

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE LA
PRODUCTIVIDAD DE EXCAVADORAS 336 DL
DISMINUYENDO LOS TIEMPOS DE PARADAS
NO PROGRAMADAS EN MINERÍA A TAJO
ABIERTO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Jose Angel Chuquimango Ayay

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

<https://orcid.org/0000-0002-3676-7137>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Víctor Eduardo Álvarez León	CIP 132270
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Oscar Arturo Vásquez Mendoza	CIP 169546
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Rafael Napoleón Ocas Boñon	CIP 207418
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD



DEDICATORIA

A mis padres, esposa y mi hijo pues ellos fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, también por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, que me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la oportunidad del conocimiento y valentía para poder culminar la carrera. así también a mi familia, amigos, y personas especiales en mi vida, a la universidad que me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, mis compañeros, y a la universidad en general por todo lo anterior en conjunto con todos los copiosos conocimientos que me ha otorgado.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Objetivos	13
1.3. Objetivos específicos	13
1.4. Hipótesis	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	15
CAPÍTULO III: RESULTADOS	20
3.1. Causas que generan las paradas no programadas	20
3.2. Incremento en el uso de la disponibilidad de las excavadoras para mejorar su rendimiento	24
3.3. Disminución de los costos de operación en el ciclo de carguío	27
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	28
REFERENCIAS	31

Índice de tablas

Tabla 1: Reporte de recolección de datos.....	17
Tabla 2: Formato de recolección de datos de paradas no programadas de las excavadora..	17
Tabla 3: Productividad mensual de la excavadora 336 DL.....	18
Tabla 4: Paradas no programadas - enero	20
Tabla 5: Paradas no programadas – febrero	21
Tabla 6: Paradas no programadas – marzo.....	21
Tabla 7: Paradas no programadas – abril	22
Tabla 8: Porcentaje de utilización de las excavadoras 336 DL meses de enero y febrero...24	
Tabla 9: Porcentaje de utilización de las excavadoras 336 DL meses de marzo y abril.....24	

Índice de figuras

Figura 1. Gráfico comparativo de los tiempos de parada no programados	21
Figura 2. Rendimiento de las excavadoras en los meses de enero y febrero.....	25
Figura 3. Rendimiento de las excavadoras en los meses de marzo y abril.....	26
Figura 4. Costos de operación de carguío y acarreo en los meses de abril mayo y junio_	27

RESUMEN

La presente investigación tiene como enfoque aplicativo, descriptiva, de tipo cuantitativo además, se considera una investigación no experimenta tiene como objetivo Incrementar la productividad de las excavadoras 336 DL disminuyendo tiempos improductivos en minería a tajo abierto minería a tajo abierto.

Las causas que generan tiempos improductivos en las excavadoras CAT 336DL con mayor porcentaje de horas son el acondicionamiento de frente (59.69%), stand by falta de volquete (10.08%), stand by voladura (9.69%), espera por suministro de combustible (8.91%), siendo estas las principales demoras en las que se ha tenido en cuenta para disminuir los tiempos improductivos de la excavadora.

Con la disminución de tiempos improductivos y el incremento de la disponibilidad de las excavadoras se logró mejorar el rendimiento pasando de una utilización del 75.07% a 83.32% en la excavadora EXCAT360-001, en la excavadora EXCAT360-002 se pasó de un 72.81% a un 83.56%, y en la excavadora EXCAT360-003 se pasó de 74.02% a 81.78%; generando una producción mayor a las 500 TM/h.

La disminución de costos de operación en el ciclo de carguío se da por obtener mayor rendimiento de las Excavadoras pasando de tener un costo unitario de producción de 0.15 \$/TM a un 0.122 \$/TM en la excavadora EXCAT360-001, además, en la excavadora EXCAT360-002 se pasó de 0.147 \$/TM a 0.124 \$/TM, y en la excavadora EXCAT360-003 se pasó de 0.149 \$/TM a 0.125 \$/TM, obteniendo un ahorro de un aproximado de 0.02 \$/TM.

PALABRAS CLAVES: productividad, excavadoras, disminuyendo, improductivos, minería.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el ámbito internacional, Según Olarte, Botero y Cañón (2010), en la actualidad con la globalización que vive el mundo, toda empresa está en la obligación de cumplir con estándares mundiales en la calidad de sus operaciones, con la finalidad de ser competitivos, por tal motivo, es necesario que cuenten con certificados de la norma ISO 9001 donde es esencial tener un programa de mantenimiento en los equipos de producción, así como personal calificado para evitar pérdidas de materias primas y paradas de producción. Así mismo, para Calvo et al, (2011), menciona que el manejo de equipos en Japón se da por medio del mantenimiento productivo total, logrando alcanzar casi las cero averías y defectos.

En el ámbito nacional, el Perú ha evolucionado en cuanto al estudio de un plan de mantenimiento preventivo y de paradas no programadas de los equipos de carguío y acarreo, pero aun muchas empresas mineras no lo consideran, sino que se aferran a realizar mantenimientos correctivos a pesar de ser más caros y disminuye la productividad de los equipos (Amado & Campos, 2018). Esto avalado por Meza, (2020), que indica que un plan de mantenimiento para no tener paradas no programadas por fallas mecánicas incrementa la productividad y los niveles de confiabilidad de sus equipos de carguío y acarreo.

En el ámbito local, la región de Cajamarca es una de las principales regiones mineras del país, por ende, es necesario que las empresas mineras cuenten con estudios que ayuden a mejorar la productividad de los equipos de carguío y acarreo (Salazar, 2021). Así mismo, Chávez, (2020), identifica que la disminución del uso de la disponibilidad en comparación

con la disponibilidad mecánica, y también el incremento de paradas no programadas afectan directamente a la productividad de la maquinaria de carguío y acarreo.

En ese sentido, es necesario mencionar que la productividad se mide en costo por tonelada, siendo este que cuanto menor es, mayor será la rentabilidad de la empresa, teniendo en cuenta que las actividades de carguío y acarreo son las que más costos generan a la empresa, mencionando que con solo cambios pequeños se encontraría cambios significativos y buenos beneficios; además, mejoraría el rendimiento de la excavadora (CATERPILAR, 2019).

Así mismo, los tiempos de parada no programada, son las demoras o tiempos improductivos donde un trabajo no se efectúa eficazmente, y este es originado por diferentes factores, tanto internos o externos al trabajo. Estas paradas inesperadas son un problema a batir por las empresas mineras, debido a que generan tanto perdidas en producción como dinero, y si este tiempo muerto es ocasionado por problemas externos al trabajo, quiere decir que se tiene problemas mayores dentro de la industria minera (Asunción, 2019).

Del mismo modo, se define a la Excavadora CAT 336 DL, como una máquina autopropulsada sobre ruedas o cadenas con una superestructura capaz de rotar 360° con un excelente control y confiabilidad para realizar los trabajos de excavar, cargar, girar y descargar materiales, esto efectuado por la cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín sin que su estructura se desplace (Palomino,2016). Su productividad de estas excavadoras es de 440 tn/hr hasta 540 tn/hr, con una capacidad de cucharón de 2.5 m³. También, es necesario mencionar que cuenta con una mejor tecnología para consumir menos combustible y con un sistema simplificado, con la finalidad de aumentar su productividad y reducir costes de operación (Asunción, 2019).

En este contexto, el estudio de Cerdán, A. & García, E. (2021), Aplicación de la teoría de colas para mejorar la producción del carguío y acarreo en una empresa minera de Cajamarca, 2020, donde su investigación se enfoca en aplicar la Teoría de Colas para mejorar la producción de carguío y acarreo. Obteniendo como resultados un incremento en el rendimiento de producción del 9% en la excavadora CAT, y en términos económicos se redujeron en promedio un porcentaje de 1.09% (21.79 \$/TM a 21.05 \$/TM), el cual permite una mejora en la economía de la empresa. Así mismo, en su investigación Malimba, A. (2019), logra tener como resultado que la excavadora CAT 336DL con capacidad de 3 m³ de cucharón, acoplándose mencionado ajuste a un diseño óptimo de carguío y acarreo obtiene un ahorro de 0.64 \$/TM.

Igualmente, Meza, L. (2020), en su estudio del Plan de mantenimiento preventivo apoyado en el RCM para mejorar el rendimiento de disponibilidad mecánica maquinaria pesada excavadora CAT 336 – Compañía Minera Raura S. A. 2019, efectuó su investigación en la compañía minera Raura S.A. para mejorar la productividad en las 10 excavadoras CAT 336 mediante la implementación de un plan preventivo apoyado en el RCM, donde utilizo cuestionarios y fichas de reporte diario en la recolección de datos para su posterior análisis y procesamiento en el paquete estadístico SPSS, obteniendo como resultados que las fallas mecánicas más recurrentes se da en la corona de giro y el motor, además de las encuestas realizadas el 50% señala que las fallas más recurrentes son en la pala y el 25% señala que ocurre en el brazo, con todo lo identificado se logró implementar un plan de mantenimiento preventivo optimo y adecuado.

Por otro lado, Rivera, R. (2018), en su estudio del Mejoramiento de la flota de carguío y acarreo en operaciones mina, para el incremento de la producción, sociedad Minera Cerro

Verde S.A.A, tiene como objetivo desarrollar una metodología de control de operación y costos de los equipos de movimiento de tierras, carguío y acarreo, que permita a la empresa dimensionar, comparar y seleccionar la flota óptima de carguío – acarreo, llegando a tener como resultado una producción de 476 TM/h con excavadora CAT 336DL y una eficiencia operativa de 67.76% y que para el dimensionamiento de flota de acarreo óptimo para la excavadora CAT 336DL, se ejecutó por medio del análisis del factor de acoplamiento, con relación a la producción y costo, generando una flota óptima de 11 camiones, el costo unitario de carguío es de 0,2044 \$/TM, el costo unitario de acarreo es de 0,3050 \$/TM y la producción potencial carguío - acarreo es 623,52 TM/h.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida es posible incrementar la productividad de excavadoras 336 DL disminuyendo los tiempos de paradas no programadas en minería a tajo abierto?

1.3. Objetivos

Describir en qué medida es posible incrementar la productividad de excavadoras 336 DL disminuyendo los tiempos de paradas no programadas en minería a tajo abierto.

1.3. Objetivos específicos

- ✓ Identificar las causas que generan las paradas no programadas más significativas para incrementar el rendimiento de las excavadoras
- ✓ Incrementar el uso de la disponibilidad de las excavadoras para mejorar su rendimiento.

1.4. Hipótesis

La reducción de los tiempos de paradas no programadas de las excavadoras 336 DL, incrementa significativamente la productividad.

El presente trabajo nos permitirá reforzar los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional, teniendo en cuenta que investigaremos como incrementar la productividad de excavadoras 336 DL disminuyendo los tiempos de paradas no programadas en una empresa minera, de ese modo, mejorar el rendimiento de las excavadoras, evitando gastos innecesarios que debe asumir la empresa cuando no se tiene la maquinaria disponible, debido a paradas inesperadas. Por lo tanto, esta investigación es de suma importancia en cualquier unidad minera o trabajo que requiera de excavadoras 336 DL, considerando que se identificarán cuáles son las causas que hacen detenerse a la maquinaria, mermando su productividad, por ende, afectando directamente a la producción minera.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El enfoque que presenta la investigación es aplicativo, teniendo en cuenta que para este estudio se aplicará todos los conocimientos teóricos a una problemática real, así mismo, descriptiva, porque en el estudio se tiene como finalidad determinar la incidencia de una variable sobre una muestra (Asunción, 2019). También para Cazau (2012), la investigación descriptiva, se evalúa tal como es y cómo se presenta un fenómeno y sus componentes, escogiendo una serie de conceptos o variables y se analiza de manera individual, con el fin de describirlas.

El estudio es de tipo cuantitativo, debido a que es un estudio altamente estructurado, mediante el recojo y análisis de datos de forma ordenada, usando herramientas informáticas, estadísticas y matemáticas con el fin de cuantificar el problema de investigación (Alan & Cortez, 2018).

Además, se considera una investigación experimental, que es donde el investigador manipula la variable independiente con el fin de evaluar el impacto que causa a la variable dependiente, también siendo de tipo transversal porque la recolección de los datos se efectúa en un lugar determinado y tiempo definido (Zafra, 2006).

En consecuencia, al tipo de investigación del proyecto de estudio busca reducir los tiempos de paradas no programadas de las excavadoras 336 DL, para incrementar su productividad en minería a tajo abierto, teniendo en cuenta las siguientes variables:

- ❖ Variable independiente: Excavadoras 336 DL.
- ❖ Variable dependiente: Productividad de las excavadoras 336 DL.

Participantes

Población: La población de la presente investigación son las diversas Excavadoras 336 DL de las empresas mineras.

Muestra: La muestra de la presente investigación está conformada por las excavadoras 336 DL de la empresa minera a tajo abierto.

Técnicas:

La técnica utilizada en la recolección de datos es la observación directa del objeto de estudio, teniendo en cuenta que se tomará la información in situ, con el propósito de analizarlas posteriormente. Así mismo, del análisis documental para recolectar y analizar la información de diferentes documentos fiables que aportan a la solución de la problemática de la investigación.

Instrumentos

El instrumento para la recolección de datos a utilizar es un reporte diario del operador de la excavadora 336 DL, medio por el cual se podrá identificar la falla del equipo y posteriormente reportarlo (ver tabla 1), seguido de un registro por paradas no programadas por razones de la operación minera o por fallos de las excavadoras (ver tabla 2), finalmente, un formato de producción de la excavadora 336 DL por mes (ver tabla 3).

información del reporte diario del operador de la situación de cada excavadora, finalmente se pasó a la toma de datos respecto al tiempo de parada no programadas y producción en los formatos ya establecidos.

Etapas de análisis de datos

- a) Con toda la información obtenida se procede a ordenar de forma sistemática los datos recolectados en campo, esto en el software Microsoft Excel y su posterior análisis.
- b) Los resultados se representaron en tablas organizadas y se graficaron en diagramas de pasteles, barras, etc., con la finalidad de tener una mayor claridad de la información y facilitar su interpretación.

Aspectos Éticos

- ✚ La investigación cuenta con validez científica y los investigadores tienen la capacidad de desarrollar con eficiencia el trabajo de estudio, con la finalidad de brindar estudios técnicos a la empresa minera.
- ✚ De acuerdo con lo estipulado en la resolución y protocolo que nos brinda la Universidad, este estudio protege la propiedad intelectual de los autores, donde se efectúa su citación de autores rigurosamente como indica el Manual de Redacción APA.
- ✚ Contar con la autorización respectiva de las personas involucradas en la empresa minera, para poder realizar la recolección de datos.
- ✚ Tener el permiso necesario para publicar la investigación en los medios digitales correspondientes.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Causas que generan las paradas no programadas

A continuación, se presenta los resultados de las causas y tiempos de paradas no programadas por fallas mecánicas durante el periodo enero – abril.

Tabla 4

Paradas no programadas - enero

Equipo	Descripción	Fecha inicio	Fecha Fin	Horómetro	Horas transcurridas
EXCAT360-001	Cambio de Motor de giro: operador reporta que PALA no gira. se hace pruebas operaciones y se evalúa, encontrándose la falla en el motor de giro posterior. se desmonta motor de giro posterior. se releva PALA inoperativa, solo para montar motor de giro.	26/01 16:03:00	26/01 16:23:00	126827.47	22.47
EXCAT360-002	Sistema eléctrico - control, líneas, actuadores y accesorios: operador reporta que Alarma de escalera no borra. se corrige falla de escalera y se realizó pruebas operaciones y operativa la PALA. hubo demora por tormenta eléctrica.	27/01 13:20:00	27/01 14:52:00	73638.43	123.43
EXCAT360-003	Cambio de Radiador de motor: Queda inoperativa por fuga de refrigerante.	17/01 17:38:00	17/01 20:27:00	71048	151

Fuente: Área de mantenimiento.

Tabla 5

Paradas no programadas – febrero

Equipo	Descripción	Fecha inicio	Fecha Fin	Horómetro	Horas transcurridas
EXCAT360-002	Sistema carrilería - tren de rodamiento: Oruga LH trabada. Se regula tensado de oruga LH y RH.	17/02 08:12:00	17/02 08:56:00	73985.93	6.93

Fuente: Área de mantenimiento.

Tabla 6

Paradas no programadas – marzo

Equipo	Descripción	Fecha inicio	Fecha Fin	Horómetro	Horas transcurridas
EXCAT360-002	Sistema de lubricación - lubricación: Pin unión Link Cucharón LH sin lubricación, se evalúa inyector y manguera están en buen estado y se lubrica manualmente. Se coloca tapón al inyector de tapa biela Lh exterior.	25/03 14:13:00	25/03 14:45:00	74802	325
EXCAT360-003	Sistema motor diesel - motor: Operador reporta alarma de stop de motor y alta temperatura de refrigerante.	27/03 08:12:00	27/03 09:00:00	72421	77

Fuente: Área de mantenimiento.

Tabla 7
Paradas no programadas – abril

Equipo	Descripción	Fecha inicio	Fecha final	Horómetro	Horas transcurridas
EXCAT360-001	Sistema eléctrico - control, líneas, actuadores y accesorios: Se prende indicadores de alarma, se encontró cable del reloj de nivel de combustible chocando con el equipo musical, se aísla y se cambia fusible. Se regula cinturón de seguridad. Se ajusta chapa del contacto(arranque) Limpieza del conector del sensor de nivel de aceite.	22/04 13:36:00	22/04 16:00:00	128561	39
EXCAT360-002	Sistema motor diesel - motor: Operador reporta calado de motor. Se encuentra pickup magnético deteriorado. Se cambia pickup queda operativa.	5/04 16:41:00	5/04 16:48:00	75038.5	63.39
EXCAT360-002	Sistema de lubricación - lubricación: Equipo presenta Reporte de alarma de escalera y Autolubricación Se verifica y se encuentra platina fuera de su lugar del limit switch. Se endereza platina y borra testigo alma de escalera. Presenta fufa de grasa por manguera principal de alimentación de link Rh por Rozamiento en biela interior Rh. Se cambio manguera equipo sale operativo.	28/04 00:00:00	28/04 00:23:00	75473.61	371.61
EXCAT360-003	Sistema motor diesel - motor: Operador reporta caída de tapasol y perdida de potencia de motor las RPM no suben. *Se asegura tapasol. Queda inoperativa por evaluación de motor.	17/04 08:02:00	17/04 19:00:00	72832.25	38.25

Fuente: Área de mantenimiento.

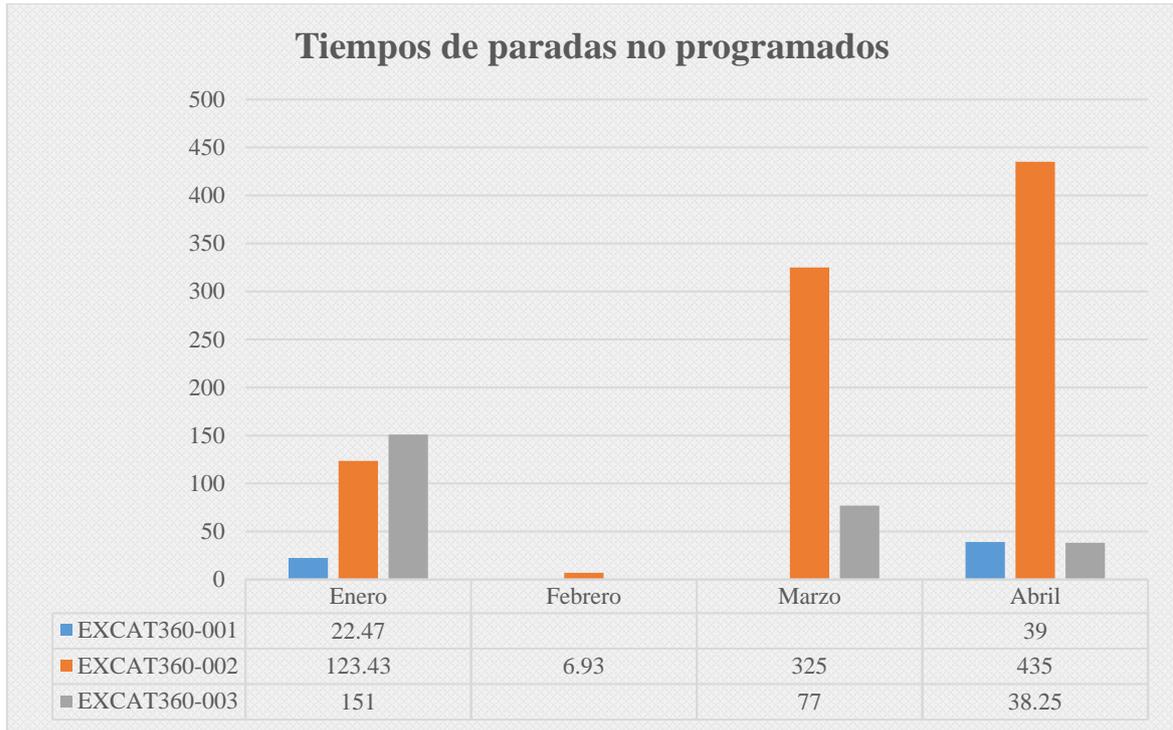


Figura 1. Gráfico comparativo de los tiempos de parada no programados

Según la figura N°1, se evidencia que la pala EX009 tuvo mayor cantidad de horas de paradas no programadas (tiempo de reparación de fallas), con un total de 890.36 horas. Además, en el mes de mayo se observó que hubo mayor cantidad de horas de paradas no programadas con un total de 473.25 h.

3.2. Incremento en el uso de la disponibilidad de las excavadoras para mejorar su rendimiento

Para encontrar el porcentaje de utilización se debe tener en cuenta las horas de uso entre las horas disponibles.

Tabla 8

Porcentaje de utilización de las excavadoras 336 DL en los meses de enero y febrero.

EXCAVADORAS	Horas mensuales disponibles	Horas mensuales de uso	Utilización (%)	Utilización esperada (%)
EXCAT360-001	580	435.39	75.07%	85%
EXCAT360-002	604	439.76	72.81%	85%
EXCAT360-003	484	358.28	74.02%	85%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 8, se puede observar que la excavadora EXCAR360-001 es la que mayor porcentaje de utilización tiene con un 75.07%, seguido por la excavadora EXCAT360-003 que tiene una utilización del 74.02 %, por último, se tiene a la excavadora EXCAT360-002 con una utilización del 72.81%; pero ninguno de los equipos supera a lo esperado que es de un 85%.

Tabla 9

Porcentaje de utilización de las excavadoras 336 DL en los meses de marzo y abril.

EXCAVADORAS	Horas mensuales disponibles	Horas mensuales de uso	Utilización (%)	Utilización esperada (%)
EXCAT360-001	676	563.27	83.32%	85%
EXCAT360-002	652	544.83	83.56%	85%
EXCAT360-003	676	552.83	81.78%	85%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 9, se aprecia que la excavadora EXCAR360-002 es la que mayor porcentaje de utilización tiene con un 83.56%, seguido por la excavadora EXCAT360-001 que tiene una utilización del 83.32 %, por último, se tiene a la excavadora EXCAT360-003 con una utilización del 81.78%; pero ninguno de los equipos supera a lo esperado que es de un 85%, sin embargo, está muy cerca. Además, se aprecia que a mayor uso de la disponibilidad de las excavadoras es mayor la utilización.

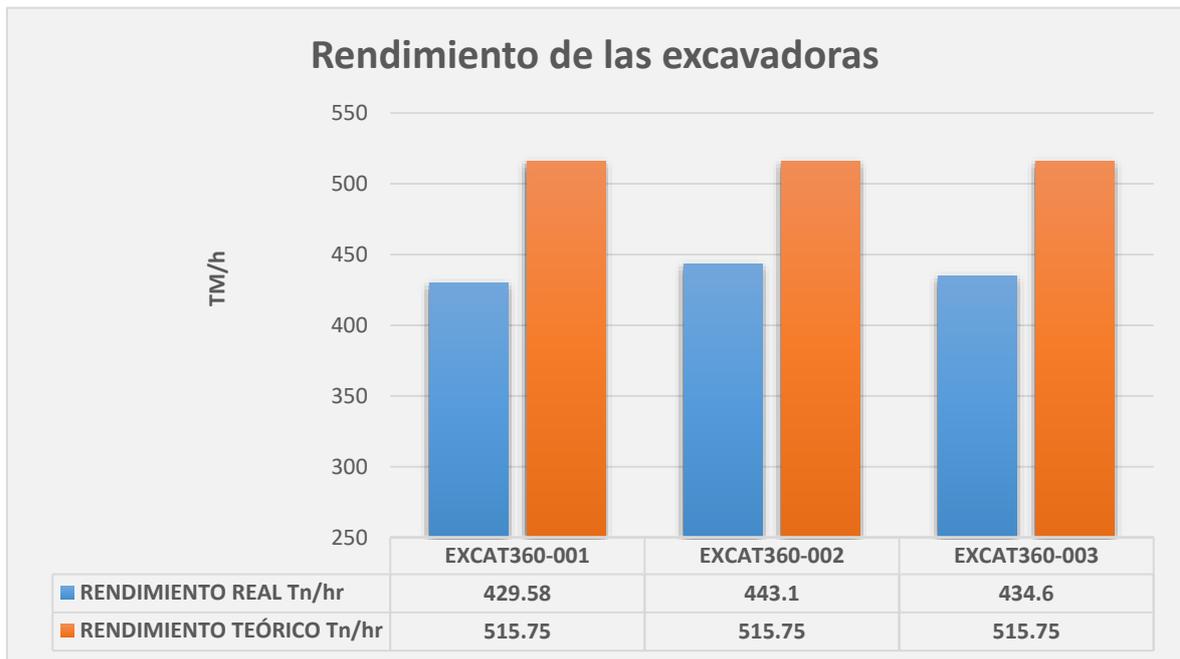


Figura 2. Rendimiento de las excavadoras en los meses de enero y febrero.

En la figura N° 2, se observa que la excavadora de mejor rendimiento es la EXCAR360-002 con 443.1 TM/h, seguido por la excavadora EXCAR360-003 con 434.6TM/h, finalmente, la de menor rendimiento es la excavadora EXCAR360-001 con 429.58 TM/h. Pero ninguna supera el rendimiento teórico que es de 515.75 TM/h.

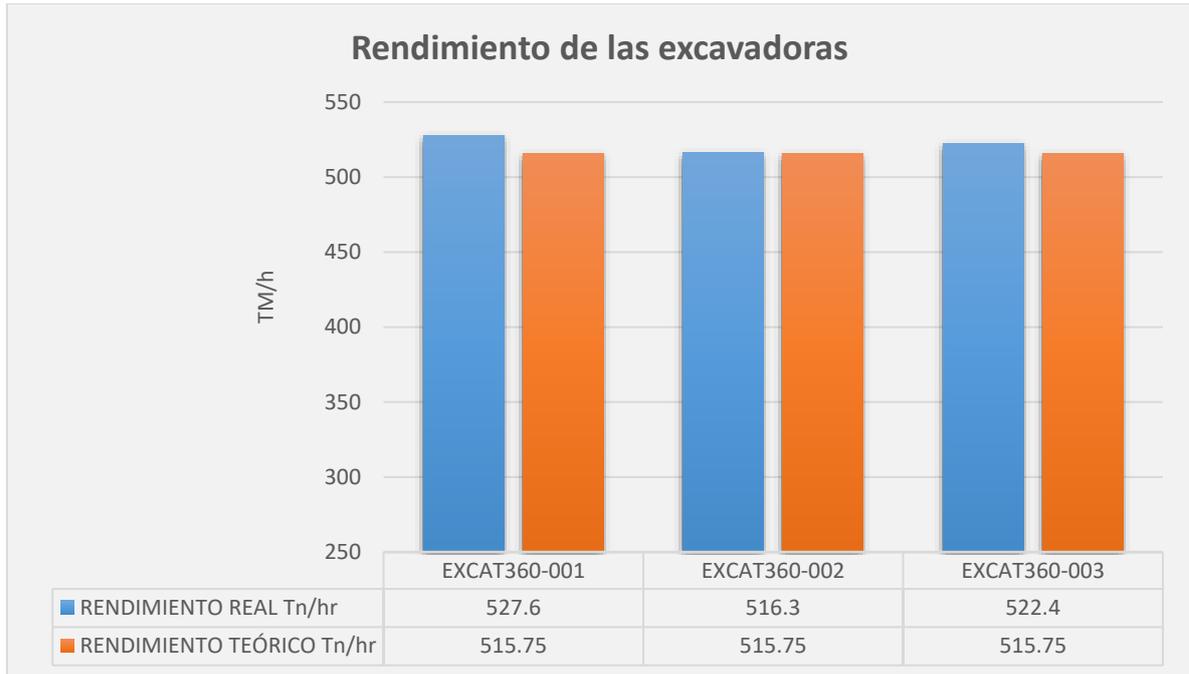


Figura 3. Rendimiento de las excavadoras en los meses de marzo y abril.

En la figura N° 3, se puede ver que la excavadora de mejor rendimiento es la EXCAR360-00 con 527.6 TM/h, seguido por la excavadora EXCAR360-003 con 522.4 TM/h, finalmente, la de menor rendimiento es la excavadora EXCAR360-002 con 516.3 TM/h. reflejándose la mejora en el rendimiento, debido a que todos superan el rendimiento esperado de 515.75 TM/h.

3.3. Disminución de los costos de operación en el ciclo de carguío

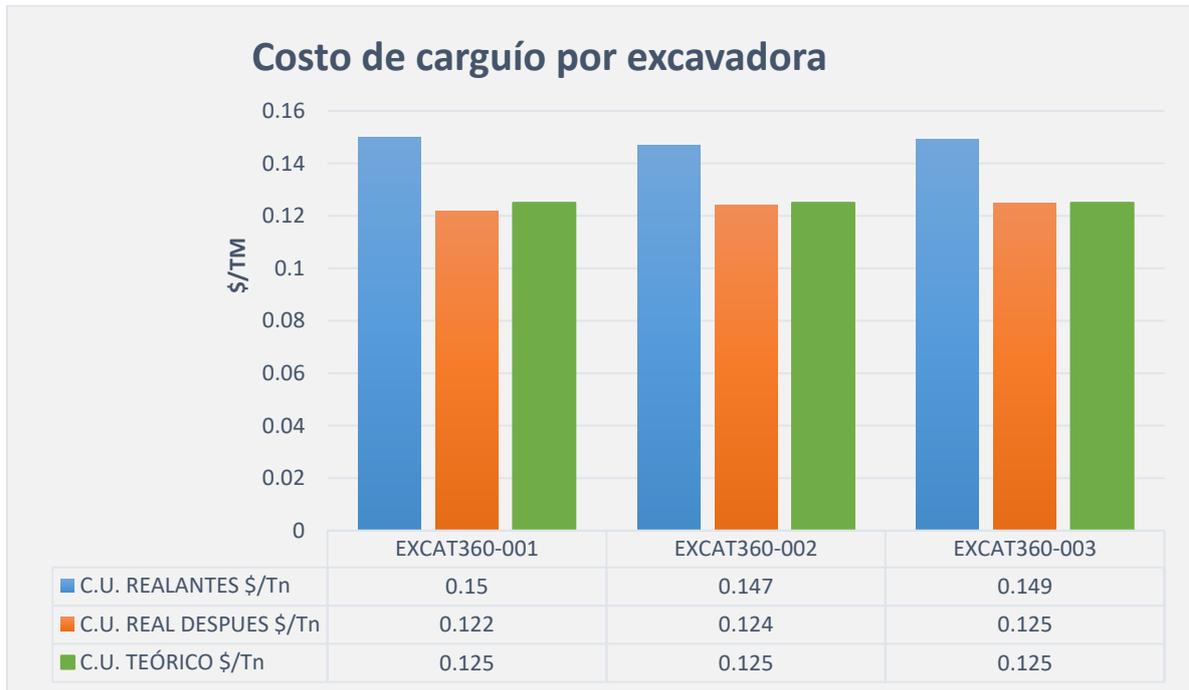


Figura 4. Costos de operación de carguío y acarreo en los meses de abril mayo y junio.

En la figura N° 4, se logra diferenciar que el costo unitario antes superaba al costo unitario teórico de 0.125 \$/TM, sin embargo, los costos unitarios actuales son menores o iguales a los costos unitarios teóricos; esto se comprueba teniendo que la excavadora EXCAT360-001 tiene un costo unitario de 0.122 \$/TM, la excavadora EXCAT360-002 tiene un costo unitario de 0.124 \$/TM y la excavadora EXCAT360-003 presenta un costo unitario igual a teórico con 0.125 \$/TM.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las limitaciones presentes en el estudio son, la poca información presente en la empresa, base de datos desorganizados sin ningún lineamiento, limitando al momento de realizar los resultados; dificultad para el acceso de la información perteneciente a la empresa, esto por parte de los socios.

Los resultados mostrados anteriormente señalan que, la excavadora EXCAT360-002 tuvo mayor cantidad de horas de paradas no programadas (tiempo de reparación de fallas), con un total de 890.36 horas. Además, en el mes de mayo se observó que hubo mayor cantidad de horas de paradas no programadas con un total de 473.25 h. Además, la excavadora EXCAT360-003 tuvo la mayor cantidad de horas por mantenimiento no programado en el mes de mayo, la misma también tuvo un total de 49.62 horas durante el periodo de estudio. Estos datos indican que el plan de mantenimiento preventivo no se está cumpliendo de manera óptima para las palas EXCAT360-002 y EXCAT360-003, ya que son las que tuvieron mayor cantidad de horas de mantenimiento correctivo no programado.

En este contexto, el estudio de Cerdán, A. & García, E. (2021), resalta el incremento en el rendimiento de producción del 9% en la excavadora CAT, y en términos económicos se redujeron en promedio un porcentaje de 1.09% (21.79 \$/TM a 21.05 \$/TM); que similar a nuestros hallazgos se resalta el incremento en la utilización que oscila entre el 80% a 85%, dando lugar a un incremento en el rendimiento pasando de producciones menores a los 450 TM/h a mayor a 500 TM/h, el cual permite una mejora en la economía de la empresa y una mejor producción diaria. Así mismo, en su investigación Malimba, A. (2019), logra tener como resultado que la excavadora CAT 336DL mejore su rendimiento, generando un ahorro de 0.64 \$/TM.

En tal sentido, el caso expuesto por Asunción, G. (2019), en su investigación reduce los tiempos improductivos y aumenta el rendimiento de producción de las excavadoras CAT 336DL en la operación minera, esto reflejado en el incremento del rendimiento de las excavadoras logrando un ahorro de 0.025 \$/TM, aumentó el porcentaje de utilización de las excavadoras de 74.88% a 83.39%, como la producción que paso la cantidad presupuestada por mina que es de 905,490.00 TM/mes; igual que nuestra investigación donde obtuvimos un incremento en el rendimiento de las excavadoras obteniendo un ahorro de 0.061 \$/TM y un aumento en el porcentaje de utilización de un 8%, todo esto generó que se tenga un mayor realce en la producción.

Igualmente, Rivera, R. (2018), en su estudio logró obtener como resultado una producción de 476 TM/h con excavadora CAT 336DL y una eficiencia operativa de 67.76% y que para el dimensionamiento de flota de acarreo óptimo para la excavadora CAT 336DL, se ejecutó por medio del análisis del factor de acoplamiento, en relación a la producción y costo, el costo unitario de carguío es de 0,2044 \$/TM, sin embargo en nuestra investigación el costo unitario es menor a 0.2 \$/TM, y la producción es mayor a los 500 TM/h, es decir, que nuestros resultados son más favorables y mejores para el desarrollo de una empresa minera.

Por otra parte, se recomienda a la empresa minera mejorar la aplicación de la gestión de mantenimiento preventivo de las excavadoras, centrado principalmente en el sistema de lubricación ya que es la falla mecánica que genero mayor tiempo de paradas no programadas.

Se recomienda tanto a la empresa o a futuros investigadores a profundizar sobre este tema, debido a que los equipos son parte fundamental para la producción de una minera y

estar a la vanguardia de los nuevos avances para aumentar la productividad reduciendo horas de paradas no programadas.

Conclusiones

Se identificaron las causas y tiempos de paradas no programadas por fallas mecánicas de las excavadoras 336 DL, EXCAR360-001, EXCAR360-002, y EXCAR360-003 durante el periodo enero – abril, la excavadora EXCAR360-002 tuvo mayor cantidad de horas de paradas no programadas (tiempo de reparación de fallas), con un total de 890.36 horas. Además, en el mes de abril se observó que hubo mayor cantidad de horas de paradas no programadas con un total de 473.25 h. Además, la excavadora EXCAR360-003 tuvo la mayor cantidad de horas por mantenimiento no programado en el mes de abril, la misma también tuvo un total de 49.62 horas durante el periodo de estudio.

Con el incremento de la disponibilidad de las excavadoras se logró mejorar el rendimiento pasando de una utilización del 75.07% a 83.32% en la excavadora EXCAT360-001, en la excavadora EXCAT360-002 se pasó de un 72.81% a un 83.56%, y en la excavadora EXCAT360-003 se pasó de 74.02% a 81.78%; generando una producción mayor a las 500 TM/h.

La disminución de costos de operación en el ciclo de carguío se da por obtener mayor rendimiento de las Excavadoras pasando de tener un costo unitario de producción de 0.15 \$/TM a un 0.122 \$/TM en la excavadora EXCAT360-001, además, en la excavadora EXCAT360-002 se pasó de 0.147 \$/TM a 0.124 \$/TM, y en la excavadora EXCAT360-003 se pasó de 0.149 \$/TM a 0.125 \$/TM, obteniendo un ahorro de un aproximado de 0.02 \$/TM.

REFERENCIAS

- Olarte, W., Botero, M. & Cañón, B. (2010). Importancia del mantenimiento Industrial dentro de los procesos de producción. Vol. 16, n.44. Abril, 2010. 354 pp. ISSN: 0122-1701
- Calvo, J. et al. El binomio de la automatización y el TPM. Universidad de la Coruña. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2018]. Disponible en https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual_ISO.pdf
- Amado, L. & Campos, Y. (2017). Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de la excavadora CAT-336D2L en la empresa Señor de Pomallucay, Jangas, 2018 (tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial). Universidad César Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26125>
- Meza, L. (2020). Plan de mantenimiento preventivo apoyado en el RCM para mejorar el rendimiento de disponibilidad mecánica maquinaria pesada excavadora CAT 336 – Compañía Minera Raura S. A. 2019 (tesis para optar el grado de bachiller en ingeniería mecánica). Universidad Continental. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8061>
- Salazar, M. (2021). Incremento de la productividad mediante el análisis de indicadores de rendimiento en los equipos de carguio y acarreo en una empresa minera de Cajamarca 2021 (tesis para optar el título de ingeniera de minas). Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/27627>
- Chávez, E. (2020). Influencia de los periodos de parada no programados en el uso de la disponibilidad y productividad de los equipos de carguío y acarreo en una empresa

minera del sur del Perú 2020 (tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas). Universidad Privada del Norte. Recuperado de: Chavez Mendo, Ermes Alberto.pdf (upn.edu.pe)

Malimba, A. (2019). Cálculo de la flota de carguío y transporte para optimizar la producción diaria en el tajo Ciénaga Norte - Coimolache (tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas). Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3091>

Rivera, R. (2018). Mejoramiento de la flota de carguio y acarreo en operaciones mina, para el incremento de la produccion, sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. (tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas). Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7732>

Cerdán, A. & García, E. (2021). Aplicación de la teoría de colas para mejorar la producción del carguío y acarreo en una empresa minera de Cajamarca (tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas). Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/27122>

Caterpillar. (2019). Catálogo de tiempos en equipos. Recuperado de https://www.cat.com/es_US/support/operations/technology/cat-minestar/minestar-inaction/cycle-times-cost-per-ton.html

Asunción, G. (2019). Incrementar el rendimiento en las excavadoras cat 336dl reduciendo los tiempos improductivos en mejora de la producción de relleno masivo en Minera Tahoe Perú la Arena S.A. (tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas). Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13397>

- Palomino, A. (2016). Plan de mantenimiento del tren de rodaje de la excavadora hidráulica 336 DL CAT para la disponibilidad en la Empresa Constructores y Mineros CG SAC (tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico). Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1570>
- Zafra, O. (2006). Tipos de investigación. Revista Científica General José María Córdova, 4 (4), 13-14. <https://www.redalyc.org/pdf/4762/476259067004.pdf>
- Alan, D. & Cortez, L. (2018). Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica. 1ª ed. Grupo Editorial: UTMACH. 125 pp. ISBN: 978-9942-24-093-4. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14232/1/Cap.4Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20y%20cualitativa.pdf>