



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“PROPUESTA DE MEJORA PARA EL
ACOPLAMIENTO ÓPTIMO DE EQUIPOS DE
CARGUÍO Y ACARREO EN MINA LA ARENA S.A.
HUAMACHUCO, 2019”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería de Minas

Autor:

Herbert Darwin, Echeverría Lucano

Asesor:

Ing. Mg. Rolando

Lima - Perú

2019

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Asesor Ing. Mg. Jorge Luis Alfaro Rosas, docente de la Universidad Privada del Norte, facultad de Ingeniería, carrera profesional de Ingeniería de Minas, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación, desarrollo, revisión de fondo y forma (cumplimiento del estilo APA y ortografía) y verificación en programa de antiplagio del Trabajo de Investigación del o los estudiantes(s)/egresado (s):

Herbert Darwin Echeverría Lucano.

Por cuanto, **CONSIDERA** que el Trabajo de Investigación titulado **"PROPUESTA DE MEJORA PARA EL ACOPLAMIENTO ÓPTIMO DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO EN MINA LA ARENA S.A. HUAMACHUCO, 2019"**, para optar al grado de bachiller por la Universidad Priva del Norte, reúne las condiciones adecuadas en forma y fondo, por lo cual, **AUTORIZA** su presentación.

Trujillo, 13 de abril del 2019


Ing. Mg. Jorge Luis Alfaro Rosas
Asesor

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Sr(a) Ing. Danny Stephan Zelada Mosquera, Coordinador de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, ha procedido a realizar la evaluación del Trabajo de Investigación del (o los) estudiante (s)/egresado (s):

Herbert Darwín Echeverría Lucano

Para aspirar al grado de bachiller con el Trabajo de Investigación titulado "PROPUESTA DE MEJORA PARA EL ACOPLAMIENTO ÓPTIMO DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO EN MINA LA ARENA S.A. HUAMACHUCO, 2019".

Luego de la revisión, en forma y contenido, del Trabajo de Investigación expresa el siguiente resultado:

Aprobado

Calificativo:

() Excelente: De 20 a 18.

Sobresaliente: De 17 a 15.

() Bueno: De 14 a 13.

Desaprobado

Trujillo, 13 de abril del 2019


Ing. Danny Zelada Mosquera
Coordinador de Carrera

DEDICATORIA

A mis Padres

Por brindarme su apoyo en todo momento de nuestras vidas

Y sobre todo en el cumplimiento de mis metas

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por cuidarme y ayudarme día tras día,
a la Universidad Privada del Norte por darnos la oportunidad de seguir nuestra
formación profesional y, a nuestros familiares y amistades por su apoyo incondicional.

Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	16
CAPÍTULO III. RESULTADOS	18
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	25
REFERENCIAS	27
ANEXOS	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Áreas de subprocesos del área de operaciones mina de mina La Arena S.A.....	15
Tabla 2. Equipos de carguío.....	16
Tabla 3. Equipos de Acarreo.....	16
Tabla 4. Cuadro comparativo para llenado para equipos de acarreo simulado.....	18
Tabla 5. Cuadro comparativo para llenado para equipos de acarreo simulado.....	18
Tabla 6. Productividad de diferentes flotas, con diferentes rendimientos.....	19
Tabla 7. Productividad de los equipos de carguío.....	20
Tabla 7. Productividad de los equipos de acarreo.....	20
Tabla 9. Costo por tonelada de equipos de carguío.....	21
Tabla 10. Costo por tonelada de equipos de acarreo.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de llenado de equipos de acarreo.....	17
Figura 2. Costo de producción total de los equipos de acarreo y carguío.....	22
Figura 3. Costo total en equipos de acarreo y carguío.....	23

RESUMEN

El presente proyecto de investigación nos permitirá formular una propuesta que permita incrementar la productividad de los equipos de carguío y acarreo de mina la Arena S.A. La metodología empleada es de investigación descriptiva, es análisis de datos estadísticas y otros obtenidos de fuentes primarias de la empresa; se ha realizado un análisis de los datos históricos de productividades del año 2018 de los equipos de carguío y acarreo, para el análisis de los datos del periodo 2018, donde se obtuvo como resultados que al acoplamiento óptimo de los equipos de acarreo y carguío disminuiríamos una gran cantidad de sobrecargas o faltantes, teniendo un ahorro de 0.03 US\$/TM en el carguío y acarreo, encontramos que el más eficiente acoplamiento entre equipo de carguío y acarreo son la pala 6030 y el camión 777G, como resultado se ahorraría 3.6 millones de dólares dentro de tres años. Con el uso adecuado de los equipos se aumentaría la productividad en un 3%.

PALABRAS CLAVES: Productividad, costo, carguío y acarreo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Genéticamente, el depósito La Arena se vincula a magmatismo sub volcánico el cual ascendió a través de un sistema de fallas (rampas estructurales) que en superficie y vertical constituyen un elongado en sentido andino que enmarca la mineralización. El pórfido presenta alteración potásica cortada y sobreimpuesta por intensa. La mineralización incluye calcopirita diseminada en la zona potásica y stockwork de tipo A, B y AB. En la cúpula de la zona Fílica existe sobreimpresión de Pirofilita a producto de un enfriamiento de fluido hidrotermal

El acoplamiento óptimo para equipos de carguío y acarreo de la mina La Arena S.A. mediante ajuste por números de pases en los equipos de carguío y en acarreo acople de en la tolva para que los indicadores de desempeño para la optimización del control operativo nos permitirá estandarizar y conocer de una manera más exacta los puntos álgidos en donde se pueden llegar a optimizar la operación de minado en sus diferentes objetivos de reducir los costos, obtener una buena producción del ciclo de minado con un adecuado control de los riesgos de accidentabilidad, donde en la mina se tiene una ley promedio de 0.402 g/t, y se tiene un plan de minado de 112,000 ton/día y 3'360,000 ton/mes.

Los factores que afectan a la productividad en la empresa minera La Arena S.A, con el propósito de elevar la productividad, se puede identificar, entre otros, los siguientes factores productivos: reducir el número de pases a los camiones mineros, aumentar la eficiencia de las palas RH90c y del WA-900, reducir los pesos muertos a los camiones mineros, reducir las demoras de espera en cola en los equipos de carguío, diseño y control de vías dentro del tajo y descargas, ingeniería de métodos de trabajo, ubicación y distribución de aéreas de trabajo, flujo del proceso de trabajo, sistema de información para el

planeamiento, programación y control de operaciones, capacitación del personal, motivación del personal.

Según Poblete (2010) menciona que en la industria minera la planificación sustenta la renta posible de capturar a través de la explotación de un recurso natural, según los lineamientos de cada empresa. Las directrices de una operación de extracción deben ser eficaces y eficientes en la utilización de los recursos con los que se cuenta, de modo de cumplir con los requerimientos de producción y así capturar la renta objetivo.

El análisis diagnostica las deficiencias en la utilización de los sistemas de despacho. Además, se desarrolla una metodología que permite cuantificar el costo de oportunidad asociado a las consecuencias de una utilización ineficiente del sistema. La metodología se aplica en un caso de estudio, en el cual se observa el nivel de costos asociados a la brecha entre las configuraciones reales y el nivel óptimo para algunos turnos. Luego, mediante una simulación se evalúa el costo sobre periodos más extensos con correspondiente impacto en el flujo de caja. Este trabajo permite concluir que existen oportunidades en la utilización de los sistemas de despacho, junto con la importancia de considerar este costo y de reducirlo reevaluando la forma en que se configura la flota de transporte.

De acuerdo con Vidal (2011), calcula el número de camiones óptimo para el transporte de mineral y desmonte en una operación minera a tajo abierto de cobre. Con esta información se hace un estudio económico de la mina para corroborar que es económicamente viable y que está dentro de los parámetros de una mina en ejecución. En una operación minera de Perú, la parte del transporte del mineral y del desmonte hacia la planta de procesamiento y botadero respectivamente es crítica, ya que durante los años que dure el proyecto estas distancias (a planta y botadero) van a variar muy fuertemente. La correcta planificación de las etapas de minado (fases1), garantizará que los objetivos se

cumplan a lo largo de toda la vida de la mina. Es entonces, gracias al planeamiento de minado enfocado al transporte en mina se pueden hacer cálculos y tener estimaciones como la cantidad de material que se espera mover año a año durante el tiempo de vida del proyecto, y que por lo tanto, ayuda a calcular el dimensionamiento de la flota que se hará cargo de este transporte, el cual se calcula que para el primer año es de 18 camiones, y se obtiene mediante el uso de parámetros de la operación como: tiempos de carguío de las palas, distancias a recorrer, factor de llenado, resistencia a rodadura, tiempos de descargue, pendientes de las vías, etc. contribuyendo como información de entrada a un sistema que mediante variables y operaciones llega al cálculo óptimo de la flota y que se podrá apreciar con más detenimiento a lo largo del desarrollo de la tesis.

Según Cornejo (2009), en su trabajo de tesis menciona que la volatilidad del precio del cobre y de algunos de sus insumos generan la necesidad en la minería de cobre de controlar los costos y hacer más eficientes los procesos; y no solo por el tema de optimización y gestión de costos, sino que también hay una intensa búsqueda por generar procesos eficientes que sean sustentables y amigables con el medio ambiente. Sin embargo y, en este contexto, que, en el país de Chile, no se puede tener real control sobre los costos si no se conoce la logística de los procesos; en qué se gasta y cuánto se gasta. El desarrollo del trabajo significó la separación del proceso en unidades de operación más pequeñas. Estas operaciones unitarias son: Perforación, Tronadura, Carguío, Transporte, Chancado y Molienda. Cada una ella supone el consumo de recursos y consecuentemente la generación de costos en función de las características de los equipos con que se realizan, las características del material a procesar y las características de la infraestructura de donde se opera. El trabajo desarrollado pretende apoyar la generación de modelos de optimización, sirviendo de base conceptual a estos, pero principalmente apoyar en la solución de problemas

en la cadena productiva. Al categorizar un procedimiento, identificando los puntos más importantes en cuanto a la generación de costos y consumo de recursos, se logra dimensionar la importancia de las actividades particulares de un proceso en su incidencia con el resultado de operación.

Según Lescano (2015), en su trabajo de tesis describe como objetivo general proponer una mejora a través de la simulación del sistema de carguío y acarreo para reducir los costos del área de Operaciones de una unidad minera. El diagnóstico señala que en el último trimestre del 2013 se experimentó problemas de colas en los volquetes CAT-785C asignados a rutas cortas, los cuales representaron el 12.69% de los tiempos operativos y como consecuencia el índice de utilización de estos volquetes llegó a 87.31% y su productividad a 414.47 toneladas por hora al cierre del periodo, originando el incremento de los costos por concepto de voladura, carguío y acarreo del área a \$1,505,057.84 siendo el costo unitario por tonelada igual a \$0.61 dólares. Razón por la cual se hace necesario evaluar y analizar si el actual proceso de voladura, carguío y acarreo es el adecuado para la realidad de los cargadores del área de Operaciones asignados a operar en rutas cortas, así como la cantidad de volquetes utilizados. Demostrándose que el nuevo tipo de voladura proporciona un grado de fragmentación de roca mejor, lográndose una reducción entre el 32.13% y el 36.32%. Asimismo, 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 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. Se concluye que 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.

El concepto de productividad implica, de una parte, la interacción entre los distintos factores en la estación de trabajo. Por otra parte, la producción obtenida o el resultado logrado está relacionado con la magnitud de los insumos o los recursos utilizados; por ejemplo: la cantidad de horas trabajadas, la cantidad de material utilizado, el capital de trabajo utilizado. Consecuentemente, los índices de productividad están sujetos a la participación de una serie combinada de factores de producción. La utilización de estos factores, corresponden, entre otros a: la cantidad, calidad y especificaciones técnicas de los materiales, la escala de las operaciones, el nivel de utilización de la capacidad efectiva de trabajo, la disponibilidad y calidad de la mano de obra, la gestión y acciones de motivación y capacitación, el diseño de las operaciones y procesos, el control de la puesta en práctica.

Refiriéndose al concepto de productividad total, expresan que se puede utilizar para describir la productividad de una organización en su totalidad, o incluso de una nación.

La manera de cómo estos factores se relacionan entre sí, tiene un importante efecto sobre la productividad resultante, medida según cualquiera de los índices que le sean aplicables.

Los aumentos en la productividad deben contribuir a una disminución en los costos, con la cual posibilita a la empresa hacerla más competitiva para el posicionamiento del mercado y la obtención de mayores beneficios.

En la actualidad el objetivo de la productividad o también conociendo como KPI es un punto muy importante en una operación de minería tajo abierto, tanto para equipos de

carguío como también acarreo, porque a través de estos indicadores se puede comprar nuestros avances de minado y cumplimiento de estos.

Por tanto, el siguiente estudio es presentar una propuesta del correcto acoplamiento de los equipos de carguío y acarreo, basada en la metodología de análisis de datos en la empresa minera la Arena S.A. El siguiente estudio presenta información que aporta a futuros trabajos que se inclinen por la gestión para incrementar las productividades de equipos de carguío y acarreo de mina la Arena S.A.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el factor para tener en cuenta para formular la propuesta de mejora para el acoplamiento óptimo de equipos de carguío y acarreo de la mina la Arena S.A. Huamachuco, 2019?

1.3 Objetivos

Determinar los factores que nos permita optimizar los equipos de carguío y acarreo para la mina La Arena S.A., Huamachuco 2019.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Población y Muestra

Población: comprende el área de operaciones mina de la mina La Arena S.A., y para cada operación unitaria hay un presupuesto asignado como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Áreas de subprocesos del área de operaciones mina de mina La Arena S.A.

Subproceso	US\$/Año
Perforación	4,649,749
Voladura	7,795,002
Carguío	7,492,968
Acarreo	13,713,812
Trabajos Auxiliares	7,935,502
Total	1,587,034

Fuente: Forecasts mina La Arena S.A., 2018.

Muestra: La muestra será los subprocesos de carguío y acarreo que corresponde a 02 palas hidráulicas (RH90C) y un cargador frontal WA-900 y en acarreo son los 21 camiones 777 de serie (F y G) de capacidad nominal de 96 toneladas.

2.2 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

Análisis de datos: Tales como, estudios, estadísticas entre otros datos, son obtenidos de fuentes primarias.

Se harán un análisis de los equipos con los que cuenta la empresa, datos históricos de producción del año 2018, los rendimientos y de la eficiencia de los equipos de carguío como también, para los equipos de acarreo, como se muestra en la tabla 2 y 3.

Tabla 2. Equipos de carguío

Equipos de carguío	Cantidad	capacidad (m3)
RH90C - PH-03, PH-05 y PH-06	3	11
WA900 - CF-10	1	13
R976C - EX-30	1	6.1

Fuente: Forecasts mina La Arena S.A., 2018.

Tabla 3. Equipos de Acarreo.

Equipos de carguío	Cantidad	capacidad (m3)
777F	18	96
777G	4	96

Fuente: Forecasts mina La Arena S.A., 2018.

Las técnicas usadas en la presente investigación serán: (Datos de campo, las observaciones, Tesis bibliográficas, monografías de las minas, eventos de actualización, trabajos de investigación).

La observación es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

Los instrumentos usados en la presente investigación serán:

1. Datos de las bitácoras y partes diarios de las de los camiones y equipos de carguío (in situ).
2. Comparaciones estadísticas de rendimientos.
3. Análisis de costo de carguío y acarreo.

La recolección de datos estará en función a las productividades actuales de los equipos de carguío y acarreo, primero se tomarán datos de toneladas movidas por dichos equipos que trabajan en la empresa minera La Arena S.A.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Identificación de la situación actual con la que se encuentran los equipos de carguío y acarreo de Mina La Arena S.A.

En el siguiente diagrama muestra cual es el tonelaje promedio de carga de los equipos de acarreo actuales.

Como se puede observar en la figura 1. El llenado de los equipos de acarreo tiene una variación en comparación con la curva optima.

Para cumplir con la carga optima (96 TM) de los equipos de acarreo y evitar faltantes o excesos de carga, analizamos las clases de tolvas utilizadas en la mina La Arena S.A, los cuales se muestran en las tablas 4 y 5. Las cuales indican que tolva es la más adecuada para dicho camión, y que

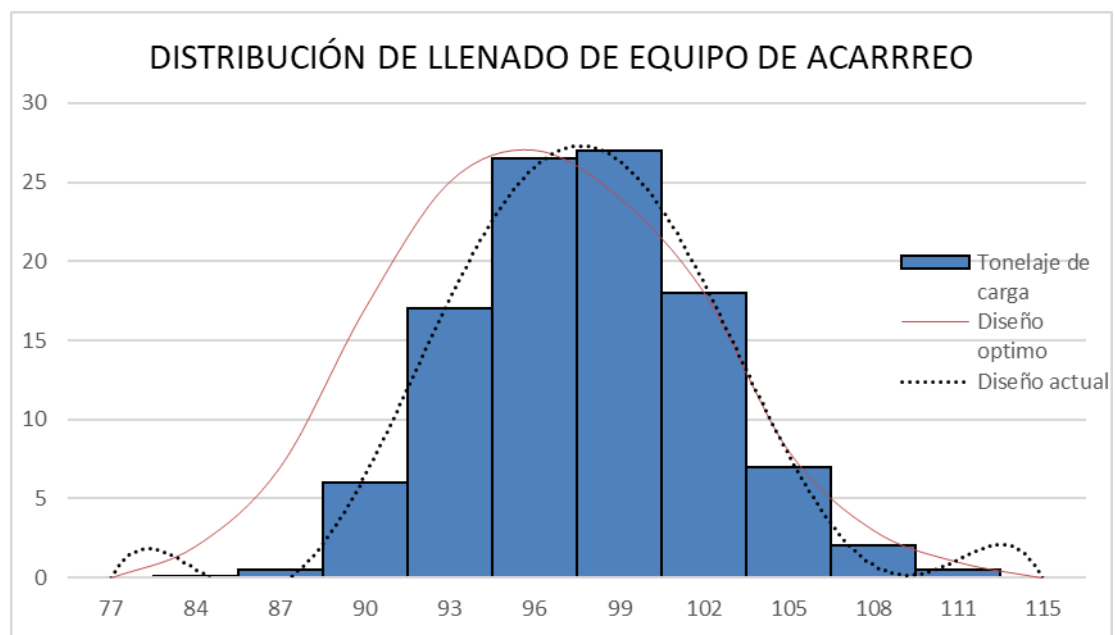


Figura 1. Distribución de llenado de equipos de acarreo

Tabla 4. Cuadro comparativo para llenado para equipos de acarreo simulado.

	Camión	* Tolva requerida (m3)	Capacidad de Tolva (m3)	Tolva =+ SUPLEX (M3)	% de cumplimiento volumen	Carga final en el camión (TM) *	
Simulado	785D	89.5	85	92.4	103%	142.7	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la tabla 4 la capacidad de carga de los camiones CAT-777, tiene un estándar de 96 TM por cada viaje, pero para llegar el tonelaje ideal se realizó una simulación con un camión 785 D y se tendría una capacidad de 142.7 TM

Tabla 5. Cuadro comparativo para llenado para equipos de acarreo simulado.

	Camión	* Tolva requerida (m3)	Capacidad de Tolva (m3)	Tolva =+ SUPLEX (M3)	% de cumplimiento volumen	Carga final en el camión (TM) *	
Actual	777F	62.1	60.2	63.2	102%	97.6	Cumple
Simulado	785D	91.3	78	85.4	94%	131.9	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la variación de los camiones al tonelaje por camión tiene una variación de 5% por cada por lo tanto con el suplex que se está proponiendo se tendría un cumplimiento de volumen de 102 % y se cumpliría con el peso por viaje de acuerdo a los estándares establecidos por el fabricante.

Para aumentar la productividad con el acoplamiento de los equipos de la mina La Arena, también se analizará los tiempos de carga e indicadores de los diferentes equipos de carguío.

En la tabla 6, se muestra la productividad y rendimiento de diferentes flotas, tanto la actual como otras opciones elaboradas con el objetivo de encontrar la óptima para lograr una mayor productividad.

Tabla 6. Productividad de diferentes flotas, con diferentes rendimientos

	Equipo de carguío	Equipo de acarreo	Tiempo de maniobra de camión en la zona de carga (seg)	Tiempo de descarga del cucharón (seg)	Tiempo de ciclo por pasada (seg)	# de pases	Tiempo de carga (min)	Tonelaje del equipo de acarreo (TM)
Actual	RH90C	777G	26	3	24	6	2.88	97.6
Op. 1	RH90C	777G	26	3	24	5	2.48	90.4
Op. 2	6030	777G	26	3	26	4	2.22	97.6
Op. 3	6030	785D	26	3	26	5	2.65	142.7
Op. 4	6040	785D	26	3	26	4	2.22	142.7
Op. 5	993K	777G	40	4	31	4	2.80	97.6

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Propuesta para el acoplamiento óptimo de los equipos de carguío y acarreo de mina la Arena S.A.

Con la elección adecuada del equipo carguío con el equipo de acarreo, se puede lograr un aumento significativo en la productividad como muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Productividad de los equipos de carguío.

Ítems	Equipos de	TOTAL	% VS
	Carguío	(TM/H)	ACTUAL
Actual	RH90C	1,820	
Op. 1	RH90C	2,009	110%
Op. 2	6030	2,534	139%
Op. 3	6030	2,493	137%
Op. 4	6040	3,705	204%
Op. 5	993K	1,979	109%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8 muestra las productividades de los equipos de acarreo, los cuales indican la cantidad de producción por hora, así poder elegir la más adecuada, logrando cumplir con la producción diaria, mensual o anual.

Tabla 7. Productividad de los equipos de acarreo.

Ítems	Equipo de	TOTAL	% VS
	Acarreo	(TM/H)	ACTUAL
Actual	777G	242	
Op. 1	777G	230	95%
Op. 2	777G	253	105%
Op. 3	785D	342	141%
Op. 4	785D	363	150%
Op. 5	777G	245	101%

Fuente: Elaboración propia.

Productividades en equipos carguío

En la actualidad en la mina La Arena S.A. se trabaja con palas hidráulicas RH90C y camiones mineros 777 F y G. En la siguiente tabla mostraremos las diferentes combinaciones o el uso más adecuado entre equipos de carguío y equipos de acarreo, para lograr identificar la combinación más adecuada para el llenado de los equipos de acarreo.

Tabla 9. Costo por tonelada de equipos de carguío

	Actual	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5
	RH90C	RH90C	6030	6030	6040	993K
	777G	777G	777G	785D	785D	777G
Total (US\$/TM)	0.158	0.143	0.157	0.159	0.147	0.146
		91%	99%	101%	93%	93%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 muestra que utilizando el equipo de carguío (RH90C) y el equipo de acarreo (777G), se obtiene un menor costo de utilización del movimiento del material de desmonte y mineral (0.143 USD/TM).

Productividad de equipos de acarreo.

En la tabla 10 se muestra que utilizando el equipo de acarreo 777G y el equipo de carguío 6030 logramos un menor costo (0.640 USD/TM) de carga y descarga tanto de mineral como desmonte.

Tabla 10. Costo por tonelada de equipos de acarreo.

	Actual	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5
	RH90C	RH90C	6030	6030	6040	993K
	777G	777G	777G	785D	785D	777G
Total (US\$/TM)	0.669	0.704	0.640	0.702	0.661	0.661
		105%	96%	105%	99%	99%

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 muestra el costo total del uso de los equipos de carguío más acarreo. En la cual nos indica que, para un aumento de la productividad y reducción de los costos de operaciones, la opción 2 en la que se utilizaría los equipos 6030 y 777G nos genera un menor costo de 0.797 US\$/TM ahorrando 0.30 dólares por tonelada.



Figura 2. Costo de producción total de los equipos de acarreo y carguío

3.3 Costo de producción de carguío y acarreo en mina la Arena S.A.

En 15,000 horas de trabajo y utilizado los equipos de acarreo 777G y equipos de carguío 6030 ahorraríamos 3.0 % del costo, esto genera un 3.6 millones de dólares en tres años, tal como muestra en la figura 3.

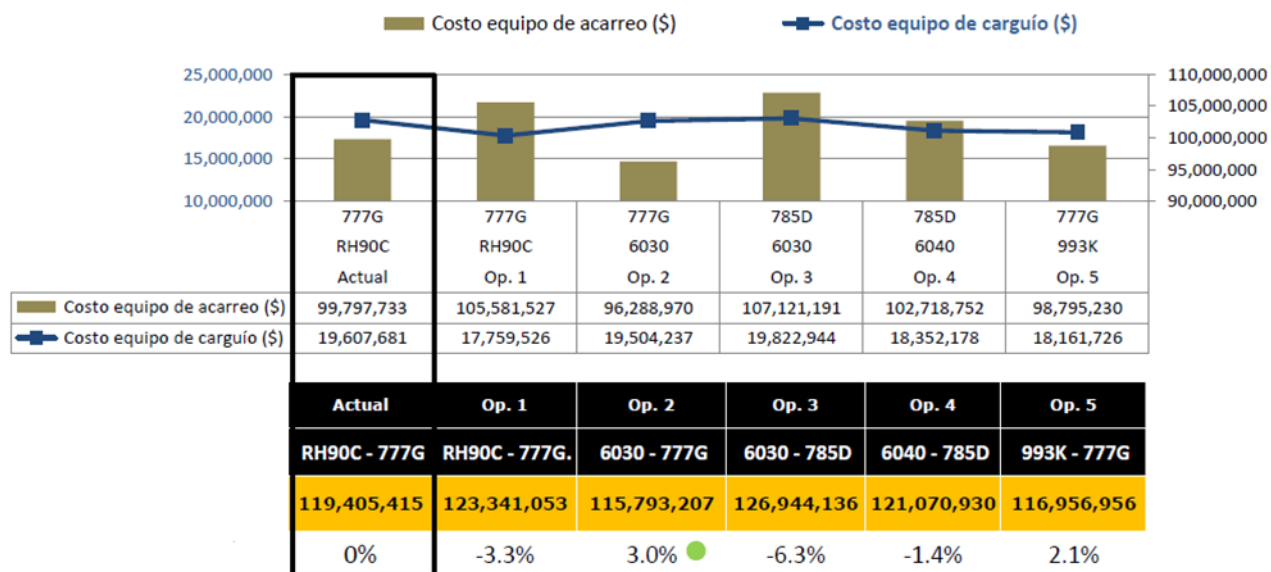


Figura 3. Costo total en equipos de acarreo y carguío.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a Vidal (2011), menciona que el número de camiones óptimo para el transporte de mineral y desmonte en una operación minera a tajo abierto de cobre es fundamental para tener buenas productividades en los equipos de carguío como también de acarreo, y se obtiene mediante el uso de parámetros de la operación como: tiempos de carguío de las palas, distancias a recorrer, factor de llenado, resistencia a rodadura, tiempos de descargue, pendientes de las vías, etc. contribuyendo como información de entrada a un sistema que mediante variables y operaciones llega al cálculo óptimo de la flota, donde en la empresa minera La Arena S.A. se tiene problemas con el factor de llenado y las distancias o rutas de los equipo de carguío como también de acarreo y de determino que en los equipos de carguío se tendría que cargar un pase menos y se tendría productividades equivalentes a 2,009 TM/H, en palas y en los equipos de acarreo se tendría mejores productividades en rutas de 0.5 a 135 km ya que se ahorraría \$7,800 por cada mes.

Según Lescano (2015), en su trabajo de tesis describe como objetivo general proponer una mejora a través de la simulación del sistema de carguío y acarreo para reducir los costos del área de Operaciones de una unidad minera. originando el incremento de los costos por concepto de voladura, carguío y acarreo del área a \$1,505,057.84 siendo el costo unitario por tonelada igual a \$0.61 dólares, donde en la mina La Arena S.A. se tiene para mejorar se tiene una combinación con camiones 777 Serie g y con equipos de carguío 6030 que son palas hidráulicas se tendría un costo de 0.797 US\$/TM, que comparando con el actual se ahorraría 0.03 US\$/TM.

Se logró formular tres propuestas para mejorar las productividades con una combinación de las palas hidráulicas 6030 y de los camiones CAT-777 serie G, para las palas hidráulicas se recomienda cargar en 5 pases que equivale a 90.4 TM por camión y se tendría

un rendimiento de 2,009 TM/H y como último para los camiones se evaluó las distancias más productivas son de 0.5 a 1.5 km la cual se ahorraría \$ 7,800 por cada mes.

Se logró realizar las propuestas, para los equipos de carguío como también para los equipos de acarreo de mina La Arena S.A., donde se va a tener un ahorro de por mejorar las productividades de los equipos de carguío y acarreo de 0.03 \$/TM en palas hidráulicas y en los equipos de acarreo se determinó que las rutas de 0.5 a 1.5 km se ahorraría un promedio de 7,800 \$ por mes.

REFERENCIAS

- Carrasco, C. (2016). *La Optimización de las Operaciones Unitarias de Perforación y Voladura*. Unidad Minera San Andrés-Marsa .
- Espinoza, R. (2011). *Informe de Practicas en Perforación y Voladura*. Cajamarca: Compañía de mina Buenaventura S.A.A.
- Estudios Mineros del Perú S.A.C. (15 de Octubre de Septiembre). *MANUAL DE MINERIA*.
Obtenido de PROESMIN S.A.C.:
http://www.estudiosmineros.com/ManualMineria/Manual_Mineria.pdf
- Vidal, I. (2011). Optimización de equipos de carguío y acarreo *en minera a cielo abierto*.
Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.
- Cornejo, J. J. (2015). *Mejora y control de estándares en carguío y acarreo para la reducción del costo en mina Animon*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (Tesis para optar el título Ingeniero de Minas)).
- Hoek, E. (2012). *Blast Damage Factor D. Technical note for RocNews-February 2*. Canada.
- Jaramillo, J. (2017). *Diseño de Perforación y Voladura con Análisis Económico de la cantera Luzagui ubicada en el Cantón Daule, Provincia del Guayas*. Guayas-Ecuador: Facultad de Ciencia y Tecnología.
- Poblete, O. (2010). *Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de Perforación y voladura*. Lima.
Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/manual-flotacion-minerales/manual-flotacion-minerales2.shtml>
- Lescano, H. (2015). Aire comprimido y perforación. *Inacap Iquique*, 18.

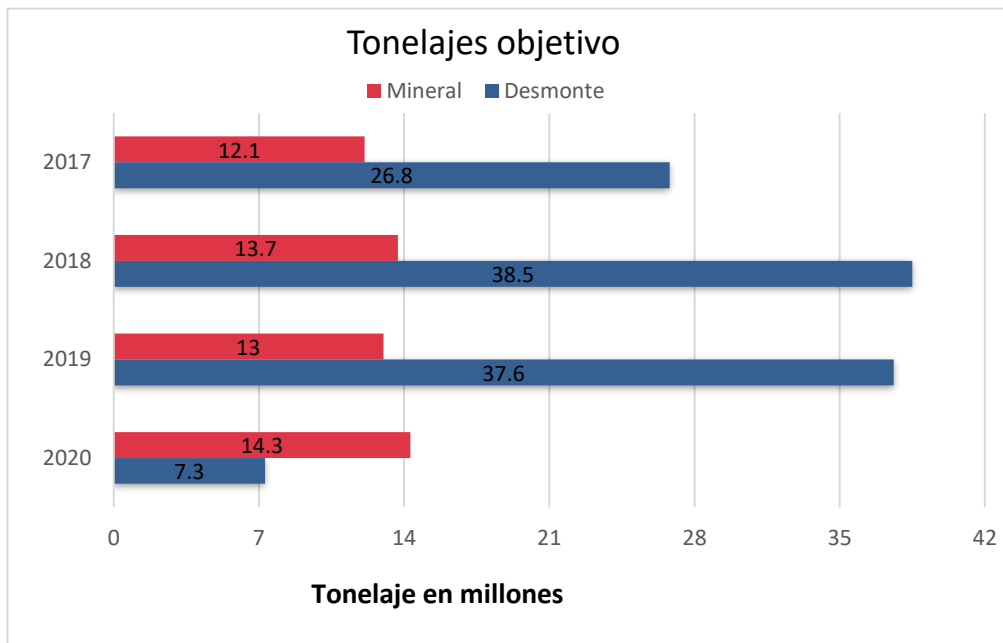
Moreno, S. O. (2012). *Informe de Practicas Profesionales*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Plasencia, J. (2018). *Perforación DTH (Rock Drilling Tools), Parametros y fundammentos*. Madrid.

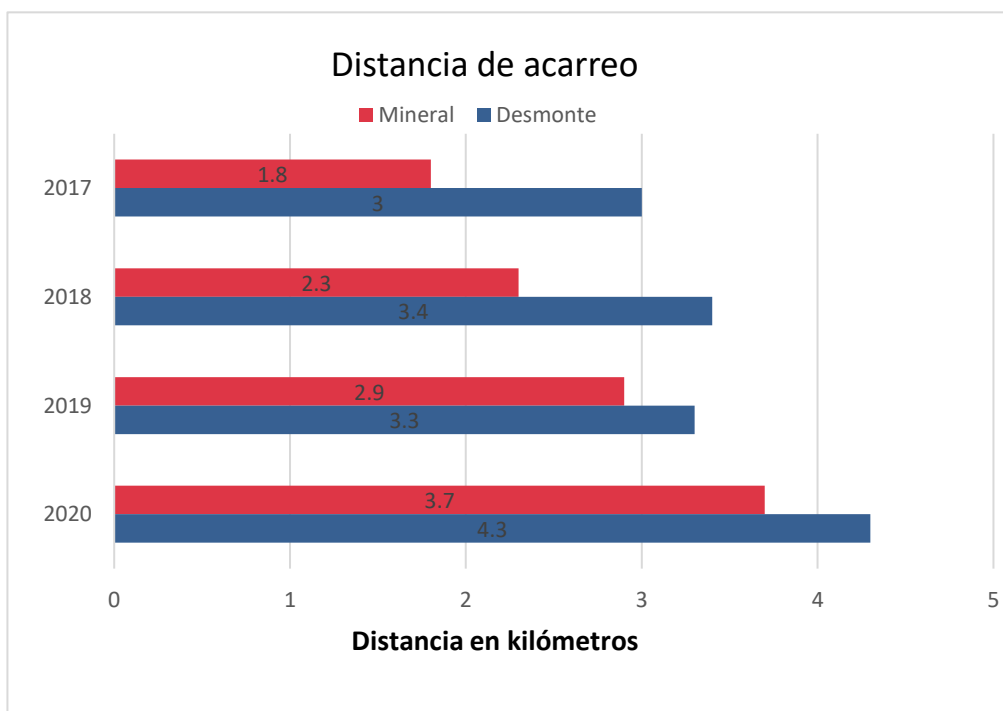
Sandvik. (2015). *Manual de Servicio de equipos para minera tajo abierto*. Quilicura: Quilicura - Santiago de CHILE.

ANEXOS

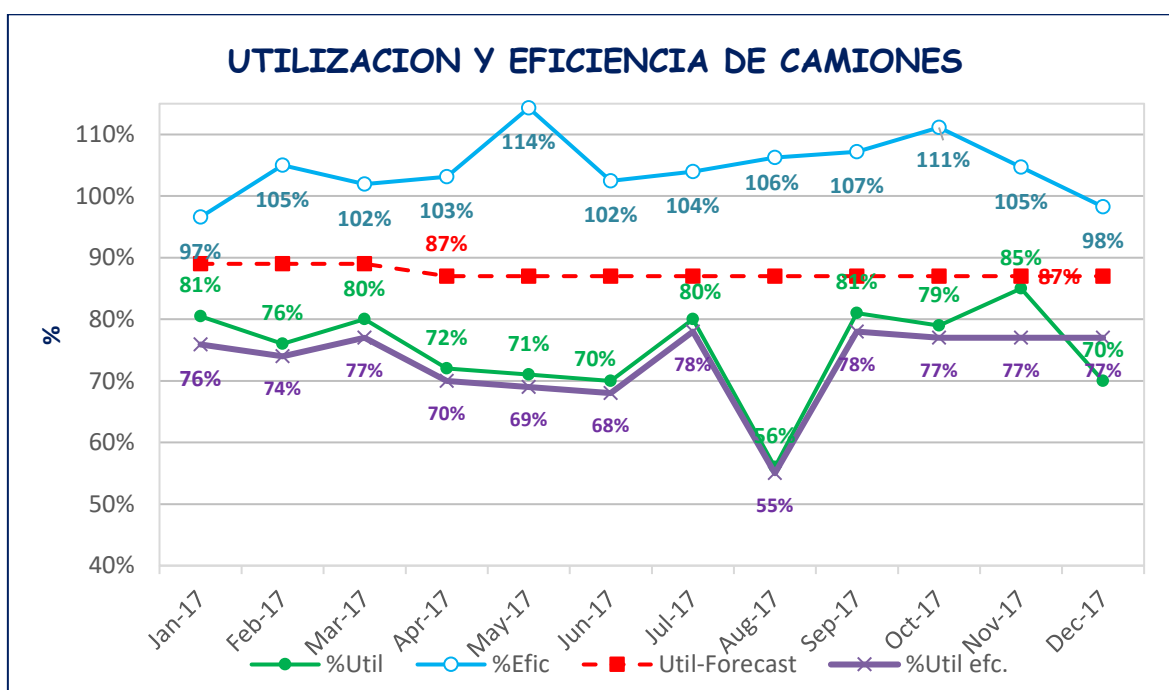
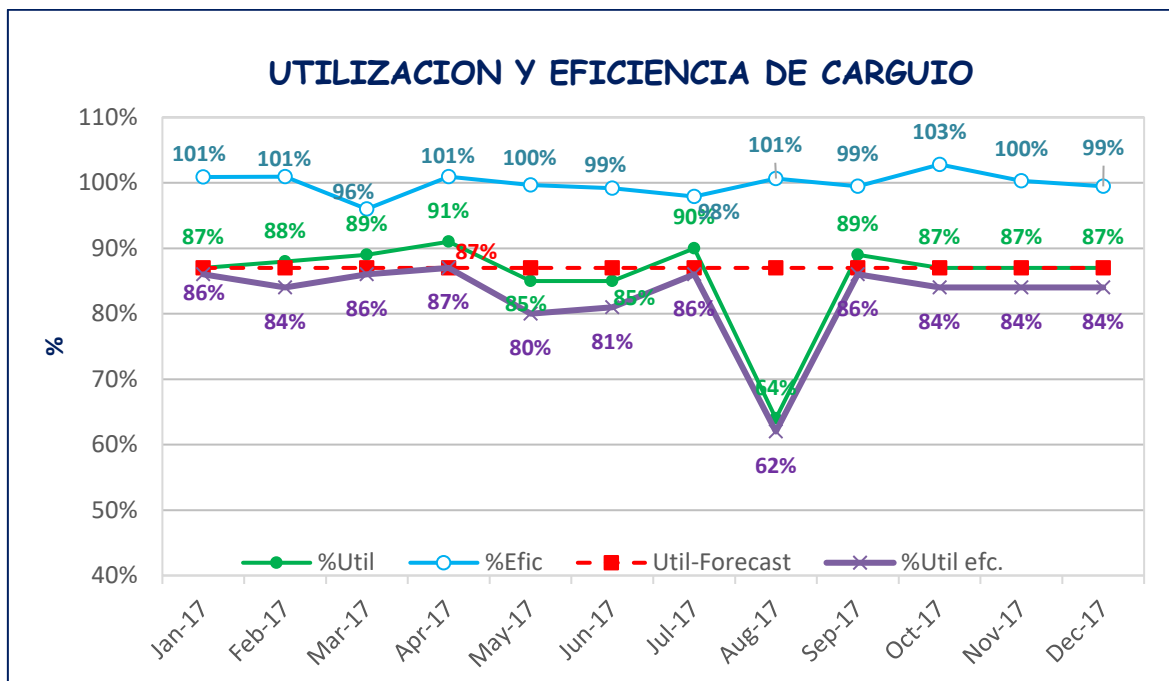
Anexo 1. Indicadores para el acoplamiento de los periodos (2018-2020)



Anexo 2. Distancia de acarreo de mineral y desmorte de la mina La Arena S. A. del 2018 al 2020.



Anexo 3. Utilización y eficiencia de equipos de carguío y acarreo de la mina La Arena S.A. año 2018.



Anexo 4. Numero de pases de los equipos de carguío

Equipo de carguío	Equipo de acarreo (Camión)	Tamaño de cucharón equipo de carguío (m3)	# de pases para llegar a Carga Objetivo *	
ACTUAL (Real)				
RH90C (Pala)	777G	11	5.4	●

Escenarios para acoplamiento (Simulado)				
RH90C (Pala)	777G	11	5	●
6030 (Pala)	777G	16.5	3.6	●
6030 (Pala)	785D	16.5	5.3	●
6040 (Pala)	785D	22	3.9	●
993K (Cargador)	777G	14.5	4	●