



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**INCREMENTO DEL RENDIMIENTO DEL SCOOPTRAM DE 3,5  
yd<sup>3</sup> MEDIANTE LA OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE TRABAJO  
EN EL BY PASS 215 DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. WILLIAMS QUISPE PARILLO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Incremento del rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> mediante la optimización del ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael**

AUTOR

**Williams Quispe Parillo**

RECuento DE PALABRAS

**10004 Words**

RECuento DE CARACTERES

**49200 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**55 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 25, 2023 10:30 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 25, 2023 10:31 AM GMT-5**

### ● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

  
**Dr. Anibal Sucari Leon**  
DOCENTE  
E.P. DE INGENIERÍA DE MINAS  
UNA - PUNO



Resumen



## DEDICATORIA

*A mis padres que me dieron la vida Ángel Adriano y Juana, porque me criaron con valores que fueron muy importante en mi formación profesional, me dieron todo el apoyo sin restricción alguna.*

*A mis hermanos Marleny Liz, Elisban Ángel, Wilson y Rocio que me alentaron día a día en culminar mis estudios de Ingeniería de Minas, por el apoyo moral desinteresado.*

**Williams.**



## AGRADECIMIENTO

*A Dios por haberme permitido estudiar en la Universidad, haberme dado salud en todo el trayecto de mis estudios.*

*A mi centro de estudios Universidad Nacional del Altiplano Puno, por brindar la infraestructura de calidad con docentes capacitados y experiencia que fueron parte de mi formación profesional.*

*Al equipo de docentes de mi Facultad de Ingeniería de Minas, que brindaron sus conocimientos, experiencia y voluntad en el proceso de enseñanza.*

*A los miembros de jurado calificador que con sus aportes se pudo concluir la presente investigación.*

***Williams.***



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**ABSTRACT..... 14**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 15**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 15**

1.2.1. Pregunta general ..... 15

1.2.2. Preguntas específicas ..... 16

**1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS ..... 16**

1.3.1. Hipótesis general ..... 16

1.3.2. Hipótesis específicas ..... 16

**1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 16**

**1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 17**



1.5.1. Objetivo general .....	17
1.5.2. Objetivos específicos.....	17

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
2.2.1. Rendimiento de un Scooptram .....	20
2.2.2. Scooptram.....	21
2.2.3. Índices Operacionales.....	22
2.2.4. Carguío de mineral .....	23
2.2.5. Acarreo de mineral .....	23
2.2.6. Factores que intervienen en el carguío y acarreo de mineral .....	24
2.2.7. Estudio de tiempo en carguío y acarreo .....	26
2.2.8. Tiempos en el ciclo de trabajo.....	26
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>28</b>
2.3.1. Carguío y acarreo de mineral .....	28
2.3.2. Estudio de tiempo .....	28
2.3.3. Ore pass .....	28
2.3.4. Optimización del ciclo de trabajo.....	28
2.3.5. Scooptram.....	29
2.3.6. Vía de extracción.....	29
2.3.7. Mineral .....	29



2.3.8. Rendimiento de un equipo.....	29
2.3.9. Productividad.....	29
2.3.10. Minería .....	29

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>30</b>
3.1.1 Accesibilidad .....	30
<b>3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.....</b>	<b>31</b>
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>31</b>
3.4.1. Población .....	31
3.4.2. Muestra .....	31
3.4.3. Muestreo .....	31
<b>3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO .....</b>	<b>31</b>
3.5.1. Enfoque de investigación .....	31
3.5.2. Tipo de investigación .....	31
3.5.3. Diseño de investigación.....	32
<b>3.6. PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>32</b>
<b>3.7 VARIABLES .....</b>	<b>32</b>
3.7.1. Variable independiente .....	32
3.7.2. Variable dependiente .....	32
<b>3.8. ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>33</b>



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
4.1.1. Rendimiento del Scooptram de antes de optimizar el ciclo de trabajo.....	35
4.1.2. Rendimiento del Scooptram después de optimizar el ciclo de trabajo .....	39
4.1.3. Incremento del rendimiento del Scooptram .....	44
4.1.4. Prueba de hipótesis .....	46
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>53</b>

**Área:** Ingeniería de Minas

**Tema:** Análisis de costos mineros y comercialización de minerales

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 04 de agosto de 2023



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Acceso a la Unidad Minera San Rafael .....	30
<b>Tabla 2</b> Operacionalización de variables .....	33
<b>Tabla 3</b> Extracción de Tolva 215 registrados en balanza antes de optimizar .....	35
<b>Tabla 4</b> Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 10 de agosto del 2022 ....	36
<b>Tabla 5</b> Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 11 de agosto del 2022 ....	37
<b>Tabla 6</b> Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 12 de agosto del 2022 ....	38
<b>Tabla 7</b> Plan de mejora para el acarreo del Scooptram de 3,5 yd <sup>3</sup> .....	39
<b>Tabla 8</b> Extracción de Tolva 215 registrados en balanza después de optimizar.....	40
<b>Tabla 9</b> Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 17 de agosto del 2022 ....	41
<b>Tabla 10</b> Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 18 de agosto del 2022 ..	42
<b>Tabla 11</b> Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 19 de agosto del 2022 ..	43
<b>Tabla 12</b> Comparación del rendimiento del Scooptram .....	44
<b>Tabla 13</b> Comparación en la extracción de mineral.....	45
<b>Tabla 14</b> Estadística descriptiva del rendimiento del Scooptram .....	47
<b>Tabla 15</b> Prueba t de student para el rendimiento del Scooptram.....	47



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Comparación de rendimiento del Scooptram .....	45
<b>Figura 2</b> Comparación de la producción y rendimiento del volquete.....	46



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Volquete en plena extracción de mineral.....	53
<b>Anexo 3</b> Rompe banco en el OP 215.....	54
<b>Anexo 4</b> Parapeto en OP.....	54
<b>Anexo 5</b> Mantenimiento de vía de acarreo.....	55
<b>Anexo 6</b> Personal de mantenimiento de vía.....	55
<b>Anexo 7</b> Scooptram en pleno carguío de mineral.....	56
<b>Anexo 8</b> Supervisión de labores.....	56



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>R</b>	: Rendimiento del volquete
<b>Cm</b>	: Tiempo del ciclo de trabajo
<b>Q</b>	: Capacidad del volquete
<b>F</b>	: Factor de esponjamiento del material
<b>E</b>	: Eficiencia de llenadon
<b>OP</b>	: Ore Pass
<b>BP</b>	: By Pass
<b>yd<sup>3</sup></b>	: Yarda cúbica
<b>m</b>	: Metro
<b>min</b>	: Minuto
<b>s</b>	: Segundo
<b>h</b>	: Hora



## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la Unidad Minera San Rafael en el proceso de acarreo de mineral del tajo 215 mediante el By Pass 215 en una distancia de 85 m desde el tajo hasta el Ore Pass, logrando detectar un mal estado de la vía, personal con poca experiencia, manga de ventilación mal instalada, acumulación de monóxido por una ventilación deficiente, donde el **objetivo** fue incrementar el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> mediante la optimización del ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael, mediante una **metodología** de enfoque cuantitativo, tipo de investigación experimental con un diseño pre-experimental ya que se tuvo que manipular la variable independiente analizando el estudio de tiempo, identificando y optimizando los factores que intervienen en el rendimiento del Scooptram, logrando como **resultado** evidenciar una reducción en el ciclo de trabajo del Scooptram de 3,49 min a 3,12 min gracias al mantenimiento de vía, estandarizando la manga de ventilación, implementando un machador de bancos en la parrilla llegando a incrementar en el rendimiento del Scooptram de 47,26 m<sup>3</sup>/h a 52,96 m<sup>3</sup>/h, finalmente se **concluye** que se reduce el tiempo del ciclo de trabajo del Scooptram en un 11,85 % y se logró incrementar el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en un 12% influyendo directamente en un incremento de la extracción del tajo 215.

**Palabras clave:** Acarreo, ciclo de trabajo, mineral, Scooptram, estudio de tiempo.



## ABSTRACT

The research work was carried out at the San Rafael Mining Unit in the process of ore hauling from pit 215 through By Pass 215 in a distance of 85 m from the pit to the Ore Pass, managing to detect a poor condition of the track, inexperienced personnel, poorly installed ventilation sleeve, accumulation of monoxide by poor ventilation, where the objective was to increase the performance of the Scooptram of 3.5 yd<sup>3</sup> by optimizing the work cycle in the By Pass 215 of the San Rafael Mining Unit, through a methodology of quantitative approach, type of experimental research with a pre-experimental design since the independent variable had to be manipulated by analyzing the time study, identifying and optimizing the factors that intervene in the Scooptram's performance, achieving as a result a reduction in the Scooptram's work cycle from 3.49 min to 3.12 min thanks to the track maintenance, 12 min thanks to the track maintenance, standardizing the ventilation sleeve, implementing a bank crusher in the grill and increasing the Scooptram performance from 47.26 m<sup>3</sup>/h to 52.96 m<sup>3</sup>/h, finally it is concluded that the Scooptram work cycle time is reduced by 11.85 % and the Scooptram performance is increased from 3.5 yd<sup>3</sup> Scooptram performance was increased by 12%, directly influencing an increase in the extraction of pit 215.

**Keyword:** haulage, duty cycle, ore, Scooptram, time study.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acarreo de mineral del tajeo 215 se realiza por el By Pass 215 con un Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup>, el acarreo consta desde el tajeo hasta el Ore Pass 215 que tiene una distancia lineal de 85m. Según los reportes de acarreo y los reportes de extracción se tiene un promedio de 12 m<sup>3</sup>/hora, considerándose un problema ya que el mineral se tiene acumulado en el tajeo 215.

En el análisis del ciclo de trabajo se observó los diferentes factores que dificultan el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup>, donde se detectó el mal estado de la vía, personal con poca experiencia, manga de ventilación mal instalada obstaculizando el libre tránsito del Scooptram, deficiente ventilación y acumulación de monóxido dificultando la visibilidad en el By pass 215.

De continuar con este problema el tiempo de limpieza del mineral en el tajeo 215 sería por más días y el costo de extracción se incrementará, incumplimiento del plan de extracción del mineral, motivo por el cual nace la necesidad de mejorar el rendimiento de acarreo del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> que se dedica al acarreo de mineral del tajeo 215 hasta el ore pass 215.

Para lo cual se plantea las siguientes interrogantes.

### 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.2.1. Pregunta general

¿Cómo incrementar el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael?



### **1.2.2. Preguntas específicas**

- ¿Cómo es el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> antes de optimizar el ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael?
- ¿Cómo es el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> después de optimizar el ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael?

## **1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis general**

La optimización del ciclo de trabajo incrementa el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

- El rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> es deficiente antes de optimizar el ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.
- El rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> se incrementa después de optimizar el ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El tajeo 215 está en plena explotación de mineral mediante el método de explotación sublevel stoping siendo la extracción por los drow points y By Pass 215, el acarreo se realiza con un Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup>, se revisó los reportes del operador de Scooptram y se encontró en promedio un rendimiento de 12 m<sup>3</sup>/hora, encontrando este problema nace la necesidad de investigar sobre los factores que intervienen en el rendimiento de un Scooptram durante el acarreo de mineral.

El trabajo de investigación se realizó con la finalidad de mejorar el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael, ya que el rendimiento de dicho equipo está en promedio 12 m<sup>3</sup>/hora, pese a que se tiene mineral acumulado en el tajeo 215.



En el trabajo de investigación es importante ya que se evaluó, se analizó y optimizó los factores que intervienen en el rendimiento del Scooptram con la finalidad de incrementar el rendimiento del Scooptram durante el acarreo de mineral, este cambio será beneficioso para la empresa ya que tendrá una mejor producción.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

Incrementar el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> mediante la optimización del ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> antes de optimizar el ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.
- Determinar el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> después de optimizar el ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados del estudio de tiempo de la cubeta mostraron que la cubeta diésel tardó 14,6 segundos en comparación con los 15,3 segundos de la cubeta eléctrica; 40 segundos La distancia de acarreo promedio fue de 30 metros con el balde diésel, y el tiempo del ciclo de acarreo para escombros de más de 16 pulgadas fue de 2 minutos y 4 segundos, en comparación con los 2 minutos y 5 segundos con el balde eléctrico, una reducción del 6,8 %. Con una distancia de transporte de 30 metros y una fragmentación de material superior a 1 pulgada, la capacidad horaria del LHD diésel fue de 32,51 t/h y el LHD eléctrico fue de 30,31 t/h, se observó una productividad ligeramente superior para el LHD diésel. La capacidad de producción del montacargas diésel es de 146,29 toneladas por hora. cambio cada 4,5 horas, y la tasa de producción de la carretilla elevadora eléctrica es de 136,37 toneladas por hora. cambio en 4,5 horas. Por otro lado, la productividad horaria equivalente a 8 horas es de 18,24 TM/hora para el Scooptrams diésel y de 17,05 para el Scooptrams eléctrico (Avendaño, 2021).

Se concluye que la dependencia de la productividad influye en el mejor control de los tiempos realizados para el acarreo del material, se ha logrado determinar los tiempos óptimos tales como: tiempo de limpieza en los tajos como tales Tj- 943, Tj-270,Tj-285,frente 975 y en la cámara acumulación 22, se ha reducido el tiempo de ida con carga de 2,5 a 2,3 minutos, el tiempo de retorno con carga se ha optimizado de 3,5 a 2.7 minutos, determinándose como resultado el incremento de más viajes de carga según las utilizaciones incrementando un total de 1050 toneladas, los equipos de carguío y acarreo incrementaron su utilización efectiva bajas de 65% moderada a > 80% que representa ideal en la mejora de la operación (Pizarro, 2019).



Aplicado de manera rigurosa los procesos de mantenimiento, como son: La planificación, la ejecución de los programas de mantenimiento y el control de los Scooptram LH, la utilización y seguimiento al control de componentes, minimizo considerablemente las paradas por fallas intempestivas, se obtuvo una disponibilidad acumulada de flota de 93,65%, un MTBF de 73,16 y un MTTR de 5,24, estos datos demuestran el objetivo alcanzado y el cumplimiento al contrato de servicio pactado con Volcan, se resalta que anteriormente Volcan registraba rangos de disponibilidad menores al 85%, de la misma forma esta empresa minera no contaba con indicadores como el MTBF y el MTTR (Madueño, 2018).

El tiempo perdido por tema de demora es en la cola de espera, teniendo valores de 20,28 min, dando un tiempo total de demora de 25,54 min, esto para la OP06(Ore Pass) cuando se carga con unidades de 20 m<sup>3</sup>, El punto donde el carguío es más rápido es en el RC-15, ubicado en el nivel 4300, siendo valores de 5,39 min para unidades de 20 m<sup>3</sup> unidades de 15m<sup>3</sup> (Mendoza, 2018).

Un mejor control de los tiempos de transporte de materiales permite tiempos óptimos, tales como: Tiempo de despeje para intersección nivel 4590 339 NW. Se redujo el tiempo de salida sin carga de 2,5 minutos a 2,3 minutos, se optimizó el tiempo de regreso con carga de 3,5 minutos a 2,7 minutos, por lo que se optimizó el tiempo de limpieza para detección de frente de emisión de 1,98 horas a 1,60 horas (a 200 m). Esta distancia se basa en la recomendación del fabricante de que el fabricante establece en su manual que la compensación óptima para esta máquina es la especificada. Mayor a esta distancia su rendimiento de la maquina se reduce (Quispe, 2017).

Con la determinación de los ciclos totales de acarreo y transporte minero subterráneo con volquetes, se pudo calcular la productividad horaria real en la Unidad Operativa de Arcata, siendo esta 10,156 TM/h como promedio y equivalente al 77,9 %



de la productividad máxima siendo esta 13,038 TM/h como promedio, los factores que influyen en el cálculo de la productividad son el tiempo, la eficiencia relacionada al equipo y al personal, además del material a transportar (Riveros, 2016).

En el análisis de la productividad horaria real se encontró que esta aporta el 76,20 % de la producción óptima posible, a consecuencia de la demora del tiempo de carguío en los Ore Pass. Con la determinación de los ciclos totales de acarreo y transporte se pudo calcular la productividad horaria real en las unidades de acarreo y transporte en la Unidad Operativa Arcata, el tiempo, la eficiencia relacionada al equipo y al personal, además del material a transportar, influyen directamente en el cálculo de la productividad horaria (Alvarez, 2014).

Los equipos de perforación aumentan la utilización efectiva baja (<40%) a una utilización efectiva moderada e ideal (>40%). Los equipos de carguío poseen utilidades efectivas moderadas a ideales (>40%) y los equipos de acarreo poseen utilidades efectivas ideales (>50%) (Salas, 2013).

Los ciclos de las operaciones de carguío y transporte, influyen directamente sobre los rendimientos de producción del Nv 1070, que actualmente ocasiona un déficit de 183,52 TM/día y de 5505,69 TM/mes, se determinó que el ciclo de carguío y transporte de mineral de interior mina hacia superficie "cancha 500", es de 3,03 horas por viaje, que es muy alto comparado con el parámetro calculado que maneja el área de Planeamiento de la Mina (Mayhua & Mendoza, 2012).

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Rendimiento de un Scooptram**

Pizarro (2019) manifiesta que corresponde al volumen o peso de producción teórico por unidad de tiempo de un equipo determinado. En lo común se define en



términos de producción por hora, sin embargo, puede utilizarse la tasa por turno o día.

$$R = \frac{QxFxE \times 60}{Cm} \quad (1)$$

Donde:

R : Rendimiento del volquete

Cm : Tiempo del ciclo de trabajo

Q : Capacidad del cucharón

F : Factor de esponjamiento del material

E : Eficiencia

Con estos indicadores podemos hacer un seguimiento de la vida de cualquier máquina, el éxito de estos indicadores es dependientes directamente de una información de calidad conseguida para el cálculo de cada indicador, es decir, solo son útiles si se utilizan con objetivos, claridad, verificabilidad, persistencia y rendición de cuentas.

### 2.2.2. Scooptram

Según Hartman, Mutmansky, Braun, & Karmis, (2011) señalan los cargadores subterráneos o camiones de bajo perfil, conocido como Scooptram o equipo LHD, son los primeros en manipular en el mineral arrancado.

Este equipo de carga se encarga de retirar el mineral del frente y tajo, así como descargar el mineral directamente al túnel de la mina o depositar el mineral en cámaras de almacenamiento para su traslado a otro punto de minado en el sitio de la mina o en la superficie.

Hay diferentes tipos de equipos, incluidos cargadores de orugas, cargadores de ruedas y cargadores de transporte. Las plataformas con neumáticos de caucho se



usan comúnmente en minas de roca dura y se conocen como plataformas LHD (Load Transport Dump).

Scooptram o LHD pueden ser diesel o eléctricos, las unidades diesel son versátiles y fáciles de mover de un lugar a otro. Unidades eléctricas con tanques de cable basados en cortadores de cadena eléctricos de bajo ruido, cero emisiones y alta productividad en minas donde el mineral es transportado a lugares fijos a través de una serie de puntas afiladas.

### 2.2.3. Índices Operacionales

#### a) *Disponibilidad mecánica (DM)*

Pizarro (2019) menciona que es el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto para su uso y operatividad, pero tomando en cuenta solo la sumatoria del tiempo por paradas imprevistas, fallas e incidencias de los equipos y activos físicos.

$$DM = \frac{(HH - HMT) \times 100\%}{HH} = \frac{(HEF + HPE + HRE) \times 100\%}{(HEF + HPE + HMT + HRE)} \quad (2)$$

Donde:

DM	: Disponibilidad Mecánica
HH	: Tiempo Hábil
HMT	: Horas de Mantenimiento Total
HEF	: Horas Operacionales Efectivas
HPE	: Horas de Pérdidas Operacionales
HRE	: Horas de Reserva

La disponibilidad mecánica directamente proporcional a la calidad del equipo y a la eficiencia de su mantención y/o reparación, e inversamente proporcional a su antigüedad y a las condiciones adversas existentes en su zona de trabajo u operación



### **b) Utilización efectiva (UE)**

Según Pizarro (2019) nos dice que es la fracción del tiempo expresada en porcentaje, en la cual el equipo está realizando su objetivo de diseño.

$$UE = \frac{(HEF)X100\%}{(HOP + HRE)} = \frac{(HEF)X100\%}{(HEF + HPE + HRE)} \quad (3)$$

Donde:

UE : Utilización Efectiva

HRE : Horas de Reserva

HOP : Horas Operacionales

La utilización efectiva es directamente proporcional al tiempo de operación del equipo.

#### **2.2.4. Carguío de mineral**

Muñoz (2012) indica que consiste en el traslado de mineral de los frentes de producción hacia las tolvas de mineral, cámara de mineral o echaderos de mineral que se encuentran en interior mina. Amau (2019) menciona que el carguío y acarreo constituyen las acciones que definen la principal operación, en una operación minera. Estos son responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado en un proceso de voladura.

#### **2.2.5. Acarreo de mineral**

Según Ortiz (2008) dice que se denomina acarreo al traslado corto de material roto de una labor hacia sus posibles destinos, es decir que el transporte tiene limitaciones, o tiene un determinado radio de acción y estarán ubicados en los frentes de operación.



### **2.2.6. Factores que intervienen en el carguío y acarreo de mineral**

Amau (2019) dice que la eficiencia y el costo efectivo de estos sistemas son perceptivos a diversos elementos o factores. Los planificadores de minas deben comprender completamente estos factores porque cada factor afecta el costo de alguna manera. Una combinación inapropiada de factores, aunque parezca insignificante, puede resultar costosa en el sistema de carga y transporte. Los factores son los siguientes:

#### **a) *Granulometría del mineral***

Amau (2019) señala que el carguío es el primer cliente del derribo, es el que se las tendrá que procurar para amañar el material volado y si este material no cumple con las características apropiadas (granulometría, geometría de la ola de desperdicios, estamento del piso, etc.), el procedimiento de carguío se verá severamente afectada (acrecentamiento de costos y deterioro de los equipos), así mismo el acarreo será amenerado al bajar sus rendimientos y podrá resistir daños al ser colmado con material de máximo tamaño que lo meta.

#### **b) *Capacidad del balde del scooptram***

Amau (2019) menciona que el diseño y forma del balde influyen en el grado de llenado del mismo y, por lo tanto, en la producción horaria del equipo.

Los parámetros a ser considerados en el diseño del balde son:

- Relación ancha / volumen del cucharón.
- longitud entre la articulación y la punta de los dientes.
- Ángulos de apertura y vuelco.
- Peso del cucharón.



**c) Método de carguío**

Amau (2019) informa que la metodología de carguío estará relacionada con la planificación del espacio de carguío. Si la planificación permite el suficiente emplazamiento para que el equipo opere, entonces se aplicará una metodología de carguío en ambos lados. Operando la pala en ambos lados se reducen los tiempos y, por ende, la productividad de los equipos se incrementa.

Las técnicas de carguío más apropiadas:

- Estándar del banco y disponibilidad del área de trabajo.
- Solicitud de control de la ley de mineral.
- Modelo de equipo de carguío y camión.
- Capacitación y experiencia de operadores.

**d) Estado de la vía**

Herrera & Gómez (2007) afirman que el modelo de superficie de rodamiento determinará la tolerancia a la rodadura de los equipos de acarreo, como la pendiente influencia el factor de resistencia a la gradiente y el ancho de vía en el caso del acarreo hace eficiente y seguro el tráfico de los equipos de acarreo.

La distancia de acarreo, resistencia a la rodadura y las pendientes de las vías hacia el destino de los materiales que se extraen son factores determinantes del tiempo de los ciclos de acarreo y retorno lo cual influyen en la cantidad de equipos a utilizar.

El esquema de las pistas debe librarse de cambios de pendiente y curvas muy cerradas para que no obliguen al operador a bajar la velocidad de los equipos de acarreo, de esta forma librándonos de pérdidas de tiempo en el proceso de



acarreo y bajando los desgastes de los neumáticos. El ancho de pista ideal para el acarreo u transporte es tres veces el ancho de la unidad de acarreo u transporte.

### **2.2.7. Estudio de tiempo en carguío y acarreo**

Días (2006) menciona que en la explotación de minas se describe generalmente como un ciclo de procedimientos unitarios, cada procedimiento unitario tiene también una naturaleza cíclica. El proceso de transferencia de unidades se puede dividir en una rotación ordenada de pasos o sub-operaciones. Por ejemplo, los componentes más comunes del ciclo de acarreo para un dispositivo discreto son: carga, acarreo, volcado y retorno. La suma de los tiempos considerados para completar el ciclo es igual al tiempo de ciclo.

### **2.2.8. Tiempos en el ciclo de trabajo**

#### ***a) Tiempo de operación***

Salas (2013) nos indica que son las horas en que el instrumento o equipo se encuentra entregado a su(s) operador(es), en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo o función de diseño y con una tarea o cometido asignado. Este tiempo se divide en:

- ***Tiempo efectivo:*** son las horas en que la unidad de equipo o instalación está funcionando y cumpliendo su objetivo de diseño.
- ***Tiempo de pérdida operacional:*** son las horas en que la unidad de equipo o instalación, estando en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo de diseño, a cargo de su(s) operador(es) y con una tarea asignada, no puede realizarla por motivos ajenos a su funcionamiento intrínseco, como son esperas de equipo complementario y en general por razones originadas en la coordinación de operaciones.



### ***b) Tiempo de mantenimiento***

Salas (2013) son las horas que desde el momento que el instrumento o equipo no es operable en su función objetiva por defecto o falla en sus sistemas electromecánicos o por haber sido entregado a reparación y/o mantención, hasta que el equipo ha terminado dicha mantención y reparación, asimismo el instrumento está en su área de trabajo en condiciones de operación.

- Esperas de equipos de apoyo y/o personal y/o repuestos.
- Traslados hacia y desde talleres o estación de mantención o reparación.
- Tiempo real de reparación y/o reparación.
- Movimientos y/o esperas de estos en lugares de mantenimiento y/o reparación.

### ***c) Tiempo de reserva***

Según Salas (2013) son las horas en que el instrumento o equipo estando en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo de diseño, no lo realiza por las siguientes razones:

- Ausencia de operador.
- Ausencia de la herramienta de gestión orden de trabajo.
- Área restringida por actividades simultaneas.

### ***d) Tiempo inhábil***

Según Salas (2013) son las horas en que el instrumento o equipo suspende sus actividades productivas y/o mantención de sus nociones y/o infraestructura por razones como:

- Paralizaciones programadas: domingos, festivos, vacaciones colectivas, colaciones etc.



- Imprevistos: por causas naturales como lluvia, terremoto y nieve, o cortes de energía, retrasos en el transporte del personal y ausencias colectivas por epidemias.

### **2.2.9. Optimización**

Amau (2019) dice que la optimización es buscar mejores resultados con los mismos recursos.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1. Carguío y acarreo de mineral**

El carguío podemos definir como el proceso de levantar el material del piso hacia un depósito y el acarreo es el traslado de material ya sea mineral o desmonte en un equipo mecanizado o convencional.

### **2.3.2. Estudio de tiempo**

Es el proceso de tomar tiempo de cada tarea que realiza un equipo durante una actividad.

### **2.3.3. Ore Pass**

Se denomina a la labor donde se genera el acarreo de mineral por gravedad, labor que tiene un ángulo de inclinación con una parrilla en la parte superior y una tolva en la parte inferior.

### **2.3.4. Optimización del ciclo de trabajo**

Optimizar consiste en reducir los tiempos muertos que existe en el ciclo de trabajo, encontrar las desviaciones o fallas, así poderlas corregirlas con la finalidad de mejorar las tareas del ciclo de trabajo.



### **2.3.5. Scooptram**

Es un equipo mecanizado de bajo perfil que tiene una articulación con tres funciones importantes como carguío, traslado y descarga.

### **2.3.6. Vía de extracción**

Labor horizontal o inclinada por donde transita el equipo que realiza el acarreo correspondiente ya sea mineral o desmonte.

### **2.3.7. Mineral**

Es el recurso metálico con valor económico rentable para su explotación del yacimiento.

### **2.3.8. Rendimiento de un equipo**

Es la cantidad de mineral que manipula en una hora de trabajo, ya sea en carguío, limpieza o acarreo.

### **2.3.9. Productividad**

Es el tonelaje de mineral que produce un equipo, tajeo o unidad minera.

### **2.3.10. Minería**

Son las actividades que se realizan para la extracción del mineral con valor económico de un yacimiento mineral.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El presente estudio de investigación se realizó en la Unidad Minera San Rafael, el cual está localizado en el norte del distrito de Antauta, provincia de Melgar y región de Puno, aproximadamente a una altitud de 4523 m.s.n.m.

En las siguientes coordenadas.

Vértices	Sur	Oeste
1	70° 19' 15''	14° 13' 58''

##### 3.1.1 Accesibilidad

El acceso a la Unidad Minera San Rafael es mediante tierra siguiendo la siguiente ruta.

**Tabla 1**

*Acceso a la Unidad Minera San Rafael*

Tramo	Distancia (km)	Tiempo (hr)
Puno - Juliaca	45	1
Juliaca – San Antón	130	2
San Anton – Antauta	30	0,75
Antauta – mina San Rafael	15	0,5
<b>Total</b>	<b>210</b>	<b>4,25</b>

#### 3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio de investigación fue ejecutado en el segundo semestre del año 2022



### **3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO**

Respecto a los datos para la presente investigación proceden de interior mina del área de operaciones en especial del By Pass 215 y del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> que realiza la limpieza y acarreo de material.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

#### **3.4.1. Población**

Para la investigación se consideró la población de estudio a todos los Scooptrams que trabajan en interior mina que suman un total de 12 ubicados en diferentes labores. Así mismo Hernandez et al. (2014) lo definen a la población como un conjunto de elementos que concuerdan con determinadas especificaciones.

#### **3.4.2. Muestra**

Respecto a la muestra de estudio se consideró al Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> que realiza trabajos de limpieza y acarreo en el By Pass 215.

#### **3.4.3. Muestreo**

El muestreo fue de tipo no probabilístico según a los intereses del investigador y según a la autorización de la empresa minera.

### **3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO**

#### **3.5.1. Enfoque de investigación**

El trabajo de investigación siguió un enfoque cuantitativo, ya que se tomarán los datos numéricos respecto a la cantidad de la extracción, un estudio de tiempos en el ciclo del trabajo.

#### **3.5.2. Tipo de investigación**

El proyecto de investigación será de tipo experimental ya que se pretende manipular las variables sobre los factores del rendimiento del Scooptram con la finalidad de mejorar el rendimiento.



### 3.5.3. Diseño de investigación

El proyecto de investigación tendrá un diseño pre experimental ya que pretende tomar las mediciones en un solo equipo y en una sola labor.

GE O1 -----X ----- GE O2

Donde:

GE O1 : Primera observación (antes)

X : Tratamiento

GE O2 : Segunda observación (después)

### 3.6. PROCEDIMIENTO

En la presente investigación se siguió los siguientes pasos.

- Se analizó los reportes de acarreo del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el By Pass 215 antes de la optimización del ciclo de trabajo
- Se identificó los factores que intervienen en el rendimiento del Scooptram
- Se optimizó el ciclo de trabajo durante el acarreo de mineral, según al estudio de tiempo y según los factores que intervienen en el rendimiento del Scooptram, donde existió la manipulación de las variables independientes.
- Se analizó los reportes de acarreo del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el By Pass 215 después de la optimización del ciclo de trabajo.

### 3.7. VARIABLES

#### 3.7.1. Variable independiente

- Optimización del ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.

#### 3.7.2. Variable dependiente

- Incremento del rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables*

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>Variable independiente:</b> Optimización del ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempo de llenado</li><li>• Tiempo de recorrido cargado</li><li>• Tiempo de vaciado</li><li>• Tiempo de recorrido vacío</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• s.</li><li>• min.</li><li>• min.</li><li>• min.</li></ul>
<b>Variable dependiente:</b> Incremento del rendimiento del Scooptram de 3,5 yd <sup>3</sup> en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempo de llenado</li><li>• Tiempo de recorrido cargado</li><li>• Tiempo de vaciado</li><li>• Tiempo de recorrido vacío</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• s.</li><li>• min.</li><li>• min.</li><li>• min.</li></ul>

### 3.8. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos que se tomaron en el tiempo de la investigación en interior mina, fueron almacenados en una base de datos en Excel luego fue procesado en el software Excel con el apoyo del software estadístico SPSS V-25.

### 3.9. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la validación de los resultados se utilizó el estadístico de la prueba t de student ya que tenemos una medición antes y otra medición después de optimizar el ciclo de trabajo del Scooptram, para lo cual se tuvo que recurrir al apoyo del software estadístico el SPSS V-25.

- *Planteamiento de la hipótesis estadística*

**H0:** La optimización del ciclo de trabajo no incrementa el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.



**H<sub>i</sub>:** La optimización del ciclo de trabajo incrementa el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.

- ***Nivel de la significancia***

Error a considerar igual a 0.05 nivel de significación

Nivel de confianza: 95%

- ***Criterio de decisión***

Si (p-value) < Alpha entonces se rechaza la H<sub>0</sub>

Si (p-value) > Alpha entonces se acepta la H<sub>0</sub>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Rendimiento del Scooptram de antes de optimizar el ciclo de trabajo

Para conocer el rendimiento del Scooptram se tuvo que realizar una revisión de los reportes de extracción de la tolva 215 y que fueron registrados por balanza donde son pesados el tonelaje del mineral que se extrae de interior mina. La densidad del mineral es considerando  $2,7 \text{ tn/m}^3$  y el reporte de extracción que fue registrado por balanza corresponde a 03 días, 10, 11 y 12 de agosto del 2022.

**Tabla 3**

*Extracción de Tolva 215 registrados en balanza antes de optimizar*

N° de viaje	Tn – antes de optimizar	m <sup>3</sup>
1	32,4	12,00
2	32,5	12,04
3	32,0	11,85
4	33,0	12,22
5	33,1	12,26
6	33,0	12,22
7	31,5	11,67
8	32,6	12,07
9	32,5	12,04
<b>Total</b>	<b>292,60</b>	<b>108,37</b>
<b>Promedio</b>	<b>32,51</b>	<b>12,04</b>
<b>Rendimiento (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>29,3</b>	<b>10,84</b>

La tabla 3 evidencia el reporte de 03 días de extracción específicamente de la tolva 215, donde el tonelaje máximo fue 33,1 toneladas y  $12,26 \text{ m}^3$  por viaje. Otro punto resaltante es que se evidencia que en los 03 días se extrae 09 viajes de mineral

de la tolva 215. Por otra parte, muestra que la productividad 32,51 en promedio y 12,04 m<sup>3</sup>, respecto al rendimiento del volquete fue 10,84 m<sup>3</sup>/h.

**Tabla 4**

*Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 10 de agosto del 2022*

<b>N° de viajes</b>	<b>T- llenado min.</b>	<b>T - ida con carga min.</b>	<b>T - vaciado min.</b>	<b>T - retorno vacío min.</b>	<b>Total min.</b>
1	1,5	1,08	0,05	0,86	3,49
2	1,47	1,085	0,045	0,88	3,48
3	1,45	1,09	0,055	0,91	3,505
4	1,51	1,1	0,051	0,85	3,511
5	1,48	1,088	0,053	0,86	3,481
6	1,5	1,083	0,052	0,85	3,485
7	1,47	1,089	0,05	0,87	3,479
8	1,49	1,088	0,053	0,84	3,471
9	1,46	1,087	0,052	0,85	3,449
10	1,52	1,089	0,048	0,86	3,517
11	1,45	1,08	0,05	0,88	3,46
12	1,51	1,085	0,045	0,91	3,55
13	1,53	1,08	0,055	0,85	3,515
14	1,49	1,085	0,05	0,86	3,485
15	1,51	1,09	0,053	0,85	3,503
16	1,48	1,1	0,052	0,88	3,512
17	1,5	1,08	0,05	0,91	3,54
<b>Total</b>	<b>25,32</b>	<b>18,479</b>	<b>0,864</b>	<b>14,77</b>	<b>59,433</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,49</b>	<b>1,09</b>	<b>0,05</b>	<b>0,87</b>	<b>3,50</b>

La tabla 4 evidencia el control de tiempo que se realizó en una hora de trabajo del Scooptram, ya que tiene la orden acumular material para un volque. El rendimiento para el equipo se calcula de la siguiente manera.

$$R = \frac{QxFxEx60}{Cm}$$



$$R = (2,7*1,2*0,85*60) / 3,50$$

$$R = (165,24) / 3,50$$

$$R = 47,21 \text{ m}^3/\text{h}$$

El rendimiento para el Scooptram se encontró que es 47,21 m<sup>3</sup>/h en promedio.

**Tabla 5**

*Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 11 de agosto del 2022*

N° de viajes	T- llenado min.	T - ida con carga min.	T - vaciado min.	T - retorno vacio min.	Total min.
18	1,45	1,08	0,05	0,86	3,44
19	1,48	1,085	0,053	0,85	3,468
20	1,5	1,08	0,05	0,84	3,47
21	1,46	1,085	0,045	0,85	3,44
22	1,52	1,09	0,055	0,86	3,525
23	1,45	1,085	0,05	0,88	3,465
24	1,51	1,09	0,045	0,88	3,525
25	1,53	1,1	0,055	0,91	3,595
26	1,49	1,088	0,051	0,85	3,479
27	1,51	1,08	0,053	0,86	3,503
28	1,48	1,085	0,052	0,86	3,477
29	1,5	1,08	0,05	0,85	3,48
30	1,47	1,08	0,05	0,87	3,47
31	1,49	1,085	0,053	0,84	3,468
32	1,46	1,09	0,052	0,85	3,452
33	1,52	1,088	0,045	0,86	3,513
34	1,52	1,087	0,055	0,88	3,542
<b>Total</b>	<b>25,34</b>	<b>18,458</b>	<b>0,864</b>	<b>14,65</b>	<b>59,312</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,49</b>	<b>1,09</b>	<b>0,05</b>	<b>0,86</b>	<b>3,49</b>

La tabla 5 muestra el control de tiempo del ciclo de trabajo del Scooptram, en el cuál resalta que mayor tiempo dedica en el llenado del cucharón ya que existe muchos bancos de mineral lo cual dificulta un llenado adecuado.



$$R = \frac{Q \times F \times E \times 60}{Cm}$$

$$R = (2,7 \times 1,2 \times 0,85 \times 60) / 3,49$$

$$R = (165,24) / 3,49$$

$$R = 47,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

El rendimiento para el Scooptram fue de 47,35 m<sup>3</sup>/h en promedio.

**Tabla 6**

*Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 12 de agosto del 2022*

N° de viajes	T- llenado min.	T - ida con carga min.	T - vaciado min.	T - retorno vacío min.	Total min.
35	1,45	1,089	0,051	0,91	3,5
36	1,51	1,08	0,053	0,84	3,483
37	1,53	1,085	0,05	0,85	3,515
38	1,49	1,08	0,053	0,86	3,483
39	1,5	1,085	0,052	0,88	3,517
40	1,47	1,09	0,05	0,85	3,46
41	1,49	1,1	0,045	0,87	3,505
42	1,46	1,088	0,055	0,84	3,443
43	1,52	1,08	0,05	0,85	3,5
44	1,52	1,08	0,053	0,84	3,493
45	1,45	1,085	0,052	0,85	3,437
46	1,51	1,09	0,05	0,86	3,51
47	1,53	1,09	0,05	0,88	3,55
48	1,49	1,1	0,045	0,86	3,495
49	1,48	1,088	0,055	0,84	3,463
50	1,5	1,085	0,05	0,86	3,495
51	1,43	1,089	0,055	0,86	3,434
<b>Total</b>	<b>25,33</b>	<b>18,484</b>	<b>0,869</b>	<b>14,6</b>	<b>59,283</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,49</b>	<b>1,09</b>	<b>0,05</b>	<b>0,86</b>	<b>3,49</b>

La tabla 6 evidencia el control de tiempos que se realizó durante una hora, encontrando que mayor tiempo continúan dedicando en el proceso de llenado de material al cucharón del Scooptram.

$$R = \frac{QxFxEx60}{Cm}$$

$$R = (2,7*1,2*0,85*60) / 3,49$$

$$R = (165,24) / 3,49$$

$$R = 47,21 \text{ m}^3/\text{h}$$

Al similar que el día anterior se tiene un rendimiento de 47,21 m<sup>3</sup>/h

#### 4.1.2. Rendimiento del Scooptram después de optimizar el ciclo de trabajo

Para lograr este objetivo se tuvo que aplicar la técnica de la observación directa todo el proceso de limpieza, acarreo de mineral que realiza el Scooptram encontrando varios factores que intervienen en el bajo rendimiento y se decide optimizar el ciclo de trabajo. Se tuvo que elaborar un plan de mejora para el proceso de acarreo que realiza el Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup>, ya que se encontró varios problemas y fueron necesarios solucionar.

#### Tabla 7

*Plan de mejora para el acarreo del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup>*

N°	Problemas	Acción de mejora	Cumplimiento
01	Vías en mal estado	Mantenimiento de vía	100 %
02	Mangas de ventilación mal instaladas	Se estandariza las mangas de ventilación	100 %
03	Operador de scooptram con poca experiencia	Se capacita al operador	100 %
04	Tiempos muertos a inicio de guardia	Se sensibiliza en el cumplimiento del horario de trabajo	100 %
05	Parrilla con presencia de bancos	Implementa un macheador de bancos	100 %



La tabla 7 evidencia el cumplimiento del plan de mejora respecto a los problemas que fueron identificados durante la observación directa en el acarreo de mineral que realizó el Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup>.

**Tabla 8**

*Extracción de Tolva 215 registrados en balanza después de optimizar*

N° de viaje	Tn – después de optimizar	m <sup>3</sup>
1	33,0	12,22
2	32,5	12,04
3	32,7	12,11
4	32,6	12,07
5	33,0	12,22
6	33,5	12,41
7	32,8	12,15
8	32,5	12,04
9	32,9	12,19
10	32,6	12,07
11	32,7	12,11
12	32,5	12,04
<b>Total</b>	<b>393,30</b>	<b>145,67</b>
<b>Promedio</b>	<b>32,78</b>	<b>12,14</b>
<b>Rendimiento (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>39,33</b>	<b>14,57</b>

La tabla 8 evidencia el reporte de extracción de tres días 17, 18 y 19 de agosto del 2022, en el cual 4 viajes por día fue la extracción.

**Tabla 9***Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 17 de agosto del 2022*

N° viajes	min T- llenado	min T - ida con carga	min T - vaciado	min T - retorno vacío	min Total
1	1,48	0,79	0,035	0,71	3,02
2	1,52	0,8	0,033	0,73	3,08
3	1,5	0,84	0,032	0,77	3,14
4	1,54	0,86	0,035	0,75	3,19
5	1,49	0,85	0,034	0,76	3,13
6	1,52	0,9	0,03	0,73	3,18
7	1,51	0,82	0,031	0,77	3,13
8	1,48	0,8	0,035	0,75	3,07
9	1,5	0,79	0,036	0,76	3,09
10	1,45	0,82	0,031	0,74	3,04
11	1,48	0,81	0,032	0,77	3,09
12	1,5	0,8	0,03	0,75	3,08
13	1,51	0,82	0,031	0,73	3,09
14	1,48	0,8	0,03	0,77	3,08
15	1,5	0,84	0,029	0,75	3,12
16	1,45	0,86	0,027	0,73	3,07
17	1,48	0,85	0,028	0,77	3,13
18	1,5	0,9	0,03	0,75	3,18
19	1,5	0,82	0,032	0,76	3,11
<b>Total</b>	<b>28,39</b>	<b>15,77</b>	<b>0,60</b>	<b>14,25</b>	<b>59,01</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,49</b>	<b>02,83</b>	<b>0,03</b>	<b>0,75</b>	<b>3,11</b>

La tabla 9 muestra el control de tiempo después de optimizar los tiempos en el ciclo de trabajo del Scooptram, evidenciando mayor tiempo en el proceso de llenado de cucharón seguido del acarreo de material.

$$R = \frac{QxFxEx60}{Cm}$$

$$R = (2,7*1,2*0,85*60) / 3,13$$



$$R = (165,24) / 3,13$$

$$R = 53,13 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Tabla 10**

*Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 18 de agosto del 2022*

N° viajes	min T- llenado	min T - ida con carga	min T - vaciado	min T - retorno vacío	min Total
20	1,54	0,8	0,035	0,74	3,12
21	1,49	0,79	0,034	0,75	3,06
22	1,52	0,84	0,03	0,77	3,16
23	1,5	0,8	0,031	0,75	3,08
24	1,54	0,84	0,035	0,73	3,15
25	1,49	0,86	0,036	0,77	3,16
26	1,52	0,85	0,031	0,75	3,15
27	1,51	0,8	0,032	0,73	3,07
28	1,48	0,84	0,03	0,77	3,12
29	1,52	0,86	0,031	0,75	3,16
30	1,45	0,85	0,03	0,76	3,09
31	1,51	0,9	0,029	0,77	3,21
32	1,53	0,82	0,027	0,75	3,13
33	1,49	0,8	0,028	0,73	3,05
34	1,5	0,84	0,03	0,77	3,14
35	1,52	0,86	0,032	0,73	3,14
36	1,45	0,85	0,03	0,77	3,10
37	1,51	0,9	0,031	0,75	3,19
38	1,53	0,82	0,03	0,76	3,14
<b>Total</b>	<b>28,6</b>	<b>15,92</b>	<b>0,59</b>	<b>14,3</b>	<b>59,41</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,51</b>	<b>0,84</b>	<b>0,03</b>	<b>0,75</b>	<b>3,13</b>

La tabla 10 evidencia el reporte del control de tiempo que se aplicó al Scooptram, al similar que el día anterior se dedica mayor tiempo al proceso de llenado de cucharón, seguido del acarreo.



$$R = \frac{QxFxE \times 60}{Cm}$$

$$R = (2,7 \times 1,2 \times 0,85 \times 60) / 3,13$$

$$R = (165,24) / 3,13$$

$$R = 52,79 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Tabla 11**

*Control de tiempo en el acarreo por el Scooptram – 19 de agosto del 2022*

N° viajes	min T-llenado	min T - ida con carga	min T - vaciado	min T - retorno vacío	min Total
39	1,52	0,8	0,029	0,77	3,12
40	1,45	0,79	0,027	0,75	3,02
41	1,51	0,9	0,028	0,73	3,17
42	1,53	0,82	0,03	0,77	3,15
43	1,49	0,8	0,032	0,73	3,05
44	1,5	0,8	0,03	0,77	3,10
45	1,49	0,84	0,031	0,75	3,11
46	1,5	0,86	0,03	0,76	3,15
47	1,52	0,85	0,029	0,74	3,14
48	1,45	0,9	0,027	0,73	3,11
49	1,51	0,82	0,032	0,77	3,13
50	1,53	0,8	0,035	0,73	3,10
51	1,49	0,8	0,034	0,73	3,05
52	1,5	0,84	0,03	0,77	3,14
53	1,54	0,86	0,031	0,75	3,18
54	1,49	0,85	0,035	0,76	3,14
55	1,52	0,9	0,036	0,74	3,20
56	1,5	0,82	0,031	0,75	3,10
57	1,52	0,86	0,027	0,77	3,18
58	1,52	0,82	0,03	0,76	3,13
<b>Total</b>	<b>30,08</b>	<b>16,73</b>	<b>0,61</b>	<b>15,03</b>	<b>62,45</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,50</b>	<b>0,84</b>	<b>0,03</b>	<b>0,75</b>	<b>3,12</b>

La tabla 11 muestra el reporte de control de tiempo que se aplicó al tercer día de acarreo, resaltando el proceso de llenado el cucharón con mayor tiempo respecto a los demás.

$$R = \frac{QxFxEx60}{Cm}$$

$$R = (2,7*1,2*0,85*60) / 3,12$$

$$R = (165,24) / 3,12$$

$$R = 52,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 4.1.3. Incremento del rendimiento del Scooptram

Para lograr el objetivo general se tuvo que comparar los resultados del primer objetivo específicos respecto al segundo objetivo específico, una vez conocido la producción y el rendimiento antes y después de la optimización del ciclo de trabajo.

**Tabla 12**

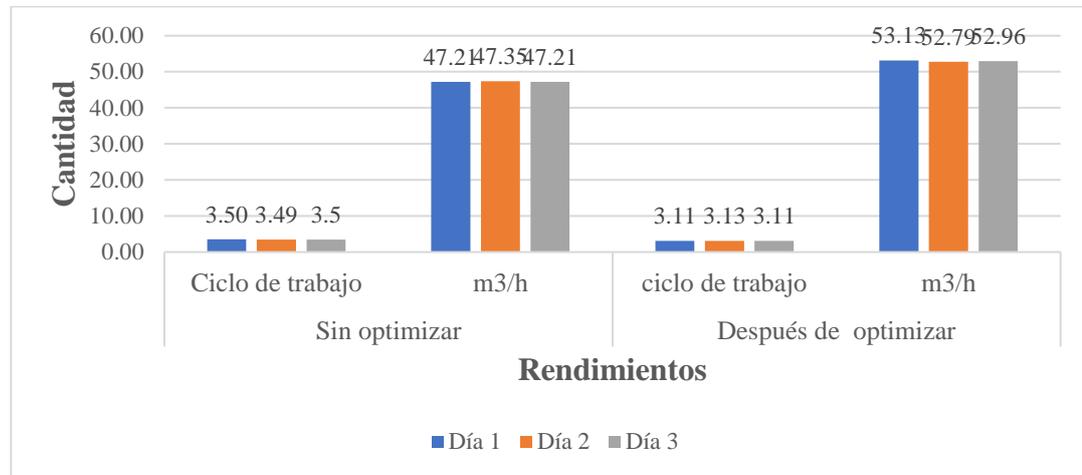
*Comparación del rendimiento del Scooptram*

Medición	Sin optimizar		Después de optimizar	
	Ciclo de trabajo (min)	m <sup>3</sup> /h	Ciclo de trabajo (min)	m <sup>3</sup> /h
Día 1	3,50	47,21	3,11	53,13
Día 2	3,49	47,35	3,13	52,79
Día 3	3,49	47,21	3,12	52,96
<b>Promedio</b>	<b>3,49</b>	<b>47,26</b>	<b>3,12</b>	<b>52,96</b>

La tabla 12 evidencia una clara diferencia en el tiempo del ciclo de trabajo y en el rendimiento del Scooptram, en promedio el ciclo de trabajo del Scooptram fue de 3,49 min y su rendimiento 47,26 m<sup>3</sup>/h y después de optimizar el ciclo de trabajo del Scooptram fue 3,12 min y su rendimiento 52,96 m<sup>3</sup>/h.

**Figura 1**

*Comparación de rendimiento del Scooptram*



La figura 1 evidencia la comparación del tiempo del ciclo de trabajo del Scooptram y el rendimiento de acarreo.

**Tabla 13**

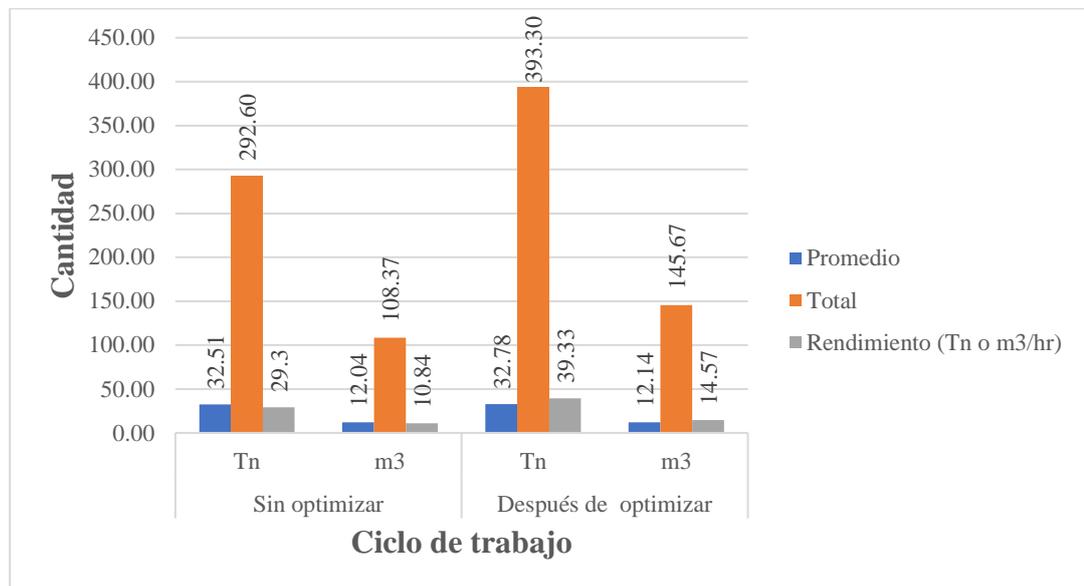
*Comparación en la extracción de mineral*

Valores	Sin optimizar		Después de optimizar	
	Tn	m3	Tn	m3
Promedio	32,51	12,04	32,78	12,14
Total	292,60	108,37	393,30	145,67
Rendimiento (Tn o m <sup>3</sup> /hr)	29,3	10,84	39,33	14,57

La tabla 13 muestra el incremento en la extracción gracias a la optimización del tiempo del ciclo de trabajo para así mejorar el rendimiento del Scooptram. La extracción acumulada en los tres días antes fue 292,60 toneladas y después de la optimización llegó a ser 393,30 toneladas.

**Figura 2**

*Comparación de la producción y rendimiento del volquete*



La figura 2 evidencia que el promedio de extracción por viaje antes de optimizar fue 32,51 tn y después de optimizar 32,78 tn, respecto a la producción antes de optimizar fue 292,60 tn y después de optimizar es 393,30 tn.

#### 4.1.4. Prueba de hipótesis

Para la validación de los resultados se aplicó el estadístico de la prueba t de student con el apoyo del software estadístico SPSS V-25.

##### - *Planteamiento de la hipótesis estadística*

**H0:** La optimización del ciclo de trabajo no incrementa el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.

**Hi:** La optimización del ciclo de trabajo incrementa el rendimiento del Scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.

##### - *Nivel de la significancia*

Error a considerar igual a 0.05 nivel de significación

Nivel de confianza: 95%

- **Criterio de decisión**

Si (p-value) < Alpha entonces se rechaza la  $H_0$

Si (p-value) > Alpha entonces se acepta la  $H_0$

**Tabla 14**

*Estadística descriptiva del rendimiento del Scooptram*

Rendimiento	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Antes	3	47,2567	0,08083	0,04667
Después	3	52,9600	0,17000	0,09815

La tabla 14 muestra la media del rendimiento antes y después, donde se observa que anteriormente se tuvo un rendimiento de 47,25 m<sup>3</sup>/h y después de la optimización del ciclo de trabajo del Scooptram su rendimiento llegó hasta 52,96 m<sup>3</sup>/h.

**Tabla 15**

*Prueba t de student para el rendimiento del Scooptram*

Rendimiento	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Se asumen						
varianzas iguales	4	0,000	-5,70333	0,10868	-6,00507	-5,40159
No se						
asumen varianzas iguales	2,860	0,000	-5,70333	0,10868	-6,05895	-5,34771

La tabla 15 muestra la validez de los resultados de la investigación donde el p-value es igual a 0,000 siendo este dato < que el valor Alpha 0,05, esto quiere decir



que se rechaza la  $H_0$ , aceptando la hipótesis alterna  $H_i$  que la optimización del ciclo de trabajo incrementa el rendimiento del Scooptram de  $3,5 \text{ yd}^3$  en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael, se evidencia una diferencia significativa en el incremento del rendimiento del Scooptram de  $3.5 \text{ yd}^3$ .

## 4.2. DISCUSIÓN

A nivel general gracias a la optimización del tiempo de ciclo de trabajo del Scooptram de 3,49 min a 3,12 min, se logró incrementar el rendimiento del Scooptram de  $3.5 \text{ yda}^3$  de  $47,26 \text{ m}^3/\text{h}$  a  $52,96 \text{ m}^3/\text{h}$ . Resultado muy similar ya que Pizarro (2019) incrementó más viajes de mineral ya que redujo el tiempo de ida con carga de 2,5 a 2,3 min y el tiempo de retorno de 3,5 a 2,7 min.

Se hizo un control de tiempo para saber el rendimiento del Scooptram y la extracción que se registró en balanza, ya que por día solo se realizaba una extracción de 3 volquetes de la tolva 215, y 17 viajes en una hora de trabajo ejecutado por el Scooptram. Para Mayhua & Mendoza (2012) señalan que los ciclos de carguío y acarreo influyen directamente en el rendimiento ya que actualmente genera una pérdida de 183,52 tm/día.

Al optimizar el ciclo de trabajo del Scooptram se pudo realizar un mantenimiento de la vía, estandarización de las mangas de ventilación, capacitación y sensibilización, finalmente una implementación de un personal en la parrilla para que rompa los bancos, logrando optimizar el tiempo del ciclo de trabajo de 3,49 min a 3,12 min, llegando a incrementar a 4 viajes de extracción por día de la tolva 215. Así mismo Quispe (2017) mediante un mejor control de tiempos para el acarreo de mineral se ha logrado reducir el tiempo de retorno y el proceso de carguío



## V. CONCLUSIONES

A nivel general se logró incrementar el rendimiento del Scooptram de  $\text{yd}^3$  de 47,26  $\text{m}^3/\text{h}$  a 52,96  $\text{m}^3/\text{h}$  que viene a ser el 12 %, mediante la optimización del ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael, por otra parte, influye directamente en la producción de mineral del tajo 215.

Se logró determinar el rendimiento del Scooptram antes de la optimización del ciclo de trabajo en el By Pass 215, siendo en promedio igual a 47,26  $\text{m}^3/\text{h}$  encontrando varios factores que intervienen en un adecuado rendimiento del Scooptram, por otra parte, se conoció que la extracción de la tolva 215 fue 3 viajes por día.

Se determinó el rendimiento del Scooptram de 3,5  $\text{yd}^3$  después de optimizar el ciclo de trabajo en el By Pass 215 siendo igual a 52,96  $\text{m}^3/\text{h}$ , gracias a la implementación de un plan de mejora y haberse ejecutado al 100 %, logrando un incremento en la producción del Scooptram a 4 viajes por día.



## VI. RECOMENDACIONES

Investigar sobre el nivel de relación de las variables del rendimiento del Scooptram con las variables de rendimiento del Volquete que se dedica a la extracción de mineral.

Investigar el rendimiento del Scooptram cuando realiza acarreo de material ya sea mineral y desmonte, para determinar si el peso específico afecta en el rendimiento de un equipo.

Para todo cambio es necesario realizar un plan de mejora con la finalidad de revertir los problemas detectados en una actividad.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez Huanca, V. O. (2014). *Calculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte – Unidad Minera de Arcata* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4033>
- Avendaño Alarcón, C. R. (2021). *Aplicación del Scoop Diésel en la mejora del proceso de acarreo del mineral aurífero en la veta Valeria Zona integración MARSA - 2016* [Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1086>
- Madueño Palacios, C. (2018). *Gestión de mantenimiento de los equipos Scoop LH de la Compañía Minera Volcán* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4944>
- Mayhua Mendoza, Á. L., & Mendoza Romero, L. (2012). *Optimización del sistema de transporte de mineral del nivel 1070 a superficie de la unidad de producción san Cristobal - Volcan Cía Minera S.A.A.* [Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/587>
- Mendoza Rocca, F. E. (2018). *Productividad y evaluación de costos en el transporte de mineral con volquete para el año 2018 Unidad Operativa Inmaculada* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6705>
- Pizarro Sanchez, Y. (2019). *Carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño (KPIs) en CIA minera los Quenuales S.A., Yauliyacu, Lima-2018* [Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/821>
- Quispe Mamani, W. (2017). *Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la Unidad Minera Tambomayo CIA. de Minas Buenaventura Arequipa*



[Universidad Nacional del Altiplano].

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4070>

Riveros Mendoza, J. H. (2016). *Cálculo De La Productividad Máxima Por Hora De Los Volquetes En El Transporte Minero Subterráneo En La Unidad Minera Arcata 2016*

[Universidad Nacional del Altiplano].

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4877>

Salas Hurtado, L. A. (2013). *ESTUDIO DE kpis EN LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN, CARGUÍO Y ACARREO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE 3000 A 3600 TM/DÍA EN LA MINA PALLANCATA - HOCHSCHILD MINING*

[Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

## ANEXOS

### Anexo 1

*Volquete en plena extracción de mineral*



*Nota.* Volquete en la rampa en plena extracción de mineral.

## Anexo 2

### *Rompe banco en el OP 215*



*Nota.* Rompe banco en el Ore Pass en operación, para el pase de material por la parrilla.

## Anexo 3

### *Parapeto en OP*



*Nota.* Parapeto en Ore Pass correctamente señalado.

## **Anexo 4**

### *Mantenimiento de vía de acarreo*



*Nota.* Trabajos de mantenimiento de vía de Acarreo.

## **Anexo 5**

### *Personal de mantenimiento de vía*



*Nota.* Personal realizando trabajo de mantenimiento.

## Anexo 6

### *Scooptram en pleno carguío de mineral*



*Nota.* Scooptram realizando el carguío de mineral.

## Anexo 7

### *Supervisión de labores*



*Nota.* Personal en la supervisión de labores.



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Williams Quispe Parillo  
identificado con DNI 72629743 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería de Minas

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

“Incremento del rendimiento del scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> mediante la optimización  
del ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael.

” Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de Julio del 20 23

FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Williams Quispe Parillo  
identificado con DNI 72629743 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería de Minas

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

Incremento del rendimiento del scooptram de 3,5 yd<sup>3</sup> mediante la optimización del ciclo de trabajo en el By Pass 215 de la Unidad Minera San Rafael

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella