

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE  
MINERAL EN UNA MINA SUBTERRÁNEA-PATAZ LA-  
LIBERTAD-2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Robert Willan Quiliche Cercado  
Rolly Fernando Torres Mestanza

Asesor:

Ing. Oscar Arturo Vasquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2021



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

## DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis primeramente a Dios; que nos guía nuestras vidas por un buen camino, cuidándonos y dándonos fortalezas para seguir adelante.

A nuestras familias, que han sido los pilares primordiales apoyándonos a lo largo de nuestras vidas, quienes han velado por nuestro bienestar y educación en todo momento. Brindándonos su apoyo incondicional, sus consejos, su perseverancia, incentivándonos a seguir y la motivación constante a lo largo de nuestra carrera y a todos aquellos que nos ayudaron a contribuir con este objetivo.

A nuestros docentes por inculcarnos valores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como su sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional.

*Robert y Rolly*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque nos hizo realidad nuestro sueño anhelado, por darnos la salud para seguir adelante, dándonos fortalezas en los momentos difíciles y débiles.

A nuestros padres, por habernos dado la oportunidad de formarse como profesionales, con su constante apoyo y comprensión, por confiar en nuestras expectativas con los consejos, valores y principios que nos han involucrado.

Agradecemos de una manera tan especial a los docentes de la Universidad Privada del Norte, por habernos compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra preparación profesional.

## Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	8
RESUMEN .....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema .....	18
1.3. Objetivos .....	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. Hipótesis.....	19
1.4.1. Hipótesis general.....	19
1.4.2. Hipótesis específicas .....	19
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	20
2.1. Tipo de investigación .....	20
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	21

2.2.1.	Población.....	21
2.2.2.	Muestra.....	21
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	21
2.3.1.	Técnicas para la recolección de datos .....	21
2.3.2.	Instrumentos.....	22
2.3.3.	Técnicas e instrumentos de análisis de datos .....	22
2.3.4.	Técnicas e instrumentos de análisis de datos .....	22
2.4.	Procedimiento.....	22
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....		25
3.1.	Evaluación del sistema de transporte de mineral en una mina subterránea. ....	25
3.2.	Análisis del costo por tonelada métrica en el sistema de transporte de mineral en una mina Subterránea Pataz La Libertad. ....	32
3.3.	Elección del método de transporte de mineral más adecuado para para una mina Subterránea Pataz La Libertad. ....	33
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		36
4.1	Discusión.....	36
4.1.1	Limitaciones.....	36
4.1.2	Interpretación comparativa .....	36
4.2	Conclusiones .....	38
REFERENCIAS .....		39
ANEXOS .....		42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de la cantidad de sacos de mineral con el sistema de extracción manual	25
Tabla 2: Peso del mineral por saco.....	25
Tabla 3: Producción manual .....	27
Tabla 4: Producción mensual de extracción manual .....	27
Tabla 5: Ciclo de izaje con tiempos estimados.....	28
Tabla 6: Tiempos estimados de izaje de mineral.....	29
Tabla 7: Control de tiempos en la producción mecanizada del winche .....	30
Tabla 8: Peso de la carga del skip de cada muestra.....	30
Tabla 9: Sistema de extracción mecanizada mediante skip.....	31
Tabla 10: Producción mensual de extracción mecanizada .....	31
Tabla 11: Resumen de costos/ TM para el transporte de mineral .....	32
Tabla 12: Comparación de producción de manual y mecanizada .....	34
Tabla 13: Comparación de valores de producción mensual manual y mecanizado .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resumende costos/ TM en el transporte de mineral .....	33
Figura 2: Producción manual vs mecanizada (TM).....	34
Figura 3: Producción mensual de manual vs mecanizado (TM) .....	35

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Producción manual por guardia (PMG).....	27
Ecuación 2: Producción mecanizada por guardia (PM1G) .....	31

## RESUMEN

La presente tesis titulada Evaluación del sistema de transporte de Mineral en una mina Subterránea-Pataz-La Libertad 2021. El cual tiene como objetivo Evaluar el sistema de transporte de mineral de una mina subterránea Pataz-La Libertad-2021. La investigación fue aplicada, no experimental y descriptiva. En la actualidad, las empresas mineras dedicadas a la explotación subterránea podrían mejorar sus procesos productivos, implementando estándares de optimización y rendimiento aumentando la productividad en el sistema de transporte de mineral y así mismo analizando las causas que no ocasionan un valor agregado a la actividad, para reducir costos y aumentar las utilidades de las empresas

En términos económicos con el sistema de extracción mecanizada la productividad se incrementa de 0.8989 tonelada por hora a 4.701 toneladas por hora respectivamente, de la misma forma se disminuye el personal a emplear de 14 obreros a 2 obreros, en cual repercutirá en los costos de mano de obra.

**Palabras clave:** sistema de carguío y acarreo, minería subterránea, producción, transporte de mineral.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El Perú es un país netamente minero por lo cual existen una serie de empresas mineras extranjeras que apuestan invertir en la extracción de diversos metales de gran demanda mundial, estas inversiones han hecho que la actividad minera se convierta en la principal generadora de divisas necesarias para mantener el equilibrio económico del país. En toda operación minera subterránea la parte del transporte del mineral es crítica, ya que durante los años que dure el proyecto estas distancias van a variar muy fuertemente. La correcta planificación de las etapas de minado garantizará que los objetivos se cumplan a lo largo de toda la vida de la mina.

El problema que se presenta en las minas subterráneas en Pataz La libertad es que hay tiempos muertos por la espera de los equipos de acarreo para ser cargados y acarrear mineral y también se nota que los equipos de carguío esperan la llegada de los equipos de acarreo para realizar el carguío, esto ocasiona pérdidas de producción y con ello se incrementa los costos. En el proceso de transporte del mineral, los costos unitarios son importantes y siempre se busca minimizar dicho monto, para esto, una variable importante es mantener los equipos dedicados a la productividad de la mina trabajando el mayor tiempo posible y evitando al máximo que se encuentren inoperativos “tiempos muertos” por periodos de tiempo.

Según, Baldeón (2014) La productividad del transporte minero subterráneo influye directamente en las tarifas unitarias, ya que de ello depende el grado de rentabilidad de la empresa encargada de realizar dicho trabajo. En la actualidad estas tarifas no están de

acuerdo con la distancia de acarreo de mineral desde interior mina hacia superficie, de continuar el problema, la economía de las empresas se vería afectada, siendo sus utilidades menores a las que se esperan en realidad. La propuesta que plantea la investigación nos permitirá evaluar y analizar el sistema de transporte de mineral empleado en las minas subterráneas de la libertad para aumentar la productividad y maximizar las utilidades, razones por las cuales es necesario realizar un estudio que permita conocer la máxima productividad de los equipos de carguío y acarreo en el transporte minero subterráneo.

En consecuencia, daremos a conocer de manera objetiva y cuantitativa las deficiencias en el sistema de transporte de mineral en una mina subterránea Pataz La Libertad, relacionado a la baja productividad en las operaciones de carguío y acarreo. Para ello primero se identificaron otros estudios que anteceden al presente trabajo de investigación, que a continuación se analizan:

Mendoza (2016), quien presento su tesis en la Universidad Nacional del Altiplano, Perú, titulada “Cálculo De La Productividad Máxima Por Hora De Los Volquetes En El Transporte Minero Subterráneo En La Unidad Minera Arcata 2016”, tuvo por objetivo determinar la productividad máxima de los equipos de transporte y determinar los factores que influyen en el cálculo de la productividad horaria de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la Unidad Minera Arcata, el procedimiento que se utilizó fue la recolección de datos de campo y trabajos de gabinete, teniendo como resultado un incremento en la facturación de 34.63 % que representa la suma de US\$ 126, 314.81 hasta fin de año.; el tipo de investigación del proyecto es descriptiva. Concluyó que 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.

Además, Álvarez V. (2014), presento su tesis denominada “cálculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte - unidad minera de Arcata” para obtener el grado de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de San Agustín, Perú, el objetivo de la investigación fue Calcular la productividad de los camiones en función de las condiciones de operación y forma de carguío, obteniendo como resultado que en toda empresa minera es fundamental poder obtener el mayor rendimiento de los equipos, esto lleva a considerar con mucha importancia el número adecuado de equipos que satisfagan con las exigencias de la operación. El tipo de estudio es descriptivo. Se concluyó que gracias a que se determinó la producción horaria real, se pudo establecer tarifas unitarias justas que permitan generar un incremento en la facturación de 34% con respecto a la facturación proyectada lo que representa un incremento de US\$ 203.104,68 hasta fin de año.

Por otro lado, Carhuas O. (2018), quien presento su tesis en la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Perú, titulada “Mejoramiento Del Sistema De Transporte Mediante El Cambio de Locomotoras por Volquetes y Ampliación del Crucero Xc-2006 en la Mina Contonga” tuvo por objetivo Incrementar la producción de mineral extraído y reducción de costos mediante el cambio del sistema de transporte de locomotoras por volquetes. El tipo de investigación es descriptivo. La problemática más resaltante es cómo influye el cambio del sistema de transporte de locomotora por volquetes en la producción y costos del mineral extraído. El procedimiento que se utilizó fue mediante la recopilación de datos mediante mapeo geomecánica y trabajo en gabinete. Al finalizar la investigación se

concluyó que el recorrido de la locomotora es de 1,685 metros, en cambio por volquetes es de 7,500 metros que ocasiona un bajo rendimiento y alto costo de transporte.

También, Valentín C. (2018), quien presento su tesis titulada “control y mejora de la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie en la unidad de producción San Cristóbal – Volcán Compañía Minera S.A.A.”, para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú, que tiene como objetivo Controlar y mejorar la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia superficie en la Unidad Minera San Cristóbal – Empresa Minera VOLCAN S.A.A. durante el año 2018. El tipo de investigación es aplicativo. Se concluyó que se debe tener conocimiento de la planificación que se lleva a cabo en la mina en cuanto a las reservas de los minerales accesibles parcialmente accesibles, factor de dilución, las leyes de los minerales, la capacidad de producción, la capacidad de tratamiento, programa de avances lineales, labores de preparación requeridas, producción de la mina.

Asimismo, Condori R. (2017), quien presento su tesis en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, titulada “Estudio Del Sistema De Acarreo De Interior Mina Para Optimizar Tiempos, Disminuir Costos E Incrementar La Producción En E.E. NCA Servicios Mina Morococha” para optar el título profesional de Ingeniero de Minas, la investigación tiene como objetivo evaluar y proponer el plan de la optimización de flota de acarreo en mina subterránea, de tal manera que su aplicación sea de forma sencilla y práctica, disminuyendo la dispersión de tiempo e incrementando la productividad con el análisis de KPI, que conlleven a obtener mejor beneficio o ratio de Costo US\$/Tm-Km. El tipo de

investigación es descriptiva y también aplicativa. En conclusión, se ha realizado la evaluación y el estudio de la optimización de la flota de acarreo en mina subterránea, demostrándose que mediante el uso de KPI's se logra incrementar su eficiencia y su utilidad, midiendo ratios operativos y rendimientos por hora de los equipos de mina.

Por otro lado, Huarocc, P. (2014), presento su tesis en la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, titulada “Optimización del Carguío a acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.”, el objetivo fue determinar los mecanismos para optimizar las operaciones unitarias de carguío y acarreo de mineral en la unidad minera Chuco II, el tipo de investigación es experimental y Descriptivo-correlacional comparativo, El procedimiento para la recolección de la información requerida fue por análisis documental y observación participante, El instrumento utilizado para el desarrollo de la investigación es la observación y recolección de datos, teniendo como resultado una mayor recuperación del mineral explotado obteniéndose una reducción de costos en 0.44 \$/Tn en la operación unitaria de carguío de mineral y 0.34 \$/Tn en la operación de acarreo de mineral.

Según Rodríguez D., (2013) presento su Tesis en la Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, titulada “Modelo Analítico Para El Dimensionamiento De equipos De Transporte En Minería Subterránea: Análisis De Prioridades De Atención Según Rendimiento”. Teniendo como objetivo estudiar los beneficios que podría traer la utilización de prioridades de atención en el proceso de carga de equipos de acarreo en minería subterránea, cuando los equipos de transporte disponible son heterogéneos en términos de capacidad, y por consecuencia, en costos operacionales, el tipo de investigación es aplicativo

– descriptivo. Concluye que, al resolver el problema de dimensionamiento a través de un enfoque de sistema, es decir para todos los ciclos de forma simultánea, se pueden generar beneficios de un 19,6% en promedio en términos de tiempos perdidos por espera, en comparación al enfoque de resolución del problema a través de ciclos independientes.

A continuación, se aborda el sustento teórico relacionado a las variables del presente estudio: toma de decisiones y la Evaluación del sistema de transporte de Mineral en una mina Subterránea-Pataz-La Libertad 2021.

### Transporte minero

Es todo sistema utilizado para el traslado masivo continuo de productos minerales, por métodos no convencionales. Los sistemas a utilizarlas podrán ser: fajas transportadoras, tuberías y cables carriles. (Ministerio de Energia y Minas, 2008)

Tipos de Transporte: La clasificación del transporte minero puede resumirse de acuerdo con los siguientes parámetros:

Según su método de minado:

Transporte minero subterráneo: Es el proceso de traslado del material desde las labores subterráneas hasta superficie, este se realiza a través de los siguientes sistemas:

- ✓ Sistemas de transporte convencional: mediante carros mineros, locomotoras etc.
- ✓ Sistemas trackless: mediante scoops y volquetes.

Transporte minero superficial: Es el proceso de traslado del material con equipos de gran envergadura, capaces de mover grandes cantidades de material al día producto de la voladura. (Zaragoza & Islas, 2016).

Según su tipo de proceso:

Transporte de flujo continuo: se consideran a las fajas transportadoras, tuberías, cable carril etc.

Transporte de flujo discontinuo: se considera al transporte sobre rieles, trackless e izaje. (Díaz, 2016).

Según su dirección:

Transporte horizontal: Es el transporte que se realiza en labores horizontales o con poca inclinación, siendo más barato que otros sistemas.

Transporte inclinado: realizado en labores que poseen pendientes como rampas, chiflones o inclinados.

Transporte vertical: este se realiza en labores cuya pendiente excede a los 45° y puede usarse para el transporte de personal y mineral.

Transporte combinado: es el sistema de transporte más empleado y combina los diferentes sistemas de transporte anteriormente descritos. (Díaz, 2016)

Según su sentido:

Transporte ascendente: transporte que se realiza con desplazamiento positivo (+).

Transporte descendente: Es el transporte que se realiza en desplazamiento negativo (-).

Según el tipo de minería:

Transporte de minería metálica: Transporta material con contenidos metálicos. Es la más importante por su volumen y valor de producción.

Transporte de minería no metálica: realiza la extracción de minerales no metálicos de los depósitos naturales de arena y roca, así como sedimentos orgánicos (Díaz, 2016)

## Sistemas De Transporte En Minas Subterráneas

El sistema de transporte es una de las operaciones más importantes en las minas subterráneas, implica el acarreo del material de los puntos de extracción a las zonas de carga y seguido de transporte a la superficie de la mina (Atkinson, 1992). En muchos casos, el sistema de transporte consta de las fases primaria y secundaria. La fase primaria implica el transporte de material desde los puntos de consumo a los puntos de transferencia y la fase secundaria consiste en el transporte de material desde los puntos de carga o cámara de carga a la superficie de la mina.

## Productividad

Según, Huisa, (2017) menciona que la productividad involucra una “regla de conducta fundamental para conseguir la mayor satisfacción con el menor costo o fatiga”. Matemáticamente, podemos definir a la productividad como “el cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de la producción” (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) es decir la productividad es la razón entre la cantidad producida y los insumos utilizados. Es así como este término no es una medida de producción, ni de la cantidad que se ha fabricado, sino es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir con los resultados específicos.

Así que el aumento en la productividad ocupa un lugar importante en los objetivos de la organización, la empresa parece estar enfocada en ser cada día más productiva o desaparecer, no existe la alternativa de mantener el estatus quo; o avanza para no retroceder o sucumbe.

Factores que afectan a la productividad en el transporte y acarreo.

Se debe considerar que la eficiencia y el costo operativo se verán afectados por dos tipos de factores: positivos y negativos.

Factores positivos: Algunos factores que ayudan a mejorar la productividad son:

- ✓ Personal altamente capacitado.
- ✓ Innovación de las técnicas de operación.
- ✓ Adecuado mantenimiento de los equipos.
- ✓ Diseño adecuado de vías y zonas de trabajo para los equipos.
- ✓ Comunicación fluida entre conductores y la supervisión.
- ✓ Control detallado de la eficiencia de los equipos.
- ✓ Factores negativos: Algunos factores que provocan pérdidas:
- ✓ Estado de las vías (resistencia a la rodadura).
- ✓ Inadecuada fragmentación del material a transportar.
- ✓ Administración y logística ineficiente.
- ✓ Falta de recurso humano.
- ✓ Problemas de tránsito.

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera la evaluación del sistema de transporte de mineral influye en la repercusión económica de una mina subterránea Pataz-La Libertad?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Evaluar el sistema de transporte de mineral de una mina Subterránea-Pataz-La Libertad 2021.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el sistema de transporte de mineral empleado por una mina subterránea.
- Analizar los costos/TM del sistema de transporte de mineral de una mina subterránea.
- Determinar el sistema de transporte más adecuado para una mina subterránea.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

- Al evaluar el sistema de transporte de mineral lograremos determinar la repercusión económica de una mina Subterránea-Pataz-La Libertad.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- Al evaluar el sistema de transporte de mineral se determinará el sistema empleado por una mina subterránea Pataz- La Libertad.
- Se analizará los costos/TM de acuerdo con el sistema de transporte de mineral utilizado por una mina Subterránea-Pataz-La Libertad.
- Se determinará el sistema de transporte más adecuado para ser utilizado en una mina Subterránea-Pataz-La Libertad.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Según Murillo, (2021), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

Para Escamilla, (2013), una investigación no experimental, es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos; mientras que, en una investigación descriptiva, se seleccionan una serie de cuestiones, conceptos o variables y se mide cada una de ellas independientemente de las otras, con el fin, precisamente, de describirlas Cazau, (2015)

El tipo de investigación del presente proyecto es descriptiva, la cual busca analizar características y rasgos importantes que influyen en la optimización de costos en el sistema de transporte de mineral subterráneo.

En consideración a lo expuesto anteriormente, el presente trabajo es una investigación aplicada, no experimental y descriptiva, ya que a partir de datos recolectados son reales, conocidos y adquiridos durante la investigación.

## **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

### **2.2.1. Población**

La población de la presente investigación está conformada por todas las labores de mina subterránea Pataz-La Libertad 2021.

### **2.2.2. Muestra**

La muestra en la presente investigación está conformada por el sistema de transporte de la mina subterránea Pataz- La Libertad 2021.

## **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **2.3.1. Técnicas para la recolección de datos**

La recolección de datos se realizó a través de las siguientes técnicas:

- Análisis documental (libros, artículos, páginas web, etc.).
- Observación de imágenes satelitales a través del programa informático Google Earth para poder identificar la ubicación el lugar en estudio.
- Obtención de datos geológicos y litológicos, e información de concesión minera en estudio a través del Sistema de Información Geológico y Catastral Minero (GEOCATMIN).
- Observación en campo se realizará utilizando registros fotográficos de la zona de investigación.
- Para la toma de datos y coordenadas se utilizará los siguientes equipos brújula, plomada, flexómetro, GPS y plantillas impresas para la toma de datos.

### **2.3.2. Instrumentos**

Instrumentos para la recolección de datos:

- ✓ GPS, brújula, wincha,
- ✓ Software: Excel,

### **2.3.3. Técnicas e instrumentos de análisis de datos**

El análisis de los datos se realizará través de hojas de cálculo de Excel, mientras que la elaboración de planos será mediante el uso de software como: AutoCAD, ArcGIS y ArchiCAD entre otros

### **2.3.4. Técnicas e instrumentos de análisis de datos**

El análisis de los datos se realizará través de hojas de cálculo de Excel, mientras que la elaboración de planos será mediante el uso de software como: AutoCAD, ArcGIS y ArchiCAD entre otros

## **2.4. Procedimiento**

### **1° etapa: Trabajo de Pre campo:**

Inicialmente para esta etapa corresponde los estudios antes de realizar la recolección de datos de la zona donde se realizará el estudio. Se realizo un cronograma de tareas, de igual manera, se procedió a la revisión bibliográfica de estudios previos, realizados respecto al tema, los cuales se obtuvieron de diferentes fuentes como revistas, artículos científicos, papers y tesis de investigación, todos en idioma español Utilizando base de datos de Google Académico, Repositorios institucionales, Dialnet, y Redalyc, de las cuales se han tomado las investigaciones más recientes y relevantes.

## **2° etapa: Trabajo de campo.**

Para esta etapa comprende la información in situ, netamente visitas a campo.

- En mina, se tomarán los datos del sistema de transporte de mineral utilizado en la mina, principalmente la determinación de los tiempos de ciclo (carga, ida, descarga, retorno, tiempos de demora y tiempos muertos), la cantidad de material que es traslado, los equipos y sistema que se usa en la mina.
- Recolección de datos para la evolución de sistema de transporte de mineral empleado.
- Recolección de datos para estimar los costos de transporte de mineral por tonelada métrica.

## **3° etapa: Trabajo de Post campo:**

En esta etapa comprende el procesamiento de datos en gabinete.

- Elaboración de tablas con los datos obtenidos en campo para la estimación de los tiempos de ciclo (carga, ida, descarga, retorno, tiempos de demora y tiempos muertos), la cantidad de material que es trasladado, los equipos y sistema que se usa en la mina.
- Elaboración del plano topográfico mediante el Software AutoCAD Civil 3D.
- Análisis de costos en el transporte de mineral por tonelada métrica, utilizando Excel.
- Elaboración de cuadros comparativos y graficas utilizando Excel para la evolución y elección del sistema de transporte de mineral óptimo.

- Interpretación de datos para la elección del método de transporte de mineral más adecuado.

#### **2.4.1. Aspectos éticos.**

- La presente investigación titulada “Evaluación del sistema de transporte de mineral en una mina subterránea-Pataz La Libertad 2021” se está desarrollando de acuerdo con los protocolos de la Universidad Privada del Norte.
- En esta investigación las citas se realizaron de acuerdo con el manual de APA.

#### **Aspectos éticos en base a:**

##### **Social:**

Tendremos en cuenta la participación de la población en la toma de decisiones. Con el objetivo de enriquecer el patrimonio cultural de las comunidades, los valores colectivos, individuales y especialmente sociales.

##### **Medio Ambiente:**

Mediante el desarrollo de la investigación se evitará conflictos sociales entre pobladores y lugar donde se desarrollan las operaciones de la minera.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Evaluación del sistema de transporte de mineral en una mina subterránea.

##### 3.1.1. Sistema de extracción de mineral manual y mecanizado.

El traslado de mineral en una Mina subterránea Pataz La Libertad se realizaba a través de la extracción manual, extrayendo desde los niveles inferiores hasta la superficie.

**Tabla 1**

*Análisis de la cantidad de sacos de mineral con el sistema de extracción manual*

<b>Día</b>	<b>Sacos/guardia</b>
Lunes	201
Martes	198
Miércoles	195
Jueves	191
Viernes	189
Sábado	197
Domingo	193
Promedio	194.9

La extracción de mineral es realizada con 14 trabajadores con mano de obra directa, siendo 8 horas efectivas por guardia de trabajo, de las 10 horas programadas por guardia, trabajándose con dos guardias por día.

**Tabla 2**

*Peso del mineral por saco*

<b>N° Saco</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>	<b>Kg</b>
1	40.2	39.1	38.4	36.7	37.6	35.3	34.9
2	38.7	35.3	36.7	37.5	38.7	32.9	39.8
3	35.9	38.5	37.1	38.1	39.1	35.1	36.1
4	41.1	36.4	39.2	37.2	36.2	38.2	39.2
5	37.8	38.8	35.3	38.3	37.6	37.3	38.3

N° Saco	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
6	39.5	34.5	36.4	37.4	38.4	38.4	37.4
7	39.1	33.9	37.5	39.5	37.5	37.5	37.5
8	38.9	34.9	40.3	37.8	35.9	38.3	36.9
9	37.4	35.7	34.9	35.9	34.9	35.9	34.7
10	38.9	40.1	36.8	37.8	36.8	37.8	36.8
11	38.6	34.6	36.1	37.5	35.5	37.5	35.5
12	35.7	32.9	34.6	35.6	37.3	36.3	35.9
13	37.1	35.2	35.8	38.4	34.6	39.5	37.9
14	38.5	34.5	34.7	36.1	36.3	33.1	35.2
15	36.4	36.1	38.5	39.1	40.1	35.9	40.2
16	38.8	37.1	36.6	34.9	39.2	36.8	34.8
17	34.5	38.1	35.6	40.1	38.3	37.9	39.3
18	33.9	39.2	37.6	36.9	32.9	34.1	36.3
19	34.9	36.3	34.3	36.4	39.1	33.8	32.2
20	35.7	38.4	39.8	35.3	38.5	37.1	35.8
Promedio	37.6	36.5	36.8	37.3	37.2	36.4	36.7
Prom. Final	36.9						

La tabla N° 2 muestra el peso real de cada uno de los sacos extraídos manualmente durante una semana con una cantidad de 20 sacos por día, obteniendo por promedio de 36.9 kg/ saco, equivalente a 0.0369 TM. Consiguiendo una producción de 7.1918 toneladas por guardia, trabajando con dos guardias por día; entonces tendremos una producción de 14.3836 toneladas de mineral por día y 431.5080 toneladas por mes; resultando un promedio de 194.9 sacos por guardia, tal como se puede ver en la tabla N°1.

Con este resultado se obtiene la producción horaria en el sistema de extracción manual para luego comparar con el sistema de extracción mecanizada.

**Ecuación 1:** *Producción manual por guardia (PMG)*

$$PMG = \text{Cantidad de sacos} \left( \frac{\text{sacos}}{\text{guardia}} \right) \times \text{carga por saco} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{saco}} \right)$$

Datos: Cantidad de sacos: 194.9 sacos/guardia

Carga por saco: 36.9 Kg/saco

$$PMG = 194.9 \left( \frac{\text{sacos}}{\text{guardia}} \right) \times 36.9 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Saco}} \right)$$

$$PMG = 7\,191.8 \text{ kg} = 7.1918 \frac{\text{TM}}{\text{guardia}}$$

**Tabla 3**

*Producción manual*

TM/hora	TM/guardia	TM/día	TM/mes
0.89890	7.1918	14.3836	431.509

La producción horaria de extracción es de 0.8989 TM/h mediante el sistema manual, resultando una producción mensual de 431.509 TM/mes, tal como se muestra en la tabla N°3.

**Tabla 4:**

*Producción mensual de extracción manual*

Producción mensual de extracción manual			
Mes	sacos/mes	Kg/mes	TM/mes
Enero	11100	409590.0	409.6
Febrero	10200	376380	376.4
Marzo	10525	388372.5	388.4
Abril	11121	410364.9	410.4
Mayo	11487	423870.3	423.9
Junio	11968	441619.2	441.6
<b>Promedio</b>			<b>408.4</b>

En la tabla N°4 nos indica la producción mensual durante 6 meses dándonos un promedio de 408.4 TM/mes.

### Sistema de extracción mecanizada

En una Mina subterránea Pataz La Libertad, se tomaron datos del winche izaje neumático de 10Hp del pique; y el recipiente de extracción es el skip de capacidad nominal de 1 TM; el castillo es de una estructura metálica de acero de una altura de 4 m. El pique es de una sección de 1.50 m. x 3.00 m. y de una profundidad de 60 m, ángulo de inclinación 80 grados, se tiene 02 ore pockets, cada uno tiene una capacidad 10 TM aproximadamente destinados para acumulación de mineral y desmonte; la cancha en superficie tiene una capacidad 80 TM.

#### 3.1.2. Ciclo de transporte en el sistema de extracción

Se hará la descripción del ciclo de izado y la secuencia de trabajo del equipo de extracción. El descenso de skips mineros vacíos, en la estación superior del pique, el llenado de carga al Skip, el izaje del skip con carga y el volteo del skip con carga a la cancha.

**Tabla 5**

*Ciclo de izaje con tiempos estimados*

Ciclo de Izaje	Tiempo
Descenso del Skip vacio	00:02:30
Llenado de carga al Skip	00:04:20
Izaje del Skip con carga	00:03:06
Volteo automático del Skip con carga a la cancha	00:00:04
<b>Total</b>	<b>00:10:00</b>

El tiempo estimado del ciclo de izaje es de 10 minutos.

### 3.1.3. Control de tiempo de extracción por viaje

La extracción de mineral en la mina subterránea-Pataz-La Libertad, se han tomado tiempos de cada viaje, que son promedios durante un periodo veinte días, de los cuales se toma tiempo de un viaje, con la finalidad de tener referencia con mayor aproximación de los tiempos de ciclo de izaje.

**Tabla 6**

Tiempos *estimados de izaje de mineral*

Número de viajes	Ciclo de Izaje
1	00:10:00
2	00:10:00
3	00:09:58
4	00:10:01
5	00:09:50
6	00:10:01
7	00:10:01
8	00:10:01
9	00:10:01
10	00:09:58
11	00:10:01
12	00:10:01
13	00:10:01
14	00:09:58
15	00:10:01
16	00:10:02
17	00:09:58
18	00:10:01
19	00:09:56
20	00:10:00
Total	Promedio
20	00:10:00

Tiempo promedio de ciclo: 10 minutos

Capacidad de skip: 1TM

**Tabla 7**

*Control de tiempos en la producción mecanizada del winche*

Tiempo promedio de ciclo de izaje (min)	Nro. de viajes/hora	TM/hora	TM/guardia	TM/día	Tm/mes
10	6	4.701	37.608	75.2	2256.48

**Tabla 8:**

*Peso de la carga del skip de cada muestra*

Muestra N° SKIP	Lunes TM	Martes TM	Miércoles TM	Jueves TM	Viernes TM	Sábado TM	Domingo TM
1	0.85	0.81	0.72	0.77	0.79	0.74	0.81
2	0.78	0.79	0.76	0.84	0.81	0.97	0.79
3	0.75	0.89	0.99	0.79	0.78	0.71	0.75
4	0.83	0.85	0.77	0.81	0.75	0.82	0.78
5	0.84	0.87	0.91	0.96	0.84	0.73	0.65
6	0.79	0.91	0.94	0.91	0.69	0.98	0.97
7	0.87	0.94	0.76	0.97	0.91	0.96	0.74
8	0.73	0.81	0.73	0.51	0.77	0.78	0.78
9	0.74	0.76	0.97	0.78	0.76	0.69	0.75
10	0.86	0.68	0.81	0.69	0.96	0.79	0.94
11	0.77	0.72	0.92	0.95	0.74	0.79	0.99
12	0.82	0.76	0.79	0.68	0.97	0.81	0.67
13	0.91	0.63	0.69	0.85	0.71	0.78	0.73
14	0.81	0.77	0.75	0.93	0.62	0.95	0.78
15	0.95	0.61	0.65	0.94	0.73	0.74	0.76
16	0.93	0.64	0.78	0.99	0.88	0.69	0.77
17	0.77	0.76	0.67	0.97	0.86	0.91	0.64
18	0.78	0.97	0.96	0.83	0.78	0.77	0.79
19	0.89	0.81	0.68	0.88	0.99	0.76	0.81
20	0.89	0.81	0.68	0.76	0.79	0.86	0.96
Promedio	0.83	0.79	0.80	0.84	0.81	0.81	0.79
Promedio final	0.81						

**Tabla 9**

*Sistema de extracción mecanizada mediante skip*

Día	Skip/guardia	Skip/día
Lunes	48	96
Martes	49	98
Miércoles	47	94
Jueves	45	90
Viernes	46	92
Sábado	44	88
Domingo	46	92
Promedio	46.43	92.86

**Ecuación 2:** *Producción mecanizada por guardia (PM1G)*

$$PM1G = Cantidad \left( \frac{Skip}{guardia} \right) \times carga \text{ por Skip} \left( \frac{TM}{Skip} \right)$$

Datos:

Cantidad de skips: 46.43 skip/guardia

Carga por skip: 0.81 TM/skip

$$PM1G = 46.43 \left( \frac{Skip}{guardia} \right) \times 0.81 \left( \frac{TM}{Skip} \right)$$

$$PM1G = 37.608 \frac{TM}{guardia}$$

**Tabla 10**

*Producción mensual de extracción mecanizada*

Mes	Skip/mes	TM/mes	Kg/mes
Julio	2850.00	2308.50	2308500.00
Agosto	2789.00	2259.09	2259090.00
Setiembre	2872.00	2326.32	2326320.00
Octubre	2831.00	2293.11	2293110.00
Noviembre	2867.00	2322.27	2322270.00
Diciembre	2798.00	2266.38	2266380.00

En la tabla 10, Se detalla la producción mensual de cada mes, por el cual se observa una variación de producción de mineral, la producción máxima es 2326.32 TM/mes; como también la producción mínima es 2259.09 TM/mes.

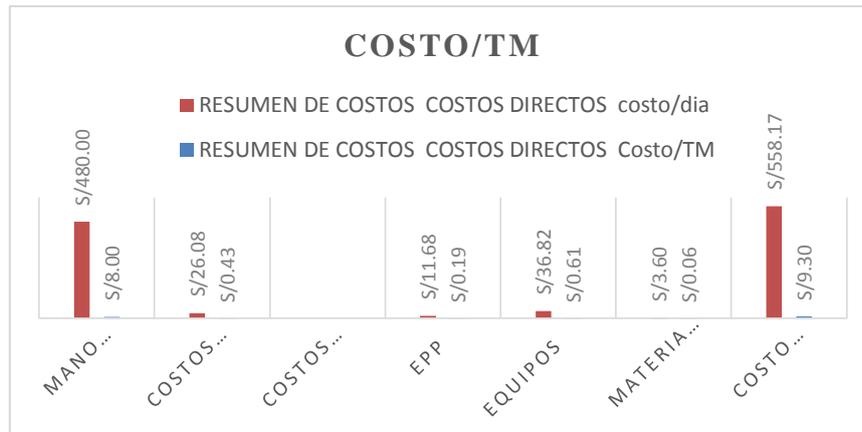
### 3.2. Análisis del costo por tonelada métrica en el sistema de transporte de mineral en una mina Subterránea Pataz La Libertad.

En la siguiente tabla se muestra los datos de los costos de transporte de mineral una mina Subterránea Pataz La Libertad (costo/TM)

**Tabla 11**

*Resumen de costos/ TM para el transporte de mineral*

Resumen De Costos		
Costos Directos		
Descripción	Costo/Día	Costo/Tm
Mano De Obra	S/480.00	S/8.00
Costos De Mantenimiento	S/26.08	S/0.43
Costos Indirectos		
EPP	S/11.68	S/0.19
Equipos	S/36.82	S/0.61
Materiales	S/3.60	S/0.06
<b>Costo Total</b>	<b>S/558.17</b>	<b>S/9.30</b>



**Figura 1**

*Resumen de costos/ TM para el transporte de mineral*

En la figura 4 podemos observar (Costos/TM) que en el sistema de transporte de mineral de una mina Subterránea Pataz La Libertad: Mano de Obra: S/. 8.00, Costos de Mantenimiento: S/. 0.43, EPP: S/. 0.19, Equipos: S/. 0.61, y en Materiales: S/. 0.06; teniendo un costo total de S/. 9.30.

### 3.3. Elección del método de transporte de mineral más adecuado para para una mina Subterránea Pataz La Libertad.

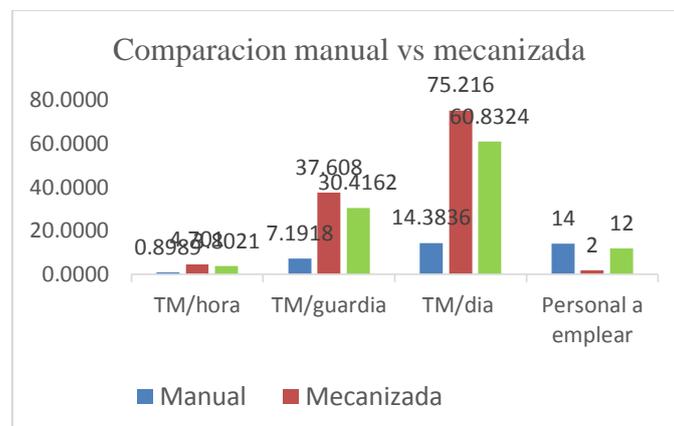
#### 3.3.1. Incremento de producción con el sistema de extracción mecanizada

En la tabla 12, se observan las siguientes diferencias; el rendimiento del sistema de izaje manual vs el sistema de izaje mecanizado se incrementa de 0.8989 tonelada por hora a 4.701 toneladas por hora respectivamente, de la misma forma se disminuye el personal a emplear de 14 obreros a 2 obreros con el sistema mecanizado, en cual repercutirá en los costos de mano de obra, también se puede apreciar en la figura 3.

**Tabla 12**

*Comparación de producción de manual y mecanizada*

Ítem	Manual	Mecanizada	Diferencia
TM/hora	0.8989	4.701	3.8021
TM/guardia	7.1918	37.608	30.4162
TM/día	14.3836	75.216	60.8324
Personal a emplear	14	2	12



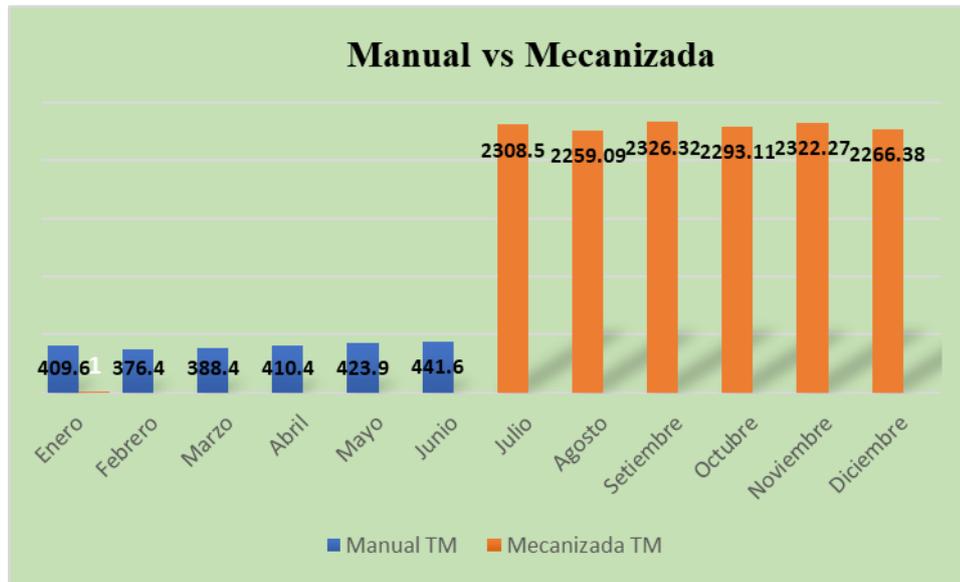
**Figura 2**

Producción manual vs mecanizada (TM)

**Tabla 13**

*Comparación de valores de producción mensual manual y mecanizado*

Manual		Mecanizada	
Mes	TM	Mes	TM
Enero	409.60	Julio	2308.50
Febrero	376.40	Agosto	2259.09
Marzo	388.40	Setiembre	2326.32
Abril	410.40	Octubre	2293.11
Mayo	423.90	Noviembre	2322.27
Junio	441.60	Diciembre	2266.38



**Figura 3**

*Producción mensual de manual vs mecanizado (TM)*

En la tabla 13 se observa la diferencia de producción mensual de manual y mecanizado; como también se observa en la figura 4.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1 Limitaciones

- Las principales limitaciones con relación a los resultados obtenidos se orientan en función al mantenimiento de la operatividad del proceso de movimiento de materiales, al cumplimiento de las normas técnicas y los lineamientos de seguridad establecidos para las tareas transporte de mineral en una mina Subterránea Pataz La Libertad.
- La baja información con respecto al tema de investigación.
- El limitado acceso a la zona de estudio donde se ha planteado el tema de investigación.

#### 4.1.2 Interpretación comparativa

Huarocc, P. (2014), en su tesis presentada en la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, titulada “Optimización del Carguío a acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.”, obtuvo como resultado una mayor recuperación del mineral explotado obteniéndose una reducción de costos en 0.44 \$/Tn en la operación unitaria de carguío de mineral y 0.34 \$/Tn en la operación de acarreo de mineral. Según nuestros resultados obtenidos en nuestra investigación el sistema de extracción manual tiene una capacidad de producción de 7.1918 TM/guardia, 14.3836 Tm/día, 431.509 TM/mes, mientras que el sistema mecánico tiene una capacidad de producción de 37.608 TM/guardia, 75.2 Tm/día, 2256.48 TM/mes.

En contraste con Riveros J. (2016), en su tesis titulada “Cálculo De La Productividad Máxima Por Hora De Los Volquetes En El Transporte Minero Subterráneo En La Unidad Minera Arcata 2016”, obtuvo como resultado un incremento en la facturación de 34.63 % que representa la suma de US\$ 126, 314.81. En los resultados obtenidos en nuestra investigación en lo que respecta el costo/TM de transporte de mineral son: mano de obra S/8.00, costos de mantenimiento S/0.43, EPP’s S/0.19, equipos S/0.61 y materiales S/0.06, teniendo un costo total de S/9.30 por una TM. Mientras que los costos de transporte diario son: mano S/480.00, costos de mantenimiento S/26.08, EPP’s S/11.68, equipos S/36.82 y materiales S/3.60, teniendo un costo total de S/558.17 por una TM.

Álvarez V. (2014), en su tesis denominada “cálculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte - unidad minera de Arcata” obtuvo un incremento en la facturación de 34% con respecto a la facturación proyectada lo que representa un incremento de US\$ 203.104,68 hasta fin de año. Según los resultados, en el sistema de extracción manual necesitamos 14 personas producir 7.1918 TM/guardia y 14.3836 TM/día, otro lado; en el sistema de extracción mecanizado, solo necesitamos 2 personas para producir 37.608TM/guardia, 75.216 TM/día. (Ver tabla 13).

Según los resultados comparativos obtenidos, los datos de la producción mediante el sistema de extracción mecanizado son notablemente superiores al del sistema de extracción manual, de tal manera podemos demostrar que es posible aumentar la producción y reducir los costos de operación en el sistema de transporte de mineral

aplicando el sistema de extracción mecanizada, en tal sentido se recomienda la aplicación del sistema de extracción mecanizada.

#### 4.2 Conclusiones

- Se evaluó el sistema de transporte de mineral de mineral, analizando la extracción manual se tiene la producción de 7.1918 TM/guardia, 14.3836 TM/día, además también la producción mecánica de 37.608 TM/guardia, 75.216 TM/día. También se calculó los tiempos de los ciclos y en número de viajes del izaje (extracción mecánica) obteniendo un tiempo promedio por ciclo de 10 minutos.
- Al analizar los costos/TM incluyendo costos de mano de obra (s/. 8.00), costos de EPP's (s/. 0.19), costos de mantenimiento (s/. 0.43), equipos (S/. 0.61), materiales (S/. 0.06), se tiene un costo de s/. 9.30 por tonelada extraída. estos costos es posible reducirlos aplicando el sistema de extracción mecanizada.
- Al comparar los sistemas de extracción manual y mecanizada empleados en una mina Subterránea Pataz La Libertad, obtuvimos que el sistema mecanizado es el más eficiente en cuestión de la cantidad de TM producidas al día, con una diferencia de 30.4162 TM/guardia en referencia a la extracción manual; también de acuerdo con los datos obtenidos es más óptimo por la cantidad de personal que se emplea.

## REFERENCIAS

- Álvarez, V. (2014). *Calculo De La Productividad De Equipos De Acarreo Y Transporte – Unidad Minera De Arcata. Arequipa. Arequipa: Universidad Nacionalmde San Agustin.*
- Baldeon, Z. (2014). *Gestion En Las Operaciones De Transporte Y Acarreo Para El Incremento De La Productividad En Cia. Minera Condestable S.A. . Lima, Perú: PUCP.*
- Carhuas, O. (2018). *Mejoramamiento Del Sistema De Transporte Mediante El Cambio de Locomotoras por Volquetes y Ampliación del Crucero Xc-2006 en la Mina Contonga. Huamanga: Universidad Nacional de San Cristobal.*
- Cazau, P. (2015). *INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS SOCIALES. Buenos Aires.*
- Condori, R. (2017). *Estudio Del Sistema De Acarreo De Interior Mina Para Optimizar Tiempos, Disminuir Costos E Incrementar La Producción En E.E. NCA Servicios Mina Morococha. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin .*
- Díaz, M. (2016). *Carga, Transporte y Extracción en Minería Subterránea.*
- Escamila, M. (2013). *Fundamentos de la metodología de la investigación. Mexico: Universidad Autonoma del estado de Hidalgo.*
- Huarocc, P. (2014). *Optimización del Carguío a acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.*

- Huisa, R. (2017). *Optimización de la producción aurífera mediante la selección y reemplazo de equipos y maquinarias en la unidad operativa minera San Juan de Dios-CECOMSAP*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Mendoza, H. (2016). *Cálculo De La Productividad Máxima Por Hora De Los Volquetes En El Transporte Minero Subterráneo En La Unidad Minera Arcata 2016*. Puno: UNA.
- Ministerio de Energía y Minas. (2008). *Guía de inversiones de la gran y mediana minería*. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/GUIAS/GUIAS/IM2008.pdf>
- Murillo, W. (24 de Junio de 2021). *La investigación científica*. Obtenido de <http://www.monografias.com/>
- Rodríguez, D. (2013). *Modelo Analítico Para El Dimensionamiento De equipos De Transporte En Minería Subterránea: Análisis De Prioridades De Atención Según Rendimiento*. Chile: Pontifica Universidad Católica de Chile.
- Valentin, C. (2018). *control y mejora de la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie en la unidad de producción San Cristóbal – Volcán Compañía Minera S.A.A*. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Zaragoza, M., & Islas, V. (2016). *ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE*. México .
- Marcos, A. (2015). *Evaluación económica del sistema de extracción de mina Papagayo de Cía. Minera poderosa*. Lima-Perú: UNI.

Chang Ja , K. (2009). *Diseño Y Evaluación Técnico Económica De Un Nuevo Sistemade Carguío Y Transporte Para La Minería De Hundimiento. .* Santiago-Chile: Universidad de Chile.

Arias, C. (2013). *Planeamiento y diseño del sistema de extracción del proyecto de profundización de la unidad San Braulio Uno.* Lima-Perú: PUCP.

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Galería fotográfica



Anexo N° 2. Galería fotográfica

