UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

T E S I S

Implementación del centro de control operativo para la inspección, seguimiento y control de equipos trackless en la mina Bienaventurada - Compañía Minera KOLPA S.A. -2024

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Cristhian Eduardo VILLEGAS HUANCOLLO

Asesor:

Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

T E S I S

Implementación del centro de control operativo para la inspección, seguimiento y control de equipos trackless en la mina Bienaventurada - Compañía Minera KOLPA S.A. -2024

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA	**Mg.Vicente César DAVILA CORDOVA**
PRESIDENTE	**MIEMBRO**

Dr. Raúl FERNANDEZ MALLQUI
MIEMBRO

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 046-2026

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. VILLEGAS HUANCOLLO, Cristhian Eduardo

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo:
"Implementación del centro de control operativo para la inspección, seguimiento y control de equipos trackless en la mina Bienaventurada - Compañía Minera KOLPA S.A. -2024"

Asesor:
Ing. Julio Cesar, SANTIAGO RIVERA

Índice de Similitud: 7 **%**

Calificativo:

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 16 de setiembre de 2026

Firma Digital UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN [AVANZADA]

Firmado digitalmente por FERNANDEZ MALLQUI Raul FAU 20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16.09.2026 16:56:55 -05:00

DEDICATORIA

A mis padres por ser mi pilar de apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por su cariño, sacrificio y sabiduría.

A mi esposa Leslin por ser mi cobijo y fortaleza en todo este proceso.

A mi hijo Christopher por ser mi mayor motivación para lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a mi alma mater, la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, a mis profesores y mentores por compartir sus conocimientos y pasión por la carrera, a mis amigos por hacer de este viaje académico una bonita experiencia y finalmente a todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron con este trabajo, desde el fonde de mi corazón mi más sincera gratitud.

RESUMEN

Parte importante de la economía del Perú se sustenta en la actividad minera, gracias a una importante concentración de yacimientos mineros. Compañía Minera Kolpa S.A. destaca por su unidad minera principal Huachocolpa Uno, donde su actividad principal es la extracción de minerales polimetálicos los cuales son procesados en planta para obtener los concentrados.

Parte del proceso de extracción gira en torno al ciclo de minado, el problema es que no existe un sistema de seguimiento a la operación en tiempo real el cual sirva para agilizar los procesos, dentro de lo cuales esta garantizar la operatividad de los equipos trackless ya que estos son indispensables para el proceso de minado, por lo que se plantea implementar un centro de control operativo para la inspección, seguimiento y control de equipos en tiempo real.

El desarrollo de la investigación es de carácter mixto aplicando principios de investigación cualitativos y cuantitativos, que comprende la observación y seguimiento de un grupo de equipos de Kolpa (10 equipos trackless: 1 equipo dumper, 4 equipos de perforación y 5 equipos scoop) para determinar el comportamiento de disponibilidad y utilización, además del tiempo de respuesta a la inoperatividad, todo esto mediante la reportabillidad a centro de control que posteriormente se medirán en indicadores claves de desempeño (KPI´S).

Aplicando el diseño preexperimental para la recolección y comparación de datos antes y después de la implementación de un centro de control, los resultados son favorables ya que se facilitó la comunicación en la operación, garantizando una rápida respuesta a la inoperatividad de los equipos en tiempo real.

Palabras claves: Centro de control, equipos trackless, reportabilidad.

ABSTRACT

A significant portion of Peru's economy is sustained by mining activities, owing to the country's considerable concentration of mineral deposits. Compañía Minera Kolpa S.A. stands out for its main mining unit, Huachocolpa Uno, its main activity is the extraction of polymetallic ores, which are processed at the processing plant to obtain concentrates.

Part of the extraction process revolves around the mining cycle. However, there is currently no real-time operational monitoring system capable of streamlining processes, including ensuring the operational availability of trackless mobile equipment, which is essential to mining operations. Therefore, the implementation of an Operational Control Center is proposed to enable the real-time inspection, monitoring, and control of mining equipment.

The research adopts a mixed-methods approach, incorporating both qualitative and quantitative research principle, which involves the observation and monitoring of a group of Kolpa's equipment comprising 10 trackless equipment: one dumper, four drilling rigs, and five scooptrams. The purpose is to determine equipment availability and utilization performance, all of this is carried out through the reporting process to the control center, which will subsequently be assessed using Key Performance Indicators (KPIs).

A pre-experimental research design is applied to collect and compare data before and after the implementation of a control center. The results were favorable, as the system improved communication within the operation and ensured a faster response to equipment downtime in real time.

Keywords: Control center, trackless equipment, operational reporting.

INTRODUCCIÓN

El implementar un nexo de comunicación para optimizar la operatividad de la flota en la operación podría reducir significativamente las demoras en la mantenibilidad y respuesta a problemas mecánico – eléctricos de los equipos.

Para ello se debe manejar una serie de indicadores de desempeño que permitirá analizar las incidencias que se tiene respecto a la reportabilidad para garantizar la operatividad de los equipos, lo que es importante para cumplir los objetivos operativos.

El presente trabajo de investigación se desarrolla en 4 capítulos. En el capítulo I se detalla el tema de fondo: El planteamiento del problema, detallando el problema general y los específicos, así mismo se plante objetivos.

En el capítulo II se detalla el marco teórico: antecedentes del estudio, bases teóricas además de definición de términos conceptuales.

En el capítulo III se detalla la metodología: tipo, nivel, características, diseño de investigación, el procedimiento de muestreo y técnicas para la recolección de datos.

En el capítulo IV se presentan los resultados: se analiza, interpreta y discute los resultados obtenidos en base a la implementación de centro de control en la compañía minera Kolpa.

INDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema....1

1.2. Delimitación de la investigación....2

1.2.1. Generalidades de la Mina....2

1.2.2. Geología general....3

1.3. Formulación del problema....8

1.3.1. Problema general....8

1.3.2. Problemas específicos....8

1.4. Formulación de objetivos....9

1.4.1. Objetivo general....9

1.4.2. Objetivos específicos....9

1.5. Justificación de la investigación....9

1.6. Limitaciones de la investigación....10

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio 11
2.1.1. Antecedentes locales 11
2.1.2. Antecedentes nacionales 12
2.1.3. Antecedentes internacionales 13
2.2. Bases teóricas – científicas 14
2.2.1. Minado subterráneo 14
2.2.2. Operación minera 15
2.2.3. Equipos trackless de transporte, acarreo y perforación 20
2.2.4. Indicadores de disponibilidad y utilización de equipos 22
2.2.5. Indicadores de mantenibilidad de equipos 23
2.3. Definición de términos básicos 24
2.4. Formulación de hipótesis 26
2.4.1. Hipótesis general 26
2.4.2. Hipótesis específica 27
2.5. Identificación de variables 27
2.5.1. Variable independiente 27
2.5.2. Variable dependiente 27
2.6. Definición operacional de variables e indicadores 28

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación 29
3.2. Nivel de investigación 29
3.3. Métodos de investigación 30

3.4. Diseño de investigación 30
3.5. Población y muestra 30
3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos 31
3.6.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos 31
3.6.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos 31
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación 32
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 32
3.9. Tratamiento estadístico 32
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica 33

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo 34
4.2. Presentación, análisis e interpretación de los resultados 35
4.2.1. Cálculos previos al análisis de los indicadores de equipos 35
4.2.2. Implementación de centro de control 48
4.2.3. Indicadores de equipos generados por centro de control 54
4.2.4. Variación semestral de indicadores de equipos trackless 56
4.3. Prueba de hipótesis 60
4.3.1. Prueba de hipótesis general 60
4.3.2. Prueba de hipótesis específica 61
4.4. Discusión de resultados 62

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Ruta Geográfica 3

Tabla 2. Unidades geológicas de la región 4

Tabla 3. Estructura geológica de la mina 7

Tabla 4. Definición de variables 28

Tabla 5. Equipos de Kolpa 31

Tabla 6. Disponibilidad de equipos de carguío y acarreo, periodo de enero a junio del 2024 37

Tabla 7. Utilización de equipos de carguío y acarreo, periodo de enero a junio del 2024 37

Tabla 8. Disponibilidad de equipos de perforación, periodo de enero a junio del 2024 38

Tabla 9. Utilización de equipos de perforación, periodo de enero a junio del 2024 38

Tabla 10. MTBF de equipos de carguío y acarreo, periodo de enero a junio del 2024 39

Tabla 11. MTTR de equipos de carguío y acarreo, periodo de enero a junio del 2024 39

Tabla 12. MTBF de equipos perforación, periodo de enero a junio del 2024 40

Tabla 13. MTTR de equipos perforación, periodo de enero a junio del 2024 40

Tabla 14. Análisis otras demoras no operativos equipos scoop 45

Tabla 15. Análisis otras demoras no operativos equipos dumper 46

Tabla 16. Pareto otras demoras no operativas equipos dumper 46

Tabla 17. Análisis otras demoras no operativos equipos jumbo 47

Tabla 18. Pareto otras demoras no operativas equipos jumbo 47

Tabla 19. Diagrama de Gamp implementación de centro de control 48

Tabla 20. Flujograma operativo de centro de control 51

Tabla 21. Bitácora de centro de control 52

Tabla 22. Disponibilidad de equipos de carguío y acarreo, periodo de julio a setiembre 2024 54

Tabla 23. Utilización de equipos de carguío y acarreo, periodo de julio a setiembre 2024 54

Tabla 24. MTBF de equipos de carguío y acarreo, periodo de julio a setiembre 2024 55

Tabla 25. MTTR de equipos de carguío y acarreo, periodo de julio a setiembre 2024 55

Tabla 26. Disponibilidad de equipos perforación, periodo de julio a setiembre 2024 55

Tabla 27. Utilización de equipos perforación, periodo de julio a setiembre 2024 55

Tabla 28. MTBF de equipos perforación, periodo de julio a setiembre 2024 56

Tabla 29. MTTR de equipos perforación, periodo de julio a setiembre 2024 56

INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Mapa geológico regional 5
Figura 2. Ubicación de las vetas principales 8
Figura 3. Método de Sublevel & bench and fill 15
Figura 4. Secuencia de minado (bench and fill – B&F) 18
Figura 5. Partes del scooptram 20
Figura 6. Partes del jumbo 22
Figura 7. Distribución de tiempos norma ASARCO 23
Figura 8. Tendencia de DM y UE equipos de carguío y acarreo 41
Figura 9. Tendencia de DM y UE equipos de perforación 41
Figura 10. Tendencia de MTBF y MTTR de equipos de carguío y acarreo 42
Figura 11. Tendencia de MTBF y MTTR de equipos de perforación 42
Figura 12. Clasificación de demoras no operativas equipos scoop 43
Figura 13. Clasificación de demoras no operativas equipos dumper 43
Figura 14. Clasificación de demoras no operativas equipos jumbo 44
Figura 15. Pareto otras demoras no operativas equipos scoop 45
Figura 16. Reporte de paradas de equipos Kolpa 53
Figura 17. Variación semestral de DM y UE equipos de carguío y acarreo 57
Figura 18. Variación semestral de DM y UE equipos de perforación 58
Figura 19. Variación semestral de MTBF y MTTR equipos de carguío y acarreo 58
Figura 20. Variación semestral de MTBF y MTTR equipos de perforación 59
Figura 21. Formato de reporte de paradas de equipos CIA KOLPA 67
Figura 22. Registro de capacitación operadores de equipos CIA KOLPA 67
Figura 23. Ingreso a mina para reconocimiento de cobertura de radio 69

Figura 24. Puesta en marcha de centro de control 69

Figura 25. Equipo muki parado por falla mecánica.....70

Figura 26. Atención de equipo scoop por mantenimiento 70

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Parte importante para el cumplimiento del programa de avances y extracción de una empresa minera, es garantizar la operatividad de los equipos trackless.

Para tener dicha seguridad es necesario que nuestra flota esté disponible el mayor tiempo posible y como primer paso para lograr este objetivo es necesario identificar la pérdida de tiempo operacional de dichos equipos en tiempo real.

En la unidad minera, se ha identificado inconvenientes de comunicación debido a la inexistencia de un medio de soporte de comunicación para la operación, incluyéndose dentro de éstos las demoras en la reportabilidad de los estados y las paradas de los equipos, coordinaciones de tránsito en las vías de interior mina y superficie y coordinaciones de apoyo de las áreas de soporte.

Del mismo modo se identificó la existencia de sesgos y/o diferencias significativas entre la información que maneja el área de Mina operaciones y el área de Mantenimiento, que viene generando la emisión de indicadores operativos de los equipos en las diferentes flotas, como DM (disponibilidad mecánica) y UE (utilización

ejecutada), con dos fuentes de información que distan y difieren entre si significativamente, el cual finalmente no permite su uso de forma adecuada para la toma de decisiones.

1.2. Delimitación de la investigación

La mina bienaventurada cuenta con 2 accesos principales RP-1 (rampa 1) y RP-2 (rampa 2), donde se distribuyen la flota de equipos de Kolpa y las principales empresas contratistas: Mceisa, Pegama y Corimayo; en el caso de la flota de equipos de Kolpa se distribuyen en zona media y zona de profundización, estos equipos son: 3 scoop R-1300G de 4.2 yd3, 2 scoop SFL-35 de 2 yd3, 2 mukis FF, 1 muki LHBP, 1 raptor 44-2r y 1 dumper TH315 de 15 TM.

Para el presente proyecto de investigación se va a condicionar el campo de estudio a los equipos de CIA Minera Kolpa.

1.2.1. Generalidades de la Mina

Ubicación y accesibilidad

La Compañía Minera Kolpa S.A. es propietaria de la mina "Huachocolpa Uno", ubicada en la localidad de Comihuasa, en el distrito de Huachocolpa, provincia y región de Huancavelica. Esta mina se encuentra a una altitud promedio de 4400 metros sobre el nivel del mar.

La mina está situada en el lado oriental de la parte central de la Cordillera de los Andes del Perú, cerca de la divisoria de Huayraccasa.

Coordenadas U.T.M.: Este: 502 231.45 / Norte: 8 555 750.56

Tabla 1. *Ruta Geográfica*

RUTA	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VIA
Lima – U.M.	420 km	12 h	Asfalta y afirmada
Huancayo – U.M.	240 km	7 h	Asfalta y afirmada
Huancavelica – U.M.	90 km	3 h	Asfalta y afirmada

1.2.2. Geología general

Geología regional

La mina Huachocolpa Uno está situada en el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, región conocida como el Batolito de la Costa, que es parte de la franja metalogénica del centro del Perú.

La región geológica de Huachocolpa se compone de varias unidades litológicas importantes, que incluyen:

- Formación Excélsior, de la edad Cretácico inferior que se compone principalmente de calizas y lutitas que han sido sometidas a procesos de dolomitización y silicificación.
- Formación Chulec, de la edad Cretácico Medio compuesta por calizas fosilíferas y margas, que presentan un alto grado de fracturamiento.
- Formación Pariatambo, de la edad Cretácico superior integrada por calizas micríticas con niveles de arcilla.
- Formación Jumasha, de la edad Cretácico superior dominada por calizas cristalinas y calizas fosilíferas con un control estructural que favorecen el emplazamiento de vetas.

- Intrusivos Ígneos, de la edad Paleoceno, influenciada por intrusivos ígneos, dioritas y granodioritas que forman los skarns que alberga la mineralización metálica.
- Formación Casapalca, de la edad Paleógeno, compuesta por rocas volcánicas, dicha actividad es clave en la formación de mineralizaciones epitermales.

Tabla 2. *Unidades geológicas de la región*

UNIDAD GEOLOGICA	EDAD GEOLOGICA	DESCRIPCIÓN	MINERALES ASOCIADOS
Formación Excélsior	Jurásico Superior	Calizas y lutitas dolomitizadas	Zinc, Plomo, Plata
Formación Chulec	Cretácico Medio	Calizas fosilíferas y margas	Plomo, Plata
Formación Pariatambo	Cretácico Superior	Calizas micríticas	Cobre, Zinc
Formación Jumasha	Cretácico Superior	Calizas cristalinas	Zinc, Plomo, Plata, Cobre
Intrusivos Ígneos	Paleoceno – Eoceno	Dioritas y granodioritas	Cobre, Magnetita
Formación Casapalca	Paleógeno	Rocas volcánicas de andesita	Sulfuros polimetálicos

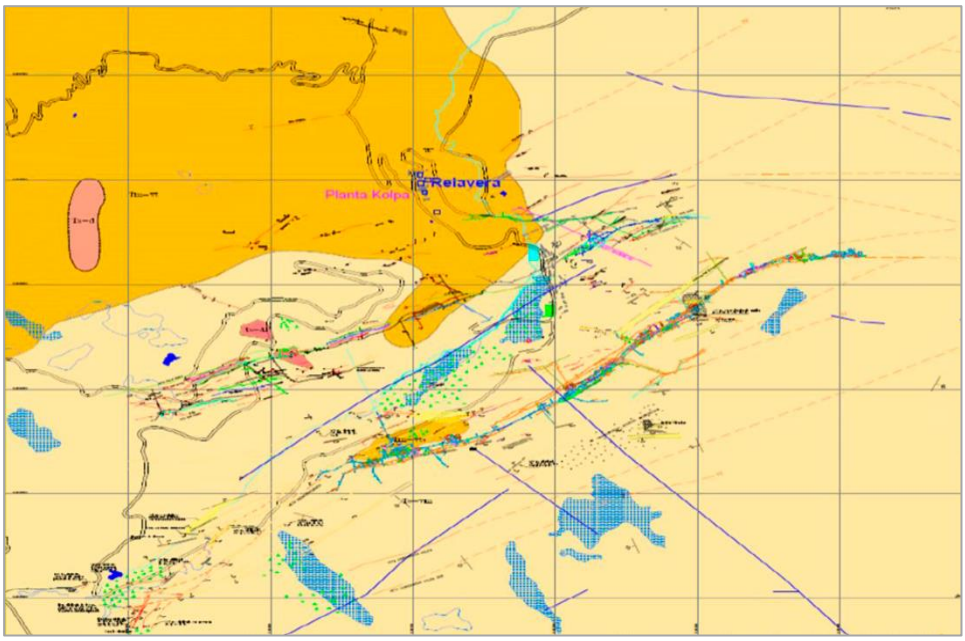
Geología local

La mineralización en la mina Huachocolpa Uno se presenta en varias formas, que incluyen vetas, mantos, cuerpos de reemplazo y skarns. A continuación, se detallan los tipos principales de mineralización:

- Vetas polimetálicas, vetas acompañadas de cuarzo y, a menudo calcita.

- Skarns, pueden contener sulfuros de hierro y zinc.
- Depósitos de reemplazamiento, estos depósitos están relacionados con la alteración hidrotermal y la sustitución de calizas y dolomitas en contacto con intrusivos.
- Mineralización Epitermal, a menudo con presencia de sílice en vetas y brechas hidrotermales.

Figura 1. *Mapa geológico regional*



Geología estructural

La geología estructural de la mina se caracteriza por una serie de fallas, pliegues, fracturas, y otras estructuras tectónicas que generan la mineralización de la zona. A continuación, se describen los principales elementos estructurales de la mina:

- Fallas: Las fallas en la mina Huachocolpa Uno son importantes para la formación y disposición de los cuerpos mineralizados, esto permitiendo la deposición de minerales metálicos.
    - Falla Huachocolpa, de orientación NW-SE aproximadamente de 10 km. Esta falla desgarre que controla la orientación de las vetas polimetálicas principales, asociada a vetas de cuarzo – sulfuro.

- Falla Comihuasa, de orientación NE-SW aproximadamente de 6 km. Esta falla inversa presenta características de empuje y deslizamiento lateral, asociada a vetas de galena y esfalerita.
- Falla Puquiococha, de orientación E-W, delimita el área sur de la mina, es importante en ciertas zonas de alteración hidrotermal, presencia de mineralización en skarns, por el contacto entre calizas y dioritas intrusivas.

- Pliegues: Los pliegues en la región de Huachocolpa Uno son elementos estructurales que han influido en la disposición de las capas sedimentarias y volcánicas, controlando la localización de cuerpos mineralizados.
  - Anticlinal de Huachocolpa, con un eje orientado NW-SE, presenta capas rígidas de la formación Excélsior donde se acumula la mineralización por reemplazo, estos presentan depósitos de sulfuro y cuerpos de zinc – plomo.
  - Sinclinal de Comihuasa, con un eje orientado NE-SW, donde las capas permite la concentración de mineralización en los flancos y núcleo sinclinal, estos presentan depósitos de cobre y plomo.
- Fracturamiento: El fracturamiento es un aspecto que facilita la circulación de fluidos hidrotermales y la deposición de minerales. Las fracturas están distribuidas de manera heterogénea y están controladas tanto por la tectónica regional como local.
- Vetas mineralizadas: La estructura principal que se extrae es la veta Bienaventurada, acompañada por otras como Tatiana, Jessica, Elizabeth y Caudalosa. Estas vetas contienen concentraciones significativas de minerales como zinc, plomo, cobre y plata. Su origen está relacionado con eventos tectónicos que provocaron fracturas en las rocas, las cuales posteriormente fueron rellenadas por fluidos hidrotermales que depositaron los minerales.

Tabla 3. *Estructura geológica de la mina*

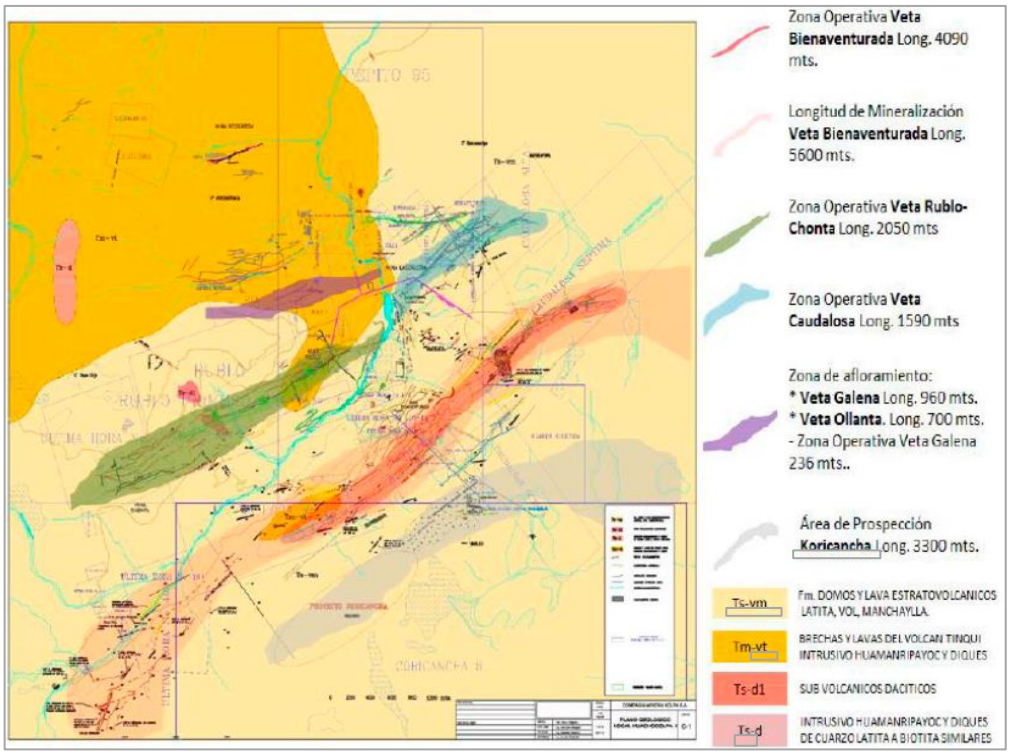
ELEMENTO ESTRUCTURAL	ORIENTACION	LONGITUD (KM)	MINERALIZACION ASOCIADA
Falla Huachocolpa	NW – SE	10	Vetas polimetálicas de zinc, plomo, plata.
Falla Comihuasa	NE – SW	6	Remplazo de galena y esfalerita.
Falla Puquiococha	E – W	4	Mineralización en skarns.
Anticlinal de Huachocolpa	NW – SE	8	Depósitos de sulfuros masivos de zinc y plomo.
Sinclinal de Comihuasa	NE – SW	5	Vetas y mantos de cobre y plomo.

Geología económica

La geología de Huachocolpa es significativa desde un punto de vista económico debido a su rica diversidad de minerales metálicos. Los principales productos de la mina incluyen:

- Zinc: Principal componente en las vetas polimetálicas.
- Plomo: Comúnmente encontrado junto al zinc en forma de galena.
- Cobre: Presente en cantidades significativas, a menudo como calcopirita.
- Plata: Asociada a los minerales de galena.

Figura 2. *Ubicación de las vetas principales*



Tomado por el departamento de Geología

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo implementar el centro de control para mejorar la reportabilidad de paradas de equipos de CIA Minera Kolpa en tiempo real para una inmediata respuesta y garantizar la operatividad de la flota?

1.3.2. Problemas específicos

a) ¿Cómo aplicar los indicadores de disponibilidad, utilización y tiempo medio entre fallas (MTBF) de la flota de equipos para la toma de decisiones operativas?

b) ¿Cómo disminuir el MTTR (tiempo medio entre reparaciones)?

c) ¿Cómo fomentar la cultura de reportabilidad por parte de los operadores respecto al estado de sus equipos?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Establecer un sistema centralizado de comunicación que de soporte a la operación disminuyendo y eliminando los tiempos muertos de paradas e inoperatividad de los equipos por demoras en atención y mantebilidad, mediante la radio las 24 horas del día.

1.4.2. Objetivos específicos

a) Se requiere aplicar los indicadores de disponibilidad, utilización, tiempo medio entre fallas (MTBF), de los equipos de CIA Minera Kolpa, mediante los indicadores clave de desempeño (KPI´S) plasmados en un dashboard para la toma de decisiones.

b) Es preciso reportar en tiempo real la inoperatividad del equipo al centro de control, para que así se comunique de manera efectiva al área de mantenimiento la falla del equipo. Es indispensable realizar el seguimiento para que el técnico mecánico de por finalizado la atención al equipo, de este modo se reduce el tiempo medio entre reparaciones (MTTR).

c) Es necesario implementar un procedimiento de estandarización de comunicación y reportabilidad a centro de control, previamente de una campaña de sensibilización y capacitaciones constantes, esto es muy importante ya que permitirá generar hábitos de reporte oportuno y confiable.

1.5. Justificación de la investigación

Como parte de la implementación del área de Productividad se identificó que existe una diferencia significativa entre los resultados mostrados por el área de

Operaciones Mina y el área de Mantenimiento respecto a la disponibilidad de sus equipos.

El área de mina presentaba una baja disponibilidad de sus equipos no llegando a la meta del 85% semana a semana, mientras el área de mantenimiento cumplía con dicha meta, lo que no se reflejaba en la operación, esto debido a que no existe un sistema de comunicación eficaz que garantice una rápida respuesta en tiempo real para la atención de paradas e inoperatividad de los equipos.

Con el proyecto de implementación de centro de control operativo se plantea ser el nexo de comunicación entre operaciones y mantenimiento, con personal monitoreando las 24 horas del día mediante la radio la reportabilidad por parte de operadores y mecánicos facilitando una comunicación más fluida y garantizar una rápida respuesta para solucionar problemas de operatividad.

En una primera etapa se monitoreará los equipos de Kolpa y una vez ya implementado se podrá monitorear el resto de los equipos de Contrata.

1.6. Limitaciones de la investigación

En el presente proyecto no se tuvo limitaciones por parte de la empresa minera ya que se contó con el apoyo de todas las áreas de la operación respaldadas por la gerencia, tanto en la parte operativa y la parte logística.

Respecto a la parte económica se facilitó un presupuesto para implementar el personal y equipos necesarios para iniciar con el proyecto.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes locales

(MARIN J. – 2021) Análisis de los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en Compañía Minera KOLPA S. A.

Se planteo como objetivo analizar los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en la Compañía Minera Kolpa.

Teniendo como resultado la disponibilidad de los equipos de carguío durante el periodo enero a junio tiene un promedio real del 66 %, siendo el objetivo para este mismo periodo del 85 %, considerando una diferencia del 19.41 % de déficit. Esta diferencia entre el objetivo y lo real considera a la empresa MCEISA con un déficit del 26.14 % generando menor rendimiento en sus equipos de carguío, producto de mayor tiempo en el área de mantenimiento.

Este mayor déficit también está asociado a los equipos de compañía Kolpa con un déficit del 18.63 %.

2.1.2. Antecedentes nacionales

(VALDEZ J. - 2017) Implementación del mantenimiento autónomo para aumentar la disponibilidad de equipos trackless en UCHUCCHACUA

Se planteó como objetivo implementar el mantenimiento autónomo orientado a los operadores para aumentar la disponibilidad de los equipos Trackless en Uchucchacua.

Teniendo como resultado la implementación del Mantenimiento Autónomo mejoró la disponibilidad mecánica en los equipos Trackless en Uchucchacua, esto se demuestra durante los años 2013 y 2014 en que no se implementó el Mantenimiento Autónomo nuestro promedio de disponibilidad era 75 % y las horas de disponibilidad oscilaban entre 8,638 y 9,229, como también, las horas de trabajo oscilaban entre 4,468 y 5,416; pero en el año 2015 y los seis primeros meses del 2016, tiempo en que se implementó el Mantenimiento Autónomo, mejoró significativamente.

(CANO J. – 2021) Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de equipos trackless en RESEFER S.A. en Unidad SIMSA

Se planteo como objetivo Proponer un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de equipos trackless en RESEFER S.A. en unidad SIMSA.

Teniendo como resultado la mejora de la disponibilidad mecánica de los equipos trackless de la empresa RESEFER S.A en la unidad minera Simsa. Esto nos indica que cuantas más horas de paradas de los equipos, disminuye la disponibilidad mecánica. Por ello la investigación de la “propuesta de un plan de mantenimiento

preventivo", nos ayudó a mejorar la disponibilidad mecánica, la cual se pudo observar la mejora durante el tiempo de investigación.

(MUÑOZ R. – 2025) Administración Dispatch para la optimización de gestión de mantenimiento de flota de camiones de acarreo de una mina, 2024

Se planteo como objetivo Proponer la aplicación del sistema Dispatch para optimizar la gestión de mantenimiento de flota de camiones de acarreo de una mina, 2024.

Teniendo como resultado 3 alternativas de solución para optimizar la gestión del mantenimiento de flota de camiones de acarreo de una empresa minera, siendo la propuesta final la aplicación del sistema Dispatch. La implementación del sistema Dispatch ha demostrado ser una estrategia exitosa para optimizar la gestión del mantenimiento de la flota de camiones de acarreo de la mina. Los datos evidencian no solo una significativa reducción de 500.23 horas de inoperatividad, sino también un ahorro económico de $ 900 414.00 dólares, equivalente a un 54% de mejora en costos operativos. Estos resultados subrayan la capacidad del sistema para anticipar fallas y planificar eficientemente el mantenimiento, lo que mejora la disponibilidad de los equipos y, en definitiva, la rentabilidad del negocio. Por lo tanto, la continuidad y ampliación de este sistema son esenciales para sostener y mejorar los logros alcanzados.

2.1.3. Antecedentes internacionales

(ALVAREZ C. – 2021) Centro integrado de operaciones: Propuesta organizacional y tecnológica – Universidad del Desarrollo, Santiago de Chile

Se planteo como objetivo el desarrollo de un modelo conceptual para el Centro Integrado de Operaciones de Minera Caserones, optimizando y alineando su funcionamiento con la estrategia corporativa, proponiendo para ello modificaciones a nivel organizacional y tecnológico.

Teniendo como resultado el establecer una propuesta de layout de disposición de roles, infraestructura y tecnología para el CIO para mejorar el ejercicio de las funciones al interior de la sala de control, incorporando para ello nuevos roles asociados a procesos faltantes dentro de la cadena productiva presente en él, y a su vez optimizar el análisis de las decisiones táctico/operacionales a raíz de la adquisición de nuevas soluciones tecnológicas que aporten robustez en la materia.

2.2. Bases teóricas – científicas

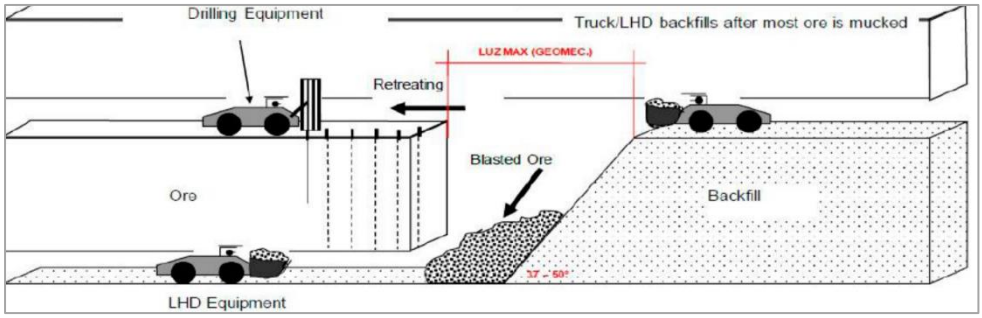
2.2.1. Minado subterráneo

Método de minado

De acuerdo con el departamento de geología y geomecánica se considera el principal método de minado aplicado en la unidad minera el de Sub Level Stoping (SLS) y Cut and Fill Stoping (C&F).

El método de extracción conocido como "tajeo por subniveles con taladros largos" (Sub Level Stoping - SLS) se distingue por ser un proceso de minado masivo, con la capacidad de incrementar la producción planificada. Los estudios de diseño sugieren que este método puede utilizarse en la explotación de la veta Bienaventurada, pero con la implementación de relleno. Esto implica la adopción del método de minado "banqueo y relleno" (bench & fill - B&F), también conocido como AVOCA. Este último surge de la combinación de los métodos SLS y C&F, y resulta más eficiente que el C&F, aplicándose cuando las condiciones geomecánicas lo permiten, especialmente en zonas con cajas de calidad entre regular y mala.

Figura 3. *Método de Sublevel & bench and fill*



El SLS se aplica en un terreno más favorable es decir en tipo de roca IIIB hacia arriba, en un tipo de terreno más desfavorable donde el tipo de roca sea de IVB hacia abajo no es recomendable aplicar este tipo de minado.

Respecto al método de C&F se adecua a cualquier condición de terreno según el proceso de selección.

En resumen, los métodos de minado más adecuados y económicos de aplicar en los yacimientos de la compañía minera Kolpa son los siguientes:

Sub Level Stoping (Tajeo por subniveles con taladros largos) y Cut and Fill (Corte y relleno).

2.2.2. Operación minera

Descripción de la mina

La mina cuenta con 2 rampas principales: Rampa 1 y Rampa 2, ambas en el nivel 4230, operativamente se han distribuido en las zonas este y oeste.

También se han desarrollado labores de exploración, desarrollo, preparación y explotación en las vetas de Caudalosa, Jessica, Elizabeth, Rublo, etc., en diferentes niveles tales como: 4130, 4180, 4230, 4330, 4430. 4555 y las principales labores tales como: TJ179, TJ064, TJ380, TJ250, TJ500, TJ179, GL380, GL227, CX850, CX060, RP060, RP227, RP380, RP950, etc.

Respecto a la proyección de acuerdo con sondajes se tiene proyectado la mineralización en la zona profunda Nv 4080, además de ejecutar sondajes en la zona oeste específicamente en el BP767.

Diseño de mina

La veta Bienaventurada es la principal estructura mineralizada con desarrollo en los extremos E y W.

Para el minado en los tajeos se utilizan los equipos: Jumbo para perforación y Scoop para limpieza, como método de minado principal se tiene el tajeo por subniveles con taladros largos.

Las secciones de las rampas de acceso y cruceros son de 3x3 m, las chimeneas fill pass son de 3x3x8 m, los fill pass con una sección de 1.8x1.8 m con longitudes de 50 a 90 metros. Se rellenará con desmonte proveniente de las labores de avance los tajeos minados. Las chimeneas construidas mediante Alimak, con una longitud de 90 m aproximadamente.

Secuencia de minado

Para optimizar los recursos tanto mano de obra como equipos, es sumamente importante lograr adecuadamente un ciclo de minado ya que esto nos permitirá cumplir con los planes de minado programado.

Se requiere cumplir adecuadamente con la perforación, voladura, carguío y acarreo.

Para ello se ha estructurado un sistema de control operativo para garantizar que no haya desvíos en el ciclo de minado.

Perforación

La perforación es importante para asegurar un buen ciclo de minado.

Para la perforación de los taladros de producción se empleará un equipo especializado para taladros largos, (generalmente el jumbo raptor) adecuado para implementar el método de tajeo por subniveles (SLS). Este equipo es capaz de perforar hasta 14 metros de profundidad, manteniendo el control sobre la desviación. El ancho mínimo de fractura en la veta es de 0.70 metros, y para que el método sea efectivo, el buzamiento de la veta debe superar los 65°.

Voladura

La voladura se ejecutará en tramos perforados de entre 10 y 12 metros de banco, con 6 a 12 filas, dependiendo de la calidad de la roca (mineral y cajas). Los explosivos que se emplearán incluyen el anfo, emulsión y dinamita. El factor de potencia y el factor lineal por disparo se ajustarán según las condiciones de las cajas y el mineral, así como en función de la producción de mineral que se desee alcanzar.

Es importante controlar la voladura ya que nos asegura un correcto grado de fracturamiento y también evitar la sobre dilución.

Sostenimiento

De acuerdo con el plan de minado se tiene los siguientes tipos de sostenimiento:

- Pernos split set con malla electrosoldada
- Pernos helicoidales
- Shotcrete con fibra metálica

Para definir el tipo de sostenimiento se debe evaluar el tipo de roca, la sección abierta, el tiempo de exposición y la alteración de la roca.

Acarreo y transporte de mineral

La limpieza y acarreo de mineral en el tajeo se realizará con una scooptram a control remoto, generalmente de 2.2 yd^3 de capacidad o 1.5 yd^3 (dependiendo de la veta). El mineral se llevará a cámaras de carguío o a las chimeneas de echaderos. Desde

allí, se cargará directamente en volquetes o se depositará en una tolva electrohidráulica en el nivel correspondiente, para ser transportado en volquetes de 12 m^3 hasta la planta concentradora.

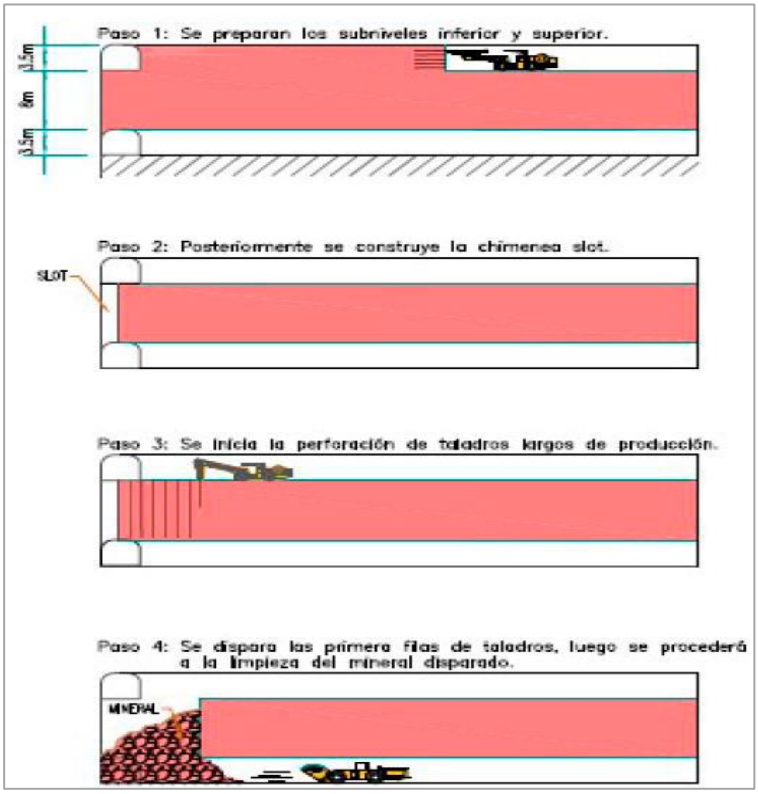
Tras completar la limpieza de la labor, se iniciará el relleno detrítico para mantener la estabilidad del tajeo.

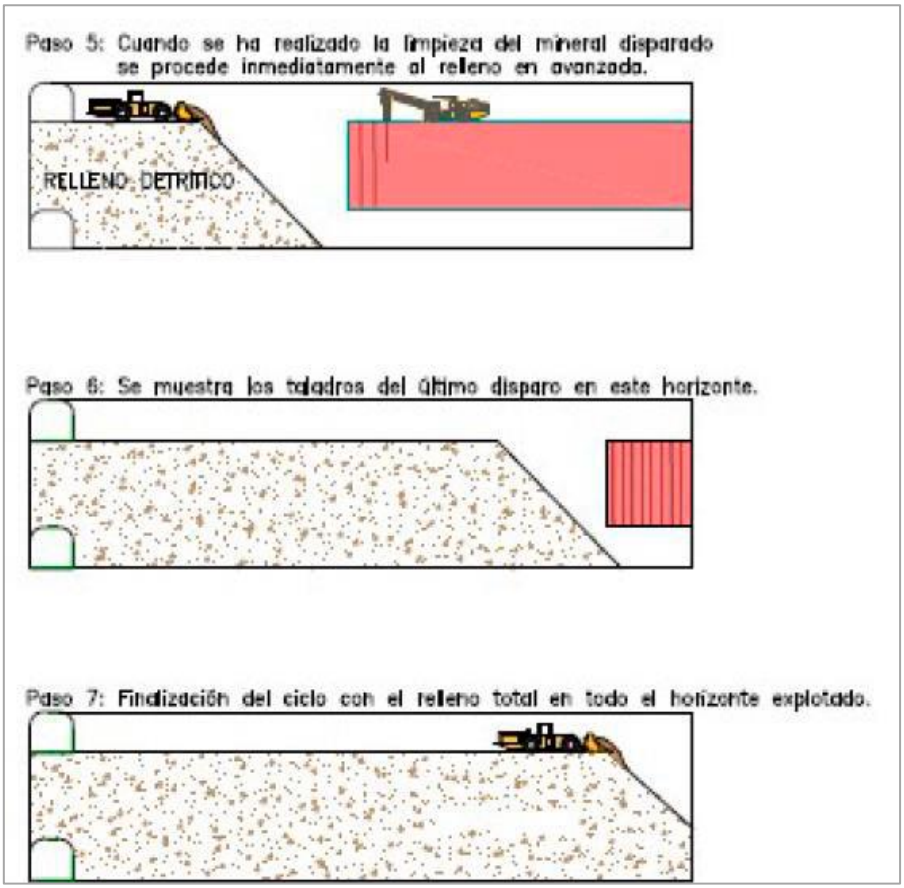
Relleno detrítico

Se aplica el método bench and fill (B&F), el relleno se hace por capas, permitiendo una explotación progresiva mientras se mantiene la estabilidad del terreno.

Dicho proceso consiste en rellenar los vacíos dejados por la explotación con desmonte seco (extraído de las labores de avance) se busca que la altura de la veta quede completamente rellenada hasta alcanzar la base del subnivel superior.

Figura 4. *Secuencia de minado (bench and fill – B&F)*





Ventilación

Se utiliza un sistema de ventilación mecánica, que opera a través de una ventilación principal con extracción de aire viciado, utilizando ventiladores inyectores y extractores con capacidad de 100,000 cfm, además de una salida de 60,000 cfm hacia la superficie, a través de chimeneas de ventilación Alimak con una sección de 2.0 m x 2.0 m.

El aire fresco ingresa a las labores mediante las bocaminas de las Rampas 01 y 02, impulsado por la diferencia de presión que crean los extractores. Para la ventilación secundaria, se emplean ventiladores booster de 60,000 cfm que complementan el sistema principal

En la ventilación auxiliar, se utilizan ventiladores de 30,000 cfm y 20,000 cfm en serie, dirigidos a los frentes de avance, usando mangas de rafia de polietileno para insuflar aire limpio a las áreas de trabajo.

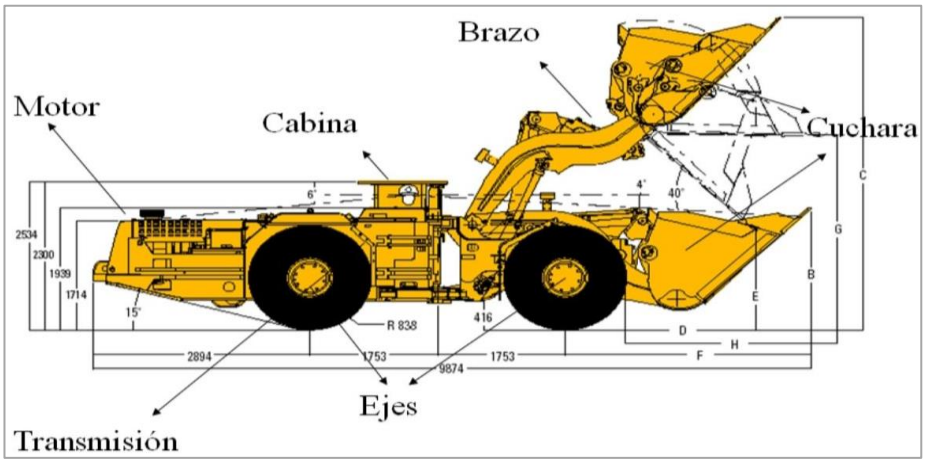
2.2.3. Equipos trackless de transporte, acarreo y perforación

Equipo Scooptram:

El scooptram es un equipo autopropulsado con carga, transporte y descarga. Las diversas condiciones de trabajo del dispositivo de trabajo están determinadas por la longitud del cilindro de elevación y el cilindro del cucharón giratorio. La estructura del equipo se compone de los siguientes mecanismos:

- Ruedas
- Haz de tracción
- Cuadro
- Dispositivo hidráulico
- Cubo con mecanismo de pala
- Estructura de soporte y mecanismo de ajuste de elevación

Figura 5. *Partes del scooptram*



Equipo Dumper:

Los dumper son un tipo de camión muy utilizado en la minería. Su caja almacena grandes cantidades de carga y no solo las transporta, sino que también puede

depositarlas en otros lugares con precisión. Así, este equipo es ideal para trabajos de carga y descarga de material. Los componentes que integran el equipo son:

- Capotas
- Cabina
- Ruedas
- Cilindros hidráulicos
- Retrovisores
- Faros
- Flexibles

Equipos Jumbo

El propósito principal de la perforadora Jumbo es perforar un agujero profundo en las paredes de roca minera.

El mecanismo de traslación de los jumbos normalmente es autopropulsado por un tractor montado sobre neumáticos, cadenas o carriles, aunque existen modelos remolcados.

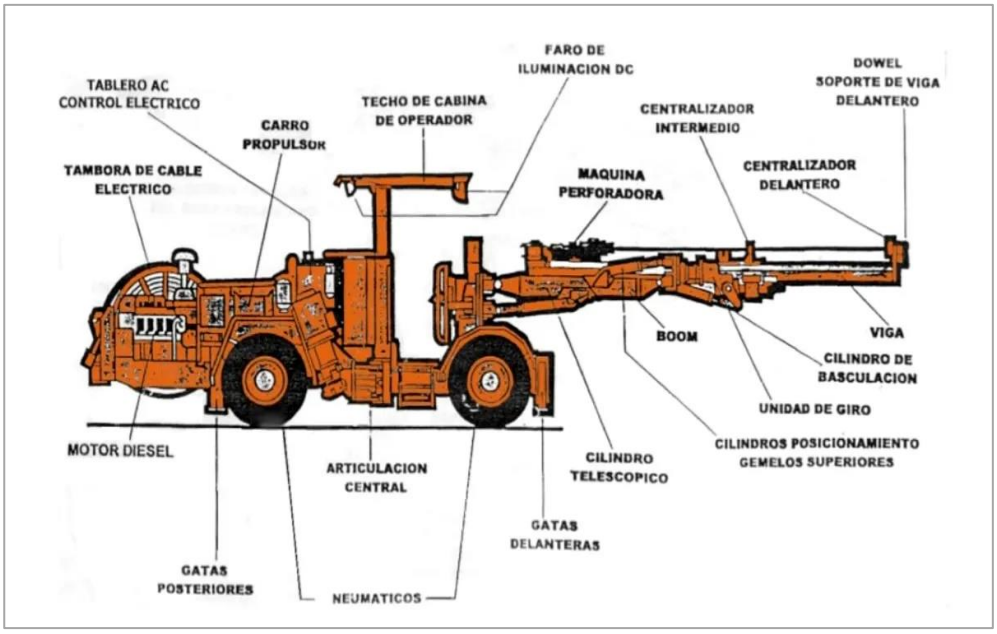
Cuando trabajan se estacionan y su accionamiento es eléctrico, aunque pueden disponer de un motor diésel para el desplazamiento.

Los martillos perforadores son hidráulicos para conseguir mayores potencias que los neumáticos, funcionando a rotopercusión: la barrena gira continuamente ejerciendo a la vez un impacto sobre el fondo del taladro. Se precisa un aporte de agua para arrastrar los detritus y refrigerar la boca de perforación. Sus componentes principales son los siguientes:

- Carro (Carrier)
- Perforadora Hidráulica
- Viga de avance

- Brazo con paralelismo automático
- Panel de Control conteniendo las válvulas para perforación
- Enfriador de aceite.
- Paquete de poder Hidráulico
- Caja eléctrica
- Válvula reductora de la presión de agua
- Tambor del cable eléctrico
- Bomba de agua
- Compresor
- Lubricador del aire

Figura 6. *Partes del jumbo*



2.2.4. Indicadores de disponibilidad y utilización de equipos

Disponibilidad Mecánica

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

Se calcula de la siguiente forma:

$$\boldsymbol{Disponibilidad}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{Tiempo\ programado(TP)\ - Tiempo\ de\ demoras\ no\ operativas(TDNO)}}{\boldsymbol{Tiempo\ programado(TP)}}$$

***TDNO** = Hrs. Mant. Preventivo + Hrs Correctivos Programados + Hrs. Correctivos no Programados + Inspección

Utilización Mecánica

Es el porcentaje del tiempo usado por Operaciones, mientras el equipo estuvo disponible.

Se calcula de la siguiente forma:

$$Utilización\ (\%) = \frac{Horas\ de\ trabajo\ (HT)}{Horas\ Programadas - TDNO}$$

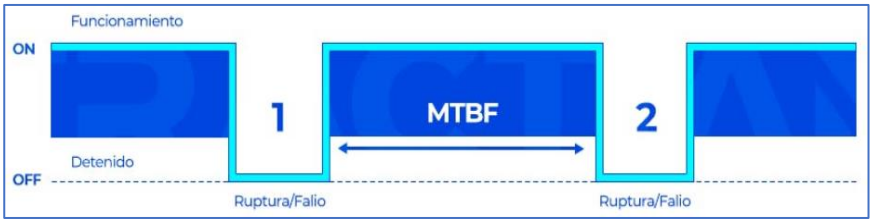
Figura 7. *Distribución de tiempos norma ASARCO*



2.2.5. Indicadores de mantenibilidad de equipos

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Es el promedio de tiempo que transcurre entre dos fallas consecutivas de un equipo, y es expresado en horas.



Se expresa de la siguiente manera:

$$MTBF = \frac{Horas\ trabajadas}{N°\ de\ fallas}$$

Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)

Es el promedio de tiempo que transcurre entre dos fallas consecutivas de un equipo, y es expresado en horas.



Se expresa de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{Hrs.\ correctivas\ no\ programadas}{N°\ de\ fallas}$$

Confiabilidad (%)

Es la probabilidad de un equipo o activo, de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo, bajo unas condiciones de operación, se expresa de la siguiente manera:

$$Confiabilidad(\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

2.3. Definición de términos básicos

a) Capacidad:

Propiedad de un equipo para contener cierta cantidad de material de acuerdo con su diseño.

b) Confiabilidad:

Indicador de probabilidad en el que un equipo lleve a cabo su función adecuadamente durante un periodo de tiempo bajo condiciones operacionales.

c) Disponibilidad:

Indicador de gestión en la que se mide las condiciones en que el equipo está disponible y apto para su uso operacional.

d) Dashboard:

Herramienta de gestión de información que muestra, monitoriza y analiza los KPI.

e) Equipo:

Equipos de bajo perfil utilizados en la minería subterránea mecanizada para realizar diversas actividades.

f) Formato:

Especificación que define la forma en que la información se organiza y se nuestra en un archivo digital o escrito.

g) KPI:

Indicador que mide el desempeño o rendimiento de un proceso.

h) Mantenimiento:

Preservar el equipo con un conjunto de medidas correctivas – preventivas y garantizar su funcionamiento.

i) Monitoreo:

Controlar el desarrollo de un proceso mediante la eficiencia y la eficacia de los logros obtenidos.

j) MTBF:

(Mean Time Between Failures) Indicador que mide el tiempo medio entre fallas de un equipo.

k) MTTR:

(Mean Time to Repair) Indicador que mide el tiempo medio entre reparaciones.

l) Prevención:

Acción anticipativa que evita que un problema suceda o en todo caso disminuir sus efectos.

m) Productividad:

Indicador que mide la eficiencia con la que se utilizan los recursos para producir un bien o servicio.

n) Reportabilidad:

Acción de informar sobre un suceso periódicamente.

o) TMP:

(Mantenimiento Productivo Total) Estrategia que busca asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

p) Utilización:

Indicador de gestión que mide el uso efectivo del equipo.

q) Variable:

Característica, cualidad o propiedad observada que puede adquirir diferentes valores y es susceptible de ser cuantificada o medida.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La implementación de un centro de control podrá dar respuesta inmediata en tiempo real al área de mantenimiento para la intervención y reparación de fallas que presenten los equipos, garantizando la disponibilidad de la flota.

2.4.2. Hipótesis específica

a) Al evaluar los criterios de disponibilidad, utilización, MBTF (tiempo medio entre fallas), se mejorará la productividad mediante un análisis de los indicadores claves de desempeño.

b) Al centralizar los reportes mediante centro de control, permitirá reducir significativamente el MTTR (tiempo medio entre reparaciones) de los equipos de CIA Minera Kolpa, esto mediante el seguimiento de las paradas en tiempo real, ya que se facilitará la atención oportuna y optimizará los tiempos de reparación.

c) Al capacitar constantemente a los operadores se obtendrá una cultura de reportabilidad de incidencias de sus equipos de manera inmediata.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Implementación de centro de control operativo

2.5.2. Variable dependiente

Inspección y seguimiento de control de equipos trackless en Compañía Minera Kolpa S.A. 2024

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 4. *Definición de variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Implementación de centro de control. ***(Variable independiente)***	Implementación de un centro de control donde se reporte en tiempo real las paradas de equipos por fallas mecánicas – eléctricas de parte de los operadores.	Operadores de equipos y personal de mantenimiento.	MTBF MTTR Confiabilidad (%)
Inspección y seguimiento de control de equipos. ***(Variable dependiente)***	Inspección, seguimiento y control donde se busca que el equipo esté disponible y apto para su uso operacional.	Disponibilidad y utilización de equipos trackless.	Variación en los indicadores de disponibilidad (%) y utilización (%).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Investigación de enfoque mixto, debido a que integra procedimiento cualitativos y cuantitativos para abordar de manera integral el problema, presenta características cualitativas ya que el centro de control recopilara información, mediante la observación e interacción con los operadores con la finalidad de identificar las demoras respecto a la reportabilidad de paradas de equipos. Así mismo presenta características cuantitativas ya que se procesará la información para generar indicadores claves de desempeño KPI´S para comparar los resultados antes y después de la implementación de este y con esto evaluar la efectividad de la propuesta.

3.2. Nivel de investigación

El trabajo de investigación tendrá un enfoque explicativo, según Hernández Sampieri (1994) señala que los estudios explicativos están orientados a explicar la causa – efecto de los fenómenos, así como la relación entre variables. El presente estudio busca determinar la influencia de la implementación de un centro de control para la

centralización de la información en tiempo real respecto a las paradas de equipos, así como sus efectos en el tiempo de respuesta.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación aplicado será investigación – acción, según Kurt Lewin (1946) esta metodología es un proceso que comprende las etapas de planificación, acción y evaluación de resultados. Bajo este enfoque el presente estudio busca intervenir el proceso de reportabilidad de paradas mediante la implementación de un centro de control, para posteriormente evaluar los resultados.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación aplicado será el preexperimental (preprueba - postprueba) ya que se realizará una medición inicial de los indicadores de equipos, posteriormente se intervendrá implementado el centro de control orientado a mejorar la reportabilidad en tiempo real, para finalmente generar nuevos indicadores de disponibilidad, utilización y tiempo medio entre reparaciones (MTTR), y así comparar los resultados obtenidos. Según Donald T. Campbell y Julián C. Stanley quienes respaldan lo mencionado en su obra *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research* (1963)

3.5. Población y muestra

La población está determinada por todos los equipos de KOLPA, la muestra de equipos son los siguientes:

3 scoop R-1300G de 4.2 yd3, 2 scoop SFL-35 de 2 yd3, 2 mukis FF, 1 muki LHBP, 1 raptor 44-2r y 1 dumper TH315 de 15 TM, además de los operadores y personal de mantenimiento.

Tabla 5. *Equipos de Kolpa*

EQUIPO	MODELO	CAPACIDAD	CÓDIGO
DUMPER	TH315	15 TM	DU-02
JUMBO	MUKI FF	5 FT	MU-01
	MUKI FF – III		MU-03
	MUKI LHBP		MU-02
	RAPTOR 44-2R		RP-03
SCOOP	R-1300G	4.2 YD3	SC-01
			SC-02
			SC-03
	SFL-35	2.2 YD3	SC-04
			SC-05

3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos

3.6.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- Recopilación de información por radio
- Información del área de mantenimiento
- Bitácora de centro de control

3.6.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- Radio Motorola DEP-450
- Anexo de teléfono
- Laptop
- Libreta de campo y lapicero
- Formatos de reporte de equipos
- Reloj digital

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La evaluación de los indicadores de equipos nos permitirá establecer la adecuación de los recursos para la implementación de centro de control.

Esto enfocado en la norma ASARCO (American Smelting & Refinering Co.) estándar utilizado en minería.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el siguiente trabajo se recolectará los TPM (mantenimiento productivo total) mediante el formato de reporte diario, dicha información se registrará en una base de datos en Excel para posteriormente generar los KPI (indicador clave de rendimiento) de disponibilidad, utilización, MTBF (tiempo medio entre fallas), MTTR (tiempo medio entre reparaciones) y confiabilidad; mostrados en un dashboard generado en el power bi.

A la par se tomará las paradas de equipos en tiempo real por parte de los operadores como las intervenciones del personal mecánico de mantenimiento, se evaluará la hora de inicio de parada por falla mecánica – eléctrica, la hora de reporte a centro de control y la hora de levantamiento por parte del personal de mantenimiento, dichos datos se procesarán en la bitácora de centro de control emitiendo un informe diario al área de operaciones.

En este sentido se busca dar respuesta inmediata a la atención de los equipos por paradas reportadas a centro de control mejorando la disponibilidad garantizando la operatividad para la operación.

3.9. Tratamiento estadístico

Para el análisis de los datos presentados se utiliza la estadística descriptiva, ya que analizaremos una serie de datos con el fin de concluir sobre el comportamiento de las variables, en este caso sería:

- La reportabilidad de paradas de equipos a un centro de control (como variable cualitativa).
- La variación de los indicadores de equipos (como variable cuantitativa).

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

El siguiente trabajo de investigación tiene como finalidad dar respuesta al problema planteado, sin embargo, en el proceso se debe resaltar los principios y valores éticos:

- Honestidad, para usar los recursos recibidos de manera racional.
- Objetividad, en las conclusiones obtenidas del estudio.
- Perseverancia, en el logro de objetivos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El presente trabajo de investigación busca analizar los indicadores de los equipos para optimizar los tiempos de reparación y disponibilidad en base a la reportabilidad a centro de control.

Se van a presentar los indicadores de equipos previo a la reportabilidad a centro de control y posteriormente se van a comparar para demostrar la hipótesis planteada.

Como primer paso de acuerdo con nuestro diseño de investigación preexperimental se va a realizar los cálculos previos de los indicadores de equipos *(detallado desde la tabla 6 a la tabla 13)* donde se va a recolectar información para la generación de KPI´S.

Ahora se procede a detallar la implementación del centro de control: La primera semana de junio del 2024 de hace la solicitud de materiales y equipos que se necesitaran para la prueba piloto, consta de una radio portátil, una computadora y un anexo de teléfono, la segunda semana se procede a implementar el personal de centro de control, uno por guardia para que se cubra las 24 horas del día que implica la

operación, la tercera semana es de capacitación al personal que asumirá la responsabilidad del centro de control, también implica un recorrido en mina para que puedan reconocer los principales puntos de comunicación que emplearan los operadores para el reporte, en la cuarta y semana se realiza la campaña de capacitación y sensibilización para el personal de operaciones, dirigido a los operadores, supervisores y personal de mantenimiento, se cuenta con material digital y físico tales como ppts y manuales, se explica la importancia de la reportabilidad a centro de control respecto a las paradas de sus equipos y se hace firmar una acta de capacitación que servirá como registro para posteriormente retroalimentar a medida que se identifique falencias.

Ya iniciada los preparativos, la quinta semana se pone en marcha el centro de control recolectando todos los reportes por radio por parte de la operación respecto a las paradas de sus equipos y comunicando de inmediato al área de mantenimiento para que den por solucionada dicha observación y el equipo pueda continuar sus actividades, todo esto se registra en una bitácora implementada *(tabla 18),* para la octava semana se generan los indicadores claves de desempeño KPI´S *(detallado desde la tabla 19 a la tabla 26)* este proceso es realizado todo el mes de agosto y setiembre para que las 2 últimas semana de setiembre se comparen los resultados antes y después de la puesta en marcha del centro de control *(detallado en los gráficos del 20 al 23).*

Finalmente se realiza la prueba de hipótesis y el análisis de resultados que se detallan el punto 4.4 (Pag.63).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de los resultados

4.2.1. Cálculos previos al análisis de los indicadores de equipos

Se van a tomar en cuenta todos los indicadores en el periodo de enero a junio del 2024, generados por el área de productividad en base a la información recolectada

por el área de mantenimiento mina y de operación en base a los reportes de los operadores en su formato TMP (Mantenimiento productivo total).

Disponibilidad y utilización de equipos trackless

Tabla 6. *Disponibilidad de equipos de carguío y acarreo, periodo de enero a junio del 2024*

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO											
EMPRESA	**TIPO DE EQUIPO**	**CAPACIDAD**	**CÓD. EQUIPO**	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**% DISP. 1ER SEMETRE**	**OBJETIVO**
KOLPA	DUMPER	*15 TM*	**DUK-01**	84%	91%	75%	82%	71%	84%	81%	85%
	SCOOPTRAM	*4.2 YD3*	**SCK-01**	85%	42%	88%	78%	80%	19%	65%	85%
			SCK-02	0%	85%	81%	80%	88%	84%	70%	85%
			SCK-03	80%	85%	76%	41%	64%	85%	72%	85%
		2.2 YD3	**SCK-04**	69%	28%	47%	80%	85%	72%	64%	85%
			SCK-05	76%	85%	82%	60%	70%	59%	72%	85%
								PROMEDIO		**71%**	**85%**

Tabla 7. *Utilización de equipos de carguío y acarreo, periodo de enero a junio del 2024*

UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO											
EMPRESA	**TIPO DE EQUIPO**	**CAPACIDAD**	**CÓD. EQUIPO**	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**% UTIL. 1ER SEMETRE**	**OBJETIVO**
KOLPA	DUMPER	*15 TM*	**DUK-01**	53%	55%	52%	64%	62%	64%	58%	65%
	SCOOPTRAM	*4.2 YD3*	**SCK-01**	71%	78%	75%	77%	74%	78%	76%	65%
			SCK-02	0%	76%	75%	68%	72%	77%	61%	65%
			SCK-03	75%	76%	76%	74%	74%	79%	76%	65%
		2.2 YD3	**SCK-04**	74%	69%	73%	72%	75%	78%	74%	65%
			SCK-05	71%	60%	72%	76%	73%	72%	71%	65%
								PROMEDIO		**69%**	**65%**

Tabla 8. *Disponibilidad de equipos de perforación, periodo de enero a junio del 2024*

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN											
EMPRESA	**TIPO DE EQUIPO**	**MODELO**	**CÓD. EQUIPO**	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**% DISP. 1ER SEMETRE**	**OBJETIVO**
KOLPA	JUMBO	*MUKI*	**JUK-01**	87%	69%	78%	66%	12%	43%	59%	85%
			JUK-03	77%	77%	74%	76%	80%	80%	77%	85%
		TALADROS LARGOS	**JUK-02**	62%	82%	74%	80%	81%	77%	76%	85%
			RPK-03	77%	88%	80%	84%	70%	87%	81%	85%
								PROMEDIO		**73%**	**85%**

Tabla 9. *Utilización de equipos de perforación, periodo de enero a junio del 2024*

UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN											
EMPRESA	**TIPO DE EQUIPO**	**MODELO**	**CÓD. EQUIPO**	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**% UTIL. 1ER SEMETRE**	**OBJETIVO**
KOLPA	JUMBO	*MUKI*	**JUK-01**	45%	58%	52%	58%	60%	54%	55%	45%
			JUK-03	47%	53%	53%	55%	56%	53%	53%	45%
		TALADROS LARGOS	**JUK-02**	44%	34%	46%	34%	48%	49%	43%	45%
			RPK-03	38%	37%	39%	37%	42%	41%	39%	45%
								PROMEDIO		**47%**	**45%**

En las tablas 6, 7, 8 y 9 se detallan los indicadores de disponibilidad y utilización de los equipos de Kolpa en el 1er semestre, los objetivos de disponibilidad y utilización están dados por el área de operaciones mina. Se nota que, en el primer semestre ningún equipo llega a la disponibilidad objetivo que es el 85%.

MTTF, MTTR y Confiabilidad de equipos trackless

Tabla 10. *MTBF de equipos de carguío y acarreo, periodo de enero a junio del 2024*

MTBF DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO											
EMPRESA	**TIPO DE EQUIPO**	**CAPACIDAD**	**CÓD. EQUIPO**	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**MTBF. 1ER SEMETRE**	**OBJETIVO**
KOLPA	DUMPER	*15 TM*	**DUK-01**	33.3	49.0	31.9	22.0	21.3	22.3	29.9	25.0
	SCOOPTRAM	*4.2 YD3*	**SCK-01**	20.7	9.8	15.9	11.5	11.6	8.6	13.0	25.0
			SCK-02	0.0	14.5	11.2	10.1	25.2	14.1	12.5	25.0
			SCK-03	7.9	12.2	13.3	10.6	21.3	23.0	14.7	25.0
		2.2 YD3	**SCK-04**	8.1	3.7	7.8	11.3	11.7	8.9	8.6	25.0
			SCK-05	13.1	11.4	16.9	7.2	12.8	9.7	11.8	25.0
								PROMEDIO		**15.1**	**25.0**

Tabla 11. *MTTR de equipos de carguío y acarreo, periodo de enero a junio del 2024*

MTTR DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO											
EMPRESA	**TIPO DE EQUIPO**	**CAPACIDAD**	**CÓD. EQUIPO**	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**MTTR. 1ER SEMETRE**	**OBJETIVO**
KOLPA	DUMPER	*15 TM*	**DUK-01**	5.9	1.4	15.7	4.4	11.4	3.4	7.0	4.0
	SCOOPTRAM	*4.2 YD3*	**SCK-01**	3.0	12.5	1.0	2.1	2.8	44.9	11.0	4.0
			SCK-02	126.0	1.3	2.2	2.1	2.2	2.0	22.6	4.0
			SCK-03	1.7	1.2	3.7	19.9	14.3	2.6	7.2	4.0
		2.2 YD3	**SCK-04**	3.8	13.2	10.9	2.8	1.4	4.0	6.0	4.0
			SCK-05	3.9	2.1	3.0	5.7	6.2	8.5	4.9	4.0
								PROMEDIO		**9.8**	**4.0**

Tabla 12. *MTBF de equipos perforación, periodo de enero a junio del 2024*

MTBF DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN											
EMPRESA	**TIPO DE EQUIPO**	**MODELO**	**CÓD. EQUIPO**	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**MTBF. 1ER SEMETRE**	**OBJETIVO**
KOLPA	JUMBO	*MUKI*	**JUK-01**	6.6	5.4	7.0	4.8	2.4	5.7	5.3	25.0
			JUK-03	5.6	9.2	10.8	6.5	8.3	8.2	8.1	25.0
		TALADROS LARGOS	**JUK-02**	5.3	7.1	5.8	7.0	9.8	5.8	6.8	25.0
			RPK-03	7.4	7.7	6.6	6.8	7.0	12.9	8.1	25.0
								PROMEDIO		**7.1**	**25.0**

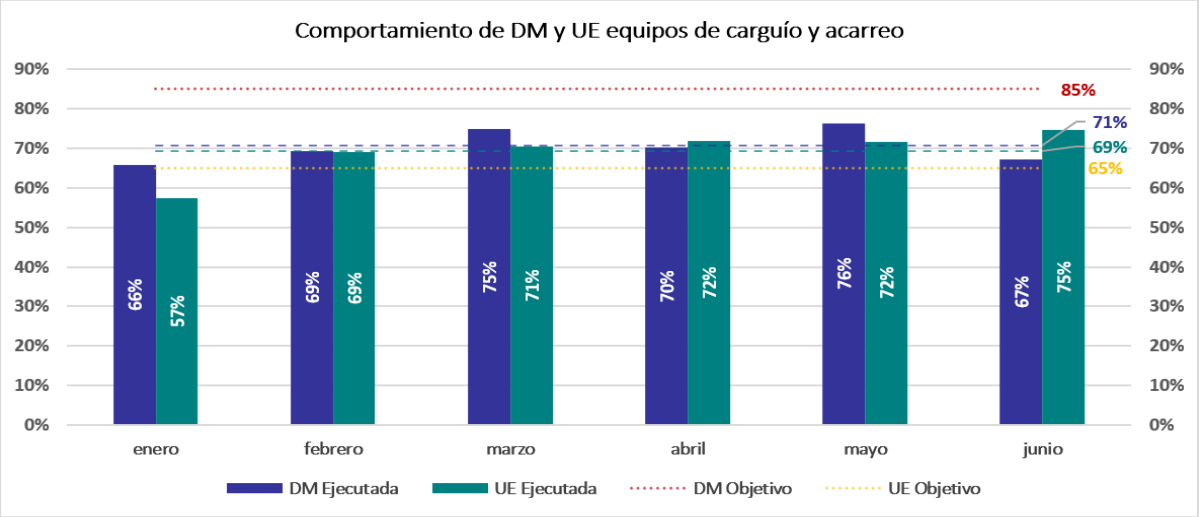
Tabla 13. *MTTR de equipos perforación, periodo de enero a junio del 2024*

MTTR DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN											
EMPRESA	**TIPO DE EQUIPO**	**MODELO**	**CÓD. EQUIPO**	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**MTTR. 1ER SEMETRE**	**OBJETIVO**
KOLPA	JUMBO	*MUKI*	**JUK-01**	1.5	2.2	1.8	4.0	30.7	13.7	9.0	4.0
			JUK-03	1.8	2.3	5.3	3.3	3.0	2.2	3.0	4.0
		TALADROS LARGOS	**JUK-02**	4.3	2.3	2.8	2.6	3.4	2.5	3.0	4.0
			RPK-03	3.1	1.8	3.4	2.6	3.9	3.3	3.0	4.0
								PROMEDIO		**4.5**	**4.0**

En las tablas 10, 11, 12 y 13 se detallan los indicadores de MTBF y MTTR de los equipos de Kolpa en el 1er semestre, los objetivos de MTBF y MTTR están dados por el área de mantenimiento mina. Se nota que, en el primer semestre, los equipos no llegan al objetivo propuesto.

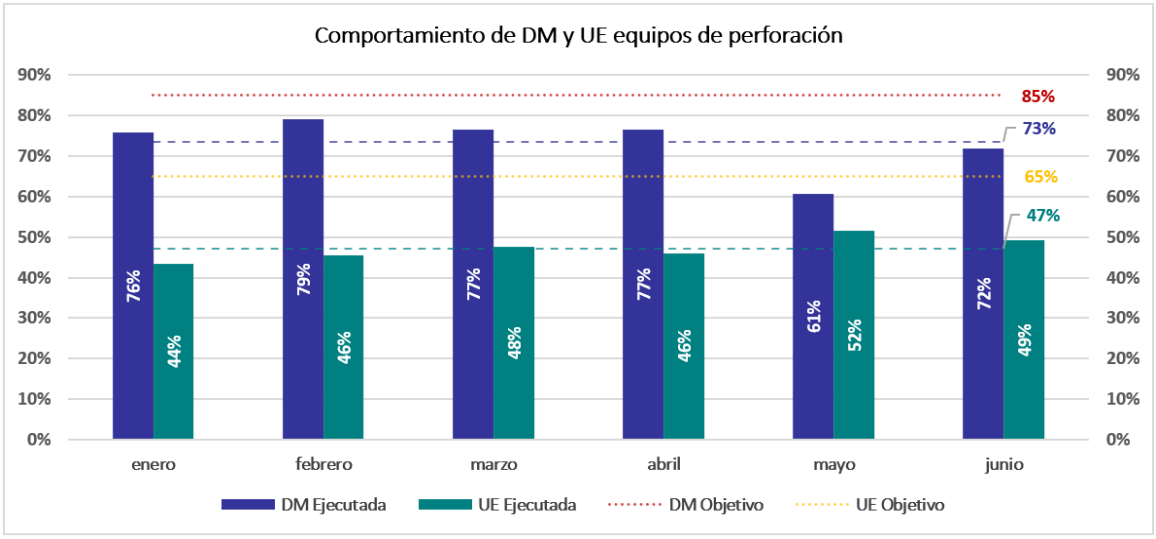
Tendencia de equipos trackless del primer semestre

Figura 8. *Tendencia de DM y UE equipos de carguío y acarreo*



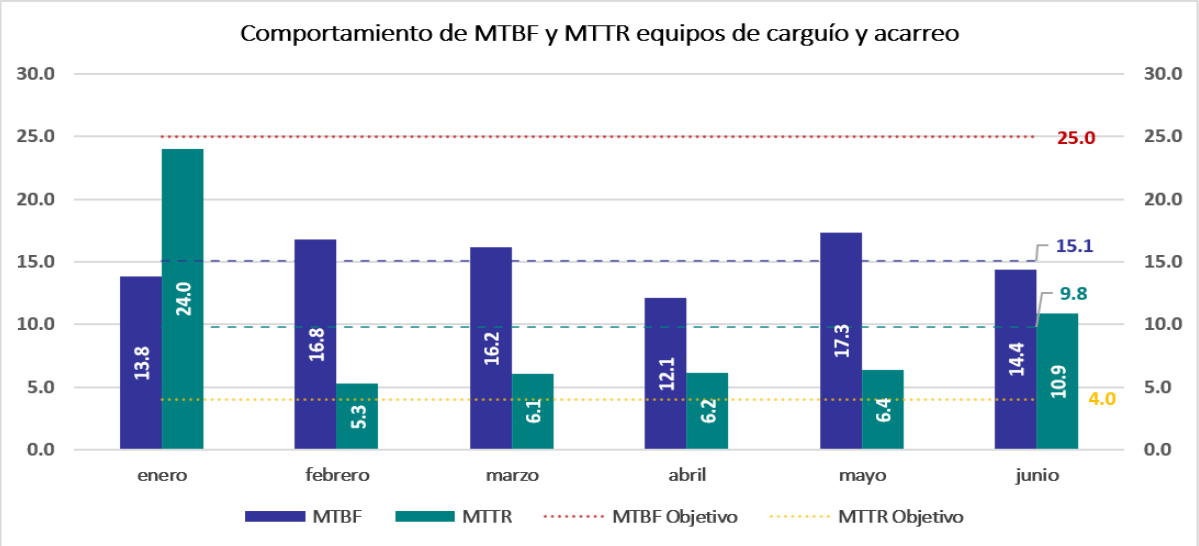
Respecto a los equipos de carguío y acarreo, en el primer semestre la disponibilidad promedio como flota de los equipos en estudio es de 71% (línea promedio-azul) lo que está muy por debajo de la disponibilidad objetivo 85% (línea objetivo-roja).

Figura 9. *Tendencia de DM y UE equipos de perforación*



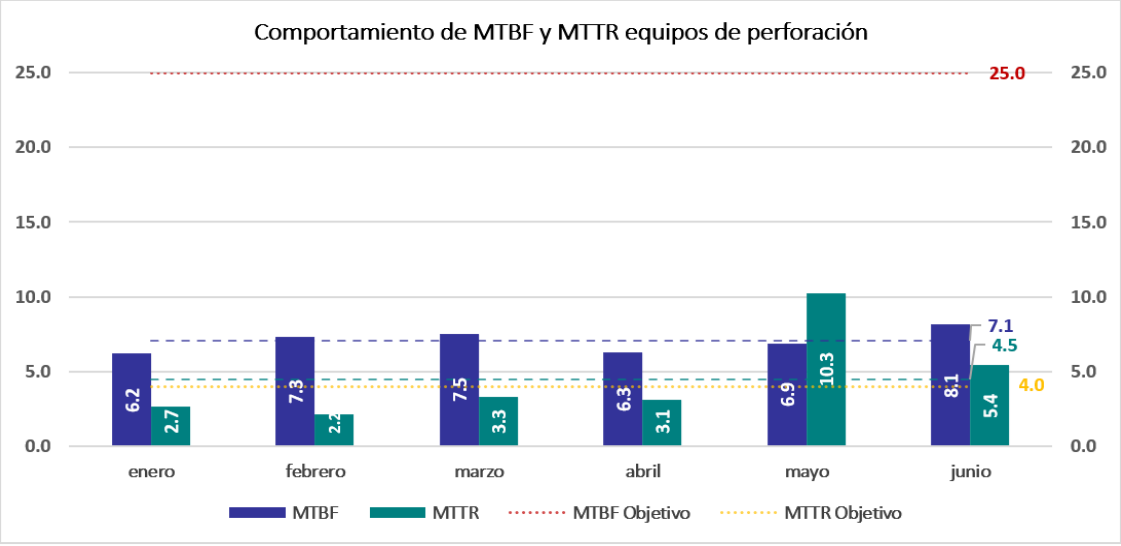
Respecto a los equipos perforación, en el primer semestre la disponibilidad promedio como flota de los equipos en estudio es de 73% (línea promedio-azul) lo que está muy por debajo de la disponibilidad objetivo 85% (línea objetivo-roja).

Figura 10. *Tendencia de MTBF y MTTR de equipos de carguío y acarreo*



En el primer semestre el MTBF promedio como flota de los equipos en estudio es de 15.1 (línea promedio-azul) lo que está por debajo del MTBF objetivo de 25 (línea objetivo- roja); y el MTTR promedio como flota de los equipos en estudio es de 9.8 (línea promedio-verde) lo que está por encima del MTTR objetivo de 4 (línea promedio-amarilla).

Figura 11. *Tendencia de MTBF y MTTR de equipos de perforación*



En el primer semestre el MTBF promedio como flota de los equipos en estudio es de 7.1 (línea promedio-azul) lo que está por debajo del MTBF objetivo de 25 (línea objetivo- roja); y el MTTR promedio como flota de los equipos en estudio es de 4.5

(línea promedio-verde) lo que está por encima del MTTR objetivo de 4 (línea promedio-amarilla).

Análisis de los indicadores de mantenimiento por equipos

De acuerdo con la distribución de tiempos según la norma ASARCO *(Figura 7)* las demoras no operativas se clasifican en mantenimientos correctivos y mantenimientos programados, a continuación, se detallan la distribución de paradas de los equipos en los 6 primeros meses.

Figura 12. *Clasificación de demoras no operativas equipos scoop*

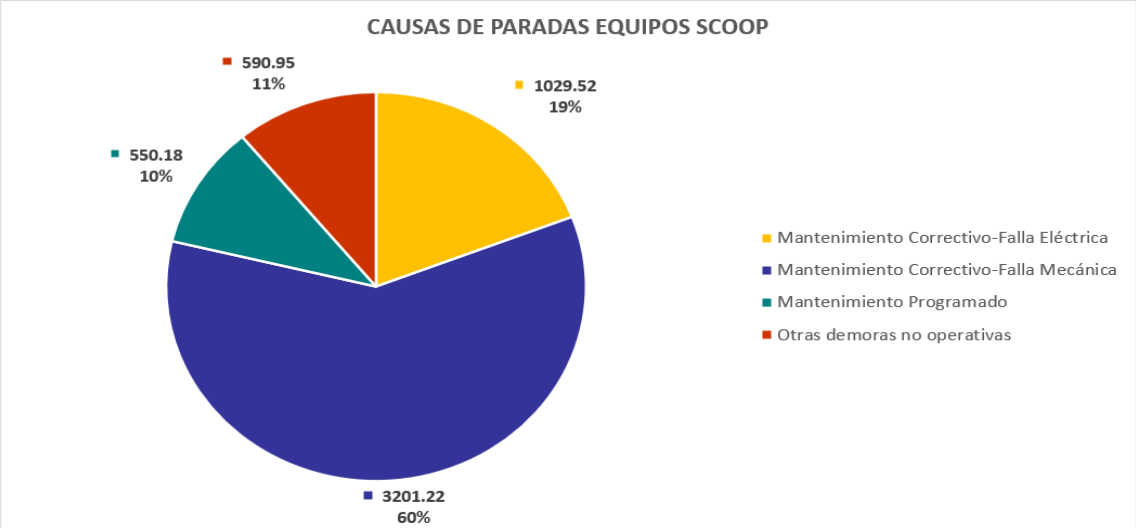


Figura 13. *Clasificación de demoras no operativas equipos dumper*

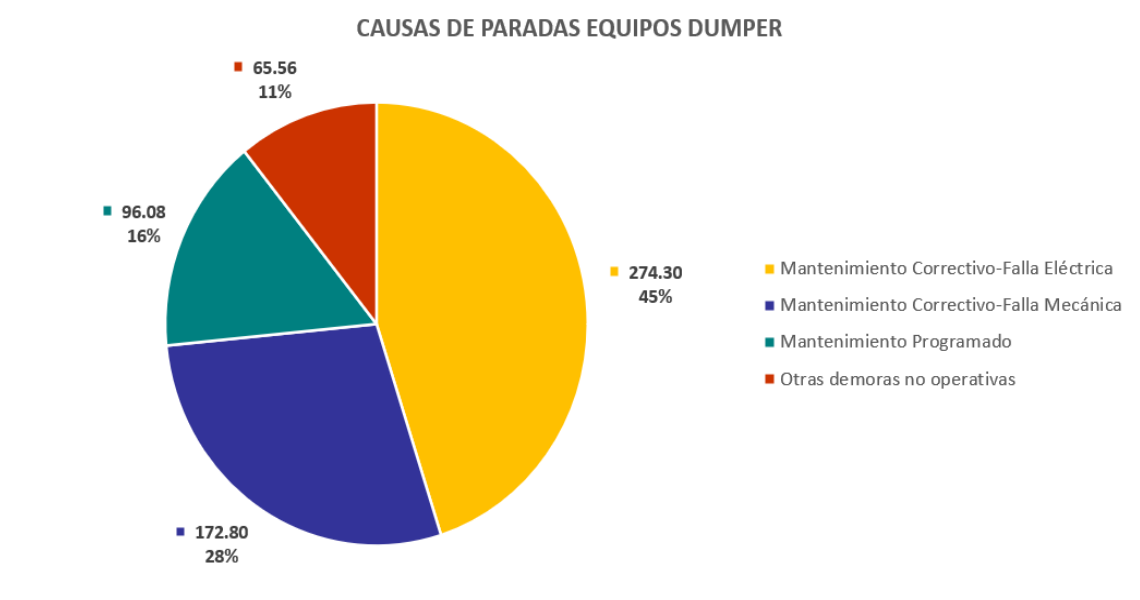
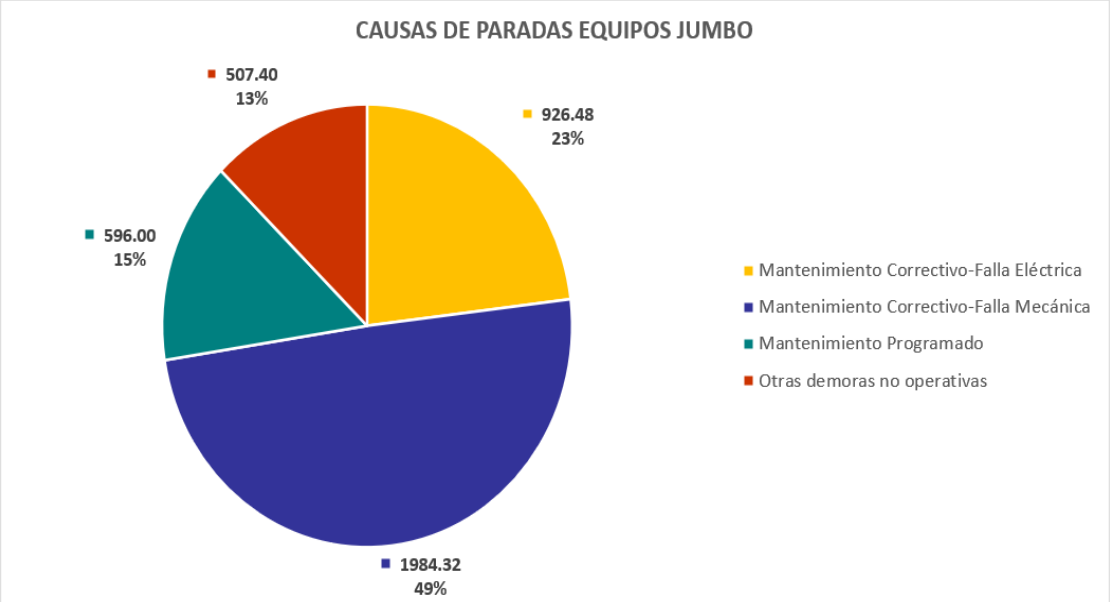


Figura 14. *Clasificación de demoras no operativas equipos jumbo*



De acuerdo con la clasificación de las demoras no operativas en los equipos, los mantenimientos correctivos por fallas mecánica-eléctrica representan más del 70% del total de paradas lo que afecta de manera directa la disponibilidad, sin embargo un 10% representan otras demoras no operativas que no corresponden a ningún tipo de mantenimiento, ya que estas horas son las demoras en la reportabilidad, es decir el tiempo en el que el operador o supervisor tarda en comunicar a los mecánicos la falla del equipo, así como también la demora en la atención y levantamiento del mismo.

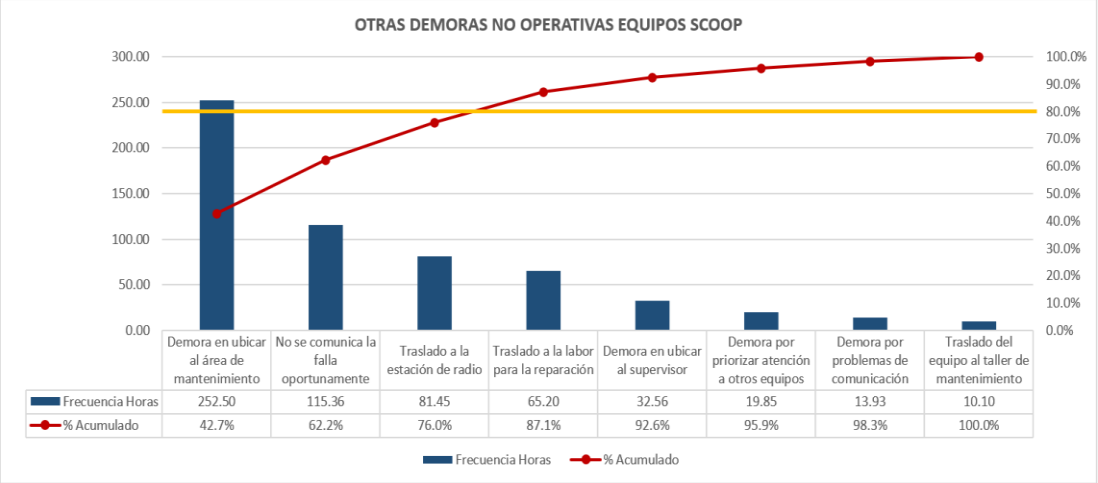
Análisis de otras demoras no operativas de equipos mediante Pareto

Dentro de las otras demoras no operativas se puede observar principalmente problemas en la comunicación, tanto por el área operativa y el área de mantenimiento, a continuación, se detalla un análisis por el diagrama de Pareto de los equipos en estudio por flota en el primer semestre, con esto se identificará cuáles son las demoras más importantes fuera de las fallas mecánico-eléctrico que puedan tener los equipos.

Tabla 14. *Análisis otras demoras no operativos equipos scoop*

Otras demoras no operativas	Frecuencia Horas	% Frecuencia	% Acumulado
Demora en ubicar al área de mantenimiento	252.50	42.7%	42.7%
No se comunica la falla oportunamente	115.36	19.5%	62.2%
Traslado a la estación de radio	81.45	13.8%	76.0%
Traslado a la labor para la reparación	65.20	11.0%	87.1%
Demora en ubicar al supervisor	32.56	5.5%	92.6%
Demora por priorizar atención a otros equipos	19.85	3.4%	95.9%
Demora por problemas de comunicación	13.93	2.4%	98.3%
Traslado del equipo al taller de mantenimiento	10.10	1.7%	100.0%
Total general	**590.95**	**100%**	

Figura 15. *Pareto otras demoras no operativas equipos scoop*



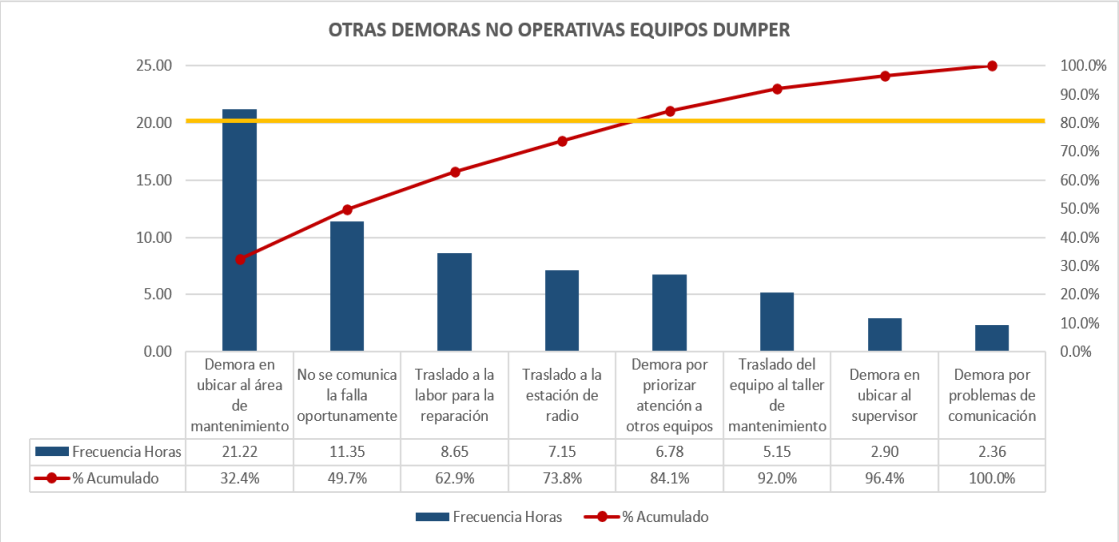
En la flota de equipos scoop las principales demoras no operativas comprenden el ubicar al área de mantenimiento además de no comunicar el problema de manera oportuna lo que representa un 42.7% y 19.5% respectivamente del total, seguidamente de la demora en el traslado a la estación de radio con un 13.8%.

Se aprecia que durante el primer semestre en la flota de equipos scoop de Kolpa estos tiempos de demoras no operativas se deben principalmente a problemas de comunicación entre el área operativa y el área de mantenimiento, lo que afecta directamente a la disponibilidad de los equipos scoop.

Tabla 15. *Análisis otras demoras no operativos equipos dumper*

Otras demoras no operativas	Frecuencia Horas	% Frecuencia	% Acumulado
Demora en ubicar al área de mantenimiento	21.22	32.4%	32.4%
No se comunica la falla oportunamente	11.35	17.3%	49.7%
Traslado a la labor para la reparación	8.65	13.2%	62.9%
Traslado a la estación de radio	7.15	10.9%	73.8%
Demora por priorizar atención a otros equipos	6.78	10.3%	84.1%
Traslado del equipo al taller de mantenimiento	5.15	7.9%	92.0%
Demora en ubicar al supervisor	2.90	4.4%	96.4%
Demora por problemas de comunicación	2.36	3.6%	100.0%
Total general	**65.56**	**100%**	

Tabla 16. *Pareto otras demoras no operativas equipos dumper*



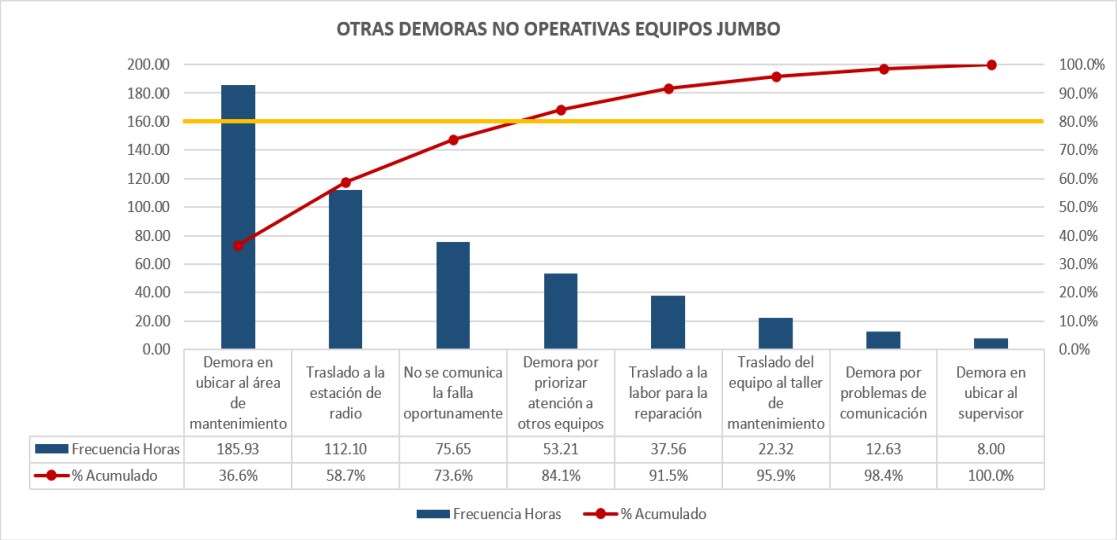
Respecto al equipo dumper en estudio las principales demoras no operativas comprenden el ubicar al área de mantenimiento además de no comunicar el problema de manera oportuna lo que representa un 32.4% y 17.3% respectivamente del total, seguidamente de la demora en el traslado a la labor para la reparación con un 13.2%.

Las principales demoras no operativas se deben al tiempo tardío de comunicación que existe para reportar un problema del equipo.

Tabla 17. *Análisis otras demoras no operativos equipos jumbo*

Otras demoras no operativas	Frecuencia Horas	% Frecuencia	% Acumulado
Demora en ubicar al área de mantenimiento	185.93	36.6%	36.6%
Traslado a la estación de radio	112.10	22.1%	58.7%
No se comunica la falla oportunamente	75.65	14.9%	73.6%
Demora por priorizar atención a otros equipos	53.21	10.5%	84.1%
Traslado a la labor para la reparación	37.56	7.4%	91.5%
Traslado del equipo al taller de mantenimiento	22.32	4.4%	95.9%
Demora por problemas de comunicación	12.63	2.5%	98.4%
Demora en ubicar al supervisor	8.00	1.6%	100.0%
Total general	**507.40**	**100%**	

Tabla 18. *Pareto otras demoras no operativas equipos jumbo*



En la flota de equipos jumbo las principales demoras no operativas comprenden el ubicar al área de mantenimiento además del traslado a la estación de radio lo que representa un 36.6% y 22.1% respectivamente del total, seguidamente de no comunicar la falla de manera adecuada con un 14.9%.

Al igual que los equipos de carguío y acarreo se ve una deficiencia en la comunicación, ya que la demora en comunicarse con el área de mantenimiento para comunicar la falla del equipo prevalece, afectando a la operación.

4.2.2. Implementación de centro de control

Para hacer la comparación de resultados se tiene un periodo de prueba de 3 meses donde centro de control centralizará la información de todas las paradas de equipos de Kolpa.

Tabla 19. *Diagrama de Gamp implementación de centro de control*

ÁREA	PRODUCTIVIDAD
PROYECTO	IMPLEMENTACIÓN DE CENTRO DE CONTROL

ACTIVIDADES	2024 - MESES	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SETIEMBRE			
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
IMPLEMENTACION DE CENTRO DE CONTROL OPERATIVO																	
1. Solicitud de materiales y equipos para centro de control																	
2. Convocatoria de personal para operadores de centro de control																	
3. Capacitación, entrenamiento y recorrido en mina																	
4. Capacitación a operadores de mina																	
5. Capacitación a personal técnico de mantenimiento																	
PUESTA EN MARCHA DE CENTRO DE CONTROL OPERATIVO																	
6. Recolección de datos a centro de control																	
7. Generación de KPI´S																	
8. Comparación de indicadores																	
9. Analisis de resultados																	

Se deberá reportar a centro de control mediante la radio canal 1 y/o anexo 2221, a continuación, los principales controles operativos que debe tomar en cuenta cada área:

Los operadores:

- Deberán reportar la salida de su equipo al inicio de guardia (7:15 am/pm – 8:30 am/pm) posterior a ello se debe indicar el motivo de la demora.
- Se debe reportar toda inoperatividad del equipo considerando: la hora de parada, hora de reporte, lugar, motivo falla además de identificar al equipo y su persona.
- Al finalizar la guardia se debe indicar el estado final del equipo y lugar.
- Se continua con la elaboración del reporte de operación del equipo al finalizar la guardia, dicho reporte se entrega en la oficina de productividad con la firma de aprobación del jefe de guardia.

Centro de control:

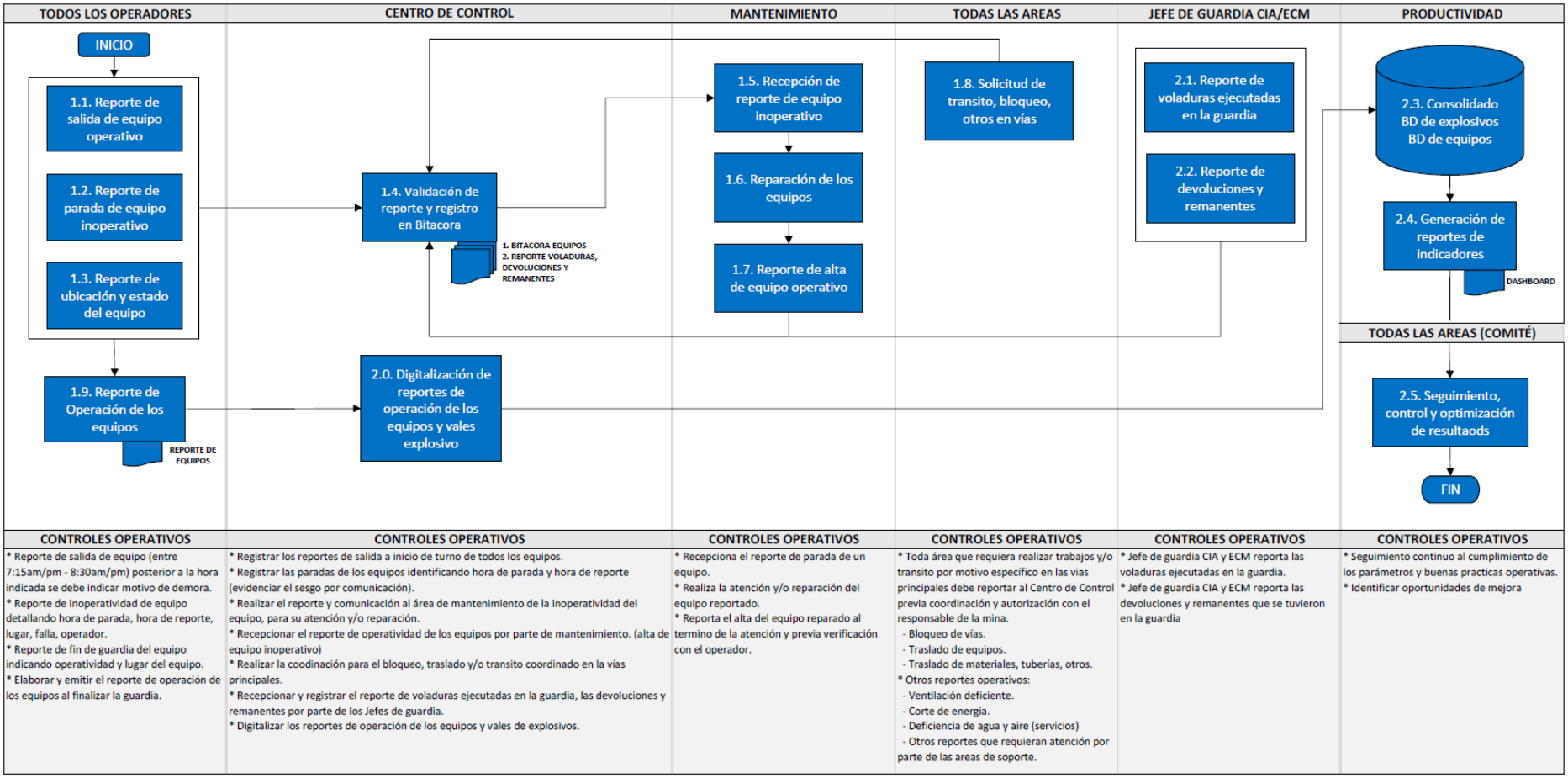
- Registrar los reportes de salida a inicio de turno de los equipos de Kolpa.
- Registrar las paradas de los equipos identificando hora de parada y hora de reporte (evidenciar el sesgo por comunicación).
- Realizar el reporte y comunicación al área de mantenimiento de la inoperatividad del equipo, para su atención y/o reparación.
- Recepcionar el reporte de operatividad de los equipos por parte de mantenimiento. (alta de equipo inoperativo).
- Digitalizar los reportes de operación de los equipos en una base de datos.

Mantenimiento:

- Debe recepcionar el mensaje de inoperatividad del equipo con todos los detalles dados.
- Debe realizar la atención y/o reparación del equipo reportado.

- Debe reportar el alta del equipo reparado al término de la atención.

Tabla 20. *Flujograma operativo de centro de control*



CONTROLES OPERATIVOS	CONTROLES OPERATIVOS	CONTROLES OPERATIVOS	CONTROLES OPERATIVOS	CONTROLES OPERATIVOS	CONTROLES OPERATIVOS
* Reporte de salida de equipo (entre 7:15am/pm - 8:30am/pm) posterior a la hora indicada se debe indicar motivo de demora. * Reporte de inoperatividad de equipo detallando hora de parada, hora de reporte, lugar, falla, operador. * Reporte de fin de guardia del equipo indicando operatividad y lugar del equipo. * Elaborar y emitir el reporte de operación de los equipos al finalizar la guardia.	* Registrar los reportes de salida a inicio de turno de todos los equipos. * Registrar las paradas de los equipos identificando hora de parada y hora de reporte (evidenciar el sesgo por comunicación). * Realizar el reporte y comunicación al área de mantenimiento de la inoperatividad del equipo, para su atención y/o reparación. * Recepcionar el reporte de operatividad de los equipos por parte de mantenimiento. (alta de equipo inoperativo) * Realizar la coodinación para el bloqueo, traslado y/o transito coordinado en la vías principales. * Recepcionar y registrar el reporte de voladuras ejecutadas en la guardia, las devoluciones y remanentes por parte de los Jefes de guardia. * Digitalizar los reportes de operación de los equipos y vales de explosivos.	* Recepciona el reporte de parada de un equipo. * Realiza la atención y/o reparación del equipo reportado. * Reporta el alta del equipo reparado al termino de la atención y previa verificación con el operador.	* Toda área que requiera realizar trabajos y/o transito por motivo especifico en las vias principales debe reportar al Centro de Control previa coordinación y autorización con el responsable de la mina. - Bloqueo de vías. - Traslado de equipos. - Traslado de materiales, tuberías, otros. * Otros reportes operativos: - Ventilación deficiente. - Corte de energia. - Deficiencia de agua y aire (servicios) - Otros reportes que requieran atención por parte de las areas de soporte.	* Jefe de guardia CIA y ECM reporta las voladuras ejecutadas en la guardia. * Jefe de guardia CIA y ECM reporta las devoluciones y remanentes que se tuvieron en la guardia	* Seguimiento continuo al cumplimiento de los parámetros y buenas practicas operativas. * Identificar oportunidades de mejora

(Durante los 3 primeros meses solo se debe hacer énfasis a la inspección, seguimiento y control de equipos de Kolpa, posteriormente se enfocará a otros controles operativos).

Tabla 21. *Bitácora de centro de control*

FECHA	EMPRESA	TURNO	EQUIPO	CÓD. EQUIPO	ESTADO EQUIPO INICIO DE GUARDIA	UBICACIÓN EQUIPO INICIO DE GUARDIA	ESTADO EQUIPO FIN DE GUARDIA	UBICACIÓN EQUIPO FIN DE GUARDIA	HORA DE REPORTE	1. INICIO PARADA	1. FIN PARADA	1. TOTAL HORAS PARADA	DETALLE PARADA	DEMORA EN EL REPORTE
01-07-24	KOLPA	DIA	DUMPER	DUK-01	OPERATIVO	TALLER 030	OPERATIVO	TALLER 030						
01-07-24	KOLPA	DIA	SCOOP	SCK-01	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	11.20	11.15	14.50	3.58	Inop. Por pin del aguilón de lampon	0.05
01-07-24	KOLPA	DIA	SCOOP	SCK-02	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	13.18	13.15	14.05	0.83	Inop. Por cortocircuito en el cableado	0.03
01-07-24	KOLPA	DIA	SCOOP	SCK-03	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	INOPERATIVO	TALLER SUPERFICIE	15.10	15.00	18.00	3.00	Inop. Por motor diésel	0.10
01-07-24	KOLPA	DIA	SCOOP	SCK-04	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	13.36	13.30	14.30	1.00	Inop. Por control remoto	0.06
01-07-24	KOLPA	DIA	SCOOP	SCK-05	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	10.10	10.00	12.30	2.50	Inop. Por sistema de arranque	0.10
01-07-24	KOLPA	DIA	JUMBO	JUK-01	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY						
01-07-24	KOLPA	DIA	JUMBO	JUK-02	OPERATIVO	TJ327	OPERATIVO	TJ327	11.30	11.00	14.30	3.50	Inop. Por sistema eléctrico no arranca	0.30
01-07-24	KOLPA	DIA	JUMBO	JUK-03	OPERATIVO	CX710-4	OPERATIVO	RP710	9.15	9.02	12.40	3.63	Inop. Por sistema de arranque diesel	0.13
01-07-24	KOLPA	DIA	JUMBO	RPK-03	OPERATIVO	TJ951-5	OPERATIVO	TJ951-5						
01-07-24	KOLPA	NOCHE	DUMPER	DUK-01	OPERATIVO	TALLER 030	OPERATIVO	TALLER 030						
01-07-24	KOLPA	NOCHE	SCOOP	SCK-01	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY						
01-07-24	KOLPA	NOCHE	SCOOP	SCK-02	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	2.10	2.05	3.30	1.42	Inop por fuga de aceite	0.05
01-07-24	KOLPA	NOCHE	SCOOP	SCK-03	INOPERATIVO	TALLER SUPERFICIE	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	18.00	18.00	22.00	4.00	Inop. Por motor diésel	0.00
01-07-24	KOLPA	NOCHE	SCOOP	SCK-04	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY						
01-07-24	KOLPA	NOCHE	SCOOP	SCK-05	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY						
01-07-24	KOLPA	NOCHE	JUMBO	JUK-01	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY						
01-07-24	KOLPA	NOCHE	JUMBO	JUK-02	OPERATIVO	TJ327	INOPERATIVO	TJ327	3.20	3.00	5.00	2.00	Inop. Por rotura de manguera	0.20
01-07-24	KOLPA	NOCHE	JUMBO	JUK-03	OPERATIVO	RP710	OPERATIVO	CX350	23.30	23.10	24.00	0.83	Inop. Por fuga de agua por conector de perforadora	0.20
01-07-24	KOLPA	NOCHE	JUMBO	RPK-03	OPERATIVO	TJ951-5	OPERATIVO	TJ710						

Se implementa la bitácora de cetro de control, donde se registra en tiempo real todas las paradas de los equipos de Kolpa, el operador reporta la salida de su equipo a inicio de guardia, si hubiera una falla se reporta la hora de parada del equipo y la hora en la que se está reportando, también se reporta el detalle de parada y en que labor se encuentra, inmediatamente centro de control se comunica con mantenimiento para transmitir el reporte de inoperatividad del equipo y se hace seguimiento hasta que el mecánico comunique la operatividad de este, finalmente se registra el estado final del equipo y donde se está dejando.

Figura 16. *Reporte de paradas de equipos Kolpa*

REPORTE DE PARADAS DE EQUIPOS - KOLPA

FECHA:	1/07/2024	HORARIO	6:00 AM - 6:00 PM	TURNO	DIA	SEMANA:	

DETALLE DE OPERATIVIDAD DE EQUIPOS

COD. EQUIPO	PROPIETARIO DE EQUIPO	TIPO DE EQUIPO	TURNO	ESTADO INICIO DE GUARDIA	CANTIDAD DE PARADAS	DETALLE DE PARADA	INICIO PARADA (AM/PM)	FIN PARADA (AM/PM)	TOTAL HORAS PARADA	ESTADO A FINAL	UBICACIÓN A FIN DE GUARDIA
JUK-01	KOLPA	JUMBO	DIA	OPERATIVO	0					OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY
JUK-02	KOLPA	JUMBO	DIA	OPERATIVO	1	Inop. Por sistema eléctrico no arranca	11.00	14.30	3.50	OPERATIVO	TJ327
JUK-03	KOLPA	JUMBO	DIA	OPERATIVO	1	Inop. Por sistema de arranque diesel	9.02	12.40	3.63	OPERATIVO	RP710
RPK-03	KOLPA	JUMBO	DIA	OPERATIVO	0					OPERATIVO	TJ951-5
DUK-01	KOLPA	DUMPER	DIA	OPERATIVO	0					OPERATIVO	TALLER 030
SCK-01	KOLPA	SCOOPTRAM	DIA	OPERATIVO	1	Inop. Por pin del aguilón de lampon	11.15	14.50	3.58	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY
SCK-02	KOLPA	SCOOPTRAM	DIA	OPERATIVO	1	Inop. Por cortocircuito en el cableado	13.15	14.05	0.83	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY
SCK-03	KOLPA	SCOOPTRAM	DIA	OPERATIVO	1	Inop. Por motor diésel	15.00	18.00	3.00	INOPERATIVO	TALLER SUPERFICIE
SCK-04	KOLPA	SCOOPTRAM	DIA	OPERATIVO	1	Inop. Por control remoto	13.30	14.30	1.00	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY
SCK-05	KOLPA	SCOOPTRAM	DIA	OPERATIVO	1	Inop. Por sistema de arranque	10.00	12.30	2.50	OPERATIVO	TALLER TOROMACHAY

Al final de la guardia se genera un reporte con todas las paradas que presentaron los equipos, las horas de parada, el detalle y el estado final, esto para que se informe durante el reparto de guardia a todas las áreas interesadas.

Durante las siguientes semanas se irán capacitando al personal de operaciones y mantenimiento para que se mejore la reportabilidad, además de contar con más estaciones de radio para una pronta comunicación.

4.2.3. Indicadores de equipos generados por centro de control

Durante las siguientes semanas se recolecto la información directa a centro de control respecto a los equipos en estudio y se obtuvo los siguientes indicadores:

Reporte de indicadores de disponibilidad, utilización, MTBF y MTTR de equipos trackless por centro de control

Tabla 22. *Disponibilidad de equipos de carguío y acarreo, periodo de julio a setiembre 2024*

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO								
EMPRESA	TIPO DE EQUIPO	CAPACIDAD	CÓD. EQUIPO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	% DISP. 2DO SEMESTRE	OBJETIVO
KOLPA	DUMPER	*15 TM*	**DUK-01**	74%	83%	88%	82%	85%
	SCOOPTRAM	*4.2 YD3*	**SCK-01**	77%	81%	84%	81%	85%
			SCK-02	78%	74%	84%	79%	85%
			SCK-03	88%	81%	86%	85%	85%
		2.2 YD3	**SCK-04**	79%	82%	80%	80%	85%
			SCK-05	80%	68%	85%	78%	85%
							81%	**85%**

Después de la implementación de centro de control la disponibilidad de los equipos de carguío y acarreo en promedio es de 81%, aun por debajo del objetivo de 85% pero con semáforo amarillo.

Tabla 23. *Utilización de equipos de carguío y acarreo, periodo de julio a setiembre 2024*

UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO								
EMPRESA	TIPO DE EQUIPO	CAPACIDAD	CÓD. EQUIPO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	% UTIL. 2DO SEMESTRE	OBJETIVO
KOLPA	DUMPER	*15 TM*	**DUK-01**	55%	65%	69%	63%	65%
	SCOOPTRAM	*4.2 YD3*	**SCK-01**	68%	76%	76%	73%	65%
			SCK-02	74%	75%	72%	74%	65%
			SCK-03	76%	79%	76%	77%	65%
		2.2 YD3	**SCK-04**	73%	77%	78%	76%	65%
			SCK-05	78%	73%	76%	76%	65%
							73%	**65%**

La utilización como flota de los equipos de carguío y acarreo en promedio es de 73% lo que supera la utilización objetivo.

Tabla 24. *MTBF de equipos de carguío y acarreo, periodo de julio a setiembre 2024*

MTBF DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO								
EMPRESA	TIPO DE EQUIPO	CAPACIDAD	CÓD. EQUIPO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	MTBF. 2DO SEMESTRE	OBJETIVO
KOLPA	DUMPER	*15 TM*	**DUK-01**	28.8	23.7	18.5	23.7	25.0
	SCOOPTRAM	*4.2 YD3*	**SCK-01**	18.2	26.7	23.2	22.7	25.0
			SCK-02	15.7	21.2	17.6	18.2	25.0
			SCK-03	26.8	25.7	24.7	25.7	25.0
		2.2 YD3	**SCK-04**	25.6	20.3	18.6	21.5	25.0
			SCK-05	14.0	22.7	20.1	18.9	25.0
							21.8	**25.0**

Tabla 25. *MTTR de equipos de carguío y acarreo, periodo de julio a setiembre 2024*

MTTR DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO								
EMPRESA	TIPO DE EQUIPO	CAPACIDAD	CÓD. EQUIPO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	MTTR. 2DO SEMESTRE	OBJETIVO
KOLPA	DUMPER	*15 TM*	**DUK-01**	10.96	6.72	4.52	7.4	4.0
	SCOOPTRAM	*4.2 YD3*	**SCK-01**	18.1	7.0	4.1	9.7	4.0
			SCK-02	4.3	3.2	0.9	2.8	4.0
			SCK-03	1.6	4.0	1.1	2.2	4.0
		2.2 YD3	**SCK-04**	6.6	5.4	5.4	5.8	4.0
			SCK-05	3.6	6.7	10.0	6.8	4.0
							5.8	**4.0**

Tabla 26. *Disponibilidad de equipos perforación, periodo de julio a setiembre 2024*

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN								
EMPRESA	TIPO DE EQUIPO	MODELO	CÓD. EQUIPO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	% DISP. 2DO SEMESTRE	OBJETIVO
KOLPA	JUMBO	*MUKI*	**JUK-01**	75%	80%	88%	81%	85%
			JUK-03	77%	79%	85%	80%	85%
		TALADROS LARGOS	**JUK-02**	83%	78%	77%	79%	85%
			RPK-03	81%	81%	85%	82%	85%
							81%	**85%**

Después de la implementación de centro de control la disponibilidad de los equipos de perforación en promedio es de 81%, aun por debajo del objetivo de 85% pero con semáforo amarillo.

Tabla 27. *Utilización de equipos perforación, periodo de julio a setiembre 2024*

UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN								
EMPRESA	TIPO DE EQUIPO	MODELO	CÓD. EQUIPO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	% UTIL. 2DO SEMESTRE	OBJETIVO
KOLPA	JUMBO	*MUKI*	**JUK-01**	53%	52%	47%	51%	45%
			JUK-03	51%	52%	58%	54%	45%
		TALADROS LARGOS	**JUK-02**	38%	44%	41%	41%	45%
			RPK-03	31%	39%	44%	38%	45%
							46%	**45%**

La utilización como flota de los equipos de carguío y acarreo en promedio es de 46% lo que supera la utilización objetivo.

Tabla 28. *MTBF de equipos perforación, periodo de julio a setiembre 2024*

MTBF DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN								
EMPRESA	TIPO DE EQUIPO	MODELO	CÓD. EQUIPO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	MTBF. 2DO SEMESTRE	OBJETIVO
KOLPA	JUMBO	*MUKI*	**JUK-01**	16.5	15.1	13.8	15.1	25.0
			JUK-03	16.4	16.1	16.9	16.5	25.0
		TALADROS LARGOS	**JUK-02**	18.1	19.0	17.1	18.1	25.0
			RPK-03	14.8	18.3	17.1	16.8	25.0
							16.6	**25.0**

Tabla 29. *MTTR de equipos perforación, periodo de julio a setiembre 2024*

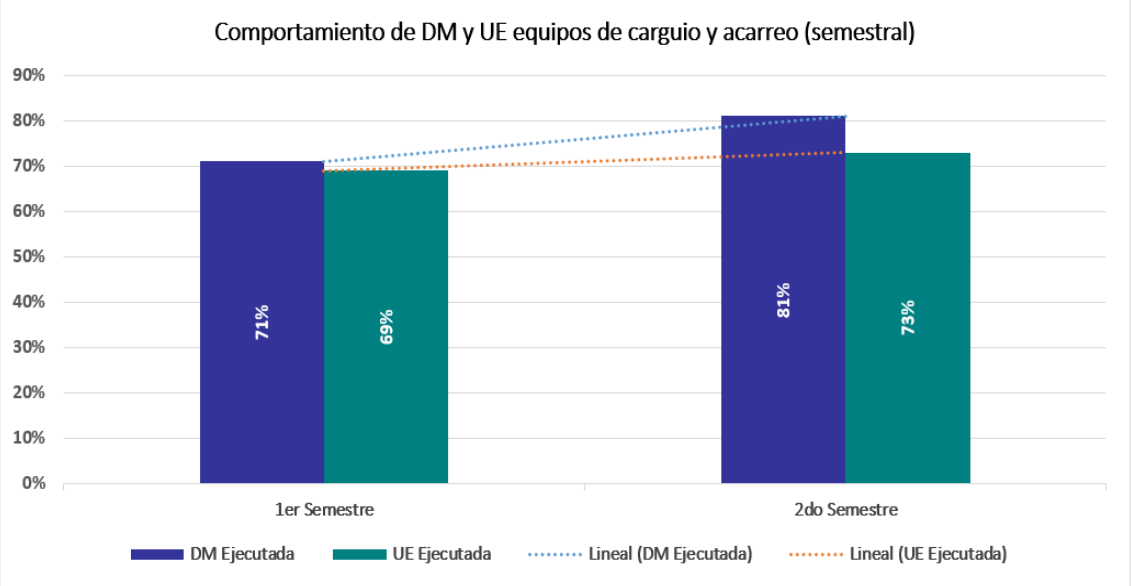
MTTR DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN								
EMPRESA	TIPO DE EQUIPO	MODELO	CÓD. EQUIPO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	MTTR. 2DO SEMESTRE	OBJETIVO
KOLPA	JUMBO	*MUKI*	**JUK-01**	3.0	2.7	5.1	3.6	4.0
			JUK-03	3.1	1.8	1.6	2.2	4.0
		TALADROS LARGOS	**JUK-02**	2.6	2.5	2.7	2.6	4.0
			RPK-03	2.2	2.3	2.1	2.2	4.0
							2.7	**4.0**

Una vez obtenido los resultados se van a comparar para ver la tendencia de los equipos desde el inicio de año hasta fines de la primera mitad del segundo semestre.

4.2.4. Variación semestral de indicadores de equipos trackless

Se procede a comparar la variación de los indicadores de equipos antes y después de la implementación de centro de control.

Figura 17. *Variación semestral de DM y UE equipos de carguío y acarreo*

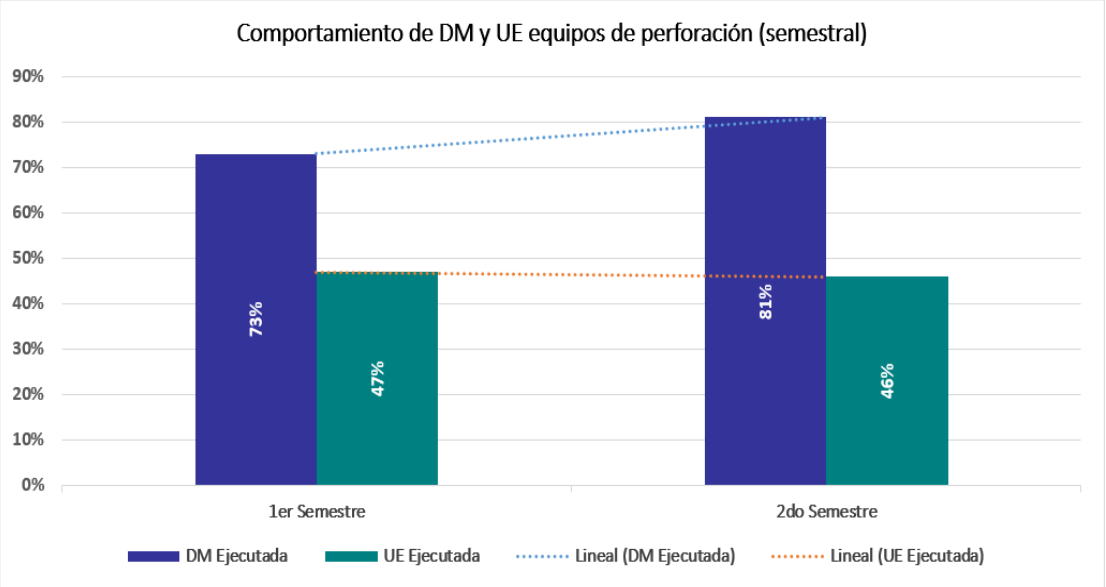


Durante el primer semestre de los meses de enero a junio, la disponibilidad ejecutada de la flota de equipos de carguío y acarreo es de 71% (*Tabla 6*) y durante el segundo semestre de los meses de julio a setiembre es de 81% (*Tabla 19*), (periodo en el cual se implementó el centro de control) por lo que se nota un incremento en la disponibilidad de un 10%. Como flota aun no supera la disponibilidad objetivo que es 85%, sin embargo, sugiere un incremento en los próximos meses.

La disponibilidad está sujeta a las horas donde el equipo este apto para usar por lo que una rápida respuesta a cualquier falla que presente durante la guardia es importante para aumentar las horas productivas, y para que haya una rápida respuesta se necesita una pronta comunicación y es donde entra a tallar el centro de control.

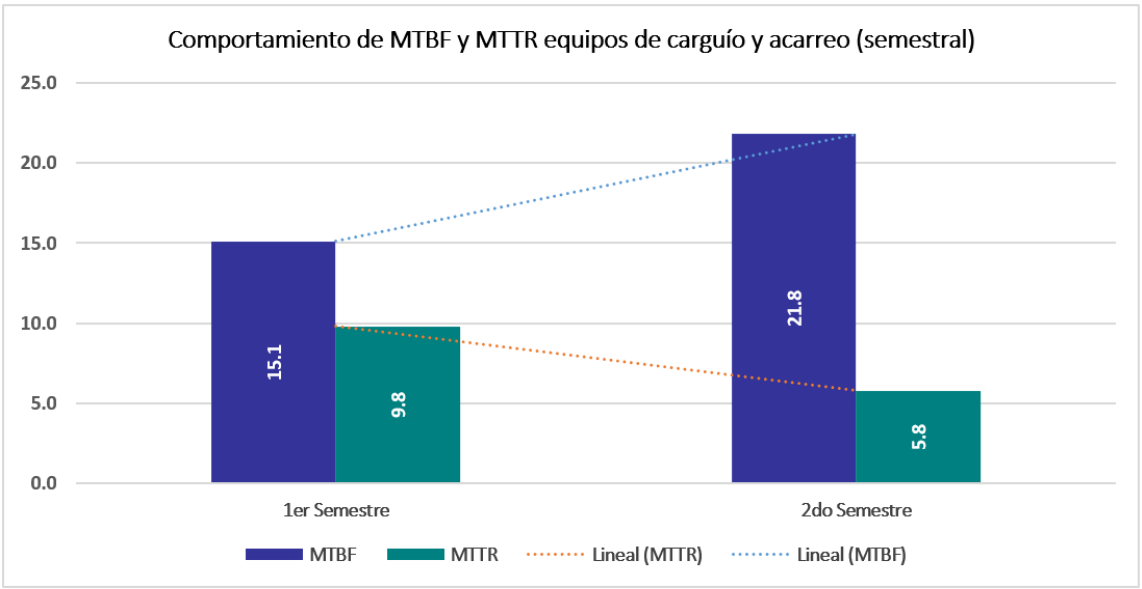
La utilización de igual manera aumenta de 69% a 73% por lo que dicha flota genera mayor nivel de productividad.

Figura 18. *Variación semestral de DM y UE equipos de perforación*



Durante el primer semestre de los meses de enero a junio, la disponibilidad ejecutada de la flota de equipos de perforación es de 73% (*Tabla 8*) y durante el segundo semestre de los meses de julio a setiembre es de 81% (*Tabla 23*), (periodo en el cual se implementó el centro de control) por lo que se nota un incremento en la disponibilidad de un 8%. Como flota aun no supera la disponibilidad objetivo que es 85%, sin embargo, sugiere un incremento en los próximos meses. La utilización se mantiene de igual modo con una pequeña diferencia de 1% en contra.

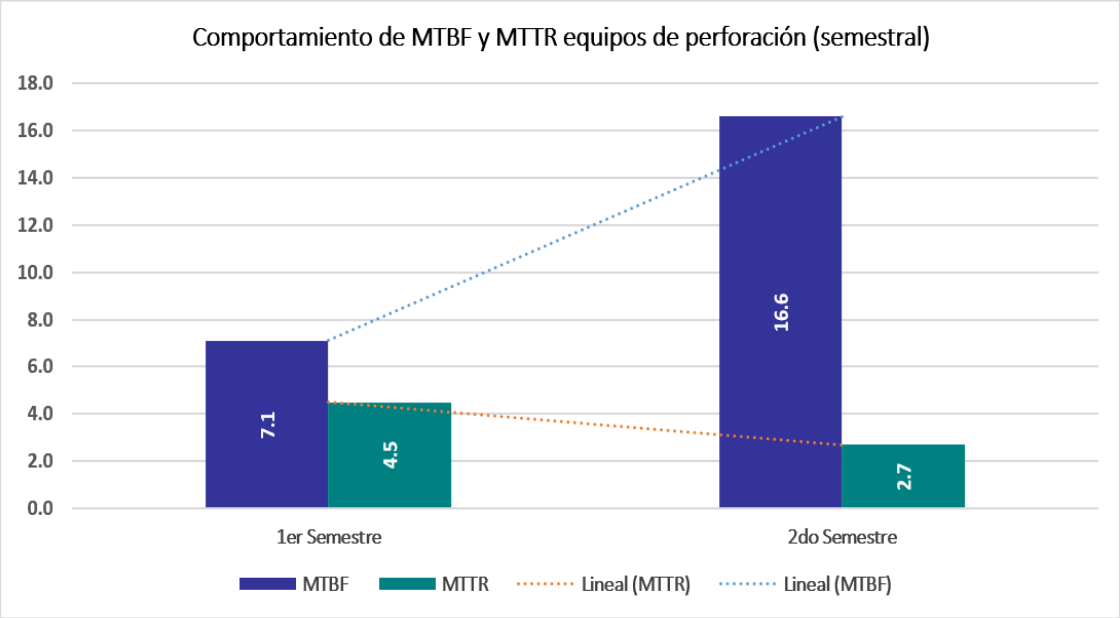
Figura 19. *Variación semestral de MTBF y MTTR equipos de carguío y acarreo*



Durante el primer semestre de los meses de enero a junio, el MTBF ejecutado de la flota de equipos de carguío y acarreo es de 15.1 (*Tabla 10*) y durante el segundo semestre de los meses de julio a setiembre es de 21.8 (*Tabla 21*), (periodo en el cual se implementó el centro de control) por lo que se nota un incremento en este indicador de un 6.7. Como flota aun no supera el MTBF objetivo que es 25.0 sin embargo, sugiere un incremento en los próximos meses.

Respecto al MTTR en el primer semestre de los meses de enero a junio es de 9.8 (*Tabla 11*), luego en el segundo semestre de los meses de julio a setiembre es de 5.8 (*Tabla 22*) por lo que se ve un decremento de 4.0. Como flota aun no excede el MTTR objetivo de 4.0.

Figura 20. *Variación semestral de MTBF y MTTR equipos de perforación*



Durante el primer semestre de los meses de enero a junio, el MTTR ejecutado de la flota de equipos de perforación es de 7.1 (*Tabla 12*) y durante el segundo semestre de los meses de julio a setiembre es de 16.6 (*Tabla 25*), (periodo en el cual se implementó el centro de control) por lo que se nota un incremento en este indicador de

un 9.5. Como flota aun no supera el MTTR objetivo que es 25.0 sin embargo, sugiere un incremento en los próximos meses.

Respecto al MTTR en el primer semestre de los meses de enero a junio es de 4.5 (*Tabla 13*), luego en el segundo semestre de los meses de julio a setiembre es de 2.7 (*Tabla 26*) por lo que se ve un decremento de 1.8. Como flota aun no excede el MTTR objetivo de 4.0.

El MTBF es la frecuencia con la que un equipo falla durante la guardia, con un adecuado mantenimiento preventivo se puede reducir estas fallas y aumentar las horas, sin embargo, en lo que se debe enfocar es en reducir las horas de MTTR ya que estas son las horas en las que un equipo se repara; mientras más rápido se comunique el problema, menor será el tiempo de reparación lo que aumentara nuestra disponibilidad.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis general

Se planteo la hipótesis general: “La implementación de un centro de control podrá dar respuesta inmediata en tiempo real al área de mantenimiento para la intervención y reparación de fallas que presenten los equipos, garantizando la disponibilidad de la flota”.

En el periodo de prueba donde se implementó el centro de control por 3 meses *(Tabla 17)* se facilitó la comunicación entre operación y mantenimiento, dando aviso en tiempo real, haciendo la inspección, seguimiento y control de los equipos, lo que se refleja en un incremento de los indicadores de operación y mantenibilidad que garantiza la operatividad de la flota, en función a nuestras variables dependiente e independiente *(Figura 20 a la 23),* esto se logro mediante el proceso de capacitación al personal para garantizar una correcta reportabilidad y la implementación de KPI´S para medir nuestros resultados.

Por lo tanto, se puede decir que se acepta la hipótesis planteada.

4.3.2. Prueba de hipótesis específica

“Al evaluar los criterios de disponibilidad, utilización, MBTF (tiempo medio entre fallas), se mejorará la productividad mediante un análisis de los indicadores claves de desempeño.”

Parte del trabajo de investigación fue la recopilación de datos en una base para posteriormente implementar los indicadores de equipos, se identificó también cuales eran las principales demoras que se tenían y se comparó los KPI´S de disponibilidad, utilización, e indicadores de mantenibilidad, lo que resulto en una línea de tendencia positiva que se verá reflejada en los siguientes meses.

“Al centralizar los reportes mediante centro de control, permitirá reducir significativamente el MTTR (tiempo medio entre reparaciones) de los equipos de CIA Minera Kolpa, esto mediante el seguimiento de las paradas en tiempo real, ya que se facilitará la atención oportuna y optimizará los tiempos de reparación.”

Al ser un nexo de comunicación entre el área de operaciones y mantenimiento se garantizó que el reporte de inoperatividad de los equipos llegue de manera precisa y rápida al técnico especialista de mantenimiento para que pueda atender el equipo de manera eficaz y reduzca los tiempos de reparación para garantizar la operatividad del equipo y pueda continuar su trabajo asignado.

“Al capacitar constantemente a los operadores se obtendrá una cultura de reportabilidad de incidencias de sus equipos de manera inmediata.”

Tal como se planteó en el diagrama de gamp *(Tabla 17)* antes de iniciar con la prueba piloto era necesario capacitar a los operadores y mecánicos sobre el modo correcto de reportar a centro de control, posterior a ello durante las siguientes semanas

se fue reforzando con capacitaciones grupales e individuales, así como también a los operadores de centro de control.

Esto genero una mayor confiabilidad en los reportes por parte del personal de operaciones y mantenimiento, además de establecer una cultura de reportabilidad.

4.4. Discusión de resultados

Respecto al trabajo de investigación, “Implementación del centro de control operativo para la inspección, seguimiento y control de equipos trackless de mina Bienaventurada en Compañía Minera KOLPA S.A. -2024” existen resultados favorables ya que, una vez implementado el centro de control, se facilitó la comunicación en la operación, garantizando una rápida respuesta a las fallas que presentan los equipos día a día, y no solo ello sino que también se tuvo un mayor control de estos, monitoreando la operatividad, ubicación, salida y otras tareas asignadas; esto se ve reflejado en la variación de indicadores que se vio, tanto de disponibilidad, MTBF y MTTR, lo que garantiza la operatividad de la flota e incrementa la productividad para cumplir las metas operativas asignadas.

De acuerdo de la disponibilidad como flota se obtuvieron resultados positivos *(Figura 20 y 21)* y del mismo modo los indicadores de mantebilidad *(Figura 22 y 23).* Se concluye entonces que implementar el centro de control representa una estrategia que contribuye a garantizar el control de equipos de CIA minera Kolpa para garantizar la operatividad de la flota y cumplir los objetivos.

CONCLUSIONES

1. Al implementar un centro de control se facilita la comunicación entre operaciones mina y mantenimiento, ya que parte de las demoras no operativas en tratar de comunicarse representan más del 10% del total del tiempo improductivo, lo que se reduce si hay un nexo de comunicación entre estas 2 áreas.
2. La generación de indicadores de equipos es clave, ya que tenemos 2 escenarios: uno antes de la implementación de centro de control y otro posterior a ello, como flota de Kolpa en el primer semestre la disponibilidad de equipos llega a un 71% en equipos de carguío y acarreo (*Figura 20*) y a un 73% en equipos de perforación (*Figura 21*), dichos indicadores de disponibilidad posterior a la implementación de centro de control aumentan a un 81% en ambos casos (*Figura 20 y 21*), ya que al haber una rápida respuesta debido a una oportuna comunicación que facilita centro de control, el indicador de MTTR (tiempo medio entre reparaciones) baja considerablemente lo que permite que el equipo esté disponible y mejore la productividad.
3. Los indicadores de mantenimiento MTBF (tiempo medio entre fallas) y MTTR (tiempo medio entre reparaciones) también son importantes en este estudio ya que de igual modo al caso anterior hay una variación antes y después de la implementación de centro de control, en los equipos de carguío el MTBF es de 15.1 y posteriormente aumenta a 21.8 y el MTTR es de 21.8 y disminuye a 5.8 (*Figura 22*), en cuanto a los equipos de perforación el MTBF es de 7.1 que aumenta a 16.6 y el MTTR es de 4.5 lo que disminuye a 2.7 (*Figura 23*); estas cifras son favorables ya que se relaciona con el punto anterior todo ello se puede mejorar aún más si hay una oportuna y correcta comunicación a centro de control
4. Debido a un centro de control no solo se reportaron fallas, sino que también se hizo un control y seguimiento a los equipos, el hecho de reportar la salida de los equipos al inicio de guardia permite detectar que equipos toman más del tiempo debido en hacer su

mantenimiento rutinario o en todo caso la demora del operador, ya que todo ese tiempo de demora en salir puede reflejarse en una baja utilización.

5. El reporte del estado final del equipo y su ubicación a centro de control facilita a la guardia entrante poder tener conocimiento de las condiciones que se encuentra su equipo y si esta presto o no para iniciar la operación.
6. El reporte de paradas de equipos al final de la guardia (*Figura 19*) facilita a la operación poder tomar decisiones ya que se informa el estado de todos los equipos durante la guardia, así como su operatividad.
7. Centro de control busca garantizar el flujo de comunicación continuo como soporte a la operación mina y demás áreas de soporte, buscando minimizar y eliminar las brechas de comunicación existentes.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mejorar la señal de comunicación en interior mina, así como implementar más puntos de radio y si fuera posible disponer de más radios portátiles, esto beneficiaria más la reportabilidad en tiempo real.
2. Se recomienda una capacitación constante a los operadores y personal de mantenimiento para una cultura de reportabilidad.
3. Se recomienda monitorear también a los equipos de los contratistas, ya que estos prestan servicios a Kolpa, esto mejoraría su productividad ya que su sistema de comunicación es deficiente.
4. Se recomienda hacer seguimiento en interior mina para verificar que el reporte que se brinde a centro de control sea preciso.
5. Se recomienda implementar un dashboard más completo para visualizar los principales indicadores de equipos.
6. Se recomienda implementar mejores equipos para los operadores de centro de control (radio estacionaria, pantallas, cámaras, etc.) esto para mejorar el trabajo.
7. Se recomienda que centro de control no solo se encargue de monitorear los equipos si no que posteriormente sea el eje central de la comunicación de todas las áreas (servicios, ventilación, voladura, geomecánica, etc.), es decir que facilite toda la operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez c. – 2021 Centro integrado de operaciones: Propuesta organizacional y tecnológica

Rubio E. R. (2011). Sistema de Gestión de Mantenimiento para Mejorar la Disponibilidad de Equipos de Bajo Perfil

Pérez A. L. (2008). ¿Qué es el Mantenimiento?

Parra Rodríguez, F. J. (2002). Análisis de Eficiencia y Productividad

María Díaz Aguado – Carga, Transporte y Extracción en Minería Subterránea

Paula Chapla - La apuesta de la minería del futuro: Operación remota y automatización de las faenas

Fabio Mielli - La Sala de Control Central: Mejorando el Desempeño Operacional de la Mina / Equipo Minero

J. Antonio - Centros integrados de operaciones: como optimizar sus beneficios / **Aurys** Consulting

Valdez j. – 2017 Implementación del mantenimiento autónomo para aumentar la disponibilidad de equipos trackless en UCHUCCHACUA

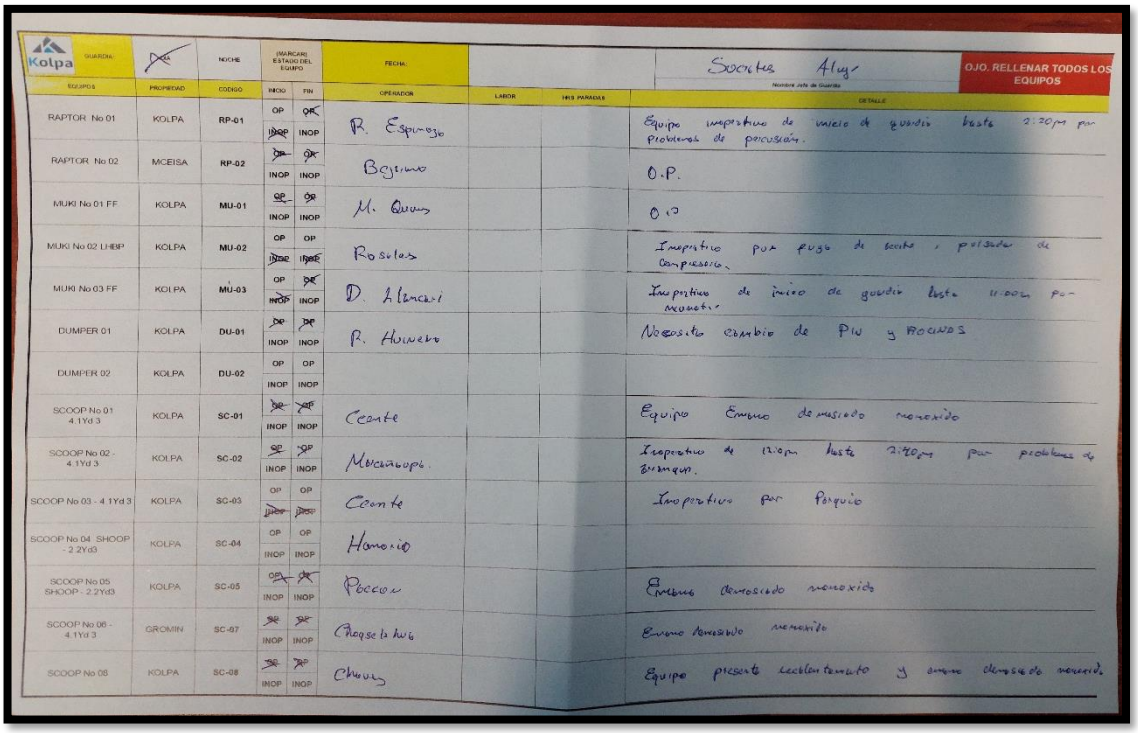
Cano J. – 2021 Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de equipos trackless RESEFER S.A. en Unidad Simsa

Marin J. – 2021 Análisis de los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en Compañía Minera KOLPA S. A.

ANEXOS

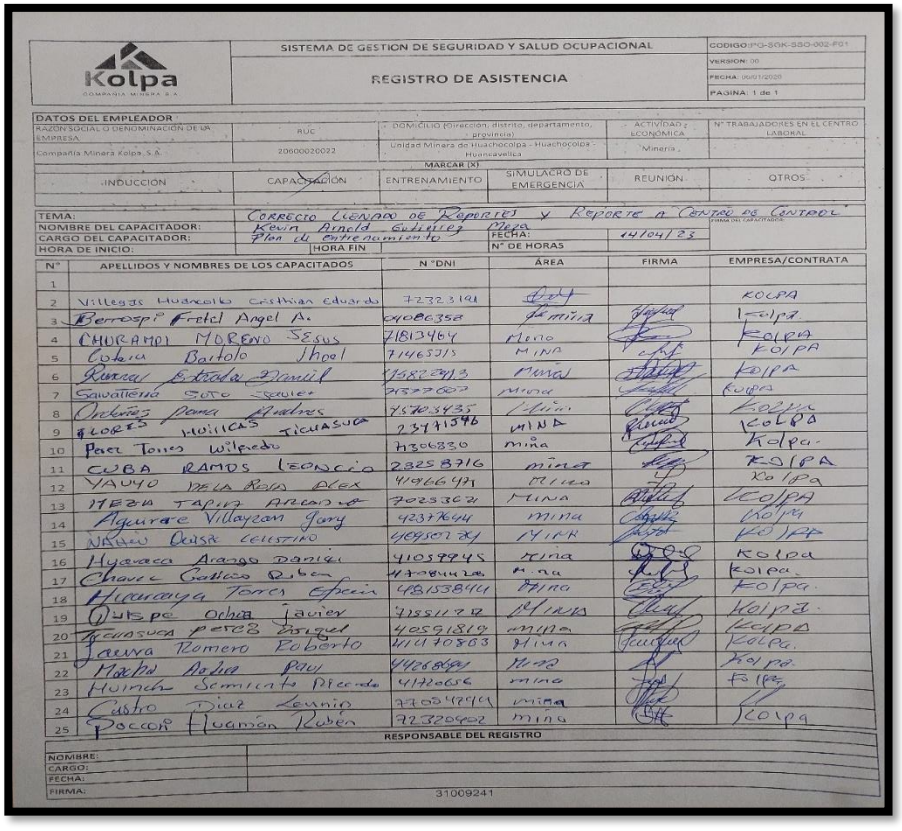
Instrumentos de Recolección de Datos

Figura 21. *Formato de reporte de paradas de equipos CIA KOLPA*



EQUIPOS	PROPIEDAD	CODIGO	INICIO	FIN	OPERADOR	LABOR	HRS PARADAS	DETALLE
RAPTOR No 01	KOLPA	RP-01	OP INOP	OP INOP	R. Espinoza			Equipo impositivo de inicio de guardia hasta 2:20pm por problemas de percusión.
RAPTOR No 02	MCEISA	RP-02	INOP	OP INOP	Bojorque			O.P.
MUKI No 01 FF	KOLPA	MU-01	OP INOP	OP INOP	M. Quispe			O.P.
MUKI No 02 LHBP	KOLPA	MU-02	OP INOP	OP INOP	Rosales			Impositivo por fuga de aceite, presión de compresora.
MUKI No 03 FF	KOLPA	MU-03	OP INOP	OP INOP	D. Alencastre			Impositivo de inicio de guardia hasta 11:00pm por- monitor
DUMPER 01	KOLPA	DU-01	INOP	OP INOP	R. Huinche			Necesito cambio de PIN y BOCINAS
DUMPER 02	KOLPA	DU-02	OP INOP	OP INOP				
SCOOP No 01 4.1Yd 3	KOLPA	SC-01	INOP	OP INOP	Ccante			Equipo Emmsa demasiado monoxido
SCOOP No 02 - 4.1Yd 3	KOLPA	SC-02	OP INOP	OP INOP	Mercadopo.			Impositivo de 12:0pm hasta 2:40pm por problemas de transmsn.
SCOOP No 03 - 4.1Yd 3	KOLPA	SC-03	OP INOP	OP INOP	Ccante			Impositivo por Parquio
SCOOP No 04 SHOOP - 2.2Yd3	KOLPA	SC-04	OP INOP	OP INOP	Huaroto			
SCOOP No 05 SHOOP - 2.2Yd3	KOLPA	SC-05	OP INOP	OP INOP	Poccori			Emmsa demasiado monoxido
SCOOP No 06 - 4.1Yd 3	GROMIN	SC-07	INOP	OP INOP	Chaqsetahua			Emmsa demasiado monoxido
SCOOP No 08	KOLPA	SC-08	INOP	OP INOP	Chaucca			Equipo presenta recalentamiento y emmsa demasiado monoxid.

Figura 22. *Registro de capacitación operadores de equipos CIA KOLPA*



SISTEMA DE GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL — CODIGO: PO-SGK-SSO-002-F01 — VERSION: 00 — FECHA: 05/01/2020 — PAGINA: 1 de 1

REGISTRO DE ASISTENCIA

DATOS DEL EMPLEADOR				
RAZON SOCIAL O DENOMINACIÓN DE LA EMPRESA	RUC	DOMICILIO (Dirección, distrito, departamento, provincia)	ACTIVIDAD ECONÓMICA	Nº TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL
Compañía Minera Kolpa, S.A.	20600026022	Unidad Minera de Huachocolpa - Huachocolpa - Huancavelica	Minería	

MARCAR (X)

INDUCCIÓN	CAPACITACIÓN	ENTRENAMIENTO	SIMULACRO DE EMERGENCIA	REUNIÓN	OTROS

TEMA: Correcto Llenado de Papeletas y Reporte a Centro de Control
NOMBRE DEL CAPACITADOR: Kevin Ronald Calsin Mejia
CARGO DEL CAPACITADOR: Plan de Entrenamiento
FECHA: 14/04/23
HORA DE INICIO: HORA FIN: Nº DE HORAS

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES DE LOS CAPACITADOS	N °DNI	ÁREA	FIRMA	EMPRESA/CONTRATA
1					
2	Villegas Huancolo Cristhian Eduardo	72323191			KOLPA
3	Berrospi Frutel Angel A.	44086358	Mina		Kolpa
4	CHURAMPI MORENO SESUS	71813464	Mina		Kolpa
5	Cotera Bartolo Jhoel	71465315	MINA		KOLPA
6	Rivera Estrada Daniel	76822913	Mina		Kolpa
7	Saavedra Soto Javier	71377607	Mina		Kolpa
8	Ordoñez Pena Andres	75703435	Mina		Kolpa
9	FLORES MOLLOCAS TICUASUA	23741396	MINA		KOLPA
10	Paez Torres Wilfredo	71306330	Mina		Kolpa
11	CUBA RAMOS LEONCIO	23253716	Mina		KOLPA
12	YAUYO DELA ROSA ALEX	41966471	Mina		Kolpa
13	MEZA TAPIA ARCANGEL	70253621	Mina		KOLPA
14	Aguirre Villayzan Jony	42376644	Mina		KOLPA
15	NATIVO QUISA CELESTINO	40950724	MINA		KOLPA
16	Huayasca Arango Daniel	41037945	Mina		Kolpa
17	Chavez Gallegos Ruben	47844120	Mina		Kolpa
18	Huaranga Torres Efrain	48153841	Mina		Kolpa
19	Quispe Ochoa Javier	71811712	Mina		Kolpa
20	Acevedo Perez Miguel	40591819	Mina		Kolpa
21	Janya Romero Roberto	41170863	Mina		Kolpa
22	Mallqui Ochoa Raul	44268491	Mina		Kolpa
23	Huinche Semicato Ricardo	41170656	Mina		Kolpa
24	Castro Diaz Leonid	77051791	Mina		Kolpa
25	Poccori Huaman Ruben	72320902	Mina		Kolpa

RESPONSABLE DEL REGISTRO

NOMBRE:
CARGO:
FECHA:
FIRMA:

31009241

Matriz de Consistencia

Titulo: Implementación del centro de control operativo para la inspección, seguimiento y control de equipos trackless de mina Bienaventurada en Compañía Minera KOLPA S.A. -2024

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES
Problema general ¿Cómo implementar el centro de control para mejorar la reportabilidad de paradas de equipos de CIA Minera Kolpa en tiempo real para una inmediata respuesta y garantizar la operatividad de la flota? **Problemas específicos** a) ¿Cómo aplicar los indicadores de disponibilidad y utilización de la flota de equipos para la toma de decisiones operativas? b) ¿Cómo disminuir el MTTR (tiempo medio entre reparaciones)? c) ¿Cómo fomentar la cultura de reportabilidad por parte de los operadores respecto al estado de sus equipos?	**Objetivo general** Implementar el centro de control para garantizar el flujo de la comunicación continua como soporte a la operación disminuyendo y eliminando los tiempos muertos de paradas e inoperatividad de los equipos por demoras en atención y mantebilidad. **Objetivos específicos** a) Aplicar los indicadores de disponibilidad, utilización, tiempo medio entre fallas (MTBF), eficiencia y rendimientos de los equipos de CIA Minera Kolpa. b) Disminuir el tiempo medio entre reparaciones (MTTR), mediante el reporte inmediato en tiempo real. c) Centralizar la información en una base de datos.	**Hipótesis general** Al implementar el centro de control se podrá dar respuesta inmediata en tiempo real al área de mantenimiento para la intervención y reparación de fallas que presenten los equipos, garantizando la disponibilidad de la flota. **Hipótesis específica** a) Al evaluar los criterios de disponibilidad, utilización, MBTF (tiempo medio entre fallas) y MTTR (tiempo medio entre reparaciones) en los equipos, se mejorará la productividad. b) Al capacitar constantemente a los operadores se obtendrá una cultura de reportabilidad de incidencias de sus equipos de manera inmediata.	**Variable independiente** *Implementación de centro de control.* Implementación de un centro de control donde se reporte en tiempo real las paradas de equipos por fallas mecánicas – eléctricas de parte de los operadores. **Variable dependiente** *Inspección y seguimiento de control de equipos.* Inspección, seguimiento y control donde se busca que el equipo está disponible y apto para su uso operacional.

Panel Fotográfico

Figura 23. *Ingreso a mina para reconocimiento de cobertura de radio*



Figura 24. *Puesta en marcha de centro de control*



Figura 25. *Equipo muki parado por falla mecánica*



Figura 26. *Atención de equipo scoop por mantenimiento*

