



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

## **“APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CARGUIO Y ACARREO DE DESMONTE PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS EN MINERA, LA LIBERTAD 2019”**

Trabajo de investigación para optar el grado de:

**BACHILLER EN INGENIERIAA DE MINAS**

Autor:

**WUDILFREDO PONTE ZEVALLOS**

Asesor:

**ING. GONZALO HUGO DIAZ GARCIA**

Trujillo - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS Y A MI FAMILIA**

Dedico el éxito y la satisfacción de esta investigación a Dios quien me regala los dones de la salud, sabiduría y el entendimiento, y ser motivo principal de seguir siempre adelante. A mi madre y hermanos con apoyo incondicional, quienes aún en la distancia siempre han estado conmigo a mis amigos por su gran calidad humana apoyo incondicional, amor, alegría y ánimo contagioso, que no me dejaron desfallecer para así poder llevar acabo la culminación de este anhelado proyecto.

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme y protegerme durante todo mi camino, por hacer de mí un hombre de bien y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi carrera a mi asesor Ing. Yuling Indira Quispe Arones por su metodología de enseñanza muy acertadas, a mi madre agustina. Z. R. que con su enorme sacrificio y esfuerzo siempre se ha preocupado en que no me falte nada, a mi padre pablo. P. S. que ha sido un gran apoyo a lo largo de toda mi carrera, a mis hermanos, Carlos, Perciles, Ismael, Alin. A mi asesor, por su paciencia, comprensión y consejos muy acertados, en especial a mi esposa. Katia Valderrama. A. y a mis hijas, Kina, Silvana y mi hijo Devis por su paciencia tiempo y comprensión ya que representan un pilar fundamental en mi vida, gracias a todos por el apoyo recibido.

A la Universidad por demostrarnos el ejemplo de enseñanza de no rendirse ante cualquier problema, y a sus profesores ejemplares que tienen.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	8
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	16
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	20
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	30
REFERENCIAS	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos en la recolección de datos	20
Tabla 2. Proceso de carguío y acarreo	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de carguío y acarreo	14
Figura 2. Costo estimado por fase minado	15
Figura 3. Carguío y transporte	16
Figura 4. Acarreo de material	16
Figura 5. Situación actual sistema de carguío y acarreo	22
Figura 6. Elementos de la cantera	25
Figura 7. Volquetes	26
Figura 8. Escape lateral	26
Figura 9. Limitaciones de visibilidad	26
Figura 10. Distancia de parada	27
Figura 11. Alternativas en maniobra	27
Figura 12. Proceso de carguío	30

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo de estudio aplicar un sistema de carguío y acarreo de desmonte para la reducción de costos operativos en minera, La Libertad 2019. El tipo de investigación para la presente investigación consta de un estudio aplicado – descriptivo, en cual describe lo que se determinó como parte del estudio; además, consta de un diseño no experimental y por su temporalidad es transversal, de manera general deductivo. Conforme se encontró los resultados y los análisis correspondientes, se concluyó que existe un sistema de carguío y acarreo dentro de negativo para la empresa por los altos costos y que implica una contaminación de grado alto, que el sistema de carguío forma parte en el uso de los volquetes para el acarreo y las maniobras, que los equipos se dan en zonas de descarga conforme a los accesos que existen en las minas; culminando que al aplicar un sistema de carguío y acarreo de desmonte beneficia a la empresa minera y mejora de manera sustancial la productividad y facilita incremento de los ingresos económicos y mejoras para la protección del medio ambiente.

**Palabras clave:** Acarreo, carguío, costos, reducir, sistema.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La minería es una actividad muy importante a nivel mundial, que representa dentro del aspecto situacional y comercial un índice importante para mantener una estructura o flujo organizacional y poder cumplir con todos los lineamientos eficaces dentro del cuadro específico en relación al rendimiento productivo y los costos operativos que allí se llevan a cabo. Según Czaplicki (2009) cuyo informe indica que el crecimiento económico en relación a la minería es sostenido, debido a que las políticas han permitido un crecimiento de 6,8% durante siete años, y que según el informe de U.S. Geological Survey (2010) el Perú ocupa el sexto lugar de los países más ricos en yacimiento minerales a nivel del mundo, en dicho año fue el primer productor de plata, a nivel de Latinoamérica el mismo año Perú, fue el primer productor de oro, plata, zinc, estaño, plomo, entre otros minerales, lo cual hace que la minería es una actividad muy importante para vislumbrar la economía de un país.

En la actualidad, a nivel mundial las empresas y operaciones mineras buscan mejorar y reducir costos dentro de sus operaciones unitarias, por lo que en este contexto se busca la operatividad de las mineras para que entren a competir y busca la reducción de costos en sus diferentes operaciones (Leica Geosystems, 2005).

En el Perú, existe diversas empresas mineras a lo largo del país, de manera específica en la zona sierra, la operación de carguío y acarreo demanda un porcentaje muy alto con relación a que ambas están ligadas y van de manera consecutiva, por tal motivo se tiene en cuenta un solo conjunto, que además puede combinar equipos entre sí y que están ligados para formar parte de la operación en amplia relatividad con su rendimiento (Salcedo, 2014).

En la región La Libertad, las mineras realizan gastos cuantiosos con relación a operaciones en las diferentes áreas laborales, estos se aplican en cada una de ellas y mantiene un alza bastante fuerte, que se puede reducir, si se aplican ciertos sistemas que contribuyan a lograr ahorros sustanciales que pueden ser revertidos en otras operaciones o inducir a mayores ganancias que favorezcan a la empresa y los colaboradores que allí laboran (Salcedo, 2014).

Para el sustento de la investigación, se tomó en cuenta antecedentes de investigaciones de autores que realizaron sus estudios conforme a la similitud o parecido de la investigación a nivel internacional, nacional y local:

Según Meza (2017) en su investigación "Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo a tajo abierto" determinó un modelo a seguir al aplicar los conceptos de la simulación a un sistema de carguío y acarreo en una operación minera; concluyó que la asignación correcta de los equipos de acarreo para determinados equipos de carguío ayudan a mantener un nivel óptimo entre la relación costo por TM; además, de reducir los tiempos y costos, y los tiempos improductivos de los equipos con los que se va a utilizar: con dicha asignación de equipos de acarreo se plantea escenarios elegidos cuyo incremento del cargador va de 2 en 2.81% y la utilización de la excavadora 2 en 11,56%, el escenario óptimo de planteado disminuye a 0.45 costo por TM.

Para Huaroc (2014) en su investigación "Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. UPKAR MINING SAC" se involucra en optimizar un sistema de carguío y acarreo utilizando claves de desempeño y concluyó que la gestión de la producción para el análisis de la rentabilidad de cada uno de los procesos que incluye el ciclo

de minado, tiene que estar ligado a un sistema de control que nos facilite una planeación y optimización de los procesos del ciclo de minado por ello se ha implementado indicadores de desempeño en la unidad minera Chuco II.

Asimismo, Ortiz y Canchari (2015) en su investigación sobre “Aplicación del modelo de colas al acarreo minero, caso de una mina magistral”, se dedica a un estudio de minimizar el tiempo improductivo o tiempos de espera de los equipos de carguío y acarreo en el interior de la mina y los puntos de descarga, utilizando un sistema que consiste en cuatro puntos de carguío de materiales, por cuya aplicación de herramientas del modelo de colas, se estimó el costo de espera y luego la posibilidad de reducir este costo incrementado en los puntos de carguío. Concluyó que en la mina magistral los costos de espera generan un gasto adicional de US \$ 369,860 por año constituyendo el 19.52 % del costo de acarreo, agregando una tolva de carguío en interior mina se reduce el costo que originan los tiempos de espera de 19.52 % a 3.3 % lo que representa un gasto de solo US \$ 62,194 /año, esto indica que la aplicación del modelo de colas nos permitió cuantificar en forma simple y rápida y a bajo costo la magnitud del ahorro esperado en el sistema de acarreo entre mina y superficie.

Villalobos (2015) en su investigación sobre “Propuesta de mejora del sistema de carguío y acarreo para reducir los costos del área de operaciones de una unidad minera”, el estudio se enmarcó a proponer mejoras a través de simulaciones del sistema de carguío y acarreo para reducir los costos del área de operaciones de una unidad minera, debido a en la parte diagnóstica se experimentó problemas de colas de volquete CAT – 785 C, asignado para rutas cortas las cuales representaron 12,69% de los tiempos operativos y como consecuencia el índice de costos aumentaron por tonelada igual a \$0.61 dólares. Concluyó que a través de la

simulación del sistema de carguío y acarreo con 1 cargador y 2 volquetes se pudo comprobar la baja utilización de la locación fila de espera 0.13% con un promedio de 0 volquetes esperando ser atendidos y un máximo de contenidos igual a 1. Mientras que el tiempo promedio de carguío se redujo a 3.13 minutos lo que representa una reducción del 18.49%, siendo el costo unitario por tonelada del periodo igual a \$0.38 dólares obteniéndose una reducción del 37.70% respecto al último trimestre del 2013; por lo tanto la propuesta de mejora del sistema de carguío y acarreo permite reducir los costos del área de Operaciones garantizando el cumplimiento de manera eficaz y eficiente del plan de cierre de mina de movimiento de desmonte hacia el botadero para rutas cortas.

Tomando en cuenta la temática de la investigación, se está considerando ciertas bases teóricas que refuerzan el estudio.

El carguío y acarreo de minerales, se ejecuta o transporta en cada una de las operaciones, como un proceso principal que se da para la recolección de los minerales que se encuentre, esto se viene dando de diferentes formas, dependiendo de la cantidad de tarea, además del mineral, su clase y el área en donde se va a trabajar. Un ejemplo son los bancos y su nivel con que cuentan; distancias, pendientes para su transporte, lo cual dará como resultado el número de equipos que se va a emplear. Esto dará como resultado un mejor costo por cada equipo utilizado en operaciones. Es importante saber seleccionar los equipos y contar con un plan para cada tarea el cual contara con un sistema que La carga y transporte que se ejecuta en cada operación es un proceso principal que se da para la recolección de los minerales que se encuentre, esto se viene dando de diferentes formas, dependiendo de la cantidad de tarea, además del mineral, su clase y el área en

donde se va a trabajar. Un ejemplo son los bancos y su nivel con que cuentan; distancias, pendientes para su transporte, lo cual dará como resultado el número de equipos que se va a emplear. Esto dará como resultado un mejor costo por cada equipo utilizado en operaciones.

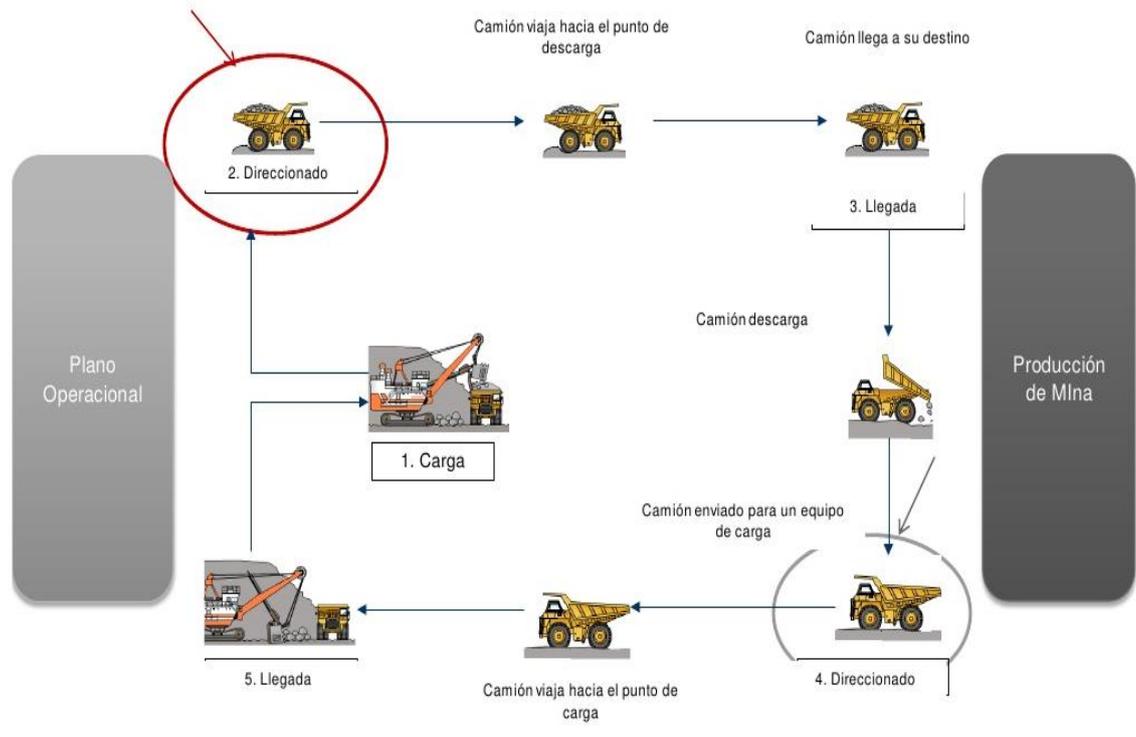


Figura 1. Proceso de carguío y acarreo  
Fuente. Basado en la investigación de Gómez (2011).

Es importante saber seleccionar los equipos y contar con un plan para cada tarea el cual contara con un sistema que estará afecto a cualquier inclemencia que se presente dentro de la operación. La importancia de contar con un sistema es considerar sus aplicaciones, su adecuado manejo del mismo, su información, sus datos elaborados y los resultados que estos contienen en base a su proceso. Después de esto se procederá a contar con unas mejoras teniendo en cuenta su verificación y control en la operación de transporte y carga. En este tema se basará en la situación actúa de cada operación. Posteriormente se tomará en cuenta la parte mecánica del

trasporte y carga para una evaluación exhaustiva de la operación y para concluir se considera y evalúa un caso veraz en una operación en tajo abierto de transporte y carga. Para finalizar se muestra una información final y la recomendación para mejorar la operación (Villanueva, 2009).

Los costos de operación son aquellos generados en forma continua durante la operación minera y están directamente relacionados a la producción, pudiéndose dividir en costos directos e indirectos (Sánchez, 2009)

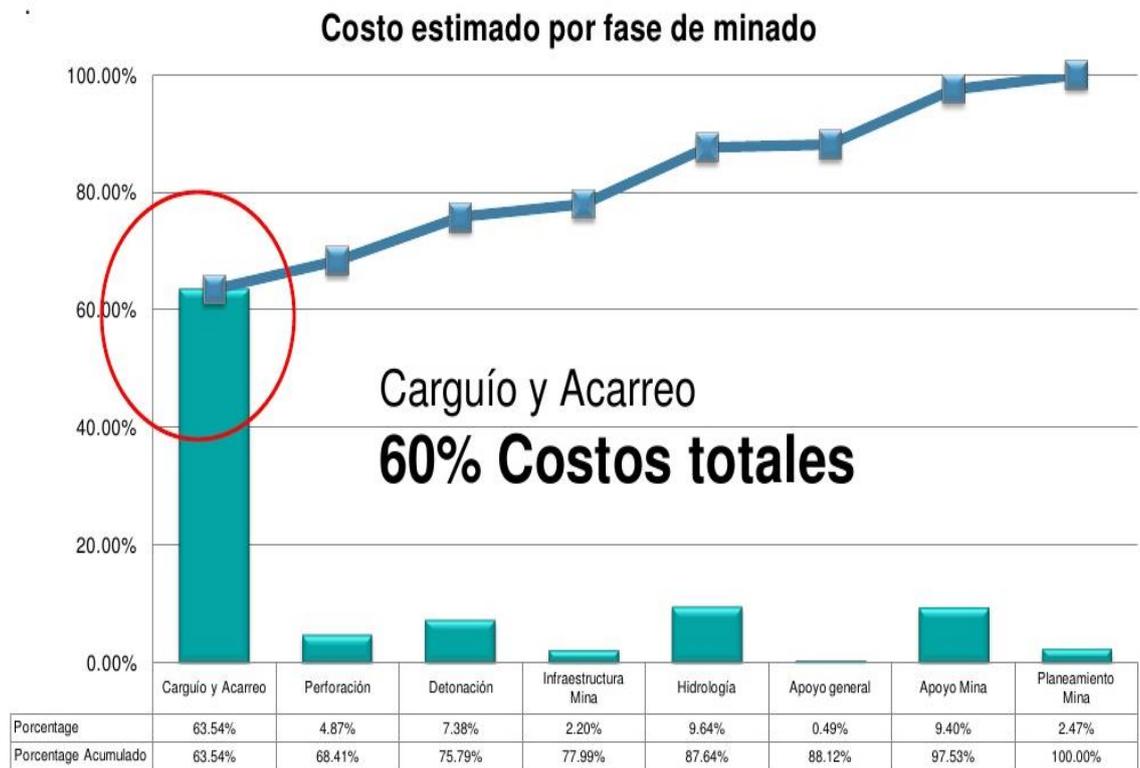


Figura 2. Costo estimado por fase minado  
Fuente. Basado en la investigación de Gómez (2011).

### Carguío

Es la operación unitaria que se realiza utilizando cargadores frontales 966 F o excavadora 330 – BL, el control de calidad del mineral para el carguío y destino de los camiones, son realizados por el jefe de mina previa coordinación con el área de Geología (Rodríguez, 2013).



Figura 3. Carguío y transporte

Fuente. Basado en la investigación de Villalobos (2015).

### **Acarreo**

Es el transporte interno de material que se realizará utilizando cargadores frontales o excavadoras 966 F o excavadora 330 – BL. El transporte interno de material se realizará mediante camiones de 15 m<sup>3</sup> de capacidad, el desmonte será transportado hacia el botadero de desmonte distante entre 800 y 1000 m de la zona de carguío (Rodríguez, 2014).



Figura 4. Acarreo de material

Fuente. Basado en la investigación de Villalobos (2015).

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera la aplicación de un sistema de carguío y acarreo de desmonte reducirá los costos operativos en minera, La Libertad 2019?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Aplicar un sistema de carguío y acarreo de desmonte para la reducción de costos operativos en minera, La Libertad 2019.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Identificar la situación actual en el área de carguío y acarreo de empresa minera.

Determinar nuevas estructuras operacionales de carguío y acarreo.

Proponer un nuevo procedimiento de carguío y acarreo para lograr una mejora significativa en empresa minera.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Aplicar un sistema de carguío y acarreo de desmonte reducirá los costos operativos en minera, La Libertad 2019.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

El área de carguío y acarreo presentará deficiencias debido a un sistema mal estructurado generando costos elevados en empresa minera.

Las nuevas estructuras operacionales de carguío y acarreo generarán una mejora significativa

La propuesta de un nuevo procedimiento de carguío y acarreo reducirá los costos operativos en empresa minera.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación para el presente estudio es aplicado - descriptivo porque se tratará de observar el proceso de carguío y acarreo, en el cual se describirá explícitamente cada fase que se realizará y se comparará con un modelo guía para poder alcanzar el objetivo dentro del proceso de la investigación

El tipo de diseño es no experimental y por su temporalidad es transversal.

El presente proyecto de investigación tiene un diseño:

**General: Deductivo**

G → X → Y

G: Empresa minera

X: Sistema de carguío y acarreo

Y: Costos operativos

## 2.2. Población y muestra

Las operaciones de carguío y acarreo en todos los niveles de la empresa minera La Libertad

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

**Tabla 1**

*Técnicas e instrumentos en la recolección de datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Investigación eficiente de base de datos.	Formularios. Registro de estándares operativos.
Observación directa.	Reporte de rendimientos.
Análisis documental.	Formularios.
Evaluación de costos	Reporte de rendimientos. Reporte de costos

Fuente: (Elaboración propia)

Para la recolección de datos se utilizará técnicas cuantitativas, que reportan propiedades de medición.

**Investigación de base de datos:** Investigación de un sistema de carguío y acarreo que se utilizan en la empresa en el proceso productivo, utilización de cantidad y tipo de accesorio de carguío y acarreo.

**Observación directa del sistema:** Para ver la operatividad y ver si se puede mejorar, de acuerdo a los resultados y también para diagnosticar la situación actual de los costos operativos iniciales ya que permitió resolver una problemática real de una empresa, donde va a permitir reducir los costos en sus operaciones.

**Análisis documental:** Se consideran informes, evaluaciones, reportes y estadísticas de la empresa para estimar los costos operacionales.

## 2.4. Procedimiento

Para la investigación se aplicó un análisis descriptivo.

Se lograron describir los datos obtenidos de la empresa minera de La Libertad y se sintetizó.

Se realizó el análisis descriptivo, basado en la recolección de datos recogida desde los puntos de trabajo del carguío y acarreo; organizando los datos hasta el análisis final de los datos.

Se utilizaron tablas y figuras conforme al orden de la investigación.

## 2.5. Aspectos éticos

En la realización de este trabajo de investigación se aplicaron las consideraciones éticas desde el principio hasta el final del proceso, considerando:

Anonimato; se respetó y protegió la información de los sujetos que complementaron la información dentro del estudio; la confiabilidad que está ligada a los datos de la información investigada, al derecho de autor y todo material motivo de la investigación; y el principio de beneficencia, en base al proceso referencial para promover mejoras en futuros estudios.

### **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

Identificar la situación actual en el área de carguío y acarreo de empresa minera.

Dentro de este análisis, se puede determinar:

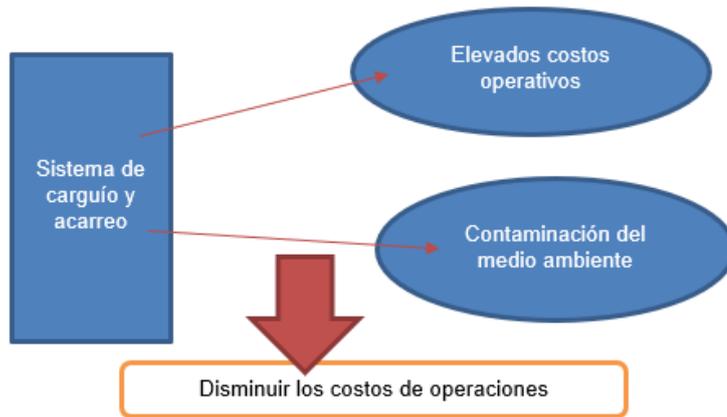


Figura 5. Situación actual sistema de carguío y acarreo

Fuente. Basado en la investigación de Toledo y Tovar (2017).

El impacto ambiental considera en las entradas con relación al combustible, se dan los consumos de recursos no renovables; mientras que en los aspectos de salida se consideran los ruidos, lo cual provoca la contaminación del aire.

Dentro de los incidentes que se pueden producir a causa de la operación misma de carguío y acarreo se considera:

- ✓ La volcadura de equipo,
- ✓ Descarrilamiento de equipos
- ✓ Colisión de equipos
- ✓ Atropello a personas,
- ✓ Choque de equipos,
- ✓ Incidentes: derrames de combustible, grasas, aceites.

Todos estos incidentes pueden provocar situaciones que se determinan en:

- ✓ Perdidas humanas o de los equipos,

- ✓ Pérdida en procesos,
- ✓ Paralización de los equipos,
- ✓ Paralización temporal para reparar los equipos o reemplazarlos,
- ✓ Retroalimentación y capacitación de operarios,
- ✓ Incidentes ambientales y sociales.

Riesgos productivos:

- ✓ Accidentes de trabajo,
- ✓ Consecuencias de los efectos difíciles de valorar,
- ✓ Las medidas correctivas cuestan,
- ✓ Difícil determinar.

Para el caso de control:

- ✓ Identificación,
- ✓ Estandarización,
- ✓ Medición,
- ✓ Evaluación,
- ✓ Corrección,
- ✓ Seguimiento.

Áreas de carga:

- ✓ Cantera,
- ✓ Bancos,
- ✓ Botaderos,
- ✓ Pilas de lixiviación,

- ✓ Tolvas.

Equipos:

- ✓ Volquetes,
- ✓ Cargadores frontales,
- ✓ Excavadoras,
- ✓ Mantenimiento de vías
- ✓ Supervisión.

Vías de acarreo

- ✓ Vías principales,
- ✓ Señalizaciones,
- ✓ Derecho de vía.

Personal:

- ✓ Operadores,
- ✓ Supervisores,
- ✓ Cuadradores (indicadores)
- ✓ Vigías.

Determinar nuevas estructuras operacionales de carguío y acarreo.

Se puede determinar de la siguiente manera:

**Tabla 2**

*Proceso de carguío y acarreo*

<b>Carguío - transporte</b>	<b>Comentarios</b>
Pala – camión – chancadora semi móvil – faja transportadora	Chancadora dentro del tajo
Pala chancadora móvil – faja transportadora	Chancadora dentro del tajo en banco

Fuente: (Elaboración propia)

De la misma forma se puede mostrar los elementos de la cantera, que constituyen

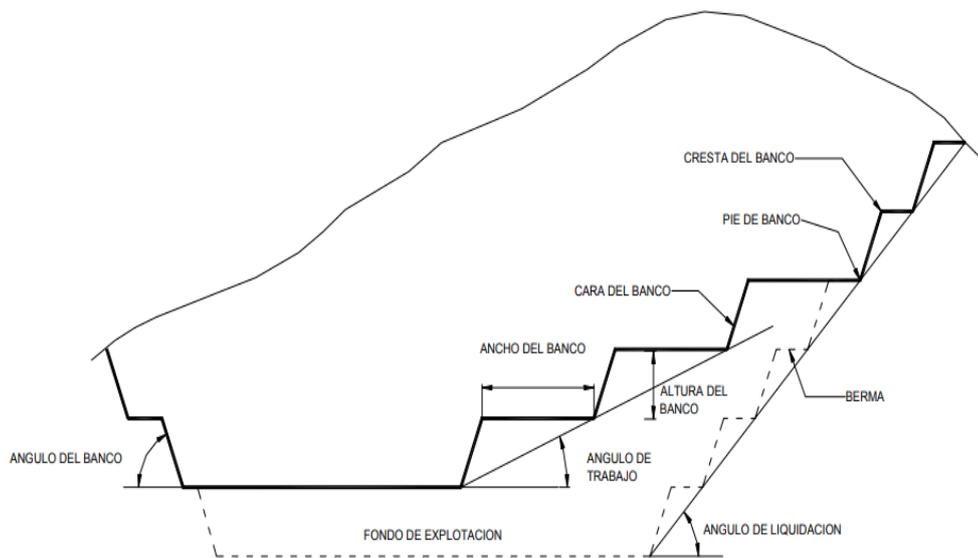


Figura 6. Elementos de la cantera

Fuente. Basado en la investigación de Toledo y Tovar (2017).

Asimismo, se utilizan volquetes para el acarreo, se delimitan los lugares y se mantienen las ubicaciones correspondientes conforme a las acciones reales que se tienen que dar dentro de la estructura correspondiente.



Figura 7. Volquetes

Fuente. Basado en la investigación de Velásquez (2016).

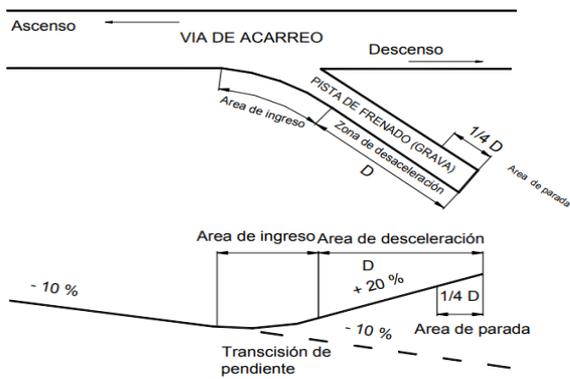


Figura 8. Escape lateral

Fuente. Basado en la investigación de Velásquez (2016).

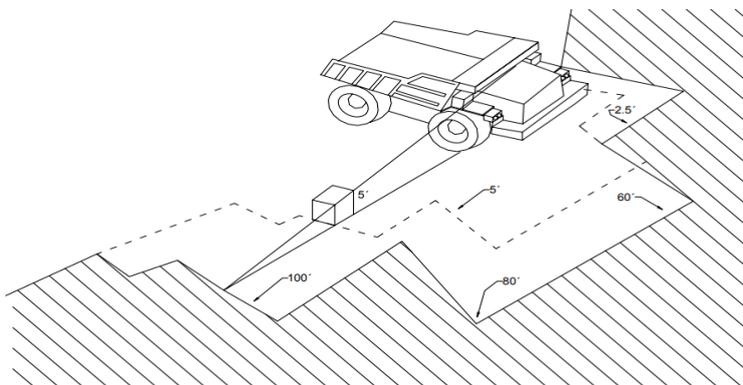


Figura 9. Limitaciones de visibilidad

Fuente. Basado en la investigación de Velásquez (2016).

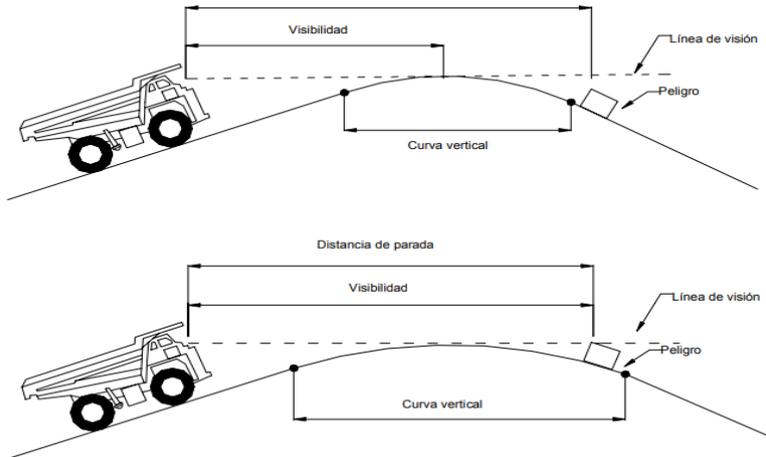


Figura 10. Distancia de parada

Fuente. Basado en la investigación de Velásquez (2016).

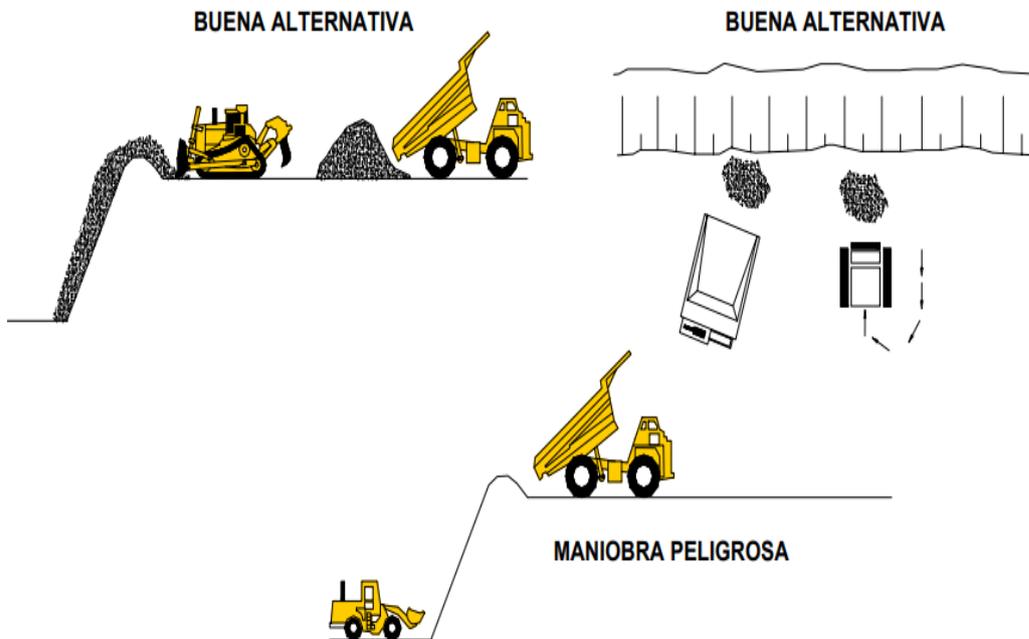


Figura 11. Alternativas en maniobra

Fuente. Basado en la investigación de Velásquez (2016).

Proponer un nuevo procedimiento de carguío y acarreo para lograr una mejora significativa en empresa minera.

Se presenta el procedimiento de carguío y acarreo, conforme a los lineamientos de la investigación:

Una vez que el material ha sido volado y que se ha revisado el área verificando que la operación será segura (tiros quedados, colpas muy grandes, derrumbes, etc.), se procede a preparar la zona de carguío. Cumplido con esto se posiciona el equipo de carguío con su correspondiente flota de equipos de transporte para iniciar la operación.

En el carguío lo que se hace es extraer el material volado desde el frente de operación por el equipo de carguío, para luego ser depositado en el equipo de transporte, lo cual se logra posicionando el equipo frente al material cargado, en un área donde tanto el equipo de carguío como los equipos de transportes puedan operar sin problemas.

El equipo de carguío penetra el material volado con su cucharón, llenándolo y desplazándolo hacia el punto de descarga, donde el cucharón es vaciado sobre la tolva del equipo de transporte. Esto se repite hasta que el equipo de transporte alcance su llenado operacional y sea reemplazado por otro equipo de transporte para continuar cíclicamente hasta agotar el material del frente de trabajo.

Para el carguío se cuenta con cuatro excavadoras Cat y una excavadora Hitachi de 4.6 m<sup>3</sup> y 5.0 m<sup>3</sup> respectivamente. Adicionalmente se utiliza excavadoras pequeñas Cat 336DL de 2.55 m<sup>3</sup> que también sirven para realizar actividades auxiliares.

Mientras que el acarreo es el proceso en donde los equipos de acarreo, llevan el material desde los frentes de carguío hasta las zonas de descarga de acuerdo a su valor económico.

El material sin valor económico (desmonte), son enviados a los botaderos que se tiene ubicado en la mina.

Construcción de Rampas o Accesos: Conforme se avanza el desarrollo de la mina se necesita nuevas vías, rampas y accesos, que puedan conectar los diferentes proyectos. En la operación se tiene normalmente un tractor para esta actividad.

### **Frentes de Carguío**

Descreste: Lo realizan los mismos equipos de carguío o tractores por la parte alta, se realiza con la finalidad de bajar la altura de la pila del material. - Perfilado de talud: Se realiza con la finalidad de uniformizar el talud que producto de la voladura no ha quedado de acuerdo a diseño.

Fracturamiento de bolonería: Se realiza tanto en los frentes de carguío, en zonas post voladura y en rompad.

Retiro de bolonería: Los equipos de carguío a medida que van cargando a los equipos de acarreo, se van encontrando con bolones que lo van separando por lo que un equipo auxiliar tiene que retirarlo y acumularlo para su posterior carguío. - Acumulación de lodos:

En las épocas de lluvia, en los frentes del fondo del tajo o en las vías el mismo tránsito o desplazamiento de equipos de carguío origina lodos por lo que se acumula con un tractor para luego cargarlos y llevarlos a su destino de acuerdo a su valor económico. - Lastrado:

En los frentes de carguío algunas veces se encuentra que el piso no es uniforme por lo que se lastra con material adecuado y se compacta con rodillo y tener frentes en óptimas condiciones.

### **Zonas de descarga**

Empuje de material: Esta actividad se realiza en las zonas de descarga de material por tractores de oruga. En rompad se realiza con la finalidad de que los cargadores tengan una pila adecuada de material para que posteriormente sea trasportado a la chancadora y en botaderos se realiza con la finalidad de que sea tratado adecuadamente.

## Medidas preventivas:

### 1) Antes de la operación

- ✓ En el inicio de cada turno, se debe chequear el estado de luces (sobre todo en turnos de noche).
- ✓ Verificar el correcto funcionamiento del equipo de radio y su frecuencia radial para asegurarse de tener una comunicación fluida.
- ✓ Verificar el funcionamiento de todos los equipos auxiliares que trabajan en el frente de carguío.
- ✓ Verificar el funcionamiento de los camiones de carga.
- ✓ Cada uno de los operadores de los diferentes equipos debe velar siempre por una buena visibilidad. Para ello es necesario chequear los sistemas limpiaparabrisas y el estado de los espejos.

### 2) Durante la operación



Figura 12. Proceso de carguío

Fuente. Basado en la investigación de Moya (2019).

- ✓ Los operadores de los camiones nunca deben abandonar la cabina durante el carguío.

- ✓ El camión debe estar siempre detenido para iniciar la carga. Si se encuentra en movimiento, se corre el riesgo de dañar la tolva y el sistema de amortiguación del equipo.
- ✓ Durante la salida del frente de carguío se debe estar siempre atento a las condiciones de tránsito, así como también al personal que se encuentre trabajando en el área.
- ✓ En el transporte, se debe tener especial cuidado en las subidas con el camión cargado, de manera de evitar los posibles derrames de material en la ruta.
- ✓ En el transporte durante los turnos de noche, se deben bajar las luces altas a una distancia de aproximadamente 200 metros de otro vehículo.
- ✓ En todo momento la cabina del operador debe estar cerrada.

### **3) Después del carguío**

- ✓ De forma diaria se deben revisar los motores, cables, pasadores y dientes del balde.
- ✓ También se debe chequear permanentemente el funcionamiento de los equipos auxiliares, pues estos nunca deben interrumpir la secuencia de carguío

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Identificar la situación actual en el área de carguío y acarreo de empresa minera.

Conforme a la investigación realizada, se determina que el sistema de carguío y acarreo cuenta con elevados costos operativos y mantiene una contaminación del medio ambiente; lo cual implica que se debe implementar una solución con el fin de reducir los costos de operación. Asimismo, dentro del estudio se puede determinar que el ambiente se contamina debido al consumo de recursos especialmente del combustible; los cuales provocan ciertos incidentes están en relación a causas que se ocasiona del mismo carguío y acarreo; los cuales pueden provocar consecuencias de accidentes u paralizaciones en el trabajo; Además de los riesgos productivos que existen a pesar de un sistema de control, manteniendo las áreas de carga y los equipos, conjuntamente con las vías de acarreo y el personal correspondiente. Este estudio mantiene una concordancia con la investigación de Huarocc (2014), donde busca optimizar un sistema de carguío y acarreo cuya finalidad es que a través del análisis buscar dar la rentabilidad a cada uno de los procesos dentro de un ciclo minado, ligado a un sistema de control que facilite su planeación.

Determinar nuevas estructuras operacionales de carguío y acarreo.

El proceso de carguío y acarreo, se establece dentro de la relación establecida como carguío y transporte; además de los elementos que forman parte de la cantera; sobre las regulaciones correspondientes en el uso de volquetes para el acarreo; considerando las vías de acarreo tomando en cuenta un escape lateral; también se consideró las limitaciones de visibilidad, las distancias de parada, con las alternativas

de maniobra. Este proceso se integra con los estudios de Ortiz y Canchari (2015), quien, en su investigación sobre la aplicación del modelo de colas de acarreo minero, se dedica al estudio de minimizar el tiempo improductivo o los tiempos de espera de los equipos de carguío y acarreo en el interior de la mina y los puntos de descarga, por lo que concluyó que tomando en cuenta nuevas estructuras de carguío y acarreo, indica que se permite cuantificar de manera simple y rápida el bajo costo de la magnitud del ahorro dentro del sistema entre la mina y la superficie.

Proponer un nuevo procedimiento de carguío y acarreo para lograr una mejora significativa en empresa minera.

Dentro de este aspecto, se considera desde el punto de inicio sobre el material que ha sido volado con la verificación de la operación, considera la posición del equipo de carguío y la correspondiente flota de equipos de transporte. Dentro de este aspecto el equipo de carguío penetra en el volado y llenando para producir la descarga, hasta agotar todo el material correspondiente, se utilizan para este trabajo excavadoras grandes, además de las pequeñas. Durante el acarreo se dan los procesos para que los equipos lleven los materiales a las zonas de descarga, utilizando el material que deben ser botados a las minas. Se hacen la construcción de rampas y/o accesos conforme al desarrollo de la mina.

También se tiene en cuenta los frentes de carguío, que se consideran dentro de los descrestes, perfilado de talud, Fracturamiento de bolonería, el retiro de la bolonería, la acumulación de lodos y el lastrado.

Dentro de las actividades de zonas de descarga se consideran el empuje de material considerando el transporte a los botaderos como medida terminal. Finalmente, se ubican las medidas preventivas que se realizan antes de la operación, durante y

después de la operación. Tomando en cuenta el modelo de mejora, se proyecta hacia el estudio de Villalobos (2015), cuya propuesta de mejora del sistema de carguío y acarreo indica una reducción de los costos del área de operaciones de una unidad minera”, el estudio se enmarcó a proponer mejoras a través de simulaciones del sistema de carguío y acarreo para reducir los costos del área de operaciones de una unidad minera, debido a en la parte diagnóstica se experimentó problemas de colas de volquete CAT – 785 C, asignado para rutas cortas las cuales representaron 12,69% de los tiempos operativos y como consecuencia el índice de costos aumentaron por tonelada igual a \$0.61 dólares. Concluyó que a través de la simulación del sistema de carguío y acarreo con 1 cargador y 2 volquetes se pudo comprobar la baja utilización de la locación fila de espera 0.13% con un promedio de 0 volquetes esperando ser atendidos y un máximo de contenidos igual a 1. Mientras que el tiempo promedio de carguío se redujo a 3.13 minutos lo que representa una reducción del 18.49%, siendo el costo unitario por tonelada del periodo igual a \$0.38 dólares obteniéndose una reducción del 37.70% respecto al último trimestre del 2013; por lo tanto la propuesta de mejora del sistema de carguío y acarreo permite reducir los costos del área de Operaciones garantizando el cumplimiento de manera eficaz y eficiente del plan de cierre de mina de movimiento de desmonte hacia el botadero para rutas cortas.

## 4.2 Conclusiones

Después de haber realizado el análisis de la investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1° Que en la actualidad un sistema de carguío y acarreo dentro de una empresa minera, tiene costos de operación muy elevados, con un alto grado de contaminación debido a los recursos utilizados como el combustible.

2° Que el proceso o sistema de carguío y acarreo forma parte de la cantera y de manera especial está regulada con el uso de los volquetes para el acarreo y las maniobras que se pueden utilizar dentro de su labor específica.

3° Que desde el inicio el equipo de carguío penetra en el volado y llenado, con lo cual agota todos los materiales que corresponden y con el acarreo transportar los materiales a zonas de descarga, para luego ser botadas por medio de accesos que existen en las minas.

4° Que la aplicación del sistema de carguío y acarreo de desmonte debidamente estructurado beneficia a la empresa minera al mejorar su productividad, lo cual fomenta más ingresos económicos y mejoras en la protección del medio ambiente.

## REFERENCIAS

- Czaplicki J. (2009). *Shovel-Truck systems: modeling, analysis and calculation*. London, Taylor & Francis Group.
- Huaroc P. (2014). *Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. UPKAR MINING SAC* (Tesis pre grado). Universidad Nacional del centro del Perú.
- Meza J. (2017). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo a tajo abierto* (Tesis pre grado). Universidad Católica del Perú
- Ortiz y Canchari (2015) Aplicación del modelo de colas al acarreo minero, caso de una mina magistral (Tesis pre grado). Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM vol. 20 N° 40, 2017: 32 – 41
- Villalobos (2015) Propuesta de mejora del sistema de carguío y acarreo para reducir los costos del área de operaciones de una unidad minera (tesis pre grado). Universidad Privada del Norte.