

LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



TESIS

**“OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE CARGUÍO DE CAMIONES CON MATERIAL
PUZOLANA EN LA CANTERA CUNYAC ESTE PARA LA REDUCCIÓN DE
TIEMPOS OPERATIVOS – DISTRITO DE SEXI, PROVINCIA DE SANTA
CRUZ”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

AUTOR:

BACH. TAFUR HERRERA SEGUNDO ERNESTO

ASESOR:

DR. RODRÍGUEZ CRUZADO SEGUNDO REINALDO

CAJAMARCA – PERÚ

2025

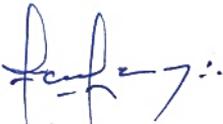
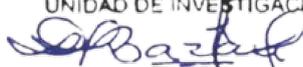
CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Segundo Ernesto Tafur Herrera
DNI: 41656049
Escuela Profesional: Ingeniería de Minas
- Asesor:** Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**

"OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE CARGUÍO DE CAMIONES CON MATERIAL PUZOLANA EN LA CANTERA CUNYAC ESTE PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS OPERATIVOS – DISTRITO DE SEXI, PROVINCIA DE SANTA CRUZ"
- Fecha de evaluación:** 13/05/2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 11%
- Código Documento:** oid:::3117:458986576
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 13/05/25

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN</p>  <p>----- Dra. Ing. Laura Sojta Bazán Díaz DIRECTORA</p>
<hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR</p> <p>Nombres y Apellidos: Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado DNI: 26722961</p>	<hr/> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE CARGUÍO DE CAMIONES CON MATERIAL PUZOLANA EN LA CANTERA CUNYAC ESTE PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS OPERATIVOS – DISTRITO DE SEXI, PROVINCIA DE SANTA CRUZ.

ASESOR : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0200-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 13 de mayo de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veintitrés días del mes de mayo de 2025**, siendo las doce horas (12:00 m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J – 210), se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

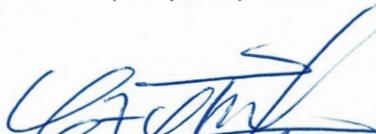
Presidente : Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Vocal : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Secretario : M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada: **OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE CARGUÍO DE CAMIONES CON MATERIAL PUZOLANA EN LA CANTERA CUNYAC ESTE PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS OPERATIVOS – DISTRITO DE SEXI, PROVINCIA DE SANTA CRUZ**, presentado por el Bachiller en Ingeniería de Minas **SEGUNDO ERNESTO TAFUR HERRERA**, asesorado por el Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 04 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 15 PTS. QUINCE (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de QUINCE acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 1.45 p.m. horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Presidente


M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
Vocal


M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.
Secretario


Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Asesor

DEDICATORIA

A mi esposa Mariella y a mi hijo Yerik Brencis, que en los días difíciles han sido mi soporte y motivación, y en los buenos momentos, mi razón de felicidad. Gracias por apoyarme en mis momentos de caída. Son la razón para seguir adelante y cumplir mis objetivos.

A mis padres Rosa y Segundo, mis hermanos, quienes contribuyeron con su apoyo moral en el término de la carrera profesional de Ing. Minas.

Ernesto Tafur.

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a la Universidad Nacional de Cajamarca por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de estudiar mi carrera profesional, también a sus docentes que me brindaron sus conocimientos día a día.

Agradezco a mi asesor de tesis Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado por brindarme la oportunidad de recurrir a su conocimiento científico y experiencia para guiarme durante el desarrollo de la presente tesis.

Ernesto Tafur.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE FOTOS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales	3
2.1.3. Antecedentes Locales	4
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	4
2.2.2. Gestión de Tiempos	5
2.2.3. Parámetros Operativos	8
2.2.4. Índices Operacionales	9
2.2.5. Producción de la Maquinaria	10

	Pág.
2.2.6. Producción Óptima de la Maquinaria.....	11
2.2.8. Método de explotación Dozer-Push.....	12
2.2.9. Carguío con Cargador Frontal.....	24
2.2.10. Diagrama de Pareto	31
2.2.11. Puzolana	40
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	41

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.1.1. Geográfica.....	43
3.1.2. Accesibilidad.....	45
3.1.3. Clima y vegetación	45
3.2. GEOLOGÍA LOCAL.....	47
3.2.1. Volcánico Huambos.....	47
3.2.2. Depósito Coluvial.....	47
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.3.1. Población de estudio	48
3.3.2. Muestra	48
3.3.3. Unidad de Análisis.....	48
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	48
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	49
3.5.1. Técnicas	49
3.5.2. Instrumentos.....	49
3.6. CICLO DE MINADO	50
3.7. ESTADOS OPERACIONALES DE CARGUÍO	54

	Pág.
3.7.1. Horas Operativas.....	54
3.7.2. Horas Demora	55
3.7.3. Horas Standby.....	56
3.7.4. Horas Mantenimiento	56
3.7.5. Duración total de estados operacionales.....	57
3.8. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO.....	60
3.8.1. Disponibilidad mecánica (DM)	60
3.8.2. Usage (UG)	62
3.8.3. Uso de la disponibilidad (UD)	63
3.8.4. Uso	64
3.8.5. Utilización (UT)	65
3.8.6. Índice de mantenimiento (IM)	66

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. TIEMPOS DE OPERACIÓN EN LA CANTERA.....	68
4.1.1. Análisis de las horas operativas	68
4.1.2. Análisis de las horas demora.....	69
4.1.3. Análisis de las horas standby	71
4.1.4. Análisis de las horas mantenimiento	72
4.2. INDICADORES DE DESEMPEÑO.....	74
4.2.1. Disponibilidad mecánica	75
4.2.2. Usage	76
4.2.3. Uso de la disponibilidad.....	77
4.2.4. Uso	78

4.2.5. Utilización	79
4.2.6. Índice de mantenimiento	80
4.2.7. Síntesis de KPIs	80
4.3. OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS	81
4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	81

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	82
5.2. RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXOS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Indicadores Clave de Desempeño.	5
Figura 2. Forma teórica de la carga empujada por un D8T.	16
Figura 3. Distancia de llenado y excavación.	19
Figura 4. Carga en V.	27
Figura 5. Clasificación del cucharón según la SAE.	28
Figura 6. Principio de Pareto.	31
Figura 7. Gráfico de barras de la duración de demoras.	36
Figura 8. Gráfico lineal y de barras de los elementos de demora.	37
Figura 9. Identificación de pocos vitales y muchos triviales en demoras.	38
Figura 10. Ejemplo de identificación y análisis de zonas.	39
Figura 11. Polígono del área de la actividad minera.	44
Figura 12. Acceso Cajamarca – Cantera Cunyac Este.	46

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Presencia de puzolana (círculos amarillos).....	41
Foto 2. Corte por Dozer-Push en roca volcánica de la formación Huambos....	47
Foto 3. Limpieza del terreno superficial topsoil con tractor.	51
Foto 4. Corte, empuje y acumulación de puzolana con tractor.....	51
Foto 5. Zarandeo de material de puzolana con excavadora y zaranda.....	52
Foto 6. Chancado de material de puzolana con excavadora y chancadora.	53
Foto 7. Carguío de material de puzolana con Cargador Cat 950H.....	53
Foto 8. Transporte de material de puzolana.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Fuerza en la barra de tiro vs velocidad de desplazamiento D8T. ...	13
Gráfico 2. Producción máxima calculada en hojas semiuniversales.	20
Gráfico 3. Factor de pendiente.	23
Gráfico 4. Estados operativos de carguío en el mes de enero 2024.	58
Gráfico 5. Estados operativos de carguío en el mes de febrero 2024.	59
Gráfico 6. Estados operativos de carguío en el mes de marzo 2024.	59
Gráfico 7. Estados operativos de carguío en el mes de abril 2024.	60
Gráfico 8. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío.	61
Gráfico 9. Usage del equipo de carguío.	62
Gráfico 10. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.	63
Gráfico 11. Gestión de demora del equipo de carguío.	65
Gráfico 12. Utilización de máquina del equipo de carguío.	66
Gráfico 13. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.	67
Gráfico 14. Diagrama de Pareto en las actividades de demora.	70
Gráfico 15. Diagrama de Pareto en las actividades de standby.	72
Gráfico 16. Diagrama de Pareto en las actividades de mantenimiento.	74
Gráfico 17. Variación porcentual en la disponibilidad mecánica.	75
Gráfico 18. Variación porcentual en el usage.	76
Gráfico 19. Variación porcentual del uso de la disponibilidad.	77
Gráfico 20. Variación porcentual de la gestión de demoras.	78
Gráfico 21. Variación porcentual en la utilización de máquina.	79

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distribución del tiempo programado.....	6
Tabla 2. Distribución del tiempo efectivo.....	6
Tabla 3. Distribución del tiempo en demoras operativas.....	7
Tabla 4. Distribución del tiempo en demoras no operativas.....	7
Tabla 5. Distribución del tiempo en mantenimiento programado.....	8
Tabla 6. Distribución del tiempo en mantenimiento correctivo.....	8
Tabla 7. Ángulos de reposo y factor de corrección.....	17
Tabla 8. Valores de K.....	17
Tabla 9. Características de varios modelos de tractores grandes.....	18
Tabla 10. Factor de eficiencia horaria.....	22
Tabla 11. Factor de habilidad y motivación.....	22
Tabla 12. Factor de llenado.....	22
Tabla 13. Factor del método de trabajo.....	22
Tabla 14. Tiempos de ciclos por fases.....	29
Tabla 15. Factor de llenado del cucharón en cargadores frontales.....	30
Tabla 16. Tiempo de ciclos totales.....	30
Tabla 17. Ejemplo de causas principales cuantificadas en demoras de carguío.....	34
Tabla 18. Cuantificación descendente de causas.....	34
Tabla 19. Cálculo de porcentajes de demoras y porcentajes acumulados.....	35
Tabla 17. Coordenadas de la Concesión Minera Cunyac.....	43
Tabla 18. Coordenadas de los componentes principales y auxiliares.....	43
Tabla 19. Tipo de investigación utilizado.....	48
Tabla 20. Identificación de variables en la investigación.....	49
Tabla 24. Horas operativas del equipo de carguío.....	55
Tabla 25. Horas de demora del equipo de carguío.....	55
Tabla 26. Horas de standby del equipo de carguío.....	56
Tabla 27. Horas de mantenimiento programado del equipo de carguío.....	57
Tabla 28. Horas de mantenimiento no programado del equipo de carguío.....	57
Tabla 29. Duración total de estados operacionales.....	58
Tabla 30. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío.....	61

	Pág.
Tabla 31. Usage del equipo de carguío.....	62
Tabla 32. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.	63
Tabla 33. Gestión de demora del equipo de carguío.....	64
Tabla 34. Utilización de máquina del equipo de carguío.	66
Tabla 35. Índice de mantenimiento del equipo de carguío.	67
Tabla 36. Porcentaje de representación de estados operacionales.	68
Tabla 37. Actividades realizadas en horas de producción.	68
Tabla 38. Actividades realizadas en horas de demora.	69
Tabla 39. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.	69
Tabla 40. Actividades realizadas en horas de standby.	71
Tabla 41. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.	71
Tabla 42. Actividades realizadas en horas de mantenimiento.....	73
Tabla 43. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.	73
Tabla 44. Valores objetivo de KPIs para equipos de carguío.	74
Tabla 45. Disponibilidad mecánica y target recomendado.	75
Tabla 46. Usage y target recomendado.	76
Tabla 47. Uso de la disponibilidad y target recomendado.	77
Tabla 48. Gestión de demoras y target recomendado.	78
Tabla 49. Utilización de máquina y target recomendado.....	79
Tabla 50. Índice de mantenimiento del cargador frontal.....	80
Tabla 51. Síntesis de KPIs.	80

LISTA DE ABREVIATURAS

d	: Distancia
D	: Demoras
KPI	: Indicador Clave de Desempeño (Key Performace Indicator)
M	: Mantenimiento
MPa	: Megapascales.
P	: Producción
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
S	: Standby
SAE	: Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)
U.M	: Unidad Minera
UTM	: Universal Transversal Mercator (Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator)
WGS-84	: World Geodetic System (Sistema Geodésico de Coordenadas Geográficas de 1984)

RESUMEN

La optimización del ciclo de carguío de camiones con material de puzolana en la cantera Cunyac Este para reducción de tiempos operativos, la investigación se centra en evaluar los índices de desempeño de los equipos de carguío mediante la disponibilidad mecánica, usage, uso de la disponibilidad, uso, utilización e índice de mantenimiento. El objetivo principal fue optimizar del ciclo de carguío de camiones con material de puzolana en la cantera Cunyac Este para mejorar los tiempos de producción en la operación minera. La metodología empleada es del tipo de investigación cuantitativa con un nivel descriptivo, correlacional y explicativo, de campo no experimental, deductivo – inductivo. El procedimiento realizado ha sido la recopilación de información relacionado a las operaciones de carguío. Luego se ha observado la secuencia completa del carguío de material de puzolana en los frentes de minado de la cantera que permitió tomar medida de los tiempos empleados por el equipo de carguío y el ciclo que efectúa para cargar a los camiones de transporte. Con los datos obtenidos se procedió a efectuar los cálculos para cada índice de desempeño. Los resultados de la evaluación de los indicadores clave de desempeño en la operación de carguío de la cantera Cunyac Este fueron los siguientes: disponibilidad mecánica con un promedio de 72.9%, usage del 38.8%, uso de la disponibilidad del 63.7%, uso del 60.9%, utilización del 28.3% y el índice de mantenimiento de 1.04 horas de operación por cada hora en mantenimiento. Todos los indicadores se encuentran por debajo de los valores target recomendados: la disponibilidad mecánica se encuentra a 17% por debajo, el usage a 51%, el uso de la disponibilidad al 26%, el uso a 19% y la utilización a 56%.

Palabras clave: *Cargador frontal, indicadores de rendimiento, producción.*

ABSTRACT

The optimization of the loading cycle of trucks with pozzolan material in the Cunyac Este quarry to reduce operating times, aims to evaluate the performance indices of the loading equipment through mechanical availability, usage, use of availability, use, utilization and maintenance index. The main objective was to optimize the loading cycle of trucks with pozzolan material in the Cunyac Este to improve production times in the mining operation. The methodology used is of the quantitative research type with a descriptive, correlational and explanatory level, non-experimental field, deductive – inductive. The procedure carried out has been the collection of information related to loading operations. Then, the complete sequence of loading pozzolan material at the quarry mining faces has been observed, which allowed to take measurements of the times used by the loading equipment and the cycle it performs to load transport trucks. With the data obtained, calculations were made for each performance index. The results of the evaluation of the key performance indicators in the loading operation of the Cunyac Este quarry were the following: mechanical availability with an average of 72.9%, usage of 38.8%, use of availability of 63.7%, use of 60.9%, utilization of 28.3% and the maintenance index of 1.04 hours of operation for each hour in maintenance. All the indicators are below the recommended target values: mechanical availability is 17% below, usage at 51%, use of availability at 26%, use at 19% and utilization at 56%.

Key words: *Payloader, performance indicators, production.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La cantera Cunyac Este se encuentra ubicado en el Distrito de Sexi, Provincia Santa Cruz, departamento de Cajamarca. Las operaciones relacionadas al carguío y acarreo en la cantera no cuentan con medición de indicadores clave de desempeño (KPI), actualmente el control y la gestión de la maquinaria pesada es nula, su uso está condicionado por la experiencia misma de cada operador y direccionado por las órdenes de trabajo que recibe el personal por parte del área de supervisión. Las observaciones previas evidenciaron posicionamiento inadecuado de los equipos de acarreo, distancias largas de movimiento de los equipos de carguío y en especial el tiempo utilizado, como indicadores clave de desempeño y repercuten en tiempo y costos.

En la investigación se planteó la siguiente pregunta: ¿Cómo lograr la optimización del ciclo de carguío de camiones con material de puzolana en la cantera Cunyac Este para reducir los tiempos operativos – distrito de Sexi, provincia Santa Cruz?, cuya hipótesis fue: La optimización del ciclo de carguío de los camiones con material de puzolana en la cantera Cunyac Este reducirá los tiempos improductivos que corresponde al proceso actual en el proyecto lográndose la optimización de los tiempos. Además, los indicadores clave de desempeño (KPI) permitirán conocer el rendimiento actual de los equipos de carguío y acarreo que se emplean en la cantera.

La justificación de la investigación pretende analizar los indicadores de rendimiento KPIs por la carencia de control de tiempos en los equipos de operación, lo cual conlleva a una nula gestión de los tiempos empleados en cada ciclo de los procesos operacionales, por lo tanto, es de suma relevancia realizar un estudio de los indicadores de desempeño, para determinar los porcentajes de confiabilidad que estos presentan, para ello, se realizarán toma de medición de tiempos en el ciclo completo del carguío, lo cual, brindará información certera

para el mejoramiento y optimización de los tiempos improductivos que se generan actualmente.

El objetivo principal fue optimizar el ciclo de carguío de camiones con material de puzolana en la cantera Cunyac Este para mejorar los tiempos de producción en la operación minera; como objetivos específicos se tiene determinar los tiempos de operación que realizan los equipos de carguío en la cantera Cunyac Este, evaluar los indicadores clave de desempeño (KPI) de los equipos de carguío de la cantera Cunyac Este, proponer que actividades del carguío se debe optimizar sus tiempos en la operación minera.

Como descripción de los capítulos se tiene lo siguiente:

En el primer capítulo se presenta el problema, formulación e hipótesis, justificación y objetivos de la investigación. En el segundo capítulo se presenta los antecedentes teóricos relacionados a la investigación, así como los fundamentos teóricos que sirven como base o fundamento para la investigación, y también se presenta la definición de términos básicos. En el tercer capítulo, se detalla la ubicación geográfica y accesibilidad de la investigación, de igual manera, la descripción de materiales utilizados, la metodología, técnicas e instrumentos para la recolección de datos y la descripción de procedimientos usados. En el cuarto capítulo, se presenta el análisis y discusión de resultados a los que se ha llegado en la investigación. En el quinto capítulo se muestra las conclusiones para cada objetivo planteado y las recomendaciones que se plantea para futuras investigaciones. Finalmente se encuentran las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Alfonso-Bambi et al. (2019), en su artículo, Indicadores de sostenibilidad para la industria minera extractiva en Uige, Angola; concluyen que es necesario un sistema de indicadores que permita medir el grado de desarrollo sostenible en el sector minero, teniendo en cuenta el estado técnico y organizativo de las canteras y las dimensiones ambiental, económica y social. El resultado del test de sostenibilidad aplicado en una de las empresas ha demostrado que la actividad extractiva se encuentra en el campo de la no sostenibilidad.

Barrios (2020), en su investigación, Carguío dinámico para la optimización de la utilización efectiva de camiones de minería a cielo abierto a escala de laboratorio; concluye que el carguío dinámico es una buena herramienta a desarrollar y perfeccionar, con el objetivo de prevenir derrames y pérdidas operacionales asociadas, para así disponer de mayor tiempo operativo y mayores ingresos.

Samaniego (2021), en su investigación, Diseño de indicadores de rendimiento (KPI's), para la mejora de los procesos de operaciones del equipo caminero en la empresa Progecon S.A.; menciona que en el proyecto se logró diseñar indicadores de rendimiento para la mejora de los procesos del área de carguío, relacionado al equipo caminero en la empresa objeto de estudio.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Ramos y Salomón (2021), en su tesis de grado, Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua; concluye que con el diagrama de Pareto se muestra tres actividades que se sitúan antes del 80%, la actividad crítica que es el refrigerio, es un tiempo determinado e imposible de reducirlo

porque es parte del sistema de labor; sin embargo, las actividades como la cola de los volquetes y las reparaciones mecánicas son tiempos a optimizar.

Rojas (2019), en su tesis de pregrado, Optimización del proceso de carguío y acarreo mediante el uso de KPI's en la fase de relleno del espaldón de la presa de relaves – Antamina. Demostró que el uso de los KPI's ayudan a controlar los procesos de carguío y acarreo, ya que estos cuantifican la actividad y determinan el grado de rentabilidad del proyecto.

Vargas (2019), en su tesis de grado, Optimización en las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad; concluye que uno de los factores que influye es el diseño de vías ya que vías pequeñas genera horas de espera; además, el tiempo de carguío no es constante y dinámico porque la flota presenta diferentes capacidades en las unidades de carguío.

2.1.3. Antecedentes Locales

Calua (2019), en su Tesis de Pregrado, Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache S.A. Concluye que la minimización de tiempos improductivos logra la disminución de horas de demora en carguío y acarreo, siendo la reducción a un tiempo menor o igual a 3 minutos.

Infante (2021), en su Tesis de Pregrado, Evaluación económico-productiva del cambio de performance de la flota de carguío y acarreo en Gold Fields La Cima S.A. Concluye que los cuellos de botella más recurrentes son: la disponibilidad mecánica de algunos equipos de acarreo que ya pueden tener tiempo de uso antes de ingresar a la operación, malas condiciones de los frentes de minado, presencia de bolonería, falta de cuadradores, malas condiciones de vías.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Los KPI son herramientas de gestión que las empresas emplean para medir y evaluar el rendimiento de sus procesos, gestionándolos de la manera más efectiva y eficiente posible, con el objetivo de alcanzar metas y objetivos previamente definidos.

Estos indicadores son cruciales para la organización, ya que permiten analizar el estado de los procesos productivos mediante una base de datos. Esto ayuda a identificar fallos y oportunidades de mejora, lo que a su vez facilita la optimización de los procesos y la reducción de costos, asegurando así la satisfacción dentro de la empresa. Los KPI, que en inglés se conocen como "key performance indicators", miden el rendimiento de un proceso y tienen como finalidad alcanzar las metas establecidas, mostrando la eficiencia de los procesos en cuestión (Reátegui, 2014).

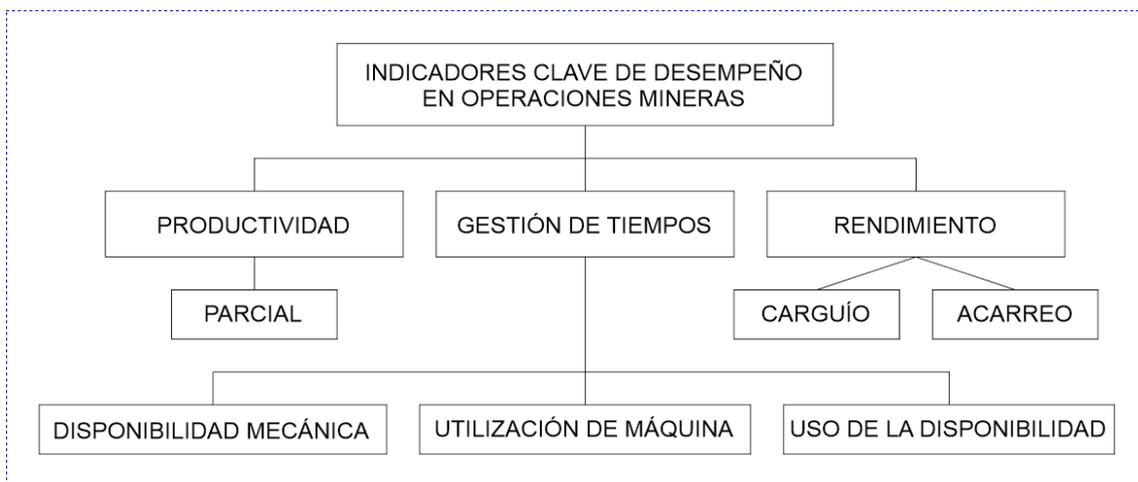


Figura 1. Indicadores Clave de Desempeño.
Fuente: Ramírez (2006).

2.2.2. Gestión de Tiempos

Ramírez (2006) señala que la gestión del tiempo es una actividad fundamental en el proceso productivo, que se centra en maximizar el uso del tiempo en las actividades productivas. Esta gestión implica un análisis detallado del tiempo empleado durante la jornada laboral, con el objetivo de optimizarlo. Esto se logra estableciendo un equilibrio razonable a lo largo de la jornada mediante la recopilación de datos sobre los tiempos de inactividad y fijando metas para el tiempo de trabajo efectivo.

La gestión del tiempo también facilita la clasificación adecuada de las diversas paradas y actividades de los equipos, lo que es esencial para evaluar los indicadores de desempeño y determinar en qué áreas de soporte se requiere una mejora inmediata.

► **Tiempo Programado**

Es el tiempo dedicado a realizar actividades productivas, que incluye el mantenimiento necesario para reparar e inspeccionar el equipo mecánico (Ramírez, 2006).

Tabla 1. Distribución del tiempo programado.

Tiempo disponible	Operando efectivo (Operativo)
	Demoras operativas (Demora)
	Demoras no operativas (Standby)
Tiempo en demoras mecánicas	Mantenimiento programado
	Mantenimiento correctivo

Fuente: Stracon (2014).

► **Tiempo Efectivo**

Según Ramírez (2006), se refiere a las horas asignadas a las actividades principales. La duración de los ciclos de trabajo variará según las máquinas utilizadas, las condiciones en las que se esté operando y la destreza del operador en el manejo del equipo asignado. El tiempo efectivo se compone de la suma del tiempo neto de operación y el tiempo dedicado a las operaciones auxiliares.

Tabla 2. Distribución del tiempo efectivo.

Tiempo Efectivo
Preparación y conclusión del trabajo
Operaciones auxiliares
Tiempo en ciclo de operación

Fuente: Ramírez (2006).

► **Tiempo en Demoras Operativas**

El tiempo asociado a las demoras operativas se refiere a las actividades improductivas generadas por las máquinas, las cuales surgen de la interacción con otros equipos que realizan diferentes tareas productivas (por ejemplo, una excavadora que espera a un volquete o un volquete que espera a una excavadora). Estas demoras operativas están vinculadas a la relación entre el operador y el control de las operaciones (Ramírez, 2006).

Tabla 3. Distribución del tiempo en demoras operativas.

Demoras operativas
Arranque y chequeo de máquina
Desplazamiento de equipo de un frente a otro
Abastecimiento de combustible
Acomodo de equipo al finalizar el turno
Espera en chancadora
Espera en el punto de carguío
Espera en el punto de descarga
Falta de equipo de acarreo

Fuente: Ramírez (2006).

► ***Tiempo en Demoras No Operativas***

Ramírez (2006) señala que son las horas en las que los equipos están inactivos a pesar de estar operativos, pero apagados. Durante este tiempo, el operador puede estar en un periodo de descanso reglamentario, comiendo, o el personal puede estar recibiendo capacitación en seguridad u otras actividades no programadas. Además, el equipo puede estar detenido por causas externas durante las horas laborales.

Tabla 4. Distribución del tiempo en demoras no operativas.

Demoras no operativas
Refrigerio
Charlas diarias
Clima desfavorable
Reparto de guardia
Necesidades personales
Inspección de seguridad

Fuente: Ramírez (2006).

► ***Tiempo en Mantenimiento Programado***

Gamarra (2009) indica que las reparaciones son consideradas planeadas cuando se realiza una inspección para restaurar el estado óptimo del equipo, comenzando con una evaluación sensorial o mediante instrumentos.

Tabla 5. Distribución del tiempo en mantenimiento programado.

Mantenimiento programado
Servicio de mantenimiento preventivo
Reparación predictiva
Reparaciones programadas
Lubricación

Fuente: Ramírez (2006).

► **Tiempo en Mantenimiento Correctivo**

Según Gamarra (2009), se refiere a las actividades de restauración que ocurren debido a una o más fallas inesperadas del equipo, resultando en su paralización o fallo.

Tabla 6. Distribución del tiempo en mantenimiento correctivo.

Correctivo
Avería en el equipo durante tiempo efectivo
Reparación de la avería
Tiempo en la reparación
Demora en respuesta al aviso de falla
Esperando reparación

Fuente: Ramírez (2006).

2.2.3. Parámetros Operativos

El ciclo de operaciones de un equipo está dado por cuatro estados operacionales y es de la siguiente forma:

- Producción (P)
- Demoras (D)
- Standby (S)
- Mantenimiento (M)

La sumatoria de cada uno de los estados nos da las horas totales hasta el fin de guardia, día, mes y año (Fernández, 2008).

2.2.4. Índices Operacionales

En la investigación se evaluarán los siguientes índices: disponibilidad mecánica, utilización de máquina, usage, gestión de demoras, uso de la disponibilidad e índice de mantenimiento.

► **Disponibilidad Mecánica (DM)**

Según Ramírez (2006), este índice indica cuántas horas se dedicarán a las actividades productivas. Es un indicador que evalúa la eficiencia del mantenimiento, específicamente relacionado con el cuidado del equipo. El objetivo de este índice es garantizar una disponibilidad mecánica constante para llevar a cabo actividades de producción durante los momentos de mayor demanda.

$$DM (\%) = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas Mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

► **Usage (UG)**

Es el tiempo durante el cual el equipo está en producción en relación con el total de tiempo disponible mecánicamente; representa una medida de la eficiencia en el uso de recursos por parte de las operaciones en la mina, considerando las horas de operación, las demoras y el tiempo de espera.

$$UG (\%) = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora} + \text{Horas Standby}}$$

► **Uso de la Disponibilidad (UD)**

Es el tiempo en que el equipo está encendido, produciendo o en espera, en relación con el tiempo que está disponible mecánicamente. La utilización de la disponibilidad incluye directamente los períodos de espera.

$$UD (\%) = \frac{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora}}{\text{Horas Operativas} + \text{Horas Demora} + \text{Horas Standby}}$$

► **Uso**

Es el tiempo durante el cual el equipo está en producción en relación con el total de tiempo en que el motor está encendido. Este parámetro está directamente relacionado con las demoras operativas y considera únicamente las horas de operación y las horas de inactividad.

$$\text{USO (\%)} = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora}}$$

► **Utilización (UT)**

Según Mather (2005), la utilización proporciona una forma de representar el tiempo registrado en el horómetro durante el cual el equipo está operativo, en relación con el tiempo total disponible, expresado en porcentaje.

$$\text{UT (\%)} = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Totales}}$$

► **Índice de Mantenición o de Mantenimiento (IM)**

Mide el tiempo en horas que el equipo es operado por cada hora invertida en su mantención y/o reparación (Vilar, 2009).

$$\text{IM} = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Mantenimiento}}$$

2.2.5. Producción de la Maquinaria

La producción o rendimiento de la máquina es la cantidad de material removido que realiza en un tiempo determinado, generalmente una hora:

$$\text{Producción} = \frac{\text{Unidades de trabajo}}{\text{Hora}}$$

Las unidades de trabajo comúnmente empleada en el movimiento de tierras es el m³ o la tonelada y la unidad de tiempo empleada es la hora, aunque también la producción se expresa por día (Tiktin, 1997).

2.2.6. Producción Óptima de la Maquinaria

Se conoce como producción óptima a la máxima producción posible al trabajar los 60 minutos de cada hora. Sin embargo, una máquina no opera solo una hora, sino varias a lo largo del día y durante extensos períodos, que pueden abarcar muchos años. Es importante considerar esto al calcular la eficiencia promedio, ya que las condiciones pueden variar a medida que avanza el proyecto.

También es fundamental tener en cuenta las pérdidas de tiempo, ya que el tiempo de trabajo continuo anual de una máquina, sin traslados ni esperas, sería:

$$52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} * 48 \frac{\text{horas}}{\text{semana}} = 2080 \text{ horas}$$

En la práctica, es complicado superar las 1600 horas, principalmente por las siguientes razones:

- Averías de la máquina.
- Mantenimiento programado después de un cierto número de horas de operación.
- Condiciones climáticas locales, que no solo afectan la producción de la máquina, sino que también obstaculizan el avance general del proyecto.

Las fallas en la máquina pueden ser significativas y es importante tenerlas en cuenta para reducir los riesgos asociados. Sin embargo, también es esencial considerar los siguientes factores:

- Fiabilidad de la máquina.
- Rapidez en la disponibilidad de repuestos y atención por parte del proveedor.
- Mantenimiento y cuidado realizados por la empresa.
- Habilidad del operador.
- Condiciones de trabajo en relación con el material de roca y los accesos a las operaciones en la mina.

Todo lo anterior puede llevar, en ciertos casos, a la compra de nueva maquinaria para un proyecto o a la adquisición de unidades de repuesto si se utilizan muchas máquinas del mismo tipo, con el fin de garantizar la continuidad operativa y no interrumpir otras unidades del proyecto (Tiktin 1997).

2.2.7. Ciclo de Trabajo

Se trata de una serie de acciones que se repiten continuamente para realizar una tarea específica. El tiempo de un ciclo se puede dividir en dos componentes: fijo y variable. El tiempo fijo incluye el que se utiliza para cargar, descargar, girar y acelerar o frenar, con el fin de alcanzar las velocidades necesarias en cada trayecto, siendo este tiempo relativamente constante. Por otro lado, el tiempo variable se refiere al que se emplea en el transporte y depende de la distancia y la inclinación. Es crucial considerar por separado el trayecto de ida y el de vuelta, debido al impacto del peso de la carga y la pendiente, que es positiva en un caso y negativa en el otro.

Para obtener una estimación más precisa de la duración de un ciclo, generalmente se utiliza un valor promedio obtenido de la medición de un gran número de ciclos, ya que un número limitado de mediciones puede resultar en conclusiones erróneas debido a variaciones en las condiciones externas. Una vez que se ha calculado la duración del ciclo de trabajo, se puede estimar cuántos ciclos realiza una máquina en una hora; además, conociendo la capacidad de la máquina, se puede determinar la producción (Tiktin, 1997):

$$\text{Producción} \left(\frac{\text{ton o m}^3}{\text{hora}} \right) = \text{Capacidad} \left(\frac{\text{ton o m}^3}{\text{ciclo}} \right) * \frac{\text{Ciclos}}{\text{Hora}}$$

2.2.8. Método de explotación Dozer-Push

Este método consiste en emplear tractores para ejercer acciones de empuje o de tracción. Existen dos tipos: Tractores sobre ruedas y tractores de cadenas.

Los tractores de cadenas tienen velocidades máximas de desplazamiento de 15 km/h, transmiten al suelo presiones específicas de 0,04 MPa (0,4 kg/cm²) y según los modelos alcanzan esfuerzos de tracción disponible en la barra de tiro de hasta 65000 kg en D8T y 160000 kg en D11T (Caterpillar, 2012).

El Gráfico 1 presenta la fuerza en la barra de tiro versus la velocidad de desplazamiento del tractor D8T según las marchas en las que se encuentre primera (1), segunda (2) y tercera (3).

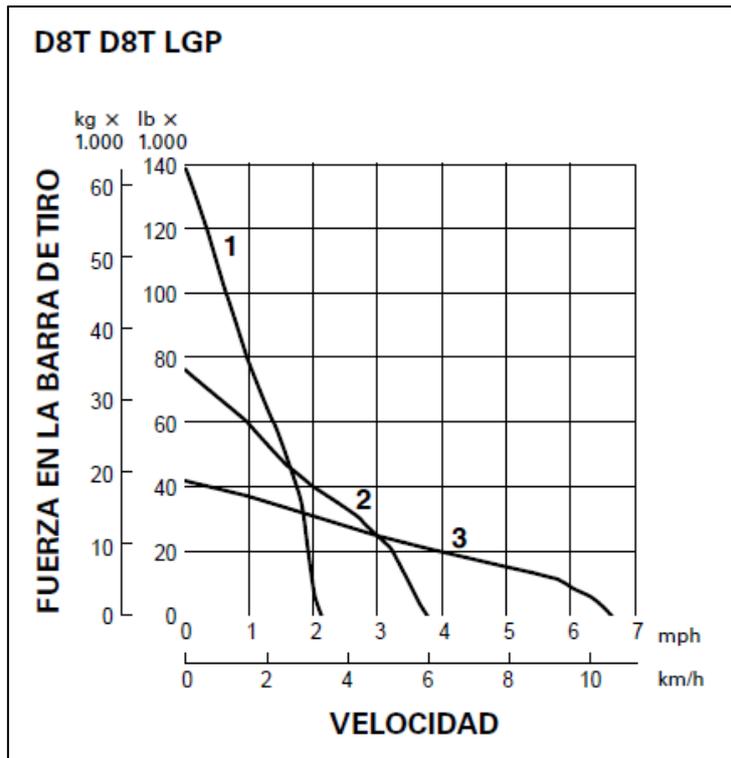


Gráfico 1. Fuerza en la barra de tiro vs velocidad de desplazamiento D8T.

Fuente: Caterpillar (2012).

En terrenos blandos y rocosos, las orugas son más efectivas que los neumáticos. En el caso de los terrenos blandos, esto se debe a que se requiere una mayor superficie de apoyo para evitar hundimientos, y las orugas ofrecen ventajas al reducir el deslizamiento y aumentar la tracción, considerando el peso total como peso de tracción. En terrenos rocosos, los neumáticos tienden a desgastarse rápidamente debido a los giros y aceleraciones, lo que impacta significativamente en el costo del trabajo.

Las ventajas de los tractores de cadenas se resumen en (Tiktin 1997):

- Baja presión sobre el terreno (0,4-0,8 kg/cm²), ya que los terrenos húmedos tienen una capacidad de soporte limitada.
- Gran capacidad de tracción.
- Son ideales en situaciones donde la adherencia de la máquina es crucial, como en terrenos irregulares o inclinados.
- Su maniobrabilidad es efectiva en espacios pequeños y difíciles.

► Hoja Topadora

Prácticamente cualquier tipo de material puede ser movido con una hoja topadora. Sin embargo, el rendimiento de la hoja depende de las características específicas de cada material:

- Tamaño y forma de las partículas: A medida que las partículas son más grandes, la cuchilla tiene más dificultad para penetrar. Las partículas con bordes afilados dificultan la acción natural de rodadura de la hoja topadora.
- Vacíos: Se refiere a que la mayor parte de la superficie de cada partícula, o incluso toda ella, está en contacto con otras partículas, formando una unión que debe romperse. Un material sin vacíos se considera de alta gradación, lo que complica su extracción del banco o tajo mediante métodos mecánicos.
- Contenido de agua: Cuando el material tiene un alto contenido de humedad, su extracción resulta más sencilla. En contraste, un material seco dificulta la labor de la hoja topadora.

Una medida de la capacidad de la hoja topadora para penetrar y cargar es la cantidad de kW por metro (o hp por pie) de la cuchilla. Cuanto mayor sea esta cifra, más efectiva será la penetración. Los kW por m³ de material suelto indican la capacidad de la hoja para desplazar el material; a mayor cantidad de kW/m³, mayor será la capacidad de la hoja para mover el material a una velocidad más alta. El peso y la potencia de la máquina determinan su capacidad de empuje. Ningún tractor puede ejercer más libras de empuje que su propio peso. Además, ciertas características del terreno y las condiciones del suelo pueden limitar la capacidad del tractor para aprovechar su peso y potencia.

La hoja topadora estándar del tractor D8T es de tipo SU, una hoja semiuniversal que combina las mejores características de la hoja S (recta) y la hoja U (universal) en un solo diseño. Tiene mayor capacidad gracias a la inclusión de flancos cortos que abarcan solo las cantoneras de la hoja. Estos flancos mejoran la retención de la carga y permiten una rápida penetración y carga en materiales muy compactos, además de trabajar con una amplia variedad de materiales en

aplicaciones de gran volumen. Los cilindros de inclinación incrementan la productividad y versatilidad de esta hoja topadora (Caterpillar, 2012).

► **Ripper**

Consiste en un bastidor ubicado en la parte trasera del tractor, al que se pueden fijar uno, dos o tres vástagos con dientes, los cuales tienen un sistema de acoplamiento que permite ajustar su longitud. A través de cilindros hidráulicos que actúan sobre el bastidor, estos dientes descienden y se clavan en el suelo. Cuando son arrastrados por el tractor, crean surcos profundos, rompiendo y aflojando el terreno, especialmente cuando este es demasiado duro o cohesivo para ser removido solo con la hoja topadora. Evitar esfuerzos transversales que puedan dañarlo, como girar la máquina con el vástago insertado; por lo tanto, el tractor debe avanzar siempre en línea recta (Caterpillar, 2012).

► **Ciclo de Trabajo del Tractor**

El trabajo del tractor de cadenas D8T consta de 4 fases en la cantera Cunyac Este:

Fase 1. Corte: El operador baja el desgarrador y con la punta o vástago introducido empieza a escarificar el terreno.

Fase 2. Excavación o arranque: El operador baja la hoja hasta que comience a clavarse en el terreno, el tractor continúa avanzando, disminuyendo su velocidad y aumentando su empuje.

Fase 3. Traslado y apilado: El operador levanta la hoja para empujar y transportar el material ya excavado sin proseguir la excavación. Después de trasladar, apila el material.

Fase 4. Retorno: El tractor se detiene, invierte la marcha y retrocede a mayor velocidad con la hoja levantada para reanudar el ciclo de trabajo.

► **Capacidad de la Hoja Topadora**

La hoja topadora mueve el material y requiere un esfuerzo que aumenta conforme se incrementa la capacidad de la hoja utilizada. Por lo tanto, es fundamental ajustar la capacidad de la hoja según la potencia del tractor y el tipo

de material que se desea excavar o transportar. La capacidad de una hoja no se puede establecer de manera precisa, ya que las dimensiones del montón que se forma frente a la topadora dependen de la hoja, del tipo de roca y del ángulo de reposo del material que se está empujando (Caterpillar, 2012).

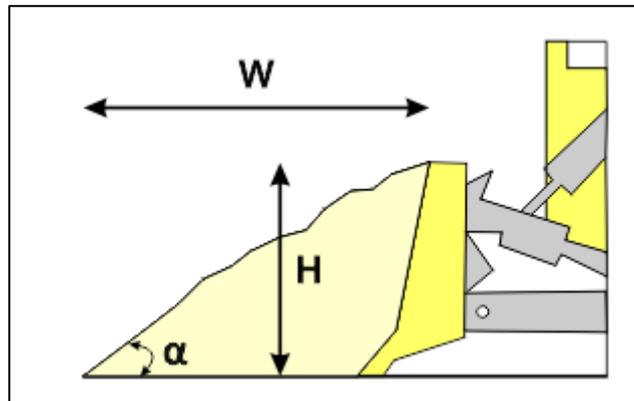


Figura 2. Forma teórica de la carga empujada por un D8T.

Fuente: Tiktin (1997).

Sin embargo, el montón se puede asimilar a una cuña, Figura 1, lo que da lugar al siguiente planteamiento teórico.

$$V_s = \frac{1}{2 * \tan \alpha} * L * H^2$$

Donde,

V_s : Volumen de material suelto

L : Longitud de la hoja topadora

H : Altura de la hoja topadora

α : Ángulo del talud en reposo del material

La Tabla 7 muestra los valores de $1/(2*\tan\alpha)$ para distintos materiales muy frecuentes en el movimiento de tierras. Los valores de capacidad que se obtienen por este método solo tienen alcance teórico, puesto que en la práctica la forma del montón que se forma delante de la hoja tiene variaciones.

Tabla 7. Ángulos de reposo y factor de corrección.

	Material	α	$1/(2*\tan\alpha)$
Tierra común	Seca	20 - 45°	1,36 - 0,50
	Mojada	25 - 45°	1,00 - 0,50
	Empapada	25 - 30°	1,00 - 0,86
Arena	Seca	20 - 30°	1,30 - 0,86
	Húmeda	30 - 45°	0,86 - 0,50
	Empapada	20 - 45°	1,30 - 0,50
Grava		30 - 50°	0,86 - 0,42
Mezcla de arena y arcilla		20 - 35°	1,30 - 0,71

Fuente: Tiktin (1997).

La Tabla 8 presenta los valores que toma K para hallar la capacidad de la hoja topadora. En la Tabla 9 figuran las características de varios modelos de fabricantes de tractores de cadenas con las capacidades de sus hojas. Por lo tanto, la capacidad de la hoja viene dada por la expresión:

$$C = K * L * H^2$$

Donde,

C : Capacidad de la hoja topadora

K : Coeficiente del tipo de hoja

L : Longitud de la hoja topadora

H : Altura de la hoja topadora

Tabla 8. Valores de K.

Hoja	Valores de K		
	Cat	Komatsu	Hitachi
Semi-universal	0,8	0,75	1
Universal	0,9	0,75	1
Recta	0,75	0,75	1

Fuente: Tiktin (1997).

Tabla 9. Características de varios modelos de tractores grandes.

PARÁMETROS	CATERPILLAR				KOMATSU			HITACHI	
	D8T	D9T	D10T	D11T	D135	D355	D375	D475	FD-175
Potencia (kw)	212	276	338	575	213	306	391	574	257
Peso (ton)	41	47	64	104	30	46	57	87	37
Longitud de hoja (m)	3,94	4,32	4,86	5,6	4,13	4,31	4,7	5,26	4
Altura de hoja (m)	11,69	1,65	2,05	2,31	1,69	1,87	2,19	2,61	1,65
Capacidad (m ³)	8,68	11,9	17,2	25,6	11,8	15,1	22,5	35,8	8,7

Fuente: Tiktin (1997).

► Distancia de Excavación y Empuje

Existen dos reglas prácticas clave:

- El bulldozer emplea una técnica de corte o arranque, en lugar de una de transporte.
- Se debe lograr un llenado completo de la hoja con el mayor esfuerzo de la máquina y en el menor tiempo posible. Esto se logra arrancando capas lo más gruesas posible, de acuerdo con las distancias que debe recorrer el tractor, y finalizando el arranque cuando la hoja esté llena.

Para una hoja topadora específica y un tipo de terreno determinado, cada profundidad de excavación está asociada a una distancia de llenado, que según la Figura 3, se define mediante la siguiente expresión:

$$d_{LL} = F_w * \frac{K * H^2}{h}$$

Donde,

d_{LL} : Distancia de llenado

F_w : Factor de esponjamiento

K : Coeficiente del tipo de hoja

H : Altura de la hoja

h : Profundidad de excavación

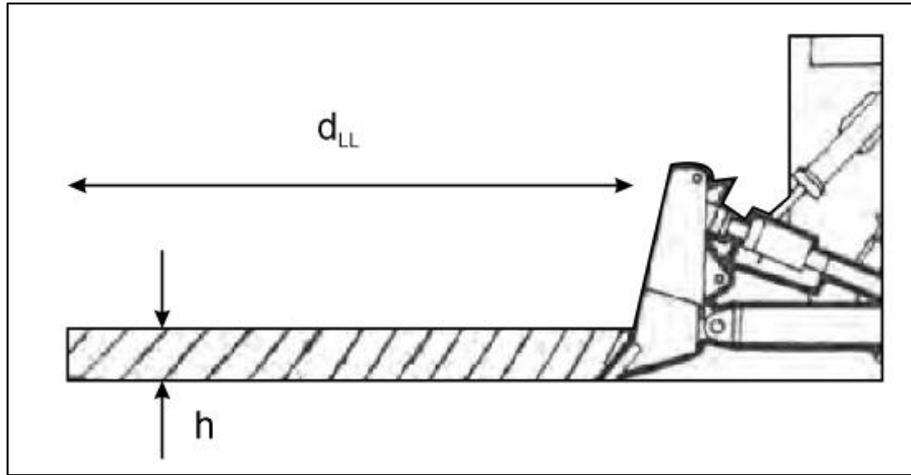


Figura 3. Distancia de llenado y excavación.

Fuente: Tiktin (1997).

La profundidad de excavación será:

$$h = F_W * \frac{C}{d_{LL} * L}$$

La distancia de empuje depende del tipo de material, pendientes y factores externos a la máquina, en comparación con otras máquinas puede decirse como regla general que a partir de los 80 metros de distancia de empuje el Bulldozer deja de ser rentable (Tiktin, 1997).

► Producción del Tractor de Cadenas D8T

La producción del bulldozer depende fundamentalmente de su potencia y de la distancia que tiene que empujar el material hasta depositarlo en el lugar deseado, puede estimarse usando el Gráfico 2 de producción y los factores de corrección aplicables (Caterpillar, 2012).

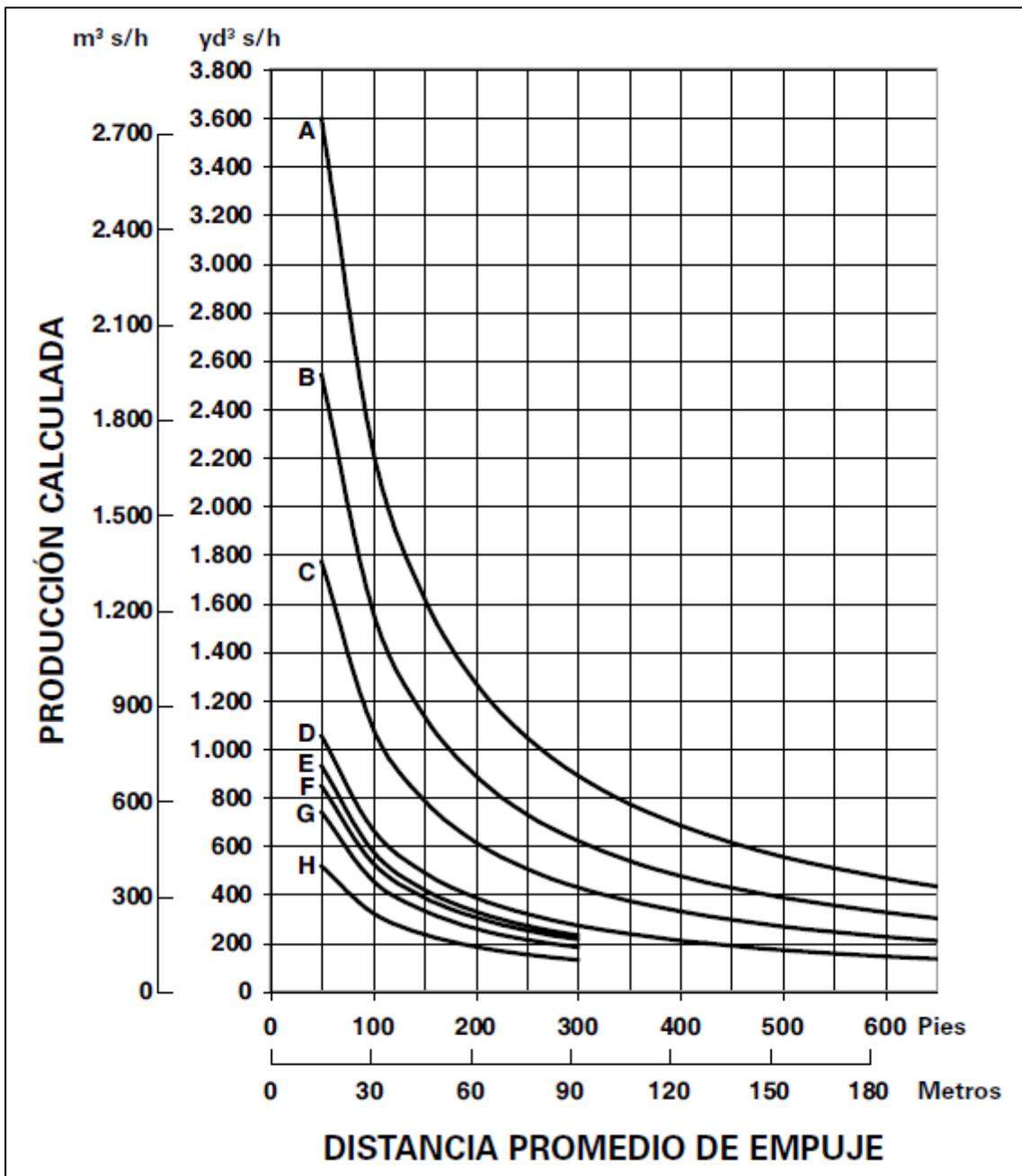


Gráfico 2. Producción máxima calculada en hojas semiuniversales.

Fuente: Caterpillar (2012).

Curva A : Tractor D11T

Curva B : Tractor D10T

Curva C : Tractor D9T

Curva D : Tractor D8T

Curva E : Tractor D7E

Curva F : Tractor D7R Serie 2

Curva G : Tractor D6T

Curva H : Tractor D6N

El Gráfico 2 de producción proporciona la producción máxima no corregida de la hoja topadora semiuniversal, y se basan en las siguientes condiciones ideales:

- 100 % de eficiencia (60 minutos por hora con ciclo en terreno horizontal).
- Máquinas con servotransmisión, con tiempos fijos de 0,05 minutos.
- La máquina corta una distancia de 15 m (50') y luego acarrea la carga para arrojarla por encima de una pared alta. (Tiempo de descarga: 0 seg).
- Densidad del suelo: 1370 kg/m³ suelto (2300 lb/yd³).
- Coeficiente de tracción: Máquinas de cadenas (0,5 o mejor) y Máquinas de ruedas (0,4 o mejor)
- Se utilizan hojas controladas hidráulicamente.
- Excavación en primera de avance, acarreo en segunda de avance y regreso en segunda de retroceso.

La ecuación siguiente permite determinar la producción real:

$$P = P_m * f_h * f_o * f_{ll} * f_p * f_m$$

Donde,

P : Producción (m³ sueltos/hora) o (yd³ s/hora)

P_m : Producción máxima según gráfica

f_h : Factor de eficiencia horaria

f_o : Factor de habilidad y motivación del operario

f_{ll} : Factor de llenado de la hoja

f_p : Factor de pendiente del terreno

f_m : Factor del método de trabajo

Tabla 10. Factor de eficiencia horaria.

Condiciones de Trabajo	Organización de Obra		
	Buena	Promedio	Mala
Buenas	0,9	0,75	0,6
Promedio	0,8	0,65	0,5
Malas	0,7	0,6	0,45

Fuente: Tiktin (1997).

Tabla 11. Factor de habilidad y motivación.

f_o	Condiciones de Trabajo			
	Óptimas	Buenas	Normales	Difíciles
Excelente	1	0,95	0,8	0,7
Muy bueno	0,9	0,8	0,75	0,65
Normal	0,8	0,75	0,65	0,5
Inexperto	0,6	0,5	0,45	0,4

Fuente: Tiktin (1997).

Tabla 12. Factor de llenado.

Tipo de material	f_{II}
Material suelto, grava en montones	1,25 a 1,10
Tierra franca y homogénea	1,10 a 0,95
Material duro, difícil de cortar	0,90 a 0,80
Material muy suelto, arena	0,80 a 0,75
Material pegajoso, arcilla muy húmeda	0,80 a 0,70

Fuente: Tiktin (1997).

Tabla 13. Factor del método de trabajo.

Método de Trabajo	f_m
Normal	1
Empuje en zanja	1,2
Empuje de dos tractores en paralelo	1,15 - 1,25

Fuente: Tiktin (1997).

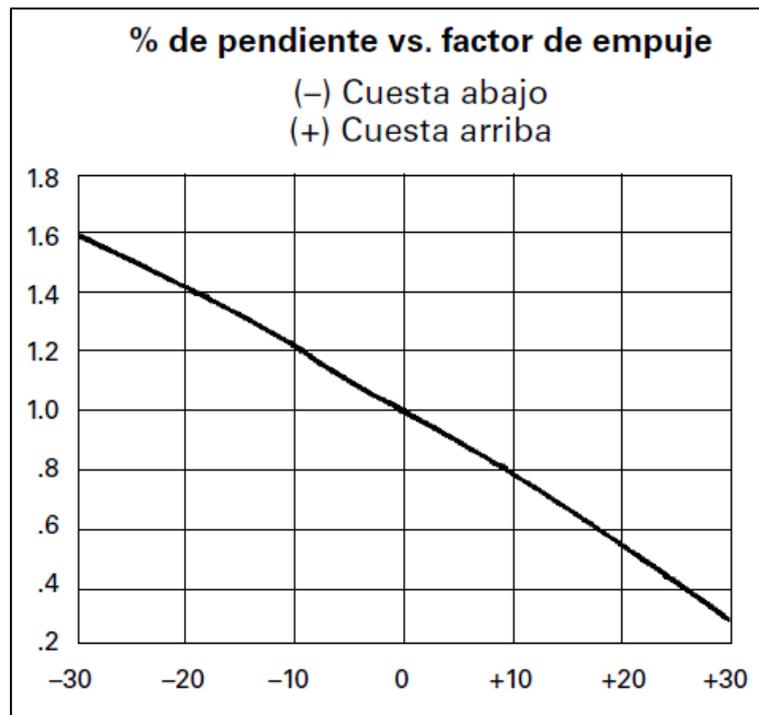


Gráfico 3. Factor de pendiente.

Fuente: Caterpillar (2012).

► **Técnicas de Excavación y Empuje**

La efectividad del bulldozer en un proyecto específico depende de su producción por hora, lo que a su vez está relacionado con la organización de sus trabajos y las técnicas utilizadas. En excavaciones en terrenos duros, si la hoja no logra penetrar, se puede optar por cortar solo con una parte de la hoja, abandonar el corte a lo largo de toda su extensión, realizar cortes escalonados o inclinar una esquina de la hoja (movimiento "tilt"). En cada situación, es necesario experimentar para encontrar el método más eficiente.

También se pueden realizar pasadas con el desgarrador, lo que facilita el corte de la hoja. Cuando el suelo a levantar es muy plástico (como arcillas o limos pegajosos), se intensifica el efecto de empuje del material en la cuchilla de la hoja, en dirección descendente. Si los mandos de profundidad no se ajustan correctamente, la hoja puede penetrar más en ciertas áreas que en otras, resultando en una excavación irregular en la dirección de avance. Siempre que sea posible, se debe intentar trabajar a favor de la pendiente (Tiktin, 1997).

2.2.9. Carguío con Cargador Frontal

Es una máquina autopropulsada que cuenta con una cuchara frontal y un sistema de brazos controlado por cilindros hidráulicos, cuya función principal es:

- Cargar materiales sueltos desde abajo hacia arriba.
- Transportarlos a distancias cortas.
- Descargarlos en tolvas de baja altura o en medios de acarreo, como camiones o dumperes.

Gracias a la gran fuerza de sus cilindros, también puede arrancar material en banco o de perfil poco consistente. Los cargadores sobre ruedas son aquellos cuyo sistema de traslación está compuesto por ruedas neumáticas de gran diámetro, generalmente con cuatro ruedas, todas motrices y del mismo tamaño. Actualmente, todos los grandes cargadores de este tipo tienen un bastidor articulado, formado por dos partes unidas mediante una doble articulación con eje vertical, lo que les otorga mayor maniobrabilidad en comparación con los de bastidor rígido (Calua, 2019).

► **Parámetros Característicos Geométricos**

- ***Altura de Descarga***

Es la altura máxima medida desde el suelo hasta el borde de la cuchara, cuando esta se encuentra en su posición más baja, tras haber elevado los brazos de elevación al máximo. Cuanto mayor sea esta altura en una cargadora, mayor será el tonelaje que podrá cargar en los camiones (Tiktin, 1997).

- ***Alcance***

Es la distancia máxima entre dos líneas verticales: una que es tangente al neumático o a la cadena (en la parte delantera) y otra que pasa por la punta del diente, con la cuchara inclinada y en su posición más alta. Cuanto mayor sea esta distancia de alcance, mayor profundidad se podrá alcanzar al cargar un camión y más completo será el llenado (Tiktin, 1997).

► **Parámetros Característicos Dinámicos**

● ***Carga de Vuelco***

Es el peso mínimo en el centro de gravedad de la carga que es capaz de levantar las ruedas traseras o ruedas cabillas en el caso de cadenas del suelo, en la posición más avanzada de los brazos.

● ***Carga Máxima Operacional***

Se refiere a la carga de trabajo, pero bajo las siguientes condiciones operacionales (Tiktin, 1997):

No debe superar el 50% de la carga de vuelco; generalmente, se considera el 50% para cargadoras de ruedas y el 35% para las de cadenas.

Debe ser equivalente a la capacidad de elevación en cualquier posición de la cuchara, cuando está girada a 40°.

Se aplica a un tamaño y tipo de caso específicos.

La velocidad de desplazamiento no debe exceder los 6.43 km/h.

Debe realizarse en un terreno firme, suave y nivelado.

● ***Fuerza de Arranque***

Es la fuerza de elevación vertical medida en el borde de la cuchara. Este parámetro es el más relevante, ya que indica el poder de excavación y arranque de la máquina. La fuerza de arranque depende de varios factores, tales como:

Tipo de cuchara del cargador frontal

Cuanto más ancha sea la cuchara, menor será su fuerza de arranque. Por esta razón, se utilizan cucharas anchas para mover arenas o gravas sueltas, mientras que para excavar materiales más duros se prefieren cucharas más estrechas. La cuchara convencional puede tener un borde recto o en forma de V para facilitar el arranque; el tipo más común es la cuchara de dientes (Tiktin, 1997).

Fuerza de penetración

Al observar el proceso dinámico de carga, se puede notar que al principio, toda la energía que aporta el cargador al llegar al material se transforma casi instantáneamente en el momento del impacto, intentando que la cuchara penetre en el material. En ese instante, el dinamismo de la máquina requiere mucho par y poca o ninguna velocidad.

El peso que actúa sobre el eje delantero (ruedas guía en cadenas) es mayor que el que actúa sobre el eje trasero (ruedas cabillas en cadenas) durante la penetración, lo que provoca un desbalance de pesos. Esto resulta en una pérdida de adherencia al suelo en la parte trasera de la máquina, haciendo que el eje trasero tienda a deslizarse más que el delantero. Como consecuencia, además del desgaste excesivo de los neumáticos, la tracción recae únicamente en la potencia transmitida al eje delantero, lo que reduce la fuerza de penetración.

La fuerza de penetración variará según la potencia del motor, la relación de transmisión, el diámetro de los neumáticos o la superficie de contacto entre las cadenas y el terreno, las condiciones de adherencia del suelo, el peso de la máquina y su distribución (Caterpillar, 2012).

► ***Ciclo de Trabajo***

El cargador frontal combina la maniobra (avance, retroceso y giro) con los movimientos de la cuchara (subida, bajada y basculación), lo que da lugar a un ciclo de trabajo que consta de cuatro fases:

Fase 1. Carga: El cargador avanza con la cuchara baja, la introduce en el material, la llena (gracias a la presión de su borde cortante contra el terreno) y la levanta ligeramente, preparándose para retroceder. Esto es el resultado de movimientos bien coordinados o fuerzas: empuje (a través del convertidor de par y la fricción con el suelo), elevación y recogida (por la acción de los cilindros hidráulicos).

Fase 2. Acarreo: Con la cuchara llena, la máquina retrocede mientras eleva y bascula simultáneamente la cuchara para evitar que el material excavado se derrame. En esta posición, puede transportar el material a distancias cortas.

Fase 3. Descarga: Se posiciona junto al medio de transporte, ajustando la altura de vertido, bascula la cuchara y el material cae en la caja o se amontona.

Fase 4. Maniobra: Retrocede y maniobra mientras baja la cuchara vacía, hasta llegar al frente de llenado a ras del suelo para reiniciar el ciclo. Cuando la distancia entre el punto de vaciado y el frente de llenado es mayor a 8 o 10 metros, las fases 2 y 4 se prolongan con el recorrido lineal adicional que se realiza (Tiktin, 1997).

► Forma de Carga

La carga en V, como se muestra en la Figura 4, indica que el camión debe posicionarse a la izquierda para que ambos conductores puedan verse. Si hay otro camión en espera, este se coloca a la derecha. La cargadora siempre debe abordar la carga con el eje de la máquina perpendicular al frente, asegurándose de que la articulación no forme un ángulo y que ninguna rueda esté en el aire. Para lograr esto, es necesario despejar el área (Tiktin, 1997).

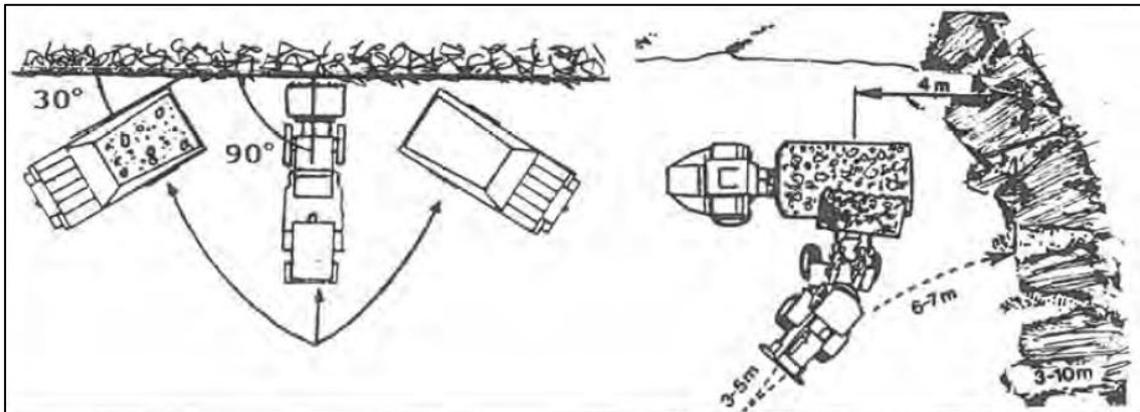


Figura 4. Carga en V.

Fuente: Tiktin (1997).

► Producción

La producción del cargador depende de varios factores: capacidad y grado de llenado de la cuchara, velocidades de maniobra y elevación, y el método de carga.

● **Capacidad de la Cuchara**

Es importante distinguir entre la capacidad de la cuchara a ras y la colmada, ya que se utilizan ambas según el tipo de material a cargar. Ambas capacidades están definidas por las Normas de la Sociedad de Ingenieros Automotrices, como se muestra en la Figura 5.

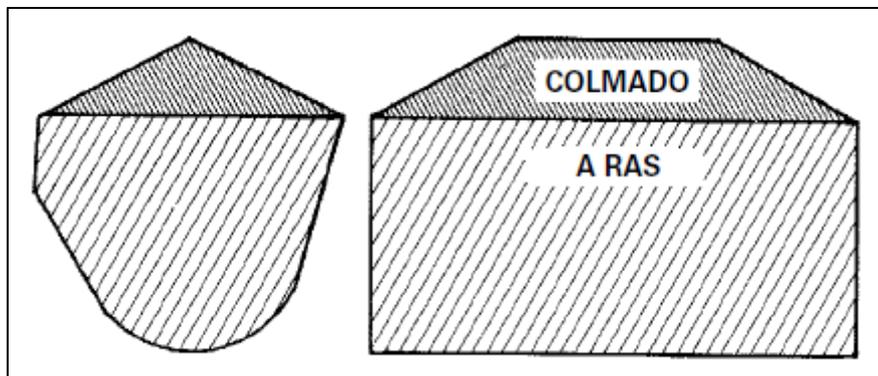


Figura 5. Clasificación del cucharón según la SAE.

Fuente: Caterpillar (2012).

La capacidad a ras se refiere al volumen que contiene el cucharón después de nivelar la carga utilizando un rasero apoyado en la cuchilla y en la parte trasera del cucharón. La capacidad colmada incluye la capacidad a ras más la cantidad adicional que se acumula sobre la carga nivelada, formando un ángulo de reposo de 2:1 con el nivel a ras paralelo al suelo.

La norma J742 de la SAE establece que el uso de dispositivos de protección contra derrames no afectará la clasificación de la capacidad del cucharón. En cucharones con cuchilla de forma irregular (en V), el plano a ras debe trazarse a un tercio de la distancia desde el punto más saliente de la cuchilla. Los cucharones Cat diseñados para rocas incluyen protectores integrados que mejoran la visibilidad durante el trabajo. Además, los cucharones destinados a materiales ligeros vienen de serie con cuchillas empernables (Caterpillar, 2012).

- **Tiempos Básicos Medios del Ciclo de Maniobra**

La duración del ciclo básico medio (carga, vaciado y maniobra) para un cargador, en buenas condiciones de trabajo (buen material, buena rodadura, operador competente y buenas condiciones de vertido), puede estimarse en:

24 segundos para cargador de ruedas.

36 segundos para cargador de cadenas.

Cuando aumenta la distancia entre los puntos de carga y de vaciado, hay que añadir los tiempos de recorrido de ida y regreso según la velocidad de la máquina. Como orientación se pueden tomarse los siguientes tiempos, Tabla 14:

Tabla 14. Tiempos de ciclos por fases.

Fases del Ciclo de Carga	Tiempo (min)	
	Mínimo	Máximo
Avance y llenado de cuchara	0,1	0,2
Recorrido y 4 cambios de marcha	0,2	0,35
Vuelco de cuchara y descarga	0,03	0,1
Tiempo Total	0,33	0,65
Nº Ciclos / Hora	180	92

Fuente: Tiktin (1997).

Para el cálculo de la producción del cargador se emplea la siguiente ecuación:

$$P = C * f_{ll} * N * f_h$$

Donde,

C : Capacidad de la cuchara, en m³.

f_{ll} : Factor de llenado, (varía según la naturaleza del material).

f_h : Eficiencia horaria (tiempo efectivo de trabajo en una hora)

N : Número de ciclos por hora.

La primera observación es que no haya derrame del material ni durante el movimiento de la cuchara, ni durante el acarreo del camión.

Tabla 15. Factor de llenado del cucharón en cargadores frontales.

Material suelto	
Áridos húmedos mezclados	95-100%
Agregados uniformes hasta 3 mm (1/8")	95-100%
De 3 a 9 mm (1/8 a 3/8")	90-95%
De 12 a 20 mm (1/2 a 3/4")	85-90%
De 24 mm (1") y más grandes	85-90%
Roca de voladura	
Bien fragmentada	80-95%
De fragmentación mediana	75-90%
Mal fragmentada	60-75%
Otro	
Mezcla de tierra y roca	100-120%
Limo húmedo	100-110%
Tierra, piedra, raíces	80-100%
Materiales cementados	85-95%

Fuente: Tiktin (1997).

Tabla 16. Tiempo de ciclos totales.

Condiciones de Trabajo	t_c (min)	N
Óptimas	0,33	180
Muy favorables	0,5	120
Malas	0,66	90
Muy difíciles	1	60

Fuente: Tiktin (1997).

Se suelen tomar valores de 100 ciclos/hora en condiciones normales de trabajo y 60 ciclos/hora en condiciones desfavorables. En el caso de que el cargador efectúe transporte a corta distancia (d), el número de ciclos/hora puede calcularse por las fórmulas siguientes:

$$V_{\text{con carga}} = 4,8 \text{ km/h} = 80 \text{ m/min.}$$

$$V_{\text{sin carga}} = 10,8 \text{ km/h} = 180 \text{ m/min.}$$

$$\text{Tiempo medio de carga} = 0,5 \text{ min.}$$

$$N = \frac{10800}{90 + 3.25 * d}$$

En el uso del cargador frontal, especialmente en operaciones de carga, es crucial evitar desplazamientos innecesarios, limitándolos únicamente a los esenciales para llenar la cuchara, retroceder girando y posicionarse junto al vehículo de transporte. Cuando el cargador se utiliza como medio de transporte, la distancia recorrida se convierte en el factor principal que afecta el rendimiento de la máquina, y su producción disminuye en proporción inversa a esta distancia (Tiktin, 1997).

2.2.10. Diagrama de Pareto

De acuerdo con Salas (2013), el principio de Pareto sostiene que, en un grupo de elementos que contribuyen a un mismo resultado, unos pocos son responsables de la mayor parte de ese resultado. También se menciona que se trata de una comparación cuantitativa y ordenada de los elementos según su impacto en un efecto determinado. El propósito de esta comparación es clasificar los factores en dos categorías: los pocos vitales (elementos que tienen una gran importancia en su contribución) y los muchos triviales (elementos que son menos significativos).

En las observaciones iniciales que llevaron a establecer esta ley, se determinó que el 20% de la población poseía el 80% del poder político y la riqueza, mientras que el 80% restante compartía solo el 20% de la riqueza y tenía poca influencia política. Por lo tanto, la ley de Pareto establece que el 20% de cualquier actividad generará el 80% de los resultados, mientras que el otro 80% solo producirá el 20% de los resultados, como se ilustra en la Figura 6.

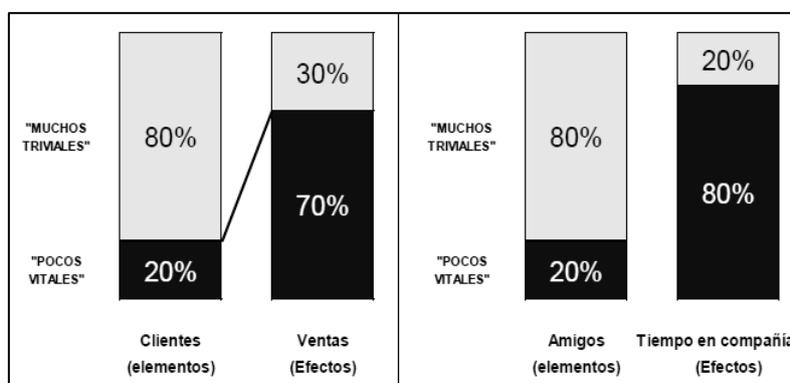


Figura 6. Principio de Pareto.
Fuente: Salas (2013).

► **Características Principales**

- Priorización: Facilita la identificación de los elementos más relevantes dentro del grupo.
- Unidad: Enfoca y dirige los esfuerzos de los miembros del grupo de trabajo hacia un objetivo común prioritario.
- Objetivo: Las decisiones se toman basándose en datos y hechos objetivos, en lugar de en opiniones subjetivas.

Su uso es recomendable en los siguientes casos:

- Para detectar oportunidades de mejora continua.
- Para identificar un producto o servicio y analizar su mejora en calidad.
- Cuando se necesita abordar problemas de manera sistemática.
- Para examinar las diferentes asociaciones de datos.
- Para investigar las causas fundamentales de los problemas y establecer prioridades en las soluciones.
- Para evaluar los cambios realizados en un proceso, comparando antes y después.

¿Cuándo se utiliza?

- Al identificar un producto o servicio para su análisis y mejora de calidad.
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer prioridades en las soluciones.
- Cuando los datos pueden clasificarse en categorías.
- Cuando los rangos de cada categoría son significativos.

► **Proceso del Diagrama de Pareto**

Paso 1: Preparación de los datos.

Paso 2: Ordenación de los elementos.

Paso 3: Calcular los porcentajes acumulados para cada elemento.

Paso 4: Trazado y rotulación de los ejes.

Paso 5: Graficar el efecto de los elementos contribuyentes.

Paso 6: Trazar un gráfico lineal con el porcentaje acumulado.

Paso 7: Señalar los elementos Pocos Vitales y Muchos Triviales.

Paso 8: Rotular el diagrama de Pareto.

► **Construcción del Diagrama de Pareto**

Paso 1: Recopilar los datos adecuados. Para construir un diagrama de Pareto, es importante tener en cuenta algunas características clave:

- Identificar un efecto medible que queramos priorizar, como costos, tiempo, cantidad de errores o defectos.
- Contar con una lista completa de los elementos o factores que contribuyen a ese efecto, como tipos de fallos, etapas del proceso o tipos de problemas.
- Conocer cuánto aporta cada elemento al efecto total.

Es fundamental identificar todos los posibles factores que influyen en el efecto antes de comenzar a recopilar datos. Algunas herramientas útiles para esta recolección son la lluvia de ideas, el diagrama de flujo y el diagrama de causa-efecto.

Los datos que recolectados deben ser:

- **Objetivos:** basados en hechos reales, no en opiniones personales.
- **Consistentes:** usando la misma medida para todos los elementos, con los mismos supuestos y cálculos durante toda la investigación.
- **Representativos:** reflejando toda la variedad de hechos que ocurren en la realidad.
- **Verosímiles:** que demuestren autenticidad y eviten cálculos o suposiciones controvertidas.

Tabla 17. Ejemplo de causas principales cuantificadas en demoras de carguío.

Demora
Refrigerio
Traslado operativo
Relleno de combustible
Calentamiento de equipo
Cambio de frente
Espera por chancadora
Llenado de IPERC
Espera por reparación en área
Revisión y chequeo
Limpieza de equipo
Servicios Higiénicos

Paso 2: Ordenar todos los elementos de mayor a menor y registrar su magnitud según la dimensión existente, luego calcular la magnitud total del efecto como una suma de las magnitudes parciales para cada uno de los elementos del sistema.

Tabla 18. Cuantificación descendente de causas.

Demora	Duración (h)
Servicios Higiénicos	40,3
Refrigerio	30,3
Relleno de combustible	20,2
Llenado de IPERC	20,2
Calentamiento de equipo	14,1
Traslado operativo	10,1
Espera por reparación en área	10,1
Revisión y chequeo	10,1
Limpieza de equipo	10,1
Espera por chancadora	6,1
Cambio de frente	4,0
Total	175,5

Paso 3: Para cada elemento de la lista calcular el porcentaje y el porcentaje acumulado. El porcentaje para cada elemento se calcula de la siguiente manera:

$$\% = \frac{\text{Magnitud de la contribución}}{\text{Magnitud del efecto total}} * 100$$

El porcentaje acumulado para cada elemento se calcula como sigue:

- Por suma de contribuciones de cada uno de los elementos anteriores en la tabla, más el elemento en cuestión como magnitud de la contribución, y aplicando la fórmula anterior.
- Por suma de porcentajes de contribución de cada uno de los elementos anteriores más el porcentaje del elemento en cuestión. Tener en cuenta que estos porcentajes, en general, son redondeados.

Tabla 19. Cálculo de porcentajes de demoras y porcentajes acumulados.

Demora	Duración (h)	Duración Acumulada (h)	hi (%)	Hi (%)
Servicios Higiénicos	40,3	40,3	22,99	22,99
Refrigerio	30,3	70,6	17,24	40,23
Relleno de combustible	20,2	90,8	11,49	51,72
Llenado de IPERC	20,2	110,9	11,49	63,22
Calentamiento de equipo	14,1	125,0	8,05	71,26
Traslado operativo	10,1	135,1	5,75	77,01
Espera por reparación en área	10,1	145,2	5,75	82,76
Revisión y chequeo	10,1	155,3	5,75	88,51
Limpieza de equipo	10,1	165,4	5,75	94,25
Espera por chancadora	6,1	171,4	3,45	97,70
Cambio de frente	4,0	175,5	2,30	100,00
Total	175,5			

Paso 4: Trazado y rotulación de los ejes del diagrama.

- El eje vertical izquierdo indica la magnitud del efecto investigado.
- Se inicia en 0 y va hasta el valor del efecto total.
- Rotular la unidad de medida y la escala adecuada.
- La escala debe ser consistente, variar según intervalos constantes.
- Las escalas de gráficos que se compararen entre sí, deben ser idénticos.
- El eje horizontal contendrá los distintos elementos o factores que contribuyan al efecto.

- Dividirlo en tantas partes como factores existan y rotular su identificación de izquierda a derecha.
- El eje vertical derecho representa la magnitud de los porcentajes acumulados.
- La escala de los porcentajes acumulados va desde el 0 hasta el 100%. El cero coincidirá con el origen y el 100% estará alineado con el punto del eje vertical izquierdo, que representa la magnitud total del efecto.

Paso 5: Dibujar el gráfico de barras que representa el efecto de cada uno de los elementos. La altura de cada barra es igual a la contribución de cada elemento tanto medida en magnitud por medio del eje vertical izquierdo, como en porcentaje por medio del eje vertical derecho.

La Figura 7 muestra el gráfico de barras para los elementos que contribuyen a las demoras en el carguío con material de caliza, sus magnitudes están expresadas tanto en horas como en porcentaje con respecto al total de demoras.

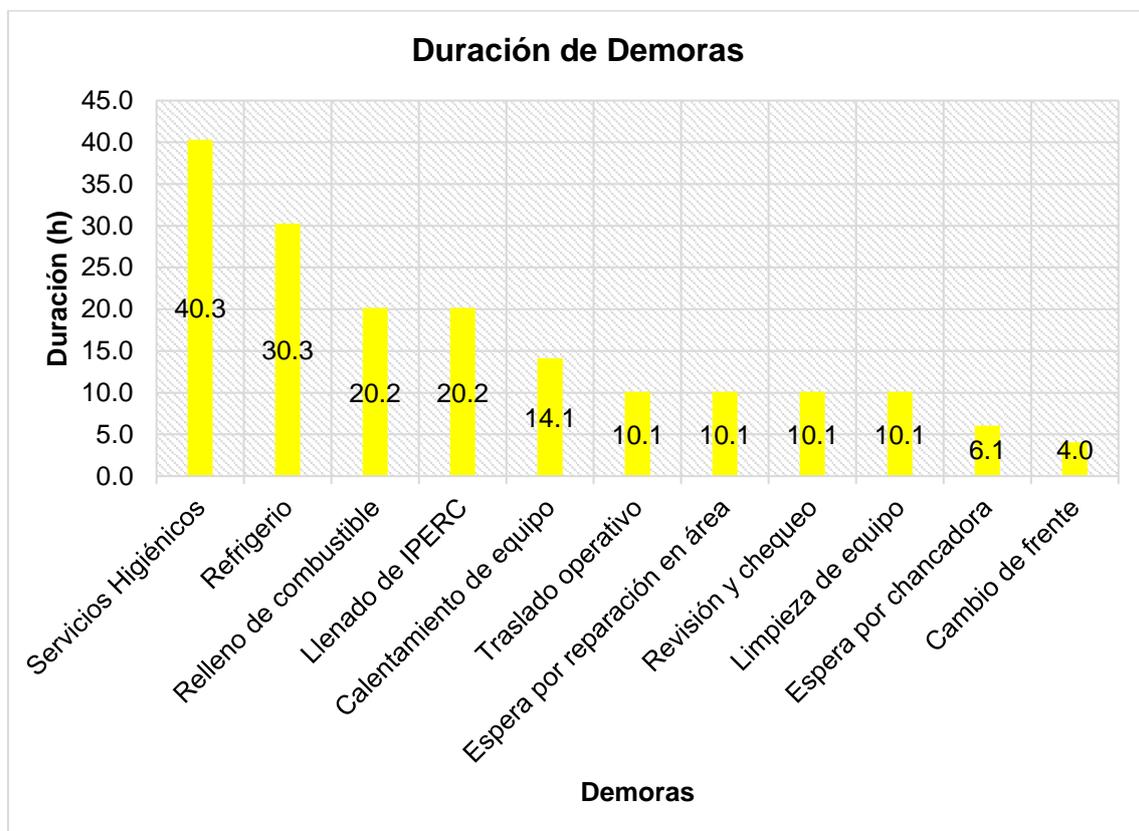


Figura 7. Gráfico de barras de la duración de demoras.

Paso 6: Trazar un gráfico lineal cuyos puntos representan el porcentaje acumulado de la tabla de Pareto. Marcar los puntos del gráfico en la intersección de la prolongación del límite derecho de cada barra con la magnitud del porcentaje acumulado correspondiente al elemento representado en dicha barra. Conectar los puntos con segmentos rectilíneos.

La Figura 8 muestra la representación de los porcentajes acumulados (líneas y círculos verdes) de los once elementos de demora, asimismo se grafica la línea roja horizontal que representa la ley de Pareto correspondiente al 80% de datos acumulados, la intersección de ambas líneas establece dos secciones de análisis: los pocos vitales y los muchos triviales, los pocos vitales lo conforman desde el relleno de combustible hasta el cambio de frente, y los muchos triviales van desde calentamiento de equipo hasta el último elemento ordenado que es espera por chancadora. Indicar que el análisis riguroso debe hacerse en los pocos vitales.

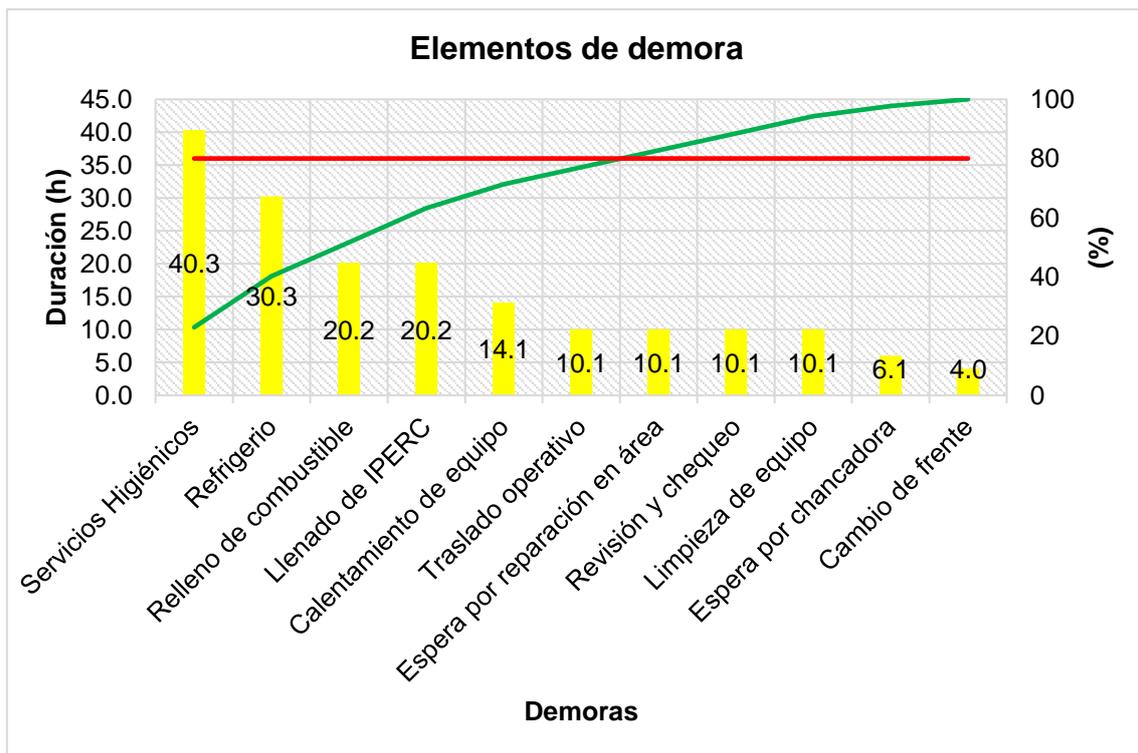


Figura 8. Gráfico lineal y de barras de los elementos de demora.

Paso 7: Trazar una línea vertical para la separación del diagrama en dos partes la cual servirá en la visualización de la frontera entre los pocos vitales y los

muchos triviales. Rotular las dos secciones del diagrama y el porcentaje acumulado del efecto correspondiente al último elemento incluido en la sección pocos vitales como lo muestra la Figura 9.

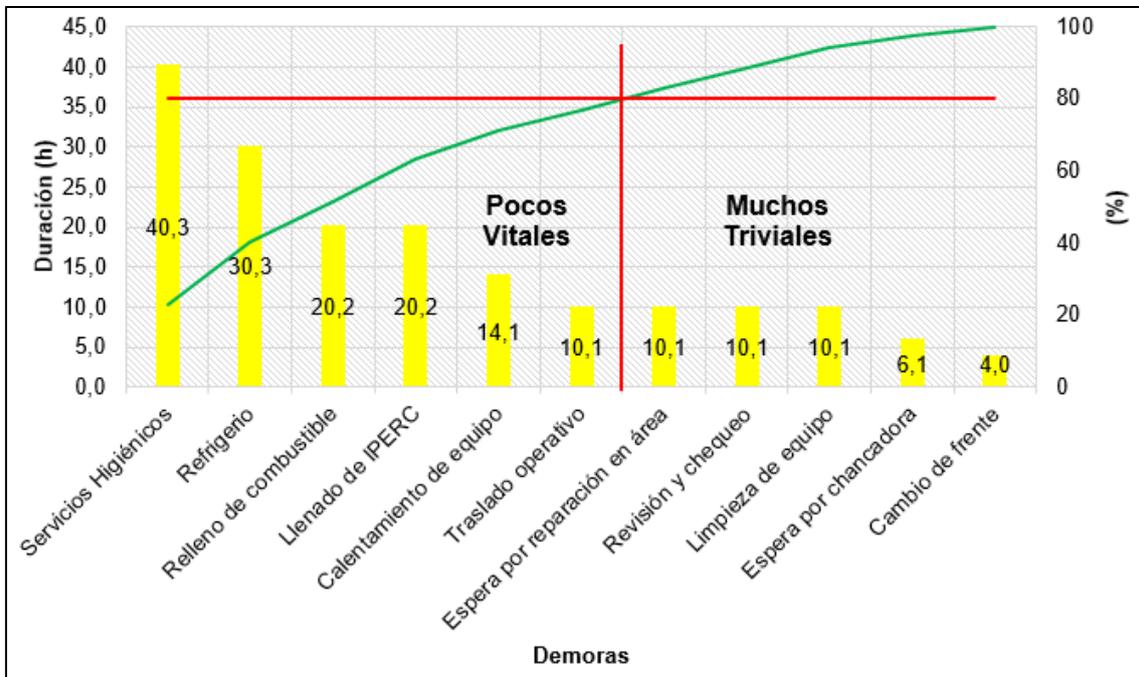


Figura 9. Identificación de pocos vitales y muchos triviales en demoras.

► Interpretación

El objetivo del análisis de Pareto es organizar los hechos para identificar dónde se concentra la mayor parte del efecto que estamos estudiando, usando la menor cantidad posible de elementos que contribuyen a las causas del problema. Con este análisis, buscamos enfocar nuestros esfuerzos en las contribuciones más importantes, con el fin de maximizar los beneficios en cada proceso que estamos investigando, en este caso, el carguío y acarreo.

Una vez que se realiza una primera evaluación, es recomendable volver a hacer el análisis de Pareto considerando las nuevas condiciones. Esto ayuda a verificar si los elementos que inicialmente estaban en la "zona dudosa" han pasado a ser "pocos vitales" y si su tratamiento resulta rentable para la operación. En general, al analizar los elementos del proceso que claramente son "pocos vitales", se obtiene un mejor entendimiento de qué acciones tomar con los que estaban en la "zona dudosa", como se ilustra en la Figura 10.

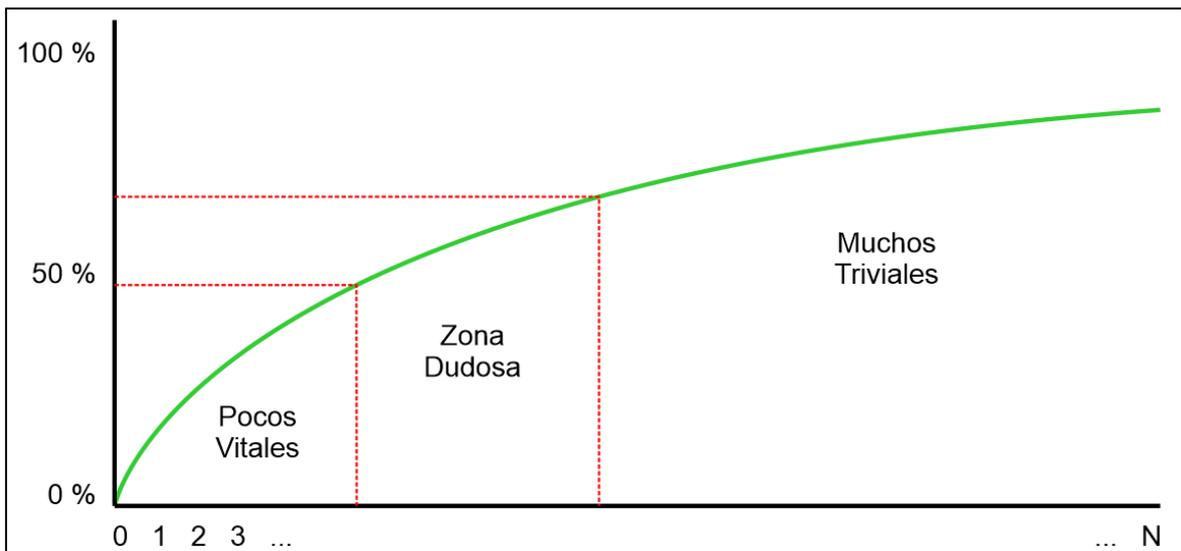


Figura 10. Ejemplo de identificación y análisis de zonas.

Fuente: Salas (2013).

► **Deficiencias de Interpretación**

En esencia, las acciones que se pueden tomar son las siguientes:

- Al principio, el diagrama de Pareto no facilita una diferenciación clara entre los elementos o categorías que influyen en el efecto, especialmente cuando todas las barras del gráfico tienen aproximadamente la misma altura.
- Además, existe el riesgo de establecer prioridades incorrectas, principalmente debido a problemas en los datos iniciales, como que no sean objetivos, consistentes, representativos o confiables.

► **Utilización**

El análisis de Pareto es una herramienta que principalmente ayuda a determinar qué aspectos deben tener mayor prioridad, permitiendo enfocar y orientar las acciones futuras en un estudio. Además, facilita que la toma de decisiones se base en criterios objetivos, lo que ayuda a unificar opiniones y a generar consenso. Se puede aplicar, por ejemplo, para priorizar problemas en la definición y selección de proyectos, para identificar las causas principales de un problema, o para evaluar los resultados de un equipo de trabajo tras implementar una solución.

2.2.11. Puzolana

Las puzolanas están presentes en diversas áreas volcánicas, ya sea en formaciones muy antiguas, que presentan texturas porfídicas, o en formaciones más recientes, con texturas vítreas. Estos materiales reciben diferentes nombres según la región, como puzolanas en Italia y España, tierra de Santorín en Grecia, o trass en lugares como Baviera, Rumania y Rusia.

La puzolana se utiliza principalmente en la industria del cemento como adición al clínker para producir cemento con puzolanas o como reemplazo del contenido de cemento en ciertos tipos de hormigón. En términos generales, las puzolanas son materiales muy importantes en la fabricación de cemento debido a su capacidad para captar la cal libre que queda en el clínker tras el proceso de sinterización de las materias primas, lo que ayuda a reducir el calor de hidratación y los costos de producción. En otras palabras, se consideran generalmente como puzolanas aquellos materiales que, aunque no poseen propiedades cementicias ni actividad hidráulica por sí mismos, contienen componentes que, en presencia de agua y a temperaturas normales, se combinan con la cal formando compuestos que son permanentemente insolubles y estables, actuando como conglomerantes hidráulicos.

Los materiales puzolánicos naturales están compuestos principalmente por rocas eruptivas, aunque también pueden ser de origen sedimentario. Debido a que en algún momento estuvieron expuestos a agentes externos, también se consideran metamórficos. Estas puzolanas naturales incluyen tanto materiales minerales como orgánicos, y están formadas por rocas que poseen propiedades puzolánicas, así como por otros materiales en los que la actividad puzolánica puede ser inducida mediante tratamientos térmicos. Generalmente, las puzolanas naturales provienen de rocas piroclásticas silíceas o sedimentos sílico-aluminosos, que presentan diferentes grados de litificación o estratificación. Estas puzolanas pueden tener dos orígenes distintos: uno mineral y otro orgánico. Las de origen mineral son productos de la transformación de polvo y cenizas volcánicas, que, como materiales piroclásticos provenientes de erupciones explosivas y ricos en vidrio, tienen un estado de reactividad especial y son aptas para sufrir acciones internas o externas. Las acciones internas son favorables, mientras que las externas suelen ser desfavorables. Con el tiempo y

la acción atmosférica (meteorización), estas rocas volcánicas se convierten en tobas, que son rocas volcánicas más o menos consolidadas y compactas, ya sea cristalinas, líticas o vítreas, dependiendo de su naturaleza. La estructura física porosa, producida por el escape de gases durante su formación, influye significativamente en su actividad, ya que les confiere una gran superficie interna.

Las puzolanas naturales de origen orgánico son rocas sedimentarias que contienen una gran cantidad de sílice hidratada. Estas se formaron en yacimientos o depósitos que, en su origen, fueron ambientes submarinos, donde se acumularon esqueletos y caparazones de animales o plantas, como las algas diatomeas (Rosales, 2012).



Foto 1. Presencia de puzolana (círculos amarillos)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Carguío: Es la carga de material mineralizado del yacimiento (Chuctaya, 2020).

Demoras: Son los tiempos en donde el equipo o maquina tiene el motor encendido o apagado y por factores diversos el equipo no cumple con los trabajos de la programación de actividades productivas (Pizarro, 2011).

Eficiencia: Es la relación que existe entre los recursos empleados en un proyecto y los resultados obtenidos con el mismo (Pizarro, 2011).

Equipo Pesado: Es una máquina que está diseñada para desempeñar trabajos masivos específicos que tiene una productividad determinada en función a la habilidad del operador y condiciones del área de trabajo (Casas, 2018).

Factores de Eficiencia: Elemento o causa que actúan junto con otros para afectar la productividad íntimamente, es decir, en la organización (Casas, 2018).

Gestión de Tiempos: Es un estudio minucioso que se hace a las labores productivas con la finalidad de optimizar el tiempo y maximizar los trabajos efectivos (Casas, 2018).

Indicadores Clave de Desempeño: Dato cuantitativo que mide el nivel de rendimiento de un proceso, el objetivo principal es llegar a las metas trazadas y son de gran importancia para la toma de decisiones para determinar su evolución futura (Pizarro, 2011).

Optimización: Es la acción y efecto de optimizar. Este verbo hace referencia a buscar la mejor manera de realizar una actividad. El término se utiliza mucho en el ámbito de la informática. A nivel general, la optimización puede realizarse en diversos ámbitos, pero siempre con el mismo objetivo: mejorar el funcionamiento de algo o el desarrollo de un proyecto a través de una gestión perfeccionada de los recursos. La optimización puede realizarse en distintos niveles, aunque lo recomendable es concretarla hacia el final de un proceso (Graus, 2018).

Rendimiento: Es una medida que indica el nivel de utilización de un capital por unidad de tiempo. Es la cantidad de trabajo que realiza un equipo en operación (Chuctaya, 2020).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Geográfica

La investigación se encuentra ubicada en la Concesión Minera Cunyac, perteneciente al cuadrángulo 14-e de la zona N° 17 S, delimitado por las coordenadas del sistema UTM, Datum WGS-84 como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Coordenadas de la Concesión Minera Cunyac.

Vértice	Este	Norte
1	718744.58	9278636.54
2	718744.58	9277636.52
3	716744.60	9277636.52
4	716744.60	9278636.54

Los vértices del polígono encierran a los componentes principales y auxiliares de la actividad de explotación que se describen a continuación:

Tabla 21. Coordenadas del área efectiva inicial de la actividad minera.

ÁREA EFECTIVA INICIAL - COORDENADAS UTM WGS-84		
Vértice	Este	Norte
1	718290.47	9278636.54
2	718744.58	9278636.54
3	718562.40	9278373.53
4	718488.52	9277935.84
5	718286.77	9277774.75
6	718056.09	9277930.15
7	718290.42	9277930.15

Fuente: IgafoM Cunyac (2020).

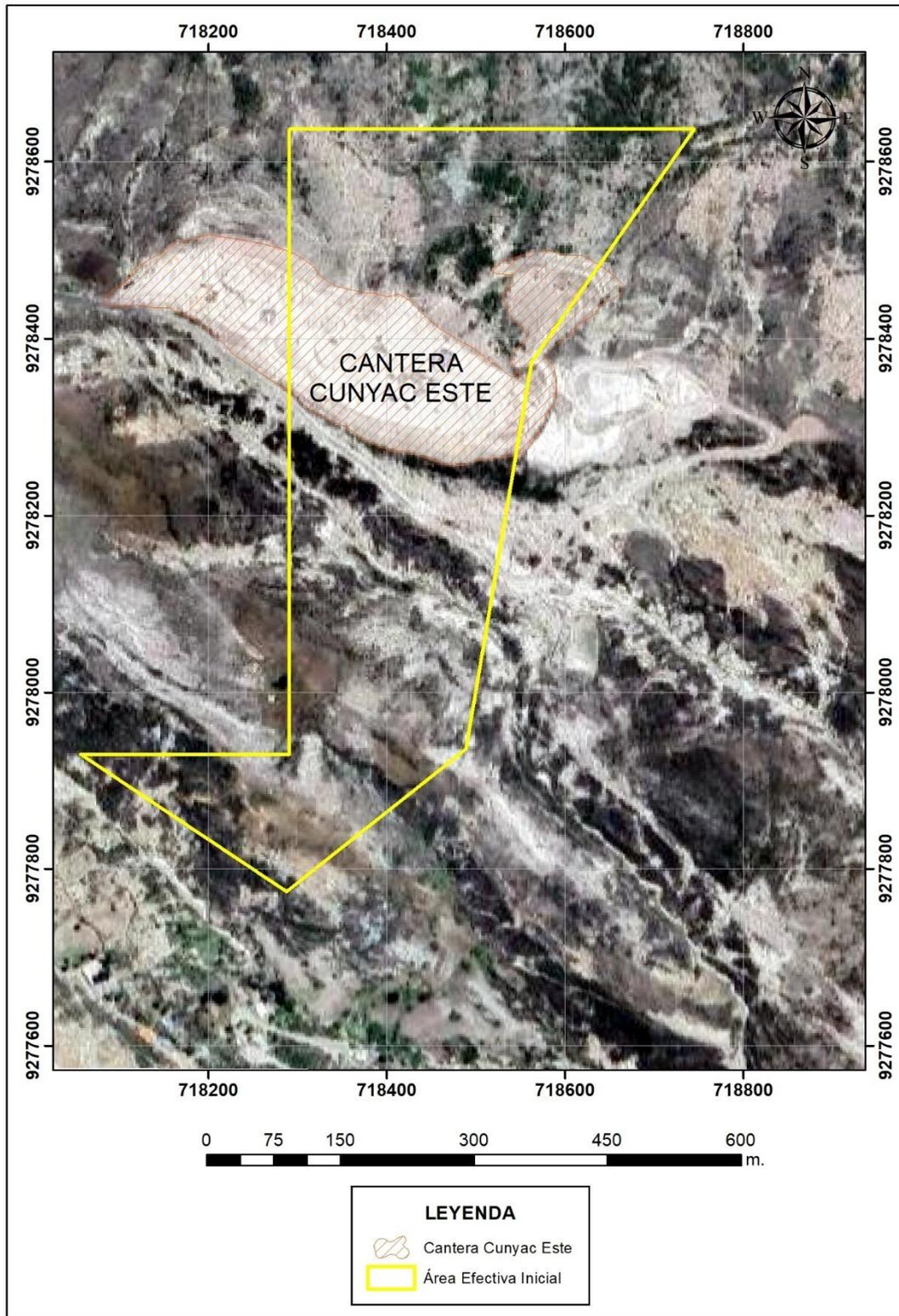


Figura 11. Polígono del área de la actividad minera.

Fuente: Igafof Cunyac (2020).

3.1.2. Accesibilidad

El acceso a la Cantera Cunyac Este, ubicada en el distrito de Sexi, es mediante la carretera que parte desde la ciudad de Cajamarca, por la ruta Cajamarca, Porcón, Bambamarca, Chota, Huambos y Sexi a una distancia de 233 km, con un tiempo aproximado de 5 h 36 min, la Foto 12 muestra el acceso Cajamarca - Cunyac Este.

3.1.3. Clima y vegetación

Predomina un clima frío y húmedo a semifrío, con ocurrencias de continuas heladas que permiten solamente el desarrollo de pastos naturales y herbáceas pequeñas con escaso desarrollo de arbustos. La vegetación no es abundante debido a que el tipo de clima es templado a semiárido con inviernos fríos y con precipitaciones estacionales esporádicas.

Las temperaturas van desde una mínima de 13.5 °C hasta una máxima de 16.5 °C. La humedad relativa va desde un mínimo de 50% a un pico máximo de 95%, en general se presenta una menor humedad relativa en las estaciones de otoño e invierno, y una mayor humedad relativa en los meses de primavera y verano (Ilgafom, 2020).

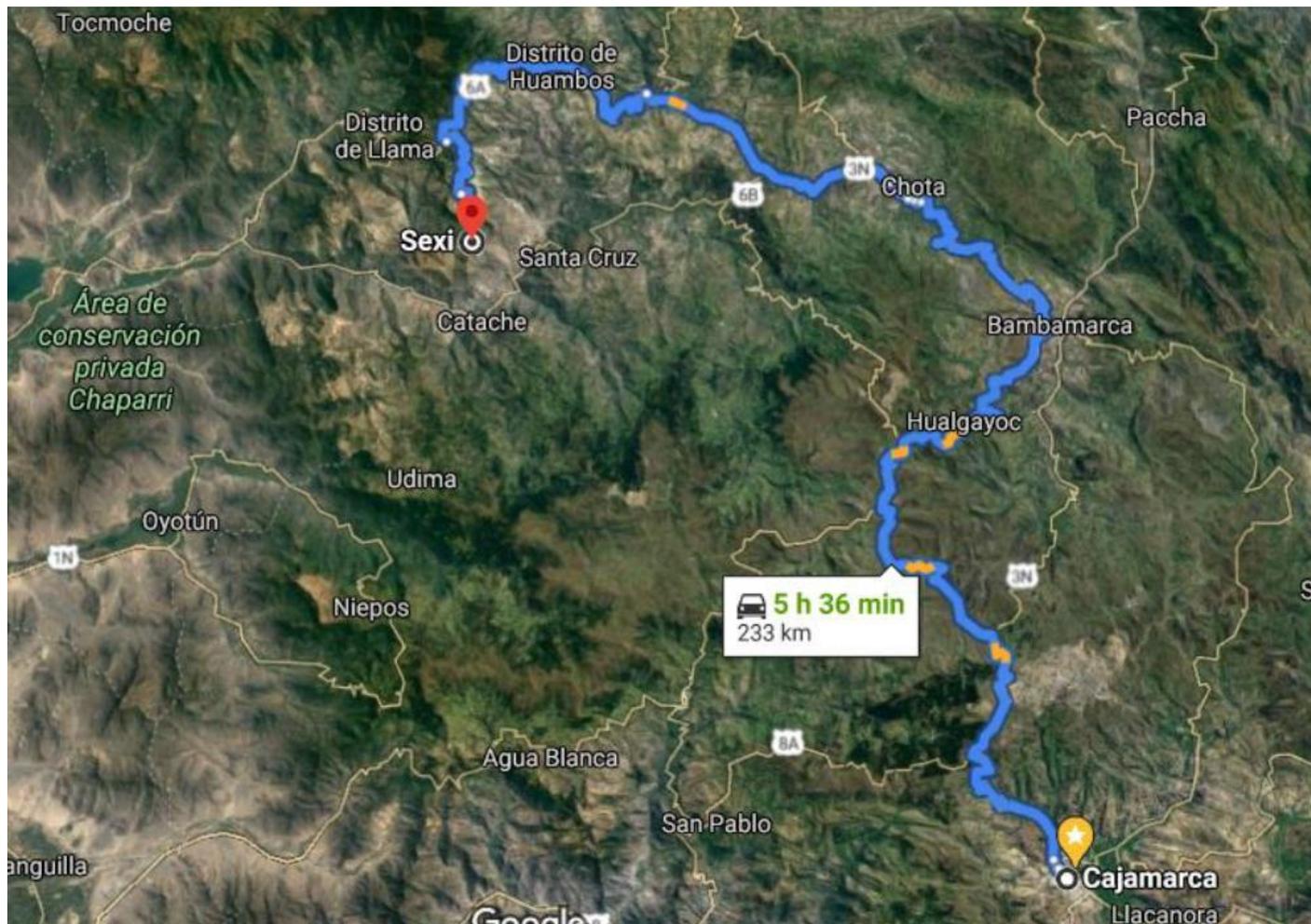


Figura 12. Acceso Cajamarca – Cantera Cunyac Este.
Fuente: Google Earth (2024).

3.2. GEOLOGÍA LOCAL

La Cantera Cunyac Este se encuentra dentro de la Concesión Minera Cunyac, la misma que se emplaza dentro del Volcánico Huambos.

3.2.1. Volcánico Huambos

Está compuesto por tobas y brechas de composición mayormente ácida. También se encuentran brechas dacíticas compuestas por bloques grandes de toba envueltos por una matriz tobácea. Tanto las brechas como las tobas suelen contener fragmentos de pómez de textura fibrosa y de color blanco. Aunque la mayor parte de la formación está constituida por piroclásticos ácidos, también se encuentran capas de toba andesítica que se distinguen generalmente por sus colores rojizos o morados. En contraste los piroclásticos ácidos muestran tonos claros de gris verde, rosado o amarillo.



Foto 2. Corte por Dozer-Push en roca volcánica de la Formación Huambos.

3.2.2. Depósito Coluvial

Presentan aglomerados con clastos, bloques angulosos de variado tamaño, generalmente de poco recorrido. Los depósitos varían desde pequeños montones de escombros hasta grandes cantidades de sedimentos, en el área de investigación están ubicados al SO y NE del tajo de la cantera Cunyac Este. Debido a la gravedad están depositados en valles y pequeñas laderas.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología según el objetivo del estudio es cuantitativa aplicada ya que el problema está establecido y reconocido. La investigación se basa en la observación de los hechos, carguío de material de puzolana, así como explicar las causas del rendimiento de los equipos que efectúan la operación. No se ha realizado ninguna manipulación de las variables establecidas por lo que es no experimental, asimismo es transversal en el tiempo porque se realizó en un tiempo determinado. La Tabla 22 resume el tipo de investigación realizado.

Tabla 22. Tipo de investigación utilizado.

Investigación	Característica
Tipo	Descriptiva
Nivel	Exploratorio, Descriptivo, Correlacional y Explicativo
Diseño	No experimental y transversal
Método	Científico con análisis deductivo-inductivo

Fuente: Hernández (2010)

3.3.1. Población de estudio

Áreas de operación de carguío y acarreo de la cantera Cunyac Este.

3.3.2. Muestra

Tiempos empleados en el ciclo de carguío con material de puzolana.

3.3.3. Unidad de Análisis

Indicadores clave de desempeño, disponibilidad mecánica, utilización de máquina y tiempos de carguío.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Para la presente investigación se ha identificado las siguientes variables de acuerdo a causa-efecto del problema: como variable dependiente el índice de rendimiento que depende de la disponibilidad física, disponibilidad mecánica, utilización de máquina y uso de la disponibilidad. Las variables se sintetizan en la Tabla 23.

Tabla 23. Identificación de variables en la investigación.

Variables Independientes	Variables Dependientes
Tiempos de Carguío	Disponibilidad Mecánica
	Usage
	Uso de la Disponibilidad
	Uso
	Utilización

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

3.5.1. Técnicas

Recopilación de información

Recolección de información en artículos científicos, libros, tesis y publicaciones con relación directa al tema de investigación; así mismo la utilización de programas numéricos como Google Maps, SASPlanet, Geocatmin y ArcGis para el procesamiento de la información. También se consideró el número de salidas de campo.

Observacional

Observaciones directas del carguío de material de puzolana, frente de trabajo, actividades iniciales, durante y post carguío, sin intervenir ni modificar las variables.

3.5.2. Instrumentos

Para la elaboración de la presente investigación en base a las técnicas de observación y descripción realizadas en campo y gabinete, se emplearon los siguientes instrumentos, equipos y software.

Instrumentos

Boletines informativos geológicos de la zona de investigación y mapas de geología regional.

Imágenes satelitales del SAS Planet y Google Earth, para la ubicación y referenciación de la zona de estudio.

Fichas de recolección de datos para la información de campo.

Libreta de campo y lapiceros para realizar anotaciones de los tiempos de carguío en las fichas de recolección de datos.

Equipos

GPS para georreferenciar la zona de estudio, así como la ubicación de la Cantera Cunyac Este.

Equipo de protección personal de manera obligatoria para ingresar al área de operaciones, específicamente a la zona de carguío de material caliza.

Cronómetro para registrar los tiempos en el ciclo de carguío que efectuó el cargador frontal.

Cámara digital para la toma de fotografías de campo.

Laptop para el procesamiento de los datos obtenidos en el área de operaciones, así como la redacción de la investigación, lo cual permitió el desarrollo y culminación de la tesis.

Softwares

ArcGis 10.3 para la elaboración de los mapas temáticos.

SAS Planet para la obtención de imágenes.

Google Earth para la ubicación de la cantera.

Excel para la redacción y ordenación de tiempos de carguío.

3.6. CICLO DE MINADO

El ciclo de minado en la Cantera Cunyac Este para la explotación de puzolana comprende seis etapas: desbroce, extracción, zarandeo, chancado, carguío y acarreo.

Desbroce: Es el conjunto de operaciones que sirvió para limpiar el terreno o retirar el topsoil para que se inicie la extracción del material de puzolana. La Foto 3 muestra al tractor sobre orugas D8T realizando el desbroce y acumulación de topsoil.



Foto 3. Limpieza del terreno superficial topsoil con tractor.

Extracción: Para la extracción se empleó el método de explotación dozer-push que es un método mecánico propio de un tractor sobre orugas y efectúa las tres etapas de: corte, empuje y acumulación de material de puzolana, quedando listo para el zarandeo, la Foto 4 muestra el proceso que realiza el tractor sobre orugas, primero corta el material con el escarificador para luego empujar y acumular con la cuchilla.



Foto 4. Corte, empuje y acumulación de puzolana con tractor.

Zarandeo: Este proceso fue usado inicialmente para seleccionar el material con una granulometría de diámetro menor a 4 pulgadas y fue efectuada con la ayuda de una excavadora Cat 336D2L y una zaranda de cocada 4"x4", la Foto 5 muestra el proceso de zarandeo de material de puzolana en la cantera Cunyac Este. Posteriormente se implementó el proceso de chancado para una mayor producción de material.



Foto 5. Zarandeo de material de puzolana con excavadora y zaranda.

Chancado: Es el proceso que permitió obtener una granulometría de material de puzolana menor a 4 pulgadas con la ayuda de una chancadora Premiertrak 400X y la excavadora Cat 336D2L. La Foto 6 muestra el chancado de material en la cantera Cunyac Este.



Foto 6. Chancado de material de puzolana con excavadora y chancadora.

Carguío: Es el proceso que resulta de despachar a los camiones con material de puzolana una vez acumulado el material producto del chancado. La Foto 7 muestra el proceso de carguío que se realiza en la cantera Cunyac Este.



Foto 7. Carguío de material de puzolana con Cargador Cat 950H.

Transporte: Es la salida de camiones cargados de puzolana desde la cantera Cunyac Este hasta las plantas de beneficio ubicadas en Piura y Pacasmayo. La Foto 8 muestra el transporte de puzolana.



Foto 8. Transporte de material de puzolana.

3.7. ESTADOS OPERACIONALES DE CARGUÍO

El registro de la base de datos tomada en campo que se muestra en el Anexo 01 tomó como referencia cuatro estados situacionales para el equipo de carguío, cargador frontal 950H:

- Horas operativas
- Horas de demora
- Horas standby
- Horas de mantenimiento

3.7.1. Horas Operativas

Es el tiempo destinado a la elaboración de actividades de producción, las mismas que están conformadas por actividades de preparación y finalización de operaciones. Las horas operativas se dividen en horas de producción y horas de arreglo del frente de carguío. En la Tabla 24 se registró el total de horas operativas correspondientes a los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024.

Tabla 24. Horas operativas del equipo de carguío.

Operativo	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Producción	57,5	53,5	55,3	55,0
Arreglo del frente de carguío	11,1	15,1	13,0	13,1
Total	68,7	68,6	68,3	68,0

3.7.2. Horas Demora

Son las horas en donde el equipo se encuentra con motor encendido pero no está realizando actividades productivas. Las demoras se clasifican de acuerdo a las actividades propias de la operación, involucra al equipo de carguío y al operador. Una demora es lo que interrumpe al equipo mientras esté operando, todo ese tiempo se contabiliza como demora, así como también las necesidades básicas del operador también contabilizan como tiempo de demora ya que paraliza al equipo.

La Tabla 25 muestra el registro total de horas que se produjeron en demoras del equipo de carguío correspondiente a los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024.

Tabla 25. Horas de demora del equipo de carguío.

Demora	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Refrigerio	7,8	7,3	7,8	7,5
Traslado operativo	2,6	2,4	2,6	2,5
Relleno de combustible	5,2	4,8	5,2	5,0
Calentamiento de equipo	3,6	3,4	3,6	3,5
Cambio de frente	1,0	1,0	1,0	1,0
Espera por chancadora	1,6	1,5	1,6	1,5
Llenado de IPERC	5,2	4,8	5,2	5,0
Espera por reparación en área	2,6	2,4	2,6	2,5
Revisión y chequeo	2,6	2,4	2,6	2,5
Limpieza de equipo	2,6	2,4	2,6	2,5
Servicios Higiénicos	10,3	9,7	10,3	10,0
Total	45,0	42,1	45,0	43,5

3.7.3. Horas Standby

Conocido también como “en espera”, se considera a un equipo/equipos en standby debido a que están paralizados con el motor apagado por condiciones operativas, pero con una operatividad óptima y está disponible mecánicamente; durante este tiempo el operador se encuentra en horas de reposo reglamentario, ingiriendo sus alimentos o el personal se encuentra recibiendo capacitación de seguridad u otra actividad no reglamentada. Así mismo el equipo puede estar detenido debido a una causa externa durante las horas de trabajo.

En la Tabla 26 se registró el total de horas de standby del equipo de carguío correspondiente a los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024.

Tabla 26. Horas de standby del equipo de carguío.

Stand By	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Equipo no requerido	51,7	48,3	51,7	50,0
Falta de frente de carguío	2,6	2,4	2,6	2,5
Falta de frente de descarga	0,5	0,5	0,5	0,5
Fatiga	1,6	1,5	1,6	1,5
Charla de seguridad	6,2	5,8	6,2	6,0
Clima severo	1,0	1,0	1,0	1,0
Neblina	2,1	1,9	2,1	2,0
Total	65,6	61,4	65,6	63,5

3.7.4. Horas Mantenimiento

El mantenimiento se divide en dos tipos: (1) mantenimiento programado puede ser preventivo o predictivo y (2) mantenimiento no programado también llamado correctivo. El primero es cuando el área de mantenimiento lleva una programación de cuándo a los equipos se les va a realizar revisiones, engrases o lubricaciones de forma permanente en función al tiempo horómetro del equipo y del resultado de las observaciones hechas en las inspecciones de los mecánicos; el segundo es cuando el equipo está operando adecuadamente y presenta algún tipo de falla y por ende tiene que ser intervenido por el área de mantenimiento y solucionar el problema mecánico.

En las Tablas 27 y 28 se registró el total de horas de mantenimiento programado y no programado respectivamente del equipo de carguío correspondiente a los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024.

3.7.4.1. Mantenimiento Programado

Tabla 27. Horas de mantenimiento programado del equipo de carguío.

Mantenimiento Programado	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Motor	20,7	19,3	20,7	20,0
Transmisión y mandos finales	5,2	4,8	5,2	5,0
Sistema hidráulico	5,2	4,8	5,2	5,0
Frenos	2,6	2,4	2,6	2,5
Sistema eléctrico	2,6	2,4	2,6	2,5
Cabina	1,0	1,0	1,0	1,0
Lubricación y engrase	15,5	14,5	15,5	15,0
Total	52,7	49,3	52,7	51,0

3.7.4.2. Mantenimiento No Programado

Tabla 28. Horas de mantenimiento no programado del equipo de carguío.

Mantenimiento No Programado	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Motor	5,2	4,8	5,2	5,0
Transmisión y mandos finales	2,6	2,4	2,6	2,5
Sistema hidráulico	2,6	2,4	2,6	2,5
Frenos	1,6	1,5	1,6	1,5
Sistema eléctrico	2,6	2,4	2,6	2,5
Total	14,5	13,5	14,5	14,0

3.7.5. Duración total de estados operacionales

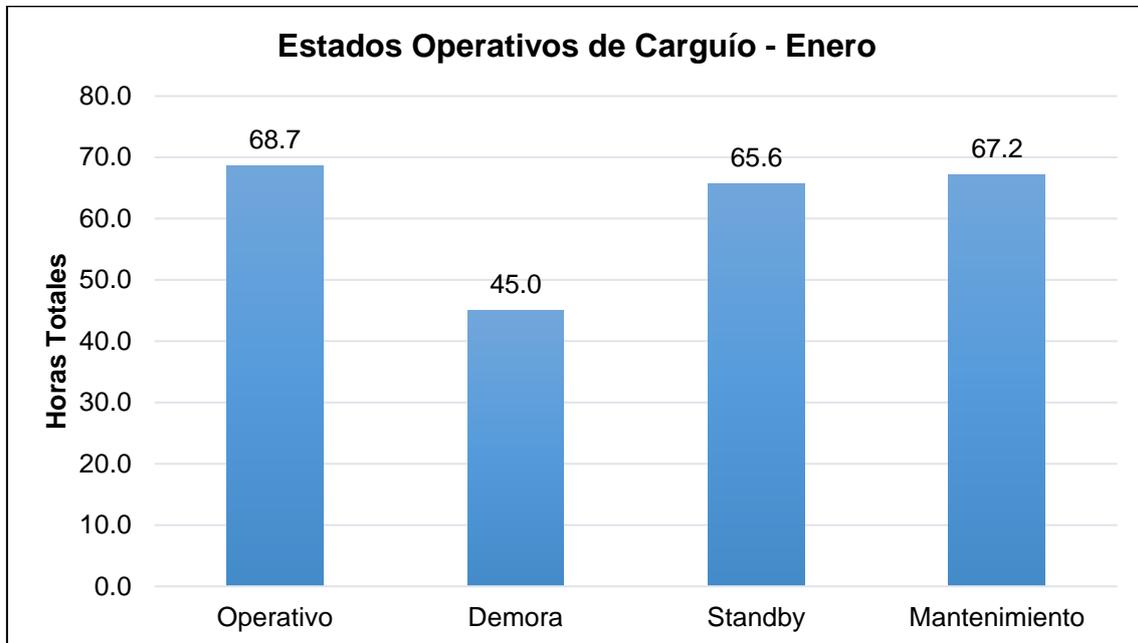
La duración total de horas de los estados operacionales del equipo de carguío para esta investigación en los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024 se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29. Duración total de estados operacionales.

Estado	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Operativo	68,7	68,6	68,3	68,0
Demora	45,0	42,1	45,0	43,5
Standby	65,6	61,4	65,6	63,5
Mantenimiento	67,2	62,8	67,2	65,0
Total	246,4	234,9	246,1	240,0

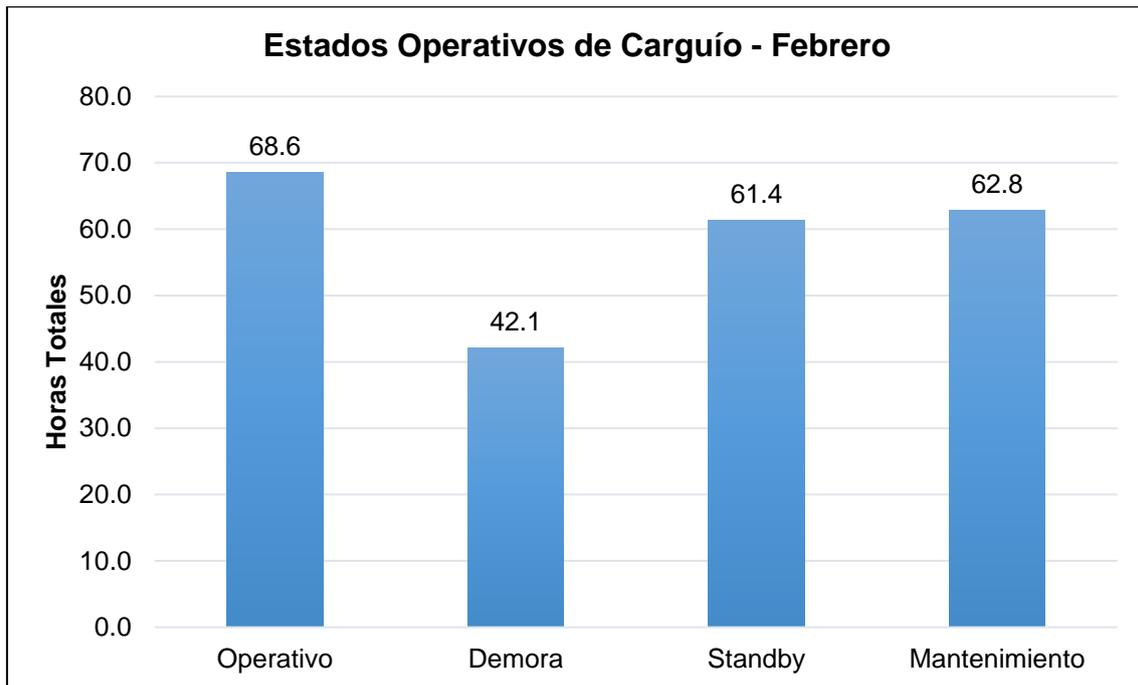
El Gráfico 4 muestra la cantidad de horas totales para el cargador frontal 950H en cada estado operacional para el mes de enero, con un máximo de 68.7 horas en operación y un mínimo de 45 horas en demora.

Gráfico 4. Estados operativos de carguío en el mes de enero 2024.



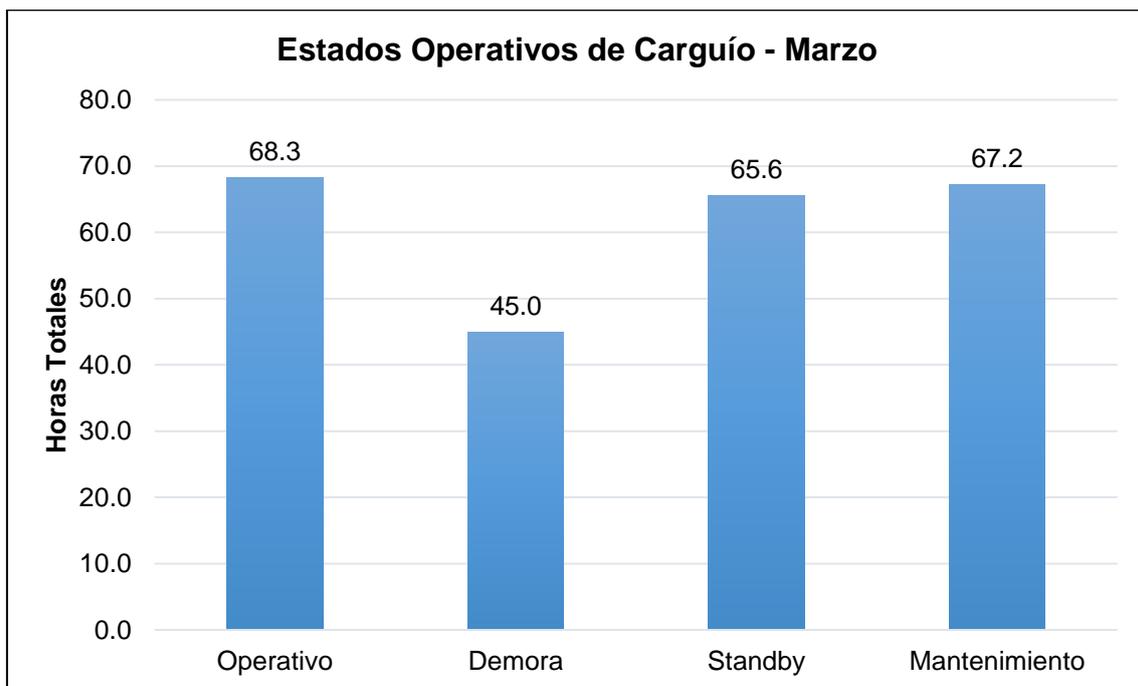
El Gráfico 5 muestra la cantidad de horas totales para el cargador frontal 950H en cada estado operacional para el mes de febrero, con un máximo de 68.6 horas en operación y un mínimo de 42.1 horas en demora.

Gráfico 5. Estados operativos de carguío en el mes de febrero 2024.



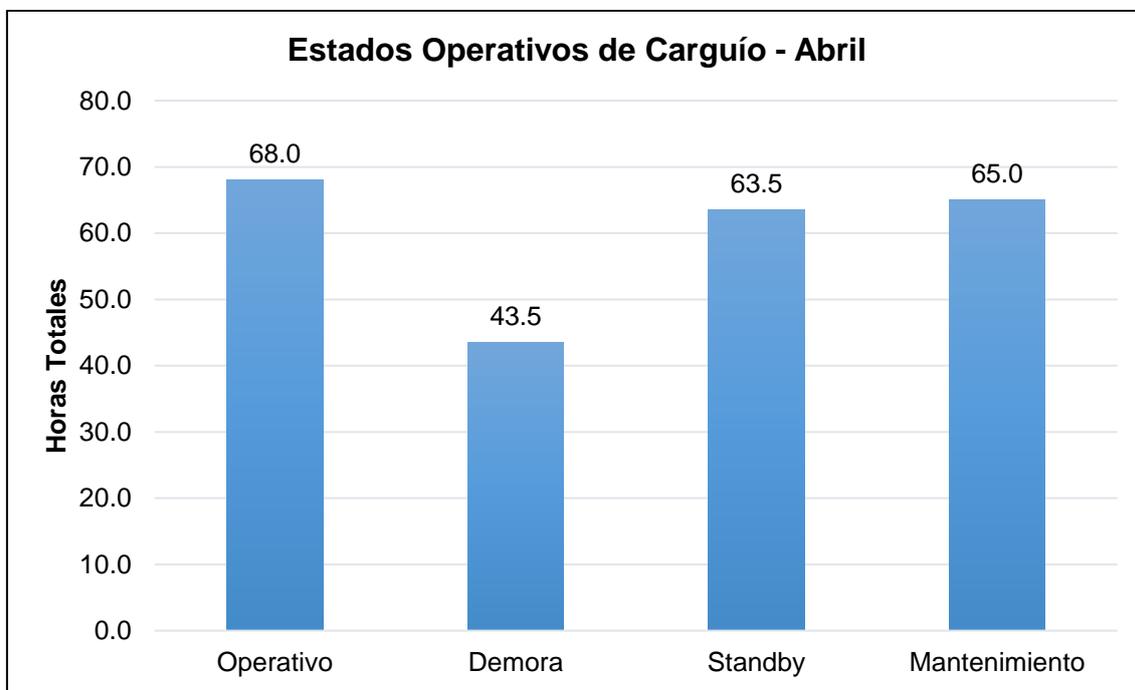
El Gráfico 6 muestra la cantidad de horas totales para el cargador frontal 950H en cada estado operacional para el mes de marzo, con un máximo de 68.3 horas en mantenimiento y un mínimo de 45 horas en demora.

Gráfico 6. Estados operativos de carguío en el mes de marzo 2024.



El Gráfico 7 muestra la cantidad de horas totales para el cargador frontal 950H en cada estado operacional para el mes de abril, con un máximo de 68.0 horas en operación y un mínimo de 43.5 horas en demora.

Gráfico 7. Estados operativos de carguío en el mes de abril 2024.



3.8. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO

Los indicadores de desempeño permitió analizar en qué estado se encuentran los procesos productivos de la calera, específicamente el proceso de carguío de material caliza a partir de la base de datos que se encuentra en el Anexo 01. Estos indicadores permitieron identificar en qué se está fallando, así como aprovechar las oportunidades de mejora que permitan optimizar los procesos y reducir los costos involucrados.

3.8.1. Disponibilidad mecánica (DM)

La disponibilidad mecánica cuantifica que porcentaje del tiempo total está disponible la máquina para la operación, no tomando en cuenta las horas de mantenimiento en el numerador. Por si sola no brinda un buen acercamiento a la realidad de la operación y es conveniente analizarlo con otros indicadores de rendimiento.

La disponibilidad mecánica se calcula según la fórmula siguiente:

$$DM (\%) = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas Mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

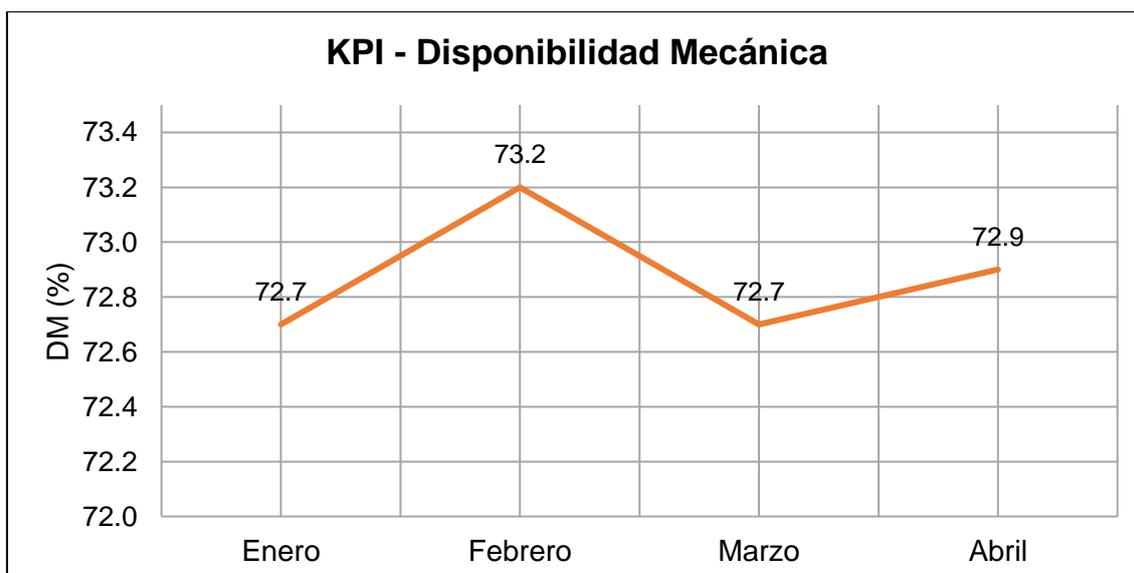
La Tabla 30 toma en cuenta los cuatro estados operacionales, y cada mes es evaluado en base a ello, las horas totales viene dado por la suma de las horas operativo, demora, standby y mantenimiento. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría una disponibilidad mecánica para el mes de enero del 72,7%, mes de febrero del 73,2%, mes de marzo 72,7% y mes de abril 72,9%.

Tabla 30. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Disponibilidad Mecánica
Enero	68,7	45,0	65,6	67,2	72,7%
Febrero	68,6	42,1	61,4	62,8	73,2%
Marzo	68,3	45,0	65,6	67,2	72,7%
Abril	68,0	43,5	63,5	65,0	72,9%

En el Gráfico 8 se representa gráficamente la disponibilidad mecánica para los meses de enero, febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 8. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío.



3.8.2. Usage (UG)

El Usage indica el tiempo que el equipo está trabajando con respecto al tiempo que el equipo no está en mantenimiento, tomando en cuenta las horas de operación, demora y standby.

El usage se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$U (\%) = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora} + \text{Horas Standby}}$$

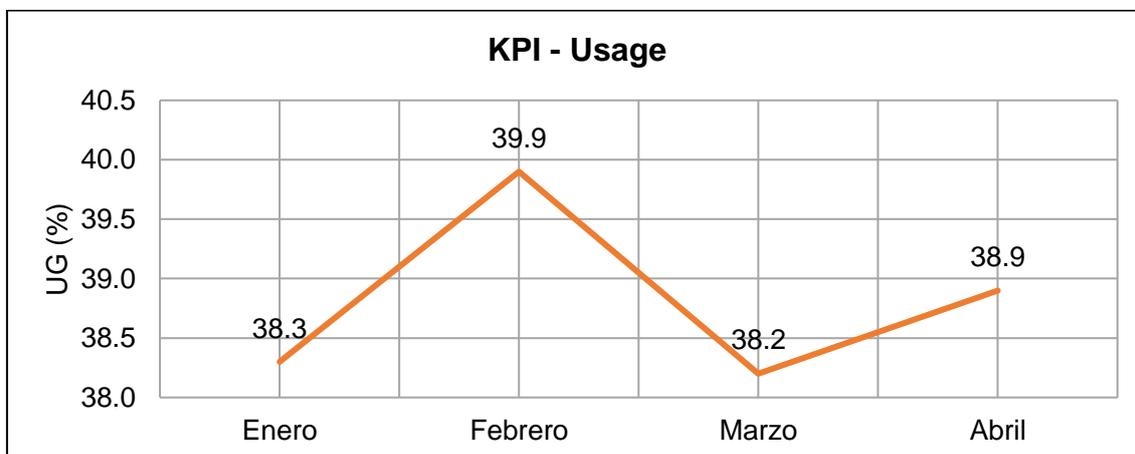
La Tabla 31 nos muestra los cuatro estados operacionales y cada mes evaluado en base a ello. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría un usage para el mes de enero del 38,3%, mes de febrero 39,9%, mes de marzo 38,2% y mes de abril 38,9%.

Tabla 31. Usage del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Usage
Enero	68,7	45,0	65,6	67,2	38,3%
Febrero	68,6	42,1	61,4	62,8	39,9%
Marzo	68,3	45,0	65,6	67,2	38,2%
Abril	68,0	43,5	63,5	65,0	38,9%

En el Gráfico 9 se representa gráficamente el usage para los meses de enero, febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 9. Usage del equipo de carguío.



3.8.3. Uso de la disponibilidad (UD)

Representa el tiempo relacionado directamente con la operación desde el momento en que el equipo no está en mantenimiento programado ni en mantenimiento correctivo. Su valor está dado en porcentaje y evalúa cómo se gestiona el tiempo de espera. El uso de la disponibilidad se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$UD (\%) = \frac{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora}}{\text{Horas Operativas} + \text{Horas Demora} + \text{Horas Standby}}$$

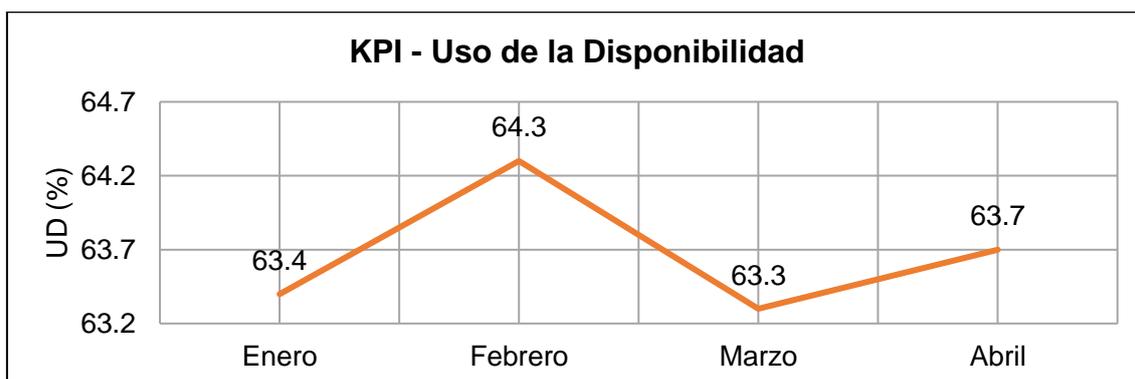
La Tabla 32 nos muestra los cuatro estados operacionales de cada mes evaluado, tomando en cuenta solo las horas operativas, demora y standby. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría un uso de disponibilidad para el mes de enero del 63.4%, mes de febrero 64,3%, mes de marzo 63,3% y mes de abril 63,7%.

Tabla 32. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Uso de la Disponibilidad
Enero	68,7	45,0	65,6	67,2	63,4%
Febrero	68,6	42,1	61,4	62,8	64,3%
Marzo	68,3	45,0	65,6	67,2	63,3%
Abril	68,0	43,5	63,5	65,0	63,7%

En el Gráfico 10 se representa gráficamente la utilización de máquina para los meses de enero, febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 10. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.



3.8.4. Uso

Es el porcentaje que indica cómo se gestiona el tiempo de demora en la operación, tomando en cuenta solamente a las horas operativas y horas de demora. Valores altos explican que existe una buena gestión de la demora en la operación, indicando que las demoras son mínimas, valores bajos indican mala gestión de las demoras con pérdidas de tiempo en exceso en el frente de trabajo.

La gestión de la demora se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Uso (\%)} = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora}}$$

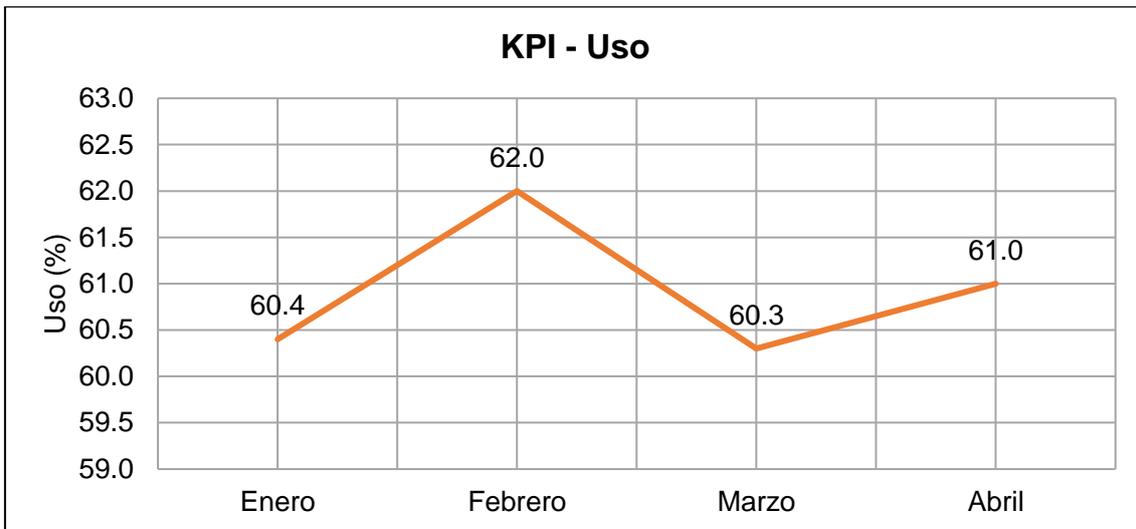
La Tabla 33 toma en cuenta los cuatro estados operacionales de cada mes, tomando como referencia solo a las horas operativas y horas de demora. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría una gestión de demora para el mes de enero del 60,4%, mes de febrero 62%, mes de marzo 60,3% y mes de abril 61%.

Tabla 33. Gestión de demora del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Uso
Enero	68,7	45,0	65,6	67,2	60,4%
Febrero	68,6	42,1	61,4	62,8	62,0%
Marzo	68,3	45,0	65,6	67,2	60,3%
Abril	68,0	43,5	63,5	65,0	61,0%

En el Gráfico 11 se representa gráficamente la gestión de demoras para los meses de enero, febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 11. Gestión de demora del equipo de carguío.



3.8.5. Utilización (UT)

La utilización de máquina cuantifica que porcentaje del tiempo total está operando en un frente de trabajo, proporciona información sobre el aprovechamiento adecuado de los activos de la empresa, un alto valor indica que la máquina está trabajando en óptimas condiciones en labores de producción, un bajo valor indica que la máquina no está produciendo para la empresa por factores que pueden ser mantenimiento u otra actividad relacionada, netamente está paralizada.

La utilización de máquina se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$UM (\%) = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Totales}}$$

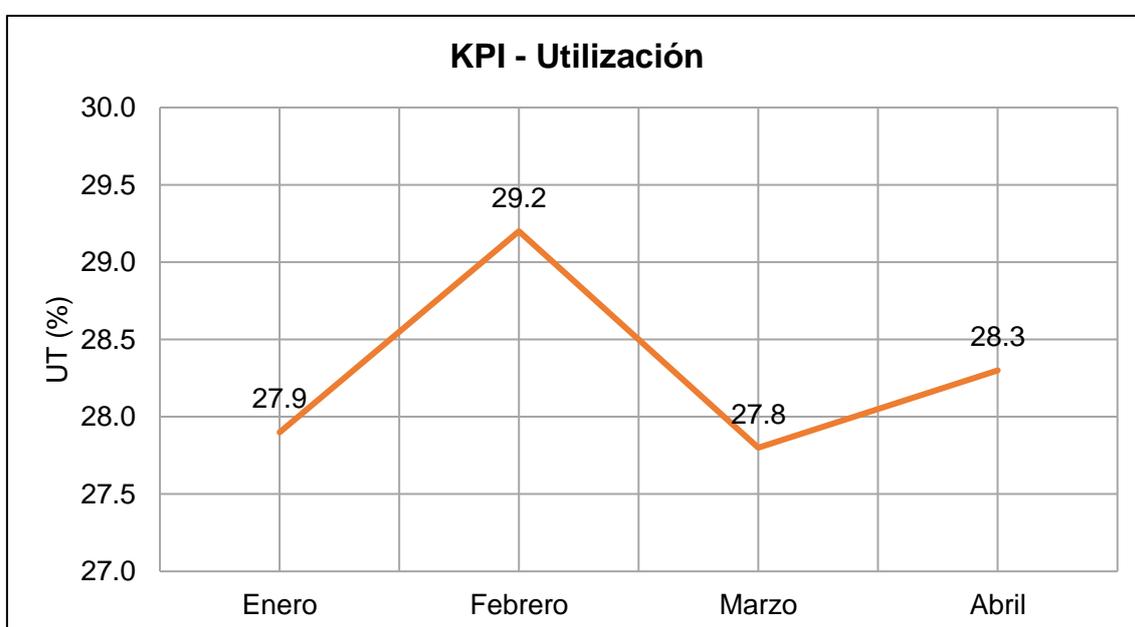
La Tabla 34 nos muestra los cuatro estados operacionales, y cada mes es evaluado en base a ello, las horas totales viene dado por la suma de las horas operativo, demora, standby y mantenimiento. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría una utilización de máquina para el mes de enero del 27,9%, mes de febrero 29,2%, mes de marzo 27,8% y mes de abril 28,3%.

Tabla 34. Utilización de máquina del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Utilización
Enero	68,7	45,0	65,6	67,2	27,9%
Febrero	68,6	42,1	61,4	62,8	29,2%
Marzo	68,3	45,0	65,6	67,2	27,8%
Abril	68,0	43,5	63,5	65,0	28,3%

En el Gráfico 12 se representa gráficamente la utilización de máquina para los meses de enero, febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 12. Utilización de máquina del equipo de carguío.



3.8.6. Índice de mantenimiento (IM)

Este indicador mide el tiempo en horas que el equipo es operado por cada hora invertida en su mantenimiento o reparación. El índice de mantenimiento se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$IM = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Mantenimiento}}$$

La Tabla 35 muestra el índice de mantenimiento tomando en cuenta solo las horas operativas y horas de mantenimiento. Aplicando los valores en la fórmula

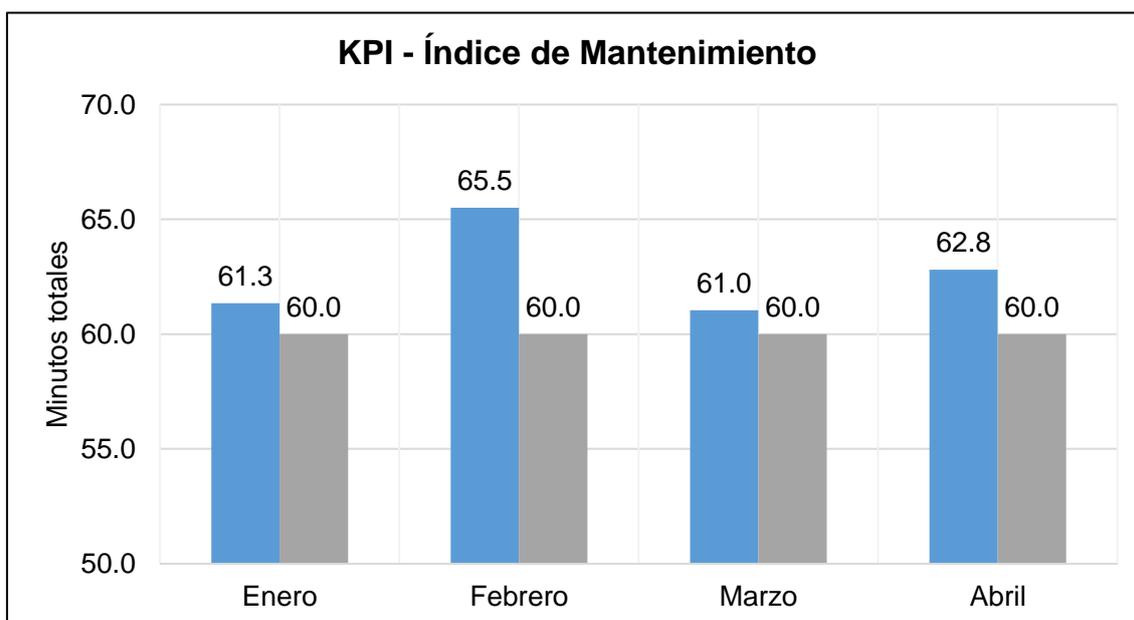
anterior quedaría un índice de mantenimiento para el mes de enero del 1.02 horas de trabajo operativo por cada 1 hora de mantenimiento, mes de febrero 1.09, mes de marzo 1.02 y mes de abril 1.05.

Tabla 35. Índice de mantenimiento del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Mantenimiento (h)	Índice de Mantenimiento	Relación IM (min)
Enero	68,7	67,2	1,02	61,3
Febrero	68,6	62,8	1,09	65,5
Marzo	68,3	67,2	1,02	61,0
Abril	68,0	65,0	1,05	62,8

En el Gráfico 13 se representa gráficamente el índice de mantenimiento del cargador frontal para los meses de enero, febrero, marzo y abril.

Gráfico 13. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. TIEMPOS DE OPERACIÓN EN LA CANTERA

Habiendo establecido y calculado cada uno de los indicadores de rendimiento quienes dependen de los estados operacionales, se procedió analizarlos a cada estado separadamente para identificar cómo optimizarlos y lograr una mejora progresiva en los equipos de carguío. El resumen del porcentaje que representan con respecto al total de horas se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36. Porcentaje de representación de estados operacionales.

Estado	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje
Operativo	68,7	68,6	68,3	68,0	205,0	28,4%
Demora	45,0	42,1	45,0	43,5	130,5	18,1%
Standby	65,6	61,4	65,6	63,5	190,5	26,4%
Mantenimiento	67,2	62,8	67,2	65,0	195,0	27,0%

Los detalles analizados para cada estado se muestran a continuación:

4.1.1. Análisis de las horas operativas

Las horas operativas representan el 28,4% del total de estados, ver Tabla 36. Dentro de las horas operativas se tienen dos actividades, las de producción que representan el 80,9% y el arreglo del frente de trabajo con el 19,1% de las horas totales en los cuatro meses de investigación y se muestra en la Tabla 37. Es necesario reducir el porcentaje de tiempo en el arreglo del frente con tiempos más cortos y así aumentar el porcentaje de producción.

Tabla 37. Actividades realizadas en horas de producción.

Operativo	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje
Producción	57,5	53,5	55,3	55,0	221,4	80,9%
Arreglo del frente de carguío	11,1	15,1	13,0	13,1	52,3	19,1%

4.1.2. Análisis de las horas demora

Las horas de demora representan el 18,1% del total de estados, ver Tabla 36. El detalle de cada actividad considerada como demora y su porcentaje de representación con respecto a las horas totales en los cuatro meses de investigación se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38. Actividades realizadas en horas de demora.

Demora	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje
Refrigerio	7,8	7,3	7,8	7,5	30,3	17,2%
Traslado operativo	2,6	2,4	2,6	2,5	10,1	5,7%
Relleno de combustible	5,2	4,8	5,2	5,0	20,2	11,5%
Calentamiento de equipo	3,6	3,4	3,6	3,5	14,1	8,0%
Cambio de frente	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0	2,3%
Espera por chancadora	1,6	1,5	1,6	1,5	6,1	3,4%
Llenado de IPERC	5,2	4,8	5,2	5,0	20,2	11,5%
Espera por reparación en área	2,6	2,4	2,6	2,5	10,1	5,7%
Revisión y chequeo	2,6	2,4	2,6	2,5	10,1	5,7%
Limpieza de equipo	2,6	2,4	2,6	2,5	10,1	5,7%
Servicios Higiénicos	10,3	9,7	10,3	10,0	40,3	23,0%

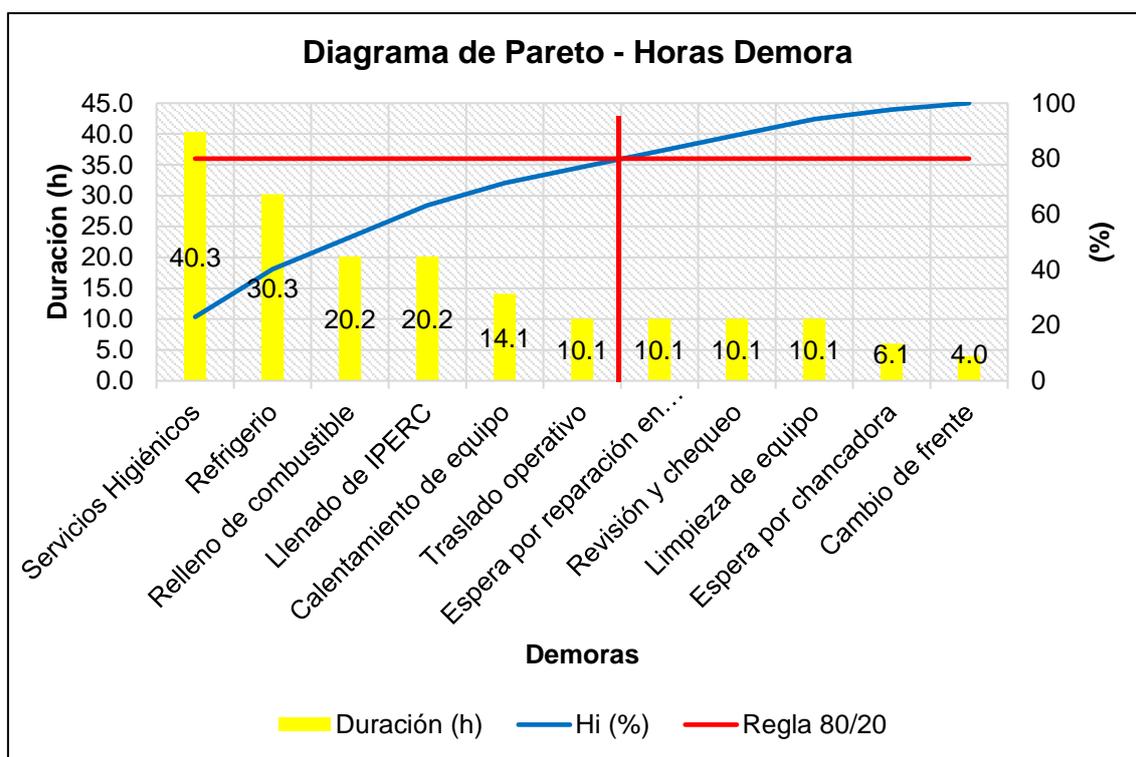
Tabla 39. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.

Demora	Duración (h)	hi (%)	Hi (%)
Servicios Higiénicos	40,3	23,0%	23,0%
Refrigerio	30,3	17,2%	40,2%
Relleno de combustible	20,2	11,5%	51,7%
Llenado de IPERC	20,2	11,5%	63,2%
Calentamiento de equipo	14,1	8,0%	71,3%
Traslado operativo	10,1	5,7%	77,0%
Espera por reparación en área	10,1	5,7%	82,8%
Revisión y chequeo	10,1	5,7%	88,5%
Limpieza de equipo	10,1	5,7%	94,3%
Espera por chancadora	6,1	3,4%	97,7%
Cambio de frente	4,0	2,3%	100,0%
Total	175,5		

Para graficar el diagrama de Pareto se procedió a ordenar las actividades de demora en forma descendente del acumulativo de horas sumadas en los tres meses de investigación, que se muestra en la Tabla 39.

En el Gráfico 14 se muestra el diagrama de Pareto para las actividades de demora, los datos desde el punto de intersección entre las líneas rojas y línea verde hacia la izquierda indica los datos “pocos vitales” y hacia la derecha se encuentran los “muchos triviales”.

Gráfico 14. Diagrama de Pareto en las actividades de demora.



Para la mejora continua se toman como referencia los datos “pocos vitales” ya que se concentra la mayor cantidad de horas en realizar dichas actividades: servicios higiénicos, refrigerio, relleno de combustible, llenado de IPERC, calentamiento de equipo y traslado operativo. Por lo tanto es necesario optimizar dichos tiempos mediante la supervisión y así reducir el tiempo de demora.

4.1.3. Análisis de las horas standby

Las horas de standby representan el 25,9% del total de estados, ver Tabla 36. El detalle de cada actividad considerada como standby y su porcentaje de representación con respecto a las horas totales en los tres meses de investigación se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40. Actividades realizadas en horas de standby.

Stand By	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje
Equipo no requerido	51,7	48,3	51,7	50,0	150,0	78,7%
Falta de frente de carguío	2,6	2,4	2,6	2,5	7,5	3,9%
Falta de frente de descarga	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,8%
Fatiga	1,6	1,5	1,6	1,5	4,5	2,4%
Charla de seguridad	6,2	5,8	6,2	6,0	18,0	9,4%
Clima severo	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,6%
Neblina	2,1	1,9	2,1	2,0	6,0	3,1%

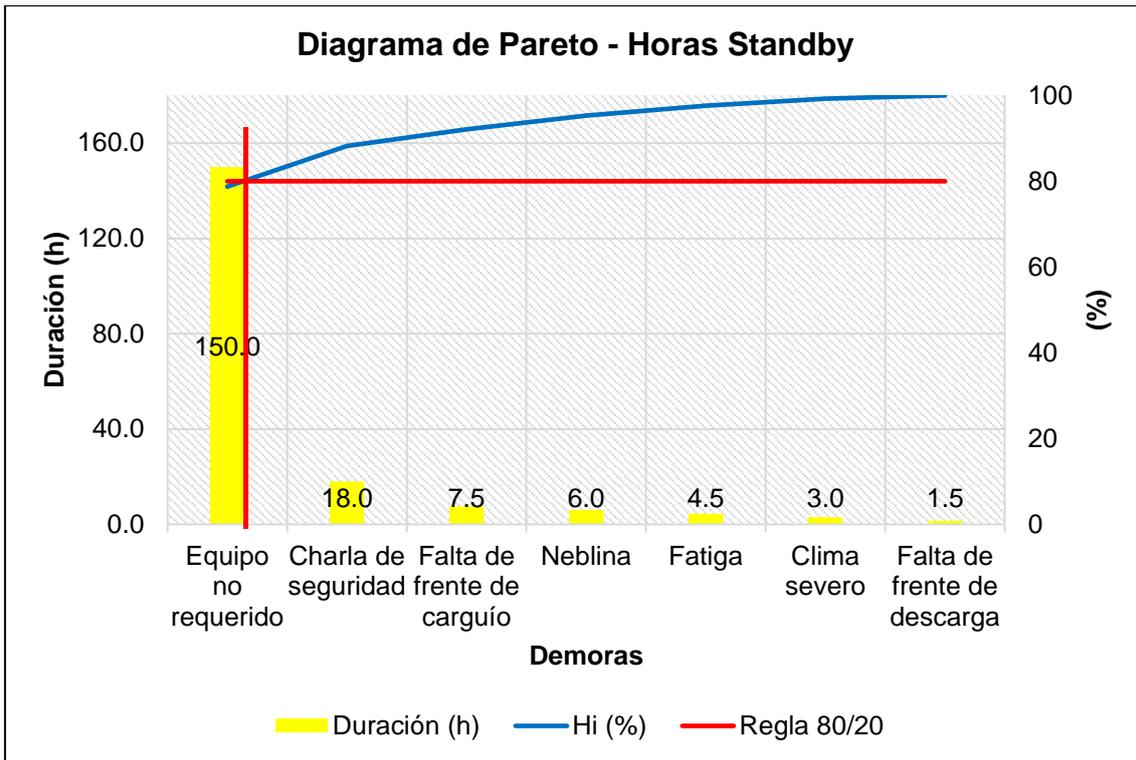
Para graficar el diagrama de Pareto se procedió a ordenar las actividades de standby en forma descendente del acumulativo de horas sumadas en los cuatro meses de investigación, y se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.

Stand By	Duración (h)	hi (%)	Hi (%)
Equipo no requerido	150,00	78,74%	78,74%
Charla de seguridad	18,00	9,45%	88,19%
Falta de frente de carguío	7,50	3,94%	92,13%
Neblina	6,00	3,15%	95,28%
Fatiga	4,50	2,36%	97,64%
Clima severo	3,00	1,57%	99,21%
Falta de frente de descarga	1,50	0,79%	100,00%
Total	190,5		

En el Gráfico 15 se muestra el diagrama de Pareto para las actividades de standby, los datos desde el punto de intersección entre las líneas rojas y línea verde hacia la izquierda indica los datos “pocos vitales” y hacia la derecha se encuentran los “muchos triviales”.

Gráfico 15. Diagrama de Pareto en las actividades de standby.



Para la mejora continua se toman como referencia los datos “pocos vitales” ya que concentran la mayor cantidad de horas en realizar dichas actividades: equipo no requerido. Por lo tanto es necesario optimizar dichos tiempos mediante el planeamiento operativo y así reducir los tiempos de standby.

4.1.4. Análisis de las horas mantenimiento

Las horas de mantenimiento representan el 28,7% del total de estados operativos, ver Tabla 36. Los dos tipos de mantenimiento, tanto programado como no programado se han agrupado en una sola tabla. El detalle de cada actividad considerada como mantenimiento viene dada por sumar las horas en cada mes como un total y de ahí se obtuvo su porcentaje de representación con respecto a las horas totales en los tres meses de investigación, el resumen se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42. Actividades realizadas en horas de mantenimiento.

Mantenimiento	Enero (h)	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje
Motor	25,83	24,17	25,83	25,00	75,00	38,5%
Transmisión y mandos finales	7,75	7,25	7,75	7,50	22,50	11,5%
Sistema hidráulico	7,75	7,25	7,75	7,50	22,50	11,5%
Frenos	4,13	3,87	4,13	4,00	12,00	6,2%
Sistema eléctrico	5,17	4,83	5,17	5,00	15,00	7,7%
Cabina	1,03	0,97	1,03	1,00	3,00	1,5%
Lubricación y engrase	15,50	14,50	15,50	15,00	45,00	23,1%

Para graficar el diagrama de Pareto se procedió a ordenar las actividades de mantenimiento en forma descendente del acumulativo de horas sumadas en los tres meses de investigación y se muestra en la Tabla 43.

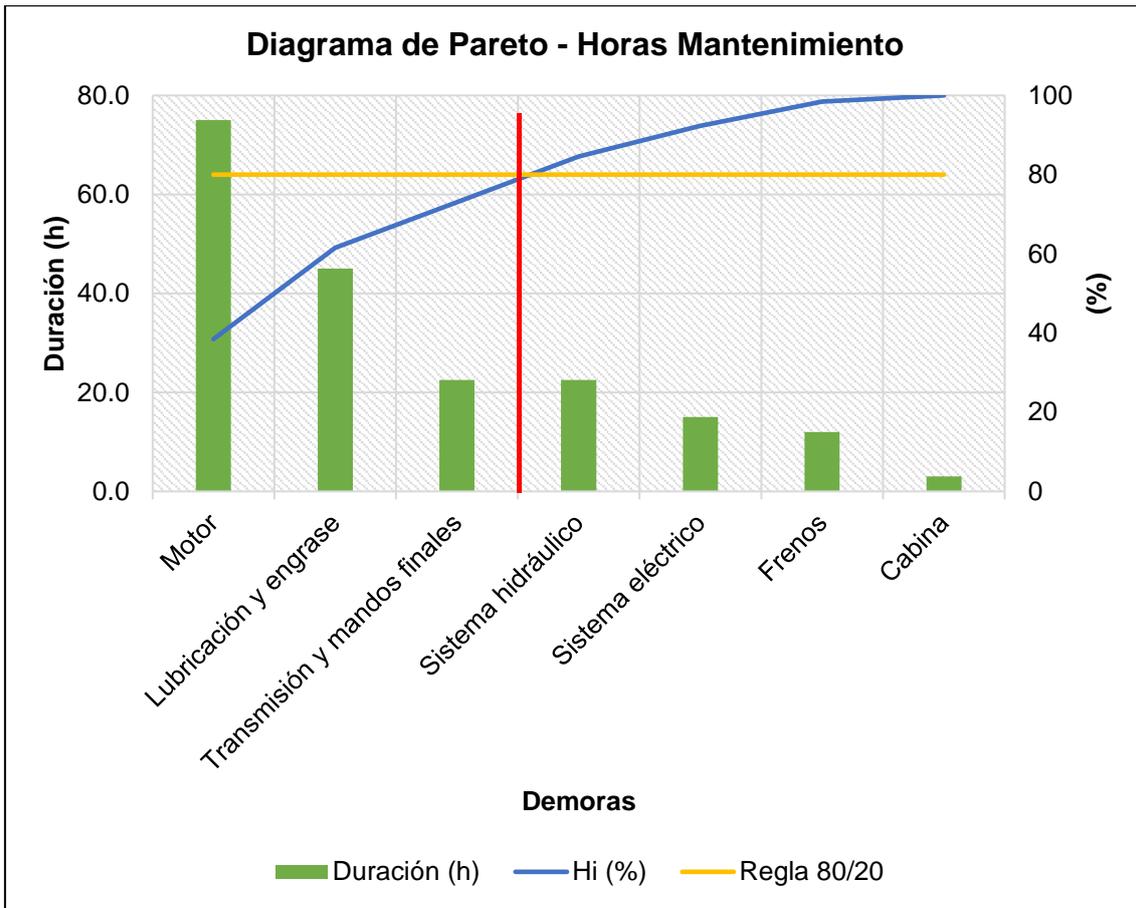
Tabla 43. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.

Mantenimiento	Duración (h)	hi (%)	Hi (%)
Motor	75,0	38,5%	38,5%
Lubricación y engrase	45,0	23,1%	61,5%
Transmisión y mandos finales	22,5	11,5%	73,1%
Sistema hidráulico	22,5	11,5%	84,6%
Sistema eléctrico	15,0	7,7%	92,3%
Frenos	12,0	6,2%	98,5%
Cabina	3,0	1,5%	100,0%

En el Gráfico 16 se muestra el diagrama de Pareto para las actividades de standby, los datos desde el punto de intersección entre las líneas rojas y línea verde hacia la izquierda indica los datos “pocos vitales” y hacia la derecha se encuentran los “muchos triviales”.

Para la mejora continua se toman como referencia los datos “pocos vitales” ya que concentran la mayor cantidad de horas en realizar dichas actividades: motor, lubricación y engrase, transmisión y mandos finales. Por lo tanto es necesario optimizar dichos tiempos mediante capacitaciones al personal y así reducir los tiempos de tardío.

Gráfico 16. Diagrama de Pareto en las actividades de mantenimiento.



4.2. INDICADORES DE DESEMPEÑO

Establecido los estados operacionales así como los indicadores de rendimiento, se procedió a evaluar cada KPI de acuerdo a los valores objetivo que deben alcanzar y que tan eficientes han sido en el proceso de carguío. El resumen de los targets o valores recomendados se muestra a continuación:

Tabla 44. Valores objetivo de KPIs para equipos de carguío.

KPI	Valor Objetivo - Target
Disponibilidad Mecánica	90%
Usage	90%
Uso de la Disponibilidad	90%
Uso	80%
Utilización	85%

4.2.1. Disponibilidad mecánica

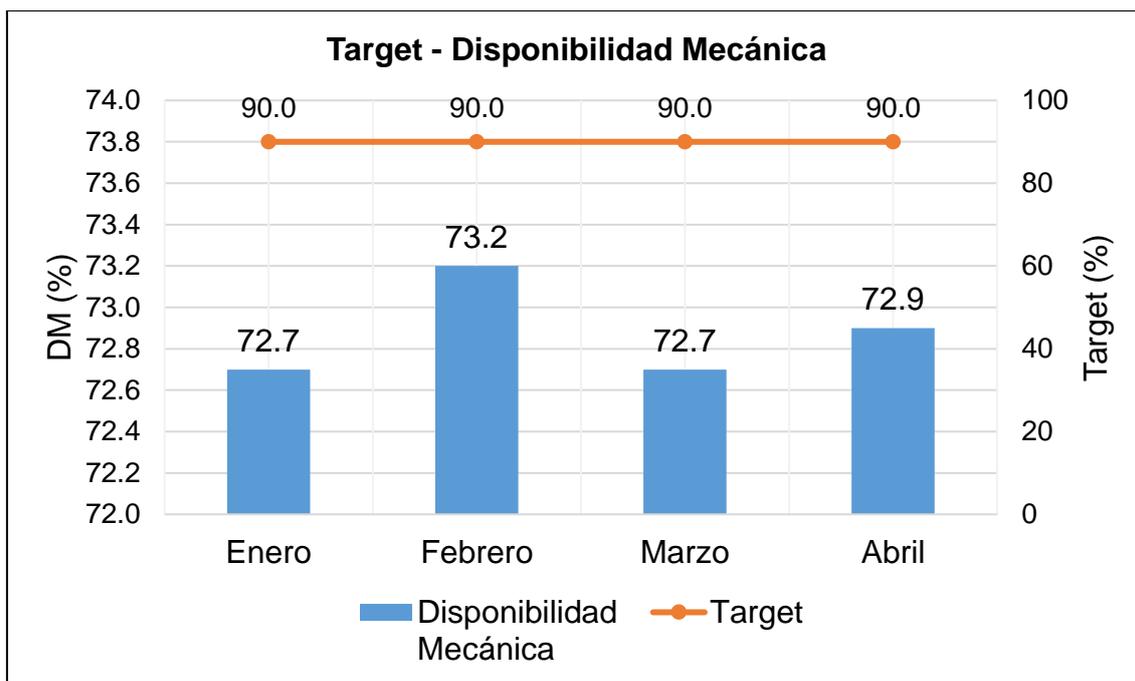
La disponibilidad mecánica calculada para los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024 en la operación de carguío muestra una pequeña variación porcentual entre los valores hallados del 72% y el valor recomendado, como se muestra en la Tabla 45 y Gráfico 17.

Este índice toma como base para los cálculos a los cuatro estados operacionales: horas operativo, horas demora, horas standby y horas mantenimiento. Si bien no alcanza el valor target establecido pero es una buena referencia que el equipo si está disponible para la operación de carguío. Por lo tanto es necesario optimizar cada uno de los estados operacionales para alcanzar el objetivo deseado del 90%.

Tabla 45. Disponibilidad mecánica y target recomendado.

Mes	Disponibilidad Mecánica (%)	Target (%)	Variación (%)
Enero	72,7	90,0	17,3
Febrero	73,2	90,0	16,8
Marzo	72,7	90,0	17,3
Abril	72,9	90,0	17,1

Gráfico 17. Variación porcentual en la disponibilidad mecánica.



4.2.2. Usage

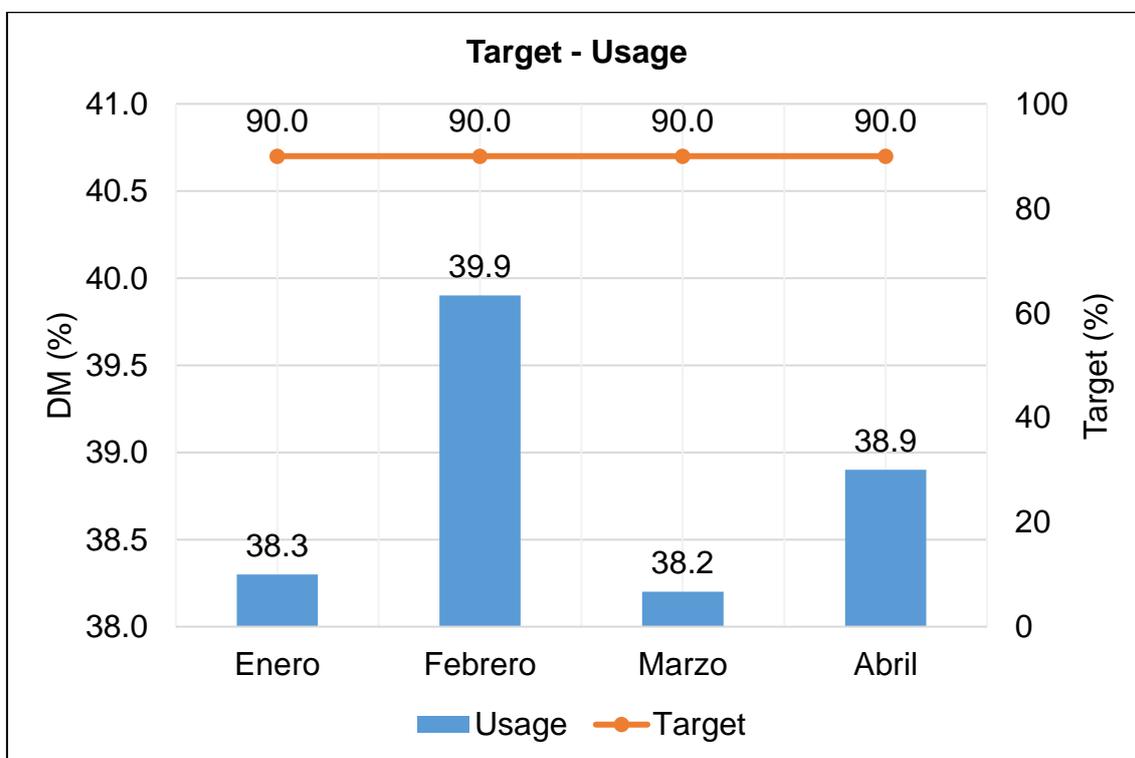
El usage calculado para los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024 en la operación de carguío muestra una variación porcentual cercana al 51% entre los valores hallados del 38% y el valor recomendado del 90%, como se muestra en la Tabla 46 y Gráfico 18.

Este índice toma como base para los cálculos a las horas operativas, horas demora y horas standby, no tomando en cuenta el mantenimiento. Si bien está lejos del valor target establecido es necesario evaluar las demoras y el standby del cargador frontal. Optimizando se logrará el objetivo deseado del 90%.

Tabla 46. Usage y target recomendado.

Mes	Usage (%)	Target (%)	Variación (%)
Enero	38,3	90,0	51,7
Febrero	39,9	90,0	50,1
Marzo	38,2	90,0	51,8
Abril	38,9	90,0	51,1

Gráfico 18. Variación porcentual en el usage.



4.2.3. Uso de la disponibilidad

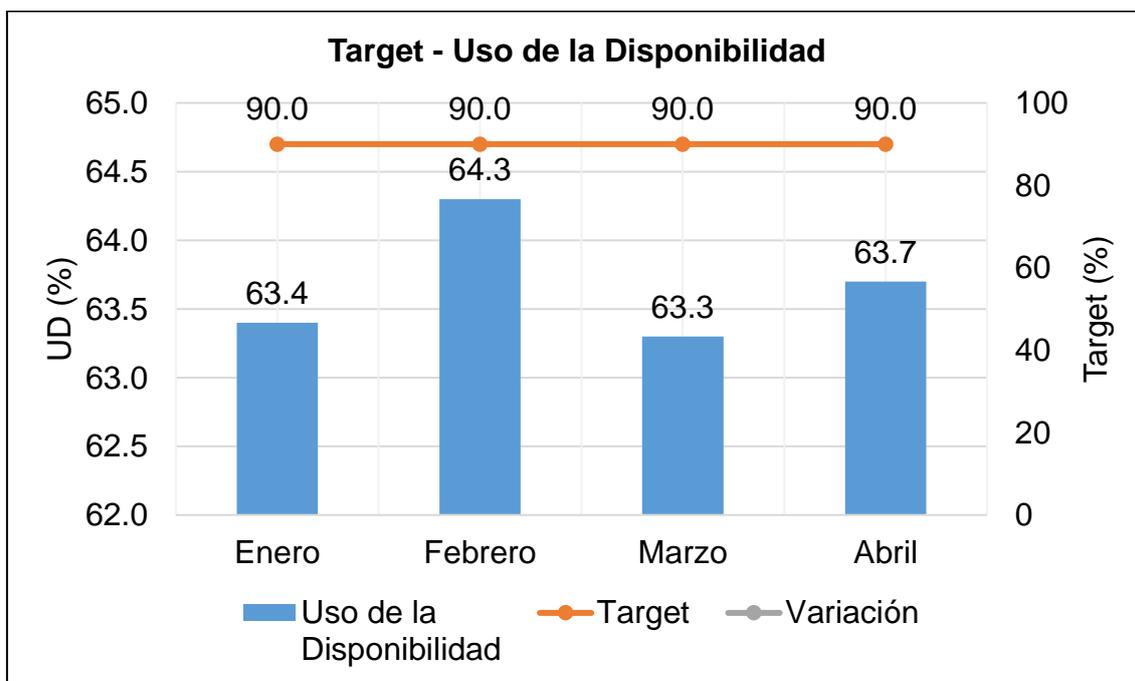
El uso de la disponibilidad calculado para los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024 en la operación de carguío muestra una variación porcentual cercana al 27% entre los valores hallados del 63% y el valor recomendado del 90%, como se muestra en la Tabla 47 y Gráfico 19.

Este índice toma como base para los cálculos a las horas operativas, horas de demora y horas standby. Si bien está cercano al valor target establecido es necesario evaluar las horas standby del cargador frontal y reducir los tiempos en las actividades relacionadas. Reduciendo los tiempos muertos en las horas standby se logrará el objetivo deseado del 90%.

Tabla 47. Uso de la disponibilidad y target recomendado.

Mes	Uso de la Disponibilidad (%)	Target (%)	Variación (%)
Enero	63,4	90,0	26,6
Febrero	64,3	90,0	25,7
Marzo	63,3	90,0	26,7
Abril	63,7	90,0	26,3

Gráfico 19. Variación porcentual del uso de la disponibilidad.



4.2.4. Uso

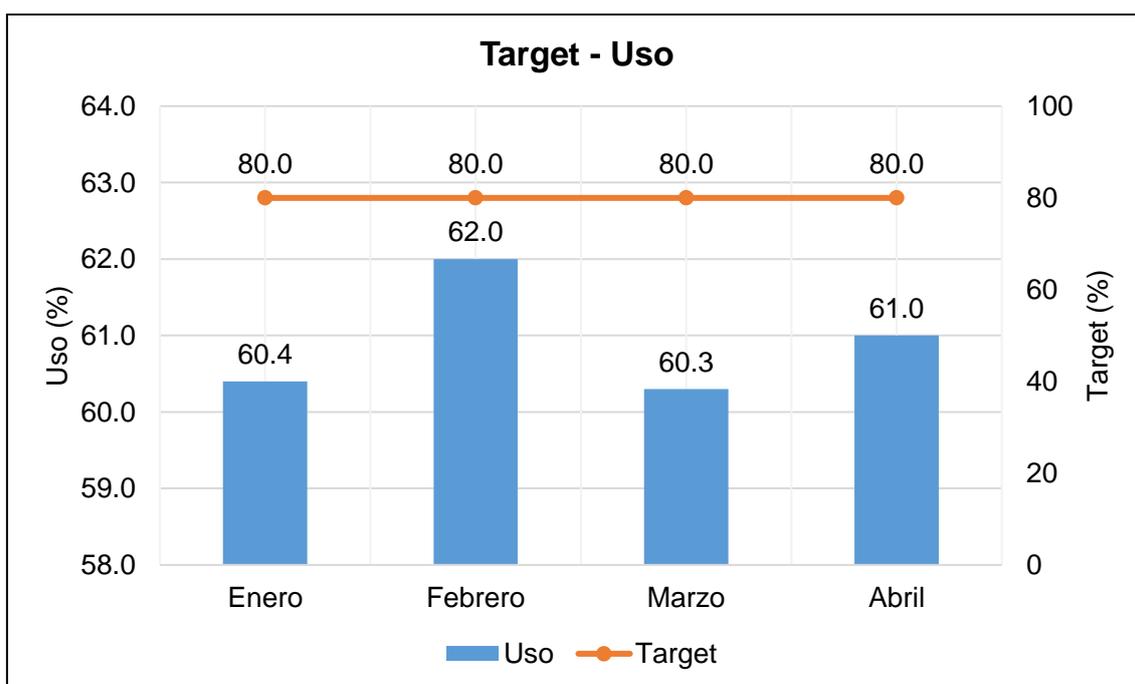
El uso calculado para los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024 en la operación de carguío muestra una pequeña variación porcentual cercana al 19% entre los valores hallados del 61% y el valor recomendado del 80%, como se muestra en la Tabla 48 y Gráfico 20.

Este índice toma como base para los cálculos a las horas operativas y horas de demora. Si bien está cercano al valor target establecido es necesario evaluar las demoras operativas del cargador frontal para mejorar el rendimiento. Reduciendo los tiempos muertos en las demoras se logrará el objetivo deseado del 80%.

Tabla 48. Gestión de demoras y target recomendado.

Mes	Uso (%)	Target (%)	Variación (%)
Enero	60,4	80,0	19,6
Febrero	62,0	80,0	18,0
Marzo	60,3	80,0	19,7
Abril	61,0	80,0	19,0

Gráfico 20. Variación porcentual de la gestión de demoras.



4.2.5. Utilización

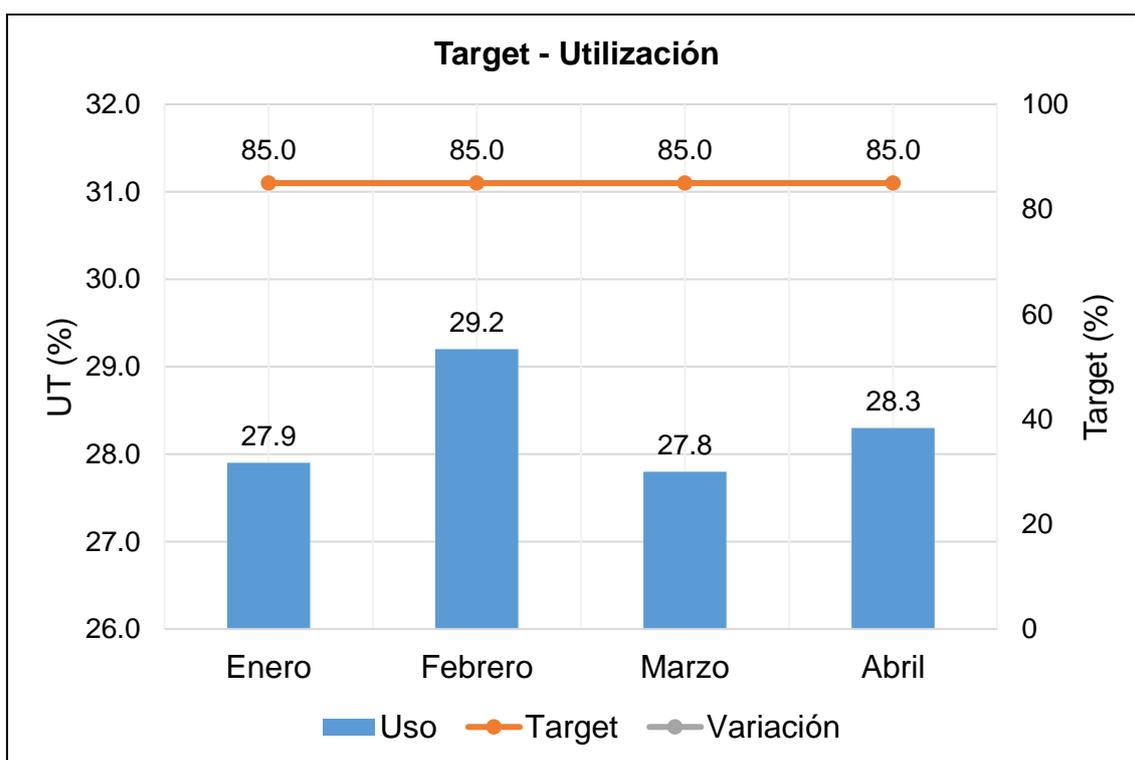
La utilización de máquina calculada para los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024 en la operación de carguío muestra una amplia variación porcentual entre los valores hallados del 28% y el valor recomendado del 85%, como se muestra en la Tabla 49 y Gráfico 21.

Este índice toma como base para los cálculos a las horas operativas y a las horas totales. Si bien no alcanza el valor target establecido; sin embargo es una indicación que el equipo no está en el frente de trabajo sino realizando otras actividades. Por lo tanto es necesario coordinar con el área de planeamiento para lograr el objetivo deseado del 85%.

Tabla 49. Utilización de máquina y target recomendado.

Mes	Uso (%)	Target (%)	Variación (%)
Enero	27,9	85,0	57,1
Febrero	29,2	85,0	55,8
Marzo	27,8	85,0	57,2
Abril	28,3	85,0	56,7

Gráfico 21. Variación porcentual en la utilización de máquina.



4.2.6. Índice de mantenimiento

El índice de mantenimiento calculado para los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024 en la operación de carguío muestra una ligera igualdad entre las horas operativas y las horas de mantenimiento, como se muestra en la Tabla 50. Por lo que el equipo de carguío se encuentra mayormente fuera del área de operaciones, ya sea en demoras, standby o mantenimiento.

Este índice indica cuánto tiempo está operando el equipo de carguío por cada hora que pasa en mantenimiento, mientras el índice de mantenimiento es mucho mayor a la unidad se puede decir que el equipo pasa la mayor cantidad de horas produciendo, de lo contrario con valores cercanos a 1 o menores, entonces el equipo se encuentra en otras operaciones fuera de producción.

Tabla 50. Índice de mantenimiento del cargador frontal.

Mes	Operativo (h)	Mantenimiento (h)	Índice de Mantenimiento
Enero	68,7	67,2	1,02
Febrero	68,6	62,8	1,09
Marzo	68,3	67,2	1,02
Abril	68,0	65,0	1,05

4.2.7. Síntesis de KPIs

El resumen de los KPIs calculados para el cargador frontal 950H, en los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2024 se observan en la Tabla 51.

Tabla 51. Síntesis de KPIs.

KPI	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Promedio	Target	Var
Disponibilidad mecánica	72,7%	73,2%	72,7%	72,9%	72,9%	90,0%	17,1%
Usage	38,3%	39,9%	38,2%	38,9%	38,8%	90,0%	51,2%
Uso de la disponibilidad	63,4%	64,3%	63,3%	63,7%	63,7%	90,0%	26,3%
Uso	60,4%	62,0%	60,3%	61,0%	60,9%	80,0%	19,1%
Utilización	27,9%	29,2%	27,8%	28,3%	28,3%	85,0%	56,7%
Índice de mantenimiento	1,02	1,09	1,02	1,05	1,04	> 1	-

4.3. OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS

Los KPI, Indicadores Clave de Desempeño, tienen una gran importancia en la empresa ya que nos permitieron analizar en qué estado se encuentran el proceso productivo del carguío de material de puzolana a partir de una base de datos. Asimismo permitió identificar lo que se está fallando para mejorar y optimizar todo el proceso, la optimización de tiempos de carguío en la producción de puzolana se realizará mejorando y tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Reducir los tiempos excesivos en el arreglo del frente de carguío.
- Realizar el cambio en el tiempo de relleno de combustible que se realiza en horas de demora y pasarlo a horas fuera de actividad o guardia.
- Asignar un tiempo adecuado para el tiempo de refrigerio y servicios higiénicos.
- Agilizar las marchas de velocidad cuando se realice traslado operativo de la máquina desde un frente de trabajo a otro.
- Reducir el tiempo de llenado del IPERC diariamente.
- Realizar las inspecciones de motor, transmisión, mandos finales, sistema hidráulico y sistema eléctrico de manera oportuna y correcta aprovechando el tiempo al máximo tanto en inspecciones como reparaciones.
- Seguir los procesos administrativos de recolección de datos con el fin de utilizarlos en la empresa y mejorando las fallas o bajos rendimientos que se puedan solucionar en el menor tiempo posible.

4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se ha analizado cada uno de los indicadores de desempeño KPIs, comprobando que existe dificultad y carencia en la operación de carguío de la Cantera Cunyac Este. En la hipótesis inicial se estableció que la optimización del ciclo de carguío de los camiones con material de puzolana en la cantera Cunyac Este reducirá los tiempos improductivos. Además los indicadores clave de desempeño (KPI) permitirán conocer el rendimiento actual de los equipos de carguío y acarreo que se emplean en la cantera. Mencionado todo lo anterior, se indica que la hipótesis inicial ha sido contrastada y validada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los indicadores clave de desempeño en la operación de carguío de la cantera Cunyac Este fueron: disponibilidad mecánica con un promedio de 72.9%, Usage del 38.8%, uso de la disponibilidad del 63.7%, uso del 60.9%, utilización del 28.3% y el índice de mantenimiento de 1.04 horas de operación por cada hora en mantenimiento.

Las horas operativas en el carguío de puzolana son de 68 horas mensuales en promedio, con un tiempo promedio de 43 horas en demora.

Las actividades a reducir sus tiempos de operación fueron las siguientes: arreglo del frente de carguío, servicios higiénicos, refrigerio, relleno de combustible, llenado de formato de IPERC, inspección preoperativa de equipo, equipo no requerido y plan de mantenimiento de equipos.

5.2. RECOMENDACIONES

A la empresa de la cantera Cunyac Este, aplicar indicadores clave de desempeño diferentes a los usados en esta investigación.

A la empresa de la cantera Cunyac Este, realizar monitoreos constantes a las actividades de demora en la operación ya que esos tiempos bajan la calidad de los indicadores.

A la empresa evaluar el cambio de cargador frontal para determinar si hay mejoras de optimización en el tiempo de carguío.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrios, FA. 2020. Carguío dinámico para la optimización de la utilización efectiva de camiones de minería a cielo abierto a escala de laboratorio. Tesis de Grado. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 117 p.
- Calua, F. 2019. Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache S.A. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. 98 p.
- Casas, DE. 2018. Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. 132 p.
- Caterpillar. 2012. Manual de rendimiento Caterpillar. 42 ed. Illinois, Estados Unidos. 1598 p.
- Chuctaya, DJ. y Larota, ME. 2020. Optimización de carguío y transporte en tiempo real mediante el software Jmineops en minería superficial – Caso de estudio. Tesis de Pregrado. Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, Perú. 94 p.
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. 2010. Metodología de la investigación. 5 ed. México, MGH. 656 p.
- Igafom. 2020. Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal. Mina No Metálica Cunyac. Cajamarca, Perú. 81 p.
- Infante, RO. 2021. Evaluación económico-productiva del cambio de performance de la flota de carguío y acarreo en Gold Fields La Cima S.A. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. 182 p.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2018. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Lima, Perú. 32 p.
- Pizarro, Y. 2019. Carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño (KPIs) en Cía Minera Los Quenuales S.A.,

- Yauliyacu, Lima – 2018. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, Abancay, Perú. 126 p.
- Ramírez, N. 2006. Sistema de gestión del tiempo en operaciones mineras: Concepto de gestión de tiempos. Lima, Perú. 124 p.
- Ramos, MJ. y Salomón, E. 2021. Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua. Tesis de Pregrado. Universidad Continental, Huancayo, Perú. 87 p.
- Rojas, IF. 2019. Optimización del proceso de carguío y acarreo mediante el uso de KPI's en la fase de relleno del espaldón de la presa de relaves – Antamina. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. 96 p.
- Rosales, VR. 2012. Geología y caracterización física de puzolanas de la zona oriental de Guatemala. Trabajo de graduación. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 205 p.
- Salas, LA. 2013. Estudio de KPIs en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de producción de 3000 a 3600 TM/día en la Mina Pallancata – Hochschild Mining. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. 138 p.
- Tiktin, J. 1997. Movimiento de Tierras. 3 ed. Madrid, España. 383 p.
- Wilson, J. 1984. INGEMMET Boletín N° 38: Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén. Lima, Perú. 121 p.
- Yarmuch, JL. Simulación del sistema de carguío y transporte Mina Chuquicamata. Tesis de Maestría. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. 164 p.

ANEXOS

Anexo 01. Data de control de tiempos de carguío.

Anexo 02. Plano de ubicación

Anexo 03. Plano de geología

Anexo 04. Ficha técnica de equipos usados en el área de trabajo.

Anexo 01. Data de control de tiempos de carguío

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial			
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana			
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³			
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo			
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío	
1	8-ene.-24	9:02:21	9:02:26	9:02:33	9:02:39	9:02:48	9:02:55	9:03:02	0:00:41	
2	8-ene.-24	9:03:02	9:03:07	9:03:13	9:03:19	9:03:28	9:03:35	9:03:42	0:00:40	
3	8-ene.-24	9:03:42	9:03:47	9:03:54	9:04:00	9:04:11	9:04:18	9:04:25	0:00:43	
4	8-ene.-24	9:04:25	9:04:30	9:04:35	9:04:41	9:04:50	9:04:57	9:05:04	0:00:39	
5	8-ene.-24	9:05:04	9:05:09	9:05:16	9:05:22	9:05:31	9:05:38	9:05:45	0:00:41	
6	8-ene.-24	9:05:45	9:05:50	9:05:57	9:06:03	9:06:12	9:06:19	9:06:26	0:00:41	
7	8-ene.-24	9:06:26	9:06:31	9:06:36	9:06:42	9:06:51	9:06:58	9:07:05	0:00:39	
8	8-ene.-24	9:07:05	9:07:10	9:07:17	9:07:23	9:07:32	9:07:39	9:07:46	0:00:41	
9	8-ene.-24	9:07:46	9:07:51	9:07:59	9:08:05	9:08:14	9:08:21	9:08:28	0:00:42	
10	8-ene.-24	9:08:28	9:08:33	9:08:40	9:08:46	9:08:55	9:09:02	9:09:09	0:00:41	
11	9-ene.-24	14:03:15	14:03:20	14:03:27	14:03:33	14:03:42	14:03:49	14:03:56	0:00:41	
12	9-ene.-24	14:03:56	14:04:01	14:04:08	14:04:14	14:04:23	14:04:28	14:04:35	0:00:39	
13	9-ene.-24	14:04:35	14:04:40	14:04:47	14:04:53	14:05:02	14:05:09	14:05:16	0:00:41	
14	9-ene.-24	14:05:16	14:05:21	14:05:28	14:05:34	14:05:43	14:05:49	14:05:56	0:00:40	
15	9-ene.-24	14:05:56	14:06:01	14:06:08	14:06:14	14:06:23	14:06:29	14:06:36	0:00:40	
16	9-ene.-24	14:06:36	14:06:41	14:06:48	14:06:54	14:07:03	14:07:10	14:07:17	0:00:41	
17	9-ene.-24	14:07:17	14:07:22	14:07:29	14:07:35	14:07:44	14:07:52	14:07:59	0:00:42	
18	9-ene.-24	14:07:59	14:08:04	14:08:11	14:08:17	14:08:26	14:08:33	14:08:40	0:00:41	

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
19	9-ene.-24	14:08:40	14:08:45	14:08:52	14:08:58	14:09:07	14:09:12	14:09:19	0:00:39
20	9-ene.-24	14:09:19	14:09:24	14:09:31	14:09:37	14:09:46	14:09:53	14:10:00	0:00:41
21	10-ene.-24	9:15:37	9:15:42	9:15:46	9:15:50	9:15:55	9:15:58	9:16:04	0:00:27
22	10-ene.-24	9:16:04	9:16:09	9:16:16	9:16:22	9:16:31	9:16:39	9:16:46	0:00:42
23	10-ene.-24	9:16:46	9:16:51	9:16:58	9:17:04	9:17:13	9:17:20	9:17:27	0:00:41
24	10-ene.-24	9:17:27	9:17:32	9:17:39	9:17:45	9:17:54	9:18:00	9:18:07	0:00:40
25	10-ene.-24	9:18:07	9:18:12	9:18:19	9:18:25	9:18:34	9:18:41	9:18:48	0:00:41
26	10-ene.-24	9:18:48	9:18:53	9:19:00	9:19:06	9:19:15	9:19:20	9:19:27	0:00:39
27	10-ene.-24	9:19:27	9:19:32	9:19:39	9:19:45	9:19:54	9:20:01	9:20:08	0:00:41
28	10-ene.-24	9:20:08	9:20:13	9:20:20	9:20:26	9:20:35	9:20:43	9:20:50	0:00:42
29	10-ene.-24	9:20:50	9:20:55	9:21:02	9:21:08	9:21:17	9:21:24	9:21:31	0:00:41
30	10-ene.-24	9:21:31	9:21:36	9:21:43	9:21:49	9:21:58	9:22:03	9:22:10	0:00:39
31	11-ene.-24	15:33:32	15:33:37	15:33:44	15:33:50	15:33:59	15:34:06	15:34:13	0:00:41
32	11-ene.-24	15:34:13	15:34:18	15:34:25	15:34:31	15:34:40	15:34:45	15:34:52	0:00:39
33	11-ene.-24	15:34:52	15:34:57	15:35:04	15:35:10	15:35:19	15:35:24	15:35:31	0:00:39
34	11-ene.-24	15:35:31	15:35:36	15:35:43	15:35:49	15:35:58	15:36:05	15:36:12	0:00:41
35	11-ene.-24	15:36:12	15:36:17	15:36:24	15:36:30	15:36:39	15:36:44	15:36:51	0:00:39
36	11-ene.-24	15:36:51	15:36:56	15:37:03	15:37:09	15:37:18	15:37:25	15:37:32	0:00:41
37	11-ene.-24	15:37:32	15:37:37	15:37:44	15:37:50	15:37:59	15:38:04	15:38:11	0:00:39
38	11-ene.-24	15:38:11	15:38:16	15:38:23	15:38:29	15:38:38	15:38:45	15:38:52	0:00:41

 CORPORACIÓN L&J E.I.R.L.			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
39	11-ene.-24	15:38:52	15:38:57	15:39:04	15:39:10	15:39:19	15:39:24	15:39:31	0:00:39
40	11-ene.-24	15:39:31	15:39:36	15:39:43	15:39:49	15:39:58	15:40:03	15:40:10	0:00:39
41	15-ene.-24	10:30:05	10:30:10	10:30:17	10:30:23	10:30:32	10:30:39	10:30:46	0:00:41
42	15-ene.-24	10:30:46	10:30:51	10:30:58	10:31:04	10:31:13	10:31:19	10:31:26	0:00:40
43	15-ene.-24	10:31:26	10:31:31	10:31:38	10:31:44	10:31:53	10:31:59	10:32:06	0:00:40
44	15-ene.-24	10:32:06	10:32:11	10:32:18	10:32:24	10:32:33	10:32:39	10:32:46	0:00:40
45	15-ene.-24	10:32:46	10:32:51	10:32:58	10:33:04	10:33:13	10:33:20	10:33:27	0:00:41
46	15-ene.-24	10:33:27	10:33:32	10:33:39	10:33:45	10:33:54	10:34:02	10:34:09	0:00:42
47	15-ene.-24	10:34:09	10:34:14	10:34:21	10:34:27	10:34:36	10:34:43	10:34:50	0:00:41
48	15-ene.-24	10:34:50	10:34:55	10:35:02	10:35:08	10:35:17	10:35:25	10:35:32	0:00:42
49	15-ene.-24	10:35:32	10:35:37	10:35:44	10:35:50	10:35:59	10:36:06	10:36:13	0:00:41
50	15-ene.-24	10:36:13	10:36:18	10:36:25	10:36:31	10:36:40	10:36:46	10:36:53	0:00:40
51	16-ene.-24	8:24:41	8:24:46	8:24:53	8:24:59	8:25:08	8:25:14	8:25:21	0:00:40
52	16-ene.-24	8:25:21	8:25:26	8:25:33	8:25:39	8:25:48	8:25:53	8:26:00	0:00:39
53	16-ene.-24	8:26:00	8:26:05	8:26:12	8:26:18	8:26:27	8:26:32	8:26:39	0:00:39
54	16-ene.-24	8:26:39	8:26:44	8:26:51	8:26:57	8:27:06	8:27:13	8:27:20	0:00:41
55	16-ene.-24	8:27:20	8:27:25	8:27:32	8:27:38	8:27:47	8:27:54	8:28:01	0:00:41
56	16-ene.-24	8:28:01	8:28:06	8:28:13	8:28:19	8:28:28	8:28:35	8:28:42	0:00:41
57	16-ene.-24	8:28:42	8:28:47	8:28:54	8:29:00	8:29:09	8:29:14	8:29:21	0:00:39
58	16-ene.-24	8:29:21	8:29:26	8:29:33	8:29:39	8:29:48	8:29:55	8:30:02	0:00:41

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
59	16-ene.-24	8:30:02	8:30:07	8:30:14	8:30:20	8:30:29	8:30:34	8:30:41	0:00:39
60	16-ene.-24	8:30:41	8:30:46	8:30:53	8:30:59	8:31:08	8:31:15	8:31:22	0:00:41
61	17-ene.-24	16:01:10	16:01:15	16:01:22	16:01:28	16:01:37	16:01:44	16:01:51	0:00:41
62	17-ene.-24	16:01:51	16:01:56	16:02:03	16:02:09	16:02:18	16:02:25	16:02:29	0:00:38
63	17-ene.-24	16:02:29	16:02:34	16:02:41	16:02:47	16:02:56	16:03:03	16:03:07	0:00:38
64	17-ene.-24	16:03:07	16:03:12	16:03:19	16:03:25	16:03:34	16:03:41	16:03:48	0:00:41
65	17-ene.-24	16:03:48	16:03:53	16:04:00	16:04:06	16:04:15	16:04:22	16:04:29	0:00:41
66	17-ene.-24	16:04:29	16:04:34	16:04:41	16:04:47	16:04:56	16:05:03	16:05:10	0:00:41
67	17-ene.-24	16:05:10	16:05:15	16:05:22	16:05:28	16:05:37	16:05:44	16:05:51	0:00:41
68	17-ene.-24	16:05:51	16:05:56	16:06:00	16:06:06	16:06:15	16:06:22	16:06:29	0:00:38
69	17-ene.-24	16:06:29	16:06:34	16:06:41	16:06:47	16:06:56	16:07:03	16:07:10	0:00:41
70	17-ene.-24	16:07:10	16:07:15	16:07:19	16:07:24	16:07:33	16:07:40	16:07:47	0:00:37
71	18-ene.-24	8:10:15	8:10:20	8:10:27	8:10:33	8:10:42	8:10:49	8:10:56	0:00:41
72	18-ene.-24	8:10:56	8:11:01	8:11:08	8:11:14	8:11:23	8:11:30	8:11:37	0:00:41
73	18-ene.-24	8:11:37	8:11:42	8:11:49	8:11:55	8:12:04	8:12:11	8:12:18	0:00:41
74	18-ene.-24	8:12:18	8:12:23	8:12:30	8:12:36	8:12:45	8:12:52	8:12:59	0:00:41
75	18-ene.-24	8:12:59	8:13:04	8:13:11	8:13:17	8:13:26	8:13:33	8:13:40	0:00:41
76	18-ene.-24	8:13:40	8:13:45	8:13:49	8:13:55	8:14:04	8:14:11	8:14:18	0:00:38
77	18-ene.-24	8:14:18	8:14:23	8:14:26	8:14:32	8:14:41	8:14:48	8:14:55	0:00:37
78	18-ene.-24	8:14:55	8:15:00	8:15:04	8:15:10	8:15:19	8:15:26	8:15:33	0:00:38

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
79	18-ene.-24	8:15:33	8:15:38	8:15:41	8:15:47	8:15:56	8:16:03	8:16:10	0:00:37
80	18-ene.-24	8:16:10	8:16:15	8:16:19	8:16:25	8:16:34	8:16:41	8:16:48	0:00:38
81	5-feb.-24	9:30:12	9:30:17	9:30:24	9:30:28	9:30:33	9:30:40	9:30:47	0:00:35
82	5-feb.-24	9:30:47	9:30:52	9:30:59	9:31:05	9:31:08	9:31:15	9:31:22	0:00:35
83	5-feb.-24	9:31:22	9:31:27	9:31:34	9:31:40	9:31:49	9:31:56	9:32:03	0:00:41
84	5-feb.-24	9:32:03	9:32:08	9:32:15	9:32:18	9:32:27	9:32:34	9:32:41	0:00:38
85	5-feb.-24	9:32:41	9:32:46	9:32:52	9:32:58	9:33:07	9:33:14	9:33:21	0:00:40
86	5-feb.-24	9:33:21	9:33:26	9:33:33	9:33:39	9:33:48	9:33:55	9:34:02	0:00:41
87	5-feb.-24	9:34:02	9:34:07	9:34:14	9:34:20	9:34:24	9:34:31	9:34:38	0:00:36
88	5-feb.-24	9:30:16	9:30:21	9:30:21	9:30:25	9:30:29	9:30:35	9:30:40	0:00:24
89	5-feb.-24	9:30:40	9:30:45	9:30:52	9:30:58	9:31:07	9:31:14	9:31:21	0:00:41
90	5-feb.-24	9:31:21	9:31:26	9:31:33	9:31:39	9:31:43	9:31:50	9:31:57	0:00:36
91	6-feb.-24	14:30:41	14:30:46	14:30:53	14:30:59	14:31:02	14:31:09	14:31:16	0:00:35
92	6-feb.-24	14:31:16	14:31:21	14:31:28	14:31:34	14:31:43	14:31:50	14:31:57	0:00:41
93	6-feb.-24	14:31:57	14:32:02	14:32:09	14:32:15	14:32:24	14:32:31	14:32:38	0:00:41
94	6-feb.-24	14:32:38	14:32:41	14:32:48	14:32:54	14:33:03	14:33:10	14:33:17	0:00:39
95	6-feb.-24	14:33:17	14:33:22	14:33:29	14:33:35	14:33:40	14:33:47	14:33:54	0:00:37
96	6-feb.-24	14:33:54	14:33:59	14:34:06	14:34:12	14:34:15	14:34:22	14:34:29	0:00:35
97	6-feb.-24	14:34:29	14:34:34	14:34:41	14:34:47	14:34:52	14:34:59	14:35:06	0:00:37
98	6-feb.-24	14:35:06	14:35:11	14:35:18	14:35:24	14:35:33	14:35:40	14:35:47	0:00:41

 CORPORACIÓN L&J E.I.R.L.			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial			
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana			
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³			
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo			
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío	
99	6-feb.-24	14:35:47	14:35:52	14:35:59	14:36:05	14:36:09	14:36:16	14:36:23	0:00:36	
100	6-feb.-24	14:36:23	14:36:28	14:36:35	14:36:41	14:36:50	14:36:54	14:37:01	0:00:38	
101	7-feb.-24	8:15:27	8:15:32	8:15:39	8:15:45	8:15:48	8:15:55	8:16:02	0:00:35	
102	7-feb.-24	8:16:02	8:16:07	8:16:14	8:16:20	8:16:29	8:16:36	8:16:43	0:00:41	
103	7-feb.-24	8:16:43	8:16:48	8:16:51	8:16:57	8:17:06	8:17:11	8:17:18	0:00:35	
104	7-feb.-24	8:17:18	8:17:23	8:17:30	8:17:36	8:17:40	8:17:47	8:17:54	0:00:36	
105	7-feb.-24	8:17:54	8:17:59	8:18:06	8:18:10	8:18:19	8:18:26	8:18:33	0:00:39	
106	7-feb.-24	8:18:33	8:18:38	8:18:45	8:18:51	8:19:00	8:19:07	8:19:14	0:00:41	
107	7-feb.-24	8:19:14	8:19:19	8:19:26	8:19:32	8:19:35	8:19:42	8:19:49	0:00:35	
108	7-feb.-24	8:19:49	8:19:54	8:20:01	8:20:07	8:20:11	8:20:18	8:20:25	0:00:36	
109	7-feb.-24	8:20:25	8:20:30	8:20:37	8:20:43	8:20:46	8:20:53	8:21:00	0:00:35	
110	7-feb.-24	8:21:00	8:21:05	8:21:12	8:21:18	8:21:22	8:21:29	8:21:36	0:00:36	
111	8-feb.-24	14:15:27	14:15:32	14:15:39	14:15:45	14:15:54	14:16:01	14:16:08	0:00:41	
112	8-feb.-24	14:16:08	14:16:13	14:16:20	14:16:26	14:16:35	14:16:42	14:16:49	0:00:41	
113	8-feb.-24	14:16:49	14:16:54	14:17:01	14:17:07	14:17:16	14:17:23	14:17:30	0:00:41	
114	8-feb.-24	14:17:30	14:17:35	14:17:42	14:17:48	14:17:51	14:17:58	14:18:05	0:00:35	
115	8-feb.-24	14:18:05	14:18:10	14:18:17	14:18:23	14:18:32	14:18:39	14:18:46	0:00:41	
116	8-feb.-24	14:18:46	14:18:51	14:18:58	14:19:04	14:19:13	14:19:17	14:19:24	0:00:38	
117	8-feb.-24	14:19:24	14:19:29	14:19:36	14:19:42	14:19:51	14:19:58	14:20:05	0:00:41	
118	8-feb.-24	14:20:05	14:20:10	14:20:17	14:20:23	14:20:27	14:20:34	14:20:41	0:00:36	

 CORPORACIÓN L&J E.I.R.L.			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
119	8-feb.-24	14:20:41	14:20:46	14:20:53	14:20:59	14:21:08	14:21:15	14:21:22	0:00:41
120	8-feb.-24	14:21:22	14:21:27	14:21:30	14:21:36	14:21:45	14:21:52	14:21:59	0:00:37
121	12-feb.-24	10:35:32	10:35:37	10:35:44	10:35:50	10:35:53	10:36:00	10:36:07	0:00:35
122	12-feb.-24	10:36:07	10:36:12	10:36:19	10:36:25	10:36:34	10:36:41	10:36:48	0:00:41
123	12-feb.-24	10:36:48	10:36:53	10:37:00	10:37:06	10:37:15	10:37:20	10:37:27	0:00:39
124	12-feb.-24	10:37:27	10:37:32	10:37:39	10:37:45	10:37:54	10:38:01	10:38:08	0:00:41
125	12-feb.-24	10:38:08	10:38:13	10:38:20	10:38:26	10:38:31	10:38:38	10:38:45	0:00:37
126	12-feb.-24	10:38:45	10:38:50	10:38:57	10:39:03	10:39:12	10:39:19	10:39:22	0:00:37
127	12-feb.-24	10:39:22	10:39:27	10:39:34	10:39:40	10:39:49	10:39:56	10:40:03	0:00:41
128	12-feb.-24	10:40:03	10:40:08	10:40:15	10:40:21	10:40:30	10:40:35	10:40:42	0:00:39
129	12-feb.-24	10:40:42	10:40:47	10:40:54	10:41:00	10:41:09	10:41:16	10:41:23	0:00:41
130	12-feb.-24	10:41:23	10:41:28	10:41:35	10:41:41	10:41:50	10:41:55	10:42:02	0:00:39
131	13-feb.-24	9:22:35	9:22:40	9:22:47	9:22:53	9:22:59	9:23:06	9:23:13	0:00:38
132	13-feb.-24	9:23:13	9:23:18	9:23:25	9:23:31	9:23:40	9:23:47	9:23:54	0:00:41
133	13-feb.-24	9:23:54	9:23:59	9:24:06	9:24:12	9:24:21	9:24:28	9:24:35	0:00:41
134	13-feb.-24	9:24:35	9:24:40	9:24:47	9:24:53	9:25:02	9:25:06	9:25:13	0:00:38
135	13-feb.-24	9:25:13	9:25:18	9:25:25	9:25:31	9:25:40	9:25:45	9:25:52	0:00:39
136	13-feb.-24	9:25:52	9:25:57	9:26:04	9:26:10	9:26:19	9:26:26	9:26:33	0:00:41
137	13-feb.-24	9:26:33	9:26:38	9:26:45	9:26:51	9:27:00	9:27:07	9:27:11	0:00:38
138	13-feb.-24	9:27:11	9:27:16	9:27:23	9:27:29	9:27:38	9:27:45	9:27:48	0:00:37

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
139	13-feb.-24	9:27:48	9:27:53	9:28:00	9:28:06	9:28:15	9:28:22	9:28:29	0:00:41
140	13-feb.-24	9:28:29	9:28:34	9:28:41	9:28:47	9:28:56	9:29:01	9:29:08	0:00:39
141	14-feb.-24	11:10:33	11:10:38	11:10:45	11:10:51	11:10:55	11:11:02	11:11:09	0:00:36
142	14-feb.-24	11:11:09	11:11:14	11:11:21	11:11:27	11:11:36	11:11:43	11:11:50	0:00:41
143	14-feb.-24	11:11:50	11:11:55	11:12:02	11:12:08	11:12:17	11:12:21	11:12:28	0:00:38
144	14-feb.-24	11:12:28	11:12:33	11:12:40	11:12:46	11:12:55	11:13:02	11:13:09	0:00:41
145	14-feb.-24	11:13:09	11:13:14	11:13:21	11:13:27	11:13:36	11:13:41	11:13:48	0:00:39
146	14-feb.-24	11:13:48	11:13:53	11:14:00	11:14:05	11:14:14	11:14:21	11:14:28	0:00:40
147	14-feb.-24	11:14:28	11:14:33	11:14:40	11:14:43	11:14:52	11:14:59	11:15:06	0:00:38
148	14-feb.-24	11:15:06	11:15:11	11:15:18	11:15:24	11:15:33	11:15:40	11:15:47	0:00:41
149	14-feb.-24	11:15:47	11:15:52	11:15:59	11:16:05	11:16:14	11:16:19	11:16:26	0:00:39
150	14-feb.-24	11:16:26	11:16:31	11:16:38	11:16:44	11:16:53	11:17:00	11:17:07	0:00:41
151	15-feb.-24	8:30:12	8:30:17	8:30:21	8:30:27	8:30:36	8:30:43	8:30:50	0:00:38
152	15-feb.-24	8:30:50	8:30:55	8:31:02	8:31:08	8:31:17	8:31:22	8:31:29	0:00:39
153	15-feb.-24	8:31:29	8:31:34	8:31:41	8:31:47	8:31:56	8:32:03	8:32:10	0:00:41
154	15-feb.-24	8:32:10	8:32:15	8:32:22	8:32:27	8:32:36	8:32:43	8:32:50	0:00:40
155	15-feb.-24	8:32:50	8:32:55	8:33:01	8:33:07	8:33:16	8:33:20	8:33:27	0:00:37
156	15-feb.-24	8:33:27	8:33:32	8:33:39	8:33:45	8:33:54	8:34:01	8:34:08	0:00:41
157	15-feb.-24	8:34:08	8:34:13	8:34:20	8:34:26	8:34:30	8:34:37	8:34:44	0:00:36
158	15-feb.-24	8:34:44	8:34:49	8:34:56	8:35:02	8:35:05	8:35:12	8:35:19	0:00:35

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
159	15-feb.-24	8:35:19	8:35:24	8:35:31	8:35:37	8:35:46	8:35:53	8:36:00	0:00:41
160	15-feb.-24	8:36:00	8:36:05	8:36:12	8:36:18	8:36:21	8:36:28	8:36:35	0:00:35
161	18-mar.-24	10:20:15	10:20:20	10:20:27	10:20:33	10:20:42	10:20:49	10:20:56	0:00:41
162	18-mar.-24	10:20:56	10:21:01	10:21:08	10:21:14	10:21:23	10:21:30	10:21:37	0:00:41
163	18-mar.-24	10:21:37	10:21:42	10:21:49	10:21:55	10:22:04	10:22:11	10:22:18	0:00:41
164	18-mar.-24	10:22:18	10:22:23	10:22:30	10:22:36	10:22:45	10:22:52	10:22:59	0:00:41
165	18-mar.-24	10:22:59	10:23:04	10:23:11	10:23:17	10:23:26	10:23:33	10:23:40	0:00:41
166	18-mar.-24	10:23:40	10:23:45	10:23:49	10:23:55	10:24:04	10:24:11	10:24:18	0:00:38
167	18-mar.-24	10:24:18	10:24:23	10:24:26	10:24:32	10:24:41	10:24:48	10:24:55	0:00:37
168	18-mar.-24	10:24:55	10:25:00	10:25:04	10:25:10	10:25:19	10:25:26	10:25:33	0:00:38
169	18-mar.-24	10:25:33	10:25:38	10:25:41	10:25:47	10:25:56	10:26:03	10:26:10	0:00:37
170	18-mar.-24	10:26:10	10:26:15	10:26:19	10:26:25	10:26:34	10:26:41	10:26:48	0:00:38
171	19-mar.-24	16:15:10	16:15:15	16:15:22	16:15:28	16:15:37	16:15:44	16:15:51	0:00:41
172	19-mar.-24	16:15:51	16:15:56	16:16:03	16:16:09	16:16:18	16:16:25	16:16:29	0:00:38
173	19-mar.-24	16:16:29	16:16:34	16:16:41	16:16:47	16:16:56	16:17:03	16:17:07	0:00:38
174	19-mar.-24	16:17:07	16:17:12	16:17:19	16:17:25	16:17:34	16:17:41	16:17:48	0:00:41
175	19-mar.-24	16:17:48	16:17:53	16:18:00	16:18:06	16:18:15	16:18:22	16:18:29	0:00:41
176	19-mar.-24	16:18:29	16:18:34	16:18:41	16:18:47	16:18:56	16:19:03	16:19:10	0:00:41
177	19-mar.-24	16:19:10	16:19:15	16:19:22	16:19:28	16:19:37	16:19:44	16:19:51	0:00:41
178	19-mar.-24	16:19:51	16:19:56	16:20:00	16:20:06	16:20:15	16:20:22	16:20:29	0:00:38

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
179	19-mar.-24	16:20:29	16:20:34	16:20:41	16:20:47	16:20:56	16:21:03	16:21:10	0:00:41
180	19-mar.-24	16:21:10	16:21:15	16:21:19	16:21:25	16:21:34	16:21:41	16:21:48	0:00:38
181	20-mar.-24	11:20:15	11:20:20	11:20:27	11:20:33	11:20:42	11:20:44	11:20:51	0:00:36
182	20-mar.-24	11:20:51	11:20:56	11:20:59	11:21:05	11:21:14	11:21:21	11:21:28	0:00:37
183	20-mar.-24	11:21:28	11:21:33	11:21:40	11:21:46	11:21:55	11:22:02	11:22:09	0:00:41
184	20-mar.-24	11:22:09	11:22:14	11:22:21	11:22:27	11:22:36	11:22:43	11:22:50	0:00:41
185	20-mar.-24	11:22:50	11:22:55	11:23:02	11:23:08	11:23:17	11:23:24	11:23:31	0:00:41
186	20-mar.-24	11:23:31	11:23:36	11:23:40	11:23:46	11:23:55	11:24:02	11:24:09	0:00:38
187	20-mar.-24	11:24:09	11:24:14	11:24:17	11:24:23	11:24:32	11:24:39	11:24:46	0:00:37
188	20-mar.-24	11:24:46	11:24:51	11:24:55	11:25:01	11:25:10	11:25:17	11:25:24	0:00:38
189	20-mar.-24	11:25:24	11:25:29	11:25:32	11:25:38	11:25:47	11:25:54	11:26:01	0:00:37
190	20-mar.-24	11:26:01	11:26:06	11:26:10	11:26:16	11:26:25	11:26:32	11:26:39	0:00:38
191	21-mar.-24	17:15:03	17:15:08	17:15:15	17:15:21	17:15:30	17:15:37	17:15:44	0:00:41
192	21-mar.-24	17:15:44	17:15:49	17:15:56	17:16:02	17:16:11	17:16:18	17:16:22	0:00:38
193	21-mar.-24	17:16:22	17:16:27	17:16:34	17:16:40	17:16:49	17:16:56	17:17:00	0:00:38
194	21-mar.-24	17:17:00	17:17:05	17:17:12	17:17:18	17:17:27	17:17:34	17:17:41	0:00:41
195	21-mar.-24	17:17:41	17:17:46	17:17:53	17:17:59	17:18:08	17:18:15	17:18:22	0:00:41
196	21-mar.-24	17:18:22	17:18:27	17:18:34	17:18:40	17:18:49	17:18:56	17:19:03	0:00:41
197	21-mar.-24	17:19:03	17:19:08	17:19:15	17:19:21	17:19:30	17:19:37	17:19:44	0:00:41
198	21-mar.-24	17:19:44	17:19:49	17:19:53	17:19:59	17:20:08	17:20:15	17:20:22	0:00:38

 CORPORACIÓN L&J E.I.R.L.			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial			
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana			
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³			
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo			
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío	
199	21-mar.-24	17:20:22	17:20:27	17:20:34	17:20:40	17:20:49	17:20:56	17:21:03	0:00:41	
200	21-mar.-24	17:21:03	17:21:08	17:21:12	17:21:18	17:21:27	17:21:34	17:21:41	0:00:38	
201	25-mar.-24	9:03:54	9:03:59	9:04:06	9:04:12	9:04:21	9:04:28	9:04:35	0:00:41	
202	25-mar.-24	9:04:35	9:04:40	9:04:47	9:04:53	9:05:02	9:05:09	9:05:16	0:00:41	
203	25-mar.-24	9:05:16	9:05:21	9:05:28	9:05:34	9:05:43	9:05:50	9:05:57	0:00:41	
204	25-mar.-24	9:05:57	9:06:02	9:06:09	9:06:15	9:06:24	9:06:31	9:06:38	0:00:41	
205	25-mar.-24	9:06:38	9:06:43	9:06:50	9:06:56	9:07:05	9:07:12	9:07:19	0:00:41	
206	25-mar.-24	9:07:19	9:07:24	9:07:28	9:07:34	9:07:43	9:07:50	9:07:57	0:00:38	
207	25-mar.-24	9:07:57	9:08:02	9:08:05	9:08:11	9:08:20	9:08:27	9:08:34	0:00:37	
208	25-mar.-24	9:08:34	9:08:39	9:08:43	9:08:49	9:08:58	9:09:05	9:09:12	0:00:38	
209	25-mar.-24	9:09:12	9:09:17	9:09:20	9:09:26	9:09:35	9:09:42	9:09:49	0:00:37	
210	25-mar.-24	9:09:49	9:09:54	9:09:58	9:10:04	9:10:13	9:10:20	9:10:27	0:00:38	
211	26-mar.-24	14:36:45	14:36:50	14:36:57	14:37:03	14:37:12	14:37:19	14:37:26	0:00:41	
212	26-mar.-24	14:37:26	14:37:31	14:37:38	14:37:44	14:37:53	14:38:00	14:38:04	0:00:38	
213	26-mar.-24	14:38:04	14:38:09	14:38:16	14:38:22	14:38:31	14:38:38	14:38:42	0:00:38	
214	26-mar.-24	14:38:42	14:38:47	14:38:54	14:39:00	14:39:09	14:39:16	14:39:23	0:00:41	
215	26-mar.-24	14:39:23	14:39:28	14:39:35	14:39:41	14:39:50	14:39:57	14:40:04	0:00:41	
216	26-mar.-24	14:40:04	14:40:09	14:40:16	14:40:22	14:40:31	14:40:38	14:40:45	0:00:41	
217	26-mar.-24	14:40:45	14:40:50	14:40:57	14:41:03	14:41:12	14:41:19	14:41:26	0:00:41	
218	26-mar.-24	14:41:26	14:41:31	14:41:35	14:41:41	14:41:50	14:41:57	14:42:04	0:00:38	

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
219	26-mar.-24	14:42:04	14:42:09	14:42:16	14:42:22	14:42:31	14:42:38	14:42:45	0:00:41
220	26-mar.-24	14:42:45	14:42:50	14:42:54	14:43:00	14:43:09	14:43:16	14:43:23	0:00:38
221	27-mar.-24	8:21:17	8:21:21	8:21:28	8:21:34	8:21:43	8:21:50	8:21:57	0:00:40
222	27-mar.-24	8:21:57	8:22:02	8:22:09	8:22:15	8:22:24	8:22:31	8:22:38	0:00:41
223	27-mar.-24	8:22:38	8:22:43	8:22:50	8:22:56	8:23:05	8:23:12	8:23:19	0:00:41
224	27-mar.-24	8:23:19	8:23:24	8:23:31	8:23:37	8:23:46	8:23:53	8:24:00	0:00:41
225	27-mar.-24	8:24:00	8:24:05	8:24:12	8:24:18	8:24:27	8:24:34	8:24:41	0:00:41
226	27-mar.-24	8:24:41	8:24:46	8:24:50	8:24:56	8:25:05	8:25:12	8:25:19	0:00:38
227	27-mar.-24	8:25:19	8:25:24	8:25:27	8:25:33	8:25:42	8:25:49	8:25:56	0:00:37
228	27-mar.-24	8:25:56	8:26:01	8:26:05	8:26:11	8:26:20	8:26:27	8:26:34	0:00:38
229	27-mar.-24	8:26:34	8:26:39	8:26:44	8:26:50	8:26:59	8:27:06	8:27:13	0:00:39
230	27-mar.-24	8:27:13	8:27:18	8:27:22	8:27:28	8:27:37	8:27:44	8:27:51	0:00:38
231	28-mar.-24	14:00:21	14:00:26	14:00:33	14:00:39	14:00:48	14:00:55	14:01:02	0:00:41
232	28-mar.-24	14:01:02	14:01:07	14:01:14	14:01:20	14:01:29	14:01:36	14:01:40	0:00:38
233	28-mar.-24	14:01:40	14:01:45	14:01:52	14:01:58	14:02:07	14:02:14	14:02:18	0:00:38
234	28-mar.-24	14:02:18	14:02:23	14:02:30	14:02:36	14:02:45	14:02:52	14:02:59	0:00:41
235	28-mar.-24	14:02:59	14:03:04	14:03:11	14:03:17	14:03:26	14:03:33	14:03:40	0:00:41
236	28-mar.-24	14:03:40	14:03:45	14:03:52	14:03:58	14:04:07	14:04:14	14:04:21	0:00:41
237	28-mar.-24	14:04:21	14:04:26	14:04:33	14:04:39	14:04:48	14:04:55	14:05:02	0:00:41
238	28-mar.-24	14:05:02	14:05:07	14:05:11	14:05:17	14:05:26	14:05:33	14:05:40	0:00:38

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
239	28-mar.-24	14:05:40	14:05:45	14:05:52	14:05:58	14:06:07	14:06:14	14:06:21	0:00:41
240	28-mar.-24	14:06:21	14:06:26	14:06:30	14:06:36	14:06:45	14:06:52	14:06:59	0:00:38
241	8-abr.-24	10:14:05	10:14:11	10:14:18	10:14:24	10:14:33	10:14:40	10:14:47	0:00:42
242	8-abr.-24	10:14:47	10:14:52	10:14:59	10:15:05	10:15:14	10:15:21	10:15:28	0:00:41
243	8-abr.-24	10:15:28	10:15:33	10:15:40	10:15:46	10:15:55	10:16:02	10:16:09	0:00:41
244	8-abr.-24	10:16:09	10:16:14	10:16:21	10:16:27	10:16:36	10:16:43	10:16:50	0:00:41
245	8-abr.-24	10:16:50	10:16:55	10:17:02	10:17:07	10:17:16	10:17:23	10:17:30	0:00:40
246	8-abr.-24	10:17:30	10:17:35	10:17:39	10:17:45	10:17:54	10:18:01	10:18:08	0:00:38
247	8-abr.-24	10:18:08	10:18:13	10:18:16	10:18:22	10:18:31	10:18:38	10:18:45	0:00:37
248	8-abr.-24	10:18:45	10:18:50	10:18:55	10:19:01	10:19:10	10:19:17	10:19:24	0:00:39
249	8-abr.-24	10:19:24	10:19:29	10:19:32	10:19:38	10:19:47	10:19:54	10:20:01	0:00:37
250	8-abr.-24	10:20:01	10:20:06	10:20:13	10:20:19	10:20:28	10:20:35	10:20:42	0:00:41
251	9-abr.-24	15:20:10	15:20:15	15:20:22	15:20:28	15:20:37	15:20:44	15:20:51	0:00:41
252	9-abr.-24	15:20:51	15:20:56	15:21:03	15:21:09	15:21:18	15:21:25	15:21:29	0:00:38
253	9-abr.-24	15:21:29	15:21:34	15:21:41	15:21:47	15:21:56	15:22:03	15:22:07	0:00:38
254	9-abr.-24	15:22:07	15:22:12	15:22:19	15:22:25	15:22:34	15:22:41	15:22:48	0:00:41
255	9-abr.-24	15:22:48	15:22:53	15:23:00	15:23:06	15:23:15	15:23:22	15:23:29	0:00:41
256	9-abr.-24	15:23:29	15:23:34	15:23:41	15:23:47	15:23:56	15:24:03	15:24:10	0:00:41
257	9-abr.-24	15:24:10	15:24:15	15:24:22	15:24:28	15:24:37	15:24:44	15:24:51	0:00:41
258	9-abr.-24	15:24:51	15:24:56	15:25:00	15:25:06	15:25:15	15:25:22	15:25:29	0:00:38



			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial			
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana			
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³			
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo			
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retrocreso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío	
259	9-abr.-24	15:25:29	15:25:34	15:25:41	15:25:47	15:25:56	15:26:03	15:26:10	0:00:41	
260	9-abr.-24	15:26:10	15:26:15	15:26:19	15:26:25	15:26:34	15:26:41	15:26:48	0:00:38	
261	10-abr.-24	8:45:10	8:45:16	8:45:23	8:45:29	8:45:38	8:45:45	8:45:52	0:00:42	
262	10-abr.-24	8:45:52	8:45:57	8:46:04	8:46:10	8:46:19	8:46:26	8:46:33	0:00:41	
263	10-abr.-24	8:46:33	8:46:38	8:46:45	8:46:51	8:47:00	8:47:07	8:47:14	0:00:41	
264	10-abr.-24	8:47:14	8:47:19	8:47:26	8:47:32	8:47:41	8:47:48	8:47:55	0:00:41	
265	10-abr.-24	8:47:55	8:48:00	8:48:07	8:48:12	8:48:21	8:48:28	8:48:35	0:00:40	
266	10-abr.-24	8:48:35	8:48:40	8:48:44	8:48:50	8:48:59	8:49:06	8:49:13	0:00:38	
267	10-abr.-24	8:49:13	8:49:18	8:49:21	8:49:27	8:49:36	8:49:43	8:49:50	0:00:37	
268	10-abr.-24	8:49:50	8:49:55	8:49:59	8:50:05	8:50:14	8:50:21	8:50:28	0:00:38	
269	10-abr.-24	8:50:28	8:50:33	8:50:36	8:50:42	8:50:51	8:50:58	8:51:05	0:00:37	
270	10-abr.-24	8:51:05	8:51:10	8:51:17	8:51:23	8:51:32	8:51:39	8:51:46	0:00:41	
271	11-abr.-24	16:02:02	16:02:07	16:02:14	16:02:20	16:02:29	16:02:36	16:02:43	0:00:41	
272	11-abr.-24	16:02:43	16:02:48	16:02:55	16:03:01	16:03:10	16:03:17	16:03:21	0:00:38	
273	11-abr.-24	16:03:21	16:03:26	16:03:33	16:03:39	16:03:48	16:03:55	16:03:59	0:00:38	
274	11-abr.-24	16:03:59	16:04:04	16:04:11	16:04:17	16:04:26	16:04:33	16:04:40	0:00:41	
275	11-abr.-24	16:04:40	16:04:45	16:04:52	16:04:58	16:05:07	16:05:14	16:05:21	0:00:41	
276	11-abr.-24	16:05:21	16:05:26	16:05:33	16:05:39	16:05:48	16:05:55	16:06:02	0:00:41	
277	11-abr.-24	16:06:02	16:06:07	16:06:14	16:06:20	16:06:29	16:06:36	16:06:43	0:00:41	
278	11-abr.-24	16:06:43	16:06:48	16:06:52	16:06:58	16:07:07	16:07:14	16:07:21	0:00:38	

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial			
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana			
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³			
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo			
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío	
279	11-abr.-24	16:07:21	16:07:26	16:07:33	16:07:39	16:07:48	16:07:55	16:08:02	0:00:41	
280	11-abr.-24	16:08:02	16:08:07	16:08:11	16:08:17	16:08:26	16:08:33	16:08:40	0:00:38	
281	15-abr.-24	8:10:40	8:10:46	8:10:53	8:10:59	8:11:08	8:11:15	8:11:22	0:00:42	
282	15-abr.-24	8:11:22	8:11:27	8:11:34	8:11:40	8:11:49	8:11:56	8:12:03	0:00:41	
283	15-abr.-24	8:12:03	8:12:08	8:12:15	8:12:21	8:12:30	8:12:37	8:12:44	0:00:41	
284	15-abr.-24	8:12:44	8:12:49	8:12:56	8:13:02	8:13:11	8:13:18	8:13:25	0:00:41	
285	15-abr.-24	8:13:25	8:13:30	8:13:37	8:13:42	8:13:51	8:13:58	8:14:05	0:00:40	
286	15-abr.-24	8:14:05	8:14:10	8:14:14	8:14:20	8:14:29	8:14:36	8:14:43	0:00:38	
287	15-abr.-24	8:14:43	8:14:48	8:14:51	8:14:57	8:15:06	8:15:13	8:15:20	0:00:37	
288	15-abr.-24	8:15:20	8:15:25	8:15:29	8:15:35	8:15:44	8:15:51	8:15:58	0:00:38	
289	15-abr.-24	8:15:58	8:16:03	8:16:07	8:16:13	8:16:22	8:16:24	8:16:31	0:00:33	
290	15-abr.-24	8:16:31	8:16:36	8:16:39	8:16:45	8:16:54	8:17:01	8:17:08	0:00:37	
291	16-abr.-24	14:21:05	14:21:10	14:21:17	14:21:23	14:21:32	14:21:39	14:21:46	0:00:41	
292	16-abr.-24	14:21:46	14:21:51	14:21:58	14:22:04	14:22:13	14:22:20	14:22:24	0:00:38	
293	16-abr.-24	14:22:24	14:22:29	14:22:36	14:22:42	14:22:51	14:22:58	14:23:02	0:00:38	
294	16-abr.-24	14:23:02	14:23:07	14:23:14	14:23:20	14:23:29	14:23:36	14:23:43	0:00:41	
295	16-abr.-24	14:23:43	14:23:48	14:23:55	14:24:01	14:24:10	14:24:17	14:24:24	0:00:41	
296	16-abr.-24	14:24:24	14:24:29	14:24:36	14:24:42	14:24:51	14:24:58	14:25:05	0:00:41	
297	16-abr.-24	14:25:05	14:25:10	14:25:17	14:25:23	14:25:32	14:25:39	14:25:46	0:00:41	
298	16-abr.-24	14:25:46	14:25:51	14:25:55	14:26:01	14:26:10	14:26:17	14:26:24	0:00:38	

			Proyecto: Cunyac Este				Minería: Superficial		
			Provincia: Santa Cruz				Mineral: Puzolana		
			Distrito: Sexi				Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³		
			Centro Poblado: Cunyac				Destino: Pacasmayo		
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
299	16-abr.-24	14:26:24	14:26:29	14:26:36	14:26:42	14:26:51	14:26:58	14:27:05	0:00:41
300	16-abr.-24	14:27:05	14:27:10	14:27:14	14:27:20	14:27:29	14:27:36	14:27:43	0:00:38
301	17-abr.-24	8:15:33	8:15:39	8:15:46	8:15:52	8:16:01	8:16:08	8:16:15	0:00:42
302	17-abr.-24	8:16:15	8:16:20	8:16:27	8:16:33	8:16:39	8:16:46	8:16:53	0:00:38
303	17-abr.-24	8:16:53	8:16:58	8:17:05	8:17:11	8:17:20	8:17:27	8:17:34	0:00:41
304	17-abr.-24	8:17:34	8:17:39	8:17:46	8:17:52	8:18:01	8:18:08	8:18:15	0:00:41
305	17-abr.-24	8:18:15	8:18:20	8:18:27	8:18:32	8:18:41	8:18:48	8:18:55	0:00:40
306	17-abr.-24	8:18:55	8:19:00	8:19:04	8:19:10	8:19:19	8:19:26	8:19:33	0:00:38
307	17-abr.-24	8:19:33	8:19:38	8:19:41	8:19:47	8:19:56	8:20:03	8:20:10	0:00:37
308	17-abr.-24	8:20:10	8:20:15	8:20:19	8:20:25	8:20:34	8:20:41	8:20:48	0:00:38
309	17-abr.-24	8:20:48	8:20:53	8:20:56	8:21:02	8:21:11	8:21:18	8:21:25	0:00:37
310	17-abr.-24	8:21:25	8:21:30	8:21:33	8:21:39	8:21:43	8:21:50	8:21:57	0:00:32
311	18-abr.-24	14:01:40	14:01:45	14:01:52	14:01:58	14:02:07	14:02:14	14:02:21	0:00:41
312	18-abr.-24	14:02:21	14:02:26	14:02:33	14:02:39	14:02:48	14:02:55	14:02:59	0:00:38
313	18-abr.-24	14:02:59	14:03:04	14:03:11	14:03:17	14:03:26	14:03:33	14:03:37	0:00:38
314	18-abr.-24	14:03:37	14:03:42	14:03:49	14:03:55	14:04:04	14:04:11	14:04:18	0:00:41
315	18-abr.-24	14:04:18	14:04:23	14:04:30	14:04:36	14:04:45	14:04:52	14:04:59	0:00:41
316	18-abr.-24	14:04:59	14:05:04	14:05:11	14:05:17	14:05:26	14:05:33	14:05:40	0:00:41
317	18-abr.-24	14:05:40	14:05:45	14:05:52	14:05:58	14:06:07	14:06:14	14:06:21	0:00:41
318	18-abr.-24	14:06:21	14:06:26	14:06:30	14:06:36	14:06:45	14:06:52	14:06:59	0:00:38

			Proyecto: Cunyac Este		Minería: Superficial				
			Provincia: Santa Cruz		Mineral: Puzolana				
			Distrito: Sexi		Cap. Cargador Frontal: 3.0 m ³				
			Centro Poblado: Cunyac		Destino: Pacasmayo				
N°	Fecha	Inicio	Avance	Cuchareo	Retroceso	Avance	Llenado	Retorno	Ciclo del Carguío
319	18-abr.-24	14:06:59	14:07:04	14:07:11	14:07:17	14:07:26	14:07:33	14:07:40	0:00:41
320	18-abr.-24	14:07:40	14:07:45	14:07:49	14:07:55	14:08:04	14:08:11	14:08:18	0:00:38