema de avances por guardia y un aumento en el metraje mensual.

Según el contrato, cada equipo Scooptram CAT R1300G debe cumplir un mínimo de 225 horas mensuales, dentro de las cuales se incluye el total de actividades operativas: limpieza de frentes, traslado de material, habilitación de zonas de trabajo y apoyo en el mantenimiento de vías (rapado y cantoneo).

Tabla 25

Horas mínimas de trabajo por mes, según capacidad del equipo.

Código	Equipo (Capacidad)	Marca	Modelo	Horas Mínimas / Mes
EQ-001	Scoop 2.2 yd3	Sandvik		225.00
EQ-002	Scoop 4.1 yd3	CAT	R1300G	225.00
EQ-003	Scoop 6.0 yd3	CAT	R1600H	225.00

Nota. Área de costos MCEISA. Horas mínimas de equipos según contrato que deben ser operadas durante el mes.

Como resultado de las horas trabajadas del equipo Scoop Nro. 41 tenemos la siguiente tabla:

Tabla 26

Horas trabajadas equipo Scoop Nro. 41

MES	EQUIPO SCOOPTRAM	HORAS TRABAJADAS DE EQUIPO MENSUAL (horas)
Diciembre 2023	SCOOP Nro. 41	335.4
Enero 2024	SCOOP Nro. 41	312.8
Febrero 2024	SCOOP Nro. 41	324.7
Marzo 2024	SCOOP Nro. 41	345.8
Abril 2024	SCOOP Nro. 41	362.1
Mayo 2024	SCOOP Nro. 41	353.7
Junio 2024	SCOOP Nro. 41	297.7

Nota. Area de costos Mceisa. Tabla donde nos muestra la evolución de las horas utilizadas por el equipo Scoop Nro. 41 durante la investigación.

Además, como información adicional hemos obtenido las horas totales de todos los equipos de 4.1 yd³, mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 27

Horas equipos total de los Scoop R1300G

HORAS TOTAL EQUIPOS DE 4.1 yd (horas)						
Diciembre 2023	Enero 2024	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
946.4	986.7	977.7	1028.8	1009.3	992.6	989.9

Nota. Extraído de área de costos Mceisa.

Durante el desarrollo de la investigación, se evaluó el avance de metros lineales en las labores, considerando los registros operativos desde el mes de enero hasta el mes de junio de 2024.

Los resultados reflejan que, a partir de la implementación de los controles operativos desde el mes de enero, se evidenció un incremento progresivo en el metraje de avances.

De enero a febrero, el avance promedio mensual era menor, condicionado que aun persistían deficiencias tales como sobre

distancias, doble manipulación de material y tiempos muertos no controlados. Sin

embargo, desde la optimización del rendimiento y mejor aprovechamiento de las horas efectivas de trabajo, se logró aumentar significativamente el metraje de avance, cumpliendo con las metas de producción que para la empresa Martínez era de 750 m.

Este incremento en metros habilitados por mes es un indicador claro del impacto positivo que tuvo la implementación de controles operativos en la productividad y de tal manera aumentar dicha rentabilidad de las operaciones que el anterior año fue de un promedio de 10%.

Tabla 28

Cuadro de avances y cumplimiento de enero a junio 2024

PROGRAMA	UNIDAD	Dic- 2023	Ene- 2024	Feb- 2024	Mar- 2024	Abr- 2024	May- 2024	Jun- 2024
Avances prog. Mceisa	m	750	750	750	750	750	750	750
Avance real	m	704	735	746	893.1	867.0	857.7	836
% Cumplimiento Mceisa	%	93.8	98	99.46	119.0.7	105.6	114.36	111.46
Diferencia	m	-46	-15	-4	+143.1	+17	+107.7	+86

Nota. Elaboración propia. Relación de avance real con el cumplimiento del programa en porcentaje.

Por último, podremos calcular la rentabilidad de cada mes desde enero a junio y de tal manera observar que dicha actividad trae buenos resultados.

Tabla 29

Cuadro de rentabilidad

Mes	Metraje programado Mceisa (m)	Metraje ejecutado Mceisa (m)	Precio metro de avance (\$/m)	Venta (\$)	Costo de producción (\$)	Utilidades (\$)	Rentabilidad (%)
Diciembre	750	704	522.47	367,818.88	335,000	32,818.88	8.9
Enero	750	735	522.47	384,015.45	340,000.00	44,015.45	11.46
Febrero	750	746	522.47	389,762.62	340,000.00	49,762.62	12.77
Marzo	750	893.1	522.47	466,617.96	385,000.00	81,617.96	17.49
Abril	750	867.0	522.47	452,981.49	400,000.00	52,981.49	11.70
Mayo	750	857.7	522.47	448,122.52	390,000.00	58,122.52	12.97
Junio	750	836	522.47	436,784.92	385,000.00	51,784.92	11.86

Nota. Elaboración propia. Tabla donde se detalla la evolución de porcentaje de rentabilidad de los meses de trabajo desde diciembre 2023 hasta junio 2024.

El análisis de la rentabilidad durante el periodo enero-junio 2024 evidencia una mejora significativa a comparación de meses anteriores.

4.6. Contrastación de resultados y análisis de resultados

4.6.1. Primera hipótesis

Mediante la implementación de controles operativos optimizaremos el rendimiento de los equipos Scooptram CAT R1300G en la Empresa Especialista Martínez Contratista e Ingeniería.

De tal forma demostramos que en el proceso de estudio se pudo obtener lo siguiente:

- Realizando una implementación de una base de datos con el seguimiento al programa de manteniendo de cada equipo y teniendo una base de PCR se pudo dar cumpliendo con el mantenimiento programado más eficiente, se obtiene buenos resultados en la disponibilidad y utilización, ya que se logra aumentar los porcentajes de disponibilidad y por tanto de manera operativa se aumenta el indicador de utilización.
- Respecto al control de voladura se logra implementar controles en frentes, dando seguimiento a los parámetros de diseño de malla, carga explosiva, paralelismo en perforación y control de sección mediante el uso de explosivos de menos potencia (cañas de precorte) en taladros de alivio se logró reducir la sección producto del disparo y controlar la sobrerotura manteniéndola en un rango de 10%.
- Se logró determinar el costo unitario del equipo Cat R1300G obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 30

Costo horario equipo

Determinación de costo horario de equipo LHD (SCOOP)		
MÁQUINA		SCOOP 4.1 yd ³
MARCA		CATERPILLAR
MODELO		R1300G
AÑO		2021
VALOR DE ADQUISICIÓN US\$	Completo (\$)	480 000
	Sin llantas (\$)	472 000
PERIDO DE DEPRECIACIÓN	Años	5
	Horas	12 000
VALOR DE RESCATE	%	20
	US\$	96 000
Inversión media anual	US \$	288 000
Costo de depreciación	US \$ / h	32
Costo de interés	US \$ / h	7.2
Costo de seguro, impuesto y almacenaje	US \$ / h	6.6
Costo de mantenimiento y reparación	US \$ / h	28
Costo de combustible	US \$ / h	20.39
Costo de lubricantes	US \$ / h	1.3
Costo de filtros	US \$ / h	4.33
Costo de llantas	US \$ / h	0.87
COSTO TOTAL	US \$ / h	120.46
Tipo de cambio		3.8
Costo horario	US / h	120.46
TOTAL	Soles \$ / h	457.77

Nota. Elaboración propia. Tabla donde está determinado el costo horario del equipo Cat.

- Se logró reducir el tiempo de limpieza de los equipos en un frente de avance. Para un avance de un frente hacia una cámara de 150 m aproximadamente se redujo en un 0.14 horas.

Tabla 31

Diferencia de tiempos de limpieza con y sin controles en una sección de 3.0m x 3.0 m

DISTANCIA (metros)	Tiempo de limpieza sin controles (horas)	Tiempo de limpieza con controles implementados (horas)	Diferencia (horas)
25	0.37	0.33	0.04
50	0.50	0.44	0.06
75	0.63	0.56	0.08
100	0.77	0.67	0.10
125	0.90	0.78	0.12
150	1.04	0.89	0.14
175	1.17	1.01	0.16
200	1.30	1.12	0.18
225	1.44	1.24	0.20
250	1.57	1.35	0.22
275	1.70	1.46	0.24
300	1.84	1.58	0.26
325	1.97	1.69	0.28
350	2.10	1.80	0.30
375	2.24	1.92	0.32
400	2.37	2.03	0.34
425	2.51	2.14	0.36
450	2.64	2.26	0.38
475	2.77	2.37	0.40
500	2.91	2.48	0.42

Nota. Elaboración propia. Tabla comparativa donde detalla la diferencia de horas equipo utilizadas en la limpieza con controles y sin controles.

- *Análisis del rendimiento del equipo:* Se demuestra que el rendimiento del equipo antes y después de la implementación de controles desde los meses de octubre 2023 a junio de 2024.

Tabla 32

Rendimiento del equipo optimizado por meses.

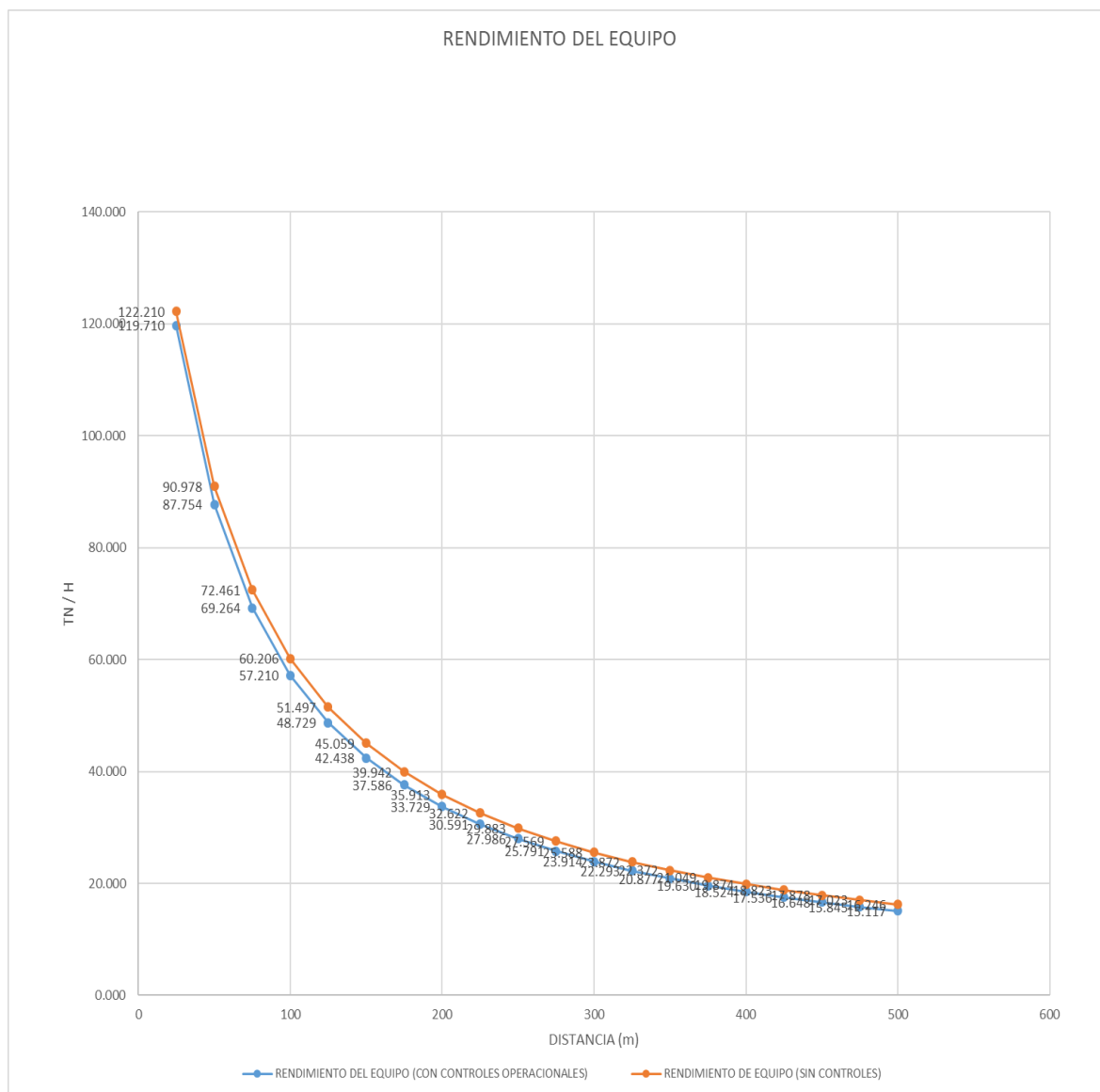
MESES	RENDIMIENTO (m3/h)
Oct-23	23.84
Nov-23	22.98
Dic-23	23.41
Ene-24	24.38
Feb-24	24.46
Mar-24	26.21
Abr-24	23.98
May-24	23.98
Jun-24	24.88

Nota. Elaboración propia. Tabla donde se explica la evolución del rendimiento desde diciembre 2023 hasta junio 2024.

- *Comparación de rendimiento diciembre 2023 a enero 2024:* En la siguiente figura observamos la comparación de los rendimientos de diciembre 2023 y enero 2024; el cuadro se puede observar en Anexo B-16

Figura 34

Comparación del rendimiento del equipo Diciembre 2023 y enero 2024.



Nota. Elaboración propia. Comparación de los rendimientos registrado en diciembre 2023 y enero 2024, después de los controles implementados.

CONCLUSIONES

Primera.- Se identificó que las principales causas que afectan el rendimiento de los equipos Scooptram Cat R1300G son las deficiencias operativas en los ciclos de carguío y acarreo, como son las demoras por mantenimiento reactivo, sobredistancias en los recorridos y doble manipulación del material durante la limpieza, las condiciones de las vías en los frentes de avance y la sobrerotura después de la voladura. Estas situaciones generaban un bajo aprovechamiento de los tiempos de operación.

Segunda.- La implementación de los controles operativos logró reducir los tiempo de limpieza de los frentes de avance programados con un promedio de 0.14 horas en frentes de avance a una distancia máxima de 150 metros, lo que tiene como efecto que el rendimiento promedio mensual como ejemplo, de diciembre 2023 a enero 2024 de los equipos Scooptram Cat R1300G sea de 23.41 m³/h a 24.38 m³/h y en junio de 2024 se logre obtener un rendimiento mensual promedio de 24.88 m³/h. Esto confirma que la gestión operativa contribuye directamente a mejorar la eficiencia técnica de los equipos.

Tercera.- La investigación permitió identificar que el uso de dámper logro reducir las horas implicadas en limpieza en labores con sobredistancia y doble manipulación, ya que cuantifico pérdidas aproximadas de \$36 805 en el periodo de estudio. El programa de mantenimiento de vías implementado impactó positivamente en la velocidad de desplazamiento de los equipos, la velocidad de ida sin carga aumentó de 5.5 km/h a 6.0 km/h, mientras que la velocidad de retorno con carga pasó de 5.0 km/h a 5.5 km/h; este control permitió la mejora redujo los tiempos de ciclo; la implementación de una base de datos de control de mantenimiento programadas en base a un programa PCR aumento la disponibilidad de los equipos y con la

implementación de controles de voladura se logró llevar un control de las secciones y reducir la cantidad de material por frente de avance producto de la voladura.

Cuarta.- El análisis de horas trabajadas y metros avanzados por mes mostró una mejora sostenida en la eficiencia. Por ejemplo, en diciembre de 2023 se trabajaron 946.4 horas con un avance de 704 m, mientras que, en junio de 2024, con 989.9 horas, se avanzaron 836 m. Esto refleja un incremento en metros por hora y evidencia una planificación y ejecución de labores más efectiva.

Quinta.- Se evidenció un incremento en la rentabilidad de la operación gracias a la optimización del rendimiento de los equipos. La rentabilidad mensual mejoró desde 8.9 % en diciembre 2023 enero, alcanzó 17.49 % en marzo y cerró en 11.86 % al finalizar la investigación en junio. Estos resultados demuestran la relación directa entre la implementación de controles operativos y la rentabilidad de la empresa.

Sexta.- La investigación confirma la factibilidad de aplicar controles operativos como estrategia para mejorar el rendimiento (m^3/h) y la rentabilidad de los equipos Scooptram Cat R1300G. Con una gestión eficiente y planificación técnica adecuada, se logró aumentar la productividad sin necesidad de incrementar el número de equipos ni las horas de operación, cumpliendo plenamente con los objetivos generales y específicos planteados en la tesis.

RECOMENDACIONES

1. Establecer los controles operativos implementados, integrándolos a una forma de trabajo en las operaciones, para asegurar el rendimiento óptimo de los equipos Scooptram Cat R1300G y evitar el retroceso en la productividad.
2. Realizar evaluaciones mensuales del estado de las vías de acarreo y aplicar mantenimiento preventivo programado (rapado y cantoneo), ya que la mejora en la transitabilidad contribuye directamente a reducir los tiempos de ciclo y el desgaste de los equipos.
3. Capacitar continuamente al personal operativo y de mantenimiento en el uso eficiente del equipo, la detección temprana de fallas y la ejecución de procedimientos estándar, con el fin de aumentar la disponibilidad mecánica y reducir tiempos muertos.
4. Revisar y optimizar los diseños de planeamiento mina, eliminando sobredistancias innecesarias y mejorando el posicionamiento de cámaras de transferencia, lo que permitirá reducir los tiempos de acarreo y la fatiga de los equipos.
5. Llevar un programa de Cambio Programado de Componentes (PCR) para los Scooptram CAT R1300G, basado en las horas de vida útil recomendadas por el fabricante y respaldado por registros históricos, con el fin de prevenir fallas críticas y garantizar la disponibilidad óptima de los equipos.
6. Implementar progresivamente herramientas digitales de gestión de mantenimiento y control operativo (reportes automatizados en Excel/Power BI)
7. Replicar las estrategias de control operativo probadas en los Scooptram CAT R1300G en otros equipos de acarreo subterráneo, como dumpers o scooptram de distinta capacidad, de manera que los beneficios obtenidos puedan ampliarse a toda la operación minera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caterpillar Inc. (2023). *CAT R1300G Underground Mining Loader: Operation & Maintenance Manual*. Caterpillar Technical Publications. <https://www.cat.com>

Ferreyros S.A. (2023). *Boletín técnico de mantenimiento predictivo para equipos LHD CAT R1300G*. Ferreyros Publicaciones Técnicas.

International Organization for Standardization (ISO). (2016). ISO 14224:2016 – Petroleum, petrochemical and natural gas industries — *Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. ISO Standards. <https://www.iso.org/standard/68075.html>.

Normet Group Ltd. (2021). *Benchmarking of underground loaders efficiency*. Normet Technical Reports. <https://www.normet.com/benchmark>.

Asociación de Minería del Perú. (2018). *Informe anual de desempeño minero*. Asociación de Minería del Perú.

Contratista Rumage S.A. (2019). *Metodologías de optimización de costos en la perforación, voladura, carguío y acarreo en la Unidad Minera Cori Puno* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú). Repositorio Latinoamericano. <https://repositorio.lat>

Giraldo, J. P. (2019). *Optimización de carguío y transporte en tiempo real* (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú). Repositorio PUCP. <https://repositorio.pucp.edu.pe>

García, L. (2016). Análisis de la eficiencia operativa en equipos de minería. *Revista de Ingeniería de Minas*, 12(3), 45–60. <https://revistademinas.pe/articulo123>

Muñoz López, G. (2012). *Modelo de costos para la valorización de planes mineros* (Tesis de maestría, Universidad de Chile). Repositorio UChile. <https://repositorio.uchile.cl>

Perez, J., & Merino, M. (2009). *Economía y finanzas*. Editorial ABC.

Quispe Mamani, W. (2017). *Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la Unidad Minera Tambomayo Cía. de Minas Buenaventura Arequipa* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano). Repositorio UNA. <https://repositorio.una.edu.pe>

Sulla Quivio, R. (2019). *Optimización operativa del carguío y acarreo de mineral en la Unidad Minera Uchucchacua* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa). Repositorio UNSA. <https://repositorio.unsa.edu.pe>

UPKAR Mining S.A.C. (2018). *Uso de indicadores clave de desempeño para la optimización del carguío y acarreo de mineral en la U.M. Chuco II* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú). Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe>

Villalobos, M. A. (2015). *Propuesta de mejora del sistema de carguío y acarreo para reducir los costos del área de operaciones de una unidad minera* (Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte). Repositorio UPN.

ANEXOS

Anexo 1.

Manual técnico Equipo Cat R1300G

R1300G Underground Mining Loader Specifications

Engine	
Engine Model	Cat 3306B DITA
Rated Power	2,200 rpm
Gross Power – SAE J1995	123 kW 165 hp
Bore	120.7 mm 4.75 in
Stroke	152.4 mm 6 in
Displacement	10.5 L 640.75 in ³

- Power ratings apply at a rated speed of 2,200 rpm when tested under the reference conditions for the specified standard.
- Ratings based on SAE J1995 standard air conditions of 25° C (77° F) and 100 kPa (29.61 Hg) barometric. Power based on fuel having API gravity of 35 at 16° C (60° F) and an LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 BTU/lb) when engine used at 30° C (86° F).
- Engine derate will commence at an altitude of 4500 m (14,763.7 ft).

Operating Specifications	
Gross Machine Mass	27 750 kg 61,178 lb
Static Tipping Load Straight Ahead Lift Arms Horizontal	20 575 kg 45,360 lb
Static Tipping Load Full Turn Lift Arms Horizontal	17 870 kg 39,397 lb
Breakout Force (SAE)	12 020 kg 26,504 lb

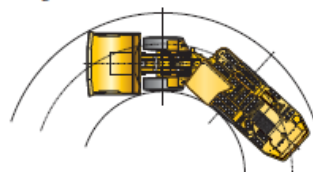
Weights	
Empty	20 950 kg 46,187 lb
Front Axle	8150 kg 17,967 lb
Rear Axle	12 800 kg 28,220 lb
Loaded	27 750 kg 61,178 lb
Front Axle	18 620 kg 41,050 lb
Rear Axle	9130 kg 20,128 lb

Transmission	
Forward 1	5 km/h 3.1 mph
Forward 2	9 km/h 5.6 mph
Forward 3	17 km/h 10.6 mph
Forward 4	24 km/h 14.9 mph
Reverse 1	5 km/h 3.1 mph
Reverse 2	8 km/h 5 mph
Reverse 3	15 km/h 9.3 mph
Reverse 4	23 km/h 14.3 mph

Hydraulic Cycle Time	
Raise	5 Seconds
Dump	2 Seconds
Lower, empty, float down	2.3 Seconds
Total Cycle Time	9.3 Seconds

Bucket Capacities	
Dump Bucket – 1	2.4 m ³ 3.1 yd ³
Dump Bucket – 2	2.8 m ³ 3.7 yd ³
Dump Bucket – 3 (Standard Bucket)	3.1 m ³ 4.1 yd ³
Dump Bucket – 4	3.4 m ³ 4.4 yd ³
Ejector Bucket	2.4 m ³ 3.1 yd ³

Turning Dimensions	
Outside Clearance Radius	5741 mm 226 in
Inner Clearance Radius	2825 mm 111.2 in
Axle Oscillation	10°
Articulation Angle	42.5°



Tires	
Tire Size	17.5 × R25 VSMS

Service Refill Capacities	
Engine Crankcase with Filter	25 L 6.6 gal
Transmission	45 L 11.9 gal
Hydraulic Tank	88 L 23.2 gal
Cooling System	67 L 17.7 gal
Front Differential and Final Drives	38 L 10 gal
Rear Differential and Final Drives	42 L 11.1 gal
Fuel Tank	295 L 77.9 gal

Standards	
Brakes	ISO 3450, AS2958.1, CAN-CSA424.30-M90
Cab/FOPS	ISO 3449, SAE J231, AS2294.3, EN13627
Cab/ROPS	ISO 3471, SAE J1040, AS2294.2, EN13510

Anexo 2.

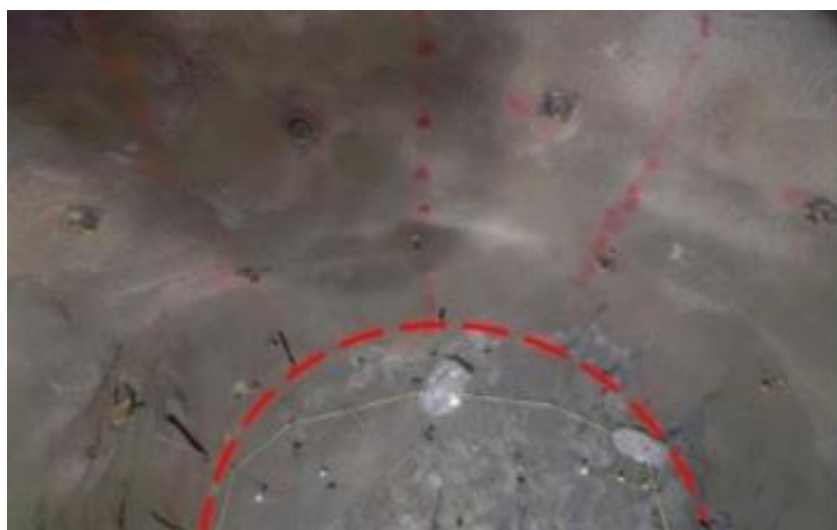
Cronograma de mantenimiento semanal según programa PCR.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPOS MINA							SEMANA 18 -23													
COD	EQUIPO	DESCRIPCION	SISTEMA	FECHA INC.	TIPO	COMPLIMIENTO	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct			
							DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIÉ	SÁB							
AM-15	MUKI FF	Mantenimiento de motor Diesel de 125 Horas + manito de compresor + estandarización de mangueras+cambio de diafragma	DEISEL		MCP												1G			
AM-18	MUKI FF	Mantenimiento de compresor, eliminación de fugas de aceite hidráulico por block de palanca de perforación, realizar engrase general	COMPRESOR	29/02/2024	PM1	100%										1/2 G				
AM-22	DD210	Mantenimiento de compresor, estandarización de mangueras, eliminación de fugas de aceite hidráulico, realizar engrase general	COMPRESOR	29/02/2024	PM2	100%											1/2 G			
SCM-23	SCOOPFRAM R1300	Mantenimiento de motor diesel (500 HORAS), cambio de aceite de caja transmisión y motor, cambio de filtros de admisión, filtro de aceite, combustible, separador de agua, eliminación de fugas de aceite, lavado de radiador	DEISEL	12/10/2023	PM3	100%											1G			
SCM-34	SCOOPFRAM EIC 45	Mantenimiento Preventivo 1000 horas Diesel; cambio de vástago de cilindro de dirección, reajuste de pernos de línea cardánica, cambio de aceite de mandos finales y motor Diesel. Cambio de neumáticos delanteros	DEISEL	29/02/2024	PM4	100%								1 G						
SCM-42	SCOOPFRAM R1300	Mantenimiento preventivo de motor diesel y caja de transmisión 1625 (125 horas), eliminación de fugas de aceite hyd. Cambio de sellos de cilindro de levante lado izquierdo.	DEISEL	29/02/2024	PM1	100%								1 G						
SCM-43	SCOOPFRAM EIC45	Mantenimiento preventivo de motor, Lavado de PFX regulación de freno calliper, y cambio de mangueras de levante. Cambio de cruceta de línea cardánica. Cambio de neumáticos delanteros.	DEISEL	1/03/2024	PM1	100%											1/2 G			
VM-15	VOLQUETE PMX 500	Mantenimiento Preventivo 2000 hrs Diesel; reajuste de pernos de línea cardánica y engrase general, cambio de aceite caja transmisión y motor Diesel.	DEISEL	25/02/2024	PM4	100%	1G													
VM-17	VOLQUETE PMX 500	Mantenimiento Preventivo 500 hrs Diesel; cambio de aceite motor Diesel y reajuste de línea cardánica	DEISEL	26/02/2024	PM2	100%		1G												
VM-19	VOLQUETE PMX 500	Mantenimiento Preventivo 500 hrs Diesel; engrase general, motor Diesel	DEISEL	29/02/2024	PM1												1G			
VM-21	VOLQUETE PMX 500	Mantenimiento Preventivo 4000 hrs Diesel; reajuste de pernos de línea cardánica y engrase general, cambio de aceite mandos finales y motor Diesel	DEISEL	28/01/2024	PM2									1G						

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPOS MINA							SEMANA 19 -23													
COD	EQUIPO	DESCRIPCION	SISTEMA	FECHA INC.	TIPO	HORAS RECORRIDAS	HORAS ACUM. (Promedio Semanal)	FECHA	COMPLIMIENTO	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct				
										DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIÉ	SÁB				
AM-15	MUKI FF	Instalación de motor Diesel, cambio de 02 motor Hidráulico, cambio de holder de mesa de perforadora cambio de pines y bocina de centralizador delantero	DEISEL		MCP					Instalación de motor Diesel cambio motor hidráulico										
AM-18	MUKI FF	Mantenimiento de compresor, eliminación de fugas de aceite hidráulico por block de palanca de perforación, estandarización de mangueras	COMPRESOR	6/10/2024	PM1		MANITO DE MOTOR 4111		100%								1G			
AM-22	DD210	Mantenimiento de motor Diesel cambio de asiento de operador, estandarización de mangueras	DEISEL	6/10/2024	PM2		MANITO DE MOTOR 4111		100%								1G			
AM-22	DD210	Mantenimiento de compresor, estandarización de mangueras, cambio de neumáticos posteriores, cambio de bomba de posicionamiento.	COMPRESOR	1/10/2024	PM2								1G							
SCM-21	ST26	Mantenimiento de motor diesel (1000 HORAS), cambio de neumáticos posteriores y rotación de neumáticos delanteros, cambio de Cardán delantero.	DEISEL	7/10/2024	PM4												1G			
SCM-23	SCOOPFRAM R1300	Mantenimiento de motor diesel (500 HORAS), cambio de aceite de caja transmisión y motor, cambio de filtros de admisión, filtro de aceite, combustible, separador de agua, eliminación de fugas de aceite, lavado de radiador	DEISEL	6/10/2024	PM4												1G			
SCM-27	SCOOPFRAM L4 100	Mantenimiento preventivo de motor diesel 500 horas, ajustes de pernos de línea cardánica realizar trabajos de soldadura en base de cilindro de volteo lado botella. Cambio de base de cilindro de volteo. Trabajos de soldadura	DEISEL	6/10/2024	PM4												1G			
SCM-34	SCOOPFRAM 317A 14212	Mantenimiento preventivo PM2 Cambio de neumáticos posteriores y rotación de neumáticos delanteros	DEISEL	6/10/2024	PM2	204	6/10/2024		100%								1G			
SCM-41	SCOOPFRAM R1300	Mantenimiento preventivo de motor diesel lavado de radiador, rotación de neumáticos delanteros, mantenimiento al sistema de aceleración. Cambio de eje delantero	DEISEL	6/10/2024	PM1	736	3/03/2024		100%								1G			
SCM-42	SCOOPFRAM R1300	Mantenimiento preventivo de motor diesel eliminación de fugas de aceite hyd. Cambio de sellos de cilindro de levante lado izquierdo.	DEISEL	6/10/2024	PM1	762	6/03/2024		100%								1G			
SCM-43	SCOOPFRAM EIC45	Mantenimiento preventivo de motor, Lavado de PFX regulación de freno calliper, y cambio de mangueras de levante. Cambio de cruceta de línea cardánica.	DEISEL	1/10/2024	PM1	1242	1/10/2024		100%								1G			
SCM-44	SCOOPFRAM R1300	Mantenimiento preventivo de motor diesel 1875 (125 horas). Cambio de neumático p2, reajuste de línea cardánica, lavado de radiador y engrase general	DEISEL	1/10/2024	PM1	8029	3/03/2024		100%								1G			
VM-15	VOLQUETE PMX 500	Mantenimiento Preventivo 2000 hrs Diesel; reajuste de pernos de línea cardánica y engrase general, cambio de servo dirección.	DEISEL	6/10/2024	MCP Y PM4	4568.00	3/09/2024		100%								M/C Correctivo de servo			
VM-17	VOLQUETE PMX 500	Mantenimiento Preventivo 500 hrs Diesel; cambio de aceite motor Diesel y reajuste de línea cardánica	DEISEL	6/10/2024	PM2	4704.00	6/10/2024		100%								1G			
VM-19	VOLQUETE PMX 500	Mantenimiento Preventivo 500 hrs Diesel; engrase general, motor Diesel	DEISEL	6/10/2024	PM2												1G			
VM-21	VOLQUETE PMX 500	Mantenimiento Preventivo 500 hrs Diesel; engrase general, motor Diesel	DEISEL	1/10/2024	PM2												1G			
VM-22	VOLQUETE PMX 500	Mantenimiento Preventivo 4000 hrs Diesel; reajuste de pernos de línea cardánica y engrase general, cambio de aceite mandos finales y motor Diesel	DEISEL	1/10/2024	PM4	4134.00	6/10/2024		100%								1G			

Anexo 5.

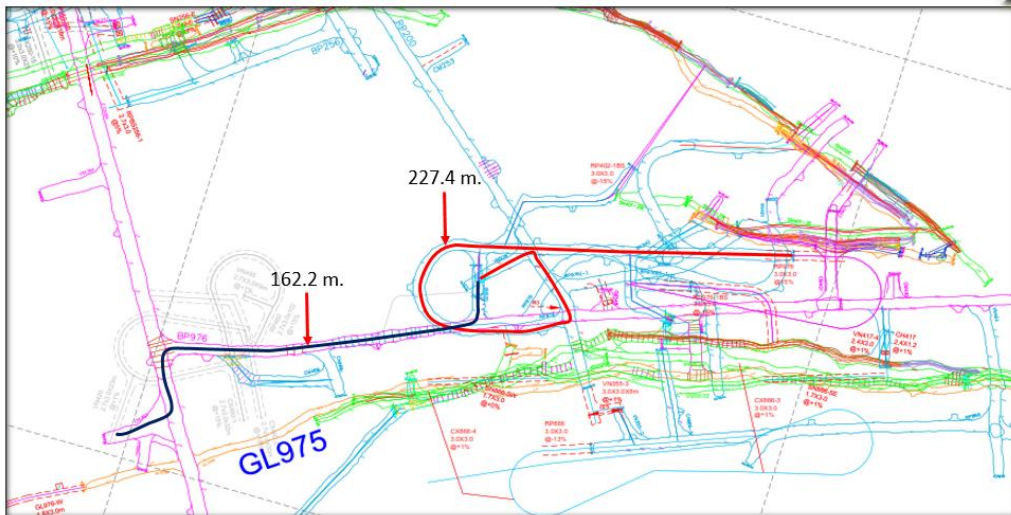
Pintado y diseño de malla de perforación, según tipo de roca. Proyección de líneas en corona para guía de perforación con Jumbo



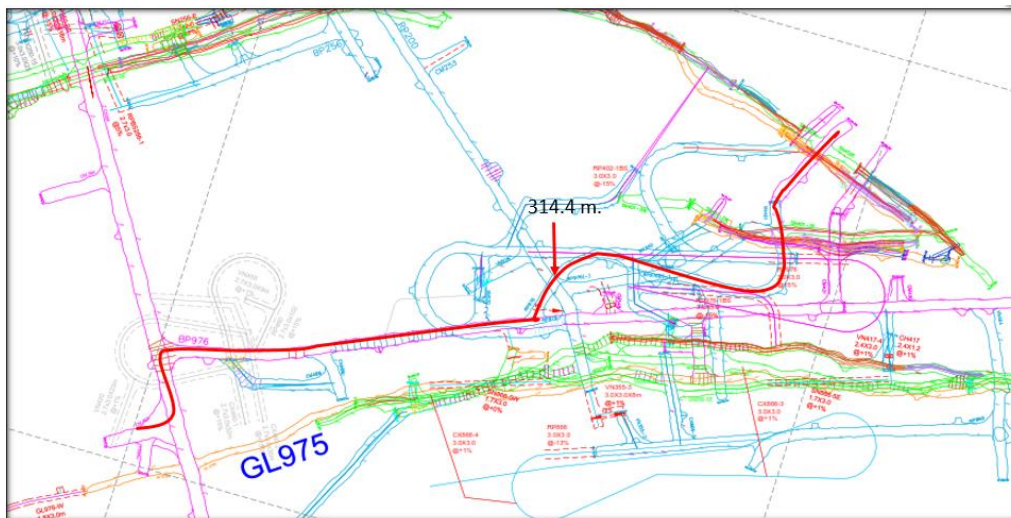
Anexo 7.

Sobredistancia en acarreo, planos de labor

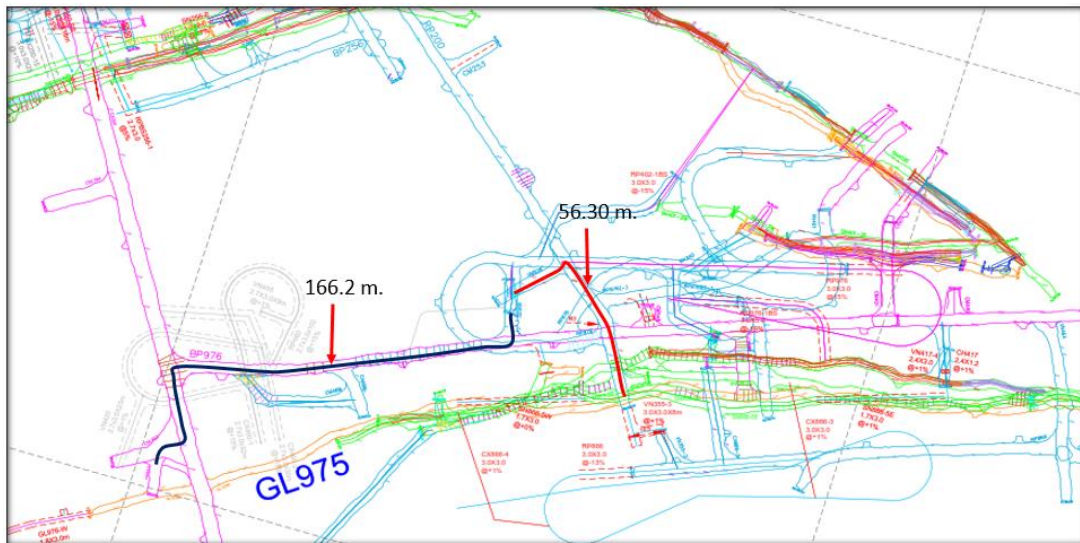
RP976 (+) = Son 389.6 metros hacia la cámara de mineral / desmonte (CM463)



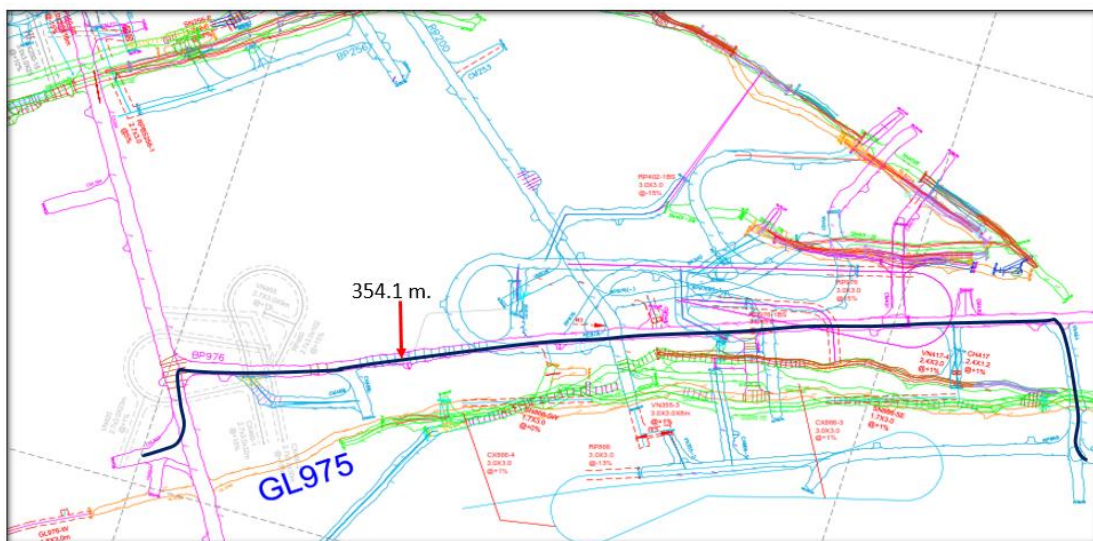
TJ 402 W Y E = Son 317.4 metros hacia la cámara de mineral / desmonte (CM463).



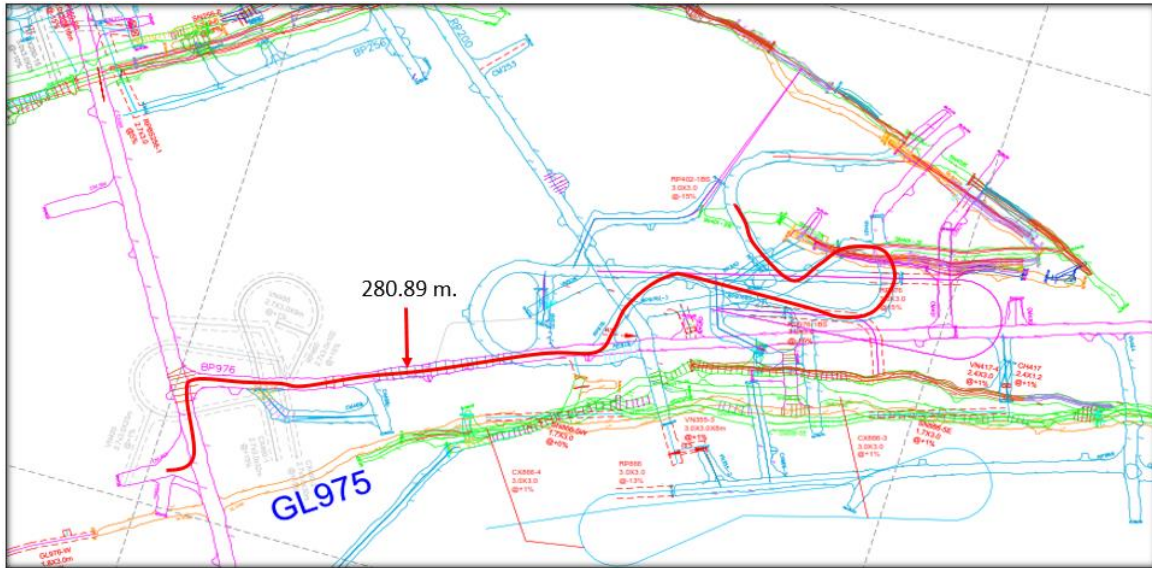
TJ 976-4E = Son 222.5 metros hacia la cámara de mineral / desmorte (CM463).



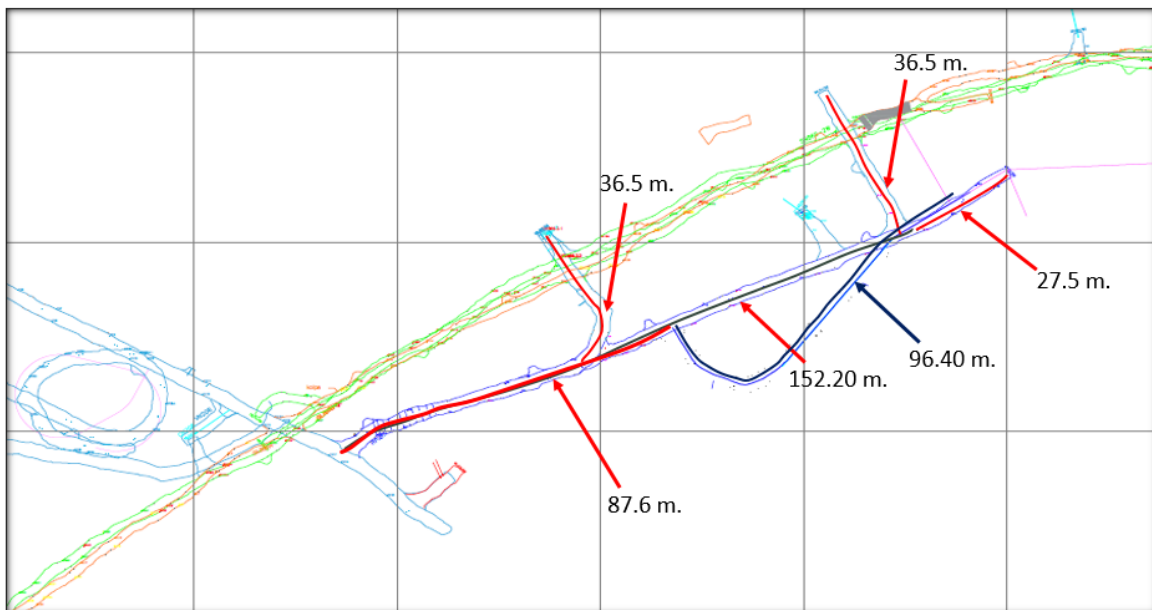
TJ 976-1E Son 354.1 metros hacia la cámara de mineral / desmorte (CM463).



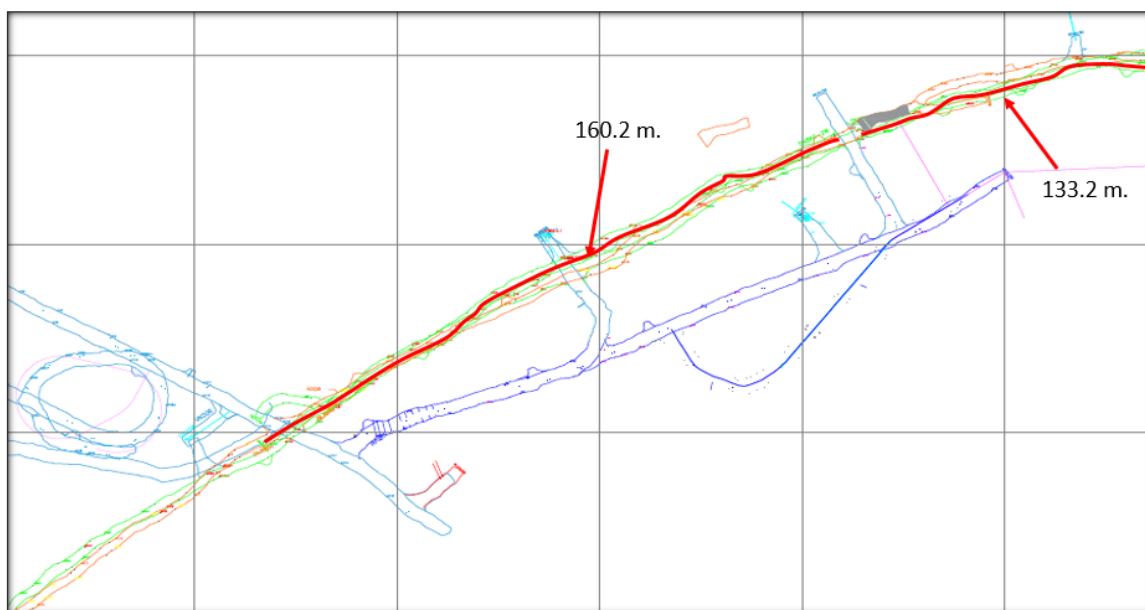
SN 401 E / W = Son 280.89 metros hacia la cámara de desmonte / mineral (CM463).



CX250-7 – RP257 – SN866-2E / 2W RP255(-) = Son 468.5 metros hacia la cámara de desmonte y mineral.



SN866-1E / SN866-1W = Son 160 metros hacia la cámara de desmonte y mineral al lado E.



Anexo 8.

Imagen de labor raspado por equipo Scooptram



Labor raspada con equipo Cat R1300G.

Anexo 9.

Cuadro de retorno con carga a distintas distancias diciembre 2023.

TIEMPO DE RETORNO CON CARGA	
TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)
0.30	25
0.60	50
0.90	75
1.20	100
1.50	125
1.80	150
2.10	175
2.40	200
2.70	225
3.00	250
3.30	275
3.60	300

Anexo 10.

Cuadro de retorno sin carga a distintas distancias diciembre 2023.

TIEMPO DE RETORNO SIN CARGA	
TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)
0.27	25
0.55	50
0.82	75
1.09	100
1.36	125
1.64	150
1.91	175
2.18	200
2.45	225
2.73	250
3.00	275
3.27	300

Anexo 11.

Cuadro de ciclo total de acarreo distintas distancias diciembre 2023.

CICLO TOTAL DE ACARREO	
TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)
1.57	25
2.15	50
2.72	75
3.29	100
3.86	125
4.44	150
5.01	175
5.58	200
6.15	225
6.73	250
7.30	275
7.87	300

Anexo 12.

Cuadro de tiempo total de limpieza distintas distancias diciembre 2023.

TIEMPO TOTAL DE LIMPIEZA		
TIEMPO (horas)	TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)
0.367	22.02	25
0.501	30.04	50
0.634	38.05	75
0.768	46.07	100
0.902	54.09	125
1.035	62.11	150
1.169	70.13	175
1.302	78.15	200
1.436	86.16	225
1.570	94.18	250
1.703	102.20	275
1.837	110.22	300

Anexo 13.

Cuadro de rendimiento del equipo a distintas distancias diciembre 2023

RENDIMIENTO DEL EQUIPO	
CAT R1300G	
m3/h	DISTANCIA (metros)
119.710	25
87.754	50
69.264	75
57.210	100
48.729	125
42.44	150
37.586	175
33.729	200
30.591	225
27.986	250
25.791	275
23.914	300

Anexo 14.

Cuadro de tiempo de retorno con carga optimizado enero 2024.

TIEMPO DE RETORNO CON CARGA OPTIMIZADO	
TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)
0.27	25
0.55	50
0.82	75
1.09	100
1.36	125
1.64	150
1.91	175
2.18	200
2.45	225
2.73	250
3.00	275
3.27	300

Anexo 15.

Cuadro de tiempo de retorno sin carga optimizado enero 2024.

TIEMPO DE RETORNO SIN CARGA OPTIMIZADO	
TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)
0.25	25
0.50	50
0.75	75
1.00	100
1.25	125
1.50	150
1.75	175
2.00	200
2.25	225
2.50	250
2.75	275
3.00	300

Anexo 16.

Cuadro de tiempo total de limpieza optimizado enero 2024.

TIEMPO TOTAL DE LIMPIEZA		
TIEMPO (minutos)	TIEMPO (horas)	DISTANCIA (metros)
19.80	0.330	25
26.59	0.443	50
33.39	0.556	75
40.18	0.670	100
46.98	0.783	125
53.69	0.895	150
60.57	1.009	175
67.36	1.123	200
74.16	1.236	225
80.95	1.349	250
87.75	1.463	275
94.55	1.576	300

Anexo 17.

Cuadro de rendimiento del equipo optimizado enero 2024.

RENDIMIENTO DEL EQUIPO CAT R1300G	
m3/h	DISTANCIA (metros)
122.210	25
90.978	50
72.461	75
60.206	100
51.497	125
45.059	150
39.942	175
35.913	200
32.622	225
29.883	250
27.569	275
25.588	300

Anexo 18.

Cuadro de comparación de rendimiento diciembre 2023 y enero 2024.

COMPARACION DE RENDIMIENTO DE DICIEMBRE 2023 Y ENERO 2024		
	RENDIMIENTO DIC.	RENDIMIENTO ENER.
DISTANCIA (metros)	2023	2024
25	119.71	122.21
50	87.75	90.98
75	69.26	72.46
100	57.21	60.21
125	48.73	51.50
150	42.44	45.06
175	37.59	39.94
200	33.73	35.91
225	30.59	32.62
250	27.99	29.88
275	25.79	27.57
300	23.91	25.59

Anexo 19

Autorización de uso de datos.



AUTORIZACIÓN DE USO DE DATOS DE LA EMPRESA

MARTÍNEZ CONTRATISTAS E INGENIERÍA S.A, con RUC N° 20344764540, domiciliado en Jr. Cajamarquilla N° 672 - San Juan de Lurigancho, AUTORIZA por medio de la presente, autoriza al Sr. JORDAN EDUTH CCARI PARICAHUA, identificado con DNI N° 71841586 estudiante de la carrera de Ingeniería de Minas, para el uso de datos de la oficina de costos y de campo para la realización de su proyecto de tesis de investigación.

Se emite este documento en petitorio del solicitante para fines académicos.

En señal de conformidad, firmamos la presente autorización.



Firma: _____
MARTÍNEZ CONTRATISTAS E INGENIERÍA
LIMA, 01 de abril de 2025.