



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Gestión de activos para incrementar la disponibilidad de una flota de  
Scooptrams en minería subterránea

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Ramos Santos, Wilder ([orcid.org/0000-0003-2416-0271](https://orcid.org/0000-0003-2416-0271))

Herrera Reyes, Eder Ivan ([orcid.org/0000-0002-1450-394X](https://orcid.org/0000-0002-1450-394X))

**ASESOR:**

Mg. Luján López, Jorge Eduardo ([orcid.org/0000-0003-1208-1242](https://orcid.org/0000-0003-1208-1242))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A mis seres queridos por brindarme su apoyo incondicional en el proceso de mi realización profesional.

A dios por ser el principal autor para que todo este esfuerzo valga la pena.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a mi honorable institución Universidad César Vallejo, a los profesores que me llenaron de conocimiento.

Nada de esto hubiese sido posible sin el apoyo de mis familiares, padres, hermanas y hermanos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iii
Índice de figuras .....	iv
Índice de tablas .....	v
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Variables y Operacionalización .....	12
3.3. Población, muestra y muestreo .....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimientos .....	15
3.6. Método de análisis de datos .....	16
3.7. Aspectos éticos .....	16
IV. RESULTADOS .....	17
V. DISCUSIÓN .....	34
VI. CONCLUSIONES .....	36
VII. RECOMENDACIONES .....	37
REFERENCIAS .....	38
ANEXOS .....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento de desarrollo de la investigación .....	15
Figura 2. Taxonomía ISO 14224:2016 a nivel mina .....	19
Figura 3. Comparativo de la disponibilidad antes y después de la gestión de activos .....	33
Figura 4. Data registrada en SPSS .....	50
Figura 5. Analisis de fiabilidad de las preguntas de la V1 .....	51
Figura 6. Analisis de fiabilidad de las preguntas de la V2 .....	51
Figura 7. Matriz de criticidad .....	63
Figura 8. Criterio de evaluación de consecuencia .....	63
Figura 9. Rango de criticidad .....	63
Figura 10. Especificaciones del cargador subterráneo para minería R1600H ...	64
Figura 11. Orden de trabajo de mantenimiento en minería subterranea .....	68
Figura 12. Flota de Scooptram de la minería subterránea.....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de mantenimiento inicial .....	18
Tabla 2. Análisis de criticidad de las maquinarias Scooptrams .....	20
Tabla 3. Análisis de modo y efectos de falla (FMECA) .....	22
Tabla 4. Programa de mantenimiento preventivo para los Scooptrams .....	26
Tabla 5. Indicadores de mantenimiento final a un año de proyección .....	31
Tabla 6. Comparación de indicadores de mantenimiento inicial y final .....	32
Tabla 7. Operacionalización de variables .....	44
Tabla 8. Matriz de consistencia .....	45
Tabla 9. Resultados del personal del área de mantenimiento encuestados .....	50
Tabla 10. Maquinarias de la empresa minera subterránea .....	52
Tabla 11. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-662) .....	52
Tabla 12. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-663) .....	53
Tabla 13. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-664) .....	53
Tabla 14. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-665) .....	53
Tabla 15. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-670) .....	54
Tabla 16. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-677) .....	54
Tabla 17. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-680) .....	54
Tabla 18. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-682) .....	55
Tabla 19. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-684) .....	55
Tabla 20. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-686) .....	55
Tabla 21. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-688) .....	56
Tabla 22. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-690) .....	56
Tabla 23. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-692) .....	56
Tabla 24. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-694) .....	57
Tabla 25. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-696) .....	57

Tabla 26. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-698) .....	57
Tabla 27. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-700) .....	58
Tabla 28. Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S-702) .....	58
Tabla 29. Registros operativos: Tiempo entre fallas, tiempo de reparación y numero de fallas .....	58
Tabla 30. Cuadro de taxonomía de equipos .....	60
Tabla 31. Cuadro de subdivisión de equipos .....	61
Tabla 32. Guia de criticidad .....	61

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el impacto de la gestión de activos en la disponibilidad de los Scooptrams en una minería subterránea, para ello se realizó un estudio cuantitativo de tipo aplicada, diseño preexperimental y de alcance explicativo. La población fue estudiada en su totalidad, conformada por 18 Scooptrams CAT R1600H, de los cuales se obtuvo sus fichas de registros operativos del mes de julio a diciembre del periodo 2022 y se obtuvo como resultado un promedio de la disponibilidad inicial del 88.41% de la flota Scooptram, 2 equipos en escala crítica, 15 en escala importante y 1 en una escala regular, además de identificar las fallas principales que permitió determinar las actividades de la programación del mantenimiento. Se concluyó que la gestión de activos impacta de manera positiva en la disponibilidad llegando a obtener una disponibilidad promedio de 89.70% en la proyección de un año (al final del periodo 2023), generando un incremento de 1.29%.

Palabras clave: Gestión de activos, disponibilidad, programación de mantenimiento, Scooptrams.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research was to evaluate the impact of asset management on the availability of Scooptrams in underground mining, for which a quantitative study of an applied type, pre-experimental design and explanatory scope was carried out. The population was studied in its entirety, made up of 18 CAT R1600H Scooptrams, from which their operational record sheets were obtained from July to December of the 2022 period and an average initial availability of 88.41% of the total capacity was obtained as a result. Scooptram fleet, 2 equipment on a critical scale, 15 on a major scale and 1 on a regular scale, in addition to identifying the main failures that determined the maintenance programming activities. It was concluded that asset management has a positive impact on availability, reaching an average availability of 89.70% in the one-year projection (at the end of the 2023 period), showing an increase of 1.29%.

Keywords: Asset management, availability, maintenance scheduling, Scooptrams.

## I. INTRODUCCIÓN

En los años recientes la aplicación de la gestión de activos se ha venido consolidando, de acuerdo con (Aparicio et al, 2022) la renovación requiere ser planificada no solo a nivel anual sino también a nivel operativo. Desde la perspectiva estratégica y táctica, una necesidad común en las empresas es diseñar un modelo de gestión de activos que le permita hacer el seguimiento a detalle de estos mismos, desde la adquisición de la materia prima hasta incluso poder determinar el tiempo en el cual estos podrían ser renovados, pero siempre considerando que detrás de todo está un sistema de gestión (Bracke et al., 2021).

Por otro lado, se tiene la realidad de las empresas mineras a tajo abierto o minería subterránea, la realidad del día a día de todas estas empresas son muy exigentes en todos los aspectos, los controles son cada vez más rigurosos, el área de mantenimiento no es ajeno a estos altos estándares de exigencia (Semykina et al., 2022). En el sector minero el área de mantenimiento resulta clave, es por ello que todo el personal de esta área se ve obligado a desarrollar año tras año técnicas completamente nuevas que permitan contrarrestar todas aquellas fallas que se puedan generar dentro de los procesos, ya sean paradas inesperadas, arranques fallidos, tiempos muertos, callejones sin salidas que ocasionen pérdidas sin precedentes (Grupo SPRI, 2018). Las actividades de mantenimiento tienen un impacto significativo en la industria puesto que está asociado al rendimiento de la planta, la calidad de producción, la seguridad y efectos ambientales, para ello se propone una gestión de activos con una secuencia óptima en la programación de actividades de mantenimiento preventivo y minimizando las demoras (Gholizadeh et al., 2021)

En el contexto internacional, la minería resulta ser uno de los sectores más demandantes, sobre todo en los países top 10 con mayor producción de minerales en el mundo. La producción por hora de diversas empresas mineras genera miles de dólares, debido a esto, un paro en el proceso de producción se transformaría en pérdidas económicas altamente significativas en las empresas mineras (Moscoso et al, 2021). Es en este punto donde entra el área de mantenimiento y toda su logística, de tal manera que si el área de mantenimiento realizara una correcta

gestión de los activos esto influiría directamente en el incremento de la disponibilidad de los equipos y maquinarias que intervienen en los procesos. La gestión de activos necesariamente debe de ir de la mano con el aumento de la disponibilidad, esto le va permitir a la empresa tener un balance económico y además va contribuir con la organización en general de la empresa (Borroto – Pentón, 2021)

En cuanto a la realidad problemática a nivel internacional, se ve reflejado el sin número de empresas cuyo rubro abarca la explotación de minerales, para ello se requieren diferentes tipos de maquinarias tales como cargadores frontales, cargadores de bajo perfil para minería subterránea como lo son los Scooptrams, entre otras maquinarias con funciones especiales (Ngoma et al., 2020). Todas las maquinarias antes mencionadas operan en los procesos de la minería por lo que su nivel de disponibilidad debe ser relativamente alto, en el caso que su disponibilidad no llegue al nivel requerido indudablemente se produce paros en el proceso de producción, así como interrupciones no programadas, lo cual afecta directamente la economía de la empresa minera (Manzano, 2019).

Por otro lado, se debe entender a nivel nacional que la gestión de mantenimiento abarca no solo el desarrollo de un programa de mantenimiento, sino va más allá, implica generar un direccionamiento estratégico desde la alta dirección, estableciendo la política de mantenimiento, los objetivos organizacionales, los objetivos estratégicos que contribuyan con la gestión de los activos y se puedan establecer actividades programadas de mantenimiento concisas y coherentes que a corto o largo plazo puedan cumplirse (Burggräf et al., 2022). La idea también es respaldada por Sánchez (2020), estableciendo que una gestión de mantenimiento con altos estándares de eficiencia, debe tener como objetivo principal reducir costos en la producción sin afectar el desempeño de la maquinaria, cumpliendo con la optimización de recursos además de incentivar las nuevas prácticas y usos de tecnologías en el área de manteniendo.

La misión de las empresas nacionales es mantener y mejorar la producción del mineral que se está extrayendo por tal motivo entra en coordinación la alta dirección para tener mantener las maquinarias en óptimas condiciones de

funcionamiento de tal manera que se pueda generar, si es posible, un incremento de la disponibilidad de los equipos Trackless tales como el Scooptrams, puesto que debido a su alto nivel de exigencia y uso constante siempre es considerado como unos activos críticos (Gómez, 2019). Al margen de ello si la empresa no cuenta con una correcta gestión de mantenimiento a los pocos meses de adquirir este activo producto de no contar con una programación de mantenimiento este activo va presentar fallas irreparables y tendrán que ser dados de baja, esto como es de esperarse influye en el proceso de desarrollo y avance de la producción generándose así atrasos y pérdidas económicas (Zegarra, 2019)

La investigación se justifica a nivel social resaltando que en nuestro país hay diversas empresas mineras que están desarrollando proyectos relacionados a la gestión del mantenimiento, puesto que influye de manera positiva en el sistema de producción y se relaciona de manera directa con las fallas de los activos en la reducción de paradas inesperadas o no planificados, esto benefició a la organización; se presenta una justificación tecnológica porque el proyecto va de la mano con la adquisición de nuevas tecnologías para la empresa, una correcta gestión del activo como parte del mantenimiento preventivo para la flota de Scooptrams permitió desarrollar nuevas técnicas de mantenimiento en la maquinaria y para ello se va a requirió nueva tecnología, contribuyendo así al desarrollo tecnológico; presenta una justificación económica, ya que abarca dos aspectos, el primero tiene que ver con que la gestión de activo permite mantener el equipo, esto hizo que la empresa disminuya gastos en mantenimiento del propio equipo y su vez permitió mantener y aumentar los ingresos en la zona de producción, ya que las paradas de plantas fueron; finalmente, una justificación ambiental porque un buen manejo y control de residuos contaminantes como parte de la gestión de activos en el área de mantenimiento, permitió una reducción en el impacto ambiental en los mantenimientos de los equipos Scooptrams.

La formulación del problema general de investigación se planteó mediante la siguiente pregunta: ¿Cómo influye la gestión de activos en la disponibilidad de la flota de Scooptrams en la empresa minera subterránea?, de forma específica se planteó las siguientes preguntas: ¿Cuál es la disponibilidad inicial de los Scooptrams de la empresa minera subterránea? ¿Cómo elaborar la taxonomía de

activos, el análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas (FMECA) de los Scooptrams? ¿Cómo elaborar un programa de mantenimiento preventivo para los Scooptrams de la empresa minera subterránea? y ¿Cuál es la disponibilidad de los Scooptrams después de ejecutar la implementación de la gestión de activos?

Conforme a lo establecido el objetivo general de la investigación fue: Evaluar el impacto de la gestión de activos en la disponibilidad de los Scooptrams de la empresa minera. Los objetivos específicos fueron: 1) Determinar la disponibilidad inicial de los Scooptrams de la empresa, 2) Elaborar la taxonomía de los activos, el análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas (FMECA) de los Scooptrams, 3) Elaborar un programa de mantenimiento preventivo para los Scooptrams de la empresa minera subterránea, 4) Determinar la disponibilidad de los Scooptrams después de ejecutar la implementación de la gestión de activos.

La hipótesis general planteada en el siguiente estudio es que la gestión de activos influye en el incremento de la disponibilidad de la flota de Scooptram de la empresa minera subterránea.

## II. MARCO TEÓRICO

Esta investigación se apoya en trabajos previos que están relacionados a las variables y dan aporte al proyecto: Se encontró un trabajo de investigación donde los autores (Roa et al, 2023), quienes en su trabajo de investigación: Generaron una propuesta de mejora para incrementar la disponibilidad de los cuatro cargadores Caterpillar 962H de una empresa productora de concreto en cada una de sus plantas en la ciudad de Bogotá que permita aumentar la eficiencia en la entrega de producto final al cliente. Con los resultados obtenidos lograron identificar que las maquinarias pesadas presentan averías o paradas inoportunas dado que son muy empleados en diferentes procesos de la minería afectando a la organización, ya sea en el incumplimiento a clientes, pérdidas de producción, baja de calidad. Concluyeron que, al implementar el plan de mejora incrementará la disponibilidad del activo que consiste en la recolección de información de los equipos, procedimientos actuales de mantenimiento de la empresa y entrevistas al personal al operador de la maquinaria, realizar diagnósticos para determinar los modos de falla y efectos de este equipo para así poder desarrollar un análisis taxonómico y de criticidad.

Seguidamente en la investigación de Odeyar et al, (2022) quienes en su artículo de investigación: Realizaron una revisión de los métodos de análisis de fallas y confiabilidad para equipos pesados y sus componentes utilizados en minería, con la finalidad de planificar un adecuado mantenimiento para reducir el costo general de mantenimiento y aumentar la vida útil de la máquina que da como resultado costos optimizados del ciclo de vida. En base a la revisión de la literatura se puede concluir que la confiabilidad y el análisis de fallas juegan un papel importante en el seguimiento y la mejora de la eficiencia de los sistemas y subsistemas de la máquina y se lleva a cabo una cantidad significativa de trabajo en este sentido.

Por otro lado, en el ámbito nacional se encontró a Martínez y Minchan (2019), en su investigación mencionaron que: Buscaron evidenciar que producto de realizar una mejora en la gestión de mantenimiento se va a producir un incremento en la disponibilidad de los equipos que intervienen en el proceso de carguío y acarreo de

una empresa minera situada en la Libertad. En el desarrollo del proyecto lograron detectar las causas que producían un bajo nivel de disponibilidad en los equipos, la causa principal era que no se contaba con una gestión de activos, no existía un programa de mantenimiento, no había registro de fallas de cada una de las maquinarias, ausencia de procedimientos para la realización de actividades de mantenimiento e incluso había un déficit en el conocimiento del personal producto de no ser. Concluyeron que, la disponibilidad mecánica aumentó cuando se realizó la mejora de la gestión de mantenimiento enfocada en los activos, primero se estableció un plan, luego se asignó herramientas al personal, se creó programas de mantenimiento y se puso en marcha el desarrollo del mantenimiento.

Luego Mayorca (2019), en su tesis desarrollada indica que: Realizaron una propuesta para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada en una PYME utilizando el RCM. El proyecto realiza un análisis de la aplicación de un sistema de mantenimiento basado en el RCM para una empresa que se dedica al rubro de alquiler de maquinarias pesadas dirigidas al sector minero. Según plantea el investigador producto de aplicar el RCM la gestión de mantenimiento será optimizada y a su vez esto va a generar un incremento de la disponibilidad de las maquinarias de la empresa que presta servicios al sector minero. Dentro de sus estrategias para optimizar la gestión está implementar el mantenimiento preventivo para que se dé una reducción en el desgaste de las piezas de las maquinarias además de elaborar un programa de evaluación y compra de repuestos con un nivel de criticidad considerable. El investigador concluyo que, la implementación del RCM permite aumentar la disponibilidad de todas las maquinarias pesadas empleando herramientas propias de la gestión del mantenimiento, esto va permitir el monitoreo y mejorar de los indicadores en tiempo real del MTTR y MTBF.

También Mujica (2020), en su investigación se planteó: Realizar una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de las nueve grúas y mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa. Para ello se realizó una auditora y luego se calculó la disponibilidad de los activos así mismo se determinó el costo de mantenimiento correctivo para posteriormente compararlo con el preventivo. En este proyecto se concluyó que la aplicación del plan va

aumentar la disponibilidad de las grúas y además la propuesta resulta rentable desde el punto de vista económico y financiero.

Finalmente Orbeago (2022), en su tesis desarrolla lo siguiente: Implementa una gestión de mantenimiento basado en análisis multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria de la minería de la empresa MARSA, evaluando primero la gestión de mantenimiento inicial de los equipos de minería subterránea, después aplica el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento, determinar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos después de implementar el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento, posterior a esto realiza un análisis costo beneficio de la implementación de su proyecto. Del trabajo de investigación se concluyó que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo como parte de la gestión de mantenimiento permitió el incremento de la disponibilidad entre el 89% y 95% y en cuanto al análisis costo beneficio se tuvo una disminución considerable que permitió poner en práctica la implementación.

Seguidamente establecemos las *bases teóricas* de la investigación con la finalidad de dar mayor comprensión, el primer concepto se tiene a la minería subterránea el cual es un lugar de extracción minera que se realiza en el subsuelo, por medio de túneles o pozos (MEM, 2022).

En el contexto de la minería subterránea uno de los equipos que interviene en el proceso de carguío y acarreo es el Scooptrams es cual es un vehículo Trackless de bajo perfil, para carga y acarreo, diseñado sobre todo para realizar trabajos en minas de subsuelo, subterráneas, o en zonas con limitaciones de espacio (Alva, 2009).

El término gestión de activos, según la (ISO 55000:2014) “es una actividad coordinada de una organización para obtener valor de sus activos. El valor (que puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero) será determinado por la organización y sus partes interesadas, de acuerdo con los objetivos organizacionales”. En relación a la definición operacional de la variable independiente se establece como: la implementación de la gestión de activos beneficia en mayor proporción al área de mantenimiento de la minera subterránea, generando un historial de mantenimiento inicial, un análisis de criticidad para los

activos, la planificación del mantenimiento y finalmente el historial de mantenimiento después de la ejecución de la gestión de activos (Rodríguez, 2022)

Asimismo una de las dimensiones de la gestión de activos es el análisis de maquinaria, según Parra y Crespo (2020) define como “el proceso que posibilita establecer un orden o prioridad de procedimientos, en los activos físicos (maquinarias), crea una estructura que simplifica al momento de tomar decisiones acertadas y efectivas, dirige los esfuerzos a los recursos y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la operativa confiabilidad, basada en las realidades actuales”. Dentro de los indicadores de esta dimensión se tiene al N° de niveles taxonómicos, que se define como una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems (ubicación, uso, subdivisión de equipos, etc.) o como una clasificación de datos relevantes por medio de una jerarquía (ISO 14224:2014). Otro de los indicadores es el N° de componentes críticos, el cual es la cantidad de ítems o equipos críticos obtenidos después de realizar un análisis de criticidad (Alvarado y Sabando, 2021). El último indicador N° de fallas críticas es el número de fallas obtenidas después de realizar un análisis de criticidad y análisis de modos de fallo, efectos y criticidad (FMECA) que consiste en identificar fallas potenciales de un sistema (Flores et al., 2020)

Otra dimensión perteneciente de la gestión de activos es la programación del mantenimiento, la cual es la combinación estructurada de tareas que comprende las actividades, procedimientos, recursos y el tiempo de duración para ejecutar el mantenimiento (UNE 13306:2018). Como indicador de la programación del mantenimiento se tiene el N° de actividades de mantenimiento, las cuales son un conjunto de tareas que se realizan a cada uno de los sistemas de la maquinaria, estas pueden ser de aspecto mecánico, eléctrico, esto dependerá mucho del sistema que este fallando (Álvarez y Hernández, 2019); otro indicador es el número de horas hombre que se emplea para cada actividad, este indicador permite cuantificar el número de horas que se requiere para la realización para cada actividad de mantenimiento, si es mayor o menor esto dependerá de la dificultad de la actividad (Guerra y Montes, 2019); asimismo otro indicador de esta dimensión es la cantidad de herramientas, repuestos y consumibles por cada actividad, este

indicador permite conocer el tipo y la cantidad necesaria para cada una de las actividades y como último indicador de la programación de mantenimiento correspondiente es la frecuencia de mantenimiento el cual permite conocer cada que tiempo (horas, semanas, meses) se realizan las actividades de mantenimiento a cada equipo (Horna, 2020).

La definición conceptual de la variable dependiente (disponibilidad), se define como la garantía de que un componente o sistema que ha sido mantenido seguirá funcionando adecuadamente durante un determinado período de tiempo (Angulo et al., 2021). Para el cálculo de la disponibilidad de los Scooptrams, se requiere conocer las horas ideales de trabajo de la maquinaria, para ello se debe considerar los días que trabaja la maquinaria y las horas que realiza por turno, si trabaja un turno o dos turnos, por otro lado, se debe conocer también los tiempos que implica realizar el mantenimiento correctivo y el preventivo, así como las horas de Stand By, finalmente se debe conocer el número de averías o fallas de cada uno de los equipos a estudiar (Zamora et al., 2022). Con todo lo mencionado la disponibilidad queda expresada como:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

El MTBF, o tiempo medio entre fallos se calcula como:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo de operación}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

El MTTR, o tiempo promedio de reparación se calcula como:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

En cuanto a la normatividad, definimos un activo como aquel ítem, objeto o entidad que tiene valor real o potencial para una organización. Si se habla de un activo también se debe mencionar el ciclo de vida del mismo, el cual es el período de un activo desde la creación hasta el fin de la vida del activo (ISO 55000:2014).

Por otro lado, la planificación de la gestión de activos según (ISO 55002:2014) indica que generalmente los objetivos surgen como una necesidad de poder establecer las actividades de planificación desde una perspectiva estratégica de la organización, los cuales son plasmados mediante la documentación que detalla un plan organizacional.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Según su finalidad, la investigación es de tipo aplicada ya que se resuelve un problema y aplicando el conocimiento adquirido de fuentes como libros, artículos de investigación y tesis vinculadas a la gestión de activos, mantenimiento preventivo y determinación de la disponibilidad de la maquinaria Scooptrams. De acuerdo a su enfoque es una investigación cuantitativa ya que se tiene una hipótesis y se realiza una recolección de datos para proceder a su análisis y por su nivel es del tipo explicativo debido a que se está interesado en comprender como la gestión de activos tiene influencia en la disponibilidad de los equipos Scooptrams.

##### 3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es preexperimental, ya que no se tuvo un control sobre la variable independiente ni la dependiente por lo que no existió una manipulación de variables, también el diseño de investigación es de tipo transversal ya que solo se realizó una medición en el tiempo de análisis.

*Esquema de investigación*

$$O_1 \longrightarrow X \longrightarrow O_2$$

Donde:

**X** : Gestión de activos (tratamiento aplicado)

**O<sub>1</sub>** : Disponibilidad antes de tratamiento

**O<sub>2</sub>** : Disponibilidad después de tratamiento

## **3.2. Variables y Operacionalización**

### **Gestión de activos**

Es la variable independiente la cual esta definida como: “La gestión de activos es una actividad coordinada de una organización para obtener valor de sus activos. El valor (que puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero) será determinado por la organización y sus partes interesadas, de acuerdo con los objetivos organizacionales” (ISO 55000:2014).

### **Disponibilidad**

Es la variable dependiente de la investigación y se define como la garantía de que un componente o sistema que ha sido mantenido seguirá funcionando adecuadamente durante un determinado período de tiempo (Angulo et al., 2021)

### **Operacionalización de variables**

Anexo 1

## **3.3. Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1. Población**

La población es un grupo que está conformada por personas y elementos, de un grupo con características similares permitiéndoles ser observados y analizados en un momento determinado (Sánchez et al., 2018). Siendo así, en la presente investigación la población es una flota de 18 Scooptrams. Considerando los proyectos de minería subterránea, este es el número de promedio del portafolio de activos para el carguío. El modelo del Scooptram es el CAT R1600H debido a que Ferreyros representante de Caterpillar cuenta en la actualidad una participación en el mercado en más de 65%.

### **3.3.2. Muestra**

Según Arias y Covinos (2021), la muestra es una sección de la población, estos son componentes que representan a la población, y su elección dependerá del muestreo escogido. De tal manera que en la investigación

la muestra estuvo conformada por la población en estudio, es decir, está conformada por una flota de 18 Scooptrams CAT R1600H.

### **3.3.3. Unidad de análisis**

Según Hernández y Mendoza (2018), es toda aquella unidad que se está analizando en un estudio donde se extrae datos, dicho esto, la unidad de análisis en el presente trabajo fue un Scooptram modelo CAT R1600H.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **Técnicas**

Las técnicas relacionadas a la recolección de datos sirven como herramienta fundamental para el investigador puesto que a través de esta es posible la recaudación de la información primordial para que el proyecto de investigación reconozca características y comportamientos del caso de estudio (Hernández y Sampieri, 2019). Dentro de las técnicas que se utilizó fue la observación, mediante la cual se consiguió llevar un registro de los procesos de cada una de las acciones de mantenimiento establecidas para los equipos Scooptrams en la empresa minera subterránea y también se recurrió al análisis documental, el cual fue empleado con el propósito de conocer los planes y programas de mantenimiento que se realizan para los equipos Scooptrams. La tercera técnica empleada fue la encuesta, estuvo dirigida a los gestores, planners y supervisores de mantenimiento involucrados en el proceso de carguío, y finalmente se utilizó la entrevista con fines de entrevistar al personal de diferentes áreas implicadas en las labores de mantenimiento.

### **Instrumentos**

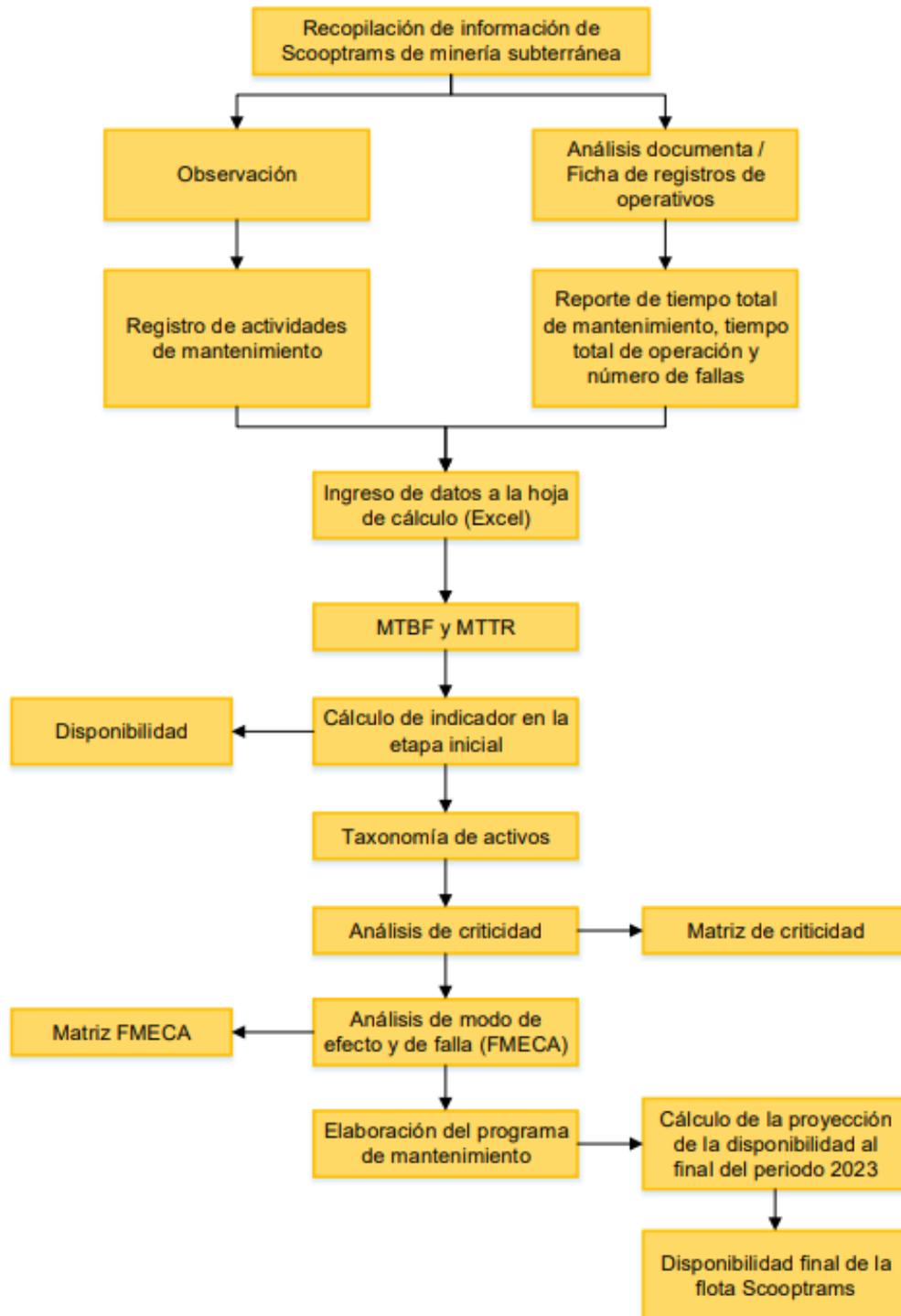
Los instrumentos de recolección de datos en un proyecto de investigación se emplean de acuerdo a su tipo, su objetivo y su técnica seleccionada. Generalmente en una investigación con enfoque cuantitativo se usa como herramienta un registro de datos (Cisneros et al., 2022). El primer instrumento que se usó fue la ficha de registro de operación, se empleó para registrar los días calendarios en los periodos de trabajo de la maquinaria, las horas por jornada, el tiempo que se empleó para el mantenimiento correctivo y preventivo, así como el número de fallas que

presentaba cada equipo. Otro de los instrumentos de la investigación fue el cuestionario, este instrumento se utilizó para la recolección de datos e información acerca del conocimiento de la gestión de activos en la empresa, así como el conocimiento del personal con respecto a los parámetros de la disponibilidad para obtener un incremento. El último instrumento fue la guía de entrevista, con este instrumento se dio a conocer la información que tienen el personal de mantenimiento de la empresa minera subterránea respecto al área de mantenimiento con relación a la gestión de activos y de cómo influye en la disponibilidad de los equipos Scooptrams.

### 3.5. Procedimientos

Figura 1.

*Procedimiento de desarrollo de la investigación*



### **3.6. Método de análisis de datos**

En la presente investigación se realizó un análisis de datos de lo flota Scooptrams, se realizaron tablas y gráficos en las hojas de cálculo Microsoft Excel, así como el uso de la herramienta estadísticas SPSS para determinar el nivel de confiabilidad del cuestionario.

En cuanto al análisis de datos para el desarrollo de la investigación, se empezó por trasladar la data hacia tablas donde se especifica diferentes características técnicas registradas en el periodo 2022 para determinar el diagnóstico inicial de las 18 maquinarias Scooptrams en cuanto a su disponibilidad, las tablas debido a la facilidad y confiabilidad de la entrega de datos fueron elaboradas en Excel, de donde incluso se pudo elaborar gráficos relacionados a la comparación de disponibilidades antes de implementar la gestión de activos y el valor de la disponibilidad después de implementar la gestión de activos con la proyección de un año.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación puso en práctica todos los buenos principios y conductas en el desarrollo del proyecto, en cuanto a la referencias y citas utilizadas en el proyecto, se trabajó con APA 7MA edición. Se priorizó respetar la metodología y la estructura de la guía vigente de la Universidad Cesar Vallejo, finalmente en compromiso con la empresa la cual nos abrió sus puertas para manejar sus datos, se asume total discreción y confidencialidad del manejo de los datos de sus maquinarias de tal manera que sea expuestos solo con fines académicos.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Determinar la disponibilidad inicial de los Scooptrams CAT R1600H de la empresa minera subterránea.**

El desarrollo de este y otros objetivos tuvieron como base la muestra de la población: 18 Scooptrams CAT R1600H (Anexo 8) debido a que estas maquinarias realizan trabajos más desgastantes en las dos jornadas de la empresa minera subterránea.

Luego, se procedió a desarrollar a la recolección de datos para determinar los fallos principales, los tiempos de manteniendo correctivo, los tiempos de manteniendo preventivo, los tiempos de operación, cabe mencionar que esta data fue proporcionada por los operadores en el área de carguío, se puede ver en el Anexo 9.

Una vez clasificada la información del tiempo total de operación, tiempo total de mantenimiento y el número de fallas de las maquinarias Scooptrams nos damos cuenta que durante los cinco meses en el periodo 2022 iniciando desde el mes de Agosto y terminando en diciembre, se tuvo inicialmente 37 fallas en promedio mientras que el promedio del tiempo total de operación fue de 2688.11 hrs. y el promedio total de mantenimiento fue de 311.89 hrs. (Anexo 10), estos promedios aún pueden ser optimizados implementando la gestión de activos con la finalidad de incrementar la disponibilidad de la flota de Scooptrams.

Luego de tener los registros operativos se procedió a realizar el cálculo de indicadores de mantenimiento de acuerdo al Anexo 10 (tabla 29), el análisis abarca 5 meses del periodo 2022, cubriendo las dos jornadas de 9.5 h cada una y considerando que en la empresa minera no hay parada en la producción, es decir los equipos trabajaron todos los días.

En la tabla 29 se tiene el número de fallas, el tiempo entre fallas y el tiempo de reparación, entre otros. Usando las ecuaciones descritas en el marco teórico obtenemos el tiempo promedio de reparación (MTTR), el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y la disponibilidad.

**Tabla 1***Indicadores de mantenimiento inicial*

Nº	Equipo	Horas calend.	Nº de fallas	Tiempo total de operación	Tiempo total de Mantto	MTBF	MTTR	Disp.
1	SCOOP (S-662)	2869	42	2521	329	60.02	7.83	88.46%
2	SCOOP (S-663)	2869	43	2530	322	58.84	7.49	88.71%
3	SCOOP (S-664)	2869	42	2516	332	59.90	7.90	88.34%
4	SCOOP (S-665)	2869	42	2528	323	60.19	7.69	88.67%
5	SCOOP (S-670)	2869	38	2528	320	66.53	8.42	88.76%
6	SCOOP (S-677)	2869	36	2525	325	70.14	9.03	88.60%
7	SCOOP (S-680)	2869	44	2507	341	56.98	7.75	88.03%
8	SCOOP (S-682)	2869	43	2519	330	58.58	7.67	88.42%
9	SCOOP (S-684)	2869	44	2516	332	57.18	7.55	88.34%
10	SCOOP (S-686)	2869	44	2530	323	57.50	7.34	88.68%
11	SCOOP (S-688)	2869	41	2522	324	61.51	7.90	88.62%
12	SCOOP (S-690)	2869	43	2520	330	58.60	7.67	88.42%
13	SCOOP (S-692)	2869	43	2519	328	58.58	7.63	88.48%
14	SCOOP (S-694)	2869	42	2502	348	59.57	8.29	87.79%
15	SCOOP (S-696)	2869	40	2508	342	62.70	8.55	88.00%
16	SCOOP (S-698)	2869	44	2512	334	57.09	7.59	88.26%
17	SCOOP (S-700)	2869	46	2516	335	54.70	7.28	88.25%
18	SCOOP (S-702)	2869	39	2521	326	64.64	8.36	88.55%

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación**

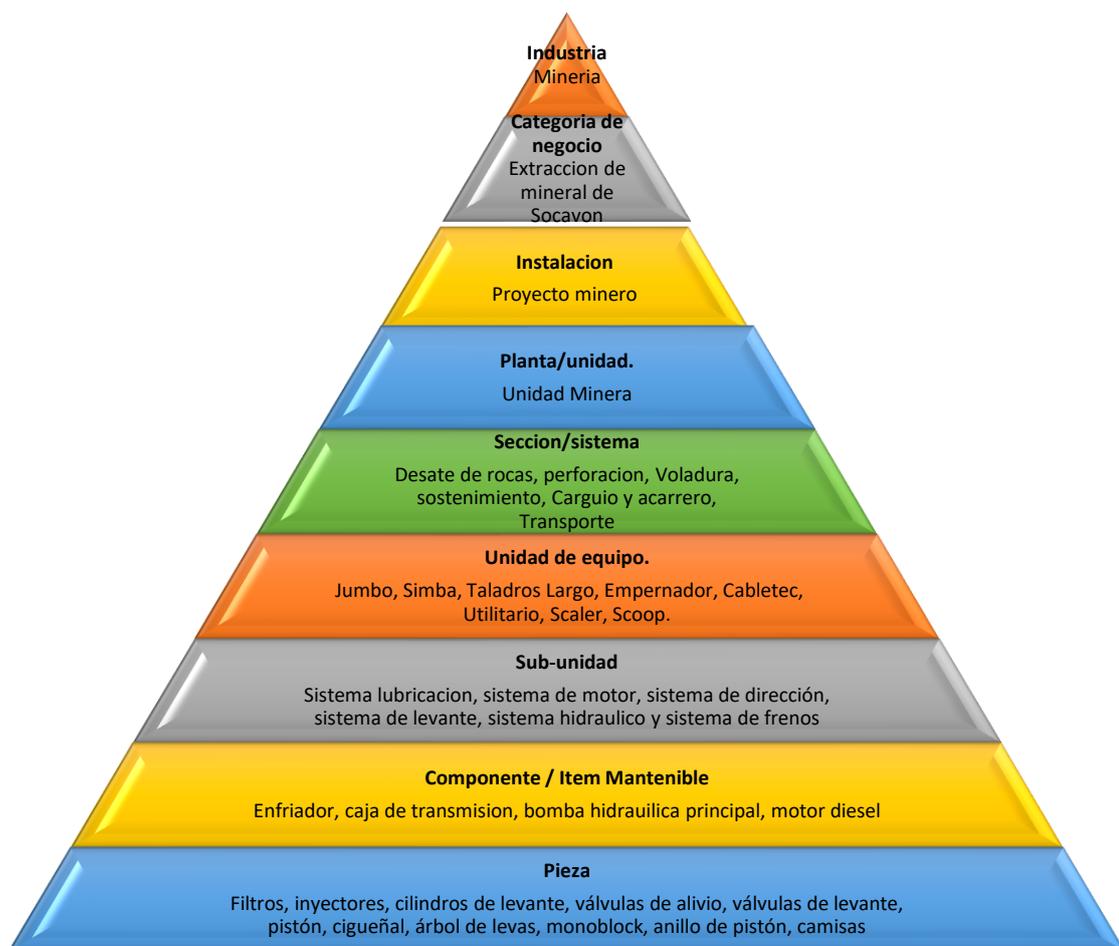
En la tabla 1 se calculó el tiempo promedio entre fallas (MTBF), el tiempo promedio de reparación (MTTR) y la disponibilidad, logrando observar que en todos casos el MTTR tiene un valor por encima de lo normal para un Scooptram que opera en una minería subterránea y en el caso del MTBF los valores deberían de aumentar. En cuanto a la disponibilidad inicial se calculó que todos los equipos Scooptrams superan el 88% pero no llegan al 89%, teniendo un promedio de disponibilidad general para la flota de 88.41 %, dicha disponibilidad aun es capaz de poder ser incrementada en 1 – 2% en la proyección de un año mediante la implementación de la gestión de activos.

#### 4.2. Elaborar la taxonomía de los activos, análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas (FMECA) de los Scooptrams

Se realizó la taxonomía de activos correspondiente a toda la empresa minera subterránea, pudiendo ordenar y clasificar los activos hasta un nivel 9, donde se detallan las piezas de cada componente del Scooptrams. Cabe mencionar que la taxonomía de activos para la empresa minera subterránea fue elaborada en base a la ISO 14224:2016, donde dicha norma detalla los niveles taxonómicos y la manera en cómo se da la jerarquización. En la tabla 30 y 31 (Anexo 11) se detalla los equipos Scooptrams acorde con los niveles taxonómicos. A continuación, se muestra la pirámide taxonómica elaborada:

**Figura 2.**

*Taxonomía ISO 14224:2016 a nivel mina*



*Fuente:* Elaboración Propia

## Interpretación

En la figura 2 se clasificó desde el tipo de industria hasta llegar al mínimo activo dentro de la minera subterránea, estableciendo así en la empresa minera subterránea un orden jerárquico el cual va desde el nivel 1 que representa la industria minera, seguido del nivel 2, el cual pertenece a la extracción del mineral del socavón, luego está el nivel 3 a nivel de instalación como proyecto minero, el nivel 4 a nivel de planta/unidad que comprende la unidad minera subterránea, en el nivel 5 se tiene la sección o sistema el cual abarca todos los procesos que se dan en mina, en el nivel 6 se tiene las maquinarias que intervienen en los procesos, en cuanto al nivel 7 se encuentran las subunidades de las maquinarias, el nivel 8 abarca todos los componentes o ítems mantenibles, mientras en el nivel 9, es el nivel de detalle donde se clasifican cada una de las piezas por componente.

Como parte del objetivo específico también se realizó el análisis de modo y efecto de fallas (FMECA) a las maquinarias Scooptrams, pero antes de realizar este análisis se hizo un cálculo de criticidad de cada maquinaria mostrado en la tabla 2 de acuerdo a los criterios de criticidad mostrado en la tabla 32 (Anexo 12) y de la matriz de criticidad de criticidad de las figuras 7, 8 y 9 (Anexo 13).

**Tabla 2**

*Análisis de criticidad de las maquinarias Scooptrams*

ITEM	SECCION	CODIGO INTERNO	ITEMS DE PONDERACION											ESCALA	
			1	2	3a	3b	3c	3d	4	5	6	7	8		TOTAL
1	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-662)	2	3	1	1	1	1	0	1	1	0	1	12	Importante
2	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-663)	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	1	16	Critico
3	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-664)	0	3	1	1	1	1	2	1	2	0	1	13	Importante
4	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-665)	2	3	1	1	1	1	0	1	2	1	0	13	Importante
5	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-670)	0	3	1	1	1	1	2	1	1	0	1	12	Importante
6	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-677)	2	3	1	1	1	1	0	1	2	0	0	12	Importante
7	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-680)	2	3	1	1	1	1	2	1	2	0	0	14	Importante

8	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-682)	2	3	1	1	1	1	0	1	2	1	1	14	Importante
9	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-684)	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	1	16	Critico
10	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-686)	0	3	1	1	1	1	2	1	2	0	1	13	Importante
11	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-688)	0	3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	10	Regular
12	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-690)	2	3	1	1	1	1	0	1	2	0	0	12	Importante
13	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-692)	2	3	1	1	1	1	2	1	2	0	0	14	Importante
14	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-694)	2	3	1	1	1	1	0	1	2	0	1	13	Importante
15	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-696)	0	3	1	1	1	1	0	1	2	0	1	11	Importante
16	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-698)	2	3	1	1	1	1	0	1	2	1	0	13	Importante
17	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-700)	2	3	1	1	1	1	2	1	1	0	1	14	Importante
18	Carguío y Acarreo	SCOOP (S-702)	0	3	1	1	1	1	2	1	1	0	1	12	Importante

### Interpretación

Se elaboró el análisis de criticidad para los 18 Scooptrams CAT R1600H de la empresa minera subterránea, obteniendo que 1 maquinaria Scoop está dentro de la escala de criticidad REGULAR, 15 maquinarias Scoop están dentro de una escala de criticidad IMPORTANTE Y 2 maquinarias Scoop están en una escala de criticidad CRITICA.

Una vez elaborado el análisis de criticidad de todos los equipos Scoop de la minería subterránea, se procedió a realizar el análisis FMECA (Tabla 3), para su realización los datos fueron recolectados de los apuntes de los operarios, pudiendo así elaborar la matriz FMECA de los 18 Scooptrams CAT R1600H.

**Tabla 3**

*Análisis de modos y efectos de falla (FMECA)*

<b>Análisis de Modo Efecto Falla (FMECA)</b>					
<b>Proceso:</b> Carguío y acarreo					
<b>Maquinaria:</b> Scooptrams					
<b>Elemento</b>	<b>Función</b>	<b>Modo de falla</b>	<b>Efecto de falla</b>	<b>Causa de falla</b>	<b>Acciones correctivas/preventivas</b>
Bomba hidráulica	Se en carga de transformar la energía mecánica en energía hidráulica, por medio de un fluido incompresible	Ruido o vibraciones anómalos	Consumo excesivo de energía	Exceso en límites permisibles de carga	Inspección y seguimiento en sobrecargas
			Desgaste prematuro	Desgaste abrasivo entre componentes	Tratamiento superficial de los componentes
				Desajuste de piezas	Inspección en los ajustes entre piezas
		Fenómeno de cavitación	Pérdida de eficiencia	Insuficiencia de la energía NPSH en el lado de admisión de la bomba	Verificación de los parámetros de acuerdo a su ficha técnica
			Desgaste en el rodete	Generación de burbujas dentro de la bomba	Implementación de un sistema de monitoreo con sensores de presión
		Desalineación de eje	Rotura o desgaste de acoplamientos	Desalineación entre el eje que une la bomba hidráulica con el motor	Comprobación y alineación de ejes con un equipo de medición laser
			Rotura o fisura en el eje		
			Desplazamientos laterales de los ejes		
Aceite hidráulico	Es aquel fluido no compresible, encargado de transmitir potencia variando la	Contaminación	Obstrucción de los circuitos hidráulicos	Ingreso de partículas contaminantes del exterior	Correcto manejo del aceite al momento de su cambio
				Partículas por oxidación o desgaste	Inspección de las condiciones de las tuberías

	presión y poner en marcha el sistema hidráulico del Scooptram			de las tuberías	
				Procedimiento incorrecto al momento del cambio de los filtros	Revisión del procedimiento del manual para cambio de filtros
		Fugas	Perdida de aceite	Fugas en las conexiones o por deterioro en las líneas hidráulicas	Verificación de las tuberías, mangueras y conexiones hidráulicas
		Perdida de propiedades	Recalentamiento del aceite	Desgaste y fricción de los componentes	Muestra y/o cambio de aceite hidráulico
Deposito del aceite hidráulico	Esta encargada de almacenar el aceite hidráulico, pero a su vez es usado para enfriar y proteger, precipitando las impurezas del aceite	Sobrepresión	Alteración de la presión del circuito hidráulico	Válvula de alivio obstruida o con defectos	Cambio de la válvula de alivio
		Fuga	Derrame de aceite	Perforación del tanque	Cambio o reparación del tanque
Monoblock	Es el elemento principal del motor ya se es la estructura donde se sitúa el cigüeñal, los pistones, árbol de levas, culata y el cárter	Deformación	Desalineación de componentes móviles	Recalentamiento	Inspección y/o cambio de aceite del motor
		Fisuras	Rotura del monoblock	Daños internos en el motor	Inspección visual
		Aumento de temperatura	Fundición del motor	Refrigeración deficiente	Cambio de refrigerante
Pistón	Es la pieza móvil cuya función es transmitir la energía de los gases de la combustión al cigüeñal	Desgaste	Recalentamiento	Lubricación ineficiente	Inspección de las líneas de lubricación
			Desgaste abrasivo	Incorrecta calibración de holgura	Revisión de la holgura
		Agripamiento	Fundición del motor	Lubricación ineficiente	Inspección de las líneas de lubricación

Anillos del pistón	Evitar que el lubricante entre del depósito de aceite hacia la cámara de combustión provocando el escape de los gases de combustión	Desgaste	Escape de aceite a la cámara de combustión	Anillos pegados	Cambio de anillo
		Rotura	Consumo excesivo de aceite	Anillo inadecuado	Inspección y/o cambio de anillo
Camisas	Su función es aislar la cámara de combustión para que las altas temperaturas no escapen y dañen partes del motor	Desgaste	Perdida de compresión	Camisas desgastadas	Cambio de camisas
		Deformación	Perdida de potencia en el motor	Conicidad y ovulación de la superficie del monoblock	Rectificación del monoblock
Cigüeñal	Se encarga de convertir el movimiento rectilíneo de la biela y el pistón a un movimiento rotativo	Rotura	Golpeteo	Sobrecarga fuera de los límites permisibles	Cambio de cigüeñal
		Deformación	Desgaste de cojinete central	Alteración de aceleraciones	Inspección de cojinete central
Culata	Sellar superiormente para evitar la pérdida de compresión	Grieta	Perdida de potencia en el motor	Válvulas desgastadas	Inspección de válvulas de admisión
		Alabeada	Superficie de culata irregular	Filtración de líquido hacia la cámara de combustión	Rectificación de la culata
Árbol de levas	Controla la sincronización de las válvulas de admisión y de escape	Desgaste	Vibración de los balancines	Falta de lubricación	Verificación de lubricación
		Desincronización	Perdida de potencia en el motor	Juego axial excesivo	Inspección del juego axial
Caja de transmisión	Se utiliza para incrementar	Desgaste	Atascamiento de los	Falta de lubricación	Verificación tribológica

		el par de salida o variar la velocidad del motor	engranajes		
		Vibración	Ruido excesivo	Piezas desajustadas	Inspección de ajuste de piezas
Cuchara	Se utiliza para acarreo y carguío de los minerales	Desgaste	Desgaste de dientes	Mala maniobra del operador al momento de carguío y acarreo	Cambio de dientes
			Desgaste en esquineros		Tratamiento superficial de los componentes
			Desgaste en planchas		Tratamiento superficial de los componentes
			Desgastes laterales		Tratamiento superficial de los componentes

*Fuente:* Elaboración Propia

### Interpretación

Se elaboró el análisis de modo y efecto de fallas, logrando detectar el modo de falla, el efecto de falla y la causa de falla de cada uno de los sistemas del Scooptrams CAT R1600H ya sea el sistema hidráulico, el sistema de transmisión, el motor y parte de la estructura de la maquinaria. Además de detectar los efectos y fallas también se detalló las acciones correctivas o preventivas que se debe realizar de acuerdo a la falla que pueda sufrir algún componente del sistema del Scooptram.

### 4.3. Elaborar un programa de mantenimiento preventivo para los Scooptrams de la empresa minera subterránea

Se elaboró un programa de mantenimiento preventivo con la finalidad de ser una fuente confiable del operador, técnico de mantenimiento o algún otro personal dentro del área de mantenimiento encargado de realizar el mantenimiento preventivo para la maquinaria Scooptram CAT R1600H, todo ello con la mira a reducir el nivel de criticidad de las maquinarias que se encuentren en un nivel crítico y reducir las paradas.

**Tabla 4**

*Programa de mantenimiento preventivo para los Scooptrams CAT R1600H*

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA SCOOPTRAM - MINERA SUBTERRANEA																												
Detalles generales			Personal			Herramientas			Repuestos			Consumibles			Frecuencia (Hrs)													
Sistema	Componente	Actividad	Cant.	Categoría	HH (Hrs)	Cant.	Descripción	Observación	Cant.	Descripción	Unid.	Descripción	Cant.	Unid.	125	250	500	1000	2000	5000								
Mando	Cambio de mando final DD	01	Técnico Mecánico	08	01	Set. De herramientas - mecanico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Mando final delantero derecho	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.															
		02	Ayudante Técnico Mecánico	16	01	Teclde de 2 Tn	-					0.5	Lt.															
		01			01	Surtidor de aceite	-					0.5	Kg.															
		01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Mando final delantero izquierdo			Und.	Trapo Industrial	01	Kg.													
		02	Ayudante Técnico Mecánico	16	01	Teclde de 2 Ton.	-							0.5	Lt.													
		01			01	Surtidor de aceite	-							0.5	Kg.													
	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Mando final posterior derecho	Und.	Trapo Industrial	01			Kg.														
	02	Ayudante Técnico Mecánico	16	01	Teclde de 2 Ton.	-					0.5			Lt.														
	01			01	Surtidor de aceite	-					0.5			Kg.														
	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Mando final posterior izquierdo			Und.	Trapo Industrial	01	Kg.														
	02	Ayudante Técnico Mecánico	16	01	Teclde de 2 Ton.	-							0.5	Lt.														
	01			01	Surtidor de aceite	-							0.5	Kg.														
	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	-	-	-	-			-	-	Trapo Industrial	01	Kg.											
	02	Ayudante Técnico Mecánico	16	01	Teclde de 1 Ton.	-										0.5	Lt.											
	01			01	Surtidor de aceite	-										0.5	Kg.											

Lubricación	Cambio de filtro de aceite	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de aceite N/P 5541 4896 00	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.												
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02							Solvente Desengrasante	0.5	Lt.												
											Grasa	0.5	Kg.												
	Cambio de aceite de mandos finales	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	-	-	-	-	Trapo Industrial	01	Kg.											
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02								Solvente Desengrasante	0.5	Lt.											
												Grasa	0.5	Kg.											
	Cambio de aceite de mandos finales	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	-	-	-	-	Trapo Industrial	01	Kg.											
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02								Solvente Desengrasante	0.5	Lt.											
												Grasa	0.5	Kg.											
	Cambio de aceite de transmisión	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	-	-	-	-	Trapo Industrial	01	Kg.											
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02								Solvente Desengrasante	0.5	Lt.											
												Grasa	0.5	Kg.											
	Cambio de aceite diferenciales	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	-	-	-	-	Trapo Industrial	01	Kg.											
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02								Solvente Desengrasante	0.5	Lt.											
												Grasa	0.5	Kg.											
	Transmisión	Cambio de neumático DD	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Neumatico Bridgestone 18.00x25,24pl ay,L5S*	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.											
			02	Ayudante Técnico Mecánico	16							01	Tecl de 1 Ton.	-											
												01	Surtidor de aceite	-											
		Cambio de neumático DI	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Neumatico Bridgestone 18.00x25,24pl ay,L5S*	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.											
			02	Ayudante Técnico Mecánico	16							01	Tecl de 1 Ton.	-											
												01	Surtidor de aceite	-											
		Cambio de neumático PD	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Neumatico Bridgestone 18.00x25,24pl ay,L5S*	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.											
			02	Ayudante Técnico Mecánico	16							01	Tecl de 1 Ton.	-											
												01	Surtidor de aceite	-											
Cambio de neumático PI		01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Neumatico Bridgestone 18.00x25,24pl ay,L5S*	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.												
		02	Ayudante Técnico Mecánico	16							01	Tecl de 1 Ton.	-												
											01	Surtidor de aceite	-												
Revisión e inspección del Paquete de Freno		01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	-	-	-	-	Trapo Industrial	01	Kg.											
		02	Ayudante Técnico Mecánico	16								01	Tecl de 1 Ton.	-											
												01	Surtidor de aceite	-											
Eje		Revisión e inspección de corona diferencial	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	-	-	-	Trapo Industrial	01	Kg.											
			02	Ayudante Técnico Mecánico	16							01	Tecl de 1 Ton.	-											
												01	Surtidor de aceite	-											
		Revisión e inspección de línea de propulsión delantera	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Power train línea de propulsión delantera	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.											
			02	Ayudante Técnico Mecánico	16							01	Tecl de 2 Ton.	-											
												01	Eslinga de Nylon	-											
		Revisión e inspección de línea de propulsión posterior	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Power train línea de propulsión posterior	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.											
			02	Ayudante Técnico Mecánico	16							01	Tecl de 2 Ton.	-											
												01	Eslinga de Nylon	-											

Actuador	Cambio de bomba de trasmisión	01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Bomba de Transmision N/P 5580 0077 02	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.										
		01	Ayudante Técnico Mecánico	04	01	Teclde de 2 Ton.	-					Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
		01			01	Eslinga de Nylon	-					Grasa	0.5	Kg.									
	Cambio de caja transferencia	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Cada de Transferencia (UPBOX) N/P 5580 0054 50	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.										
		02	Ayudante Técnico Mecánico	16	01	Teclde de 2 Ton.	-					Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
		01			01	Surtidor de aceite	-					Grasa	0.5	Kg.									
	Cambio pedal de aceleración	01	Técnico Mecánico	08	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Pedal de aceleracion N/P 5541 0758 00	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.										
		02	Ayudante Técnico Mecánico	16	01	Teclde de 2 Ton.	-					Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
		01			01	Surtidor de aceite	-					Grasa	0.5	Kg.									
	Refrigeración	Cambio de filtro de enfriador de motor	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de enfriador N/P 5541 8307 00	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.									
			01	Ayudante Técnico Mecánico	02								Solvente Desengrasante	0.5	Lt.								
													Grasa	0.5	Kg.								
Cambio bomba de agua		01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Bomba de agua N/P 5580 0066 30	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.										
		01	Ayudante Técnico Mecánico	04	01	Teclde de 2 Ton.	-					Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
					01	Eslinga de Nylon	-					Grasa	0.5	Kg.									
Cambio de termostato		01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Termostato N/P 5580 0066 14	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.										
		01	Ayudante Técnico Mecánico	04	01	Teclde de 2 Ton.	-					Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
					01	Eslinga de Nylon	-					Grasa	0.5	Kg.									
Cambio de radiador del motor		01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Radiador N/P 5580 0047 66	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.										
		01	Ayudante Técnico Mecánico	04	01	Teclde de 2 Ton.	-					Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
					01	Eslinga de Nylon	-					Grasa	0.5	Kg.									
Lubricación	Cambio de filtro y aceite de motor	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de aceite	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.										
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02								Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
												Grasa	0.5	Kg.									
Motor	Eléctrico	01	Tecnico electricista	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Arrancador	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.										
		01	Ayudante Técnico Mecánico	04																			
	Cambio de alternador	01	Tecnico electricista	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Alternador	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.										
		01	Ayudante Técnico Mecánico	04																			

Combustión	Cambio de filtro de combustible secundario	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de combustible secundario N/P 5580 0066 39	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.									
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02							Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
											Grasa	0.5	Kg.									
	Cambio de filtro de aire exterior	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de aire exterior N/P 3222 1881 51	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.									
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02							Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
											Grasa	0.5	Kg.									
	Cambio de filtro de aire cartucho de seguridad	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de aire cartucho de seguridad N/P 3222 1881 52	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.									
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02							Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
											Grasa	0.5	Kg.									
	Cambio de filtro de combustible	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de combustible N/P 5580 0078 57	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.									
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02							Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
											Grasa	0.5	Kg.									
	Cambio de filtro separador de agua	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de separador de agua N/P 3976312	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.									
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02							Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
											Grasa	0.5	Kg.									
	Lubricación	Cambio de filtro de aceite hidráulico	01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de aceite hidráulico	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.								
			01	Ayudante Técnico Mecánico	02							Solvente Desengrasante	0.5	Lt.								
												Grasa	0.5	Kg.								
Cambio de filtro de aceite de altapresión		01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Filtro de aceite	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.									
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02							Solvente Desengrasante	0.5	Lt.									
											Grasa	0.5	Kg.									
Cambio de aceite de motor		01	Técnico Mecánico	02	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	-	-	-	-	Trapo Industrial	01	Kg.								
		01	Ayudante Técnico Mecánico	02								Solvente Desengrasante	0.5	Lt.								
												Grasa	0.5	Kg.								
												Aceite movil DELVAC 15W-40	43.8	Gln.								
Hidraulico		Cambio de bomba levante y volteo	01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Bomba de levante de volteo N/P 5541 0085 00	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.								
			01	Ayudante Técnico Mecánico	04							01	Teclé de 2 Ton.	-								
					01							Eslinga de Nylon	-									
	Cambio de cilindros de dirección	01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Cilindro de dirección N/P 5580 0042 58	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.									
		01	Ayudante Técnico Mecánico	04							01	Teclé de 2 Ton.	-									
											01	Eslinga de Nylon	-									
	Cambio pasadores y bocinas cilindro dirección	01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	02	Pasador cilindro N/P 5580 0065 68	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.									
		01	Ayudante Técnico Mecánico	04							01	Teclé de 2 Ton.	-	02	Pasador cilindro N/P 5580 0065 68	Und.	Solvente Desengrasante	0.5	Lt.			
											01	Eslinga de Nylon	-	04	Pasador cilindro N/P 5575 7008 90	Und.	Grasa	0.5	Kg.			

Main frame	Power Frame	Cambio de power frame	01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Power frame P/N 5580 0073 77	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.											
			01	Ayudante Técnico Mecánico	04	01	Tecl de 2 Ton.	-				Solvente Desengrasante	0.5	Lt.											
			01		04	01	Eslinga de Nylon	-				Grasa	0.5	Kg.											
		Cambio de pasador articulador	01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Swivel P/N 5575 3132 00	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.											
			01	Ayudante Técnico Mecánico	04	01	Tecl de 2 Ton.	-				Solvente Desengrasante	0.5	Lt.											
			01		04	01	Eslinga de Nylon	-				Grasa	0.5	Kg.											
	Load Frame	Cambio de cuchara 6.50 Yards cúbicas	01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	01	Cuchara 6.50 Yards N/P 5580 0177 81	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.											
			01	Ayudante Técnico Mecánico	04	01	Tecl de 2 Ton.	-				Solvente Desengrasante	0.5	Lt.											
			01		04	01	Eslinga de Nylon	-				Grasa	0.5	Kg.											
			01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico				01	Load Frme P/N 5575 7009 56	Und.	Trapo Industrial	01	Kg.								
			01	Ayudante Técnico Mecánico	04	01	Tecl de 2 Ton.	-							Solvente Desengrasante	0.5	Lt.								
			01		04	01	Eslinga de Nylon	-							Grasa	0.5	Kg.								
		Cambio pasadores y bocinas sistema de levante	01	Técnico Mecánico	04	01	Set de Herramientas - Mecánico	Ref. Set Básico - Mecánico	02	Pasador cilindro N/P 5575 7009 49	Und.	Trapo Industrial	1	Kg.											
						01	Tecl de 2 Ton.	-	02	Pasadpr cilindro N/P 5575 7009 37	Und.														
						01			02	Pasador boom N/P 5575 7009 21	Und.														
			01	Ayudante Técnico Mecánico	04	01	Eslinga de Nylon	-	02	Pasador cucharon N/P 5575 7020 55	Und.				Solvente Desengrasante	0.5	Lt.								
									04	Bocina cilindro N/P 5575 7008 92	Und.														
									02	Bocina boom N/P 5575 7009 16	Und.														
02	Bocina boom N/P 5575 7009 15	Und.	Grasa	0.5	Kg.																				
08	Pin Seal Boom N/P 5541 0488 00	Und.																							

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que el costo de la implementación del programa de mantenimiento se detalló en el anexo 15 (Tabla 33), el monto implica un gasto de \$447608.63, equivalente a S/1609195.10 para el mantenimiento de la flota de Scooptrams.

#### 4.4. Determinar la disponibilidad de los Scooptrams después de ejecutar la implementación de la gestión de activos.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de criticidad y el análisis FMECA, se espera en la proyección de aquí a un año (todo el periodo 2023) después de la implementación de la gestión de activos que las fallas críticas en los equipos Scooptrams se resuelvan, cabe mencionar que 2 maquinarias están en estado crítico, las cuales representan un 11.11%, quedando así maquinarias con una escala de criticidad entre regular e importante, las cuales representaran un 88.89%. El valor proyectado de los indicadores de mantenimiento al final del periodo 2023 serán:

Para el MTTR proyectado en un año:

$$MTTR_{proyectada} = MTTR_{inicial} \times 88.89\%$$

Para el MTBF proyectado en un año:

$$MTBF_{proyectada} = (MTTR_{inicial} - MTTR_{proyectada}) + MTBF_{inicial}$$

Para la disponibilidad proyectado en un año:

$$Disponibilidad_{proyectada} = \frac{MTBF_{proyectada}}{MTBF_{proyectada} + MTTR_{proyectada}}$$

**Tabla 5**

*Indicadores de mantenimiento final a un año de proyección*

ITEM	Equipo	MTTR Proyectada	MTBF Proyectada	Disponibilidad (%) Proyectada
1	SCOOP (S-662)	6.96	60.89	89.74%
2	SCOOP (S-663)	6.66	59.67	89.96%
3	SCOOP (S-664)	7.03	60.78	89.64%
4	SCOOP (S-665)	6.84	61.04	89.93%
5	SCOOP (S-670)	7.49	67.46	90.01%
6	SCOOP (S-677)	8.02	71.14	89.86%
7	SCOOP (S-680)	6.89	57.84	89.36%

8	SCOOP (S-682)	6.82	59.43	89.70%
9	SCOOP (S-684)	6.71	58.02	89.64%
10	SCOOP (S-686)	6.53	58.32	89.94%
11	SCOOP (S-688)	7.02	62.39	89.88%
12	SCOOP (S-690)	6.82	59.46	89.71%
13	SCOOP (S-692)	6.78	59.43	89.76%
14	SCOOP (S-694)	7.37	60.49	89.15%
15	SCOOP (S-696)	7.60	63.65	89.33%
16	SCOOP (S-698)	6.75	57.93	89.57%
17	SCOOP (S-700)	6.47	55.50	89.56%
18	SCOOP (S-702)	7.43	65.57	89.82%

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 6**

*Comparación de indicadores de mantenimiento inicial y final*

ITEM	Equipo	MTBF Proyec.	MTBF Proyec.	MTTR Inicial	MTTR Proyec.	Disponibilidad (%) Inicial	Disponibilidad (%) Proyectada
1	SCOOP (S-662)	60.02	60.89	7.83	6.96	88.46%	89.74%
2	SCOOP (S-663)	58.84	59.67	7.49	6.66	88.71%	89.96%
3	SCOOP (S-664)	59.90	60.78	7.90	7.03	88.34%	89.64%
4	SCOOP (S-665)	60.19	61.04	7.69	6.84	88.67%	89.93%
5	SCOOP (S-670)	66.53	67.46	8.42	7.49	88.76%	90.01%
6	SCOOP (S-677)	70.14	71.14	9.03	8.02	88.60%	89.86%
7	SCOOP (S-680)	56.98	57.84	7.75	6.89	88.03%	89.36%
8	SCOOP (S-682)	58.58	59.43	7.67	6.82	88.42%	89.70%
9	SCOOP (S-684)	57.18	58.02	7.55	6.71	88.34%	89.64%
10	SCOOP (S-686)	57.50	58.32	7.34	6.53	88.68%	89.94%
11	SCOOP (S-688)	61.51	62.39	7.90	7.02	88.62%	89.88%
12	SCOOP (S-690)	58.60	59.46	7.67	6.82	88.42%	89.71%
13	SCOOP (S-692)	58.58	59.43	7.63	6.78	88.48%	89.76%
14	SCOOP (S-694)	59.57	60.49	8.29	7.37	87.79%	89.15%
15	SCOOP (S-696)	62.70	63.65	8.55	7.60	88.00%	89.33%
16	SCOOP (S-698)	57.09	57.93	7.59	6.75	88.26%	89.57%
17	SCOOP (S-700)	54.70	55.50	7.28	6.47	88.25%	89.56%
18	SCOOP (S-702)	64.64	65.57	8.36	7.43	88.55%	89.82%
Promedio		60.18	61.06	7.89	7.01	88.41%	89.70%

*Fuente: Elaboración propia*

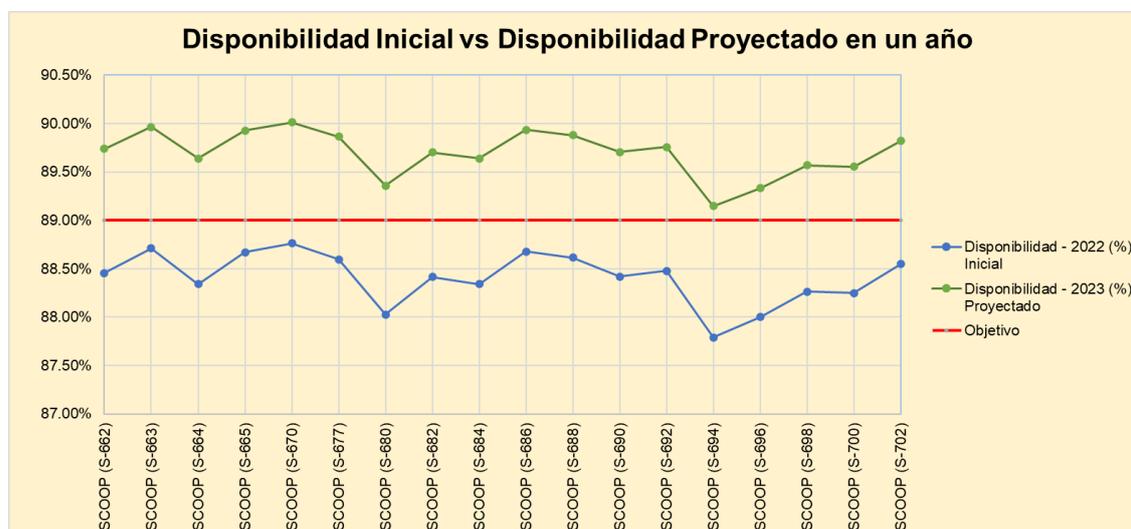
## Interpretación

En la tabla 6 se muestra los resultados de la proyección de los indicadores de mantenimiento final en la proyección de un año, observando que se pudo dar un incremento en el MTBF, una disminución del MTTR y en cuanto a la disponibilidad se produce un incremento.

En la figura 3 se detalla la comparación entre los resultados de los indicadores de mantenimiento en el periodo 2022 y después de la implementación de la gestión de activo a lo largo de todo el 2023. El promedio de la disponibilidad fue de 88.41% mientras con la implementación de la gestión de activos en la proyección de un año se espera que aumente a 89.70% generándose así un incremento del 1.29% en un año.

**Figura 3.**

*Comparativo de la disponibilidad antes y después de la gestión de activos*



*Fuente: Elaboración propia*

## Interpretación

Se realizó la gráfica comparativa de la disponibilidad de cada maquinaria de la empresa minera subterránea, observando que producto de la implementación de la gestión de activos cada maquinaria logra aumentar su disponibilidad, logrando así la optimización planteada en los objetivos.

## V. DISCUSIÓN

El desarrollo de este trabajo de investigación tuvo las siguientes similitudes y discrepancias con las investigaciones previas analizadas y descritas en el marco teórico.

En el trabajo de Gómez (2019), se evidenció que en la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. titular de la unidad minera San Vicente, la disponibilidad de los Scooptram de la empresa están en un 84.5% lo cual no es suficiente para cubrir la demanda, siendo necesario establecer un plan de gestión del mantenimiento para los equipos de acarreo aplicando estrategias e incrementar la disponibilidad mecánica. De acuerdo con dicha investigación, en el presente trabajo se identificaron los Scooptrams pertenecientes a la flota minera para luego revisar los registros operativos de cada maquinaria obteniendo las horas de mantenimiento correctivo, horas de mantenimiento preventivo, horas de Stand By y número de fallas, pudiendo determinar que la disponibilidad inicial dentro de los cinco últimos meses del periodo 2022 está en un promedio de 88.4% por cada equipo.

En el proyecto de investigación de Mayorca (2019), las maquinarias pesadas para el sector minero, de la empresa no contaba con un sistema de gestión de activos que use el análisis FMECA con el cual se pueda disminuir las fallas en dichas maquinarias, es por ello que se urge de un análisis FMECA que pueda detectar las fallas que producen las paradas inesperadas. En concordancia con esta investigación, en el presente trabajo previo a realizar el análisis FMECA se elaboró un análisis de criticidad que nos permitió identificar las maquinarias con fallas críticas y en el análisis FMECA estas fallas fueron estudiadas a fondo determinando el modo, efecto y causa de falla, para luego tomar una acción preventiva/correctiva.

En el proyecto de investigación de Mujica (2020), quedó evidenciado que en la empresa AGROMAR SAC sus maquinarias pesadas producto de contar con una planificación de mantenimiento que abarque la programación de actividades de mantenimiento, la disponibilidad de estas maquinarias está por debajo del 85% requiriendo establecerse un programa que cumpla con las expectativas enfocado en el incremento de la disponibilidad. En similitud con el proyecto de investigación

antes mencionado, se realizó un programa de mantenimiento el cual está enfocado en reducir y/o eliminar las fallas críticas de las maquinarias Scooptrams para de esta forma generar un impacto positivo en la disponibilidad, logrando su optimización.

En el proyecto de investigación de Orbegozo (2022), como resultado se obtuvo para la maquinaria Scooptrams un incremento de disponibilidad del 90% al 96 % implementando la gestión del mantenimiento basado en multicriterio. La presente investigación desarrollada entra en discrepancia con el proyecto antes mencionado en cuanto al rango de disponibilidad incrementada producto de implementar la gestión de mantenimiento, puesto que, las maquinarias Scooptrams dentro del sector minero tienen un trabajo altamente demandante es por eso que a pesar que se implemente una estrategia para incrementar la disponibilidad se puede hacer de un 0.5% a 2% en una proyección de uno a dos años, tal como se evidencia en nuestro proyecto de investigación generando un incremento mínimo de disponibilidad en la proyección de un año.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Se logró determinar la disponibilidad inicial de los 18 Scooptrams, obteniéndose el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación. Con el análisis inicial se calculó un MTBF promedio de 60.18 horas, un MTTR promedio de 7.89 horas y una disponibilidad promedio de 88.41%.
2. Se elaboró la pirámide taxonómica de acuerdo a los niveles establecidos en ISO 14224:2014, dividiendo la organización que abarca desde el sector industrial (nivel 1) hasta un nivel de piezas (nivel 9). Se realizó el análisis de criticidad de las maquinarias, en el cual se obtuvo que el 11.11% de la flota Scooptrams poseen fallas críticas mientras que el 88.89% están en una escala de criticidad regular e importante; mientras que en análisis FMECA se estudió el modo, efecto y causa de falla para los sistemas hidráulico, transmisión, motor y estructura, generando las acciones preventivas/correctivas para cada una de estos sistemas.
3. Se elaboró un programa de mantenimiento preventivo para los Scooptrams de la empresa minera subterránea, en el cual se especifican las actividades a realizar, por cada actividad se precisa la cantidad y el tipo de personal que se requiere para realizar esta actividad, así como las horas hombre que se requiere para ejecutar el trabajo, de igual manera se especifica la cantidad y descripción de las herramientas necesarias que utilizará el personal, también se detallan los repuestos y consumibles, para finalmente especificar la frecuencia de realización de cada actividad de mantenimiento.
4. Se logró determinar la disponibilidad de los Scooptrams después de ejecutar la implementación de la gestión de activos, obteniéndose un nuevo valor promedio para la flota Scooptrams de 89.70% en la proyección de un año, generando un incremento del 1.29% en relación a la disponibilidad antes de realizar la implementación.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Habiendo analizado los resultados en la presente investigación, se proponen las siguientes recomendaciones:

Realizar una recolección de datos de mayor alcance, este periodo de tiempo puede ser de 1 a 2 años, de esta manera los valores obtenidos inicialmente estarán más ajustados y se tendrá mayores detalles en el historial de fallas de las maquinarias.

Elaborar órdenes de trabajo en el área de mantenimiento para que dichas documentaciones almacenen de manera ordenada y detallada las paradas y/o actividades de mantenimiento que se le realiza a cada maquinaria Scooptram.

Realizar capacitaciones enfocadas al cumplimiento de un programa de mantenimiento para todo el personal involucrado en dicha área, para que de esta manera se genere un buen desempeño en el personal cuando la implementación de la gestión de activos se ponga en marcha.

Planificar y realizar auditorías internas por parte de la empresa minera subterránea, para observar y evaluar el cumplimiento de la programación del mantenimiento con el fin de asegurar el incremento de la disponibilidad en los próximos periodos, promoviendo así la mejora continua en el área de mantenimiento de la empresa.

## REFERENCIAS

ALVARADO, Edinson, SABANDO, Luis, 2020. *Sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad. Caso de estudio: Planta de tratamiento de agua empresa DIALILIFE* [En línea]. Disponible en: DOI:10.46296/ig.v4i8.0023

ÁLVAREZ, Deivis y HERNÁNDEZ, Orestes, 2019. *Propuesta de un nuevo programa de mantenimiento a los motores Hyundai de grupos fuel Oil* [en línea], Vol. 41, pp. 2. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rie/v41n2/1815-5901-rie-41-02-e1212.pdf>

APARICIO RUIZ, Pablo, et al., 2022. *Modelo de gestión de activos para empresas de infraestructuras hídricas*. Dirección y Organización [en línea], España: Scopus, vol. 77, pp. 22-30. Disponible en: Doi:10.37610/dyo.v77i0.621

ARIAS GONZÁLES, José y COVINOS GALLARDO, Mitsuo, 2021. *Diseño y Metodología de la Investigación*. Perú: Enfoques Consulting EIRL. ISBN: 978-612-48444-2-3. Disponible en: [https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2260/1/Arias-CoviAnosDise%C3%B1o\\_y\\_metodologia\\_de\\_la\\_investigacion.pdf](https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2260/1/Arias-CoviAnosDise%C3%B1o_y_metodologia_de_la_investigacion.pdf)

Asociación española de normalización, 2018. *UNE EN 13306:2018. Mantenimiento – Terminología del manteniendo*. España. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N00603> 38

BORROTO PENTÓN, Yodairo, et al., 2021. *Optimization tools applied to physical asset maintenance management: State of the art*. DYNA [en línea], Colombia: Scielo, 88(219), pp. 162-170. Disponible en: Doi:10.15446/dyna.v88n219.96981

BRACKE, S., RADEZKY, M. y ROSEBROCK, C. 2021. *Reliability engineering data analytics as base of operations for maintenance planning: A cutting tool case study* [en Línea], Vol 54(1), pp.1260–1265. Disponible en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

BURGOS, Carlos, et al., 2022. *El calzado de seguridad en el Ecuador, factores que inciden en la calidad del producto y en la productividad de las organizaciones*.

NovasinerGia [en línea], España: Scielo, vol. 5(1), pp. 61-82. Disponible en: <https://doi.org/10.37135/ns.01.09.05>

CERNA, J. y JARA, L., 2022. *Plan de Mantenimiento Preventivo RCM en la Red de Media Tensión 22.9kV en la Provincia de Cajabamba para la Mejora de la Confiabilidad en el Consorcio SESGA-REYSER S.R.L.* Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo – Trujillo.

CHÁVEZ Clint J. y HUAMANÍ José C., 2018. *Optimización de los tiempos operativos de los equipos Trackless para el logro de la productividad en la compañía minera Volcan, unidad Chungar – 2017.* Tesis pregrado. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Disponible en: [https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/597/T\\_0319.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/597/T_0319.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CISNEROS, Alicia, URDANIGO, Johnny, GUEVARA, Axel y GARCÉS, Julio, 2022. *Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia* [en línea]. Vol. 8, pp. 1165 – 1185. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i41.2546>

ESPINOZA, Andrés A., NARVÁEZ, Cecilia I. y ERAZO, Juan C., 2019. *El control gubernamental a través de la auditoría de gestión bajo los ejes de transparencia, rendición de cuentas y participación ciudadana.* Cienciamatria [en línea], vol. 5(1), pp. 533-550. Disponible en: <https://doi.org/10.35381/cm.v5i1.279>

FLORES, Marcelo, MEDINA, Deyaneira, VARGAS, Diana, y REMACHE, Byron, 2020. *Assignment of maintenance model based on criticity and availability of the equipment* [En línea], Vol. 9(4). Disponible en: <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/340/633>.

GHOLIZADEH, H., FAZLOLLAHTABAR, H., FATHOLLAHI-FARD, A., y DULEBENETS. M., 2021. *Preventive maintenance for the flexible flowshop scheduling under uncertainty: a waste-to-energy system* [en línea], Environ Sci Pollut Res. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16234-x>

GÓMEZ, Fernando J. y MEDINA, Alfredo, 2021. *Implementación de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en la flota de buses Golden Dragón de la empresa Tracusa*. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo - Lima. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83552/G%c3%b3mez\\_SFJ-Medina\\_DLCA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83552/G%c3%b3mez_SFJ-Medina_DLCA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

GÓMEZ, Fredy, 2019. *Plan de gestión de mantenimiento de equipos pesados de perforación y acarreo para mejorar la disponibilidad mecánica*. Tesis pregrado. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez – Puno. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4490>

Grupo SPRI, 2018. *Sistemas de mantenimiento industrial 4.0 para mejorar la productividad* [Artículo en un blog]. Disponible en: <https://www.spri.eus/es/basque-industry-comunicacion/sistemas-demantenimiento-industrial-4-0-para-mejorar-la-productividad/>

GUERRA, Esmilka y MONTES, Alexis, 2019. *Relationship between the productivity, the maintenance and the replacement in the large mining* [en línea], vol 45. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rbct.n45.68711>

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian P., 2018. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

LLUMIGUANO, María E., GAVILANEZ, Clarita V. y CHAVEZ, Galo W., 2021. *Importancia de la auditoría de gestión como herramienta de mejora continua en las empresas*. Dilemas contemporáneos: educación, política y valores [en línea], México: Scielo, vol. 8(42), pp. 1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2723>

MARTÍNEZ, Any K. y MINCHAN, Porfirio, 2019. *Mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo de una empresa minera de la libertad*. Tesis pregrado. Universidad Privada del Norte – Cajamarca. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21662/Mart%c3%adnez%20>

Durand%20Any%20Katherine%20-%20Minchan%20Pompa%20Porfirio.pdf?sequence=5&isAllowed=y

MAYORCA, Roberto J., 2019. *Propuesta de mejora de la disponibilidad de maquinaria pesada en una pyme utilizando el RCM*. Tesis pregrado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Lima. Disponible en: [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625619/MAYORCA\\_A.R..pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625619/MAYORCA_A.R..pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MOSCOSO, Ketty M., BERAÚN, Manuel M. y CÁRDENAS, Mary A., 2021. *Contribution of mining in terms of canon and other royalties in Peru*. UNHEVAL [en línea], Perú: La referencia, pp.57-68. Disponible en: <http://revistas.unheval.edu.pe/index.php/riv/article/view/1007>

MUJICA, Greicy B., y SARMIENTO, Edith V., 2020. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las grúas en AGROMAR S.A.C – 2020*. Tesis pregrado. Universidad César Vallejo del Perú. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65162>

NADERI, S., et al., 2020. *Accurate capacity factor calculation of waste-to-energy power plants based on availability analysis and design/off-design performance*. Journal of Cleaner Production, vol. 275, pp. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123167>

NGOMA, William, MATIVENGA, Paul y PRETORIUS, J., 2020. *Enabling condition based maintenance in a precious metal processing plant* [En línea], vol 91, pp. 893 – 898. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.138>

ODEYAR, Prerita, et al., 2022. *Review of Reliability and Fault Analysis Methods for Heavy Equipment and Their Components Used in Mining*. Energies 2022 [En línea], vol. 15, pp. 62 – 63. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en15176263>

ORBEGOSO, Roberto W., 2022. *Gestión de mantenimiento basado en análisis multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de equipos trackelss en la unidad minera MARSA*. Título pregrado. Universidad César Vallejo del Perú. Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/107658/Orbegozo\\_ARW-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/107658/Orbegozo_ARW-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Organización internacional de normalización, 2014. *ISO 55000:2014. Gestión de activos — Aspectos generales, principios y terminología*. Suiza. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:es>

Organización internacional de normalización, 2014. *ISO 55001:2014. Gestión de activos — Gestión – Requisitos*. Suiza. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55001:ed-1:v1:es>

Organización internacional de normalización, 2015. *ISO 55002:2014. Gestión de activos. Sistemas de gestión. Directrices para la aplicación de la ISO 55001*. Suiza. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0054768>

Organización internacional de normalización, 2015. *ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*. Suiza. Disponible en: [http://www.congresoson.gob.mx:81/Content/ISO/documentos/ISO\\_9001\\_2015.pdf](http://www.congresoson.gob.mx:81/Content/ISO/documentos/ISO_9001_2015.pdf)

Organización internacional de normalización, 2016. *ISO 14224:2016. Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos*. Suiza. Disponible en: [https://www.academia.edu/44518114/ISO\\_14224\\_espa%C3%B1ol](https://www.academia.edu/44518114/ISO_14224_espa%C3%B1ol)

PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo, 2020. *Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos*. Ingeman [En línea]. España: ResearchGate. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21197.87524>

ROA, Andrés F., GAVILÁN, Pablo E., y MORENO Alejandro, 2023. *Propuesta plan de mejora para incrementar la disponibilidad de los cargadores Caterpillar en una empresa productora de concreto en la ciudad de Bogotá*. Tesis pregrado. Universidad ECCI – Bogotá. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/3352/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ROBLES, Pastor, 2019. *Población y muestra*. Pueblo Continente [En línea], vol. 30(1), pp.245-246. Disponible en: <http://200.62.226.189/PuebloContinente/article/view/1269>

RODRÍGUEZ, Juan M., 2022. *Marco de trabajo basado en la ISO 55001 para la gestión de activos de TI apoyado en un sistema web para empresas de consorcios*. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo – Lima. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97808/Rodriguez\\_DAJM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97808/Rodriguez_DAJM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ROELOFSEN, Roseri, et al., 2020. *Validation and verification of examination procedures in medical laboratories: opinion of the EFLM Working Group Accreditation and ISO/CEN standards (WG-A/ISO) on dealing with ISO 15189:2012 demands for method verification and validation*. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM) [En línea], vol. 58(3), pp. 361-367. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/cclm-2019-1053>

SÁNCHEZ, Hugo, REYES, Carlos, y MEJÍA, Katia, 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística (Primera edición)*. Universidad Ricardo Palma. ISBN 978-612-47351-4-1. Disponible en: <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

SEMYKINA, Alla, ZAGORODNII, Nikolai y NOVIKOV, Alexander, 2022. *Study of the effectiveness of the organization of the system of maintenance and repair of quarry transport of mining and processing plants* [En línea], vol 63, pp. 983 – 989. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.097>

UNE-EN ISO 9000, 2015. *Sistemas de gestión de la calidad, Fundamentos y vocabulario*. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:en>

VISURRAGA, Luís A., 2022. *Auditoría de gestión y control gubernamental en el sector público. Caso: Junín-Perú*. Cienciamatria [En línea], Perú: Dora, vol. 8(14), pp. 92-107. Disponible en: <https://doi.org/10.35381/cm.v8i14.636>

WANG, Naichao, et al., 2020. *Availability Analysis and Preventive Maintenance Planning for Systems with General Time Distributions*. Reliability Engineering & System Safety [En Línea], vol. 201, pp. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2020.104105>

ZAKIKHANI, Kimiya, NASIRI, Fuzhan y ZAYED, Tarek, 2020. *Availability-based reliability-centered maintenance planning for gas transmission pipelines*. International Journal of Pressure Vessels and Piping, Reliability Engineering & System Safety [En Línea], vol. 183, pp. 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2020.104105>

Zambrano-Ascencio, J.A. y Pérez-Guerrero, J.N. 2021. *Caracterización del estado de aplicación de las técnicas de mantenimiento predictivo de la flota atunera industrial que opera en el Pacífico Oriental*. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. ISSN: 2737-6249. 4, 8 Ed. esp. (dic. 2021), 79-95. DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0052>

ZAMORA, Janeth, BRIONES, Luis, ARTEAGA, Ángel y RODRÍGUEZ, Pedro, 2022. *Determining the availability of an industrial refrigeration system for the tunny industry* [en línea]. Vol 25, no. 2. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v25n2/1815-5944-im-25-02-1.pdf>

ZEGARRA, Manuel E., 2018. *Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados*. Ciencia y Desarrollo [En Línea], vol. 18(1), pp. 57. Disponible en: <https://doi.org/10.21503/cyd.v18i1.1087>

BURGGRÄF, Peter, WAGNER, Johannes, STEINBERG, Fabian, HEINBACH, Benjamin, WIGGER, Marius y SAßMANNSHAUSEN, Till, 2022. *Life Cycle Assessment for Adaptive Remanufacturing: incorporating ecological considerations into the planning of maintenance activities* [En Línea], Vol 105, pp. 320 – 325. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.053>.

BRODA, Eike y FREITAG, Michael, 2022. *Towards a priority rule to integrate maintenance operations into production schedules*, Vol. 55, pp 430 – 435. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.431>.

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### Tabla 7

##### *Operacionalización de las variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable independiente</b>  Gestión de activos	La gestión de activos es una actividad coordinada de una organización para obtener valor de sus activos. El valor (que puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero) será determinado por la organización y sus partes interesadas, de acuerdo con los objetivos organizacionales. (ISO 55000:2014)	La implementación de la gestión de activos beneficia en mayor proporción al área de mantenimiento de la minera subterránea, generando un análisis de maquinarias para después proceder con la programación del mantenimiento (Rodríguez, 2022)	Análisis de maquinaria	Nº de niveles taxonómicos	Razón
				Nº de maquinarias críticos	Razón
				Nº de fallas críticas	Razón
			Programación de mantenimiento	Nº de actividades de mantenimiento	Razón
				Nº de horas hombre	
				Cantidad de herramientas /repuestos /consumibles por actividad	
				Frecuencia de mantenimiento	
<b>Variable dependiente</b>  Disponibilidad	Se define como la garantía de que un componente o sistema que ha sido mantenido seguirá funcionando adecuadamente durante un determinado período de tiempo. (Angulo y Orellana, 2021)	Se aplicará la evaluación de MTBF Y MTTR basada en el estado actual de los equipos Scooptrams y otros análisis luego de la implementación de la gestión de activos (Cerna y Jara, 2022)	MTBF= Tiempo medio entre fallas	Tiempo disponible de operación	Razón
				Nº de averías	
			MTTR=Tiempo medio para reparar	Horas de parada o de reparación	Razón
				Nº de averías	

**Anexo 2.**

**Tabla 8**

*Matriz de consistencia*

<b>TÍTULO</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
Gestión de activos para incrementar la disponibilidad de una flota de Scooptram en minería subterránea	<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>1) Tipo de investigación:</b> Aplicada <b>2) Enfoque de investigación:</b> Cuantitativa <b>3) Nivel de investigación:</b> Explicativa <b>4) Diseño de investigación:</b> Preexperimental <b>5) Población:</b> Flota de 18 Scooptrams R1600H <b>6) Muestra:</b> 18 Scooptrams R1600H <b>7) Técnicas:</b> Observación, análisis documental, encuesta y entrevista <b>8) Instrumentos:</b> Ficha de registro de operación, cuestionario y guía de entrevista
	¿Cómo influye la gestión de activos en la disponibilidad de la flota de Scooptrams en la empresa minera subterránea?	Evaluar el impacto de la gestión de activos en la disponibilidad de los Scooptrams de la empresa minera	
	<b>PROBLEMA ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
	¿Cuál es la disponibilidad inicial de los Scooptrams de la empresa minera subterránea?	1) Determinar la disponibilidad inicial de los Scooptrams de la empresa	
	¿Cómo elaborar la taxonomía de activos, el análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas (FMECA) de los Scooptrams?	2) Elaborar la taxonomía de los activos, el análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas (FMECA) de los Scooptrams	
	¿Cómo elaborar un programa de mantenimiento preventivo para los Scooptrams de la empresa minera subterránea?	3) Elaborar un programa de mantenimiento preventivo para los Scooptrams de la empresa minera subterránea	
¿Cuál es la disponibilidad de los Scooptrams después de ejecutar la implementación de la gestión de activos?	4) Determinar la disponibilidad de los Scooptrams después de ejecutar la implementación de la gestión de activos		

### Anexo 3

#### Cuestionario de la gestión de activos y la disponibilidad de la flota Scooptram

Saludos cordiales Sr.(a), el presente cuestionario se desarrolló con fines de elaborar nuestro proyecto de investigación y para la recolección de datos e información acerca del conocimiento de la gestión de activos en la empresa, así como el conocimiento del personal con respecto a los parámetros de la disponibilidad para obtener un incremento. Es por ello que se le pide de forma especial contestar las preguntas de manera precisa, honesta y sincera, tomando en cuenta que nuestra investigación permitirá tener una buena gestión de activos en minería subterránea.

**Instrucciones:** El siguiente cuestionario planteado consta de 10 ítems, las cuales se tomaron en consideración las dos variables de estudio. Cada ítem tiene cinco alternativas para ello solo se tiene que marcar con una equis (X) la respuesta que usted considere correcta según su percepción en cada una de los ítems.

Nunca (N)	Casi nunca (CN)	A veces (A)	Casi siempre (CS)	Siempre (S)
1	2	3	4	5

N°	VARIABLES, DIMENSIONES E ÍTEMS	1 N	2 CN	3 A	4 CS	5 S
<b>GESTIÓN DE ACTIVOS</b>						
1	La empresa minera subterránea realiza un análisis de sus maquinarias (Scooptrams).					
2	El área de mantenimiento lleva en práctica la matriz taxonómica de sus activos de la flota.					
3	La minera subterránea revisa con frecuencia sus maquinarias críticas.					
4	Se elabora programas de mantenimiento preventivo para la flota Scooptram					
5	Las actividades de mantenimiento son planificadas en la empresa minera subterránea.					
6	El personal de mantenimiento es capacitado y entrenado de manera correcta.					
<b>DISPONIBILIDAD</b>						
7	La empresa minera busca incrementar la disponibilidad de la flota Scooptram.					
8	En mantenimiento se tiene que maximizar el tiempo disponible de operación					
9	En mantenimiento se tiene que minimizar el tiempo parada o de reparación					
10	En mantenimiento se tiene que minimizar el número de averías.					

## **Anexo 4**

### **Guía de entrevista: Gestión de activos y su influencia en la disponibilidad**

Estimado (a), se agradece su apertura a la participación de esta entrevista, el cual tiene como objetivo netamente académico. Esta entrevista es anónima, se agradece que sea totalmente sincero, honesto y transparentes en su participación.

Instrucciones: La entrevista consta de 8 preguntas. Por favor, responda cada una de ellas según su experiencia y la percepción que usted tiene sobre el entorno dentro del área de mantenimiento.

**Pregunta 1:** ¿Cuál es la importancia del área de mantenimiento dentro de la empresa minera subterránea?

**Pregunta 2:** ¿Conoce usted que es la gestión de activo y cuál es su alcance?

**Pregunta 3:** ¿Para usted que implica obtener un incremento en la disponibilidad?

**Pregunta 4:** ¿Considera que actualmente la disponibilidad de la flota Scooptrams está dentro del rango que la empresa lo requiere?

**Pregunta 5:** ¿Considera usted que dicha disponibilidad puede ser aun incrementada?

**Pregunta 6:** ¿Qué cambios o mejoras implantaría en la empresa para poder generar un incremento en la disponibilidad de la flota?

**Pregunta 7:** ¿Cree usted que la gestión de activos influye en la disponibilidad de la flota Scooptrams?

**Pregunta 8:** De acuerdo a su conocimiento, ¿Considera usted que la gestión de activos influye de manera significativa en la disponibilidad de las maquinarias o es irrelevante?

¡Muchas gracias por su participación!

## Anexo 5

### Ficha de validación de contenido del instrumento

Nombre del instrumento	Cuestionario de la gestión de activos y la disponibilidad de la flota Scooptram.
Objetivo del instrumento	Determinar el nivel de conocimiento de los trabajadores del área de mantenimiento con respecto a la gestión de activos y la disponibilidad.
Nombres y apellidos del experto	Percy Jesus Chero Custodio
Documento de identidad	42006960
Años de experiencia en el área	12 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Electricista
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Cargo	Ingeniero de Mantenimiento
Número de teléfono	901729873
Firma	 <hr/> <b>PERCY JESUS CHERO CUSTODIO Ingeniero Mecánico Electricista CIP N° 244139</b>
Fecha	09/07/2023

## Anexo 6

### Ficha de validación de contenido del instrumento

Nombre del instrumento	Guía de entrevista: Gestión de activos y su influencia en la disponibilidad
Objetivo del instrumento	Determinar el nivel de conciencia sobre la existencia de la relación entre la gestión de activos y la disponibilidad.
Nombres y apellidos del experto	Percy Jesus Chero Custodio
Documento de identidad	42006960
Años de experiencia en el área	12 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Electricista
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Cargo	Ingeniero de Mantenimiento
Número de teléfono	901729873
Firma	 <hr/> <b>PERCY JESUS CHERO CUSTODIO</b> Ingeniero Mecánico Electricista CIP N° 244139
Fecha	09/07/2023

## Anexo 7

### Análisis de confiabilidad del cuestionario

**Tabla 9**

*Resultados del personal de mantenimiento encuestados*

N°	Variable 1: gestión de activos						Variable 2: disponibilidad			
	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8	Ítem 9	Ítem 10
1	2	1	3	1	3	2	4	5	4	5
2	2	2	4	1	2	3	3	3	4	5
3	1	1	3	2	3	3	4	5	5	4
4	1	2	3	1	2	2	2	4	4	5
5	2	1	3	1	2	1	4	5	3	5
6	3	2	2	2	3	2	3	4	5	4
7	2	1	3	1	2	3	4	5	3	5
8	2	1	3	1	3	2	4	5	3	5

*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 4**

*Data registrada en SPSS*

9:	P1_V1	P2_V1	P3_V1	P4_V1	P5_V1	P6_V1	P7_V2	P8_V2	P9_V2	P10_V2
1	2	1	3	1	3	2	4	5	4	5
2	2	2	4	1	2	3	3	3	4	5
3	1	1	3	2	3	3	4	5	5	4
4	1	2	3	1	2	2	2	4	4	5
5	2	1	3	1	2	1	4	5	3	5
6	3	2	2	2	3	2	3	4	5	4
7	2	1	3	1	2	3	4	5	3	5
8	2	1	3	1	3	2	4	5	3	5

**Figura 5**

*Análisis de confiabilidad para las preguntas de la V1*

<b>Estadísticas de fiabilidad</b>	
Alfa de Cronbach <sup>a</sup>	N de elementos
,776	6

**Figura 6**

*Análisis de confiabilidad para las preguntas de la V2*

<b>Estadísticas de fiabilidad</b>	
Alfa de Cronbach <sup>a</sup>	N de elementos
,818	4

## Anexo 8

### Tabla 10

*Maquinarias de la empresa minera subterránea*

ITEM	Equipo	Marca de equipo	Modelo de equipo	Estado
1	SCOOP (S-662)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
2	SCOOP (S-663)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
3	SCOOP (S-664)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
4	SCOOP (S-665)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
5	SCOOP (S-670)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
6	SCOOP (S-677)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
7	SCOOP (S-680)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
8	SCOOP (S-682)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
9	SCOOP (S-684)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
10	SCOOP (S-686)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
11	SCOOP (S-688)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
12	SCOOP (S-690)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
13	SCOOP (S-692)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
14	SCOOP (S-694)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
15	SCOOP (S-696)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
16	SCOOP (S-698)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
17	SCOOP (S-700)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO
18	SCOOP (S-702)	CATERPILLAR	R1600H	OPERATIVO

*Fuente:* Elaboración propia

## Anexo 9

### Tabla 11

*Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 662)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	62	6	3	518	68	9
Set-22	28	19	532	61	4	3	464	65	10
Oct-22	31	19	589	63	4	5	517	67	7
Nov-22	30	19	570	57	5	4	504	62	9
Dic-22	31	19	589	62	5	4	518	67	7
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>305</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>2521</b>	<b>329</b>	<b>42</b>

**Tabla 12***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 663)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	Nº de fallas
Ago-22	31	19	589	59	5	4	521	64	10
Set-22	28	19	532	62	4	3	463	66	9
Oct-22	31	19	589	56	4	3	526	60	9
Nov-22	30	19	570	61	6	4	499	67	7
Dic-22	31	19	589	59	6	3	521	65	8
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>297</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>2530</b>	<b>322</b>	<b>43</b>

**Tabla 13***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 664)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	Nº de fallas
Ago-22	31	19	589	66	5	5	513	71	7
Set-22	28	19	532	63	4	4	461	67	8
Oct-22	31	19	589	57	6	4	522	63	10
Nov-22	30	19	570	56	5	5	504	61	9
Dic-22	31	19	589	65	5	3	516	70	8
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>307</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>2516</b>	<b>332</b>	<b>42</b>

**Tabla 14***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 665)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	Nº de fallas
Ago-22	31	19	589	62	6	3	518	68	10
Set-22	28	19	532	57	5	5	465	62	7
Oct-22	31	19	589	60	4	4	521	64	7
Nov-22	30	19	570	62	6	3	499	68	9
Dic-22	31	19	589	57	4	3	525	61	9
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>298</b>	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>2528</b>	<b>323</b>	<b>42</b>

**Tabla 15***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 670)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	62	4	4	519	66	7
Set-22	28	19	532	58	6	5	463	64	8
Oct-22	31	19	589	57	5	4	523	62	8
Nov-22	30	19	570	60	6	3	501	66	7
Dic-22	31	19	589	57	5	5	522	62	8
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>294</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>2528</b>	<b>320</b>	<b>38</b>

**Tabla 16***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 677)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	58	4	4	523	62	8
Set-22	28	19	532	60	6	4	462	66	7
Oct-22	31	19	589	64	6	3	516	70	7
Nov-22	30	19	570	59	5	4	502	64	7
Dic-22	31	19	589	59	4	4	522	63	7
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>300</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>2525</b>	<b>325</b>	<b>36</b>

**Tabla 17***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 680)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	60	5	3	521	65	8
Set-22	28	19	532	63	5	4	460	68	9
Oct-22	31	19	589	64	6	5	514	70	10
Nov-22	30	19	570	64	4	4	498	68	9
Dic-22	31	19	589	64	6	5	514	70	8
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>315</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>2507</b>	<b>341</b>	<b>44</b>

**Tabla 18***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 682)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	61	6	3	519	67	8
Set-22	28	19	532	57	5	5	465	62	8
Oct-22	31	19	589	59	6	5	519	65	10
Nov-22	30	19	570	63	4	3	500	67	8
Dic-22	31	19	589	65	4	4	516	69	9
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>305</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>2519</b>	<b>330</b>	<b>43</b>

**Tabla 19***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 684)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	62	6	4	517	68	9
Set-22	28	19	532	64	6	5	457	70	9
Oct-22	31	19	589	65	4	3	517	69	10
Nov-22	30	19	570	57	4	5	504	61	7
Dic-22	31	19	589	59	5	4	521	64	9
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>307</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>2516</b>	<b>332</b>	<b>44</b>

**Tabla 20***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 686)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	63	5	3	518	68	10
Set-22	28	19	532	59	4	4	465	63	7
Oct-22	31	19	589	57	4	3	525	61	10
Nov-22	30	19	570	59	6	3	502	65	7
Dic-22	31	19	589	62	4	3	520	66	10
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>300</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>2530</b>	<b>323</b>	<b>44</b>

**Tabla 21***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 688)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	64	6	4	515	70	8
Set-22	28	19	532	60	5	5	462	65	7
Oct-22	31	19	589	59	4	5	521	63	10
Nov-22	30	19	570	58	5	4	503	63	8
Dic-22	31	19	589	59	4	5	521	63	8
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>300</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>2522</b>	<b>324</b>	<b>41</b>

**Tabla 22***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 690)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	56	4	3	526	60	8
Set-22	28	19	532	61	4	3	464	65	10
Oct-22	31	19	589	63	5	5	516	68	7
Nov-22	30	19	570	65	6	4	495	71	9
Dic-22	31	19	589	61	5	4	519	66	9
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>306</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>2520</b>	<b>330</b>	<b>43</b>

**Tabla 23***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 692)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	59	4	5	521	63	9
Set-22	28	19	532	63	4	3	462	67	9
Oct-22	31	19	589	65	5	5	514	70	10
Nov-22	30	19	570	58	6	4	502	64	8
Dic-22	31	19	589	59	5	5	520	64	7
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>304</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>2519</b>	<b>328</b>	<b>43</b>

**Tabla 24***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 694)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	66	6	4	513	72	9
Set-22	28	19	532	61	5	3	463	66	8
Oct-22	31	19	589	65	5	4	515	70	7
Nov-22	30	19	570	65	5	3	497	70	10
Dic-22	31	19	589	64	6	5	514	70	8
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>321</b>	<b>27</b>	<b>19</b>	<b>2502</b>	<b>348</b>	<b>42</b>

**Tabla 25***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 696)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	63	6	3	517	69	10
Set-22	28	19	532	66	6	5	455	72	7
Oct-22	31	19	589	57	5	3	524	62	9
Nov-22	30	19	570	65	4	3	498	69	7
Dic-22	31	19	589	66	4	5	514	70	7
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>317</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>2508</b>	<b>342</b>	<b>40</b>

**Tabla 26***Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 698)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	59	6	5	519	65	7
Set-22	28	19	532	59	5	5	463	64	9
Oct-22	31	19	589	58	4	4	523	62	10
Nov-22	30	19	570	65	6	4	495	71	10
Dic-22	31	19	589	66	6	5	512	72	8
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>307</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>2512</b>	<b>334</b>	<b>44</b>

**Tabla 27**

*Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 700)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	60	6	3	520	66	9
Set-22	28	19	532	57	6	3	466	63	10
Oct-22	31	19	589	63	5	5	516	68	9
Nov-22	30	19	570	66	4	3	497	70	9
Dic-22	31	19	589	62	6	4	517	68	9
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>308</b>	<b>27</b>	<b>18</b>	<b>2516</b>	<b>335</b>	<b>46</b>

**Tabla 28**

*Registros operativos de la maquinaria Scooptram (S – 702)*

Periodo (meses)	Días calen.	Horas diarias (hrs)	Horas calendario (hrs)	T. de Mantto. Correctivo (hrs)	T. de Mantto. Preven. (hrs)	T. de Stand By (hrs)	T. de Oper. (hrs)	Tiempo de Mantto. (hrs)	N° de fallas
Ago-22	31	19	589	66	4	5	514	70	9
Set-22	28	19	532	57	5	4	466	62	7
Oct-22	31	19	589	65	4	5	515	69	7
Nov-22	30	19	570	58	4	5	503	62	8
Dic-22	31	19	589	57	6	3	523	63	8
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>2869</b>	<b>303</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>2521</b>	<b>326</b>	<b>39</b>

**Anexo 10**

**Tabla 29**

*Registros operativos: tiempo entre fallas, tiempos de reparación y número de fallas.*

Registros operativos	Periodo					Total	
	Ago-22	Sep-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22		
S-662	TTO	518	464	517	504	518	2521
	TTM	68	65	67	62	67	329
	Fallas	9	10	7	9	7	42
S-663	TTO	521	463	526	499	521	2530
	TTM	64	66	60	67	65	322

	Fallas	10	9	9	7	8	43
S-664	TTO	513	461	522	504	516	2516
	TTM	71	67	63	61	70	332
	Fallas	7	8	10	9	8	42
S-665	TTO	518	465	521	499	525	2528
	TTM	68	62	64	68	61	323
	Fallas	10	7	7	9	9	42
S-670	TTO	519	463	523	501	522	2528
	TTM	66	64	62	66	62	320
	Fallas	7	8	8	7	8	38
S-677	TTO	523	462	516	502	522	2525
	TTM	62	66	70	64	63	325
	Fallas	8	7	7	7	7	36
S-680	TTO	521	460	514	498	514	2507
	TTM	65	68	70	68	70	341
	Fallas	8	9	10	9	8	44
S-682	TTO	519	465	519	500	516	2519
	TTM	67	62	65	67	69	330
	Fallas	8	8	10	8	9	43
S-684	TTO	517	457	517	504	521	2516
	TTM	68	70	69	61	64	332
	Fallas	9	9	10	7	9	44
S-686	TTO	518	465	525	502	520	2530
	TTM	68	63	61	65	66	323
	Fallas	10	7	10	7	10	44
S-688	TTO	515	462	521	503	521	2522
	TTM	70	65	63	63	63	324
	Fallas	8	7	10	8	8	41
S-690	TTO	526	464	516	495	519	2520
	TTM	60	65	68	71	66	330
	Fallas	8	10	7	9	9	43
S-692	TTO	521	462	514	502	520	2519
	TTM	63	67	70	64	64	328
	Fallas	9	9	10	8	7	43
S-694	TTO	513	463	515	497	514	2502
	TTM	72	66	70	70	70	348
	Fallas	9	8	7	10	8	42
S-696	TTO	517	455	524	498	514	2508
	TTM	69	72	62	69	70	342
	Fallas	10	7	9	7	7	40
S-698	TTO	519	463	523	495	512	2512

	TTM	65	64	62	71	72	334
	Fallas	7	9	10	10	8	44
S-700	TTO	520	466	516	497	517	2516
	TTM	66	63	68	70	68	335
	Fallas	9	10	9	9	9	46
S-702	TTO	514	466	515	503	523	2521
	TTM	70	62	69	62	63	326
	Fallas	9	7	7	8	8	39

*Nota.* TTO es el tiempo total de operación en horas y TTM es el tiempo total de fallas.

## Anexo 11

### TAXONOMÍA: USO Y LOCALIZACIÓN

- A. Nivel 01: Minería
- B. Nivel 02: Extracción de Minerales Socavón
- C. Nivel 03: Proyecto minero

### Tabla 30

*Cuadro de Taxonomía de los equipos*

Tag. Área	Descripción Área (Nivel 4)	Tag Sección	Descripción Sección (Nivel 5)	Tag Sub-Sección	Descripción Subsección (Nivel 5)
				SCO-0662-YA	Scoop (S-662)
				SCO-0663-YA	Scoop (S-663)
				SCO-0664-YA	Scoop (S-664)
				SCO-0665-YA	Scoop (S-665)
				SCO-0670-YA	Scoop (S-670)
				SCO-0677-YA	Scoop (S-677)
				SCO-0680-YA	Scoop (S-680)
				SCO-0682-YA	Scoop (S-682)
YA	Área de mina	CAR-ACA-YA	Carguío y Acarreo	SCO-0684-YA	Scoop (S-684)
				SCO-0686-YA	Scoop (S-686)
				SCO-0688-YA	Scoop (S-688)
				SCO-0690-YA	Scoop (S-690)
				SCO-0692-YA	Scoop (S-692)
				SCO-0694-YA	Scoop (S-694)
				SCO-0696-YA	Scoop (S-696)
				SCO-0698-YA	Scoop (S-698)
				SCO-0700-YA	Scoop (S-700)

**Tabla 31***Cuadro de sub-división de los equipos*

ITEM	TIPO DE EQUIPO	CODIGO INTERNO	CODIGO SAP	ESTADO	MARCA EQUIPO	MODELO EQUIPO
1	SCOOP	(S-663)	SCO-0663-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
2	SCOOP	(S-664)	SCO-0664-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
3	SCOOP	(S-665)	SCO-0665-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
4	SCOOP	(S-670)	SCO-0670-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
5	SCOOP	(S-677)	SCO-0677-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
6	SCOOP	(S-680)	SCO-0680-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
7	SCOOP	(S-682)	SCO-0682-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
8	SCOOP	(S-684)	SCO-0684-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
9	SCOOP	(S-686)	SCO-0686-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
10	SCOOP	(S-688)	SCO-0688-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
11	SCOOP	(S-690)	SCO-0690-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
12	SCOOP	(S-692)	SCO-0692-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
13	SCOOP	(S-694)	SCO-0694-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
14	SCOOP	(S-696)	SCO-0696-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
15	SCOOP	(S-698)	SCO-0698-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
16	SCOOP	(S-700)	SCO-0700-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
17	SCOOP	(S-702)	SCO-0702-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H
18	SCOOP	(S-682)	SCO-0682-YA	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H

**Anexo 12****Tabla 32**

Guía de criticidad

ÍTEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el Servicio que proporciona:</b>			
		Para	4	
		Reduce	2	
		No para	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico:</b>			
	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento.	Alto	3	Más de U\$ 20,000
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de U\$ 1,000
<b>3</b>	<b>La falla Afecta:</b>			
	a. Al Equipo en si.	Si	1	¿Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al Servicio.	Si	1	¿Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador.	Riesgo	1	¿Posibilidad de accidente del operador?
		Sin Riesgo	0	
	d. A la seguridad en general.	Si	1	Posibilidad de accidente a otras personas ù otros equipos cercanos.
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de Falla (Confiabilidad):</b>			
		Alta	2	Se puede asegurar que el equipo va a trabajar
		baja	0	correctamente cuando se le necesite?
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el Sistema:</b>			
		Único	2	No existe otro igual o similar.
		By pass	1	El sistema puede seguir funcionando.
		Stand by	0	Existe otro igual o similar no instalado.
<b>6</b>	<b>Dependencia Logística:</b>			
		Extranjero	2	Repuestos se tienen que importar.
		Loc./Ext.	1	Algunos repuestos se compran localmente.
		Local	0	Repuestos se consiguen localmente.
<b>7</b>	<b>Dependencia de la Mano de Obra:</b>			

	Terceros	2	El Mantenimiento requiere contratar a terceros.
	Ter. y Propia	1	El Mantenimiento requiere personal propio y terceros.
	Propia	0	El Mantenimiento se realiza con personal propio.
<b>8 Facilidad de Reparación (Mantenibilidad):</b>			
	Baja	1	Mantenimiento difícil.
	Alta	0	Mantenimiento fácil.

## Anexo 13

### Figura 7

#### Matriz de criticidad

Probabilidad de Fallas	Matriz de criticidad				
	Regular (5)	Importante (11)	Crítico (16)	Crítico (20)	Crítico (25)
	Opcional (4)	Regular (8)	Importante (12)	Crítico (16)	Crítico (20)
	Opcional (3)	Regular (6)	Regular (9)	Importante(12)	Crítico (16)
	Opcional (2)	Opcional (4)	Regular (6)	Regular (8)	Importante (10)
	Opcional (1)	Opcional (2)	Opcional (3)	Opcional (4)	Regular (5)
Severidad de consecuencia de la falla del activo físico					

### Figura 8

#### Criterio de evaluación de consecuencia

CRITERIO DE EVALUACION DE CONSECUENCIA			
1	2	3	4
C - Criticidad Baja	B - Criticidad Media	B - Criticidad Alta	A - Criticidad muy Alta
Bajo	Importante	Mayor	Significativo

### Figura 9

#### Rango de criticidad

RANGO DE CRITICIDAD		
<b>A</b>	<b>CRITICA</b>	<b>16 a 20</b>
<b>B</b>	<b>IMPORTANTE</b>	<b>11 a 15</b>
<b>C</b>	<b>REGULAR</b>	<b>06 a 10</b>
<b>D</b>	<b>OPCIONAL</b>	<b>00 a 05</b>

## Anexo 14

Figura 10

Motor		
Modelo de motor	Cat® C11	
Potencia del motor: motor con reducción de ventilación (VR) – ISO 14396:2002	202 kW	271 hp
Potencia del motor: motor Tier 3 de la EPA de EE.UU., ISO 14396:2002	202 kW	271 hp
Calibre	130 mm	5,1"
Carrera	140 mm	5,5"
Cilindrada	11,1 L	680,4 <sup>cc</sup>

- Las clasificaciones de potencia corresponden a una velocidad nominal de 1.800 rpm cuando se prueban según las condiciones de referencia para la norma especificada.
- Todas las condiciones de clasificación se basan en ISO/TR14396:2002, condiciones normales de aire de admisión con una presión barométrica total de 100 kPa (29,5 pulg Hg), con una presión de vapor de 1 kPa (0,295" Hg) y 25 °C (77 °F). El rendimiento se midió con combustible según las especificaciones de la EPA en el título 40 del CFR (Code of Federal Regulations, Código de Regulaciones Federales), Parte 1065, y especificaciones de la Unión Europea en la Directiva 97/68/CE con una densidad de 0,845 a 0,850 kg/L a 15 °C (59 °F) y una temperatura de entrada del combustible de 40 °C (104 °F).
- No se requiere reducción de potencia del motor hasta 3.048 m (10.000') para el motor Tier 3 y 1.828 m (6.000') para el motor VR.
- Paquete de reducción de ventilación optativo disponible.
- También se ofrece un motor optativo con emisiones equivalentes a Tier 3 de la EPA de EE.UU./Stage IIIA de la UE.

### Especificaciones de operación

Capacidad de carga útil nominal	10.200 kg	22.487 lb
Peso bruto de la máquina	44.204 kg	97.453 lb
Brazos de levantamiento horizontal rectos hacia delante de carga de equilibrio estático	25.905 kg	57.110 lb
Brazos de levantamiento horizontal de giro pleno y de carga de equilibrio estático	21.803 kg	46.067 lb
Fuerza de desprendimiento (ISO), inclinación	17.928 kg	39.524 lb
Fuerza de desprendimiento (ISO), levantamiento	19.202 kg	42.333 lb

### Pesos

Peso en orden de trabajo*	30.150 kg	66.469 lb
Eje delantero	12.884 kg	28.404 lb
Eje trasero	17.266 kg	38.065 lb
Peso en orden de trabajo + carga útil nominal*	40.350 kg	88.956 lb
Eje delantero	28.128 kg	62.011 lb
Eje trasero	12.222 kg	26.944 lb

\* Peso calculado.

### Transmisión

Avance 1	4,5 km/h	2,8 mph
Avance 2	9 km/h	5,6 mph
Avance 3	16,8 km/h	10,4 mph
Avance 4	27,5 km/h	17,1 mph
Retroceso 1	5 km/h	3,1 mph
Retroceso 2	11 km/h	6,8 mph
Retroceso 3	19 km/h	11,8 mph
Retroceso 4	29,3 km/h	18,2 mph

### Tiempo de ciclo hidráulico

Levantamiento	7,6 segundos
Descarga	1,6 segundos
Descenso, vacío, libre	2 segundos
Tiempo total de ciclo	11,2 segundos

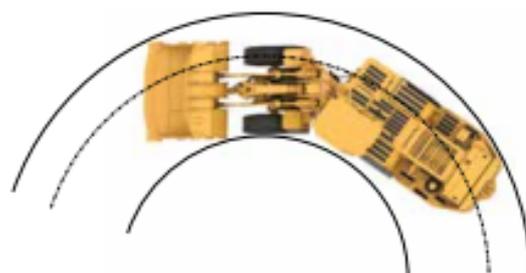
### Capacidades del cucharón

Cucharón del camión: 1	4,2 m <sup>3</sup>	5,5 yd <sup>3</sup>
Cucharón de descarga: 2 (cucharón estándar)	4,8 m <sup>3</sup>	6,3 yd <sup>3</sup>
Cucharón de descarga: 3	5,6 m <sup>3</sup>	7,3 yd <sup>3</sup>
Cucharón del camión: 4	5,9 m <sup>3</sup>	7,7 yd <sup>3</sup>
Cucharón expulsor	4,8 m <sup>3</sup>	6,3 yd <sup>3</sup>
Cucharón empernado	5,3 m <sup>3</sup>	6,9 yd <sup>3</sup>

### Dimensiones de giro

Radio de espacio libre exterior*	6.638 mm	261,3"
Radio de espacio libre interior*	3.291 mm	129,6"
Oscilación del eje	10°	
Ángulo de articulación	42,5°	

\*Las dimensiones de espacio libre se usan solo como referencia.



### Neumáticos

Tamaño del neumático	18 × R25
----------------------	----------

### Capacidades de llenado de servicio

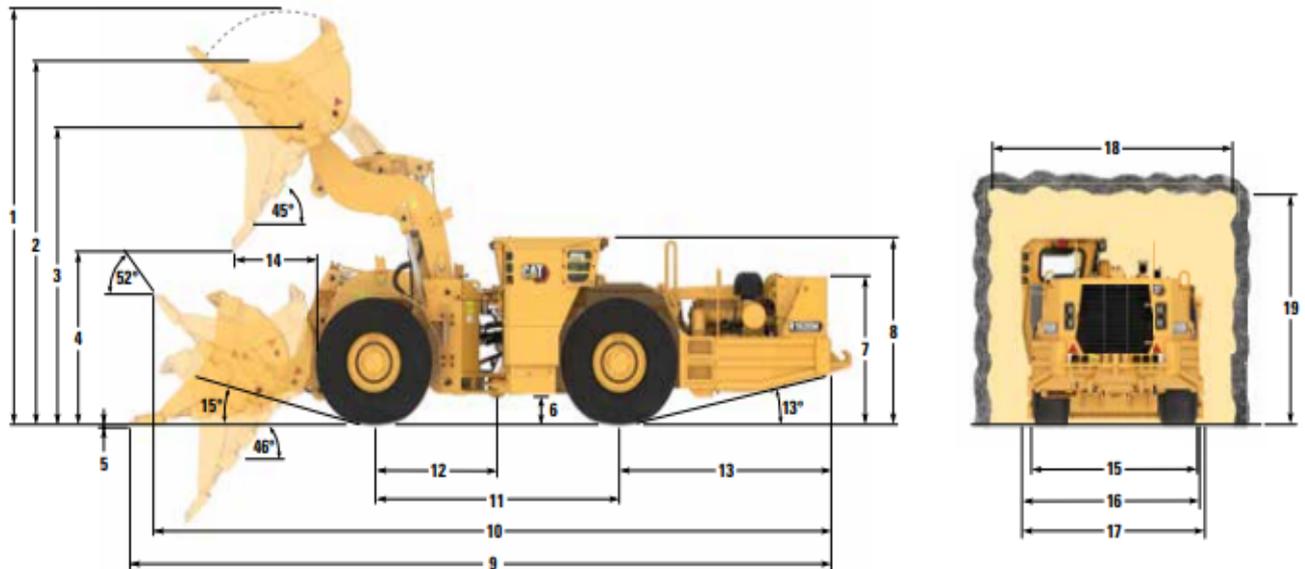
Cárter del motor con filtro	34 L	8,98 gal EE.UU.
Transmisión	47 L	12,4 gal EE.UU.
Tanque hidráulico	125 L	33 gal EE.UU.
Sistema de enfriamiento	61 L	16,1 gal EE.UU.
Diferencial y mandos finales delanteros	80 L	21,1 gal EE.UU.
Diferencial y mandos finales traseros	80 L	21,1 gal EE.UU.
Tanque de combustible	400 L	105,7 gal EE.UU.
Tanque de combustible secundario (si tiene)	330 L	87,2 gal EE.UU.

### Normas

Cabina certificada con Estructura de Protección en Caso de Vuelcos (ROPS)/Estructura de Protección contra la Caída de Objetos (FOPS)

## Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.

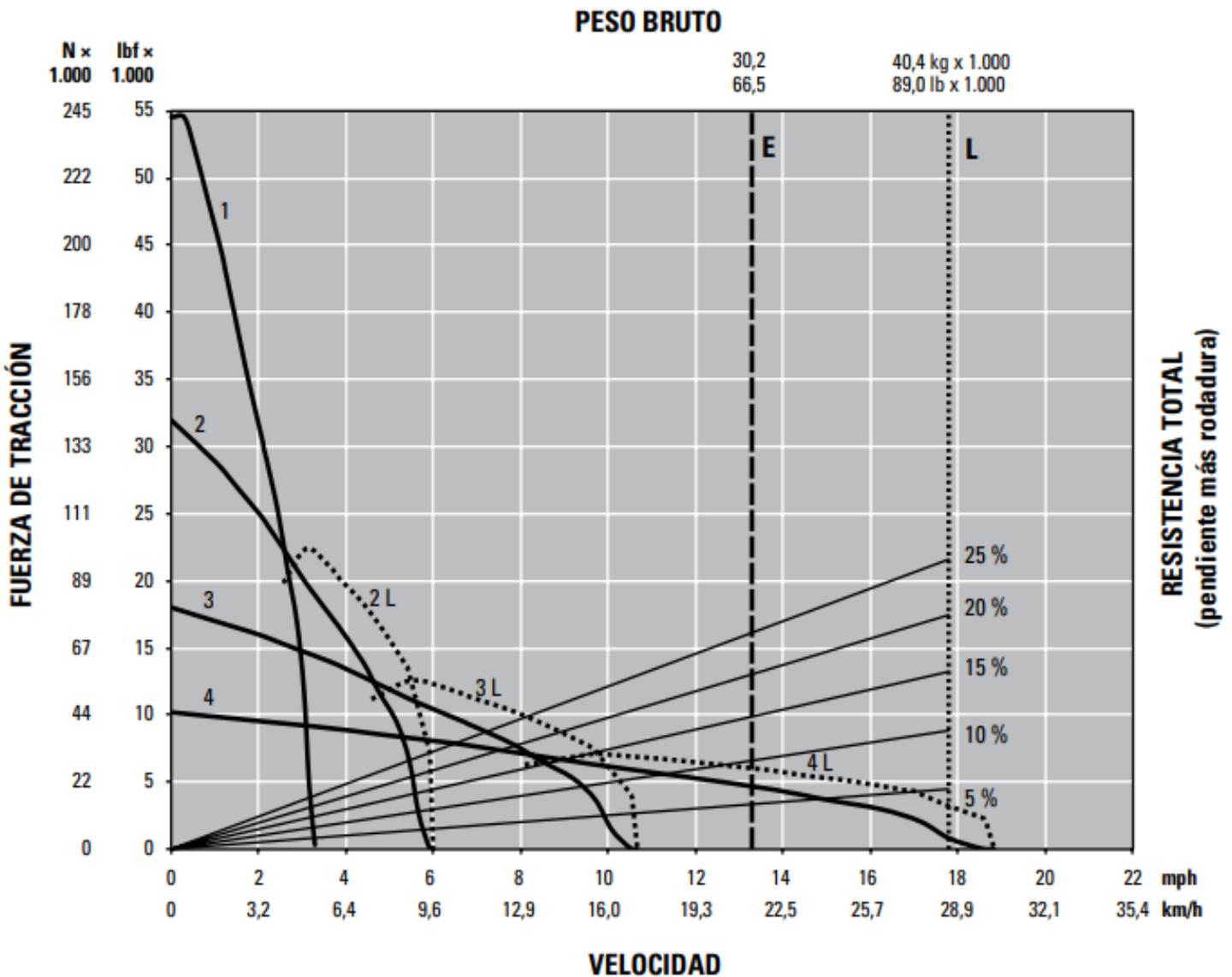


	514-5710		203-1792		227-4704		514-5720		260-5198		598-8733	
	Cucharón de descarga		Cucharón de descarga		Cucharón de descarga		Cucharón de descarga		Cucharón expulsor		Cucharón empernado	
Capacidad del cucharón	4,2 m <sup>3</sup>	5,5 yd <sup>3</sup>	4,8 m <sup>3</sup>	6,3 yd <sup>3</sup>	5,6 m <sup>3</sup>	7,3 yd <sup>3</sup>	5,9 m <sup>3</sup>	7,7 yd <sup>3</sup>	4,8 m <sup>3</sup>	6,3 yd <sup>3</sup>	5,3 m <sup>3</sup>	6,9 yd <sup>3</sup>
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
Ancho del cucharón sobre la cuchilla	2.600	102,4	2.600	102,4	2.600	102,4	2.900	114,2	2.600	102,4	3.042	120
<b>1</b> Altura: cucharón levantado	5.204	204,9	5.204	204,9	5.282	208,0	5.282	208,0	5.385	212,0	5.182	204
<b>2</b> Altura máxima de descarga	4.497	177,0	4.497	177,0	4.497	177,0	4.497	177,0	4.565	179,7	4.497	177,0
<b>3</b> Altura: pasador del cucharón a levantamiento máximo	3.752	147,7	3.752	147,7	3.752	147,7	3.752	147,7	3.752	147,7	3.757	148
<b>4</b> Altura: espacio libre de descarga en levantamiento máximo	2.365	93,1	2.207	86,9	2.042	80,4	2.095	82,5	2.120	83,5	2.190	86
<b>5</b> Altura: profundidad de excavación	24	0,9	39	1,5	54	2,1	47	1,9	47	1,9	76	3
<b>6</b> Altura: espacio libre sobre el suelo	344	13,5	344	13,5	344	13,5	344	13,5	344	13,5	344	14
<b>7</b> Altura: parte superior del capó	1.895	74,6	1.895	74,6	1.895	74,6	1.895	74,6	1.895	74,6	1.895	75
<b>8</b> Altura: parte superior de la ROPS	2.400	94,5	2.400	94,5	2.400	94,5	2.400	94,5	2.400	94,5	2.400	94
<b>9</b> Longitud: total (excavación)	9.865	388,4	10.107	397,9	10.347	407,4	10.270	404,3	10.233	402,9	10.118	398
<b>10</b> Longitud: total (acarreo)	9.570	376,8	9.711	382,3	9.853	387,9	9.805	386,0	9.948	391,7	9.881	389
<b>11</b> Longitud: distancia entre ejes	3.536	139,2	3.536	139,2	3.536	139,2	3.536	139,2	3.536	139,2	3.536	139
<b>12</b> Longitud: desde el eje delantero hasta el enganche	1.768	69,6	1.768	69,6	1.768	69,6	1.768	69,6	1.768	69,6	1.768	70
<b>13</b> Largo: desde el eje trasero hasta el parachoques	3.055	120,3	3.055	120,3	3.055	120,3	3.055	120,3	3.055	120,3	3.055	120
<b>14</b> Longitud: alcance	1.255	49,4	1.408	55,4	1.573	61,9	1.530	60,2	1.495	58,9	1.433	56
<b>15</b> Ancho: total entre neumáticos	2.400	94,5	2.400	94,5	2.400	94,5	2.400	94,5	2.400	94,5	2.400	94
<b>16</b> Ancho: máquina sin cucharón	2.564	100,9	2.564	100,9	2.564	100,9	2.564	100,9	2.564	100,9	2.564	101
<b>17</b> Ancho: máquina con cucharón	2.723	107,2	2.723	107,2	2.723	107,2	2.965	116,7	2.723	107,2	3.042	120
<b>18</b> Ancho de espacio libre recomendado	3.500	137,8	3.500	137,8	3.500	137,8	3.500	137,8	3.500	137,8	3.500	138
<b>19</b> Altura de espacio libre recomendada	3.000	118,1	3.000	118,1	3.000	118,1	3.000	118,1	3.000	118,1	3.000	118

## Rendimiento en pendientes/velocidad/fuerza de tracción

Para determinar el rendimiento en pendientes: lea desde el peso bruto hacia abajo hasta el porcentaje de resistencia total. La resistencia total es igual al porcentaje real de la pendiente más la resistencia a la rodadura. Como norma general, use el 2 % para la resistencia a la rodadura en aplicaciones subterráneas o consulte el Manual de Rendimiento de Caterpillar. Desde el punto de resistencia total, desplácese horizontalmente hasta la curva con la marcha más alta obtenible y luego hacia abajo hasta la velocidad máxima. La fuerza de tracción utilizable en las ruedas dependerá de la tracción disponible y del peso sobre las ruedas de tracción.

— — — — — Peso vacío típico en la obra  
 ..... Peso cargado



**LEYENDA**

- 1 - 1ª marcha
- 2 - 2ª marcha
- 2 L - 2ª marcha (embrague de traba)
- 3 - 3ª marcha
- 3 L - 3ª marcha (embrague de traba)
- 4 - 4ª marcha
- 4 L - 4ª marcha (embrague de traba)

**LEYENDA**

- E - Sin carga 30.150 kg (66.470 lb)
- L - Cargado 40.350 kg (88.956 lb)

**Tabla 33***Presupuesto de la implementación del programa de mantenimiento*

<b>GASTO POR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Gasto por kit de mantenimiento (\$)</b>	<b>Frecuencia de actividad (Por año)</b>	<b>Gasto de repuestos y consumibles (\$)</b>	
Cambio de mando	6000	3	18000	
Cambio de filtro de aceite	200	20	4000	
Cambio de bomba de transmisión	2000	10	20000	
Cambio de caja de transferencia	16000	3	48000	
Cambio de pedal de aceleración	1400	10	14000	
Cambio de bomba de agua	1000	3	3000	
Cambio de termostato	180	3	540	
Cambio de radiador de motor	35000	1	35000	
Cambio de bomba de levante y volteo	1400	3	4200	
Cambio del cilindro de dirección	3500	3	10500	
Cambio pasadores y bocinas	850	10	8500	
Cambio pasador articulador	15000	10	150000	
Cambio de cuchara 6.5 yardas cubicas	60000	1	60000	
Cambio pasadores y bocinas sistema de levante	700	10	7000	
<b>GASTO POR MANO DE OBRA</b>				
<b>Costo por hora del técnico mecánico (\$/h)</b>	<b>Costo por hora del ayudante mecánico (\$/h)</b>	<b>Horas empleadas por el técnico (h)</b>	<b>Horas empleadas por el ayudante (h)</b>	<b>Gasto por mano de obra (\$)</b>
8.89	7.72	180	360	64868.63
<b>GASTO TOTAL PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA (\$)</b>				<b>447608.63</b>

**Anexo 16**

**Figura 11**

*Orden de trabajo de mantenimiento en minería subterránea*

<b>ORDEN DE TRABAJO</b>						Nro OT:		
Descripción del aviso:						Nro Reserva:		
						Nro Backlog:		
Sistema:						Tipo OT:		
Síntoma:						Tipo ACT:		
Causa:						Autor:		
Programado	Fecha	Hora	Real	Fecha	Hora	Horómetro	PARADA	
Inicio			Inicio			PLAN	SI	
Final			Final			REAL	NO	
HERRAMIENTAS DE GESTION DE SEGURIDAD								
Charla	Tarjeta	Detalle de código de PETS:			PETAR	Prioridad	Criticidad	
IPERC	Candado Bloqueo				ATS	OTROS	Cheklst PreUso	
Checklist EPP	Matriz Bloqueo				Permiso Esp.	Auditoría PETAR	PAE	
TAREAS								
Oper.	Descripción		Pto. Trabajo	Cant. De Personas	Tiempo Trab. Programado	Tiempo trabajo real	Notificación de horas	
MANO DE OBRA								
Pto. Trabajo	Firma			Operación	Hora Programada	Horas de Trabajo Real		
DIAGRAMA / OBSERVACIONES / SUGERENCIAS								
Nro. OT:								
REPUESTOS E INSUMOS								
Operación	Centro / Almacén	Código	Descripción	Cant. Prog.	Und.	Cantidad Utilizada Real	Cantida d Devuelt	Firma de Técnico Líder
OPERACIONES								
Código Operación	Descripción							

Figura 12

Flota de Scooptram de la minería subterránea











**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "GESTIÓN DE ACTIVOS PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE UNA FLOTA DE SCOPTRAMS EN MINERÍA SUBTERRÁNEA", cuyos autores son HERRERA REYES EDER IVAN, RAMOS SANTOS WILDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 12 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO <b>DNI:</b> 17897692 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 22-07- 2023 08:32:32

Código documento Trilce: TRI - 0587719