

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables operacionales para el
mejoramiento de la producción en equipos de
carguío en minera Chinalco Perú S. A.**

Paul Huamani Huaman

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

A mi Dios, por guiarme en el camino de la rectitud y por estar en todo momento a mi lado, por guiarme en cada paso que doy y por darme el soporte emocional en todo momento.

A la empresa minera Chinalco Perú S. A. por otorgarme todas las facilidades para la realización de la presente tesis y mi desarrollo profesional, de igual manera al Ing. Javier Carlos Córdova Blancas por apoyarme en la realización del presente trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A mis padres, por el apoyo incondicional en la culminación de mi carrera, a la plana docente de la universidad Continental por todas sus enseñanzas y a mi esposa e hijos por su comprensión y apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1. Planteamiento del problema	18
1.1.2. Formulación del problema	19
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo general	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. Justificación e importancia	20
1.3.1. Justificación social - práctica	20
1.3.2. Justificación académica	20
1.3.3. Justificación económica	21
1.4. Hipótesis de la investigación	21
1.4.1. Hipótesis general	21
1.4.2. Hipótesis específicas	21
1.5. Identificación de las variables	21
1.5.1. Variable independiente	21
1.5.2. Variables dependientes	21
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes del problema	23
2.1.1. Antecedentes internacionales	23

2.1.2. Antecedentes nacionales	24
2.2. Generalidades de la minera Chinalco	25
2.2.1. Historia	25
2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades	25
2.3. Geología general	27
2.3.1. Geología regional	27
2.3.2. Geología estructural	31
2.3.3. Mineralización en el distrito de Morococha	35
2.4. Bases teóricas del estudio	36
2.4.1. Especificaciones técnicas de equipos de carguío	37
2.4.2. Plan de producción	42
2.4.3. Consideraciones de producción	43
2.4.4. Consideraciones de rendimientos de equipos de carguío.	46
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	53
3.1. Método y alcances de la investigación	53
3.1.1. Método de la investigación	53
3.1.2. Alcances de la investigación	54
3.2. Diseño de la investigación	54
3.2.1. Tipo de diseño de investigación	54
3.3. Población y muestra	55
3.3.1. Población	55
3.3.2. Muestra	55
3.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
3.3.4. Técnicas utilizadas en la recolección de datos	55
3.3.5. Instrumentos utilizados en la recolección de datos	55
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información	56
4.1.1. Análisis de la producción asociada a los equipos de carguío	56
4.1.2. Análisis del rendimiento de los equipos de carguío - variable disponibilidad	60
4.1.3. Análisis del rendimiento de los equipos de carguío – variable utilización.	65

4.1.4. Análisis de Pareto en los equipos de carguío -----	70
4.1.5. Análisis de tiempo de carguío en los cargadores y palas eléctricas -----	83
CONCLUSIONES -----	93
RECOMENDACIONES -----	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	97
ANEXOS-----	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables	22
Tabla 2. Ruta geográfica	25
Tabla 3. Capacidades, pesos y dimensiones operativas	37
Tabla 4. Rangos operacionales.....	38
Tabla 5. Dimensiones generales	38
Tabla 6. Especificaciones de pala de cuerda eléctrica 7495 HF.....	41
Tabla 7. Producción diaria de mineral considerando el destino a chancadora y stock Turno A, unidad minera Toromocho	44
Tabla 8. Producción diaria de mineral considerando el destino a chancadora y stock Turno B, unidad minera Toromocho	45
Tabla 9. Rendimiento de equipos de carguío, asociado a la disponibilidad mecánica y utilización, periodo 2020 UM Toromocho.....	47
Tabla 10. Pérdida de tiempos de equipos de carguío, periodo 2020 unidad minera Chinalco.....	49
Tabla 11. Diagrama de Pareto anual, considerando las diferentes actividades asociadas a los equipos de carguío, durante el periodo 2020	51
Tabla 12. Producción de mineral enviado a planta, asociado a los planes programado y ejecutado de mineral y toneladas métricas finas de Cu	57
Tabla 13. KPIs de mineral tratado, considerando sus leyes, recuperación, porcentaje de humedad y toneladas de cobre fino	58
Tabla 14. Disponibilidad mensual de los equipos de carguío CD101, CD103, PL001, PL002 y PL003 durante el periodo 2020	61
Tabla 15. Utilización mensual de los equipos de carguío CD101, CD103, PL001, PL002 y PL003 durante el periodo 2020	66
Tabla 16. Análisis de tiempos anual mediante el diagrama de Pareto de los equipos de carguío, periodo 2020	71
Tabla 17. Diagrama de Pareto del cargador CD101, periodo 2020	73
Tabla 18. Diagrama de Pareto del cargador CD101, periodo 2020	75
Tabla 19. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL001, periodo 2020	77

Tabla 20. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL002, periodo 2020	79
Tabla 21. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL003, periodo 2020	81
Tabla 22. Tiempo de carguío mensual de los equipos tipo cargador y pala eléctrica, periodo 2020	83
Tabla 23. Tiempo de carguío del cargador CD101, periodo 2020	85
Tabla 24. Tiempo de carguío del cargador CD103, periodo 2020	86
Tabla 25. Tiempo de carguío de la pala eléctrica PL001, periodo 2020.	88
Tabla 26. Tiempo de carguío de la pala eléctrica PL002, periodo 2020	89
Tabla 27. Tiempo de carguío de la pala eléctrica PL002, periodo 2020	91
Tabla 28. Tabla de variables	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina	26
Figura 2. Plano geológico regional	27
Figura 3. Geología regional	31
Figura 4. Plano geológico de Morococha	32
Figura 5. Plano estructural	32
Figura 6. Sección geológica 27W, mirando al oeste	35
Figura 7. Sección geológica 43N, mirando al norte	35
Figura 8. Cargador frontal – modelo LT2350.....	37
Figura 9. Palas eléctricas CAT – Modelo 7495 HF	39
Figura 10. Palas eléctricas CAT – Modelo 7495 HF	40
Figura 11. Palas de cable eléctrica - 7495 HF con Hydracrowd	40
Figura 12. Especificaciones de pala de cuerda eléctrica 7495 HF	42
Figura 13. Rendimiento de equipos de carguío, periodo 2020 de la unidad minera Toromocho.....	48
Figura 14. Pérdida de tiempos considerando demoras, mantenimiento y reserva, periodo 2020.....	49
Figura 15. Diagrama de Pareto anual, considerando las diferentes actividades asociadas a los equipos de carguío periodo 2020	52
Figura 16. Disponibilidad mensual del cargador CD101 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío.....	62
Figura 17. Disponibilidad mensual del cargador CD103 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío.....	63
Figura 18. Disponibilidad mensual de la pala eléctrica PL001 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío	63
Figura 19. Disponibilidad mensual de la pala eléctrica PL002 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío	64
Figura 20. Disponibilidad mensual de la pala eléctrica PL003 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío	64
Figura 21. Utilización mensual del cargador CD101 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío.....	67

Figura 22. Utilización mensual del cargador CD103 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío.....	68
Figura 23. Utilización mensual de la pala eléctrica PL001 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío	68
Figura 24. Utilización mensual de la pala eléctrica PL002 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío	69
Figura 25. Utilización mensual de la pala eléctrica PL002 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío	69
Figura 26. Diagrama de Pareto anual, equipos de carguío periodo 2020	72
Figura 27. Diagrama de Pareto del cargador CD101, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020	74
Figura 28. Diagrama de Pareto del cargador CD103, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020	76
Figura 29. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL001, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020	78
Figura 30. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL002, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020	80
Figura 31. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL003, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020	82
Figura 32. Comparativo de tiempo de carguío mensual de los equipos tipo cargador y pala eléctrica, periodo 2020	84
Figura 33. Análisis de tiempo de carguío del cargador CD101 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020.....	85
Figura 34. Análisis de tiempo de carguío del cargador CD103 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020.....	87
Figura 35. Análisis de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL001 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020	88
Figura 36. Análisis de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL002 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020	90
Figura 37. Análisis de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL003 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020	91
Figura 38. Plano en planta, operación mina	100

Figura 39. Plano en planta, litología	101
Figura 40. Plano en planta, alteración	102
Figura 41. Plano en planta, dureza	103
Figura 42. Equipo de carguío tipo cargador modelo Letourneau L2350	104
Figura 43. Equipo de carguío tipo pala eléctrica CAT 7495	104

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar las variables operacionales para la mejora de la producción en los equipos de carguío, como cargadores y palas eléctricas, evaluando analíticamente variables de disponibilidad mecánica y utilización, considerando el análisis de las diferentes actividades asociadas al rendimiento de los equipos mediante la herramienta de Pareto de la Minera Chinalco Perú S. A.

En el desarrollo de la presente tesis se aplicó el método analítico, considerando la investigación como alcance descriptivo - explicativo. El trabajo de investigación es de un nivel pre experimental, donde se observa los resultados de las diferentes variables operacionales y técnicas asociadas a los equipos de carguío para el mejoramiento de la producción. La recolección de datos fue el acopio de información mediante la revisión documentaria pertenecientes a la unidad minera. Para finalizar con el análisis de las variables de disponibilidad y utilización de los equipos de carguío (cargador y pala eléctrica) analizando las diferentes actividades que influyen directamente al rendimiento de los equipos de carguío.

El análisis del incremento de la producción mensual en planta programada de 605,290 toneladas, mejoró en 617,274 toneladas ejecutadas generando un incremento del 2 %, producto principalmente por la mejora de las variables de utilización y disponibilidad de los equipos de carguío durante el periodo 2020, teniendo en consideración las limitaciones operacionales producto de la pandemia generalizada en la industria en general.

Este mayor incremento de producción, se asocia a la mejora de la disponibilidad mecánica durante el segundo semestre de 83.81 % versus el 85.36 % del primer semestre, con una mejora del 1.55 %; asimismo, la mejora de la utilización de 78.46 % versus el 66.15 % en un 12.31 % en los mismos periodos analizados.

El análisis de Pareto identificó 8 actividades importantes que inciden el 80.42 % de problemas en las pérdidas de tiempo, el cual representa el 14.29 % de todas las actividades, siendo estas en orden de incidencia: falta de operador con 4,012.70 horas, mantenimiento correctivo con 3,139.55 horas, mantenimiento preventivo con 2,051.42 horas, cambio de turno con 1,622.88 horas, planeado con 828.31 horas, refrigerio con 674.36 horas, falta de chancadora con 619.46 horas y falta de volquetes con 583.89 horas.

Palabras clave: producción, diagrama de pareto, disponibilidad, utilización, demoras operativas, mantenimiento, reserva, etc.

ABSTRACT

The present research work whose objective is to analyze the operational variables for the improvement of production in loading equipment, such as chargers and electric shovels, analytically evaluating variables of mechanical availability and use, considering the analysis of the different activities associated with the performance of equipment using the Pareto tool of Minera Chinalco Peru SA

The development of this thesis was applied the analytical method, considering the research as a descriptive - explanatory scope. The research work is of a pre-experimental level, where the results of the different operational and technical variables associated with the loading equipment are observed for the improvement of production. The data collection was the collection of information through the documentary review belonging to the Mining Unit. Finally, with the analysis of the variables of availability and use of loading equipment (Loader and Electric Shovel), analyzing the different activities that directly influence the performance of loading equipment.

The analysis of the increase in monthly production in the scheduled plant of 605,290 tons, improved by 617,274 tons executed generating an increase of 2%, mainly due to the improvement of the variables of use and availability of the loading equipment during the 2020 period, having in consideration of the operational limitations resulting from the generalized pandemic in the industry in general.

This greater increase in production is associated with an improvement in mechanical availability during the second semester of 83.81% versus 85.36% in the first semester, with an improvement of 1.55%, as well as an improvement in utilization of 78.46% versus 66.15 % by 12.31% in the same periods analyzed.

The Pareto analysis identified 8 important activities that affect 80.42% of problems in lost time, which represents 14.29% of all activities, these being in order of incidence: lack of operator with 4,012.70 hours, corrective maintenance with

3,139.55 hours, preventive maintenance with 2,051.42 hours, shift change with 1,622.88 hours, planned with 828.31 hours, refreshment with 674.36 hours, lack of crusher with 619.46 hours and lack of dump trucks with 583.89 hours.

Keywords: production, pareto diagram, availability, utilization, operational delays, maintenance, reserve, etc.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación permite analizar las diferentes variables operacionales que influyen directamente en el rendimiento de los equipos de carguío. El estudio consiste en la evaluación de los diferentes indicadores de tiempo efectivo operacional, considerando los ítems de demoras operativas, reserva y mantenimiento de los equipos de carguío. El análisis de variables que inciden en la disponibilidad y utilización permitirá definir el rendimiento real de los equipos de carguío identificando posibles factores, etapas y procesos donde incide las mayores pérdidas de tiempo y su análisis correspondiente.

En la primera etapa buscaremos medir y analizar los rendimientos de los equipos de carguío como Palas CAT 7495 y Cargador LT 2350, considerando su disponibilidad mecánica y utilización operativa, analizando los tiempos en demoras operativas, tiempo de reserva y tiempo de mantenimiento.

En la segunda etapa caracterizaremos la pérdida de tiempos en función de sus principales actividades como cambio de turno, traslado de frente, falta de volquetes, cambio de operador, etc. mediante el análisis de Pareto. Para esto es necesario conocer la definición de tiempos. Finalmente, en la tercera etapa se analizará el tiempo de carguío, de los diferentes equipos de carguío.

Estos indicadores analizarán el comportamiento de los equipos de carguío y así tomar decisiones en la mejora de la producción. Los indicadores de productividad a ser evaluados son el de disponibilidad que está asociado al mantenimiento de equipos y de utilización que es de carácter operacional.

La idea de analizar las variables operacionales que inciden en la mejora de la productividad de equipos de carguío y por ende en la generación de programas de reducción de costos y optimización. Teniendo en consideración la medición periódica del rendimiento de los equipos y generar índices de productividad que mejoren el valor presente neto de la operación. El trabajo de investigación se describe de acuerdo a las diferentes etapas asociadas al tema de forma y de fondo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La industria minera es uno de los pilares de la economía del país, generando inversiones importantes en proyectos *greenfield* y *brownfield* en diferentes escalas. Estas inversiones se han centralizado en diversos *targets* de exploraciones y expansiones de proyectos en operación en el norte, centro y sur del territorio peruano.

Este mayor incremento de inversiones en minería durante las últimas décadas permitió mayores ingresos al fisco peruano, asimismo generaron inversiones en infraestructura aledañas al proyecto y gestionando proyectos productivos en convenio con las comunidades del área de influencia de los proyectos mineros. La importancia de controlar los costos generados en esta industria es de vital importancia por los altos gastos operacionales que involucra el ciclo de minado en operaciones de alta producción.

Si bien es cierto que el alto tonelaje producido en operaciones mineras de gran minería con producciones mayores a 100 ktp genera costos operacionales bajos, el descenso de leyes a medida que se van profundizando estas operaciones genera menores ingresos por lo que se hace necesario controlar y optimizar las distintas operaciones unitarias.

El concepto *mine to mill* en procesos de conminución permite analizar el grado de fragmentación desde la voladura pasando por la etapa de chancado hasta la etapa de molienda, considerando como variable importante la granulometría producto de la voladura y su incidencia en el mayor consumo de energía.

Este proceso de conminución afecta directamente a otros procesos unitarios como el carguío, siendo el factor de llenado una de las variables que inciden en la capacidad de carga de los equipos de carguío, teniendo una incidencia directa en los números de pases relacionados a los equipos de acarreo.

1.1.2. Formulación del problema

a) Problema general

¿Cómo se puede mejorar la producción en equipos de carguío mediante el análisis de variables operacionales en Minera Chinalco Perú S. A.?

b) Problemas específicos

¿Cómo relacionar las variables de utilización y disponibilidad en la mejora de la producción en los equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S. A.?

¿Cómo relacionar las diferentes actividades operacionales en el rendimiento de equipos de carguío mediante la herramienta de Pareto en Minera Chinalco Perú S.A.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar una metodología que permita mejorar la producción en equipos de carguío mediante el análisis de variables operacionales en Minera Chinalco Perú S. A.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la relación de las variables de utilización y disponibilidad en la mejora de la producción en los equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S. A.

- b) Determinar la relación de las diferentes actividades operacionales en el rendimiento de equipos de carguío mediante la herramienta de Pareto en Minera Chinalco Perú S. A.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

El trabajo de investigación permitirá la mejora de la productividad en equipos de carguío en minera Chinalco, esta mejora permitirá generar mayores ingresos por lo que la relación empresa minera y comunidades aledañas derivará en proyectos de inversión social que sustenten la relación amical con las comunidades.

Esta mejora entre la empresa y comunidades aledañas permitirá la generación de proyectos productivos sostenibles con el tiempo, por lo que la gestión social es de vital importancia.

1.3.2. Justificación académica

La presente tesis permite el uso de diferentes variables numéricas que correlacionan las diferentes variables operacionales analizando las principales actividades mediante metodologías como Asarco y Pareto.

Estas herramientas servirán como guía académica en la universidad Continental para la formación de los futuros Ingenieros de Minas analizando programas de optimización y reducción de costos.

El análisis de las variables operacionales en áreas unitarias de carguío, mediante la base de datos actualizada de la empresa, permitirá identificar las variables a evaluar.

1.3.3. Justificación económica

La mejora de las variables operacionales en equipos de carguío permitirá la optimización y reducción de costos en las áreas unitarias de carguío, por lo que la realización de la presente tesis tendrá un impacto en las variables económicas.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

El análisis de las variables operacionales influye positivamente en la mejora de la producción en equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S. A.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al relacionar las variables de utilización y disponibilidad influye positivamente en la mejora de la producción en los equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S. A.

- b) La relación de las diferentes actividades operacionales mediante la herramienta de Pareto influye positivamente en el rendimiento de equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S. A.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

- Análisis de variables operacionales

1.5.2. Variables dependientes

- Equipos de carguío

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. *Tabla de variables*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Variables operacionales en los equipos de carguío	Las variables operacionales está relacionado a la mejora de la productividad en mejorar la productividad en equipos de carguío.	<ul style="list-style-type: none"> • Factores geológicos • Factores geomecánicos • Factores Operacionales 	Parámetro geológico Parámetro geomecánico Productividad	Ley de cabeza, recuperación metalúrgica, etc. Características del macizo rocoso Disponibilidad y utilización.
VD: Equipos de carguío	Las características técnicas de los equipos de carguío está asociado directamente al movimiento de material a ser transportado.	<ul style="list-style-type: none"> • Cargadores • Palas Eléctricas 	Tiempos efectivos operacionales	<u>Categoría:</u> Mantenimiento. Reserva. Demoras.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: “*Dimensionamiento de equipos de carguío, acarreo y optimización del plan de mantenimiento de vías para los tajos Pampa Verde y San Pedro Surmina La Zanja S.R.L.*”. La investigación tuvo como objetivo el incremento de la producción en un 23 % con respecto al periodo 2016. Por tal motivo, se realizó la evaluación de dimensionamiento de flota de equipos de carguío y acarreo, mejorando la utilización en el 93% durante el periodo enero a junio del 2017. Para la mejora de equipos de carguío y acarreo se realizó las principales actividades asociadas a estos equipos, para determinar su influencia en el rendimiento. (1)

- ✓ Tesis titulada: “*Evaluación del rendimiento de diferentes tipos de rodaduras para la optimización del ciclo de acarreo y transporte del material en tunelería*”, de la universidad San Carlos de Guatemala. El objetivo de la investigación permitió la interrelación de equipos de carguío y acarreo para así definir la principal incidencia en la estructura de costos operacionales. El desarrollo y mantenimiento oportuno de las vías de operación permitirá un análisis oportuno de los equipos de acarreo, permitiendo un mejor entendimiento de las variables que inciden en los equipos de acarreo, como el *payload*, factor de llenado, desgaste prematuro de los componentes mecánicos y eléctricos de los equipos. (2)

- ✓ Tesis titulada: “*Mejoramiento de las prácticas operacionales mediante el uso de un modelo de gestión*”, de la universidad de Chile. El análisis de los equipos de carguío permitió al autor identificar los diferentes factores que afectan el rendimiento de los equipos. Por tal motivo, se aplicaron herramientas de gestión en minera Escondida para obtener las mejores prácticas. El análisis de información se obtuvo del sistema *dispatch* de los equipos de carguío y acarreo por lo que hubo una mejora sustancial en el rendimiento de equipos de carguío y acarreo mediante el sistema pala – camión. (3)

2.1.2. Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: “*Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, las Bambas, Cerró Corona, Antapacay y Pucamarca*”. En la investigación se infiere que en la actualidad se está llevando a cabo una revolución de la forma de hacer minería, esto se debe básicamente al avance tecnológico que nos permiten disponer de sistemas altamente desarrollados para el control de los procesos. Actualmente, el costo más alto en operaciones de minas a cielo abierto es el costo de acarreo de los camiones gigantes ya sea en combustible, llantas y repuestos, este costo representa casi el 55% del costo de minado. El objetivo de esta tesis es reducir los tiempos muertos de la flota de los camiones gigantes para así tener una mejor productividad de las mismas y por ende un mejor performance. Minimizando los tiempos muertos de los camiones de acarreo se podrá obtener una utilización alta y por tanto una productividad aceptable en base al costo del equipo. (4)
- ✓ Tesis titulada “*Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400K A 1000K BCM - U.E.A. El Brocal - Consorcio Pasco Stracon GyM*”. El estudio permite el análisis de del incremento de material estéril de 400K a 1 000K BCM y la reducción de costos en la U.E.A. El Brocal. Para esta mejora se realizó un análisis técnico y económico en los equipos de carguío y acarreo. (5)

2.2. Generalidades de la minera Chinalco

2.2.1. Historia

El proyecto Toromocho tiene una larga data desde el tiempo de los Incas hasta la actualidad. El yacimiento está ubicado en el distrito de Morococha, en la zona central del Perú. A lo largo del tiempo se realizaron diversos estudios por distintas empresas nacionales y extranjeras, siendo la primera evaluación realizada por Kaiser durante el año 1980, los que cubicaron 365 MTM con una ley del 0.67 % de cobre, 0.4 % de Zn, 0.03 % de Mo y 12 g Ag/t, considerando un *cut-off* de 0.5 %.

Posteriormente se realizaron estudios y cesionando la propiedad a una empresa China, los cuales incrementaron los recursos minerales mayores a 1,000 MTM.

2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades

El distrito minero de Morococha está localizado en la provincia de Yauli, departamento de Junín, teniendo como referencia las coordenadas E376600 y N8716800 según el Sistema Universal Transversal de Mercador (UTM), zona de referencia PSAD56-18S. La altitud varía entre los 4,400 y 5,000 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 2. Ruta geográfica

Ruta	Kilómetros
Carretera central asfaltada	142 km
Ferrocarril central	Conecta con el distrito de Lima y La Oroya

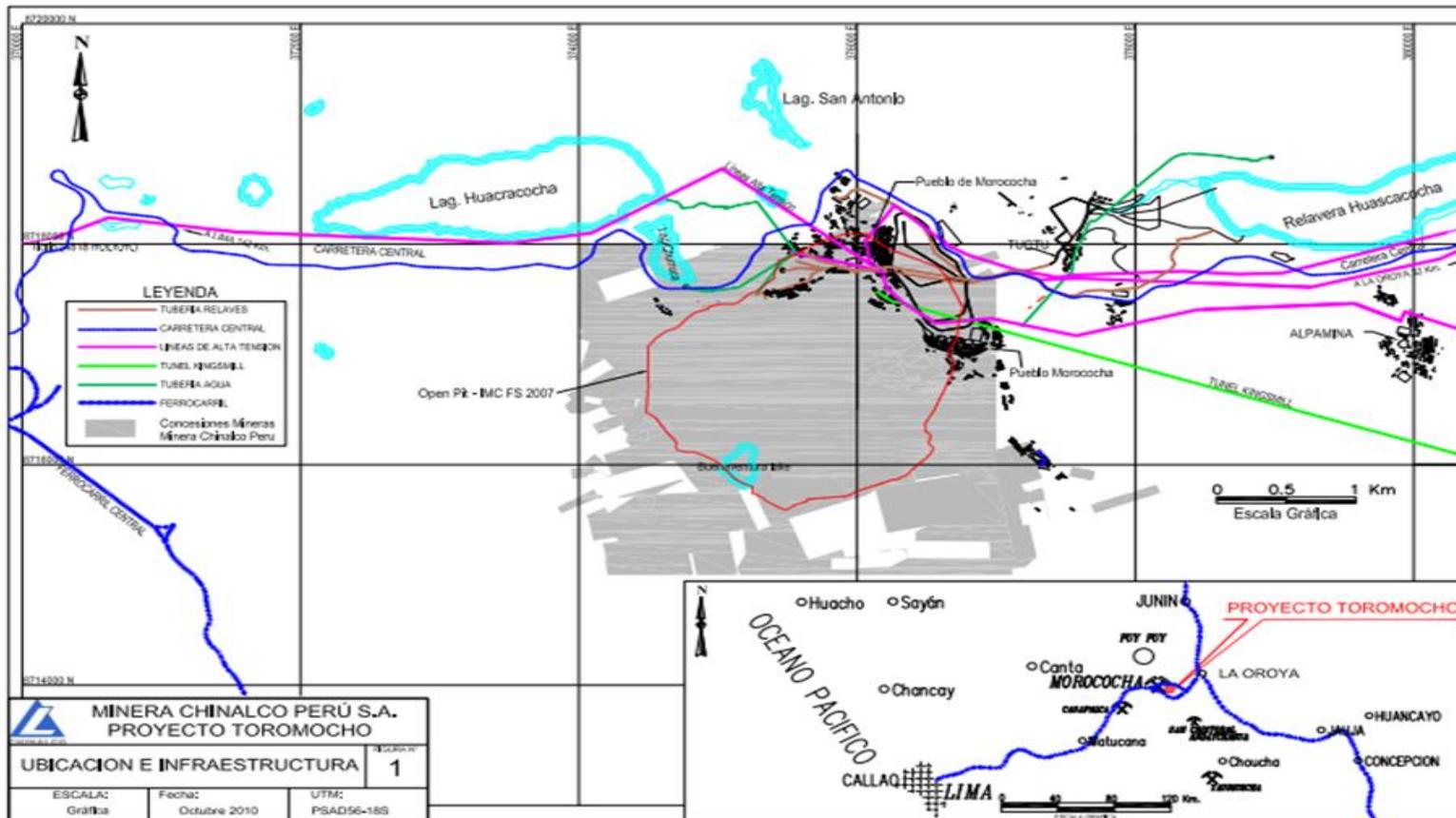
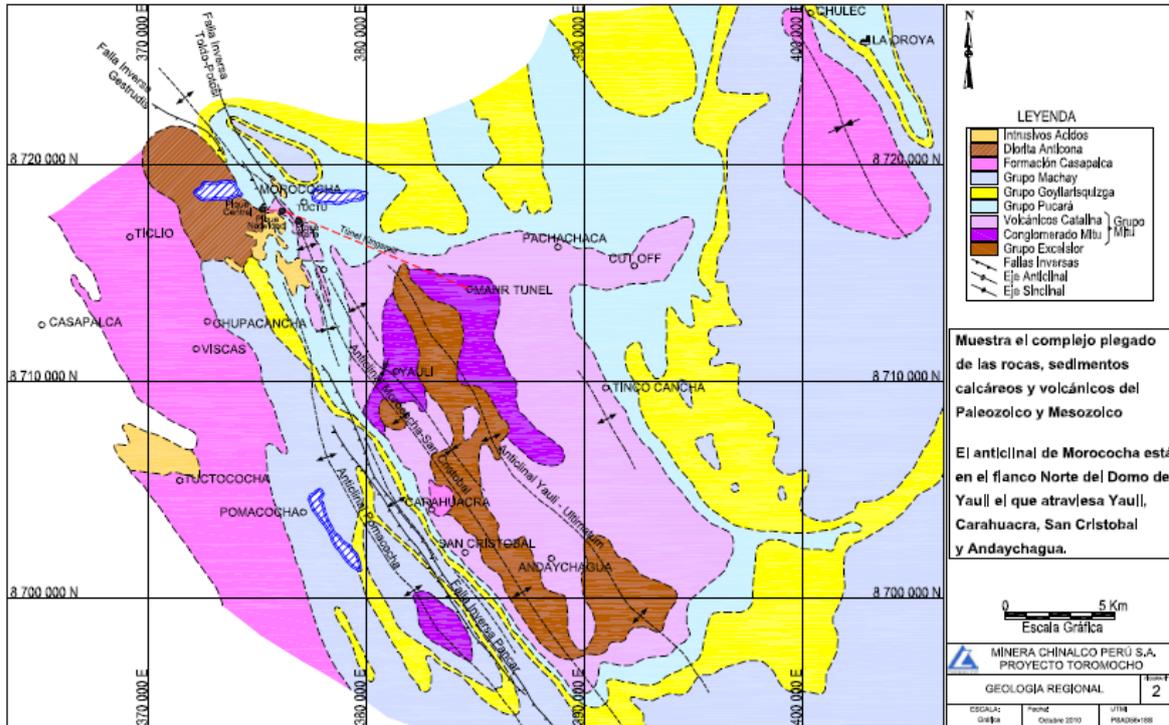


Figura 1. Ubicación de la mina
Tomado del Departamento de Geología

2.3. Geología general

2.3.1. Geología regional

La estratigrafía presente en el área de proyecto se asocia rocas del Mesozoico y el Paleozoico. (Figura 2).



**Figura 2. Plano geológico regional
Tomado del Departamento de Geología**

A. Grupo Excelsior (Devónico)

Las rocas más antiguas conocidas en la región son las del grupo Excelsior del periodo Devónico que afloran fuera del distrito de Morococha, Yauli, Carahuacra, San Cristóbal y Andaychagua donde forman el núcleo del Domo de Yauli. Sin embargo, se ha encontrado algunas exposiciones de roca Excelsior a aproximadamente 520 m por debajo de la superficie en el túnel Kingsmill. El espesor total del grupo Excelsior es desconocido. Pero J.V. Harrison (1948) estimó un total de 1,800 m de espesor para una secuencia equivalente en los alrededores del área de Tarma.

El grupo Excelsior está compuesto principalmente de lutitas y filitas de coloración verde oliva a negro, calizas subordinadas y flujos de lava. Los afloramientos están fuertemente plegados, laminados y cortados por intrusiones en forma de lentes irregulares de cuarzo lechoso como resultado del metamorfismo regional. Las filitas se encuentran finamente estratificadas, mientras que los lentes de cuarzo son más gruesos y se presentan generalmente en el núcleo de los anticlinales pequeños. El periodo Devónico fue asignado a partir de los fósiles encontrados en la caliza por J.V.Harrison y confirmado por F. Megard (1978).

B. Grupo Mitu (Pérmico)

En el distrito de Morococha, el periodo Pérmico está representado por las rocas volcánicas félsicas y andesíticas Catalina del grupo Mitu (formación Yauli). Las rocas volcánicas de Catalina forman el núcleo de los anticlinales de Yauli y Morococha desde la superficie hasta 1,700 m por debajo, en el nivel del túnel Kingsmill (Figura 2, 3). Estas rocas volcánicas también afloran al sur del distrito (área de Cajoncillo) a lo largo del eje del anticlinal, pero son más extensos en las áreas de Yauli y San Cristóbal.

Los volcánicos pérmicos Catalina sobreyacen en una discordancia angular a las filitas Excelsior del periodo Devónico. Están compuestas por dacita de coloración gris a verde y flujos de lava andesítica que se intemperizan a color marrón, localizadas en la parte inferior del grupo y en la parte superior están compuestas por brechas volcánicas, aglomerados y tobas piroclásticas. Los Volcánicos Catalina son rocas encajonantes favorables para las vetas persistentes y bien definidas con rumbo N50°–70°E y contienen cobre, plata, plomo y zinc. D.H Laughlin (1924) calculó que el espesor de las rocas volcánicas Catalina en el distrito de Morococha es de 760 m, sin embargo, A. Terrones (1949) calculó que dicho espesor es sólo de 300 m. Se considera que los Volcánicos Catalina y la Formación Yauli se encuentran en la parte superior del Grupo Mitu. Sin embargo, en el área de Arapa al este y sureste del distrito de Morococha existe un conglomerado rojo (basal) que se estima tiene más de 160 m de potencia y se encuentra sobreyaciendo a los Volcánicos Catalina y por debajo de la Caliza Pucará (A. Terrones, 1949)

C. Grupo Pucará (Triásico – Jurásico)

El grupo Pucará asociado a rocas sedimentarias, perteneciente al Jurásico está conformado por las siguientes formaciones:

- 1) Formación Chambará: asociados de caliza, tufos, lutitas bituminosas y cherts con una potencia de 1,500 metros.
- 2) Formación Aramachay: asociados de lutitas, areniscas, tufos, cherts y rocas fosfáticas con una potencia de 600 metros.
- 3) Formación Condorsinga: asociadas a calizas, lutitas y areniscas con una potencia de 2,900 metros.

Las calizas Pucará en el distrito de Morocha se encuentran ampliamente expuestas en la parte del centro y del norte del distrito y en ambos flancos del anticlinal Morococha. John Proffett realizó una cartografía del contacto entre las rocas carbonatadas del Pucará y las rocas volcánicas dacíticas Catalina del grupo Mitu y descubrió que son agudas y concordantes (Proffett, 2005).

- Capas rojas Potosí: asociada principalmente a lutitas rojas arenosas, con una potencia de 24 m.
- Complejo de Anhidrita y yeso: una unidad lenticular de hasta un máximo de más de 150 m. de espesor en su parte central, se encuentra localizada en la base de la caliza Pucará al oeste del distrito. Está conformada por “capas” o cuerpos macizos de reemplazo de anhidrita, inter estratificaciones de lutitas, hornfels y yeso intercalado con lutita y caliza. Esta unidad sobreyace a los volcánicos Catalina con discordancia angular aparente. El yeso es más abundante en la cima de la unidad y la anhidrita en el fondo. La cantidad de caliza se incrementa hacia la cima y el fondo de esta unidad lenticular. La mayoría de las "capas" de anhidrita tiene un grosor de 3 a 6 m pero en algunos casos, alcanzan hasta 30 m de potencia. La anhidrita es comúnmente de grano fino y de color blanco. Las capas de lutitas intercaladas pueden alcanzar hasta 15 m de espesor. Los

contactos entre las diferentes “capas” del complejo de anhidrita son angulares y bien definidos. El origen del complejo de anhidrita y yeso es controversial. Primero se pensaba que la anhidrita masiva era un producto del reemplazo de la caliza por soluciones con contenido de sulfato provenientes del proceso de mineralización, tal como se ha observado en muchos depósitos de pórfido de cobre. Alternativamente, P.Haapala (1952) concluyó que el yeso/anhidrita tenía un origen sedimentario (secuencia evapotranspiración). U: Petersen (1965) y U.D Walker (1963) sugirieron que el yeso/ anhidrita podría ser una delgada capa de rocas del grupo Mitu alteradas y redistribuidas que yacen entre los Volcánicos Catalina y las calizas Pucará. Recientemente, perforaciones profundas en Toromocho ha demostrado que la anhidrita puede estar relacionada con los contactos profundos del complejo intrusivo del pórfido feldespático y la granodiorita y una zona profunda de “sulfato” primario que subyace a la segunda zona de enriquecimiento de Toromocho.

D. Grupo Goyllarisquizga (Cretáceo Inferior)

El grupo Goyllarisquizga está por rocas tipo conglomerado rojo en contacto con la caliza Pucará. Posterior a los conglomerados se observan capas de areniscas y lutitas rojas, capas de cuarcita de 6 a 15 metros de espesor y capas de caliza gris interestratificada con derrames lávicos o diques-capas de diabasa y basalto. La edad del Grupo corresponde al Cretáceo Inferior.

E. Grupo Machay (Cretáceo Superior)

El grupo Machay está asociado a calizas gris azulada, presentes en diferentes sectores del yacimiento en concordancia sobre el grupo Goyllarisquizga, consiste de una caliza gris azulada masiva con restos de fósiles en la parte inferior. La edad del grupo Machay es considerada del Cretáceo Medio (Albiano).

F. Actividad ígnea

La presencia de rocas ígneas en el distrito minero es de vital importancia para la génesis del yacimiento, considerando rocas volcánicas tipo andesita y dacita.,

siendo la intrusión de Dioritas, monzonita cuarcífera, granodiorita, pórfido feldespático, pórfido cuarcífero y pórfido dacítico, durante el terciario.

2.3.2. Geología estructural

La principal estructura regional pertenece al domo de Yauli, con una extensión de 30 km y rumbo general de N35°O. En el área de estudio la principal estructura es el anticlinal de Morococha, con rumbo de N 20°O al sur del distrito de Morococha y rumbo N40°O al norte del distrito de Morococha con inclinación de 10° a 15° hacia el norte.

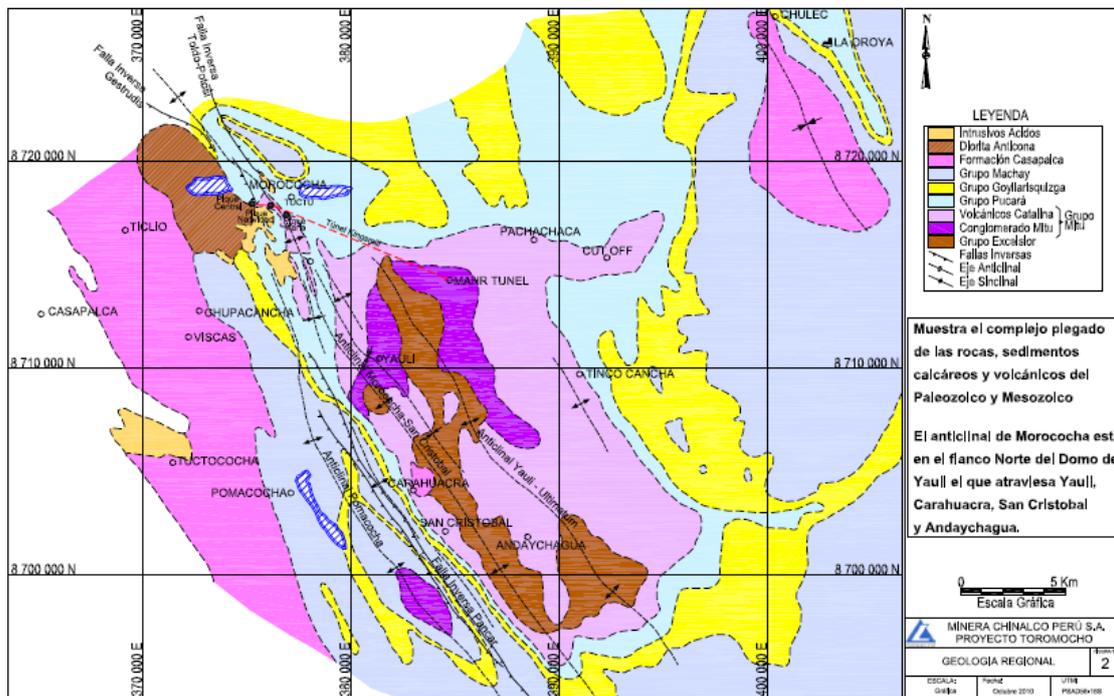
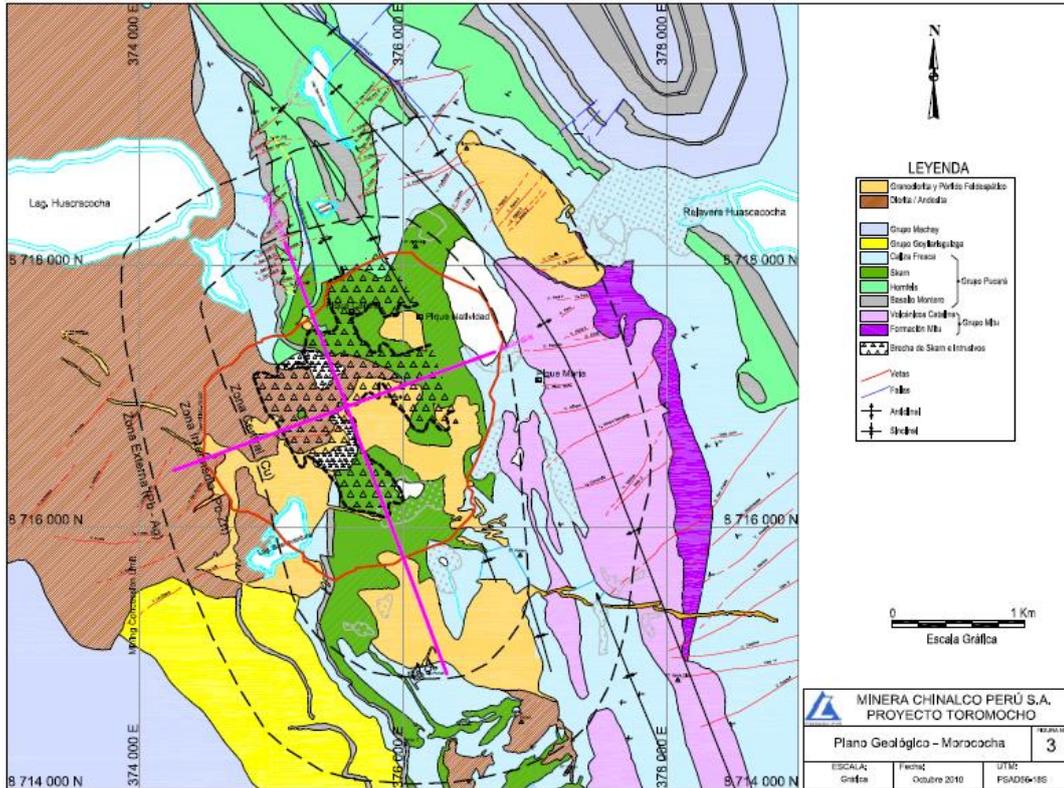
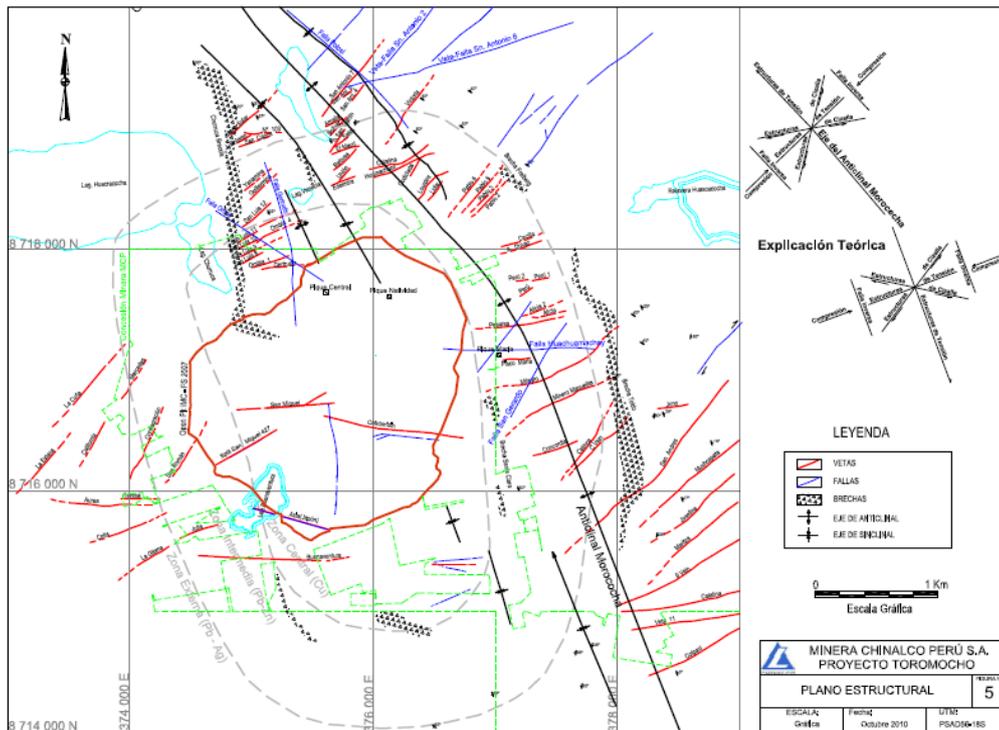


Figura 3. Geología regional
Tomado del Departamento de Geología



**Figura 4. Plano geológico de Morococha
 Tomado del Departamento de Geología**



**Figura 5. Plano estructural
 Tomado del Departamento de Geología**

Se han reconocido dos periodos de plegamientos en la región: el primer periodo se inicia al final de Cretáceo y continúa en el Terciario Inferior y Terciario Medio. G. Steinmann reconoce tres etapas de plegamiento en la cordillera de los andes peruanos: los “plegamientos peruanos” que se producen al final del periodo Cretáceo y antes que fueran depositados las capas rojas, el plegamiento “Incaico” que ocurrió en el periodo Terciario Inferior y fue el plegamiento más intenso. El plegamiento Incaico fue seguido por la actividad ígnea. Finalmente, el plegamiento “Quechua” en el periodo Terciario Medio.

A. Fallamiento

Se han reconocido dos periodos de plegamientos en la región: el primer periodo se inicia al final de Cretáceo y continúa en el Terciario Inferior y Terciario Medio. G. Steinmann reconoce tres etapas de plegamiento en la cordillera de los andes peruanos: los “plegamientos peruanos” que se producen al final del periodo Cretáceo y antes que fueran depositados las capas rojas, el plegamiento “Incaico” que ocurrió en el periodo Terciario Inferior y fue el plegamiento más intenso. El plegamiento Incaico fue seguido por la actividad ígnea. Finalmente, el plegamiento “Quechua” en el periodo Terciario Medio. (Figuras 2, 3, 4 y 5)

El buzamiento de las dos fallas invertidas varía entre 45° y 70° y es opuesta. Al final del plegamiento “Incaico” se produjo la actividad ígnea en la región Morococha con la intrusión de la diorita Anticona que se inicia primero en la parte occidental del distrito.

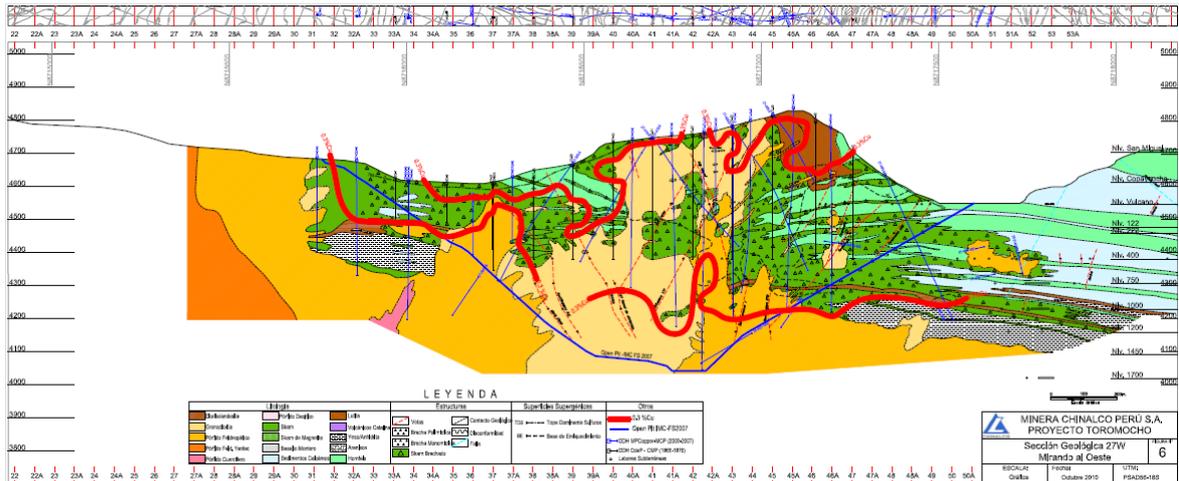
Las fuerzas continuas de compresión dieron paso a la formación de fracturas de cizalla con rumbo noroeste en la zona sur del distrito donde el anticlinal también tiene un rumbo de N20°O. Dichas fracturas son conocidas como fallas Huachamachay y San Gerardo. Aproximadamente, al mismo tiempo en la zona norte del distrito donde el anticlinal tiene un rumbo de N40°O, se desarrolló una falla de cizalla con rumbo general de este a oeste (Ej. Veta-Falla San Antonio). Estas fallas oblicuas probablemente se desarrollaron después de la intrusión de la diorita Anticona de 8 a 14 millones de años.

Siguiendo el plegamiento Incaico, la actividad ígnea se inició nuevamente y surgieron intrusivos de granodioritas, pórfido feldespático y pórfido cuarcífero. Los stocks de granodiorita, pórfido feldespático y pórfido cuarcífero intrusionaron en la parte central del distrito a ambos lados del eje del anticlinal hace 7 millones de años. La actividad ígnea finalizó con el dique de pórfido dacítico en la zona sur del distrito que cruza y se formaron posteriormente a todos los otros intrusivos.

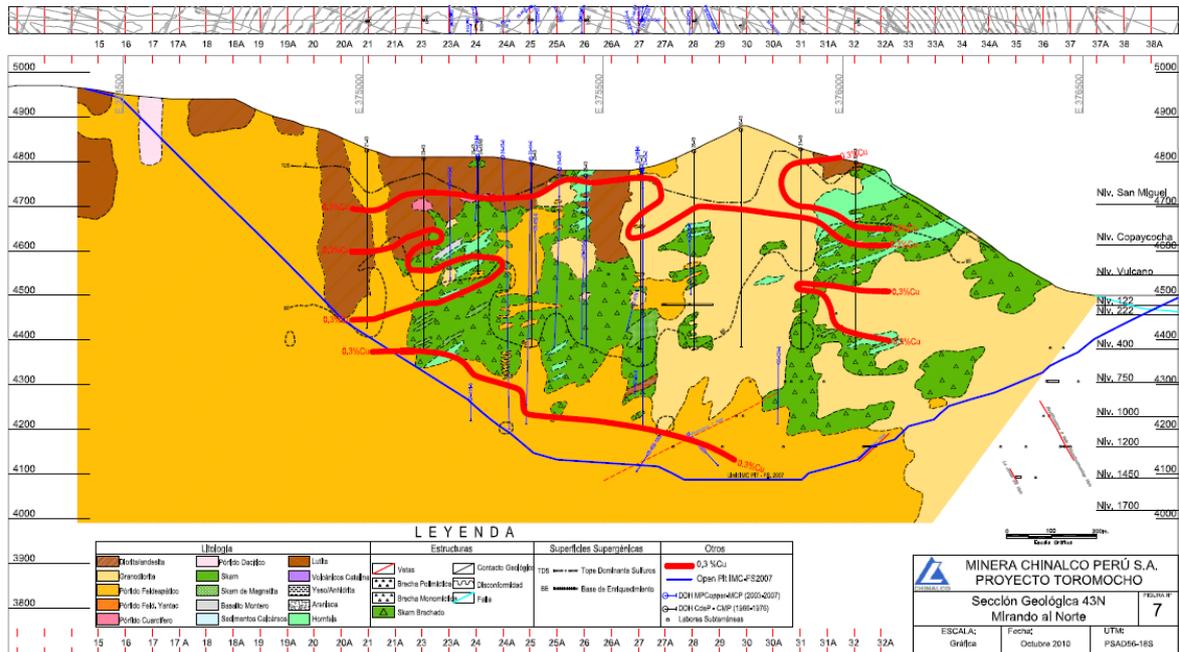
Durante el plegamiento "Quechua", el anticlinal Morococha fue afectado por el esfuerzo compresional y posiblemente fue levantado por el volumen expandido de los intrusivos en profundidad. Las fuerzas de compresión y los intrusivos de Morococha se combinaron para formar una estructura anticlinal tipo domo. Las estructuras tipo domo crearon fracturas de tensión normales a los ejes de los anticlinales, posteriormente ocupadas por vetas. En la zona sur del distrito, estas fracturas tienen un rumbo de N70°E (E.j. las vetas Milagro 1, Minero y Manuelina) mientras que en la zona norte del distrito, las fracturas tienen un rumbo general de N50°E (Ejemplo veta San Antonio 7)

B. Brechas hidrotermales

Existen muchas brechas hidrotermales polimícticas y monomícticas relativamente pequeñas mineralizadas en los sedimentos del Pucará tales como las brechas Toldo, Santa Clara, Churruca, Riqueza y Freiberg. Estas brechas se encuentran generalmente localizadas a lo largo de las zonas de fallas inversas o a lo largo de sus proyecciones, así como, a lo largo de la disconformidad entre la caliza y los volcánicos Catalina y a lo largo de los contactos de los intrusivos Morococha o basalto Montero. Estas brechas aparentemente son tardías y piríticas. A.J. Terrones (1949) propuso un origen sedimentario para la brecha Churruca y sugirió que podría tratarse de una brecha intraformacional. John Proffett reconoció material de panizo foliado en la Brecha Churruca y propuso que es una brecha tectónica relacionada a una posible falla principal regional post mineral, plana, con buzamiento al oeste (Proffett, 2005).



**Figura 6. Sección geológica 27W, mirando al oeste
Tomado del Departamento de Geología**



**Figura 7. Sección geológica 43N, mirando al norte
Tomado del Departamento de Geología**

2.3.3. Mineralización en el distrito de Morococha

La mineralización asociada al distrito de Morococha es principalmente de vetas, cuerpos, diseminados, brechas, etc., asociado a sistemas yacimientos tipo pórfido y yacimientos tipo skarn de Cu, Pb, Zn, Ag.

A. Vetas

Las vetas mineralizadas están asociadas a fracturas de tensión, asociadas principalmente a la falla de Huachuamachay.

Las vetas asociadas a las zonas de *skarn* y *hornfels* son menos profundas y una mineralización con leyes y potencia irregulares.

B. Mantos y cuerpos arracimados

Los mantos y cuerpos arracimados se asocian principalmente a la parte externa de las zonas externas del *skarn*, en calizas marmolizadas. Uno de los mantos de mayor magnitud está asociado al manto Ombla, el cual mide 850 metros a lo largo de su eje y un buzamiento entre 20° a 60°.

C. Cuerpos mineralizados en zonas de contacto

Están asociadas al contacto entre los *stocks* San Francisco y *stock* Gertrudis en contacto con la caliza Pucará; la cual forma minerales silicatados hidratados asociado al metasomatismo de contacto, teniendo mineralización tipo diseminada, en hojuelas, etc.

D. Diseminaciones

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

2.4. Bases teóricas del estudio

El análisis de las variables operacionales para el mejoramiento de la producción en equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S.A. permitirá el uso de herramientas de base numérica que analizará los principales indicadores de rendimiento de equipos de carguío como la utilización y disponibilidad en equipos tipo Cargador LT 2350 y Palas CAT 7495.

2.4.1. Especificaciones técnicas de equipos de carguío

Los equipos de carguío para el análisis en el presente trabajo de investigación son el cargador frontal CD-101 y CD-103, y pala CAT PL001, PL002 y PL003.

a) Cargador frontal – modelo LT2350

El presente estudio analizará los cargadores frontales Letourneau modelos LT2350, flotas CD101 y CD103. Son cargadores sobre neumáticos con capacidad operacional de 72,574 kg.



Figura 8. Cargador frontal – modelo LT2350

Tabla 3. Capacidades, pesos y dimensiones operativas

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

*Balde para roca estándar basado en una densidad de material de 1780 kg/m³ (3000 libras/yard³)

Consulte la hoja de especificaciones de L-2350 para ver los valores de levante super altos.

Tomado de Komatsu, Minería de superficie

Tabla 4. Rangos operacionales

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

Tomado de Komatsu, Minería de superficie

Tabla 5. Dimensiones generales

	Levante estándar		Levante alto	
Rodado	5.0 m	16 pies 5 pulg.	5.0 m	16 pies 5 pulg.
Ancho exterior incl. neumáticos	6.76 m	22 pies 2 pulg.	6.76 m	22 pies 2 pulg.
Balde para rocas sin deflectores	7.01 m	23 pies	7.01 m	23 pies
Balde para rocas con deflectores	7.58 m	24pies 10 pulg.	7.58 m	24pies 10 pulg.
Balde para carbón	8.36 m	27 pies 5 pulg.	8.36 m	27 pies 5 pulg.
Altura de balde totalmente elevado	13.39 m	43 pies 11 pulg.	13.89 m	45 pies 7 pulg.
Articulación: altura del pasador	9.91 m	32 pies 6 pulg.	10.59 m	34 pies 9 pulg.
Margen de altura de volteado	7.03 m	23 pies 1 pulg.	8.01 m	26 pies 4 pulg.
Alcance con levante completo	3.18 m	10 pies 5 pulg.	3.49 m	11 pies 5 pulg.
Profundidad de excavación	0.25 m	10 pulg.	0.25 m	10 pulg.
Distancia al suelo	0.50 m	1 pie 8 pulg.	0.50 m	1 pie 8 pulg.
Distancia entre ejes	7.88 m	25 pies 10 pulg.	7.88 m	25 pies 10 pulg.
Longitud total en posición de transporte	19.87 m	65 pies 2 pulg.	20.07 m	65 pies 10 pulg.
Longitud total con balde abajo	20.27 m	66 pies 6 pulg.	20.90 m	68 pies 7 pulg.
Altura hasta parte superior de cabina	6.73 m	22 pies 1 pulg.	6.73 m	22 pies 1 pulg.

Tomado de Komatsu, Minería de superficie

b) Palas eléctricas CAT – modelo 7495 HF

Se consideran la evaluación de las palas eléctricas CAT – modelo 7495, considerando las unidades: PL001, PL002 y PL003, considerando las características que se detallan a continuación:



**Figura 9. Palas eléctricas CAT – Modelo 7495 HF
Tomado de Proyecto Toromocho**



*Figura 10. Palas eléctricas CAT – Modelo 7495 HF
Tomado de Proyecto Toromocho*

**PALAS DE CABLE ELÉCTRICA
7495 HF CON HYDRACROWD**



**CARGA ÚTIL DEL BALDE
109 T**

**CAPACIDAD DEL BALDE
30,6 A 62,7 M3 (40 A 82 YD3)**

**PESO DE TRABAJO CON BALDE Y VARILLAJES ESTÁNDARES
1435156 KG**

*Figura 11. Palas de cable eléctrica - 7495 HF con Hydracrowd
Tomado de productos CAT*

Tabla 6. Especificaciones de pala de cuerda eléctrica 7495 HF

Dimensiones: con HydraCrowd		
Carga útil de la draga (cargas útiles disponibles de hasta 109 tons métricas [120 tons EE.UU.] cuando se especifica)	100 tons métricas	110 tons EE.UU.
Capacidad de la draga	30,6 a 61,2 m ³	40 a 80 yd ³
Largo de la pluma	20,4 m	67'
Longitud real de la manija de la draga	10,9 m	35' 10"
Longitud total de la manija de la draga	14,3 m	47'
Pesos: con HydraCrowd		
Peso de trabajo, con draga y varillaje estándar	1.442.274 kg	3.179.670 lb
Peso neto, interno, sin lastre ni draga	1.059.056 kg	2.334.820 lb
Draga de uso general: 56 m ³ (73 yd ³)	80.603 Kg	177.700 lb
Lastre (proporcionado por el cliente)	302.614 kg	667.150 lb

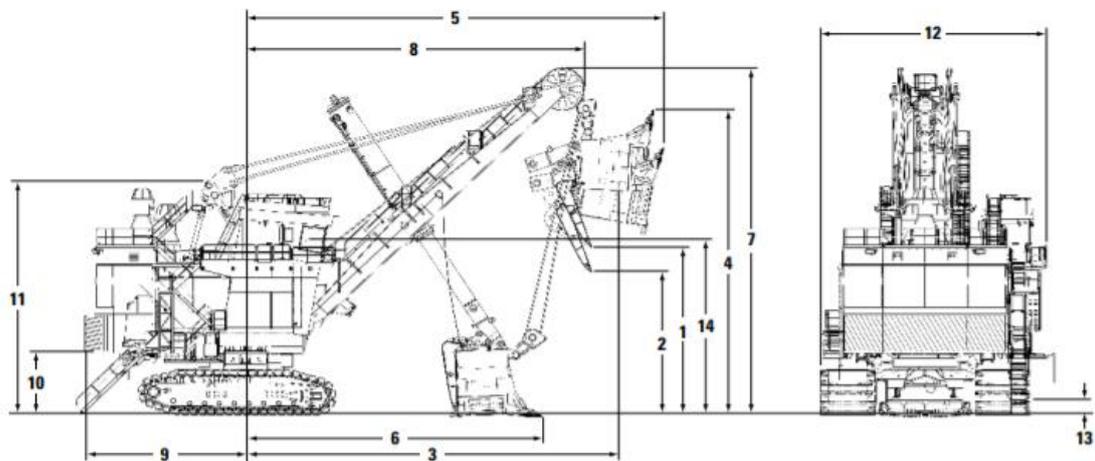
• Estos pesos varían ligeramente según la draga y los equipos optativos.

Estructuras principales: con HydraCrowd		
Montaje de la oruga		
Ancho total de rodaduras 317,5 cm (125"), estándar	12,73 m	41' 9"
Longitud total de montaje	11,43 m	37' 6"
Ancho total de rodaduras 355,6 cm (140")	13,5 m	44' 3"
Área real total de cojinete (rodaduras de 317,5 cm)	57,1 m ² 248 kPa	615 pies ² 35,9 lb/pulg ²
Área real total de cojinete (rodaduras de 355,6 cm)	64 m ² 221 kPa	689 pies ² 32,1 lb/pulg ²
Número y diámetro de los rodillos		
Inferiores: 16	79,4 cm	31,25"
Inferiores traseros: 2	106,7 cm	42"
Superiores	Deslizante	
Diámetro de los tambores de recepción	162 cm	63,8"
Número y paso de las rodaduras: 94	50,8 cm	20"
Propulsión planetaria		
Impulsión independiente de motor doble		
Bastidor rotatorio (sección central)		
Acero soldado resistente a impactos		
Longitud	8,38 m	27' 6"
Ancho	3,68 m	12' 1"
Soporte giratorio		
Diámetro efectivo de la cremallera de rotación con aro de aleación de acero forjado	5,26 m	17' 3"
Corte externo de los dientes: cara	24,13 cm	9,5"
Diámetro de los rieles del rodillo cónico de aleación de acero forjado	4,52 m	14' 10"
Cantidad de rodillos cónicos	50	
Diámetro de los rodillos cónicos	27,31 cm	10,75"
Oscilación		
Dos cajas de engranajes planetarios, cada cual impulsada por un motor de montaje vertical, a cada lado del bastidor rotatorio. Los ejes del piñón de salida doble de cada caja de engranajes se conectan con la cremallera de rotación.		
Dispositivo de levantamiento		
Una caja de engranajes planetarios con piñones de salida doble proporciona la transferencia del par del dispositivo de levantamiento desde el motor eléctrico hasta el engranaje del tambor del dispositivo de levantamiento.		

Tomado de productos CAT

Dimensiones: con HydraCrowd

Todas las dimensiones son aproximadas.



Alcances de trabajo óptimos

1	Altura de descarga	10,06 m	33'
2	Altura de descarga con límite máximo de avance eléctrico	8,61 m	28' 3"
3	Radio máximo de descarga	21,64 m	71'
4	Altura máxima de corte	17,8 m	58' 5"
5	Radio máximo de corte	25,2 m	82' 8"
6	Radio del nivel del piso	17,47 m	57' 4"
7	Altura del espacio libre (plumas de punto de polea)	20,87 m	68' 6"
8	Radio del espacio libre (plumas de punto de polea)	19,65 m	64' 5"
9	Radio máximo de espacio libre (bastidor rotatorio)	9,34 m	30' 8"
10	Espacio libre bajo el bastidor (al suelo)	3,76 m	12' 4"
11	Altura del bastidor en A	14 m	46'
12	Ancho total	13,96 m	46' 1"
13	Espacio libre bajo el punto más bajo en el bastidor del camión o caja de engranajes de propulsión	0,90 m	2' 11,5"
14	Nivel de la visión del operador	10,61 m	34' 10"

**Figura 12. Especificaciones de pala de cuerda eléctrica 7495 HF
Tomado de productos CAT**

2.4.2. Plan de producción

El proyecto Toromocho produce aproximadamente un millón de toneladas de concentrado de cobre, 10 mil toneladas de óxido de molibdeno y 4 millones de onzas de plata, anualmente. Mediante las exploraciones geológicas se determinó que Toromocho es un yacimiento pórfido Cu, Mo, Ag. Asimismo, se tiene sectores con yacimiento tipo *skarn* de los mismos elementos. Contiene una reserva mayores 1,500 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de cobre de 0.48 %, una ley promedio de molibdeno de 0.019 % y una ley promedio de plata de 6.88 gramos por tonelada. Actualmente, la producción de concentrado de cobre, está por encima de 1 millón de toneladas, con 200 mil toneladas de cobre fino (115 ktp), durante el 2018 se inició el proyecto de expansión y se estima culminar las obras

en el 2020, permitiendo aumentar la producción anual de cobre fino a 300 mil toneladas anuales (170 kpt).

2.4.3. Consideraciones de producción

A continuación, se describe las características de la producción diaria considerando su destino a chancadora o zona de acopio, se describe las propiedades geológicas, geomecánicas y los equipos de Carguío como palas eléctricas (PL001, PL002, PL003) y los cargadores frontales (CD101 y CD103).

a) Turno A

Se considera una producción diaria durante el turno A de 82,000 toneladas enviadas a la Chancadora con leyes promedio de Cu@0.68%, Ag@8.55 ppm y Mo@200 ppm, dureza media de 2.36, con una relación de litología y alteración de Skarn a Pórfido de 1.32 a 1 toneladas a ser enviadas a chancadora y una densidad media de 2.56 y un índice de volabilidad (BI) promedio de 15.99.

Asimismo, se considera un envío de mineral a *stock* de 105,000 toneladas con leyes media de Cu@0.42 %, Ag@6.21 ppm y Mo@100ppm, dureza media de 2.59, una densidad media de 2.73 y un índice de volabilidad (BI) promedio de 17.30.

b) Turno B

Se considera una producción diaria durante el turno B de 50,000 toneladas enviadas a la Chancadora con leyes promedio de Cu@0.65 %, Ag@16.22 ppm y Mo@300 ppm, dureza media de 2.83, con una relación de litología y alteración de Skarn a Pórfido de 0.57 a 1 toneladas a ser enviadas a chancadora y una densidad media de 2.53 y un índice de volabilidad (BI) promedio de 18.41.

Asimismo, se considera un envío de mineral a stock de 123,000 toneladas con leyes media de Cu@0.55%, Ag@8.24 ppm y Mo@100ppm, dureza media de 2.60, una densidad media de 1.86 y un índice de volabilidad (BI) promedio de 18.55.

Tabla 7. Producción diaria de mineral considerando el destino a chancadora y stock Turno A, unidad minera Toromocho

MINERAL A CHANCADORA

Equipo de Carguio	Poligonos	Ton	Cu	Ag	As	Fe	Zn	Bl	Dureza	Litología					Alteracion					Mo	DENS	
			Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	BXFI	BXFS	Intrusivo	skarn	Hornfels	Intrusivo A	Intrusivo B	Skarn Actinolita	Skarn Serpentina			Hornfels
PL001	4575-05-03038	1,000	0.65	13.75	0.050	22.40	0.29	15.10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	90.00	0.00	0.00	3.29
PL001	4575-05-03039	14,000	0.77	6.37	0.032	11.33	0.11	14.45	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.15	83.85	0.00	0.00	2.86
PL003	4395-02-02002	9,000	0.63	13.18	0.130	2.33	0.18	25.00	3.15	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	2.60
PL003	4395-02-02004	1,000	0.93	7.58	0.026	4.06	0.09	25.00	3.74	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	2.60
CD103	Stock #01	30,000	0.54	6.11	0.020	6.81	0.08	14.63	2.30	26.32	22.83	33.72	11.42	5.71	50.62	3.25	29.00	11.42	5.71	0.03	2.00	
CD101	Stock #05	27,000	0.80	10.71	0.036	16.87	0.09	15.00	2.30	0.00	0.00	34.00	66.00	0.00	32.00	2.00	43.00	23.00	0.00	0.03	3.00	
Ton Total		82,000	0.68	8.55	0.040	10.56	0.102	15.99	2.36	9.629	8.352	35.727	44.202	2.089	41.25	1.85	27.65	27.16	2.09	0.02	2.56	

MINERAL A STOCK

Stock	Equipo de Carguio	Poligonos	Ton	Cu	Ag	As	Fe	Zn	Bl	Dureza	Litología					Alteracion					Mo	DENS
				Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	BXFI	BXFS	Intrusivo	skarn	Hornfels	Intrusivo A	Intrusivo B	Skarn Actinolita	Skarn Serpentina		
Stock #03	PL001	4575-05-03037	21,000	0.52	7.58	0.036	11.54	0.21	14.11	2.00	0.00	0.00	1.73	91.91	6.36	1.73	0.00	16.60	75.32	6.36	0.00	2.77
Stock #05	PL001	4575-05-03038	6,000	0.65	13.75	0.05	22.40	0.29	15.10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	10.00	90.00	0.00	0.00	3.29
Stock #03	PL001	4575-05-03038	3,000	0.48	6.08	0.02	29.59	0.23	17.24	2.00	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	9.4650	90.5350	0.0000	0.00	3.36
Stock #17	PL002	4560-01-03007	12,000	0.19	5.39	0.017	6.01	0.10	12.70	2.38	1.7850	29.9120	0.0000	0.0000	68.3030	1.7850	0.0000	29.9120	0.0000	68.3030	0.01	2.63
Stock #03	PL002	4560-05-03032	33,000	0.35	5.72	0.022	8.73	0.11	14.40	2.26	0.0000	10.6000	0.0000	14.1000	75.3000	0.0000	0.0000	15.3000	9.4000	75.3000	0.01	2.69
Stock #03	PL003	4395-02-02001	30,000	0.46	4.64	0.019	3.08	0.13	25.00	3.62	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	2.60
Ton Total		105,000	0.42	6.21	0.025	8.74	0.148	17.30	2.59	0.204	6.750	28.917	31.386	32.743	29.121	0.000	12.388	25.747	32.743	0.01	2.73	

Tomado del Departamento de Planeamiento

Tabla 8. Producción diaria de mineral considerando el destino a chancadora y stock Turno B, unidad minera Toromocho

MINERAL A CHANCADORA

Equipo de Carguio	Polígonos	Ton	Cu	Ag	As	Fe	Zn	BI	Dureza	Litología					Alteración					Mo	DENS	
			Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	BXFI	BXFS	Intrusivo	skarn	Hornfels	Intrusivo A	Intrusivo B	Skarn Actinolita	Skarn Serpentina			Hornfels
PL001	4575-05-03039	6,000	0.95	80.20	0.034	10.46	0.127	12.79	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.80	80.20	0.00	0.00	2.81
PL003	4395-02-02001	12,000	0.42	5.32	0.018	4.09	0.107	22.78	3.68	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	2.56
PL003	4395-02-02002	2,000	0.75	16.31	0.110	4.28	0.160	28.95	3.37	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	2.57
PL003	4395-02-02003	2,000	0.56	10.17	0.056	3.50	0.211	19.24	3.32	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	2.58
PL003	4395-02-02004	5,000	0.92	7.10	0.022	4.01	0.068	26.92	3.85	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	2.56
CD103	Stock #05	8,000	0.80	10.71	0.036	16.87	0.089	15.00	2.30	0.00	0.00	34.00	66.00	0.00	32.00	2.00	43.00	23.00	0.00	0.03	3.00	
CD101	Stock #01	15,000	0.54	6.11	0.020	6.81	0.081	14.63	2.30	26.32	22.83	33.72	11.42	5.71	50.62	3.25	29.00	11.42	5.71	0.03	2.00	
Ton Total		50,000	0.65	16.22	0.029	7.69	0.101	18.41	2.83	7.896	6.849	57.556	25.986	1.713	62.306	1.295	17.956	16.730	1.713	0.03	2.53	

MINERAL A STOCK

Stock	Equipo de Carguio	Polígonos	Ton	Cu	Ag	As	Fe	Zn	BI	Dureza	Litología					Alteración					Mo	DENS
				Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	BXFI	BXFS	Intrusivo	skarn	Hornfels	Intrusivo A	Intrusivo B	Skarn Actinolita	Skarn Serpentina		
Stock #03	PL001	4575-05-03037	38,000	0.47	7.89	0.035	10.83	0.281	16.66	2.00	0.00	0.00	2.31	90.92	6.77	2.31	0.00	16.92	74.00	6.77	0.00	2.69
Stock #02	PL001	4575-05-03038	3,000	0.65	18.93	0.071	19.72	0.391	16.63	2.00	0.00	0.00	0.00	90.59	9.41	0.00	0.00	13.75	76.84	9.41	0.00	2.97
Stock #05	PL001	4575-05-03039	8,000	0.95	5.94	0.034	10.46	0.127	12.79	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	19.80	80.20	0.00	0.00	2.81
Stock #17	PL002	4560-01-03007	3,000	0.34	9.30	0.035	12.21	0.212	16.78	2.63	11.33	42.72	0.00	0.00	45.96	11.33	0.00	42.72	0.00	45.96	0.01	2.60
Stock #03	PL002	4560-05-03032	35,000	0.38	7.65	0.027	8.55	0.162	17.13	2.50	0.00	7.14	0.00	21.21	71.65	0.00	0.00	13.57	14.78	71.65	0.01	2.71
Stock #03	PL002	4560-01-03003	12,000	0.37	7.82	0.027	16.83	0.235	17.56	2.86	1.72	30.28	0.00	0.00	68.00	1.72	0.00	30.28	0.00	68.00	0.01	2.68
Stock #01	PL003	4395-02-02003	1,000	0.56	10.17	0.056	3.50	0.211	19.24	3.32	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	2.58
Stock #01	PL003	4395-02-02004	20,000	0.92	7.10	0.022	4.01	0.068	26.92	3.85	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	2.56
Stock #01	PL003	4395-02-02005	3,000	0.91	22.63	0.083	4.02	0.178	26.16	3.85	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	2.52
Ton Total		123,000	0.55	8.24	0.03	9.66	0.196	18.55	2.60	0.444	6.026	20.227	42.838	30.465	20.671	0.000	14.707	34.157	30.465	0.01	1.86	

Tomado del Departamento de Planeamiento

2.4.4. Consideraciones de rendimientos de equipos de carguío.

Las consideraciones, para determinar el rendimiento de los equipos de carguío estará asociado a la disponibilidad mecánica y utilización. Asimismo, se considerará la data de tiempos, el cual estará asociada a las categorías de demoras operativas, tiempos de reserva y mantenimiento.

a) Disponibilidad mecánica:

La disponibilidad mecánica está asociada a los equipos de carguío como palas eléctricas (PL001, PL002, PL003) y los cargadores frontales (CD101 y CD103), analizados durante el periodo 2020. La disponibilidad mecánica de los equipos de carguío durante el periodo 2020 fueron de: cargador CD101 con 70.90 %, cargador CD103 con 77.89 %, pala eléctrica PL001 con 87.86 %, pala eléctrica PL002 con 91.84 % y pala eléctrica PL003 con 94.45 %.

Se considera el análisis de la disponibilidad mecánica entre los periodos de enero a junio y de julio a diciembre, donde la disponibilidad mecánica varía desde 83.81 % a 85.36 %, este mejoramiento de la disponibilidad está asociado a un mejor control de la pandemia que afectaba las operaciones.

b) Utilización:

La utilización a los equipos de carguío durante el periodo 2020 fueron de: cargador CD101 con 63.68 %, cargador CD103 con 74.68 %, pala eléctrica PL001 con 76.16 %, pala eléctrica PL002 con 66.66 % y pala eléctrica PL003 con 80.35 %. Este menor porcentaje de utilización fue principalmente producto de la pandemia generalizada a nivel mundial y que afectó a toda la industria en general. Asimismo, se considera el análisis de la utilización entre los periodos de enero a junio y de julio a diciembre, donde la utilización varía desde 66.151 % a 78.46 %, este mejoramiento de la utilización está asociado a un mejor control de la pandemia que afectaba las operaciones.

Tabla 9. Rendimiento de equipos de carguío, asociado a la disponibilidad mecánica y utilización, periodo 2020 de la unidad minera Toromocho

AÑO 2020			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
Cargador LT 2350	CD101	Disponibilidad	79.23%	86.57%	74.10%	77.13%	23.59%	42.65%	93.01%	74.00%	78.74%	60.23%	76.30%	85.21%	70.90%
		Utilización	70.69%	74.48%	55.51%	34.38%	77.31%	25.58%	53.61%	65.96%	65.84%	79.29%	81.06%	80.47%	63.68%
Cargador LT 2350	CD103	Disponibilidad	79.35%	85.96%	87.49%	89.47%	40.10%	85.82%	93.59%	25.98%	76.77%	90.68%	88.55%	90.94%	77.89%
		Utilización	79.93%	81.54%	73.12%	72.61%	67.23%	58.06%	68.65%	60.87%	82.38%	87.76%	79.58%	84.39%	74.68%
Pala CAT 7495	PL001	Disponibilidad	92.63%	89.36%	74.85%	98.16%	93.07%	94.66%	72.01%	92.25%	90.73%	72.55%	95.27%	88.79%	87.86%
		Utilización	87.54%	86.89%	46.76%	65.49%	77.00%	69.78%	57.39%	76.46%	83.42%	87.76%	87.75%	87.63%	76.16%
Pala CAT 7495	PL002	Disponibilidad	82.98%	90.54%	89.22%	98.80%	98.46%	97.92%	94.05%	90.44%	90.44%	92.21%	90.93%	86.11%	91.84%
		Utilización	83.24%	84.95%	81.32%	17.78%	5.46%	39.59%	68.04%	72.12%	81.21%	86.98%	89.96%	89.25%	66.66%
Pala CAT 7495	PL003	Disponibilidad	89.23%	90.22%	94.07%	97.96%	96.84%	94.03%	95.86%	97.00%	96.08%	95.63%	93.10%	93.40%	94.45%
		Utilización	84.55%	83.73%	83.22%	70.82%	76.40%	69.54%	72.25%	78.28%	84.70%	86.83%	88.37%	85.54%	80.35%
PROMEDIO	EQUIPOS	Disponibilidad	84.68%	88.53%	83.95%	92.30%	70.41%	83.02%	89.70%	75.94%	86.55%	82.26%	88.83%	88.89%	84.59%
PROMEDIO	EQUIPOS	Utilización	81.19%	82.32%	67.99%	52.21%	60.68%	52.51%	63.99%	70.74%	79.51%	85.72%	85.35%	85.46%	72.31%

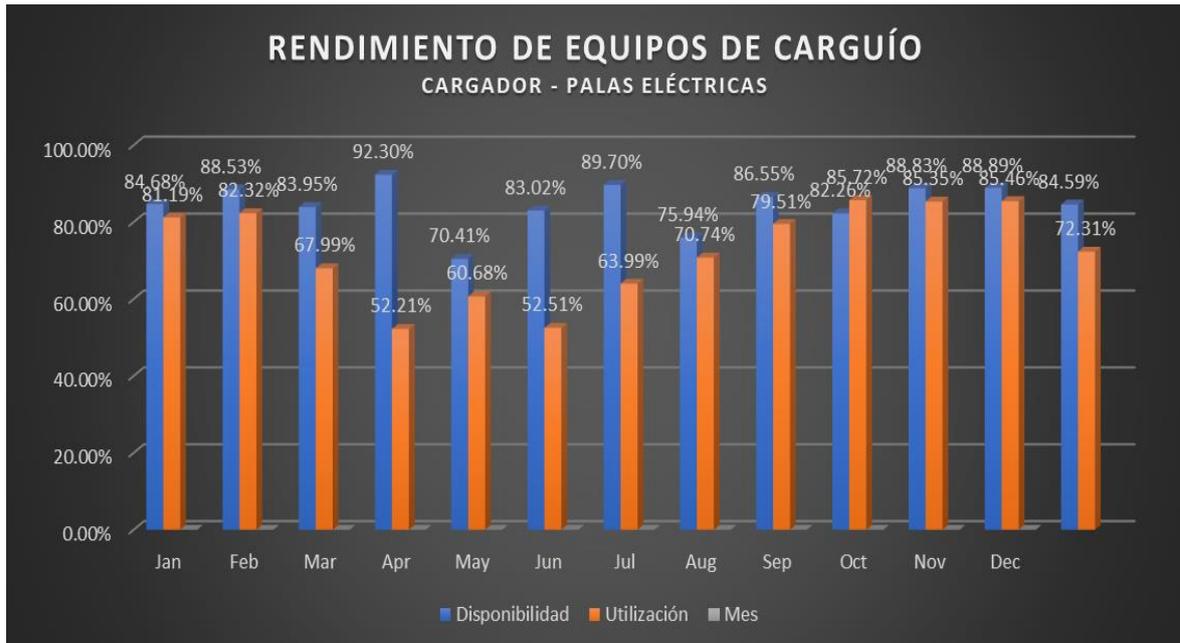


Figura 13. Rendimiento de equipos de carguío, periodo 2020 de la unidad minera Toromocho

c) Pérdida de tiempos operacionales

Se realizó un análisis de las variables que influyen en la pérdida de tiempos operacionales, considerando las categorías de demoras operativas, reservas y mantenimiento en equipos de carguío.

La pérdida de tiempos en los diferentes equipos de carguío durante el periodo 2020 considera un total de pérdida de tiempos en 16,827.48, siendo el total de 3,764.44 horas en demoras operativas, 6,843.21 horas en mantenimiento y 6,219.83 horas de reserva.

Durante el periodo de estudio se consideró una pérdida de tiempo en los periodos de enero a junio un total de 9,738.30 horas, el cual corresponde a 1,906.19 horas a demoras operativas, 3,550.54 horas a mantenimiento y 4,281.57 horas a reserva.

Asimismo, la pérdida de tiempo durante el periodo julio a diciembre se generó un total de 7,089.18 horas, el cual corresponde a 1,858.25 horas en demoras operativas, 3,292.66 horas a mantenimiento y 1,938.26 horas a reserva.

Tabla 10. Pérdida de tiempos de equipos de carguío, periodo 2020 unidad minera Chinalco

FECHA	PÉRDIDA DE TIEMPOS			TOTAL (Hrs)
	DEMORAS	MANTENIMIENTO	RESERVA	
Ene	406.73	650.44	167.71	1,224.89
Feb	387.04	451.00	137.88	975.92
Mar	345.24	493.53	704.51	1,543.28
Abr	246.78	269.47	1,102.77	1,619.02
May	307.52	539.34	829.61	1,676.48
Jun	212.88	1,146.76	1,339.09	2,698.73
Jul	353.88	375.19	943.59	1,672.66
Ago	329.60	1,005.58	223.80	1,558.98
Set	333.50	458.97	220.95	1,013.43
Oct	285.28	614.17	210.44	1,109.88
Nov	242.59	435.29	172.64	850.52
Dic	313.41	403.46	166.85	883.72
TOTAL	3,764.44	6,843.21	6,219.83	16,827.48

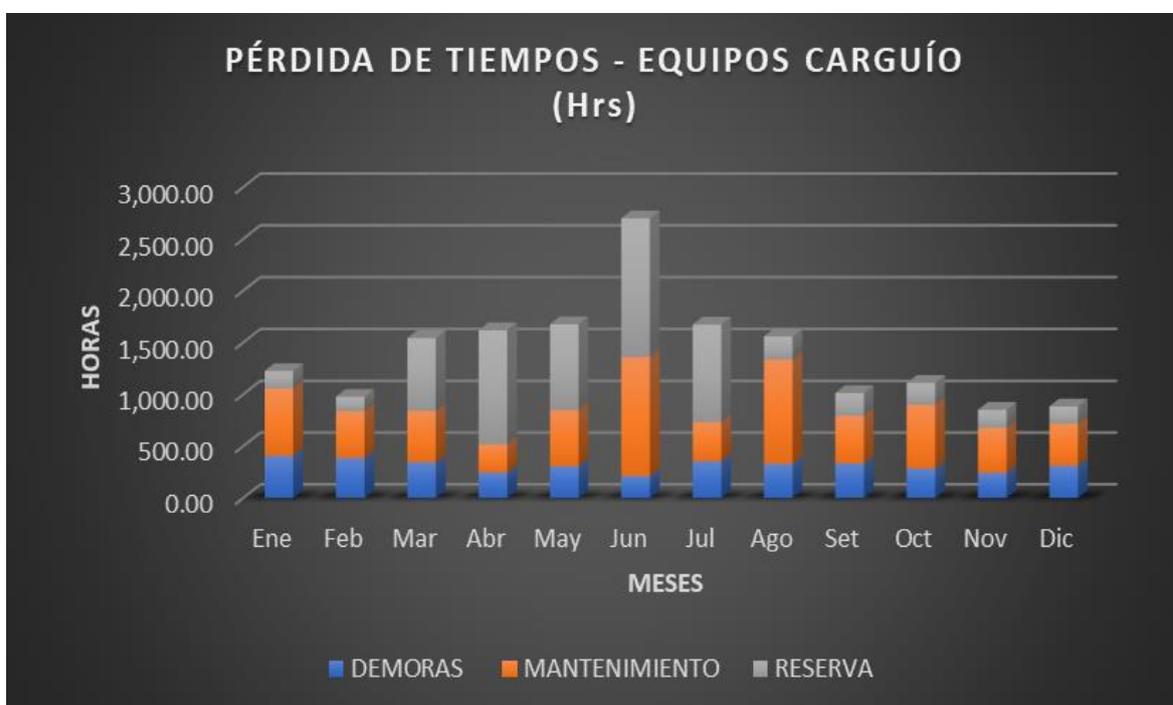


Figura 14. Pérdida de tiempos considerando demoras, mantenimiento y reserva, periodo 2020

d) Diagrama de Pareto

El análisis de la pérdida de tiempo operacional en los equipos de carguío como cargador CD101, cargador CD103, pala eléctrica PL001, pala eléctrica PL002 y pala eléctrica PL003 se analizará mediante la herramienta de Pareto.

El diagrama de Pareto nos indicará la incidencia de la pérdida de tiempo en las distintas actividades operacionales en los equipos de carguío considerando las categorías de demoras operativas, mantenimiento y reserva, teniendo en consideración los diferentes ítems asociados a estas actividades.

Durante el periodo de estudio la incidencia de las actividades analizado por el diagrama de Pareto o la regla 80/20 considera las principales actividades que representa el 80 % de incidencia en la pérdida de tiempos operacionales siendo las categorías de reserva, mantenimiento y demoras operativas.

Las actividades que representas la categoría de reserva son: falta de operador, planeado, falta de chancadora y volquetes; en la categoría de mantenimiento se considera: correctivo mecánico y preventivo; y en la categoría de demoras operativas considera: cambio de turno y refrigerio.

El total de horas acumuladas durante el periodo 2020 representa un total de 13,532 horas en los equipos de carguío analizados.

e) Tiempo de carguío

Se realizará un análisis de tiempo de carguío durante el periodo de análisis y su relación con el cargador CD101, cargador CD103, pala eléctrica PL001, pala eléctrica PL002 y pala eléctrica PL003.

Tabla 11. Diagrama de Pareto anual, considerando las diferentes actividades asociadas a los equipos de carguío, durante el periodo 2020

DIAGRAMA DE PARETO - EQUIPOS DE CARGUÍO				
ANUAL				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Falta de operador	4,012.70	23.85%	4,012.70	23.85%
Correctivo Mecanico	3,139.55	18.66%	7,152.24	42.50%
Preventivo	2,051.42	12.19%	9,203.66	54.69%
Cambio de Turno	1,622.88	9.64%	10,826.54	64.34%
Planeado	828.31	4.92%	11,654.85	69.26%
Refrigerio	674.36	4.01%	12,329.21	73.27%
Falta de chancadora	619.46	3.68%	12,948.68	76.95%
Falta de volquetes	583.89	3.47%	13,532.56	80.42%
Trabajo Soldadura	522.13	3.10%	14,054.69	83.52%
Trabajo Mecanico	385.54	2.29%	14,440.23	85.81%
Correctivo Electrico	366.79	2.18%	14,807.02	87.99%
Movimiento Corto	348.47	2.07%	15,155.48	90.06%
Traslado de Frente	338.74	2.01%	15,494.22	92.08%
Disparo	180.57	1.07%	15,674.79	93.15%
Cambio de Operador	175.52	1.04%	15,850.31	94.19%
Abastecimiento de Combustible	137.86	0.82%	15,988.17	95.01%
Movimiento de cables y/o puente	95.41	0.57%	16,083.58	95.58%
Correctivo Neumaticos	91.32	0.54%	16,174.90	96.12%
Correctivo Soldadura	78.87	0.47%	16,253.77	96.59%
Falta de energia	68.81	0.41%	16,322.58	97.00%
Arreglo de piso	61.43	0.37%	16,384.02	97.36%
Inspeccion de equipo	58.88	0.35%	16,442.90	97.71%
Charlas de Seguridad	40.60	0.24%	16,483.49	97.96%
Falta de frente	37.90	0.23%	16,521.39	98.18%
Trabajo Neumaticos	37.84	0.22%	16,559.22	98.41%
Traslado a Taller	33.68	0.20%	16,592.91	98.61%
Accidente	26.77	0.16%	16,619.68	98.77%
Inspeccion de llantas	26.28	0.16%	16,645.95	98.92%
Inspeccion Predictivo	19.02	0.11%	16,664.98	99.03%
Traslado de taller a frente	18.69	0.11%	16,683.66	99.15%
Inspeccion de Operador	16.48	0.10%	16,700.14	99.24%
Limpieza de Frente	15.56	0.09%	16,715.70	99.34%
Lubricacion	14.12	0.08%	16,729.82	99.42%
Inspeccion Topografia	13.31	0.08%	16,743.14	99.50%
Espera por Movimiento Cables	11.11	0.07%	16,754.24	99.56%
Condiciones climaticas	10.25	0.06%	16,764.49	99.63%
Feriado o Festividad	8.56	0.05%	16,773.05	99.68%
Espera combustible	7.72	0.05%	16,780.77	99.72%
Carretera Obstruida	6.63	0.04%	16,787.40	99.76%
Condiciones Inseguras	6.23	0.04%	16,793.63	99.80%
Mantenimiento por oportunidad	5.15	0.03%	16,798.77	99.83%
Instrucciones	4.86	0.03%	16,803.64	99.86%
Evaluacion de equipo	4.84	0.03%	16,808.48	99.89%
Falla de Energia en Switch House	4.49	0.03%	16,812.97	99.91%
Trabajo Electrico	4.19	0.02%	16,817.16	99.94%
Neumaticos	2.97	0.02%	16,820.13	99.96%
Emergencia	1.33	0.01%	16,821.47	99.96%
Inspeccion Prog. de gets y carrileria	1.17	0.01%	16,822.63	99.97%
Falta de botadero	1.07	0.01%	16,823.70	99.98%
Radio de Comunicacion	1.06	0.01%	16,824.75	99.98%
Inspeccion de gets y carrileria	0.77	0.00%	16,825.52	99.99%
Parada SSMA	0.74	0.00%	16,826.26	99.99%
Limpieza de cucharon	0.67	0.00%	16,826.92	100.00%
Servicios Higienicos	0.50	0.00%	16,827.43	100.00%
Operaciones	0.05	0.00%	16,827.48	100.00%
Falla de Energia en Lineas Electricas Aereas	0.00	0.00%	16,827.48	100.00%
TOTAL GENERAL	16,827.48	100.00%		

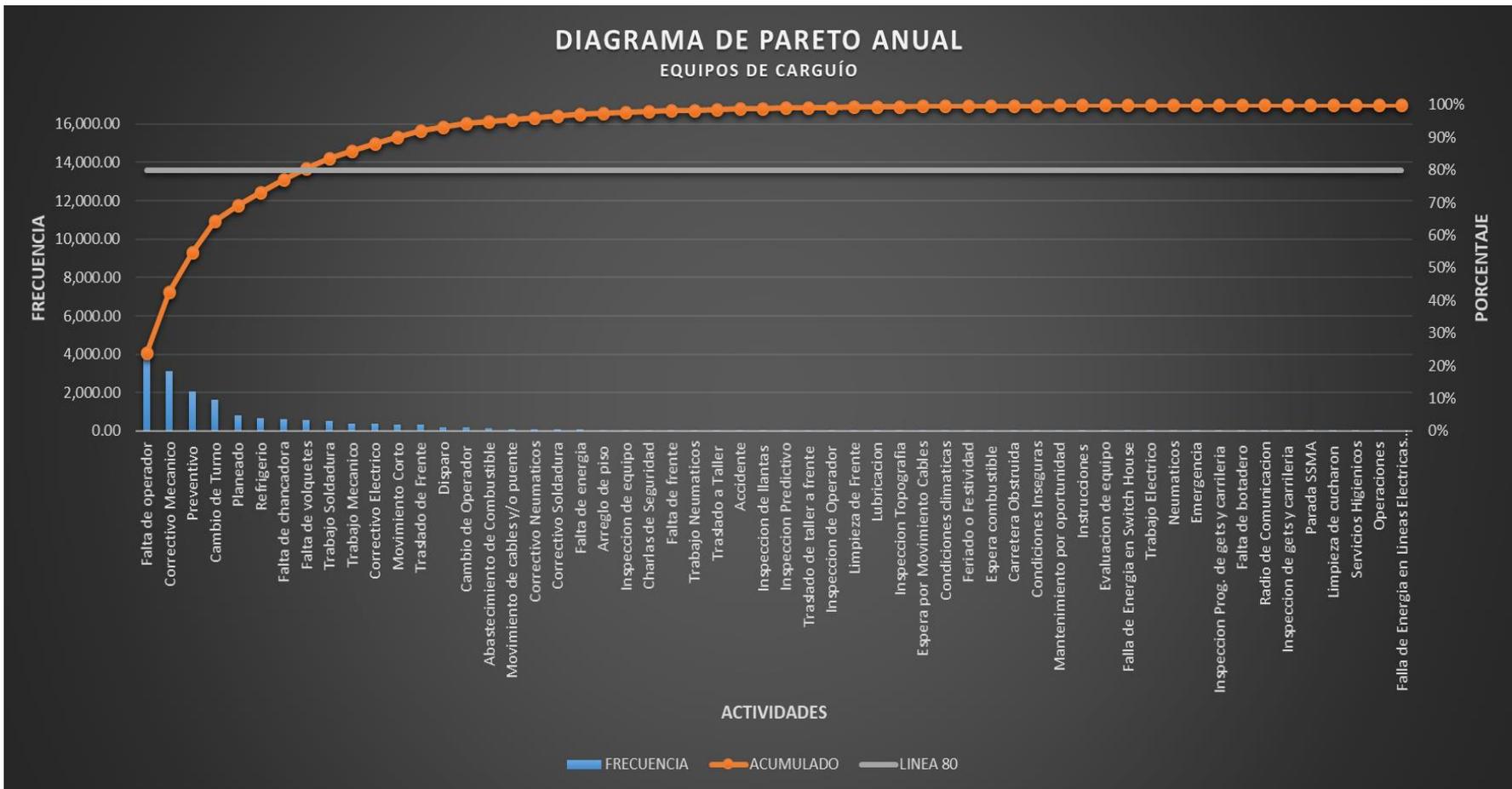


Figura 15. Diagrama de Pareto anual, considerando las diferentes actividades asociadas a los equipos de carguío periodo 2020

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

El desarrollo de la presente tesis es una investigación aplicada bajo un nivel explicativo, considerando la mejora de la productividad en equipos de carguío de Minera Chinalco Perú S. A.

A. Método general

El método aplicado en la presente investigación es método inductivo - deductivo. El método observa e investiga los factores operacionales que inciden directamente en el rendimiento de los equipos de carguío, cargadores modelo LT 2350, con capacidad de 74 toneladas aproximadamente y las palas eléctricas CAT modelo 7495 de 108 toneladas de capacidad perteneciente a la empresa Minera Chinalco Perú S. A.

B. Métodos específicos

Los métodos específicos están relacionados a la data asociada a los principales KPIs de perforación y voladura, así como los factores que inciden directamente a los equipos de carguío, mediante un análisis e interpretación de la data procesada, mediante Pareto, metodología de Asarco, para determinar la utilización y disponibilidad.

- **Recopilación de informes anteriores.** Se analizará el master de las áreas unitarias de perforación y voladura, el master de mantenimiento, y el máster de la producción asociada al tonelaje producido.
- **Trabajo de campo.** Se realizó el trabajo de campo mediante la observación pertinente de mapeo, análisis de tiempo de las diferentes actividades del cargador y pala eléctrica de Minera Chinalco Perú S. A.
- **Trabajo de gabinete.** Se realizó las evaluaciones de los principales indicadores operacionales en equipos de carguío, asociado a sus principales actividades.
- **Resultados.** Se realizó el análisis e interpretación de los principales indicadores asociadas a el cargador modelo LT2350 y las palas eléctricas modelo CAT 7495, generando la optimización del rendimiento de los equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S.A.

3.1.2. Alcances de la investigación

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación consistirá en realizar el control técnico económico de las variables operacionales que influyen en la gestión en operaciones de carguío en Minera Chinalco Perú S.A.

3.2.1. Tipo de diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo). Se desarrollará durante un periodo de 03 meses, analizando las diferentes variables de rendimiento asociada a las áreas de perforación, voladura y producción asociada a los diferentes equipos de carguío.

En el análisis de la información no se alterarán las variables asociadas al rendimiento de los cargadores y palas eléctricas en Minera Chinalco Perú S.A.

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

02 (T1, T2, T3, T4)

GNO: 01 y 02

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población pertenece a la Minera Chinalco Perú S.A., en las diferentes actividades de los equipos de carguío.

3.3.2. Muestra

Estará asociada a los equipos de carguío cargador CD101, cargador CD103, pala eléctrica PL001, pala eléctrica PL002 y pala eléctrica PL003, en la unidad minera Toromocho.

3.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizará, el uso de un conjunto de técnicas e instrumentos de recolección de información, en base al método y tipo de investigación a realizar.

3.3.4. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

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

3.3.5. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Tesis
- ✓ Libros
- ✓ Data de internet
- ✓ Uso de plantillas en Excel
- ✓ Otros

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

A continuación, se presentan los resultados de investigación: “Análisis de las variables operacionales para el mejoramiento de la producción en equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S.A.”, se tiene en cuenta las variables de productividad como utilización y disponibilidad considerando el tiempo asociado a las diferentes actividades de los equipos de carguío.

4.1.1. Análisis de la producción asociada a los equipos de carguío

El análisis de la producción está directamente asociada a su destino: chancadora, zona de acopio y desmonte. La menor producción durante el primer semestre del 2020 fue a la generalización de la pandemia que afecto a las diferentes industrias en general, corrigiéndose una mejora en el segundo semestre.

La producción está asociada a las variables de litología, leyes, alteración hidrotermal, dureza, índice de volabilidad y densidad. Se considera un total de 132,000 toneladas diarias, con una ley media de Cu@0.67 % , Ag@11.46 ppm y Mo@200 ppm , con una densidad media de 2.55.

Tabla 12. Producción de mineral enviado a planta, asociado a los planes programado y ejecutado de mineral y toneladas métricas finas de Cu

MINERAL A CHANCADORA

TURNO	Ton	Cu	Ag	As	Fe	Zn	BI	Dureza	Litología					Alteración						
		Promedio	BXFI	BXFS	Intrusivo	skarn	Hornfels	Intrusivo A	Intrusivo B	Skarn Actinolita	kam Serpentin	Hornfels	Mo	DENS						
A	82,000	0.68	8.55	0.040	10.56	0.102	15.99	2.36	9.629	8.352	35.727	44.202	2.089	41.25	1.85	27.65	27.16	2.09	0.02	2.56
B	50,000	0.65	16.22	0.029	7.69	0.101	18.41	2.83	7.896	6.849	57.556	25.986	1.713	62.306	1.295	17.956	16.730	1.713	0.03	2.53
TOTAL	132,000	0.67	11.46	0.036	9.47	0.102	16.91	2.54	8.973	7.783	43.995	37.302	1.947	49.227	1.638	23.977	23.212	1.947	0.02	2.55

INCIDENCIA DE TONELAJE POR ALTERACIÓN			
Turno A:	% Alteración	Turno B:	% Alteración
Pórfido	43.10	Pórfido	63.60
Skarn	56.90	Skarn	36.399

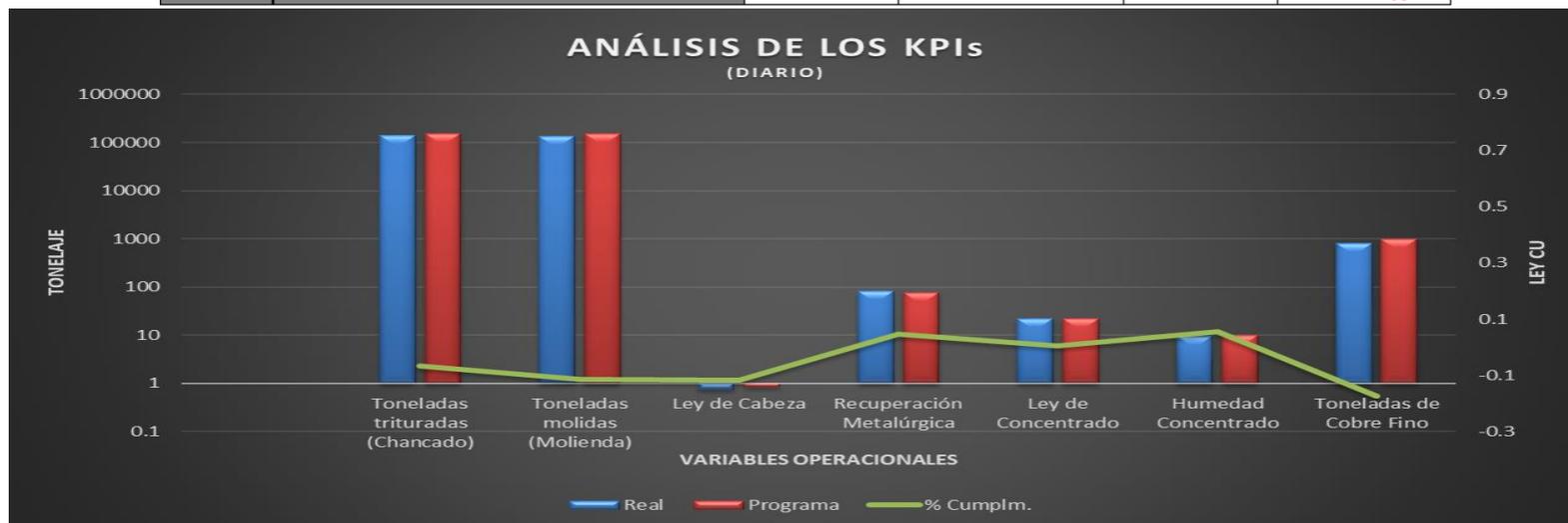
DIARIO	% Alteración	RELACIÓN SKARN/PÓRFIDO
Pórfido	50.86	0.97
Skarn	49.14	

PLANTA PRODUCCIÓN

	t	Diario vs Plan Diario			Semanal vs Plan Semanal			Mensual vs Plan Mensual			Anual vs Plan Anual		
		Real	Plan	%	Real	Plan	%	Real	Plan	%	Real	Plan	%
Mineral Molido	t	154,846	156,256	-0.9%	617,274	604,194	2.20%	617,274.00	605,290.00	2.00%	33,462,594	35,360,759	-5.4%
Grado de Cu en el alimento	%	0.66	0.71	-6.5%	0.66	0.70	-6.10%	0.66	0.75	-11.60%	0.66	0.65	2.1%
TMS de Contenido de Cu Fino	DMT	808.6	886	-8.7%	3,324.4	3,473	-4.30%	3,324.4	3,664	-9.30%	177,997	185,880	-4.2%

Tabla 13. *KPIs de mineral tratado, considerando sus leyes, recuperación, porcentaje de humedad y toneladas de cobre fino*

ITEM	KPI	Unidad	Real	Programa	% Cmplm.
1	Toneladas trituradas (Chancado)	t	142,196.31	152,296.30	-6.63%
2	Toneladas molidas (Molienda)	t	134,381.11	151,754.05	-11.45%
3	Ley de Cabeza	%	0.74	0.84	-11.80%
4	Recuperación Metalúrgica	%	82.37	77.68	4.69%
5	Ley de Concentrado	%	22.49	22	0.49%
6	Humedad Concentrado	%	9.43	10	5.70%
7	Toneladas de Cobre Fino	t	816.78	989.43	-17.45%



a) Análisis e interpretación de resultados

La producción diaria programada versus la producción diaria real, hubo un déficit de -0.9 % con una menor ley de cabeza programada de Cu@0.71 % a una ley de cabeza ejecutada en Cu@0.66 % con un déficit de -6.5 %, afectando directamente a los ingresos. Hubo una mejora de la producción durante el segundo semestre, producto de la aplicación de un sistema de gestión operacional acorde a la situación de pandemia que se analizó durante el periodo de estudio. Para lo cual registraron los siguientes resultados:

- ✓ Se incrementó la producción programada de 605,290 toneladas mensuales a 617,274 toneladas reales, incrementando en un 2 %.
- ✓ La razón de mineral producido desde los sectores *skarn* versus pórfido bajo condiciones de alteración hidrotermal fueron de 0.97 a 1, lo que indica que hay una proporción de por cada tonelada de mineral tipo pórfido se enviará 0.97 toneladas de mineral del sector de *skarn*.
- ✓ Esta relación de tonelaje producido entre la zona *skarn* y pórfido permite el equilibrio de la dureza del mineral en 2.54, siendo la dureza uno de los parámetros que inciden en la etapa de conminución y control del consumo de energía. La dureza promedio de la producción en zona de *skarn* es de 2.0 y en la zona de pórfido es de 3.55.
- ✓ La menor producción anual generada, se compensó de alguna manera en mejorar la recuperación metalúrgica entre 77.68 % programado y 82.37 % real. Esta mejora de la recuperación metalúrgica se reflejó en una mejora de la ley de concentrado de Cu@22 % programado a Cu@22.49 % real, mejorando los ingresos por venta de concentrado.
- ✓ Otra de las variables que incidieron en la reducción de costos de transporte es la reducción del porcentaje de humedad en concentrado de 10% a 9.43%. Considerando un tonelaje transportado por cada 1000 toneladas un incremento de 5.7 toneladas por la disminución de la humedad en los concentrados.

4.1.2. Análisis del rendimiento de los equipos de carguío - variable disponibilidad.

La disponibilidad de los equipos de carguío considera los cargadores CD101 y CD 103, asimismo se considera las palas eléctricas PL001, PL002 Y PL003 durante el periodo 2020. Los análisis de disponibilidad mecánica durante el primer semestre reportan un 83.81 %, generando una mejora durante el segundo semestre en 85.36 %. Esta mejora en 1.55 %, se debe fundamentalmente al incremento de horas en mantenimiento preventivo y correctivo considerando 5,190.97 horas durante el periodo 2020.

Es importante mencionar que la disponibilidad mecánica está directamente asociada a las horas de mantenimiento, en el presente estudio solo se generaliza el mantenimiento preventivo y el correctivo. El mantenimiento preventivo es inherente al mantenimiento programado por el uso o desgaste de los componentes mecánicos y/o eléctricos de los equipos de carguío. Mediante el análisis de Pareto se consideró dentro de las actividades que genera el 80 % de problemas el mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo como segunda y tercera actividad que inciden en la pérdida de tiempo operacional con un total de horas anuales de 5,190.97 horas que representa el 30.85 %.

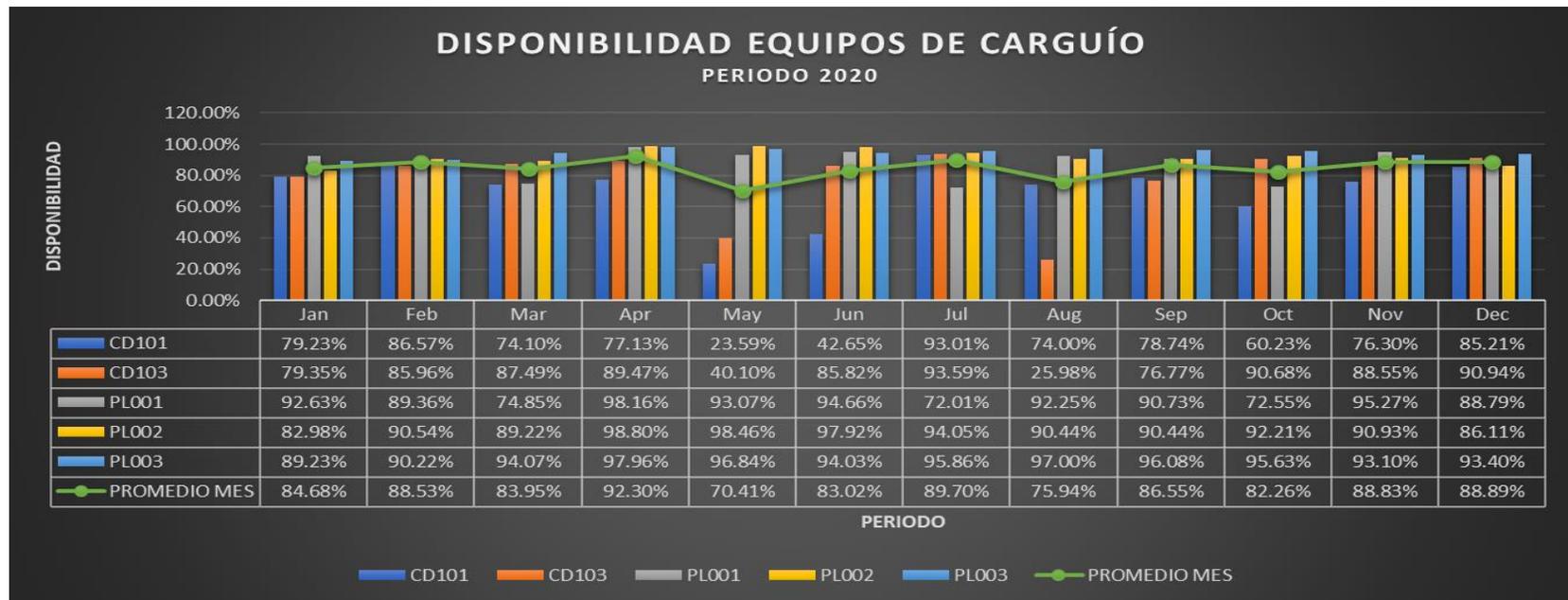
Además, es importante considerar que las pérdidas de tiempo operacional por mantenimiento correctivo es la segunda actividad con mayor incidencia en la pérdida de tiempos operacionales con un total anual de 3,139.55 horas. Es necesario analizar las actividades que inciden en la pérdida de tiempo por efecto del mantenimiento correctivo y su desgaste prematuro de los componentes mecánicos y/o eléctricos de los equipos de carguío, siendo estos probablemente la sobrecarga, la granulometría, factor de llenado, densidad, etc.

La mejora de la disponibilidad durante el segundo semestre, tuvo un efecto directo por la aplicación de los sistemas de gestión de seguridad durante el inicio de la pandemia y se vio reflejada con mayor incidencia durante el primer semestre del 2020.

Tabla 14. Disponibilidad mensual de los equipos de carguío CD101, CD103, PL001, PL002 y PL003 durante el periodo 2020
AÑO 2020

			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Cargador LT 2350	CD101	Disponibilidad	79.23%	86.57%	74.10%	77.13%	23.59%	42.65%	93.01%	74.00%	78.74%	60.23%	76.30%	85.21%	70.90%
Cargador LT 2350	CD103	Disponibilidad	79.35%	85.96%	87.49%	89.47%	40.10%	85.82%	93.59%	25.98%	76.77%	90.68%	88.55%	90.94%	77.89%
Pala CAT 7495	PL001	Disponibilidad	92.63%	89.36%	74.85%	98.16%	93.07%	94.66%	72.01%	92.25%	90.73%	72.55%	95.27%	88.79%	87.86%
Pala CAT 7495	PL002	Disponibilidad	82.98%	90.54%	89.22%	98.80%	98.46%	97.92%	94.05%	90.44%	90.44%	92.21%	90.93%	86.11%	91.84%
Pala CAT 7495	PL003	Disponibilidad	89.23%	90.22%	94.07%	97.96%	96.84%	94.03%	95.86%	97.00%	96.08%	95.63%	93.10%	93.40%	94.45%
PROMEDIO	EQUIPOS	Disponibilidad	84.68%	88.53%	83.95%	92.30%	70.41%	83.02%	89.70%	75.94%	86.55%	82.26%	88.83%	88.89%	84.59%

DISPONIBILIDAD		DIFERENCIA
EN-JUN	83.81%	1.55%
JUL-DIC	85.36%	



a) Análisis e interpretación de resultados

Los equipos de carguío que han sido considerados en el análisis del presente trabajo de investigación son los cargadores CD101 y CD103, y las palas eléctricas PL001, PL002 y PL003, con su análisis mensual durante el periodo 2020.

El análisis de la disponibilidad de los diferentes equipos de carguío cargador y pala eléctrica estará asociada a la disponibilidad mensual de cada equipo y el promedio de la disponibilidad mensual de todos los equipos en ese periodo de tiempo.

Este análisis nos mostrará la incidencia del rendimiento de cada equipo de carguío con el rendimiento total de todos los equipos de carguío asociados.

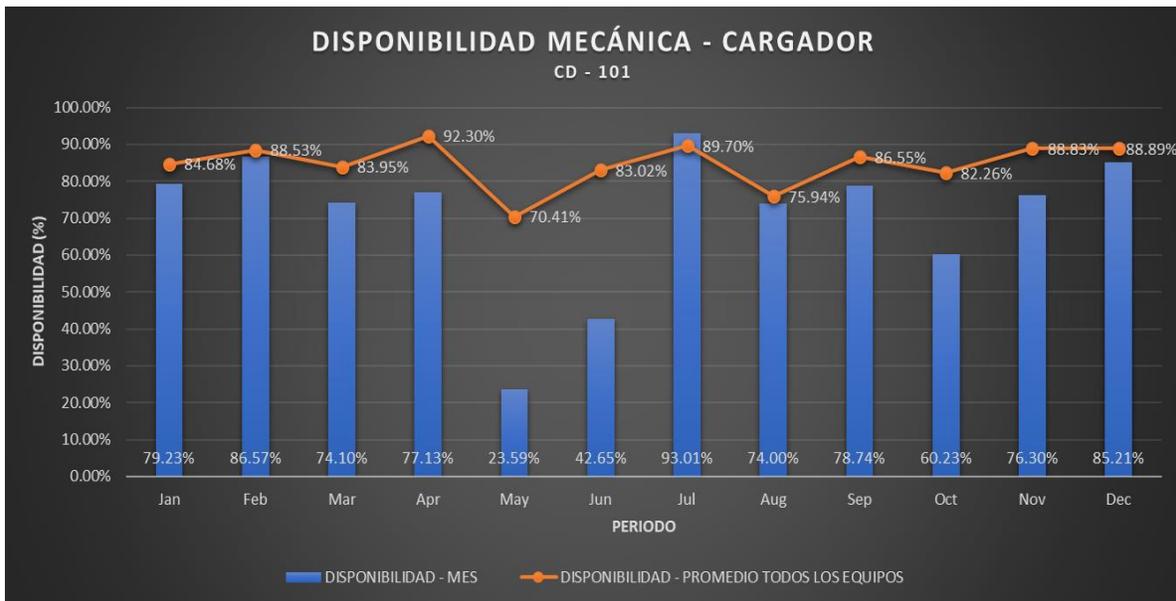


Figura 16. Disponibilidad mensual del cargador CD101 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

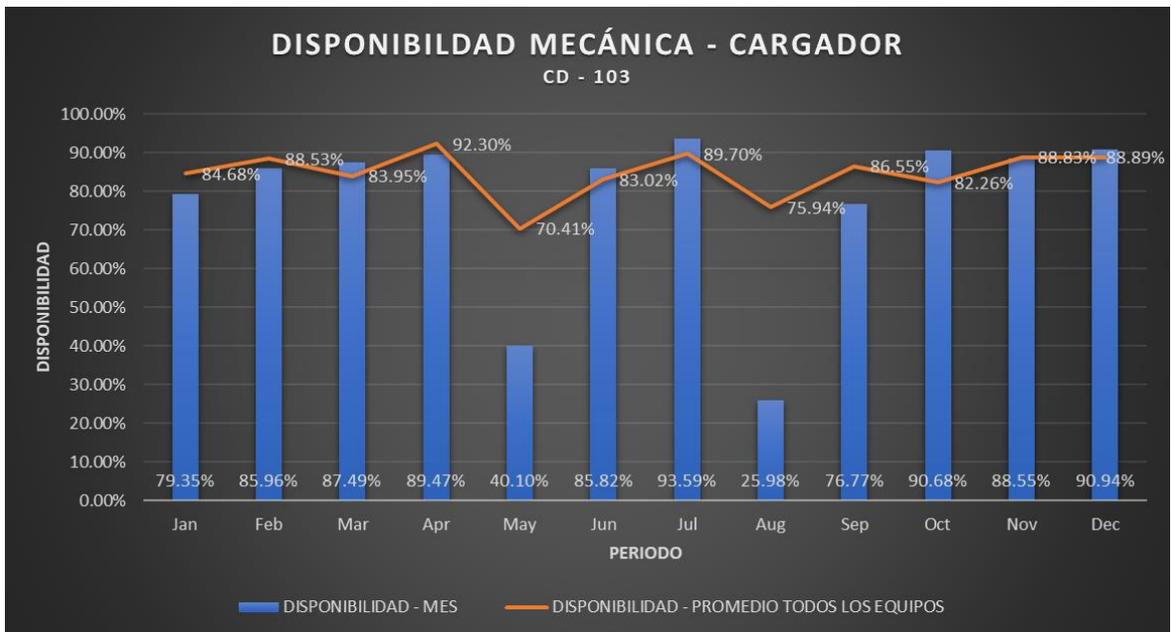


Figura 17. Disponibilidad mensual del cargador CD103 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

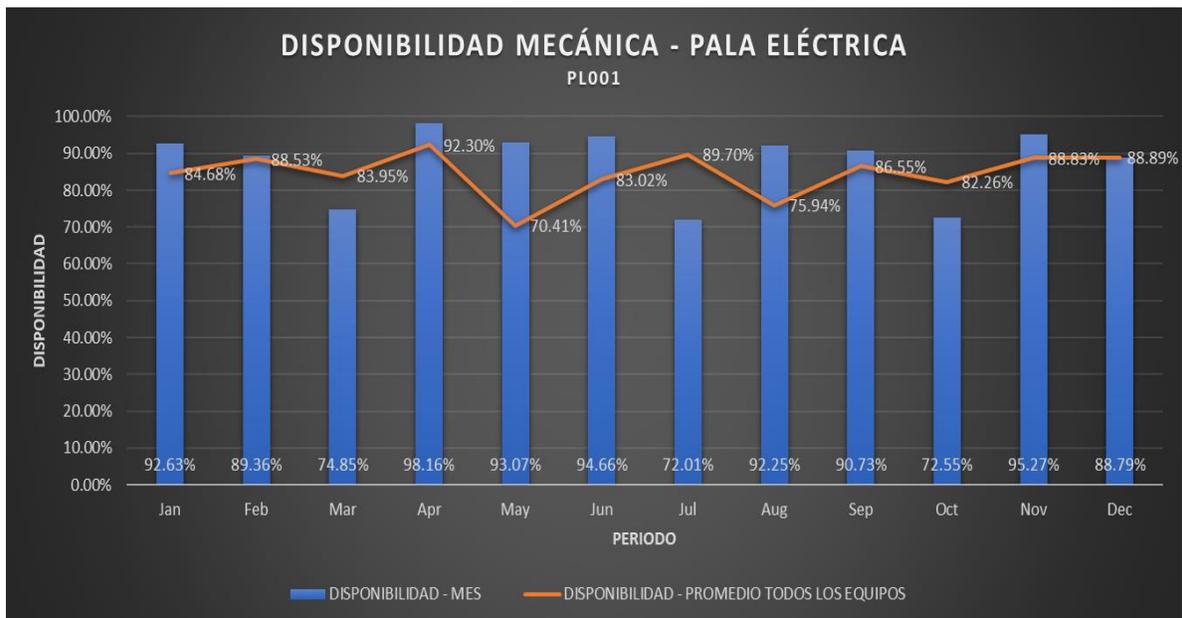


Figura 18. Disponibilidad mensual de la pala eléctrica PL001 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

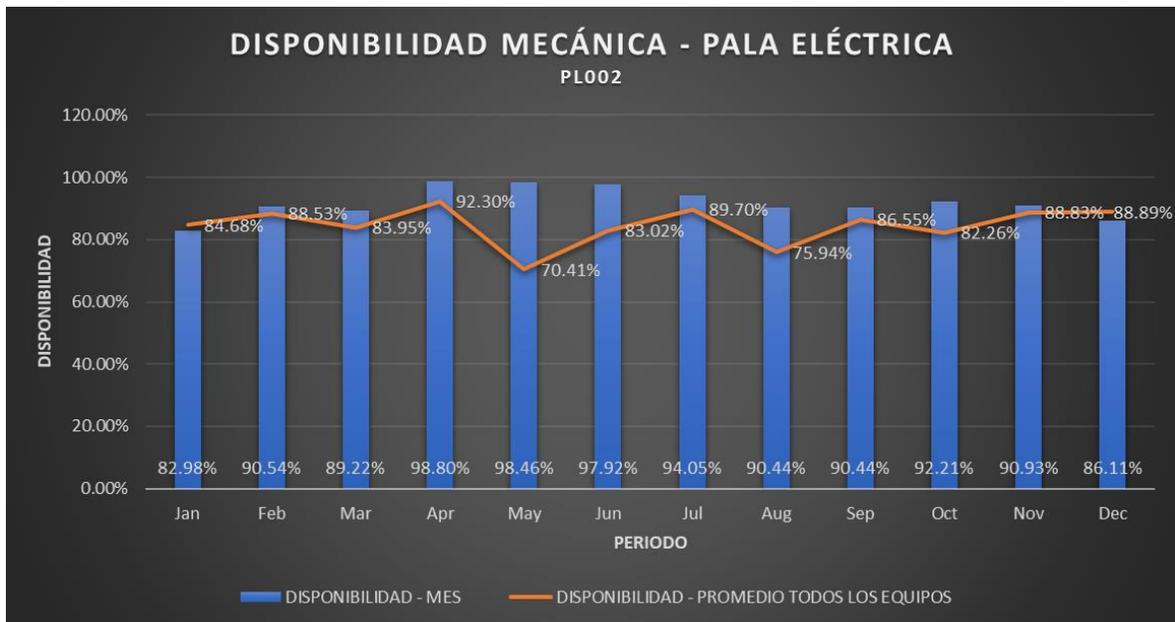


Figura 19. Disponibilidad mensual de la pala eléctrica PL002 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

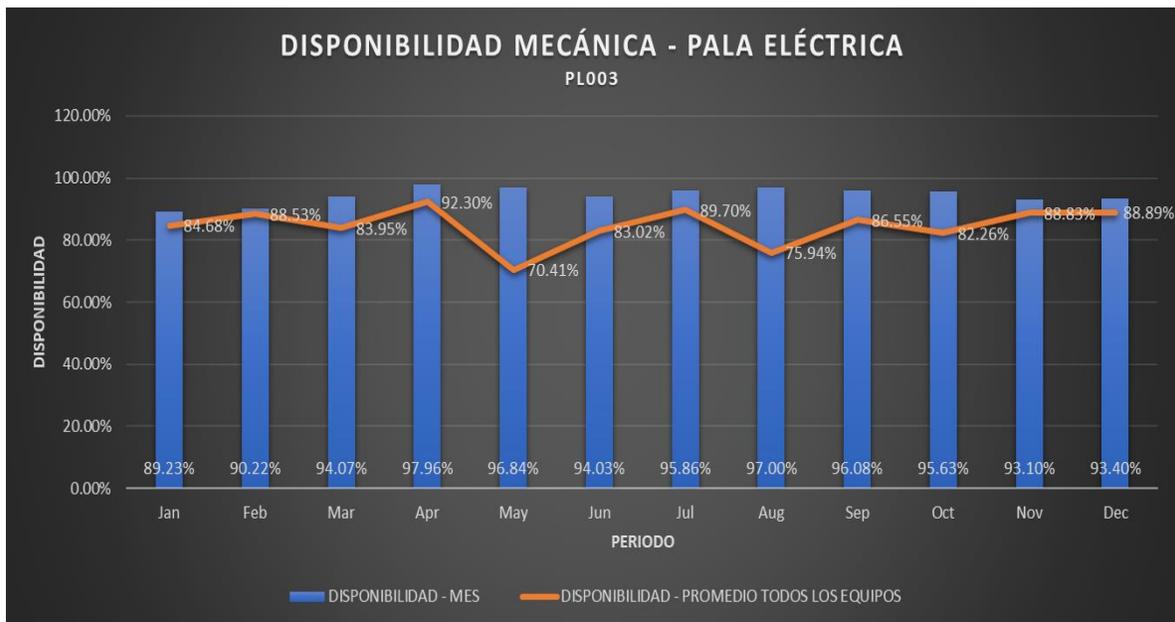


Figura 20. Disponibilidad mensual de la pala eléctrica PL003 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

- ✓ La disponibilidad mecánica promedio anual para los cargadores CD101 y CD103, fueron de 70.90 % y 77.89 % respectivamente. Los meses de mayor incidencia para el cargador CD101 fue durante los meses de mayo y junio con una disponibilidad mecánica muy baja en promedio de 33.12 %, lo que indica baja

productividad. El cargador CD103 tuvo una baja de productividad durante el mes de mayo con 40.10 % de disponibilidad, estando estos equipos mayormente en el área de mantenimiento.

- ✓ La disponibilidad mecánica promedio anual para las palas eléctricas PL001, PL002 y PL003, fueron de 87.86 %, 91.84 % y 94.4 5% respectivamente. La pala eléctrica PL001 tuvo un descenso de su productividad menores a 80 % durante los meses de marzo, julio y octubre con disponibilidades de 74.85 %, 72.01 % y 72.55 % respectivamente. La pala eléctrica PL002 tuvo un descenso de su productividad menores a 85 % durante los meses enero y diciembre con disponibilidades de 82.98 % y 86.11 % respectivamente. La pala eléctrica PL003 tuvo un descenso de su productividad menores a 90% durante el mes de enero con una disponibilidad de 89.23 %.

- ✓ Los equipos que tuvieron mejores rendimientos operativos durante el periodo 2020 fueron las palas eléctricas PL003, PL002 y PL003 respectivamente con disponibilidades entre 87 % y 95 %. Siendo los de menor rendimiento en los equipos de carguío los Cargadores CD101 y CD103 con disponibilidades menores a 70 %.

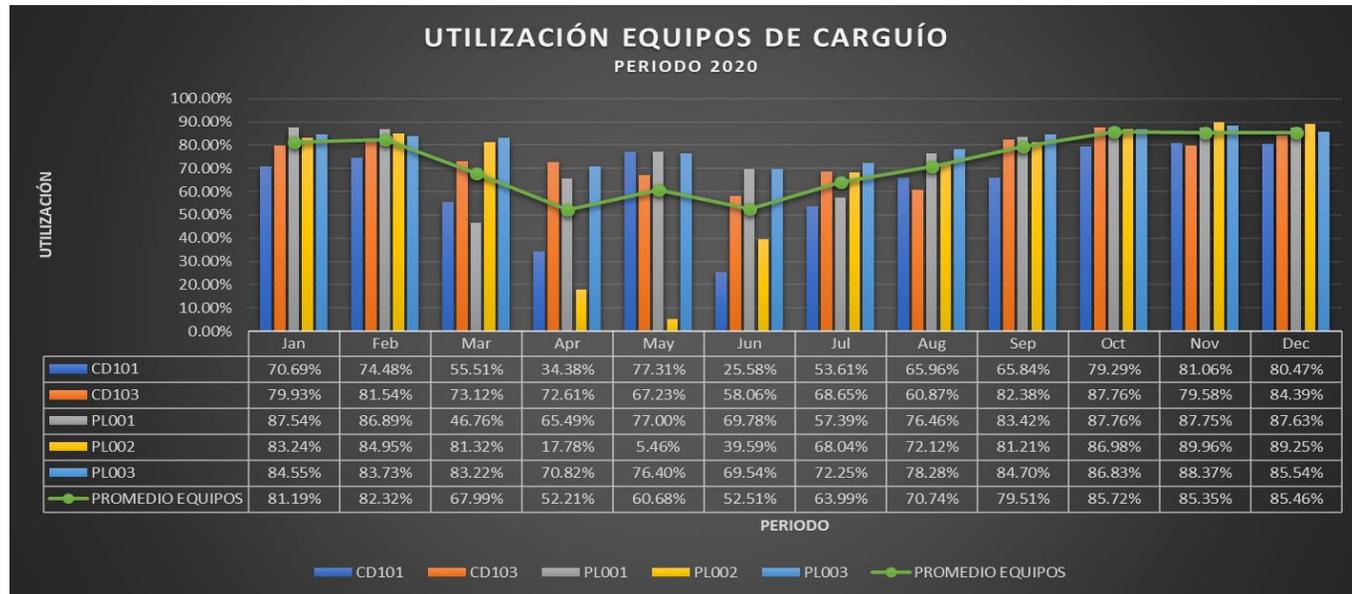
4.1.3. Análisis del rendimiento de los equipos de carguío – variable utilización.

El análisis de la variable utilización está relacionado directamente a la operación, considerando el uso de los equipos de carguío en los diferentes frentes de operación. Se analizó los cargadores CD101 y CD103, y las palas eléctricas PL001, PL002 y PL003, siendo las variables de utilización de 63.68 %, 74.68 %, 76.16 %, 66.66 % y 80.35 % respectivamente. El análisis semestral de la utilización mejoró en el segundo semestre en 78.46 % comparado con el primer semestre de 66.15%.

Tabla 15. Utilización mensual de los equipos de carguío CD101, CD103, PL001, PL002 y PL003 durante el periodo 2020
Año 2020

			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Cargador LT 2350	CD101	Utilización	70.69%	74.48%	55.51%	34.38%	77.31%	25.58%	53.61%	65.96%	65.84%	79.29%	81.06%	80.47%	63.68%
Cargador LT 2350	CD103	Utilización	79.93%	81.54%	73.12%	72.61%	67.23%	58.06%	68.65%	60.87%	82.38%	87.76%	79.58%	84.39%	74.68%
Pala CAT 7495	PL001	Utilización	87.54%	86.89%	46.76%	65.49%	77.00%	69.78%	57.39%	76.46%	83.42%	87.76%	87.75%	87.63%	76.16%
Pala CAT 7495	PL002	Utilización	83.24%	84.95%	81.32%	17.78%	5.46%	39.59%	68.04%	72.12%	81.21%	86.98%	89.96%	89.25%	66.66%
Pala CAT 7495	PL003	Utilización	84.55%	83.73%	83.22%	70.82%	76.40%	69.54%	72.25%	78.28%	84.70%	86.83%	88.37%	85.54%	80.35%
PROMEDIO	EQUIPOS	UTILIZACIÓN	81.19%	82.32%	67.99%	52.21%	60.68%	52.51%	63.99%	70.74%	79.51%	85.72%	85.35%	85.46%	72.31%

UTILIZACIÓN	
EN-JUN	66.15%
JUL-DIC	78.46%



a) Análisis e interpretación de resultados

Los equipos de carguío que han sido considerados en el análisis del presente trabajo de investigación son los cargadores CD101 y CD103, y las palas eléctricas PL001, PL002 y PL003, con su análisis mensual durante el periodo 2020.

El análisis de la utilización de los diferentes equipos de carguío cargador y pala eléctrica estará asociada al uso de los equipos en los diferentes frentes de operación, relacionando la utilización mensual de cada equipo y el promedio de la utilización mensual de todos los equipos en ese periodo de tiempo.

Este análisis permitirá analizar la incidencia del rendimiento de cada equipo de carguío con el rendimiento total de todos los equipos de carguío asociados, mediante la variable utilización que está asociado al uso de los equipos en los frentes de operación.

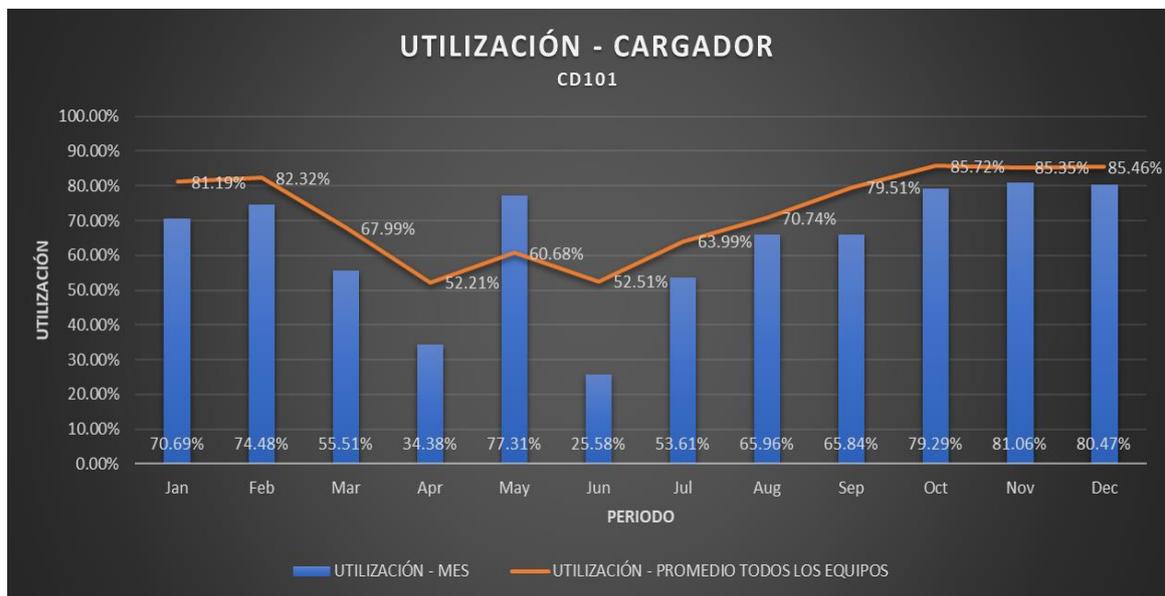


Figura 21. Utilización mensual del cargador CD101 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

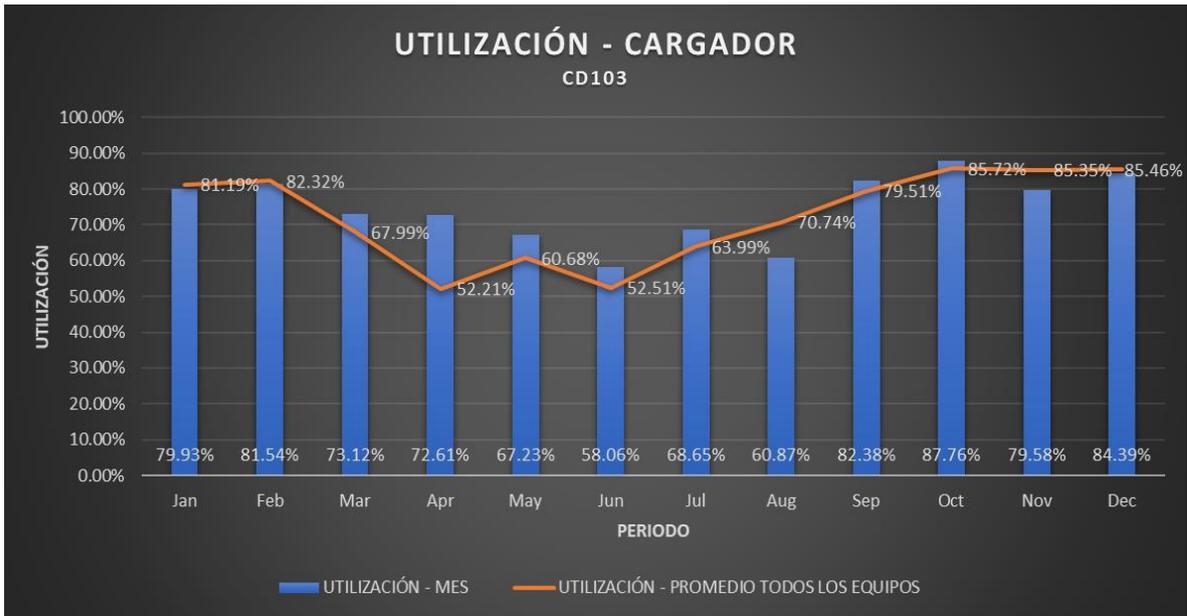


Figura 22. Utilización mensual del cargador CD103 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

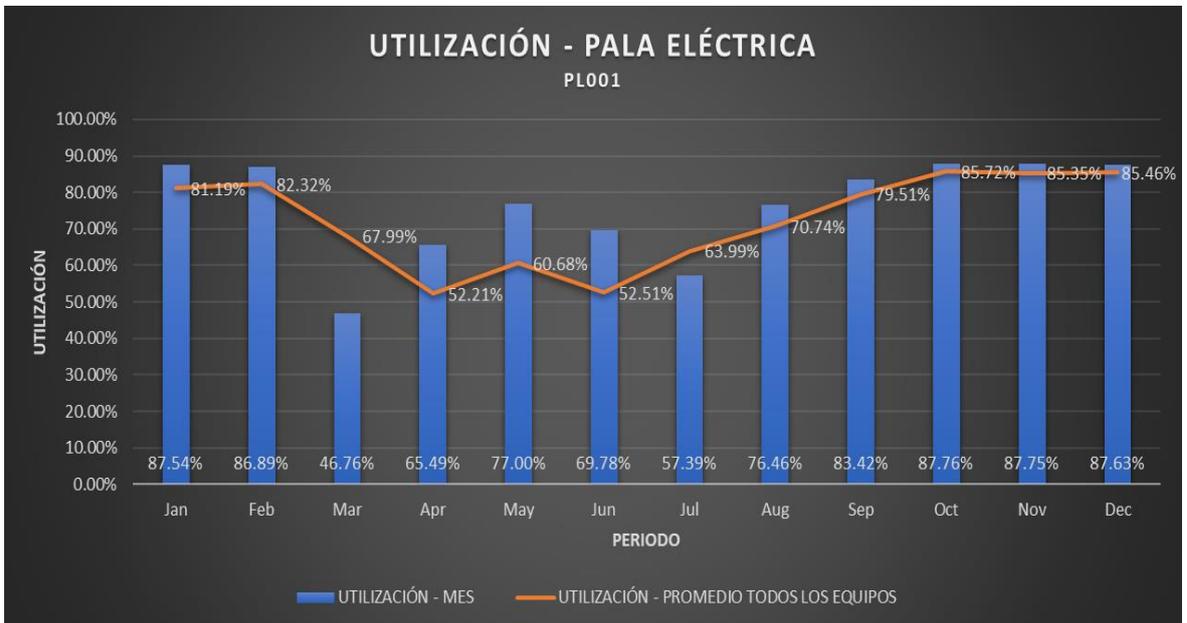


Figura 23. Utilización mensual de la pala eléctrica PL001 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

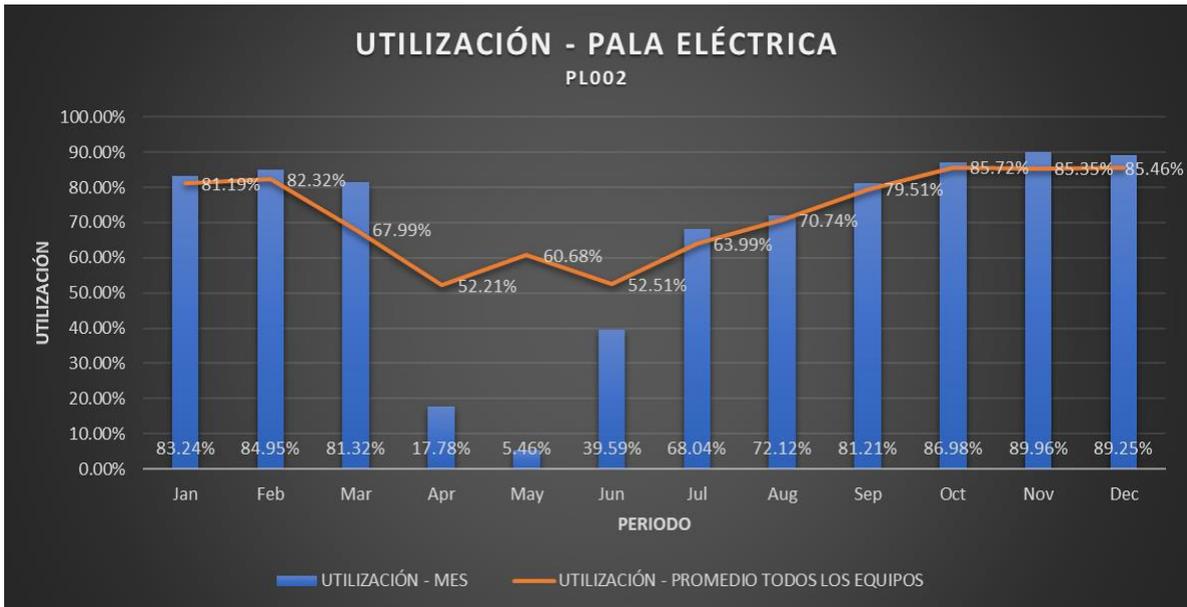


Figura 24. Utilización mensual de la pala eléctrica PL002 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

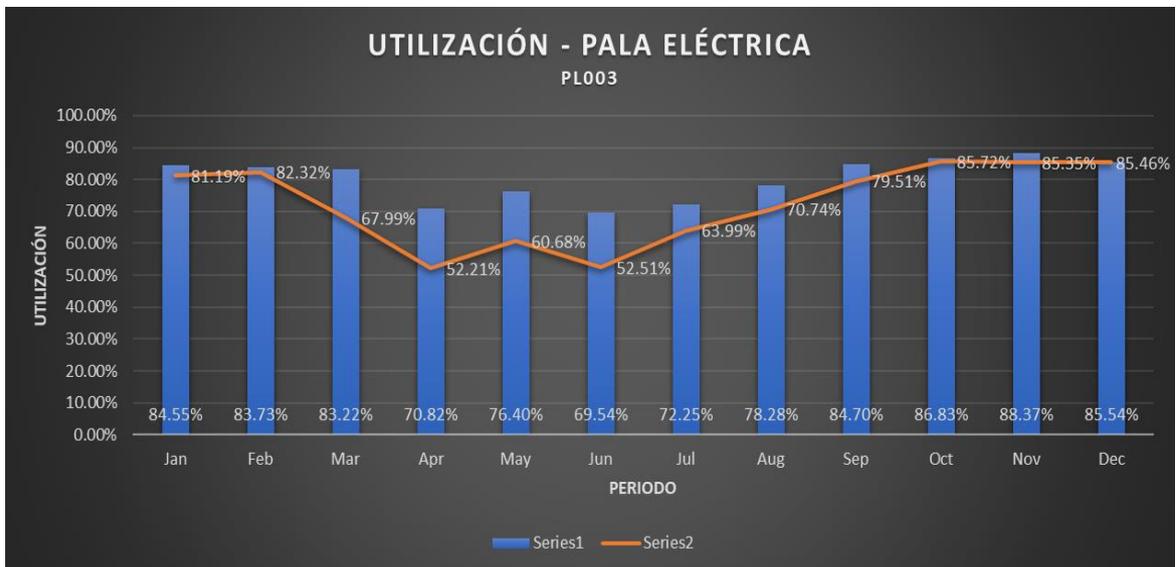


Figura 25. Utilización mensual de la pala eléctrica PL002 y su relación con el rendimiento promedio de todos los equipos de carguío

- ✓ La utilización promedio anual para los cargadores CD101 y CD103, fueron de 63.68 % y 74.68 % respectivamente. Los meses de mayor incidencia para el cargador CD101 con utilizations menores al 60 % fue durante los meses de marzo, abril, junio y julio con utilizations de 55.51 %, 34.38 %, 25.58 % y 53.61 % respectivamente, generando una disminucion de la produccion y menor

productividad. El cargador CD103 tuvo una baja de productividad menores al 60 % durante el mes de junio con 58.06 % de utilización.

- ✓ La utilización promedio anual para las palas eléctricas PL001, PL002 y PL003, fueron de 76.16 %, 66.66 % y 80.35 % respectivamente. La pala eléctrica PL001 tuvo un descenso de su productividad menores a 70 % durante los meses de marzo, abril, junio y julio con utilizaciones de 46,76 %, 65.49 %, 69.78 % y 57.39 % respectivamente. La pala eléctrica PL002 tuvo un descenso de su productividad menores a 80 % durante los meses abril, mayo, junio, julio y agosto con utilizaciones de 17.78 %, 5.46 %, 39.59 %, 68.04 % y 72.12 % respectivamente. La pala eléctrica PL003 tuvo un descenso de su productividad menores a 80 % durante los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto con una disponibilidad de 70.82 %, 76.40 %, 69.54 %, 72.2 5% y78.29 %.
- ✓ Los equipos que tuvieron mejores rendimientos operativos durante el periodo 2020 fueron las palas eléctricas PL003 y PL001 respectivamente con utilizaciones de 80.35 % y 76.16 % y el cargador CD103 con una utilización de 74.68 %. Los equipos de carguío de menor rendimiento son el cargador CD101 y la pala eléctrica PL002 con utilizaciones de 63.68% y 66.66% respectivamente.

4.1.4. Análisis de Pareto en los equipos de carguío

El análisis de Pareto estará asociado a las detenciones o pérdidas de tiempo operacional por un conjunto de fallas asociadas principalmente a las actividades que representan la relación de Pareto el 80/20. Para el análisis anual de Pareto en los equipos de carguío representa que representa el 80.42 % acumulado de pérdidas operacionales, que representan 8 actividades con un porcentaje de incidencia del 14.29 % del total de actividades que influyen las pérdidas de tiempo operacional.

Tabla 16. Análisis de tiempos anual mediante el diagrama de Pareto de los equipos de carguío, periodo 2020

DIAGRAMA DE PARETO - EQUIPOS DE CARGUÍO				
ANUAL				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Falta de operador	4,012.70	23.85%	4,012.70	23.85%
Correctivo Mecanico	3,139.55	18.66%	7,152.24	42.50%
Preventivo	2,051.42	12.19%	9,203.66	54.69%
Cambio de Turno	1,622.88	9.64%	10,826.54	64.34%
Planeado	828.31	4.92%	11,654.85	69.26%
Refrigerio	674.36	4.01%	12,329.21	73.27%
Falta de chancadora	619.46	3.68%	12,948.68	76.95%
Falta de volquetes	583.89	3.47%	13,532.56	80.42%
Trabajo Soldadura	522.13	3.10%	14,054.69	83.52%
Trabajo Mecanico	385.54	2.29%	14,440.23	85.81%
Correctivo Electrico	366.79	2.18%	14,807.02	87.99%
Movimiento Corto	348.47	2.07%	15,155.48	90.06%
Traslado de Frente	338.74	2.01%	15,494.22	92.08%
Disparo	180.57	1.07%	15,674.79	93.15%
Cambio de Operador	175.52	1.04%	15,850.31	94.19%
Abastecimiento de Combustible	137.86	0.82%	15,988.17	95.01%
Movimiento de cables y/o puente	95.41	0.57%	16,083.58	95.58%
Correctivo Neumaticos	91.32	0.54%	16,174.90	96.12%
Correctivo Soldadura	78.87	0.47%	16,253.77	96.59%
Falta de energia	68.81	0.41%	16,322.58	97.00%
Arreglo de piso	61.43	0.37%	16,384.02	97.36%
Inspeccion de equipo	58.88	0.35%	16,442.90	97.71%
Charlas de Seguridad	40.60	0.24%	16,483.49	97.96%
Falta de frente	37.90	0.23%	16,521.39	98.18%
Trabajo Neumaticos	37.84	0.22%	16,559.22	98.41%
Traslado a Taller	33.68	0.20%	16,592.91	98.61%
Accidente	26.77	0.16%	16,619.68	98.77%
Inspeccion de llantas	26.28	0.16%	16,645.95	98.92%
Inspeccion Predictivo	19.02	0.11%	16,664.98	99.03%
Traslado de taller a frente	18.69	0.11%	16,683.66	99.15%
Inspeccion de Operador	16.48	0.10%	16,700.14	99.24%
Limpieza de Frente	15.56	0.09%	16,715.70	99.34%
Lubricacion	14.12	0.08%	16,729.82	99.42%
Inspeccion Topografia	13.31	0.08%	16,743.14	99.50%
Espera por Movimiento Cables	11.11	0.07%	16,754.24	99.56%
Condiciones climaticas	10.25	0.06%	16,764.49	99.63%
Feriado o Festividad	8.56	0.05%	16,773.05	99.68%
Espera combustible	7.72	0.05%	16,780.77	99.72%
Carretera Obstruida	6.63	0.04%	16,787.40	99.76%
Condiciones Inseguras	6.23	0.04%	16,793.63	99.80%
Mantenimiento por oportunidad	5.15	0.03%	16,798.77	99.83%
Instrucciones	4.86	0.03%	16,803.64	99.86%
Evaluacion de equipo	4.84	0.03%	16,808.48	99.89%
Falla de Energia en Switch House	4.49	0.03%	16,812.97	99.91%
Trabajo Electrico	4.19	0.02%	16,817.16	99.94%
Neumaticos	2.97	0.02%	16,820.13	99.96%
Emergencia	1.33	0.01%	16,821.47	99.96%
Inspeccion Prog. de gets y carrileria	1.17	0.01%	16,822.63	99.97%
Falta de botadero	1.07	0.01%	16,823.70	99.98%
Radio de Comunicacion	1.06	0.01%	16,824.75	99.98%
Inspeccion de gets y carrileria	0.77	0.00%	16,825.52	99.99%
Parada SSMA	0.74	0.00%	16,826.26	99.99%
Limpieza de cucharon	0.67	0.00%	16,826.92	100.00%
Servicios Higienicos	0.50	0.00%	16,827.43	100.00%
Operaciones	0.05	0.00%	16,827.48	100.00%
Falla de Energia en Lineas Electricas Aereas	0.00	0.00%	16,827.48	100.00%
TOTAL GENERAL	16,827.48	100.00%		

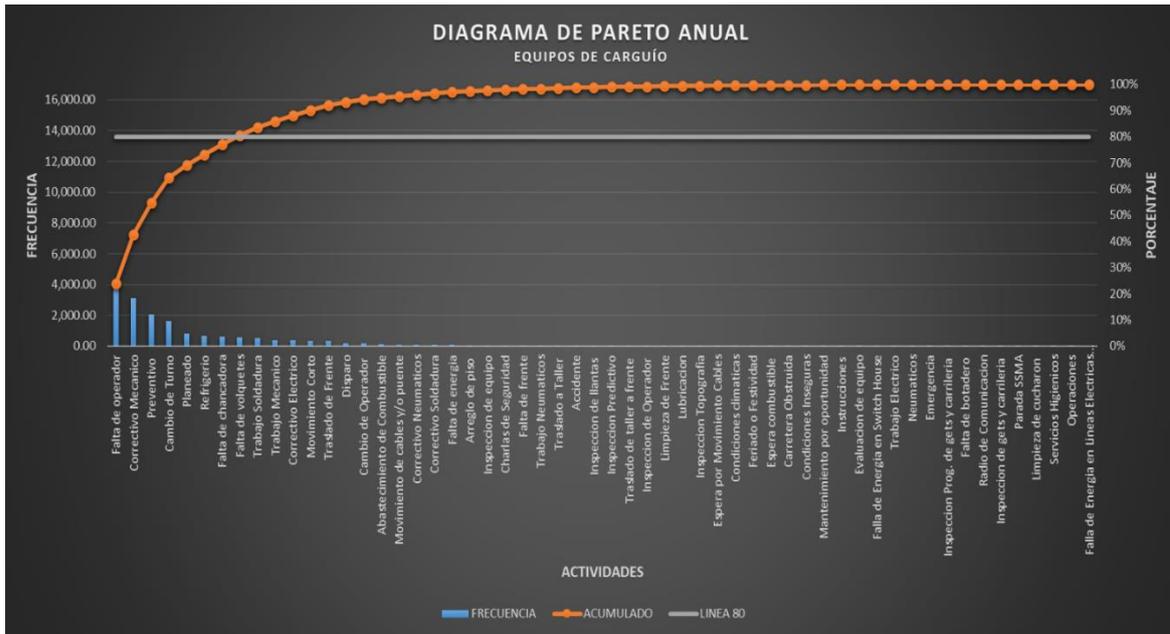


Figura 26. Diagrama de Pareto anual, equipos de carguío periodo 2020

El diagrama de Pareto anual identificó 8 actividades importantes que inciden el 80.42 % de problemas en las pérdidas de tiempo, el cual representa el 14.29% de todas las actividades, siendo estas en orden de incidencia: falta de operador con 4,012.70 horas, mantenimiento correctivo con 3,139.55 horas, mantenimiento preventivo con 2,051.42 horas, cambio de turno con 1,622.88 horas, planeado con 828.31 horas, refrigerio con 674.36 horas, falta de chancadora con 619.46 horas y falta de volquetes con 583.89 horas.

El total de horas que inciden el 80.42 % en las 8 actividades representan un total de 13,532.56 horas, donde la Categoría Reserva representa un total de 6,044.36 horas con el 44.67 % de incidencia, la Categoría Mantenimiento representa un total de 5,190.97 horas con el 38.36 % de incidencia y la Categoría Demoras representa un total de 2,297.23 horas con el 16.98 % de incidencia.

a) Análisis e interpretación de resultados

Los equipos de carguío que han sido considerados en el análisis de Pareto del presente trabajo de investigación son los cargadores CD101 y CD103, y las palas eléctricas PL001, PL002 y PL003, con el análisis anual del periodo 2020.

Tabla 17. Diagrama de Pareto del cargador CD101, periodo 2020

DIAGRAMA DE PARETO - EQUIPOS DE CARGUÍO				
CARGADOR - CD101				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Correctivo Mecanico	1,944.78	40.28%	1,944.78	40.28%
Falta de operador	974.02	20.18%	2918.80	60.46%
Falta de chancadora	285.78	5.92%	3204.59	66.38%
Preventivo	269.91	5.59%	3474.50	71.97%
Cambio de Turno	246.67	5.11%	3721.17	77.08%
Falta de volquetes	173.14	3.59%	3894.31	80.67%
Correctivo Electrico	169.01	3.50%	4063.32	84.17%
Trabajo Mecanico	163.09	3.38%	4226.41	87.54%
Refrigerio	103.94	2.15%	4330.36	89.70%
Planeado	101.37	2.10%	4431.72	91.80%
Traslado de Frente	91.98	1.91%	4523.70	93.70%
Correctivo Neumaticos	58.98	1.22%	4582.68	94.92%
Abastecimiento de Combustible	55.38	1.15%	4638.07	96.07%
Falta de frente	27.70	0.57%	4665.76	96.65%
Trabajo Neumaticos	24.23	0.50%	4689.99	97.15%
Trabajo Soldadura	19.50	0.40%	4709.49	97.55%
Cambio de Operador	17.40	0.36%	4726.90	97.91%
Traslado a Taller	16.05	0.33%	4742.94	98.24%
Traslado de taller a frente	12.05	0.25%	4755.00	98.49%
Dísparo	10.70	0.22%	4765.69	98.72%
Inspeccion de llantas	9.24	0.19%	4774.93	98.91%
Lubricacion	8.79	0.18%	4783.72	99.09%
Inspeccion de equipo	8.11	0.17%	4791.83	99.26%
Arreglo de piso	7.25	0.15%	4799.08	99.41%
Charlas de Seguridad	4.98	0.10%	4804.06	99.51%
Inspeccion de Operador	3.80	0.08%	4807.86	99.59%
Condiciones climaticas	3.21	0.07%	4811.08	99.66%
Espera combustible	2.98	0.06%	4814.05	99.72%
Feriado o Festividad	2.80	0.06%	4816.85	99.77%
Inspeccion Predictivo	1.83	0.04%	4818.68	99.81%
Instrucciones	1.50	0.03%	4820.18	99.84%
Neumaticos	1.27	0.03%	4821.45	99.87%
Limpieza de Frente	1.25	0.03%	4822.70	99.90%
Condiciones Inseguras	1.10	0.02%	4823.80	99.92%
Falta de botadero	1.07	0.02%	4824.86	99.94%
Carretera Obstruida	0.77	0.02%	4825.63	99.96%
Evaluacion de equipo	0.67	0.01%	4826.31	99.97%
Inspeccion Topografia	0.48	0.01%	4826.79	99.98%
Movimiento Corto	0.37	0.01%	4827.16	99.99%
Inspeccion Prog. de gets y carrileria	0.33	0.01%	4827.49	100.00%
Servicios Higienicos	0.22	0.00%	4827.71	100.00%
Accidente	0.00	0.00%	4827.71	100.00%
Parada SSMA	0.00	0.00%	4827.71	100.00%
TOTAL GENERAL	4,827.71	100.00%		

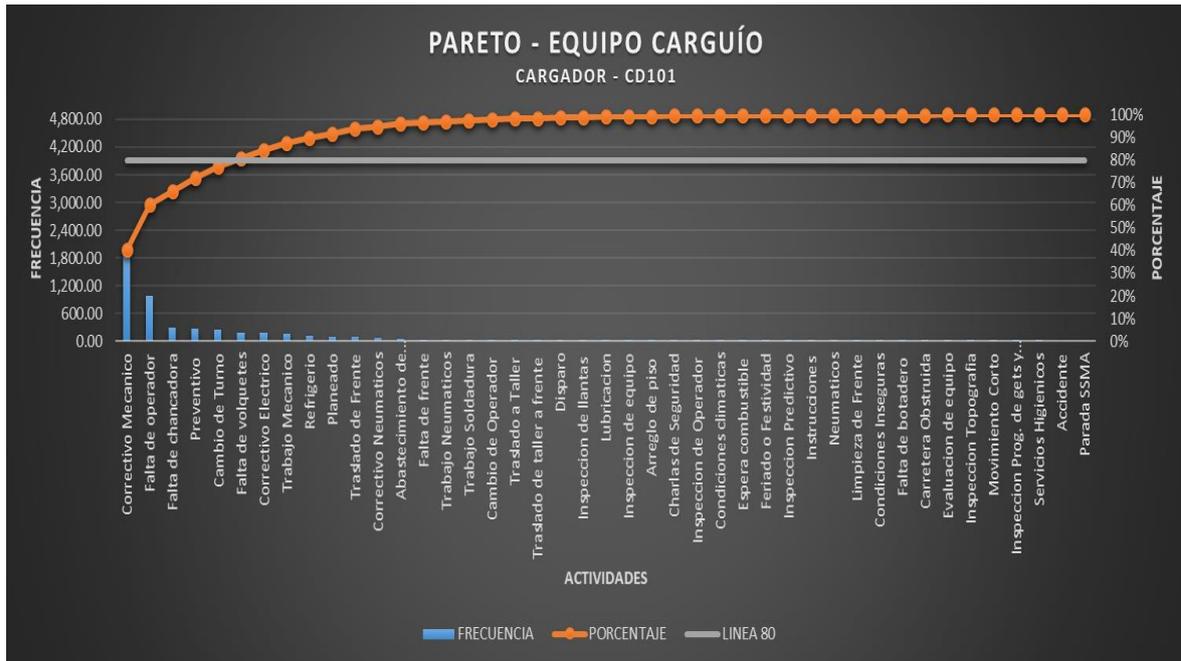


Figura 27. Diagrama de Pareto del cargador CD101, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020

- ✓ El diagrama de Pareto anual del cargador CD101 identificó 6 actividades importantes que inciden el 80.67 % de problemas en las pérdidas de tiempo, el cual representa el 13.95 % de todas las actividades, siendo estas en orden de incidencia: correctivo mecánico con 1,944.78 horas, falta de operador con 974.02 horas, falta de chancadora con 285.78 horas, preventivo con 269.91 horas, cambio de turno con 246.67 horas y falta de volquetes con 173.14 horas.
- ✓ El total de horas que inciden el 80.67 % en las 6 actividades representan un total de 3,894.31 horas, donde la Categoría Mantenimiento representa un total de 2,214.69 horas con el 56.87 % de incidencia, la Categoría Reserva representa un total de 1,432.94 horas con el 36.80 % de incidencia y la Categoría Demoras representa un total de 246.67 horas con el 6.38 % de incidencia.

Tabla 18. Diagrama de Pareto del cargador CD101, periodo 2020

DIAGRAMA DE PARETO - EQUIPOS DE CARGUÍO				
CARGADOR - CD103				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Preventivo	820.84	23.19%	820.84	23.19%
Trabajo Soldadura	468.10	13.22%	1,288.95	36.41%
Correctivo Mecanico	415.52	11.74%	1,704.47	48.15%
Falta de operador	357.71	10.10%	2,062.18	58.25%
Falta de chancadora	312.56	8.83%	2,374.74	67.08%
Cambio de Turno	298.00	8.42%	2,672.74	75.50%
Falta de volquetes	198.30	5.60%	2,871.04	81.10%
Refrigerio	124.70	3.52%	2,995.73	84.62%
Traslado de Frente	102.59	2.90%	3,098.32	87.52%
Abastecimiento de Combustible	82.48	2.33%	3,180.80	89.85%
Correctivo Electrico	67.17	1.90%	3,247.97	91.75%
Planeado	64.26	1.82%	3,312.23	93.57%
Trabajo Mecanico	38.06	1.08%	3,350.29	94.64%
Correctivo Neumaticos	32.34	0.91%	3,382.62	95.55%
Inspeccion de equipo	19.17	0.54%	3,401.80	96.10%
Traslado a Taller	17.64	0.50%	3,419.43	96.59%
Inspeccion de llantas	17.03	0.48%	3,436.47	97.07%
Cambio de Operador	16.71	0.47%	3,453.18	97.55%
Trabajo Neumaticos	13.61	0.38%	3,466.78	97.93%
Disparo	12.32	0.35%	3,479.10	98.28%
Arreglo de piso	10.64	0.30%	3,489.74	98.58%
Falta de frente	9.64	0.27%	3,499.38	98.85%
Traslado de taller a frente	6.64	0.19%	3,506.01	99.04%
Inspeccion Predictivo	5.97	0.17%	3,511.98	99.21%
Mantenimiento por oportunidad	5.15	0.15%	3,517.13	99.35%
Espera combustible	4.74	0.13%	3,521.87	99.49%
Lubricacion	3.37	0.10%	3,525.24	99.58%
Feriado o Festividad	2.94	0.08%	3,528.18	99.67%
Neumaticos	1.70	0.05%	3,529.88	99.71%
Inspeccion de Operador	1.69	0.05%	3,531.57	99.76%
Instrucciones	1.64	0.05%	3,533.21	99.81%
Charlas de Seguridad	1.41	0.04%	3,534.62	99.85%
Condiciones Inseguras	1.10	0.03%	3,535.72	99.88%
Condiciones climaticas	1.08	0.03%	3,536.80	99.91%
Inspeccion Prog. de gets y carrileria	0.83	0.02%	3,537.63	99.93%
Correctivo Soldadura	0.78	0.02%	3,538.41	99.95%
Inspeccion Topografia	0.68	0.02%	3,539.09	99.97%
Limpieza de Frente	0.43	0.01%	3,539.52	99.99%
Servicios Higienicos	0.28	0.01%	3,539.80	99.99%
Evaluacion de equipo	0.13	0.00%	3,539.93	100.00%
Operaciones	0.05	0.00%	3,539.98	100.00%
Carretera Obstruida	0.03	0.00%	3,540.01	100.00%
Movimiento Corto	0.01	0.00%	3,540.03	100.00%
Accidente	0.00	0.00%	3,540.03	100.00%
TOTAL GENERAL	3,540.03	100.00%		

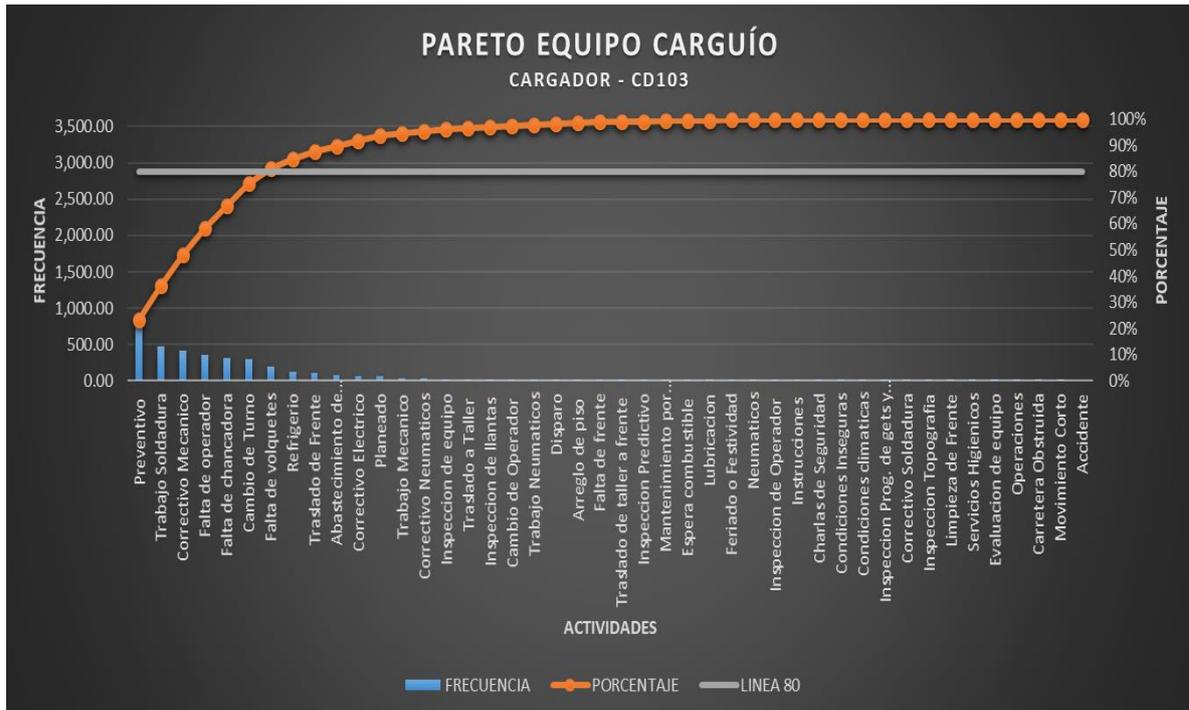


Figura 28. Diagrama de Pareto del cargador CD103, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020

- ✓ El diagrama de Pareto anual del cargador CD103 identificó 7 actividades importantes que inciden el 81.10 % de problemas en las pérdidas de tiempo, el cual representa el 15.91 % de todas las actividades, siendo estas en orden de incidencia: mantenimiento preventivo con 820.84 horas, trabajo de soldadura con 468.10 horas, correctivo mecánico con 415.52 horas, falta de operador con 357.71 horas, falta de chancadora con 312.56 horas, cambio de turno con 298.00 horas y falta de volquetes con 198.30 horas.
- ✓ El total de horas que inciden el 81.10 % en las 7 actividades representan un total de 2,871.04 horas, donde la Categoría Mantenimiento representa un total de 1,704.47 horas con el 59.37 % de incidencia, la Categoría Reserva representa un total de 868.57 horas con el 30.25 % de incidencia y la Categoría Demoras representa un total de 298.00 horas con el 10.38 % de incidencia.

Tabla 19. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL001, periodo 2020

DIAGRAMA DE PARETO - EQUIPOS DE CARGUÍO				
PALA ELÉCTRICA - PL001				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Falta de operador	715.51	25.10%	715.51	25.10%
Preventivo	510.63	17.91%	1,226.14	43.02%
Correctivo Mecanico	375.24	13.16%	1,601.38	56.18%
Cambio de Turno	337.20	11.83%	1,938.58	68.01%
Refrigerio	166.78	5.85%	2,105.36	73.86%
Movimiento Corto	124.69	4.37%	2,230.05	78.23%
Planeado	122.65	4.30%	2,352.70	82.54%
Falta de volquetes	88.72	3.11%	2,441.42	85.65%
Trabajo Mecanico	44.54	1.56%	2,485.96	87.21%
Cambio de Operador	42.21	1.48%	2,528.17	88.69%
Disparo	36.43	1.28%	2,564.60	89.97%
Correctivo Electrico	35.23	1.24%	2,599.83	91.21%
Movimiento de cables y/o puente	34.30	1.20%	2,634.12	92.41%
Traslado de Frente	32.69	1.15%	2,666.81	93.56%
Trabajo Soldadura	31.64	1.11%	2,698.45	94.67%
Correctivo Soldadura	30.27	1.06%	2,728.72	95.73%
Falta de chancadora	15.81	0.55%	2,744.53	96.28%
Falta de energia	15.09	0.53%	2,759.62	96.81%
Charlas de Seguridad	12.77	0.45%	2,772.39	97.26%
Inspeccion de equipo	12.20	0.43%	2,784.60	97.69%
Arreglo de piso	11.93	0.42%	2,796.52	98.11%
Accidente	9.46	0.33%	2,805.98	98.44%
Inspeccion de Operador	8.86	0.31%	2,814.84	98.75%
Inspeccion Predictivo	6.50	0.23%	2,821.34	98.98%
Limpieza de Frente	5.36	0.19%	2,826.69	99.17%
Condiciones climaticas	4.55	0.16%	2,831.24	99.33%
Espera por Movimiento Cables	4.50	0.16%	2,835.74	99.48%
Inspeccion Topografia	4.15	0.15%	2,839.90	99.63%
Carretera Obstruida	2.96	0.10%	2,842.86	99.73%
Emergencia	1.33	0.05%	2,844.19	99.78%
Feriado o Festividad	1.30	0.05%	2,845.49	99.83%
Trabajo Electrico	1.26	0.04%	2,846.75	99.87%
Lubricacion	1.24	0.04%	2,847.99	99.91%
Radio de Comunicacion	0.73	0.03%	2,848.72	99.94%
Evaluacion de equipo	0.63	0.02%	2,849.35	99.96%
Condiciones Inseguras	0.50	0.02%	2,849.85	99.98%
Limpieza de cucharon	0.44	0.02%	2,850.28	99.99%
Instrucciones	0.13	0.00%	2,850.41	100.00%
Inspeccion de gets y carrileria	0.06	0.00%	2,850.47	100.00%
Falla de Energia en Switch House	0.01	0.00%	2,850.47	100.00%
TOTAL GENERAL	2,850.47	100.00%		

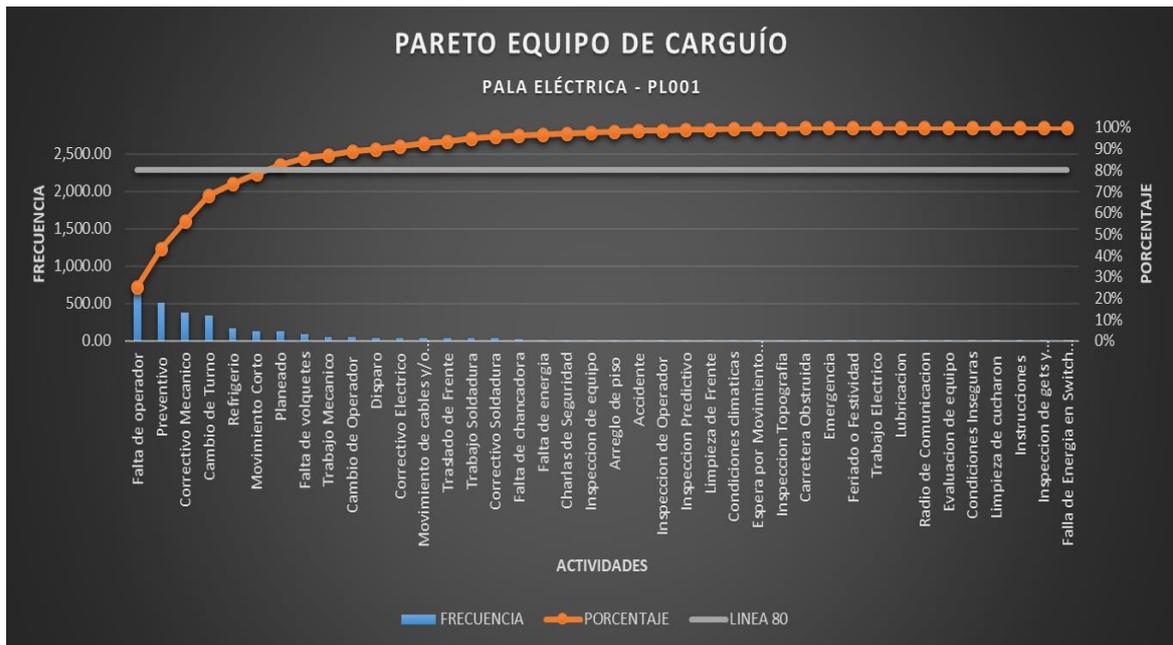


Figura 29. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL001, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020

- ✓ El diagrama de Pareto anual de la Pala Eléctrica PL001 identificó 7 actividades importantes que inciden el 82.54 % de problemas en las pérdidas de tiempo, el cual representa el 17.50 % de todas las actividades, siendo estas en orden de incidencia: falta de operador con 715.51 horas, mantenimiento preventivo con 510.63 horas, correctivo mecánico con 375.24 horas, cambio de turno con 337.20 horas, refrigerio con 166.78 horas, movimiento corto con 124.69 horas y planeado con 198.30 horas.
- ✓ El total de horas que inciden el 82.54 % en las 7 actividades representan un total de 2,352.70 horas, donde la Categoría Mantenimiento representa un total de 885.86 horas con el 37.65 % de incidencia, la Categoría Reserva representa un total de 838.16 horas con el 35.63 % de incidencia y la Categoría Demoras representa un total de 628.68 horas con el 26.72 % de incidencia.

Tabla 20. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL002, periodo 2020

DIAGRAMA DE PARETO - EQUIPOS DE CARGUÍO				
PALA ELÉCTRICA - PL002				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Falta de operador	1,474.81	42.23%	1,474.81	42.23%
Planeado	441.55	12.64%	1,916.36	54.87%
Cambio de Turno	323.59	9.27%	2,239.95	64.14%
Preventivo	285.92	8.19%	2,525.87	72.33%
Correctivo Mecanico	240.64	6.89%	2,766.51	79.22%
Refrigerio	125.22	3.59%	2,891.73	82.80%
Movimiento Corto	118.13	3.38%	3,009.86	86.19%
Trabajo Mecanico	76.43	2.19%	3,086.29	88.37%
Falta de volquetes	73.87	2.12%	3,160.16	90.49%
Correctivo Electrico	52.81	1.51%	3,212.97	92.00%
Traslado de Frente	43.62	1.25%	3,256.58	93.25%
Cambio de Operador	41.65	1.19%	3,298.23	94.44%
Disparo	40.34	1.16%	3,338.57	95.60%
Movimiento de cables y/o puente	27.00	0.77%	3,365.56	96.37%
Correctivo Soldadura	21.58	0.62%	3,387.14	96.99%
Arreglo de piso	19.81	0.57%	3,406.95	97.56%
Falta de energia	18.82	0.54%	3,425.77	98.10%
Accidente	17.31	0.50%	3,443.08	98.59%
Charlas de Seguridad	13.73	0.39%	3,456.81	98.98%
Inspeccion de equipo	7.82	0.22%	3,464.63	99.21%
Limpieza de Frente	4.77	0.14%	3,469.40	99.34%
Inspeccion Topografia	4.44	0.13%	3,473.84	99.47%
Condiciones Inseguras	3.53	0.10%	3,477.37	99.57%
Trabajo Soldadura	2.56	0.07%	3,479.92	99.65%
Evaluacion de equipo	2.27	0.06%	3,482.19	99.71%
Falla de Energia en Switch House	1.94	0.06%	3,484.13	99.77%
Feriado o Festividad	1.52	0.04%	3,485.65	99.81%
Inspeccion Predictivo	1.51	0.04%	3,487.16	99.85%
Inspeccion de Operador	1.30	0.04%	3,488.46	99.89%
Instrucciones	0.81	0.02%	3,489.27	99.91%
Condiciones climaticas	0.62	0.02%	3,489.89	99.93%
Espera por Movimiento Cables	0.59	0.02%	3,490.48	99.95%
Inspeccion de gets y carrileria	0.54	0.02%	3,491.03	99.96%
Trabajo Electrico	0.47	0.01%	3,491.50	99.98%
Carretera Obstruida	0.32	0.01%	3,491.82	99.99%
Limpieza de cucharon	0.23	0.01%	3,492.05	99.99%
Lubricacion	0.11	0.00%	3,492.16	100.00%
Radio de Comunicacion	0.11	0.00%	3,492.27	100.00%
Falla de Energia en Lineas Electricas Aereas	0.00	0.00%	3,492.27	100.00%
TOTAL GENERAL	3,492.27	100.00%		

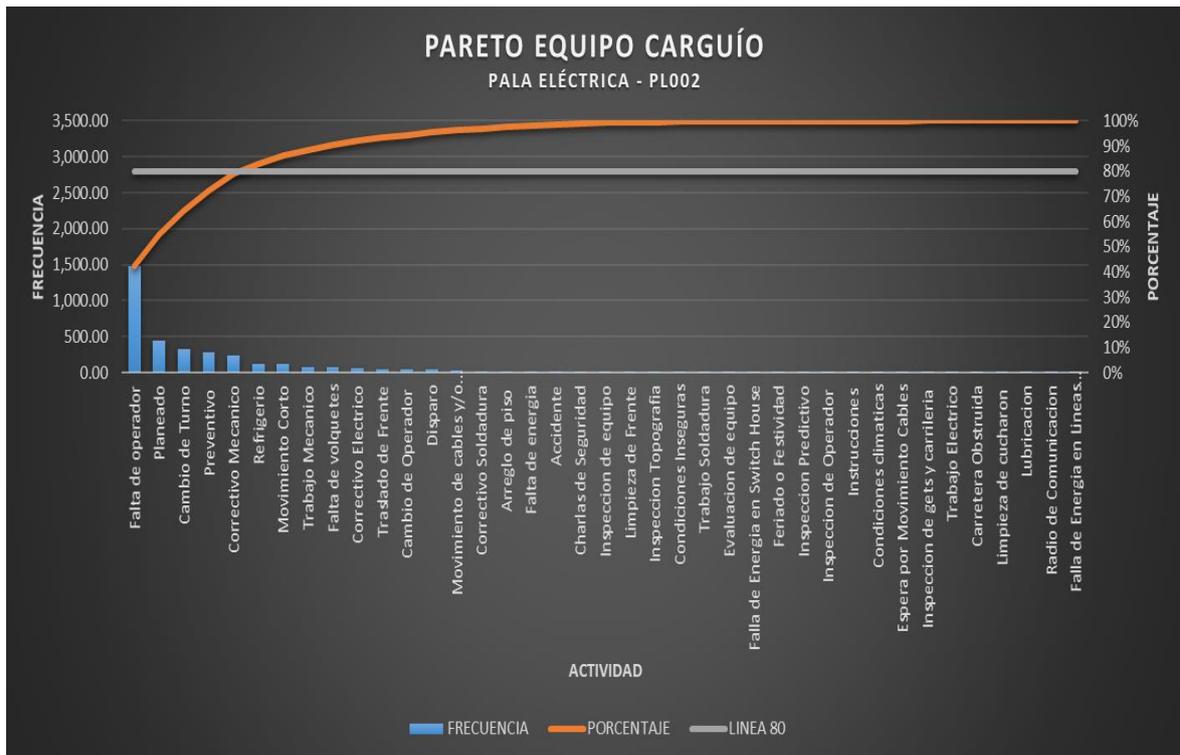


Figura 30. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL002, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020

- ✓ El diagrama de Pareto anual de la pala eléctrica PL002 identificó 6 actividades importantes que inciden el 82.80 % de problemas en las pérdidas de tiempo, el cual representa el 15.38 % de todas las actividades, siendo estas en orden de incidencia: falta de operador con 1,474.81 horas, planeado con 441.55 horas, cambio de turno con 323.59 horas, mantenimiento preventivo con 285.92 horas, correctivo mecánico con 240.64 horas y refrigerio con 125.22 horas.
- ✓ El total de horas que inciden el 82.80 % en las 6 actividades representan un total de 2,891.73 horas, donde la Categoría Reserva representa un total de 1,916.36 horas con el 66.27 % de incidencia, la Categoría Mantenimiento representa un total de 526.56 horas con el 18.21 % de incidencia y la Categoría Demoras representa un total de 448.81 horas con el 15.52 % de incidencia.

Tabla 21. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL003, periodo 2020

DIAGRAMA DE PARETO - EQUIPOS DE CARGUÍO				
PALA ELÉCTRICA - PL003				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Falta de operador	490.64	23.18%	490.64	23.18%
Cambio de Turno	417.41	19.72%	908.05	42.89%
Preventivo	164.12	7.75%	1,072.18	50.65%
Correctivo Mecanico	163.37	7.72%	1,235.54	58.36%
Refrigerio	153.72	7.26%	1,389.26	65.62%
Movimiento Corto	105.26	4.97%	1,494.52	70.60%
Planeado	98.49	4.65%	1,593.01	75.25%
Disparo	80.79	3.82%	1,673.80	79.06%
Traslado de Frente	67.87	3.21%	1,741.66	82.27%
Trabajo Mecanico	63.43	3.00%	1,805.09	85.27%
Cambio de Operador	57.55	2.72%	1,862.64	87.99%
Falta de volquetes	49.86	2.36%	1,912.50	90.34%
Correctivo Electrico	42.57	2.01%	1,955.06	92.35%
Falta de energia	34.91	1.65%	1,989.97	94.00%
Movimiento de cables y/o puente	34.12	1.61%	2,024.09	95.61%
Correctivo Soldadura	26.25	1.24%	2,050.34	96.85%
Arreglo de piso	11.81	0.56%	2,062.15	97.41%
Inspeccion de equipo	11.57	0.55%	2,073.72	97.96%
Charlas de Seguridad	7.70	0.36%	2,081.42	98.32%
Espera por Movimiento Cables	6.01	0.28%	2,087.43	98.60%
Falta de chancadora	5.31	0.25%	2,092.74	98.85%
Limpieza de Frente	3.77	0.18%	2,096.51	99.03%
Inspeccion Topografia	3.55	0.17%	2,100.06	99.20%
Inspeccion Predictivo	3.22	0.15%	2,103.29	99.35%
Falla de Energia en Switch House	2.55	0.12%	2,105.83	99.47%
Carretera Obstruida	2.54	0.12%	2,108.37	99.59%
Trabajo Electrico	2.46	0.12%	2,110.83	99.71%
Evaluacion de equipo	1.15	0.05%	2,111.99	99.76%
Inspeccion de Operador	0.82	0.04%	2,112.81	99.80%
Instrucciones	0.79	0.04%	2,113.60	99.84%
Condiciones climaticas	0.78	0.04%	2,114.38	99.88%
Parada SSMA	0.74	0.03%	2,115.12	99.91%
Lubricacion	0.61	0.03%	2,115.73	99.94%
Falta de frente	0.56	0.03%	2,116.29	99.97%
Trabajo Soldadura	0.32	0.02%	2,116.61	99.98%
Radio de Comunicacion	0.22	0.01%	2,116.83	99.99%
Inspeccion de gets y carrileria	0.16	0.01%	2,116.99	100.00%
Accidente	0.00	0.00%	2,116.99	100.00%
TOTAL GENERAL	2,116.99	100.00%		

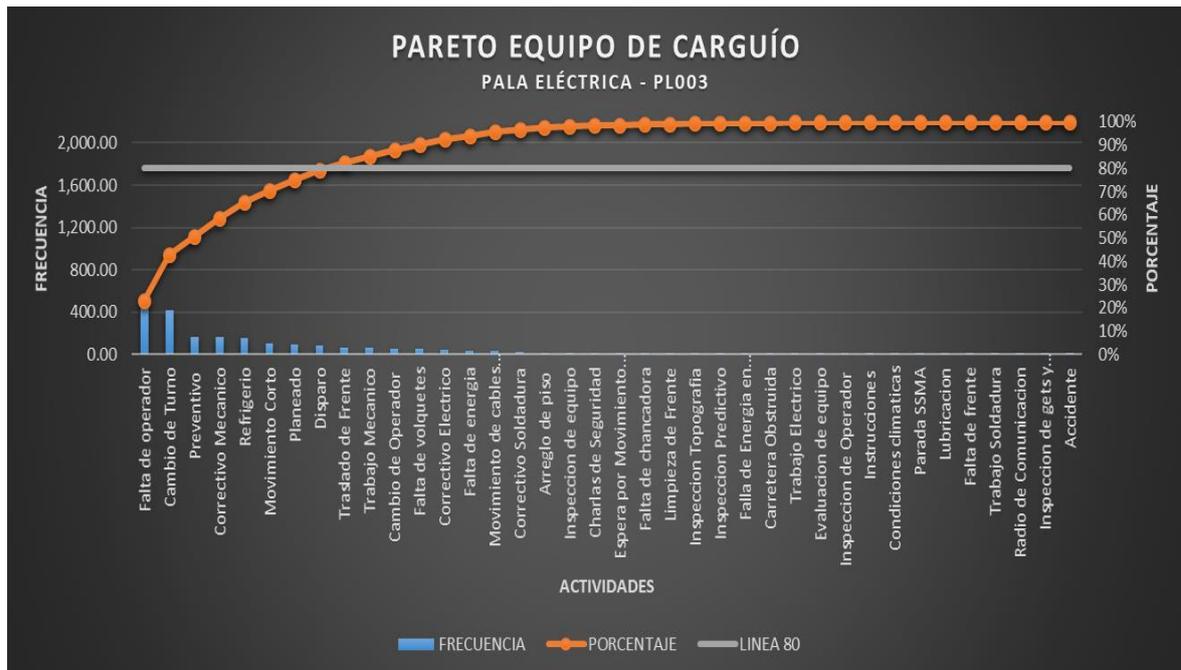


Figura 31. Diagrama de Pareto de la pala eléctrica PL003, con la incidencia de las principales actividades, periodo 2020

- ✓ El diagrama de Pareto anual de la pala eléctrica PL003 identificó 9 actividades importantes que inciden el 82.27 % de problemas en las pérdidas de tiempo, el cual representa el 23.68 % de todas las actividades, siendo estas en orden de incidencia: falta de operador con 490.64 horas, cambio de turno con 417.41 horas, mantenimiento preventivo con 164.12 %, correctivo mecánico con 163.37 horas, refrigerio con 153.72 horas, movimiento corto con 105.26 horas, planeado con 98.49 horas, disparo con 80.79 horas y traslado de frente con 67.87 horas.
- ✓ El total de horas que inciden el 82.27 % en las 9 actividades representan un total de 1,741.66 horas, donde la Categoría Demoras representa un total de 825.04 horas con el 47.37 % de incidencia, la Categoría Reserva representa un total de 589.13 horas con el 33.83 % de incidencia y la Categoría Mantenimiento representa un total de 327.49 horas con el 18.80 % de incidencia.

4.1.5. Análisis de tiempo de carguío en los cargadores y palas eléctricas

El análisis de tiempo de carguío se realizó en los equipos de carguío como cargadores CD101 y CD103, asimismo se analizó el tiempo de carguío de las palas eléctricas PL001, PL002 y PL003, durante el periodo 2020.

De acuerdo al análisis semestral del tiempo de carguío en los equipos tipo cargador y pala eléctrica se considera un incremento en el segundo semestre, esto corrobora al incremento de las variables utilización y disponibilidad durante este semestre comparado con el primer semestre que es mucho menor.

Durante el primer semestre en equipos de carguío tipo cargador se consideró un total de 247.54 horas en tiempos de carguío, incrementándose durante el segundo semestre en 280.49 horas. En equipos de carguío tipo pala eléctrica se consideró un total de 171.72 horas en tiempo de carguío durante el primer semestre, incrementándose a 181.19 horas para el segundo semestre.

Tabla 22. Tiempo de carguío mensual de los equipos tipo cargador y pala eléctrica, periodo 2020

TIEMPO DE CARGUÍO				
PERIODO	CARGADOR (HRS)	PALAS ELEC (HRS)	TOTAL HORAS	PROMEDIO
Ene	335.38	208.36	543.74	271.87
Feb	315.33	187.29	502.62	251.31
Mar	281.25	174.73	455.98	227.99
Abr	231.43	131.64	363.07	181.54
May	117.83	155.20	273.04	136.52
Jun	204.01	173.09	377.10	188.55
Jul	250.75	166.00	416.75	208.38
Ago	187.60	193.11	380.71	190.36
Set	290.76	185.01	475.77	237.88
Oct	311.50	174.39	485.89	242.95
Nov	304.98	181.13	486.10	243.05
Dic	337.36	187.53	524.89	262.44
TOTAL HRS	3,168.18	2,117.49	5,285.67	
PROMEDIO	264.01	176.46		220.24

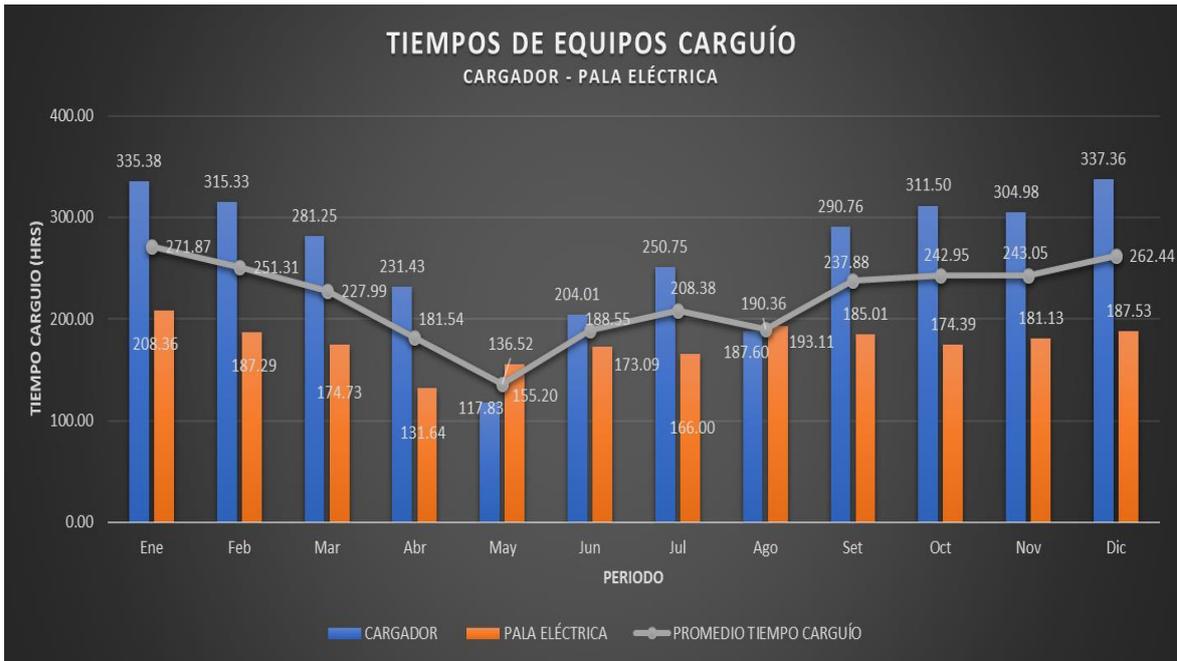


Figura 32. Comparativo de tiempo de carguío mensual de los equipos tipo cargador y pala eléctrica, periodo 2020

El análisis de tiempo de carguío en los semestres analizados para los equipos de carguío considera durante del primer semestre: equipos de carguío tipo cargador; consideran un total de 3,168.18 horas anuales asociadas al tiempo de carguío con una incidencia de 59.94 % y los equipos de carguío tipo pala eléctrica; consideran un total de 2,117.49 horas anuales asociadas al tiempo de carguío con una incidencia de 40.06 %.

La incidencia asociada al tiempo promedio de equipos de carguío considera un 59.94 % en equipos tipo cargador y un 40.06 % en equipos tipo pala eléctrica, considerando un promedio mensual de tiempo de carguío en 264.01 horas y 176.46 horas respectivamente.

a) Análisis e interpretación de resultados.

Se analizarán el tiempo de carguío en los equipos tipo cargador CD101 y CD102, así como las palas eléctricas PL001, PL002 y PL003, considerando el promedio mensual para sus análisis.

Tabla 23. Tiempo de carguío del cargador CD101, periodo 2020

TIEMPO CARGUIO CARGADOR CD101		
MES	TIEMPO (HRS)	TOTAL HRS - CARGADOR
Ene	193.04	335.38
Feb	175.72	315.33
Mar	137.87	281.25
Abr	122.99	231.43
May	19.53	117.83
Jun	61.75	204.01
Jul	112.13	250.75
Ago	154.80	187.60
Set	151.44	290.76
Oct	166.72	311.50
Nov	160.59	304.98
Dic	185.83	337.36
TOTAL HORAS	1,642.40	3,168.18
PROMEDIO	136.87	264.01

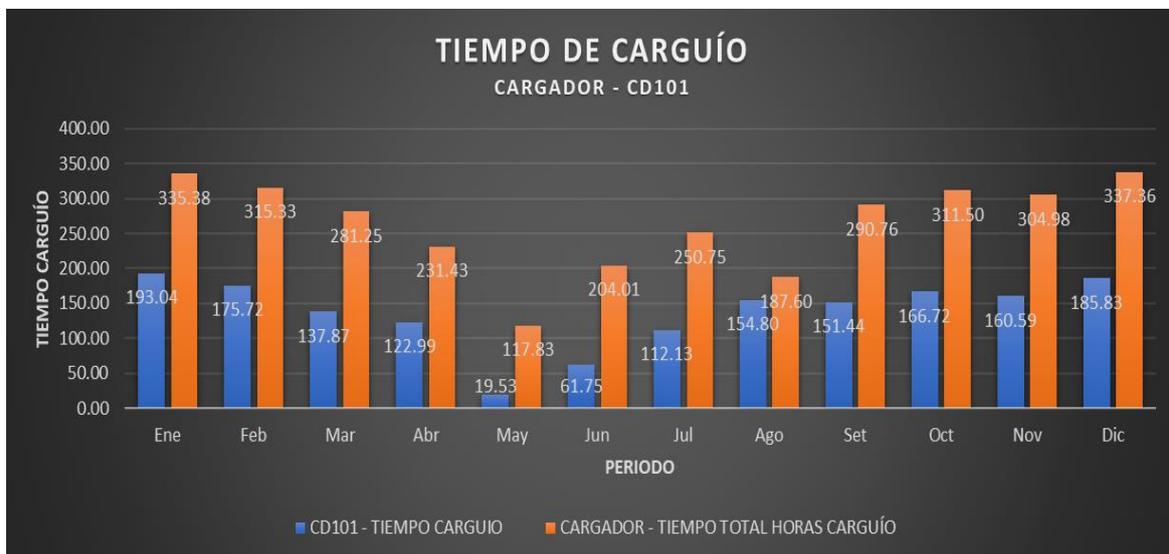


Figura 33. Análisis de tiempo de carguío del cargador CD101 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020

- ✓ El análisis de tiempo de carguío del cargador CD101 considera un total de horas de carguío anual de 1,642.40 horas, con un promedio mensual de 136.87 horas. Siendo el total de horas anuales de tiempo de carguío anual de los cargadores en 3,168.18 horas.

- ✓ El total de horas de tiempo de carguío del cargador CD101 tiene una incidencia del total de horas en 51.84 % en relación con el total de horas en los cargadores.

- ✓ El menor uso a 150 horas mensuales en el cargador CD101 se observó en los periodos de marzo, abril, mayo, junio y julio con un rango entre 19.53 horas a 137.87 horas, con un total de 464.27 horas, un promedio de 90.85 horas mensuales y una incidencia del 27.66 %.

Tabla 24. Tiempo de carguío del cargador CD103, periodo 2020

TIEMPO CARGUIO CARGADOR CD103		
MES	TIEMPO (HRS)	TOTAL HRS - CARGADOR
Ene	142.34	335.38
Feb	139.61	315.33
Mar	143.38	281.25
Abr	108.45	231.43
May	98.30	117.83
Jun	142.26	204.01
Jul	138.62	250.75
Ago	32.80	187.60
Set	139.32	290.76
Oct	144.78	311.50
Nov	144.39	304.98
Dic	151.53	337.36
TOTAL HORAS	1,525.78	3,168.18
PROMEDIO	127.15	264.01

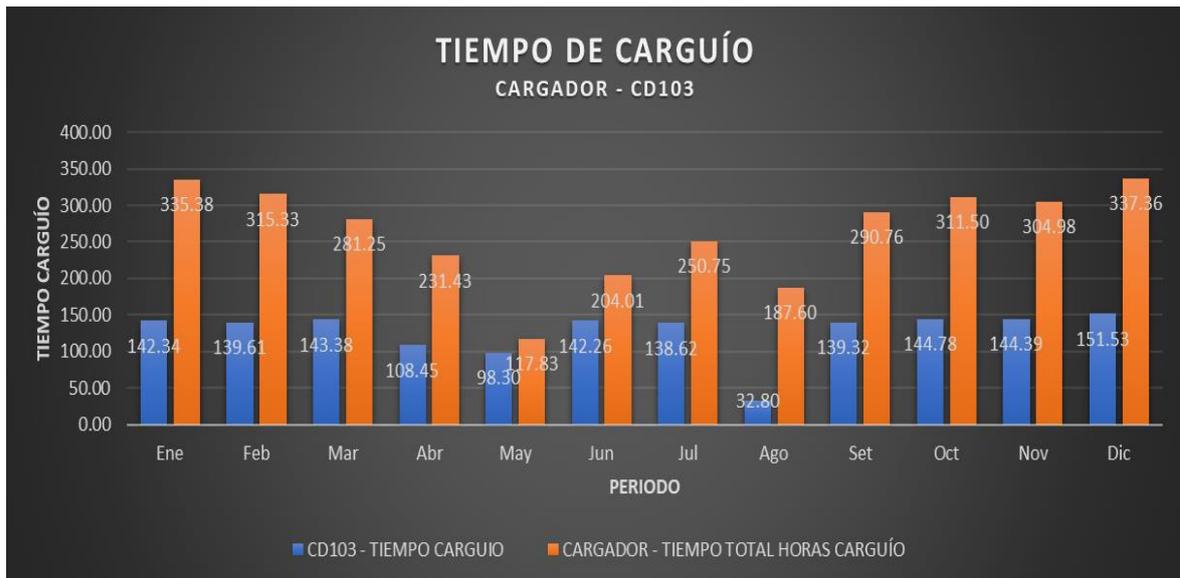


Figura 34. Análisis de tiempo de carguío del cargador CD103 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020

- ✓ El análisis de tiempo de carguío del cargador CD103 considera un total de horas de carguío anual de 1,525.78 horas, con un promedio mensual de 127.15 horas. Siendo el total de horas anuales de tiempo de carguío anual de los cargadores en 3,168.18 horas.
- ✓ El total de horas de tiempo de carguío del cargador CD103 tiene una incidencia del total de horas en 48.16 % en relación con el total de horas en los cargadores.
- ✓ El menor uso a 150 horas mensuales en el cargador CD103 se observó en los periodos de enero a noviembre con un rango entre 32.80 horas a 144.78 horas, con un total de 1,374.25 horas, un promedio de 124.93 horas mensuales y una incidencia del 90.07 %.

Tabla 25. Tiempo de carguío de la pala eléctrica PL001, periodo 2020.

TIEMPO CARGUIO - PALA ELÉCTRICA PL001		
MES	TIEMPO (HRS)	TOTAL HRS - PALAS
Ene	77.83	208.36
Feb	59.28	187.29
Mar	38.01	174.73
Abr	61.85	131.64
May	64.84	155.20
Jun	57.94	173.09
Jul	46.24	166.00
Ago	63.37	193.11
Set	63.15	185.01
Oct	51.12	174.39
Nov	58.13	181.13
Dic	58.02	187.53
TOTAL HORAS	699.79	2,117.49
PROMEDIO	58.32	176.46

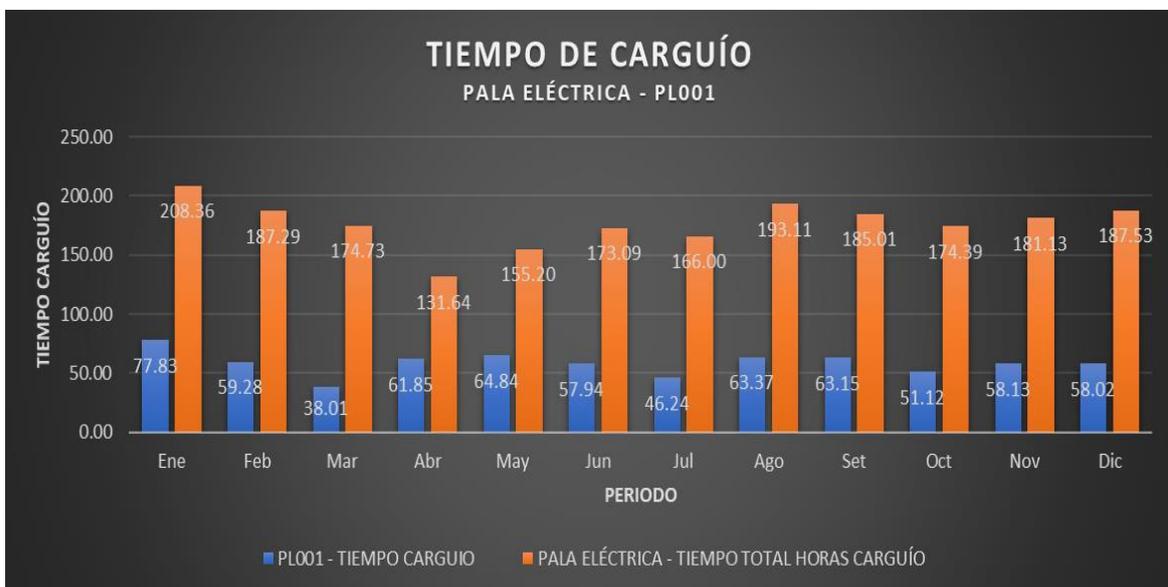


Figura 35. Análisis de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL001 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020

- ✓ El análisis de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL001 considera un total de horas de carguío anual de 699.79 horas, con un promedio mensual de 58.32 horas. Siendo el total de horas anuales de tiempo de carguío anual de las palas eléctricas en 2,117.49 horas.

- ✓ El total de horas de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL001 tiene una incidencia del total de horas en 33.05 % en relación con el total de horas en las palas eléctricas.

- ✓ El menor uso a 60 horas mensuales en la pala eléctrica PL001 se observó en los periodos de febrero, marzo, junio, julio, octubre, noviembre y diciembre con un rango entre 38.01 horas a 59.28 horas, con un total de 368.74 horas, un promedio de 52.68 horas mensuales y una incidencia del 52.69 %.

Tabla 26. Tiempo de carguío de la pala eléctrica PL002, periodo 2020

TIEMPO CARGUIO - PALA ELÉCTRICA PL002		
MES	TIEMPO (HRS)	TOTAL HRS - PALAS
Ene	63.63	208.36
Feb	68.42	187.29
Mar	71.12	174.73
Abr	5.79	131.64
May	23.00	155.20
Jun	54.32	173.09
Jul	61.34	166.00
Ago	63.09	193.11
Set	61.57	185.01
Oct	60.56	174.39
Nov	61.75	181.13
Dic	62.05	187.53
TOTAL HORAS	656.64	2,117.49
PROMEDIO	54.72	176.46

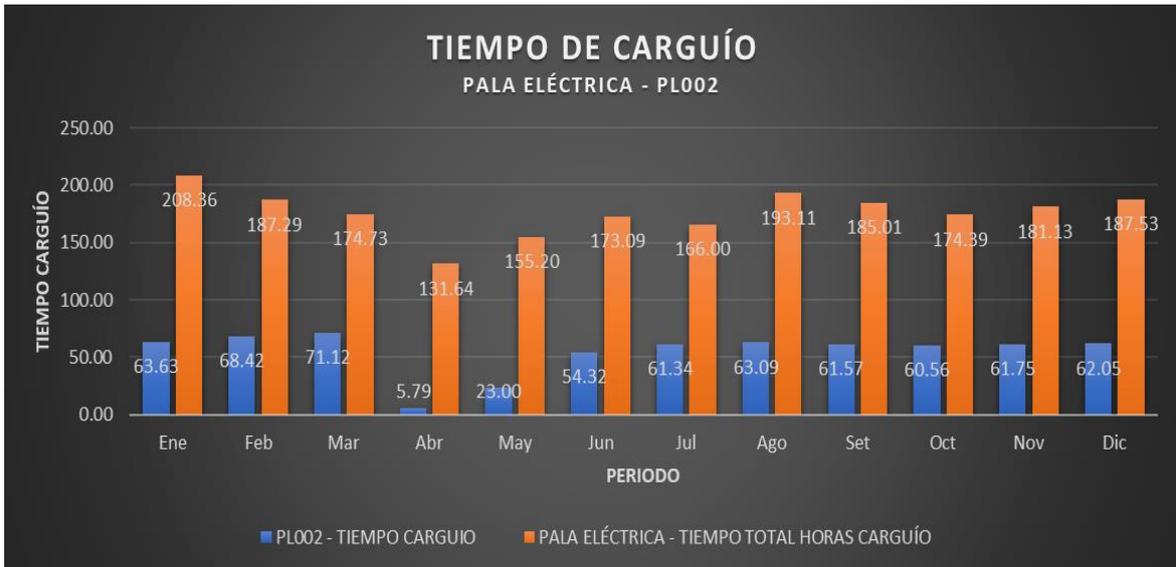


Figura 36. Análisis de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL002 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020

- ✓ El análisis de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL002 considera un total de horas de carguío anual de 656.64 horas con un promedio mensual de 54.72 horas. El total de horas anuales de tiempo de carguío de las palas eléctricas es de 2,117.49 horas.
- ✓ El total de horas de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL002 tiene una incidencia del total de horas en 31.01% en relación con el total de horas en las palas eléctricas.
- ✓ El menor uso a 60 horas mensuales en la pala eléctrica PL002 se observó en los periodos de abril, mayo y junio con un rango entre 5.79 horas a 54.32 horas, con un total de 83.11 horas, un promedio de 27.70 horas mensuales y una incidencia del 12.66 %.

Tabla 27. Tiempo de carguío de la pala eléctrica PL002, periodo 2020

TIEMPO CARGUIO - PALA ELÉCTRICA PL003		
MES	TIEMPO (HRS)	TOTAL HRS - PALAS
Ene	66.90	208.36
Feb	59.60	187.29
Mar	65.60	174.73
Abr	63.99	131.64
May	67.36	155.20
Jun	60.84	173.09
Jul	58.42	166.00
Ago	66.65	193.11
Set	60.29	185.01
Oct	62.71	174.39
Nov	61.24	181.13
Dic	67.46	187.53
TOTAL HORAS	761.06	2,117.49
PROMEDIO	63.42	176.46

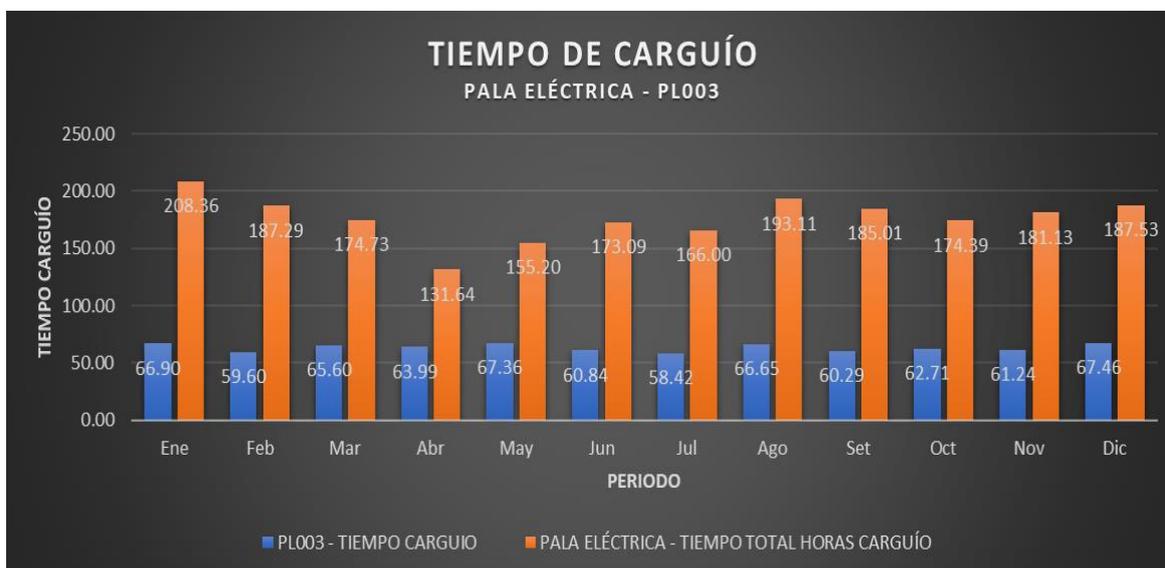


Figura 37. Análisis de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL003 y el tiempo de carguío promedio mensual, periodo 2020

- ✓ El análisis de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL003 considera un total de horas de carguío anual de 761.06 horas, con un promedio mensual de 63.42 horas. El total de horas anuales de tiempo de carguío de las palas eléctricas es de 2,117.49 horas.

- ✓ El total de horas de tiempo de carguío de la pala eléctrica PL003 tiene una incidencia del total de horas en 35.94 % en relación con el total de horas en las palas eléctricas.

- ✓ El menor uso a 60 horas mensuales en la pala eléctrica PL003 se observó en los periodos de febrero y julio con un rango entre 58.42 horas a 59.60 horas, con un total de 118.02 horas, un promedio de 59.01 horas mensuales y una incidencia del 15.51 %.

CONCLUSIONES

1. La producción programada de 132 ktp refleja un incremento de la producción de mineral en planta (chancado y molienda) bajo consideraciones de litología (zona pórfido y *skarn*), alteración hidrotermal, dureza y leyes, los cuales permitieron un incremento del mineral mensual producido en planta de 605,290 toneladas programadas versus las 617,274 toneladas reales, con un incremento del 2 %.
2. Si bien es cierto que el cumplimiento del tonelaje anual fue menor al programado se debe principalmente a las condiciones de pandemia que tuvo que pasar toda la industria en general a nivel mundial, afectando los diferentes índices operacionales. Esto permitió que se asumieran mejoras en poder mejorar las leyes de Cu, llegando a determinar la ley programada en Cu@0.65% y mejorando la ley real en Cu@0.66 %.
3. Las variables de utilización y disponibilidad durante el periodo 2020 de los equipos de carguío se tiene en promedio de 72.31 % y 84.59 % respectivamente. El análisis semestral de ambas variables, consideran un incremento de estas variables durante el segundo semestre.
4. El análisis de disponibilidad mecánica durante el primer semestre, reportan un 83.81 %, generando una mejora durante el segundo semestre en 85.36 %. Esta mejora en 1.55 %, se debe fundamentalmente al incremento de horas en mantenimiento preventivo y correctivo considerando 5,190.97 horas durante el periodo 2020.
5. El análisis de la utilización durante el primer semestre, reportan un 66.15 %, generando una mejora durante el segundo semestre en 78.46 %. Esta mejora en 12.31 %, se debe fundamentalmente a la disminución de horas en las categorías de reserva, mantenimiento y demoras operativas, durante el periodo 2020.

6. El análisis de Pareto está asociado a las detenciones o pérdidas de tiempo operacional por un conjunto de fallas asociadas principalmente a las actividades que representan la relación de Pareto el 80/20. Para el análisis anual de Pareto en los equipos de carguío representa que representa el 80.42 % acumulado de pérdidas operacionales, que representan 8 actividades con un porcentaje de incidencia del 14.29 % del total de actividades que influyen las pérdidas de tiempo operacional.
7. El diagrama de Pareto anual identificó 8 actividades importantes que inciden el 80.42 % de problemas en las pérdidas de tiempo, el cual representa el 14.29 % de todas las actividades, siendo estas en orden de incidencia: falta de operador con 4,012.70 horas, mantenimiento correctivo con 3,139.55 horas, mantenimiento preventivo con 2,051.42 horas, cambio de turno con 1,622.88 horas, planeado con 828.31 horas, refrigerio con 674.36 horas, falta de chancadora con 619.46 horas y falta de volquetes con 583.89 horas.
8. Se consideró que dentro de las actividades que genera el 80 % de problemas, el mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo inciden en la pérdida de tiempo operacional con un total de horas anuales de 5,190.97 horas que representa el 30.85 %.
9. La mejora de actividades que inciden en la pérdida de productividad de acuerdo a su incidencia es: Categoría de Mantenimiento en 6,843.21 horas, representando el 40.67%; Categoría de Reserva en 6,219.83 horas, representando el 36.96% y Categoría de Demoras en 3,764.44 horas, representando el 22.37%.
10. La mejora de las categorías del segundo semestre en relación al primer semestre, genera una mejora en la optimización de tiempos en las diferentes actividades asociadas a las categorías mejorando en: Categoría de Mantenimiento de 3,550.54 horas en el primer semestre a una mejora de

3,292.66 horas en el segundo semestre; Categoría de Reserva de 4,281.57 horas en el primer semestre a una mejora de 1,938.26 horas en el segundo semestre y la Categoría de Demoras de 1,906.19 horas en el primer semestre a una mejora de 1,858.25 horas en el segundo semestre.

11. Finalmente, durante el primer semestre en equipos de carguío tipo Cargador se consideró un total de 247.54 horas en tiempos de carguío, incrementándose durante el segundo semestre en 280.49 horas. En equipos de carguío tipo Pala Eléctrica se consideró un total de 171.72 horas en tiempo de carguío durante el primer semestre, incrementándose a 181.19 horas para el segundo semestre, lo que corrobora el incremento de la Utilización durante el segundo semestre.

RECOMENDACIONES

1. Calendarizar en cuantas horas por año debe trabajar los equipos de carguío para considerar el tiempo de trabajo efectivo y determinar la performance del equipo, analizando en detalle las categorías de mantenimiento, reserva y demoras operativas.
2. Es necesario analizar las actividades que inciden en la pérdida de tiempo por efecto del mantenimiento correctivo y su desgaste prematuro de los componentes mecánicos y/o eléctricos de los equipos de carguío, siendo estos probablemente la sobrecarga, la granulometría, factor de llenado, densidad, calidad de combustible, etc.
3. Analizar en mayor detalle las demoras operativas, que como operadores deberían estar centrados todos nuestros esfuerzos de mejora.
4. Analizar las variables de grado de fragmentación producto de la voladura asociado a las variables factor de llenado, densidad y factor de esponjamiento en la determinación de la capacidad de balde del equipo de carguío.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PARI, Juan. Dimensionamiento de equipos de carguío, acarreo y optimización del plan de mantenimiento de vías para los tajos Pampa Verde y San Pedro Sur mina La Zanja S.R.L. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa- Perú: Universidad Nacional San Agustín, 2017, 160 pp.
2. VÁSQUEZ, Emilio. Evaluación del rendimiento de diferentes tipos de rodaduras para la optimización del ciclo de acarreo y transporte del material en tunelería Tesis (Título de Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala, 2013, 183 pp.
3. OLIVARES, Christian. Mejoramiento de las prácticas operacionales mediante el uso de un modelo de gestión. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Chile: Universidad de Chile, 2011.
4. MAURICIO, Gerardo. Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, las Bambas, Cerró Corona, Antapacay y Pucamarca. Tesis (Maestro en Ciencias con Mención en Gestión Minera). Puno – Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2015, 163 pp.
5. MANZANEDA, Jorge. Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400K A 1000K BCM - U.E.A. El Brocal - Consorcio Pasco Stracon GyM. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa – Perú: Universidad Nacional San Agustín, 2015.

ANEXOS

Anexo A

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 28. Tabla de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Variables operacionales en los equipos de carguío	Las variables operacionales está relacionado a la mejora de la productividad en mejorar la productividad en equipos de carguío.	<ul style="list-style-type: none"> • Factores geológicos • Factores geomecánicos • Factores Operacionales 	Parámetro geológico Parámetro geomecánico Productividad	Ley de cabeza, recuperación metalúrgica, etc. Características del macizo rocoso Disponibilidad y utilización.
VD: Equipos de carguío	Las características técnicas de los equipos de carguío está asociado directamente al movimiento de material a ser transportado.	<ul style="list-style-type: none"> • Cargadores • Palas Eléctricas 	Tiempos efectivos operacionales	<u>Categoría:</u> Mantenimiento. Reserva. Demoras.

Anexo B
Planos en planta

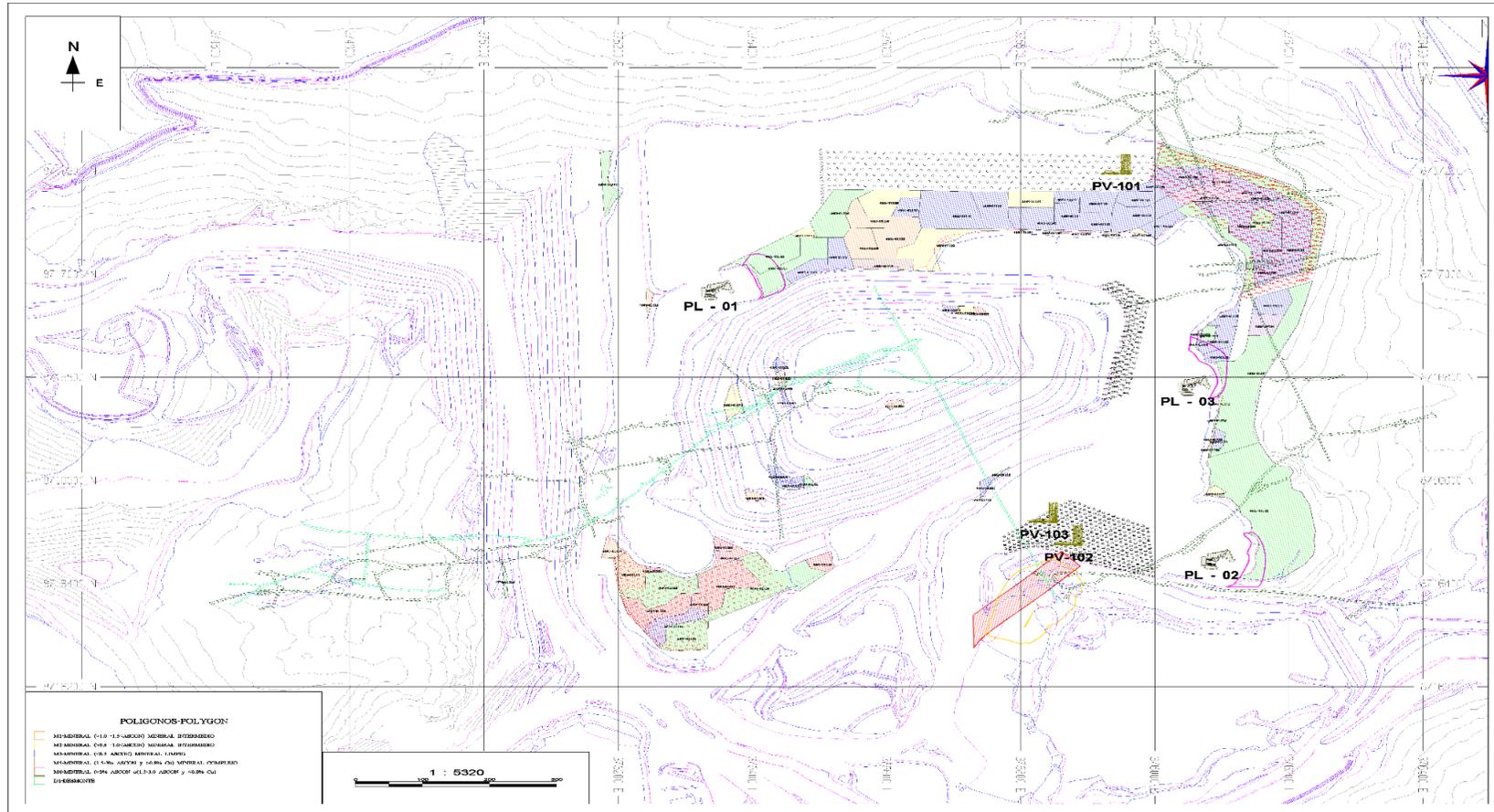


Figura 38. Plano en planta, operación mina
Tomado del Departamento de Planeamiento

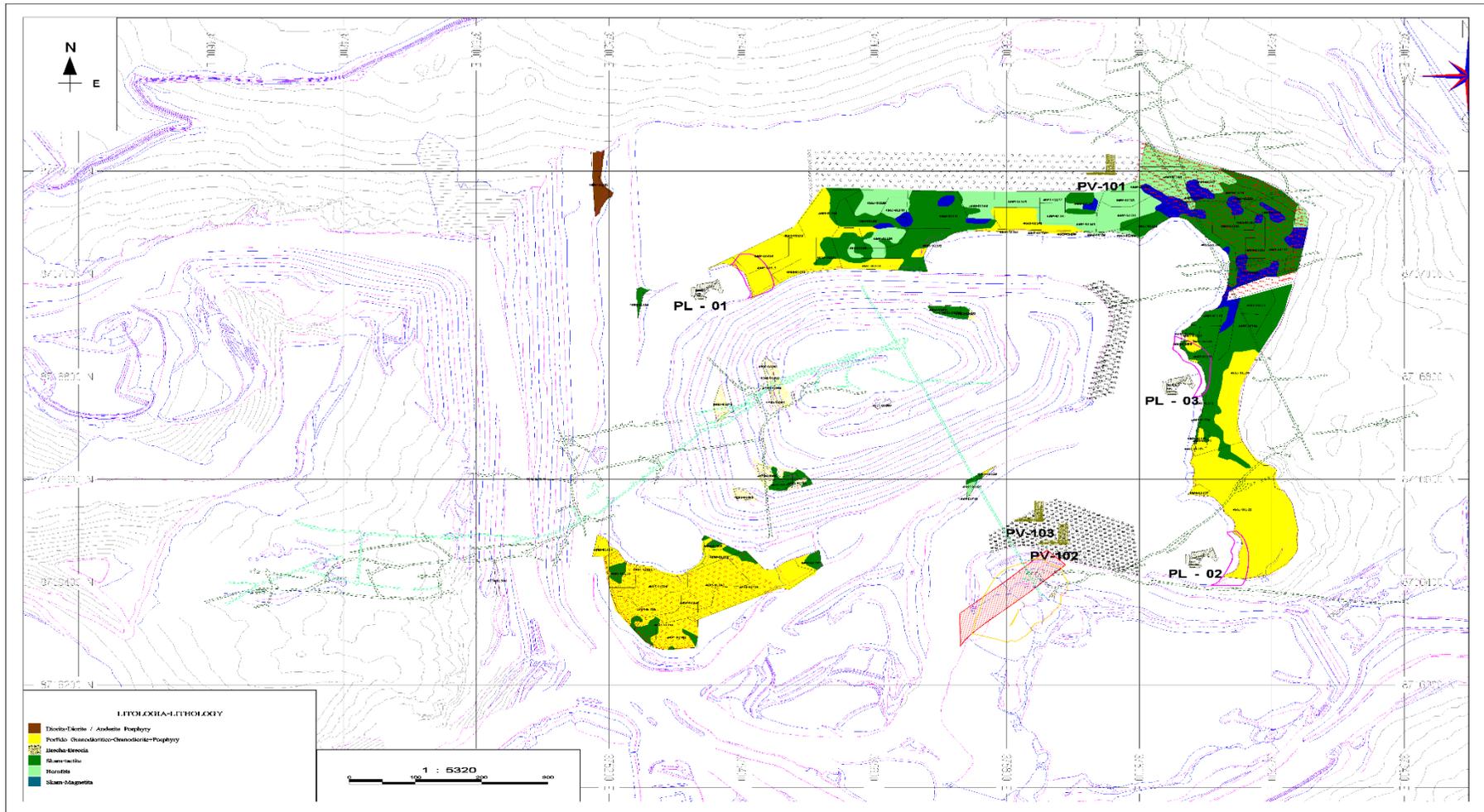
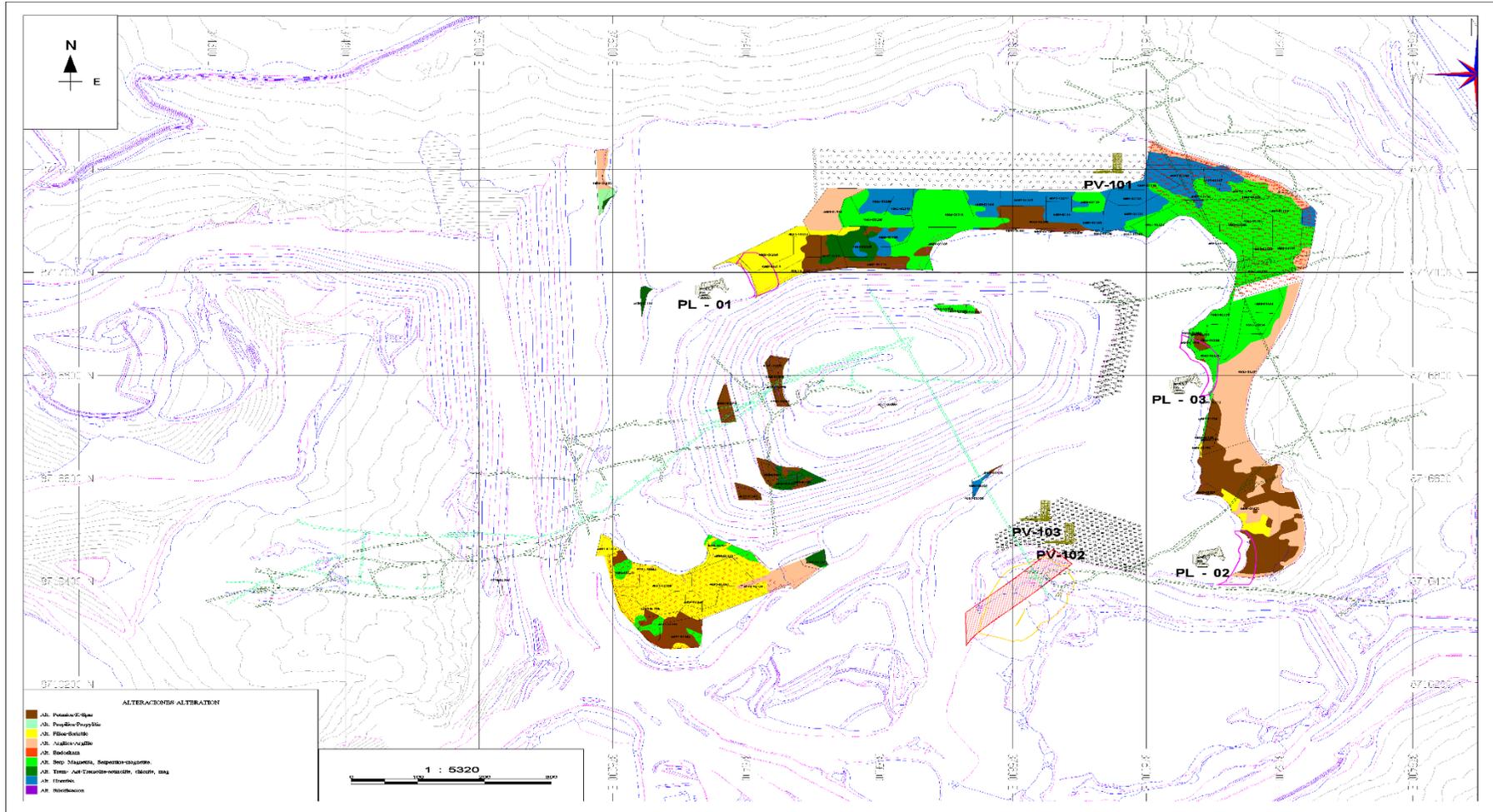
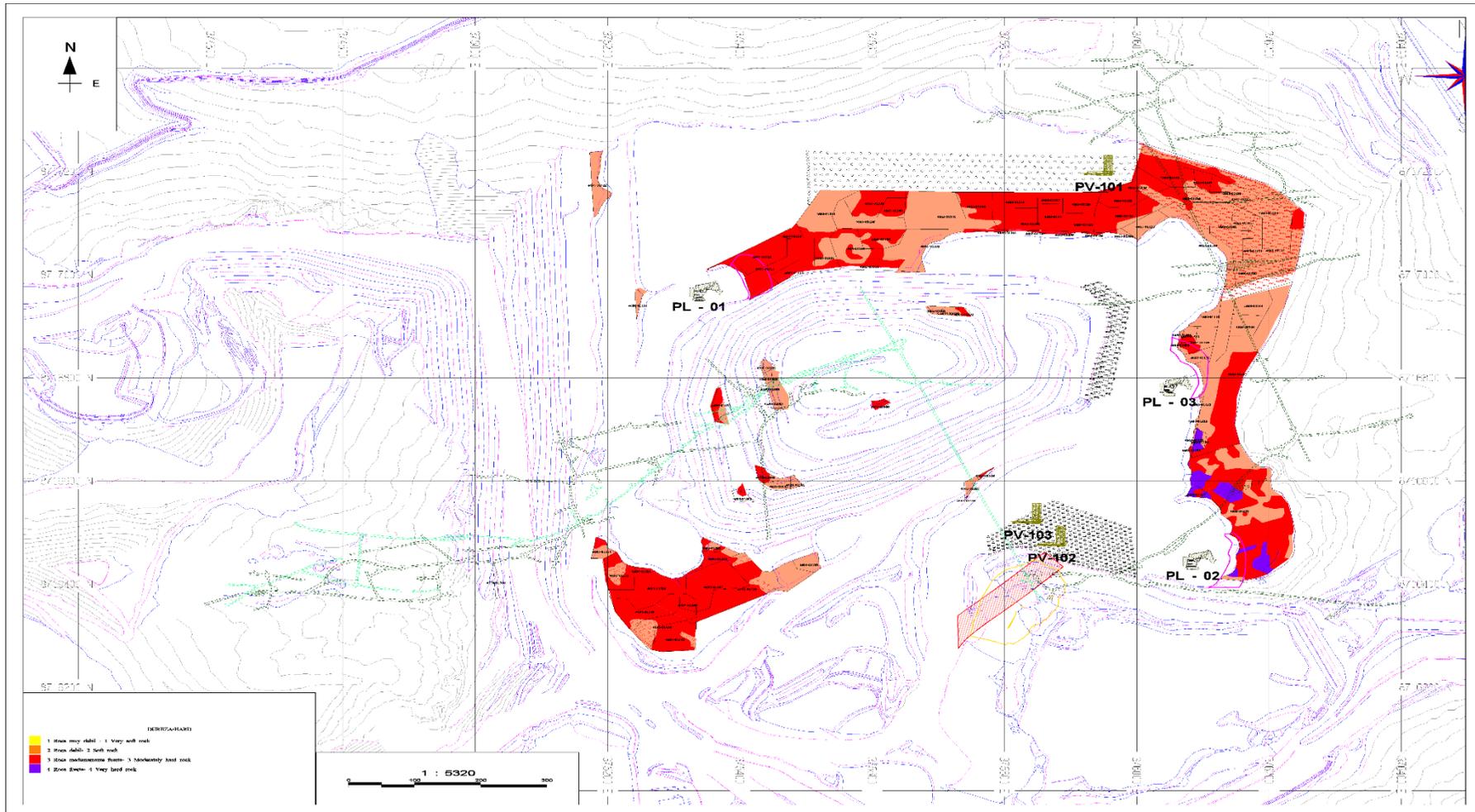


Figura 39. Plano en planta, litología
Tomado del Departamento de Planeamiento



**Figura 40. Plano en planta, alteración
Tomado del Departamento de Planeamiento**



**Figura 41. Plano en planta, dureza
Tomado del Departamento de Planeamiento**

Anexo C

Fotos equipos de carguío



Figura 42. Equipo de carguío tipo cargador modelo Letourneau L2350



Figura 43. Equipo de carguío tipo pala eléctrica CAT 7495