

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería de Minas

“ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN Y REEMPLAZO
DE EQUIPOS DE ACARREO PARA MEJORAR LA
PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA MINERA DE LA
LIBERTAD 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autores:

Bach. Gilmer Teran Ayay

Bach. Willan Elmer Rojas Cortez

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia; especialmente a mi esposa ERIKA YULIZA, por el gran amor y apoyo incondicional brindado a lo largo de mi formación profesional; y a mi princesa hermosa BRENDA NICOL, quien es mi alegría, el motor de mi vida, mi principal motivo para seguir adelante día a día; a mis padres y hermanos quienes de manera incansable me apoyaron en todo momento e impartieron enseñanzas para formarme como buen ser humano.

Gilmer Terán Ayay

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por concederme la vida y la salud, por bendecirme y permitirme dar un paso adelante; seguidamente doy gracias a mi familia, quienes en todo momento me brindaron el apoyo y la fuerza necesaria para salir adelante; especialmente a mi esposa por brindarme su apoyo y compañía en todo momento; a mis padres GENARO y MARÍA; a mis hermanos SAÚL y KEVIN, a cada uno de ellos por apoyarme incansablemente en la realización y el logro de uno de mis más grandes retos.

También de una forma especial agradezco a mi asesor OSCAR ARTURO VÁSQUEZ MENDOZA, quien de una manera desinteresada me brindó su apoyo incansable, para desarrollar el presente proyecto.

Finalmente doy gracias también al centro superior de estudios UPN, por abrirme las puertas y permitirme hacer realidad, mis deseos de superación; a todos los directivos y maestros de UPN, que del mismo modo impartieron en mí su apoyo total.

Gilmer Terán: Elmer Rojas

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	26
CAPÍTULO III. RESULTADOS	30
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	43
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	32
Tabla 2	33
Tabla 3	35
Tabla 4	36
Tabla 5	38
Tabla 6	39
Tabla 7	41
Tabla 8	42
Tabla 9	51
Tabla 10	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	17
Figura 2.....	19
Figura 3.....	31
Figura 4.....	31
Figura 5.....	34
Figura 6.....	35
Figura 7.....	37
Figura 8.....	37
Figura 9.....	51
Figura 10.....	52
Figura 11.....	53

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	33
Ecuación 2	36

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo realizar el análisis para la selección y reemplazo de equipos de acarreo para mejorar la producción en una empresa minera de la Libertad 2021, evaluando para ello de manera práctica y teórica los equipos de acarreo a seleccionar en un mercado amplio de proveedores, determinando el punto óptimo de reemplazo oportuno de los equipos de acarreo para mejorar la producción y presentando un análisis financiero de los equipos de acarreo en el costo de operación para su reemplazo oportuno. Utilizando para ello la base de datos de carguío y acarreo de la empresa minera, la ficha técnica de los equipos, la curva de rimpull quien definirá la manera teórica, ya que esta investigación es tipo no experimental, descriptivo y correlacional.

Los resultados indican que el análisis financiero de los equipos de acarreo en el costo de operación para su reemplazo oportuno, logra reducir significativamente el costo de mantenimiento (5872,7 USD/Flota) y reparaciones (484,84 USD/ Flota) por flota ya que al contar con 4 unidades menos para alcanzar la meta de producción esto se logra de manera permanente en la operación y podría ser viable con cualquier marca de volquetes siempre y cuando se trabajen con camiones con las mismas características de tracción 8 x 4 en relación con el volumen transportado.

Palabras clave: Reemplazo de equipos, producción, acarreo, selección de equipos mineros.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La industria minera por la naturaleza de los trabajos requiere de equipos capaces de trabajar en forma continua durante el ciclo de su vida económica. Con el transcurso del tiempo y uso, además de soportar grandes esfuerzos y de realizar trabajos bajo condiciones severas y adversas, sufren un desgaste prematuro en algunos de sus componentes para cumplir con la demanda de la producción. Considerando que la inoperancia de los equipos siempre genera baja producción para evitar la disminución de la disponibilidad del equipo, se debe realizar una selección con parámetros específicos de las reales condiciones de trabajo. (Herrera, 2017)

En el Perú, una de las tareas importantes involucradas en el proceso de minería es la selección adecuada del equipo o maquinaria a utilizar durante el proceso de carguío y acarreo. Estos equipos difieren según el trabajo que realicen, y para ello deben ser seleccionados de manera tal que se logre obtener el mayor beneficio y eficiencia de cada uno de ellos. (Guerra, 2015)

El reemplazo de los equipos de acarreo se plantea como problemas de sustitución y mantenimiento, ello puede considerarse como determinístico o probabilístico (estocásticos); en minería la aplicación para el reemplazamiento de maquinaria es un problema determinístico.

Por ende, la solución de dicha problemática implementa un procedimiento de Gestión y Mejora de Procesos de las minas en servicios auxiliares de los procesos de carguío y acarreo.

Atendiendo estas consideraciones y con el fin de respaldar la investigación, se presentan antecedentes nacionales y locales.

(Aranibar, 2015) en su exposición “Criterios en la selección de equipos”. 5to Congreso Nacional de Minería, Huancayo – Perú. Expone que la gran variedad de maquinaria pesada existente en el mercado no es una limitante para la selección de maquinarias en un determinado trabajo, según las condiciones requeridas. Varias empresas mineras continúan operando con maquinaria que tienen un alto costo de operación y con beneficios muy bajos respecto a otra maquinaria, que puede ser la más adecuada para el tamaño de la operación. Los grandes avances en nuevas tecnologías y el desarrollo de maquinaria pesada de mayor potencia y componentes modernos, permiten el movimiento de enormes cantidades de materiales, dando como resultado que las operaciones sean menos costosas y opten por estas alternativas.

(Bazán, 2016), en su tesis “Selección de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto San Genaro, perteneciente a la Compañía Minera Atacocha” expone que: en la minería superficial el carguío y transporte de material representa entre el 50% y el 60% de los costos operacionales del proceso completo de explotación. Por ello, se considera que estos son los más elevados en toda la operación minera, pues involucran horas máquina, combustible y operadores para camiones y excavadoras. Gracias a la tecnología que ha evolucionado en las últimas décadas, diversos sistemas de control y operación de flota brindan un potencial de mejorías en la productividad y eficiencia. En consecuencia, se genera la disminución en los gastos operativos. Por otro lado, tenemos la caída del precio de los minerales. Por ello, es necesario optimizar estos costos. Así, se cumplirán los planes

de producción adecuados al dimensionamiento de equipos y se disminuirán los costos operacionales. Por ende, se obtendrán mayores beneficios económicos.

(Palencia, 2013) en su estudio “Consideraciones Sobre La Selección Y Cálculo De Producción De Maquinaria Pesada Para El Movimiento De Tierras” en Perú Concluye que: cuando se hacen cálculos para un proyecto de movimiento de tierras debe tenerse en cuenta que primero se tienen que conocer las condiciones del lugar antes de proceder a la selección de maquinaria, abarcando el clima y la clase de material de que se compone el suelo ya que en función de estos factores está el tipo de maquinaria a usar. Al trabajar en proyectos de movimientos de tierras, el renglón más importante con relación a costos es el de ejecución, el cual está influido por dos factores que son: El rendimiento de la maquinaria y el mantenimiento. Un mal mantenimiento produce pérdida de tiempo aumentando así los costos, por lo tanto, se debe contar, en el proyecto, con un buen taller de reparación y un buen equipo personal. Si el rendimiento de una maquinaria es bajo, debido a que no trabaja la totalidad de tiempo o de horas adecuadas al día, produce un alza en los costos de ejecución pues llevará más tiempo en terminar la labor asignada, además se debe emplear el equipo adecuado. Llevando un control de horas trabajadas, se puede saber cuándo se reemplazará una pieza o cuando se deben chequear cada uno de los sistemas. Lo más importante al trabajar con diferentes tipos de maquinaria, en las diferentes fases del movimiento de tierras, es lograr la mejor sincronización entre ellas para obtener así una mayor eficiencia, ahorrando tiempo y obteniendo un mejor rendimiento debido a que cada una posee un tiempo de ciclo diferente.

(Barreto, 2016) en su estudio: Criterios de selección y reemplazamiento de equipo para la construcción de accesos y plataformas en la zona de san Antonio, provincia de Yauli-Junín,

es el resultado de 12 meses de investigación minera en el tema de selección y reemplazamiento de equipo minero en la zona específica de Tunshuruco del distrito de Yauli, provincia de Yauli tiene como fin mantener y/o Incrementar el nivel de exploración, en consecuencia reducir el costo de operación. Buscando dar a conocer los criterios adecuados para la selección óptima y el reemplazamiento oportuno de los equipos de carga y acarreo. Asimismo, realiza un análisis de los factores que influyen sobre estos a fin de obtener la información necesaria que permita el ahorro de tiempo y reducir los costos. Se parte de un estudio preliminar de las condiciones actuales de exploración y luego se calcula el equipo apropiado a fin de cubrir los requerimientos del avance de perforación. En los modelos de reemplazamiento de la maquinaria se ha tenido en cuenta el historial de los equipos y para su selección se ha considerado las condiciones reales del lugar de trabajo. Una vez elegido la política de reemplazo óptimo, así como el tamaño de la maquinaria a utilizar, se busca el mínimo costo de operación. Para la toma de decisiones de opción de compra y/o alquiler de equipos para los trabajos de construcción de accesos y plataformas se consideran factores como años de operación, costo de alquiler, valor de adquisición, la tasa de interés, etc. El ahorro económico por una de las alternativas de compra y/o alquiler de los equipos será decisión de la Empresa. La influencia del costo de producción sustitución del equipo es una variable sensible para prolongar o acortar el tiempo de sustitución del equipo. Si se incrementa en un 15% anual, la sustitución del equipo se acortará hasta el año 10, caso contrario ocurre cuando disminuye en un 15% anual, la sustitución del equipo se prolongará hasta el año 12. La sensibilidad con la comunidad en la construcción de accesos y plataformas en el tema ambiental es de gran importancia en la etapa de exploración ya que una paralización por la comunidad nos genera una pérdida que asciende a 1200US\$/día por máquina

diamantina, 240US\$/día por equipo de acarreo y 360US\$/día por equipo de carguío; para evitar esta pérdida se realiza un programa de remediación en el área afectada.

(Baldeón, 2011). En su tesis “Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para incremento de la productividad en la CIA Minera Condestable S.A.”, presentada a la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú. En sus conclusiones indica lo siguiente: Conociendo el ciclo de las operaciones (acarreo y transporte), se puede calcular la flota o equipos requeridos a mínimo costo unitario y/o máxima producción en la unidad del tiempo, así como en la Compañía Minera Condestable, este método puede ser aplicado en otras empresas mineras con similares problemas. Carguío y acarreo constituyen los componentes más gravitantes en el costo de minado de una operación minera, refiriéndose al análisis del valor residual del equipo que depende de dos variables fundamentales: el número de años de servicio y el número de horas totales trabajadas. Se ha llegado al resultado que la depreciación media de un equipo superficial es de 22% en el primer año lo que implica que su valor residual al inicio del segundo año será de 78% de su precio de adquisición. El valor residual del volquete al final de 10 años de operación, con un promedio de 3 000 horas de trabajo neto por un año, tiene un valor del 8% de su precio de adquisición. El modelo aplicado para el reemplazamiento de maquinaria es el “Análisis de sensibilidad económica financiero por la vía del riesgo”, compuesto por el costo de propiedad y el costo de operación; en el cual, en el año 11 el equipo tiene el costo más bajo. Por lo tanto, en este punto el costo de producción se hace mínimo y tiene un valor de 127,54 US\$/hora, permitiendo plantear la reposición del equipo en condiciones favorables y ventajosas.

(Nuñez, 2013) en su tesis: Criterios de selección y reemplazamiento del equipo de carguío y acarreo para la construcción de accesos y plataformas en compañía minera Anabi S.A.C. Concluye que el criterio práctico de selección por lo cual el camión 1 resulta la más ventajosa a seleccionarse debido a que tiene menor resistencia total de 217,33 Kg. respecto al camión 2. El punto óptimo para incrementar un camión en el ciclo de operaciones es 0,4 en referencia al factor de acoplamiento donde la pérdida económica es mínima según los costos unitarios de 30 US\$/hora y 45 US\$/hora del camión y la pala respectivamente. Y su modelo de reemplazamiento de maquinaria es el análisis de sensibilidad económica financiero por la vía del riesgo, compuesto por el costo de propiedad y el costo de operación donde en el año 11 tiene el costo mínimo de 127,54 US\$/hora permitiendo plantear la reposición del equipo en condiciones favorables y ventajosas.

(Peña, 2019) en su tesis: Análisis para la selección y remplazo de volquetes de 25 m³ de capacidad para la optimización del acarreo y transporte en la operación minera - mina los andes Perú Gold - Huamachuco gira en torno a de la necesidad de contar con un control y elevar la producción del sistema de acarreo de la mina Los Andes Perú Gold en base a la productividad de los equipos, teniendo como factor característico el tiempo de cada ciclo de las operaciones. Estas operaciones se realizan mayormente en el Tajo Diana, PAD y botaderos de la empresa minera la cual consisten en el carguío y acarreo de la material (mineral y/o desmonte) y el movimiento de material lixiviado. Se identificará las causas que permiten que las operaciones sean óptimas, y así una vez identificadas podremos tomar medidas que nos ayuden a eliminar o minimizar su incidencia en la productividad, con el fin de mejorar y elevar nuestros rendimientos los cuales nos ayudan a determinar el punto óptimo para reemplazar el equipo de acarreo de material, está muy relacionado con el costo

de operación, diversos factores de orden interno o externo afectan a las decisiones de reemplazo del equipo, dentro de ellas se mencionan; factor de inercia, ingeniería, finanzas, estandarización, costo de energía, economía y los factores de análisis económico. De los resultados obtenidos se logró determinar demostró ser viable con volquetes volvo FMX 8 x 4 de 25 m³, logrando reducir significativamente el costo de mantenimiento (4852,7 USD/Flota) y reparaciones (383,84 USD/ Flota) por flota ya que al contar con 2 unidades menos para alcanzar la meta de producción esto se logra de manera permanente en la operación y podría ser viable con cualquier marca de volquetes siempre y cuando se trabajen con camiones con las mismas características de tracción 8 x 4 en relación al volumen transportado

(Guzmán, 2019) en su tesis “Evaluación de las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la UNIDAD MINERA TACAZA – CIEMSA” para optar el título de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional del Altiplano - Puno - Perú, tuvo como objetivo evaluar las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la Unidad Minea Tacaza. El tipo de investigación es cuantitativa ya que los datos son producto de mediciones que se representan mediante números, la evaluación realizada a las operaciones de carguío, concluyeron que el rendimiento de los equipos de carguío CAT 336DL, CAT 329D y Hyundai es de 266.27 Tn/h, 147.27 Tn/h y 170.10 Tn/h, respectivamente. Así mismo se determinó que una flota con carguío óptimo reduce las esperas hasta 0.57 minutos y las colas en hasta 1.3 minutos, para mejorar la producción en los tajos José María y Tajo Central de acuerdo con el diseño de carguío.

En el transcurso de esta investigación, existen términos técnicos, por ello es necesario ostentar las siguientes definiciones:

El acarreo consiste en el traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril. Las funciones involucradas en el proceso de transporte son las siguientes: En esta etapa se planifica bien la definición de las rutas de transporte y del destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente. (Barreto, 2017)

El reemplazo de equipos es el resultado de la disminución de la eficiencia con el tiempo de uso, que mediante algún tipo de acción correctiva puede restablecerse hasta alcanzar un nivel igual o mejor al inicial. (Nuñez, 2013)

El proceso de declinación de la eficiencia puede ser representado por funciones exponenciales decrecientes y de pendientes también decrecientes. Esto se debe a que por naturaleza la ineficiencia inicial es baja, más a medida que transcurre la vida del equipo los enemigos de la eficiencia van realizando su labor y el efecto es acumulativo. (Mantilla, 2019)

La selección y reemplazo surge del cruce histórico de la mantención excesiva y del valor decreciente del equipo, es por esto por lo que se usa el término valor para expresar exactamente la utilidad relativa que el equipo presta a la empresa al cumplir con el papel que el sistema productivo le tiene asignado. (Vivallo, 2016)

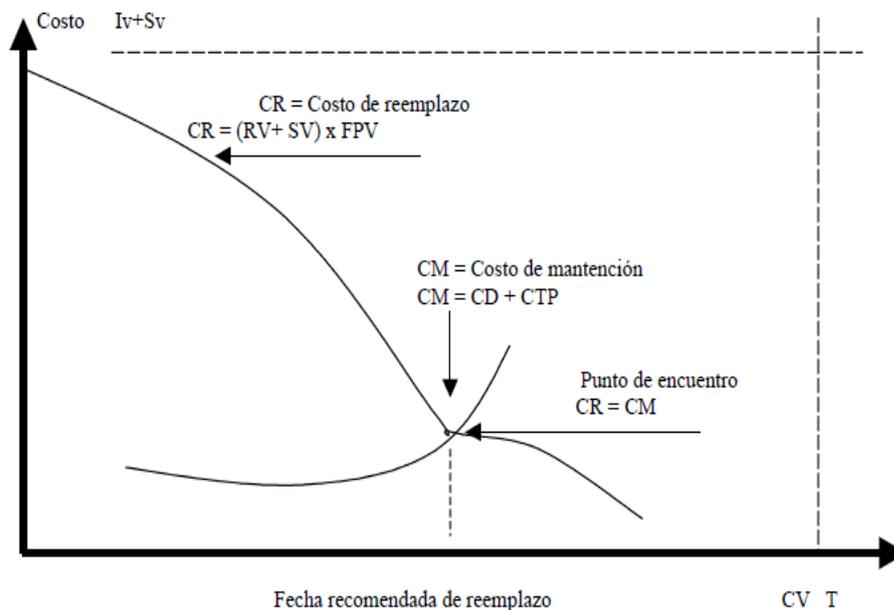
El "valor" del equipo, desde el punto de vista que un sistema equilibrado de precios le ha otorgado un valor de mercado a través de la inversión inicial, reconoce la vida útil específica del equipo. (León, 2013)

Resumiendo lo establecido en los puntos anteriores se concluye que la respuesta al porqué reemplazar es: "Porque la declinación del valor del equipo comparado con el alto costo de mantenerlo en servicio favorece el reemplazo". Y la respuesta al cuándo reemplazar es: "Cuando el costo de mantener el equipo supere al costo de reemplazar".

Por ende, dilucidar con una mayor precisión el enfoque de análisis para la selección y reemplazo en esta dinámica de reemplazo, se acopla a la siguiente figura. (Machaca, 2019)

Figura 1

Curva de Valor del equipo



Nota. La figura 1, es guía fundamental para el reemplazo de equipos, teniendo en cuenta los costos que optimizan costos y aumentan la productividad efectiva.

Por otra parte, el factor de acoplamiento permite determinar el número de unidades de equipos de carga y acarreo. Si el factor de acoplamiento es mayor que 1 hay déficit de camiones, si es menor que 1 superávit de volquetes y si es igual que 1 el ensamble es perfecto. Por lo que esta definición radica en determinar el punto óptimo de los equipos, difiriendo así a una sustitución oportuna de la maquinaria. (Machaca, 2019)

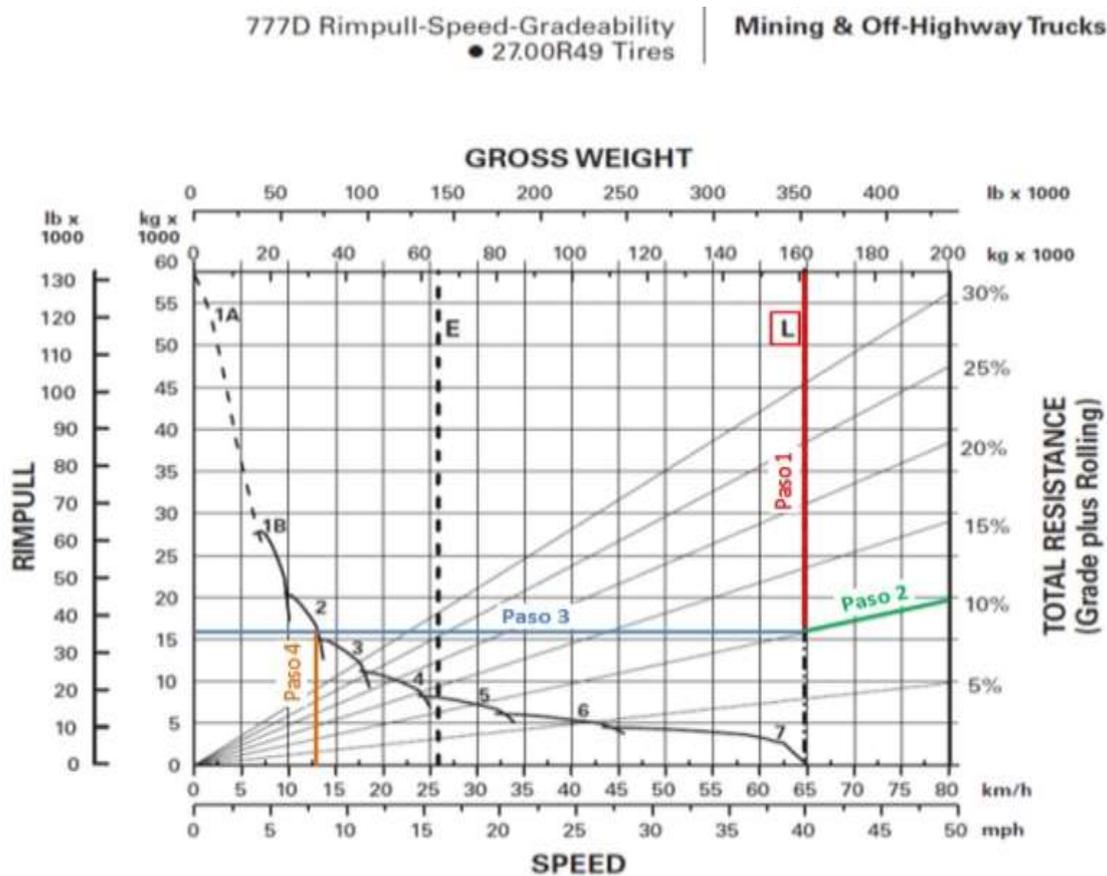
La curva de Rimpull que es la cantidad de fuerza ejercida en la zona de contacto entre el vehículo y el suelo, usualmente expresada en Newtons o Libras fuerza. En los camiones mineros, esta fuerza es equivalente al torque generado en los mandos finales del entre el radio del neumático. (Apolinario, 2017)

En los camiones mineros las curvas rimpull juegan un papel importante ya que estas nos permiten estimar la velocidad del camión en una ruta específica. A partir del análisis de estas velocidades se puede estimar el tiempo del ciclo y la productividad de una flota de camiones. Un ejemplo claro, para poder comprender más la definición, consta en calcular la velocidad máxima que puede alcanzar un camión minero Caterpillar 777D cargado con su payload nominal, en una ruta cuya pendiente es de 8%. Para este ejemplo hay que considerar que la resistencia a la rodadura es de 2%. Para su cálculo se sigue de pasos, el primer paso consta en determinar el peso del equipo, calculando la suma del peso del equipo vacío y el Payload. En muchas gráficas Caterpillar, se muestran marcas que indican el peso en vacío del equipo y el equipo cargado con su Payload nominal. En la gráfica de abajo se pueden ver las letras “E” de Empty (Vacío) y “L” de Loaded (Cargado). Para este ejemplo elegimos “L”. Como paso secundario tenemos el “Total Resistance”, el cual se determina como la suma de la pendiente y la resistencia a la rodadura. En este ejemplo la suma es 10%. El tercer paso por su parte cruza las rectas y se determina el “Rimpull”. Para

un GVW de 160 toneladas aproximadamente y 10% de T.R se obtiene que el rimpull es de 16 toneladas (=10% x 160). Como cuarto y último paso, la línea vertical de Rimpull corta con las curvas rimpull determina la marcha en la que debe estar el camión y la velocidad máxima que puede alcanzar. En este ejemplo para 16 toneladas de rimpull, el camión debe estar en 2da marcha y alcanzará una velocidad de 13 km/h aproximadamente. (Apolinario, 2017)

Figura 2

Curva de Rimpull



Nota. La figura 2 muestra la curva rimpull, quien determina la evaluación teórica y práctica de esta investigación.

A su vez, los problemas determinísticos porque son aquellos donde el tiempo y la consecuencia de la acción de reemplazamiento se asume en forma precisa; por ejemplo, se puede tener un equipo el cual no está propenso a fallas, pero cuyo costo de operación aumenta con el uso. Para reducir este costo el equipo puede ser reemplazado, después del reemplazamiento los costos de operación se tienden a conocerse. (Barreto, 2016)

Los problemas probabilísticos por su parte son aquellos en donde el tiempo y la consecuencia de la acción de reemplazo dependen de la ocasión o en forma casual (probable); en este caso el equipo es calificado como bueno o averiado (fallado). La ley de probabilidad que describe los cambios de bueno o fallado puede ser descrito por la distribución de tiempos entre la conclusión de la acción de reemplazo y averiado. (Barreto, 2016)

La determinación en las decisiones de reemplazo para equipos con fallas probabilísticas incide en la forma de decisión bajo la modalidad de incertidumbre principalmente; es imposible entonces predecir con certeza cuándo ocurrirá la falla o más genéricamente cuándo ocurrirá la transición desde un estado a otro en el equipo. Además, a causa de la incertidumbre es imposible determinar el estado del equipo, como bueno, averiado o algunas veces entre ellas, a no ser que se conozca el mantenimiento en programa definido, así como la inspección. (Peña, 2016)

En los problemas probabilísticos se asume solo dos posibles condiciones del equipo, bueno y averiado y la condición siempre es conocido.

Para establecer en qué momento se realiza el reemplazo, entonces estamos interesado en la secuencia de tiempos, para lo cual la acción de reemplazo tomará lugar; cualquier secuencia

de tiempo en acción se considera como política de reemplazo, esto es, uno de los cuales maximizar o minimizar el criterio, tales como beneficios, costo total, pérdida de tiempo, etc. (Peña, 2016)

Deterioro físico del equipo, es causado por el uso y/o acción de agentes externos y se traduce en desventaja económica por el descenso del servicio prestado, incrementando los costos de operación y mantenimiento principalmente. El desgaste físico se corrige mediante reparaciones parciales o totales, que a veces no dan buenos resultados, por lo que incrementan el número de horas de paradas para este fin, disminuyendo la eficiencia de operación; como esta situación no se puede mantener en tiempo indefinido, entonces se optará por reemplazar el equipo en un determinado período. (Yanqui, 2015)

Un equipo se vuelve inadecuado cuando al cambiar los requerimientos de la demanda o incrementar la mecanización y lograr mayor seguridad, resulta demasiado pequeño y con muchas horas de trabajo, siendo incapaz de producir lo planificado en el plan de operaciones. Por lo cual existe la necesidad de sustituirlas por unidades de mayor capacidad y adecuado a las condiciones de trabajo a que serán sometidas según los requerimientos que se desea obtener. (Yanqui, 2015)

Se traduce como desventaja económica de una máquina con respecto a otra más avanzada tecnológicamente con el objetivo de brindar mejores condiciones de operatividad a fin de incrementar su rendimiento. Una máquina no es obsoleta en sí misma sino en comparación con otra más moderna y eficiente disponible en el mercado y apta para el mismo servicio. (Machaca, 2019)

Por ello diversos factores de orden interno o externo afectan a las decisiones de reemplazo de equipo, dentro de ellas podemos citar:

Dentro de los factores internos tenemos al capital disponible es cuando una empresa se encuentra en desarrollo, las inversiones de expansión tienen a menudo prioridad sobre las de mantenimiento y reemplazo de equipos, pero en esta etapa es la que se debe aprovechar para reemplazar los equipos necesarios; contrario sucede cuando la empresa alcanza estabilidad y madurez. En cada etapa de su existencia, la empresa debe buscar el equilibrio óptimo entre tipos de inversiones. (Caderón, 2014)

Factor de inercia es la demora injustificada de reemplazo de un equipo, ya que en las empresas existe la propensión a dejarse vencer por la inercia, posponiendo las decisiones de cambios necesarios. (Caderón, 2014)

Ingeniería se debe a los cambios en diseño de los métodos y las técnicas de producción, ampliaciones, acceso a los tajeos, etc. Pueden propiciar el reemplazamiento de equipos en el año de vida en que se encuentren, si además el valor de reventa justifica la operación. (Caderón, 2014)

Finanzas son las modificaciones importantes del estado financiero de una empresa debido a factores. Entre los factores internos están la disminución o incremento de reservas, aumento o reducción en la producción, etc. (Caderón, 2014)

Costo de energía y ventilación es un factor que puede incidir en el reemplazamiento de un equipo por otro similar accionado por una fuente de energía distinta que resulte más ventajosa económica y ambientalmente para la empresa minera. (Caderón, 2014)

En los factores externos tenemos a la inflación todos los problemas de reemplazo de equipos es muy importante considerar la tasa probable de inflación. La inflación afectará a los costos de inversión, a los de operación y a los ingresos. El aumento o disminución real de los costos de ingresos respecto a tiempo, sólo puede conocerse corrigiéndose las estadísticas respectivas por medio de índices de costos, de manera que todas las cifras queden expresadas en unidades constantes. (Yanqui, 2015)

Finanzas por su parte son las modificaciones importantes del estado financiero de una empresa debido a factores. Entre los factores externos están los cambios de las tasas de venta del producto mineral, incremento o reducción del número de venta, etc. (Yanqui, 2015)

Financiamiento tipo Leasing, es un sistema para el financiamiento de bienes de capital y activo fijo con beneficios tributarios. Consiste en un contrato arrendamiento financiero, a un plazo previamente convenido, en el cual el cliente pacta con el Banco cuotas periódicas. (Desiree, 2017)

Estandarización es la adquisición de nuevas unidades de una marca seleccionada pueden determinar el reemplazamiento de un equipo con fines de estandarizar sobre la base de una optimización de la logística en los repuestos, programas de mantenimiento y/o servicios. Aquí obviamente interviene el precio potencial de reventa que puede inclinar la balanza hacia la conservación del equipo existen hasta el fin de su vida útil. (Yanqui, 2015)

Las operaciones en la minería superficial son mucho más complejos, por ello la importancia de la gestión de la productividad total para lograr una competitividad sostenida que

garantice una operación eficaz de la mina. Por ello se consideran estos recursos para definir la productividad.

Productividad de los materiales , planifica adecuadamente las cantidades de los diversos materiales que se utilizaran y contar con ellos en el momento oportuno, pero sin aumentar el stock. (López, 2016)

Productividad de la mano de obra; la mano de obra en esta operación la conforman básicamente los operadores de los equipos. De la habilidad de estos, depende en gran medida, su producción y el rendimiento. (López, 2016)

Productividad de la maquinaria, factor crítico, de ellas depende la producción y en gran medida la productividad de los otros recursos. (López, 2016)

El presente proyecto de tesis tiene como fin el contribuir a que las empresas cuenten con modelos para el análisis de selección y remplazamiento de equipos de tal manera que logre operar continuamente, minimizando la pérdida de tiempo, el costo de operación y aumentando la eficiencia del equipo.

La justificación del proyecto de tesis es que una selección óptima del equipo nos permite mejorar la producción en una empresa minera ya que optimiza costos en el mantenimiento, utilidad y eficiencia de los equipos en un 70%, y este tema está poco tratado en los diversos trabajos técnicos.

1.2. Formulación del problema

¿ El análisis para la selección y reemplazo de equipos de acarreo mejorará la producción en una empresa minera de la Libertad 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el análisis para la selección y reemplazo de equipos de acarreo para mejorar la producción en una empresa minera de la Libertad 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar de manera práctica y teórica los equipos de acarreo a seleccionar en un mercado amplio de proveedores.

Determinar el punto óptimo de reemplazo oportuno de los equipos de acarreo para mejorar la producción.

Presentar un análisis financiero de los equipos de acarreo en el costo de operación para su reemplazo oportuno.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Es probable que con el análisis para la selección y reemplazo de equipos de acarreo mejore la producción en una empresa minera de la Libertad 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación fue del tipo no experimental, descriptivo y correlacional.

La investigación no experimental es aquella en la que no se controlan ni manipulan las variables del estudio. Para desarrollar la investigación, los autores observan los fenómenos a estudiar en su ambiente natural, obteniendo los datos directamente para analizarlos posteriormente.(Montano, 2017)

(Sierra, 2016) indica que la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente”.

(Moreno, 2015) señala que la investigación mide dos variables y establece una relación estadística entre las mismas (correlación), sin necesidad de incluir variables externas para llegar a conclusiones relevantes. Por ejemplo, se puede investigar la correlación entre tiempo invertido en estudiar una materia y las calificaciones obtenidas.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población del proyecto de investigación, son el análisis de equipos de carguío y acarreo de una empresa minera de la Libertad en el año 2021.

2.2.2. Muestra

La muestra del proyecto de investigación, son el análisis de equipos de acarreo de una empresa minera de la libertad en el año 2021.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

Para el recojo de los datos e información del estudio se utilizó la técnica de análisis documental y la técnica de observación.

La técnica de análisis documental, conocida como técnica de gabinete ayudó a sistematizar la información recurriendo al análisis de distintos documentos y material bibliográfico obtenida de diversas fuentes como tesis, artículos, libros digitales.

Con esta técnica, se logró realizar el análisis del problema, elaborar el marco conceptual y emplear el sistema APA en el citado.

También se empleó la observación por medio de un instrumento denominado la guía de observación documental que permitió sistematizar las dimensiones necesarias del problema de estudio, teniendo en cuenta para ello la ficha técnica de los equipos de acarreo y base de datos de puntos óptimos de su implicancia. Ver Anexo 01.

2.3.2. Técnicas e instrumentos para análisis de datos

Para realizar el análisis de datos, se organizaron los datos obtenidos de acuerdo a los objetivos propuestos en el proyecto, tomando en cuenta primeramente el punto óptimo de reemplazo oportuno de los equipos de acarreo para mejorar la producción, ya que de eso depende el análisis financiero de los equipos de acarreo en el costo a presentar. Para una mayor interpretación se analizará la base de datos obtenida en mina y se establecerán cuadros estadísticos de la evaluación práctica y teórica de los equipos de acarreo a seleccionar en un mercado amplio de proveedores, utilizando Microsoft Excel 2019.

2.4. Procedimiento

Se desarrolló en tres etapas:

2.4.1. Etapa de Gabinete

Inicialmente se procede a la revisión de antecedentes, estudios previos, realizados respecto al tema, en los diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional, para lo cual se recurrió a los buscadores y repositorios virtuales de varias universidades. De la misma forma se solicitó la ficha técnica de cada equipo de acarreo a utilizar en una empresa minera de la Libertad.

2.4.2. Etapa de análisis de datos

Se analizaron los datos obtenidos de los equipos que participan en el proceso de acarreo, tomando en cuenta la evaluación práctica y teórica de estos, con la intención de determinar así el punto óptimo de reemplazo.

2.4.3. Información concentrada en gabinete

Finalmente, luego de recolectar toda la información necesaria se procedió a procesar y tabular de forma digital los datos obtenidos en campo, con ayuda del programa Microsoft Excel 2019. Así mismo se presentó un análisis financiero de los equipos de acarreo en el costo de operación para su reemplazo oportuno.

2.5. Aspectos éticos

Para seguir con la resolución y protocolo que nos brinda la Universidad, el desarrollo de esta investigación se rige estrictamente mediante el uso del Manual de Redacción APA, evitando así plagios, valiéndose de una correcta situación de autores y coautores de las investigaciones antecesoras a estas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Evaluación práctica y teórica de los equipos de acarreo a seleccionar en un mercado amplio de proveedores.

Los criterios que se aplican en este apartado determinan la comparación de eficiencia de los equipos en análisis de manera práctica y teórica.

Determinación de características fundamentales del equipo de acarreo VOLVO FM 12-380.

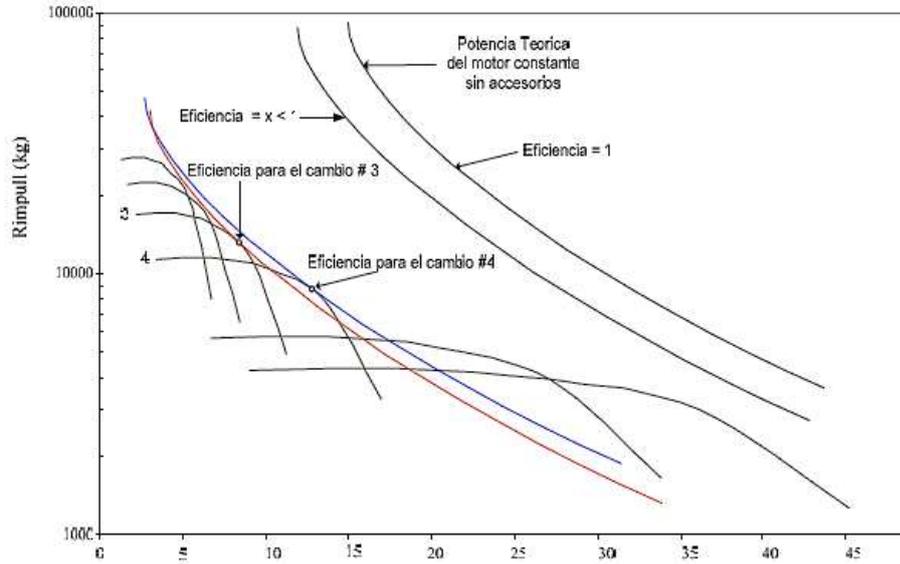
Para determinar dichas características, los datos fundamentales necesarios como insumo para el modelo pueden ser medidos en el campo usando procedimientos mecánicos o en un laboratorio usando dinamómetros, puesto que, en la actualidad los fabricantes de equipos miden estos parámetros, pero no los publican debido al alto nivel de competitividad en la industria.

Complejamente los fabricantes buscan crear el equipo más eficiente sin darles detalles a la competencia. Sin embargo, estos parámetros se pueden estimar haciendo algunas presunciones al analizar las curvas de Rimpull, ya que contienen las revoluciones por minuto certificadas (Rated RPM) y la potencia máxima a ese valor RPM, datos que usualmente se presentaban en la ficha técnica de los equipos.

De acuerdo con lo indicado, y con la intención de evaluar lo teórico con lo práctico, se desglosan las siguientes figuras, quienes representan las curvas de Rimpull de los volvos FM 12-380 y los que vamos a reemplazar, los cuales son los SCANIA P-460.

Figura 3

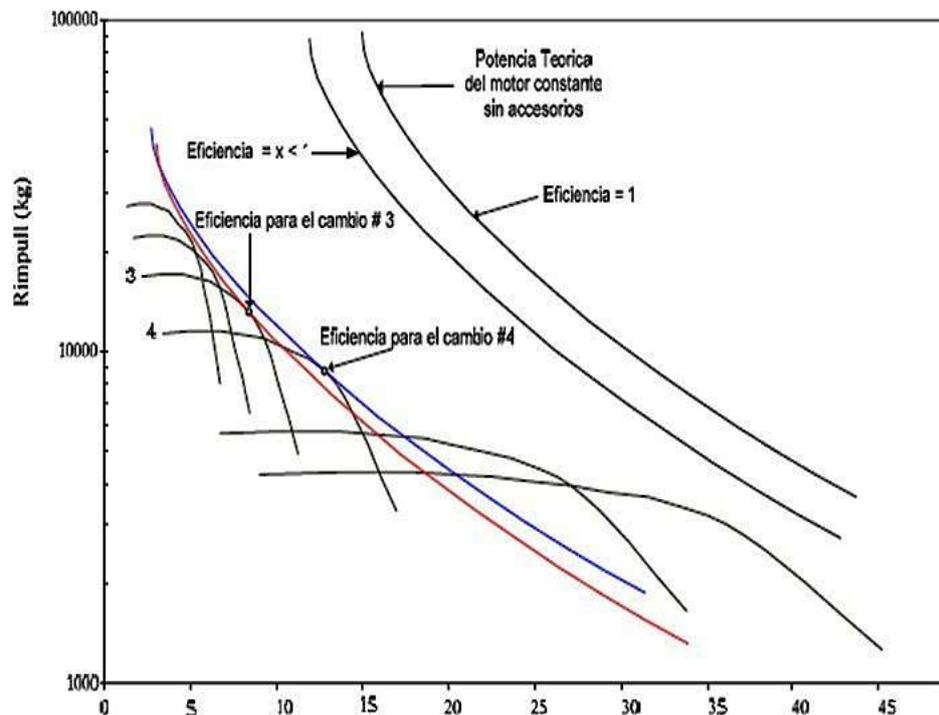
Curva Rimpull del volvo FM 12-380



Nota. Eficiencia teórica del volvo FM 12-380.

Figura 4

Curva Rimpull del volvo SCANIA P-460



Nota. Eficiencia teórica del volvo SCANIA P-460.

En ambas figuras, se muestra que la potencia que pueden generar los volvos es menor al valor máximo que el motor puede generar, afianzando esto a un análisis directo en el que conlleva que la diferencia es la eficiencia. Para calcular la eficiencia, la curva de potencia teórica puede ser multiplicada por un valor menor de 1, lo que disminuye el valor de potencia teórica y acerca ambas curvas.

De manera práctica, la multiplicación por el factor menor de 1 se debe a pérdidas de potencia una vez que se añaden implementos al motor. La curva puede ser multiplicada por varios factores menores que 1 hasta que toque la curva de rimpull. Cuando esta curva toca la curva de rimpull, en un cambio en particular, es indicativo de que se ha encontrado valor de eficiencia para ese cambio.

Para ello, se muestra a continuación, las siguientes tablas, que evidencian la velocidad en kilómetro por hora de los equipos en cuestión, para calcular la eficiencia.

Tabla 1

Velocidad en Km del volvo FM 12-380

Velocidad (Km/h)	Rimpull (Kg*1 000)
1,98	24 298
3,00	19 150
4,00	16 050
4,95	13 678
6,85	11 228
8,50	10 000
8,80	7 656

Nota. Los datos presentados en la tabla son extraídos de la ficha técnica del equipo FM 12-380, juntamente con datos rimpull teóricos.

Tabla 2

Velocidad en Km del volvo SCANIA P-460

Velocidad (Km/h)	Rimpull (Kg*1 000)
1,85	23 986
2,56	18 120
3,50	15 120
5,00	12 980
6,50	11 420
8,00	10 250
8,60	7 240

Nota. Los datos presentados en la tabla son extraídos de la ficha técnica del equipo *SCANIA P-460*, juntamente con datos rimpull teóricos.

Evidenciando en cada cuadro, que los valores de reducción hidráulicas son mayores que los valores de reducción mecánica, además de que cambian constantemente.

Consecuentemente, al obtener los datos de velocidad y rimpull, se puede obtener la potencia que se está desarrollando a esa velocidad usando la siguiente fórmula:

Ecuación 1

$$\text{Potencia} = \text{Velocidad} * \text{Rimpull}$$

Reemplazando el valor de la velocidad al rimpull que realiza el equipo volvo FM 12-380 tiene como potencia el siguiente valor:

$$\text{Potencia} = ((2)*(24,29*1000)*(9,8))/(3,6*1000)$$

$$\text{Potencia} = 132,24\text{Kw}$$

Reemplazando el valor de la velocidad al rimpull que realiza el equipo volvo

SCANIA P-460, la potencia es:

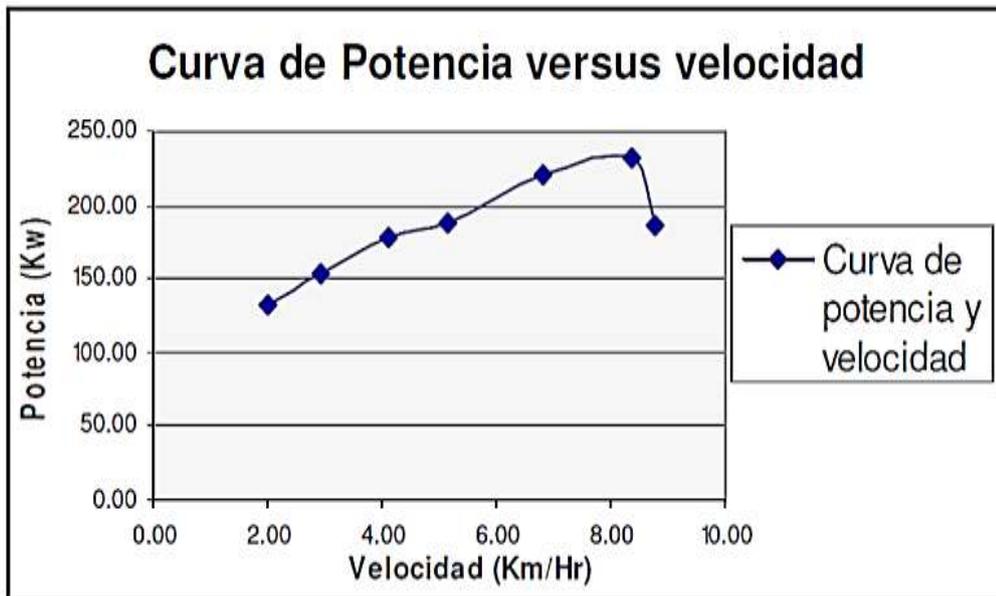
$$\text{Potencia} = ((2) * (23,98 * 1000) * (9,8)) / (3,6 * 1000)$$

$$\text{Potencia} = 130,55 \text{ Kw}$$

Teniendo en consideración que el 3,6 se utiliza para cambiar de Km/h a m/s; el 1 000 para cambiar de kilogramos a gramos; el 9,8 para cambiar de gramos a Newtons y se divide por 1 000 para cambiar de watts a kilowatts.

Figura 5

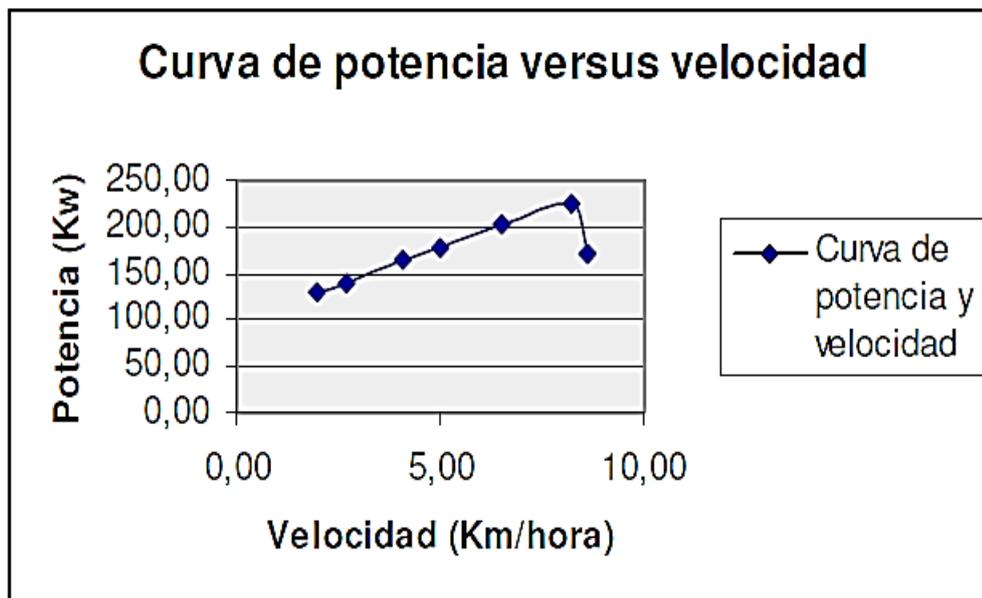
Curva de potencia y velocidad del equipo volvo FM 12-380



Nota. En esta figura nos muestra la curva que hace realce a la eficiencia del equipo volvo FM 12-380.

Figura 6

Curva de potencia y velocidad del equipo volvo SCANIA P-460



Nota. En esta figura nos muestra la curva que hace realce a la eficiencia del equipo volvo SCANIA P-460.

Como ya se tiene conocimiento de cómo se calcula la potencia, procedo a presentar las siguientes tablas que enmarcan las potencias de los 2 equipos.

Tabla 3

Cálculo de Potencia del equipo volvo FM 12-380

Velocidad (Km/h)	Rimpull (Kg*1000)	Potencia(Kw)
1,98	24,298	132,24
3,00	19,150	153,73
4,00	16,050	177,98
4,95	13,678	187,22
6,85	11,228	219,95
8,50	10,000	232,68
8,80	7,756	185,59

Tabla 4

Cálculo de Potencia del equipo volvo SCANIA 9-460

Velocidad(Km/h)	Rimpull (Kg*1000)	Potencia (Kw)
2,00	24,000	130,67
2,70	18,950	139,28
4,05	15,020	165,60
5,00	12,980	176,67
6,50	11,420	202,07
8,20	10,050	224,34
8,60	7,240	169,50

De estos valores, se puede calcular el valor de la eficiencia usando para ello la potencia máxima que el motor puede generar y la potencia calculada. La ecuación es:

Ecuación 2

$$\text{Eficiencia} = (\text{Potencia a velocidad actual}) / (\text{Potencia máxima del motor})$$

Para el equipo volvo FM 12-380 específica que la potencia máxima es de 265 Kw (dato del fabricante).

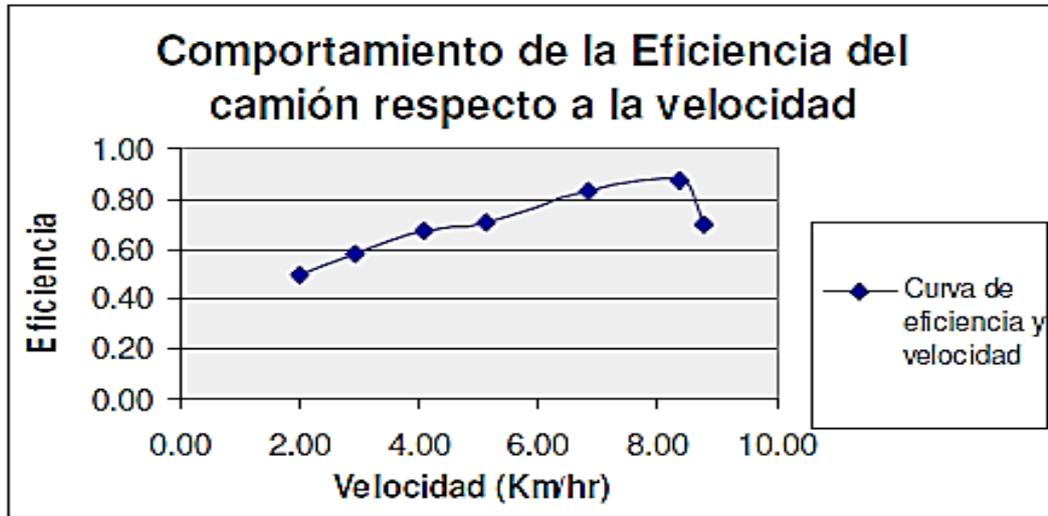
Por lo tanto, el valor de eficiencia para una velocidad actual es:

$$\text{Eficiencia} = (132,24 \text{ Kw} / 265 \text{ Kw})$$

$$\text{Eficiencia} = 0,49$$

Figura 7

Comportamiento de eficiencia del equipo FM 12-380



Para el equipo volvo SCANIA P-460 especifica que la potencia máxima es de 270

Kw (dato del fabricante).

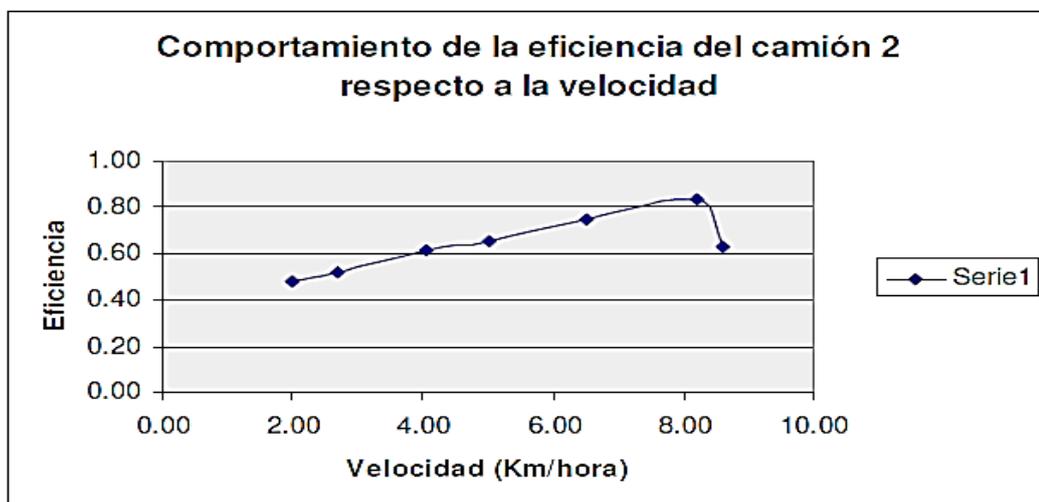
Por lo tanto, el valor de eficiencia para una velocidad actual es:

$$\text{Eficiencia} = (130,55 \text{ Kw} / 270,00 \text{ Kw})$$

$$\text{Eficiencia} = 0,48$$

Figura 8

Comportamiento de eficiencia del equipo SCANIA P-460



Partiendo de los cálculos anteriores, con todos los datos obtenidos, se evidencia que el valor más alto de la eficiencia para el cambio en el equipo volvo FM 12-380, es el valor de 0,88 a una velocidad de 8,38 Km/hora y el valor más alto obtenido de la eficiencia para el cambio en el equipo volvo SCANIA P-460, es de 0,83 a una velocidad de 8,20 Km/hora.

El resto de los valores de eficiencia menores a 0,88 y menores a 0,83 es debido a que a esas velocidades y con el correspondiente RPM no estén trabajando a torque máximo.

En la siguiente tabla, se muestra el cálculo de las diferentes eficiencias para el cambio en el equipo volvo FM 12-380.

Tabla 5

Eficiencias para el cambio en el equipo volvo FM 12-380.

Cambio	Velocidad (Km/Hr)	Rimpull (Kg*1000)	Eficiencia
1,00	1,98	24,298	0,49
1,00	3,00	19,150	0,58
1,00	4,00	16,050	0,72
1,00	4,95	13,678	0,81
1,00	6,85	11,228	0,83
1,00	8,50	9,998	0,87
1,00	8,80	7,756	0,70

Nota. Datos de la investigación, 2021.

Tabla 6

Eficiencias para el cambio en el equipo volvo

Cambio	Velocidad (Km/Hr)	Rimpull (Kg*1000)	Eficiencia
1,00	2,00	24,000	0,48
1,00	2,70	18,950	0,52
1,00	4,05	15,020	0,61
1,00	5,00	12,980	0,65
1,00	6,50	11,420	0,75
1,00	8,20	10,050	0,83
1,00	8,60	7,240	0,63

Nota. Datos de la investigación, 2021.

Una vez que se tiene el cálculo de los valores de eficiencia, y evaluando lo práctico con lo teórico de los equipos estudiados, se toma la decisión por seleccionar el equipo volvo FM 12-380, ya que es el equipo 1 cuenta con la más alta eficiencia de 0,88, apuntando así a una mejora en la producción de una empresa minera de la Libertad 2021.

3.2. Punto óptimo de reemplazo oportuno de los equipos de acarreo para mejorar la producción.

El factor de acoplamiento entre los equipos de carguío y acarreo que optimiza una operación es igual 1 de tal manera que ni el equipo de carga y acarreo tenga pérdida de tiempo (tiempo de espera), si existe tiempo de espera por algún equipo de carga y acarreo se determina la menor pérdida para el bien de la empresa.

Con los costos unitarios de los equipos de acarreo y asumiendo una cantidad mínima y máxima de volquetes requeridos se determina la pérdida en tiempo y dinero en cada unidad dividida en diez partes, para finalmente determinar el punto en el cual se debe incrementar un equipo de acarreo al menor tiempo y costo.

El costo unitario del volvo SCANIA P-460 es 35 US\$/hora y del volvo FM 12-380 19 US\$/hora ambos no incluyen IGV. En el Anexo 02 se tiene el cálculo del punto óptimo para el incremento del equipo de acarreo.

Valorización óptima estimada para el reemplazo de equipos de acarreo

El factor de acoplamiento nos indica si tenemos déficit de volquetes o superávit de volquetes en ambos casos hay pérdida de tiempo, según el punto óptimo se toma la decisión de incrementar un volquete a la obra para lograr la menor pérdida económica.

EQUIPO	NUMERO DE UNIDADES	HORAS DE TRABAJO	COSTO UNITARIO (US\$/HORA)	VALORIZACION SIN IGV (US\$)	IGV (US\$)	VALORIZACION CON IGV (US\$)
VOLQUETE (12m ³)	9	4,56	38	1340,33	233,73	1563,86
VALORIZACION OPTIMA ESTIMADA (US\$)						1563,86

El costo estimado para el afirmado de los accesos y plataformas para la exploración es de 1563,86 US\$.

3.2. Análisis financiero de los equipos de acarreo en el costo de operación para su reemplazo oportuno.

En esta alternativa se desprende realizar una evaluación de costos y gastos por la adquisición de estos equipos mediante un financiamiento tipo Leasing, las cuotas mensuales incluyen amortización de la deuda, intereses, y pago de IGV. en un horizonte de 5 años (60 meses).

En el siguiente cuadro se detallan los costos de adquisición, y costos operativos que incluyen combustible, lubricantes, mano de obra, mantenimiento y reposición de neumáticos, para el mismo período.

Tabla 7

Cuadro resumen para presentar el cuadro general

VALOR DEL BIEN	10920000
IGV 19%	2074800
PRECIO DEL BIEN	12994800
TASA ANUAL LEASING	14%
CUOTA INICIAL 20%	2598960
PLAZO (meses)	60

Tabla 8
Cuadro general para el análisis financiero

AÑOS	PERIODOS						TOTAL
	0	1	2	3	4	5	
Adquisición							
Amortización	2598960.00	1258836.4400	1435073.55	1635983.84	1865021.58	2126124.59	10920000.00
Intereses		1022050.20	845813.10	644902.81	415865.07	154762.05	3083393.23
IGV	493802.40	433368.46	433368.46	433368.46	433368.46	433368.46	2660644.71
9 volquetes-Total	3092762.40	2714255.10	2714255.11	2714255.11	2714255.11	2714255.10	16664037.94
Amortización	999600.00	484167.86	551951.36	629224.55	717315.99	817740.24	4200000.00
Intereses		393096.23	325312.73	248039.54	159948.10	59523.87	1185920.47
IGV	189924.00	166680.18	166680.18	166680.18	166680.18	166680.18	1023324.89
Sub Total	4282286.40	3758199.37	3758199.38	3758199.38	3758199.38	3758199.39	23073283.30
Costos Operativos							
Consumo combustible	0.00	191980.80	191980.80	191980.80	191980.80	191980.80	959904.00
Mantenimiento	0.00	639748.80	639748.80	639748.80	639748.80	639748.80	3198744.00
Neumáticos	0.00	0.00	0.00	430557.12	0.00	0.00	430557.12
Mano de obra	0.00	146880.00	146880.00	146880.00	146880.00	146880.00	734400.00
Sub Total	0.00	978609.60	978609.60	1409166.72	978609.60	978609.60	5323605.12
Totales	4282286.40	4736808.97	4736808.98	5167366.10	4736808.98	4736808.99	28396888.42

Nota. Datos obtenidos según la ficha técnica, luego de analizar la eficiencia en los cuadros anteriores.

De los resultados obtenidos se logró demostrar que el volvo FM 12-380 reduce significativamente el costo de mantenimiento (5872,7 USD/Flota) y reparaciones (484,84 USD/ Flota) por flota ya que al contar con 4 unidades menos para alcanzar la meta de producción esto se logra de manera permanente en la operación y podría ser viable con cualquier marca de volquetes siempre y cuando se trabajen con camiones con las mismas características de tracción 8 x 4 en relación con el volumen transportado.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

A partir de los hallazgos encontrados, con la información teórica y práctica expuesta, se realizó el análisis para la selección y reemplazo de equipos de acarreo para mejorar la producción de una empresa minera de la libertad en el año 2021.

Dentro de la evaluación práctica y teórica de los equipos de acarreo a seleccionar en un mercado amplio de proveedores, se determina las características fundamentales del equipo de acarreo VOLVO FM 12-380, de acuerdo con la curva de rimpull, ya que, a través de esta, se obtienen los datos de velocidad y potencia, que dan paso en gran manera a la eficiencia de cada equipo.

En lo que consta a los hallazgos del punto óptimo de reemplazo oportuno de los equipos de acarreo para mejorar la producción, se tienen en consideración los datos de la evaluación teórica y práctica, así como también el factor de acoplamiento que en instancia nos brindará de acorde a la ficha técnica y valores antecesores el número de equipos a utilizar, como también su análisis estadístico para una mejor comprensión.

La presentación del análisis financiero de los equipos de acarreo en el costo de operación para su reemplazo oportuno, por su parte se muestran de acuerdo con los apartados calculados anteriormente, dando como resultado una mejora en producción, ya que optimiza costos en el proceso de acarreo.

Esta investigación, va respaldada por (Barreto, 2016) en su estudio: Criterios de selección y reemplazamiento de equipo para la construcción de accesos y plataformas en la zona de san Antonio, provincia de Yauli-Junín, ya que buscando dar a conocer los criterios adecuados para la selección óptima y el reemplazamiento oportuno de los equipos de carga y acarreo, realiza un análisis de los factores que influyen sobre estos a fin de obtener la información necesaria que permita el ahorro de tiempo y reducir los costos. El cual concluye con un ahorro económico por una de las alternativas de compra y/o alquiler de los equipos será decisión de la Empresa y una influencia del costo de producción sustitución del equipo es una variable sensible para prolongar o acortar el tiempo de sustitución del equipo. Si se incrementa en un 15% anual, la sustitución del equipo se acortará hasta el año 10, caso contrario ocurre cuando disminuye en un 15% anual, la sustitución del equipo se prolongará hasta el año 12. La sensibilidad con la comunidad en la construcción de accesos y plataformas en el tema ambiental es de gran importancia en la etapa de exploración ya que una paralización por la comunidad nos genera una pérdida que asciende a 1200US\$/día por máquina diamantina, 240US\$/día por equipo de acarreo y 360US\$/día por equipo de carguío; para evitar esta pérdida se realiza un programa de remediación en el área afectada. Así como también con (Peña, 2019) en su tesis: Análisis para la selección y remplazo de volquetes de 25 m³ de capacidad para la optimización del acarreo y transporte en la operación minera - mina los andes Perú Gold - Huamachuco quien indica que, a través de los resultados, se logra reducir significativamente el costo de mantenimiento siempre y cuando se trabajen con

camiones con las mismas características de tracción 8 x 4 en relación con el volumen transportado

4.2 Conclusiones

El análisis para la selección y reemplazo de equipos de acarreo para mejorar la producción en una empresa minera de la Libertad 2021, se realizó mediante la evaluación práctica y teórica los equipos de acarreo a seleccionar en un mercado amplio de proveedores, la determinación del punto óptimo de reemplazo oportuno de los equipos de acarreo para mejorar la producción y el análisis financiero de los equipos de acarreo en el costo de operación para su reemplazo oportuno.

La evaluación de manera práctica y teórica los equipos de acarreo a seleccionar en un mercado amplio de proveedores para el equipo, determinó características fundamentales acatando la curva de rimpull, la potencia para el equipo volvo FM 12-380 el cual tiene un valor de 132,24Kw, quien supera al equipo a reemplazar SCANIA P-460 con un valor de 130,55 Kw, que si bien es cierto a simple vista, la diferencia es mínima, teniendo en consideración que el 3,6 se utiliza para cambiar de Km/h a m/s; el 1 000 para cambiar de kilogramos a gramos; el 9,8 para cambiar de gramos a Newtons y se divide por 1 000 para cambiar de watts a kilowatts, la diferencia para contrastar a la eficiencia es compleja, apuntando así a una mejora en la producción de una empresa minera de la Libertad 2021.

El punto óptimo de reemplazo oportuno de los equipos de acarreo para mejorar la producción por su parte genera la necesidad de tener 9 equipos para todo su proceso de acuerdo a las horas de trabajo, con un costo 1563,86 US\$.

De los resultados obtenidos análisis financiero de los equipos de acarreo en el costo de operación para su reemplazo oportuno, se logró demostrar que el volvo FM 12-380 reduce significativamente el costo de mantenimiento (5872,7 USD/Flota) y reparaciones (484,84 USD/ Flota) por flota ya que al contar con 4 unidades menos para alcanzar la meta de producción esto se logra de manera permanente en la operación y podría ser viable con cualquier marca de volquetes siempre y cuando se trabajen con camiones con las mismas características de tracción 8 x 4 en relación con el volumen transportado.

4.3 Recomendaciones

En el proceso de evaluación de la opción alquiler o compra de equipo, para la construcción de accesos y plataformas. Se tiene que considerar, los costos actuales, así como también los costos proyectados de la maquinaria; para tomar la decisión adecuada que resulte ventajosa para la empresa, hasta el final de su operación.

Registrar una base de datos de la maquinaria durante su periodo de vida es fundamental para determinar el reemplazo oportuno de la maquinaria por el modelo de costo de propiedad y operación.

Reemplazar oportunamente la maquinaria con una aplicación adecuada del modelo a utilizarse nos permite lograr una operación continua, por ende, es necesario que el ingeniero se mantenga actualizado.

REFERENCIAS

- (Aranibar,2015) “*Criterios en la selección de equipos*”. 5to Congreso Nacional de Minería, Huancayo – Perú.
- (Bazán, 2016). “*Cálculo del número de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto San Genaro, perteneciente a la Compañía Minera Atacocha*”. Universidad Continental. Huancayo – Perú
- (Huamán, 2015) “*Optimización De Flota De Camiones Aplicando Programación Dinámica -Mina Cori huarmi*” Tesis para obtener Título de Ingeniero de Minas. UNI. Lima- Perú
- (Huatay, 2014) *Rendimiento de la maquinaria pesada en el proyecto cierre de mina Pachacutec, La Quinua • Yanacocha • Cajamarca – Cajamarca*
- (Mauricio, 2015) “*Mejoramiento Continuo En La Gestión Del Ciclo De Acarreo De Camiones En Minería A Tajo Abierto En Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay Y Pachamanca* para obtener Título de Ingeniero de Minas. UNI. Lima – Perú.
- (Maxera, 2005) “*Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo de mineral* “.Tesis para obtener Título de Ingeniero de Minas. PUCP Lima - Perú
- (Osses, 2018). “*Factores incidentes en la determinación de costos de movimiento de tierras*”. Tesis de la universidad de chile.
- (Palencia, 2015). *Consideraciones sobre la selección y cálculo de producción de maquinaria pesada para el movimiento de tierras.*

(Rodríguez, 2013) “*Modelo Analítico Para El Dimensionamiento De Flota De Transporte En Minería A Cielo Abierto: Análisis De Prioridades De Atención Según Rendimiento*” Tesis para obtener Título de Ingeniero de Minas. UNI. Lima – Perú

(Vidal, 2010) “*Estudio Del Cálculo De Flota De Camiones Para Una Operación Minera A Cielo Abierto*” Tesis para obtener Título de Ingeniero de Minas. PUCP. Lima- Perú

Arrau, J. (2006). *Manual General de Minería y Metalurgica*. Santiago, Chile: Portal Minero Ediciones.

Baldeón, Q. Z. (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para incremento de la productividad en la CIA Minera Condestable S.A.* Lima: Pontificia Universidad católica del Perú.

(Barreto, 2016) . *Criterios de selección y reemplazamiento de equipo para la construcción de accesos y plataformas en la zona de san Antonio, provincia de Yauli-Junín.* Tesis de Grado, 2016.

Caterpillar. (2014). *Manual de Rendimiento Caterpillar*. Peorina, Illinois, U.S.A.: Caterpillar Inc.

Crespo A., M. (1997). *Manual para Movimiento de Tierras en Minería Superficial*. Caracas.

Esteban, R. D. (2013). *Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según su rendimiento*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Gómez Echeandía, s. (2011). *Dimensionamiento óptimo de flotas de equipos para proyectos de movimientos de tierras*.

Herrera Herbert, J. (2006). *Métodos de Minería a cielo abierto*. Madrid: Universidad politécnica de Madrid.

López Jimeno, C. (1995). *Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto*. Madrid. Meza, C. J. (2011). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmoste en una operación minera a tajo abierto*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ortiz S, O., Canchari S, G., & Gozales T, M. (2007). *Simulación determinística y estocástica para dimensionar, y seleccionar equipo y elegir alternativas de minado en la explotación minera superficial*. Lima: Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Revista G y M. Herbert L. Nichols, J. G. (1985). *Movimiento de Tierras*. México: Continental S.A.

Rojo López, J. (2010). *Manuel de Movimientos de Tierras a Cielo a Abierto*. Madrid.

Vargas Sánchez, R. (1999). *La maquinaria pesada en movimientos de tierras (descripción y rendimiento)*. México: Instituto tecnológico de la construcción.

Vidal, L. M. (2010). Estudio de cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto. Pontificia Universidad católica del Perú.

Yanqui M. (2016). *Toma de decisiones en la selección y reemplazo de volquete volvo fm 12 – 420 en el acarreo de material en plataformas y accesos - unidad minera Jessica - CIA minera ARASI S.A.C. ”*. UNSA. Arequipa- Perú

ANEXOS

Anexo 01

Tabla 9

Base de datos del ciclo de carguío y Acarreo de una empresa minera de la Libertad

DISTANCIA (X) (m)	Cuadrary cargar(min.)	Ida Cargado (min.)	TIEMPO		CICLO (Y) (hora)
			Voltear y vaciar (min.)	Regresovació (min.)	
3000.0	6	20.00	3.5	15.00	0.7417
3002.5	6	20.03	3.5	15.03	0.7427
3005.0	6	20.05	3.5	15.04	0.7432
3007.5	6	20.07	3.5	15.06	0.7438
3010.0	6	20.10	3.5	15.09	0.7448
3012.5	6	20.12	3.5	15.12	0.7457
3015.0	6	20.14	3.5	15.14	0.7463
3017.5	6	20.16	3.5	15.16	0.7470
3020.0	6	20.18	3.5	15.19	0.7478
3022.5	6	20.21	3.5	15.21	0.7487
3025.0	6	20.24	3.5	15.24	0.7497
3027.5	6	20.27	3.5	15.27	0.7507
3030.0	6	20.29	3.5	15.30	0.7515
3032.5	6	20.30	3.5	15.33	0.7522
3035.0	6	20.32	3.5	15.35	0.7528
3037.5	6	20.33	3.5	15.38	0.7535
3040.0	6	20.35	3.5	15.41	0.7543
3042.5	6	20.38	3.5	15.42	0.7550
3045.0	6	20.40	3.5	15.44	0.7557
3047.5	6	20.41	3.5	15.47	0.7563

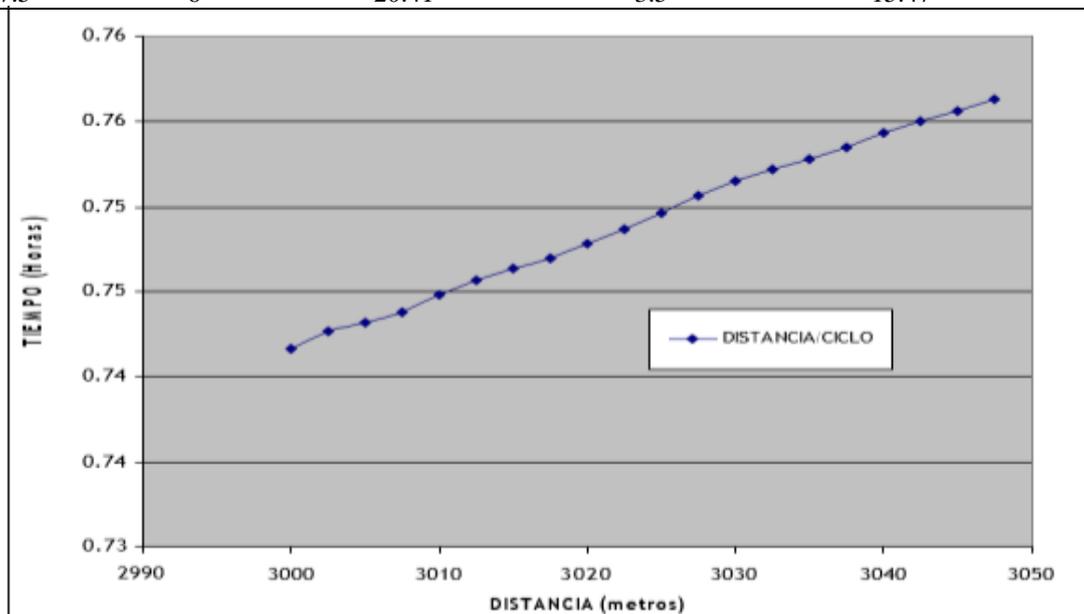


Figura 9

Curva de la base de datos.

Anexo 02

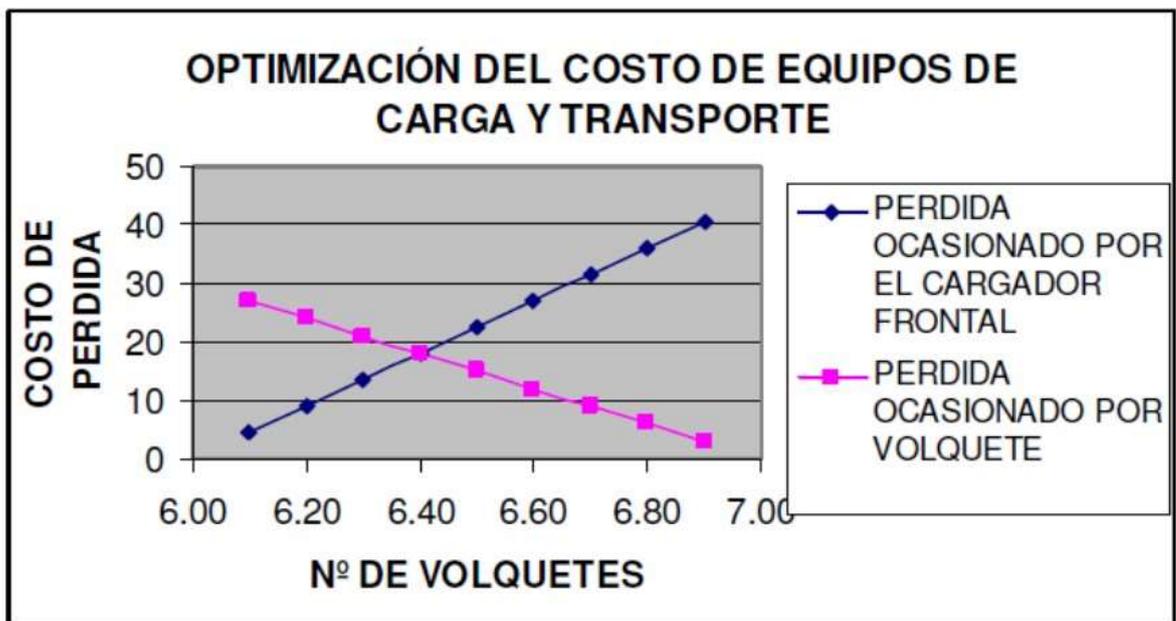
Tabla 10

Base de datos de volquetes requeridos de una empresa minera de la Libertad

N DE VOLQUETES REQUERIDOS	MÍNIMO N DE VOLQUETES	CARGADOR FRONTAL	PÉRDIDA DEL CARGADOR FRONTAL	MÁXIMO N DE VOLQUETES	VOLQUETES	PÉRDIDA DE VOLQUETES
6,00						
6,10	6	0,1	4,5	7	0,9	27
6,20	6	0,2	9	7	0,8	24
6,30	6	0,3	13,5	7	0,7	21
6,40	6	0,4	18	7	0,6	18
6,50	6	0,5	22,5	7	0,5	15
6,60	6	0,6	27	7	0,4	12
6,70	6	0,7	31,5	7	0,3	9
6,80	6	0,8	36	7	0,2	6
6,90	6	0,9	40,5	7	0,1	3
7,00						

Figura 10

Optimización del costo de equipos



Anexo 03

Figura 11

Ficha técnica de los equipos analizados



Motor
SCANIA D13 146 500 hp 13 litros Euro 5
Torque: 3.590 Nm (1.881 lb-ft) de 1.000 a 1.300 rpm
Potencia: 500 hp (372 kW) a 1.900 rpm
Sistema de inyectores Scania XPi
Freno auxiliar de motor: Automático + Manual
Potencia de freno de escape: 383 hp (257 kW) a 2.400 rpm

Transmisión
GRS0905H
Caja de cambios: 12 + 2 velocidades
Relación más alta: 13,2:1
Relación más baja: 0,80:1
Programa de cambios Opticruise: Modo Todoterreno, Potencia y Normal
Retardador: 4.100 Manual + Automático

Diferencial
Diferencial: R660 + R662 con bloqueo de diferencial
Relación Paso Diferencial:

Ejes
Eje Delantero: Capacidad de 7,500 kg (16.534 lb)
Suspensión mecánica de balasta parabólica 2x32
Eje Trasero: Capacidad de 13,000 kg (28.660 lb) + 13,000 kg (28.660 lb) = 26,000 kg (57.320 lb)
Suspensión neumática, con control electrónico de nivel

Chasis
Tipo: Articulado, aplicación Volquete
Configuración de ejes: 6x4
Altura de chasis: Alta
Adblue: 105 litros (lado derecho)
Distancia entre ejes: 3.750 mm

Tanques de Combustible
Capacidad: 500 litros (tanque izquierdo) + 400 litros (tanque derecho)
Material: Aluminio
Calentador de diésel

Frenos
Tambor (Estándar)
Frenado Neumático y Electrónico
Auxiliares Retardador + Freno de Escape

Neumáticos y Rines
Delanteros: 315/60R22.5 con rín de aluminio cepillado
Traseros: 315/60R22.5 con rín de aluminio cepillado
Refacción: 315/60R22.5 con rín de aluminio cepillado

PTO
E06S2P
Torque 1.200 Nm (885 lb-ft)
Desmultiplicación (1.0:0.1, 1.1:0.3)

Cabina
La Cabina con dormitorio de la serie R, ofrece un mayor confort, visibilidad y rendimiento
Puesto del conductor: Volante con ajuste de altura y botones de mando de control. Asiento con ajuste neumático y categoría Premium. Estéreo con pantalla de 5". GPS (Scania Communicator)
Características: Cabina R con cama extensible de 800 a 1.000 mm. Altura de piso a techo normal (1.85 m). Retrovisores externos. Control de vidrios eléctricos.



Capacidades y peso	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capacidad técnica (kg)	7.500 kg (límite)	26.000 kg (límite)	33.500 kg (límite)
Peso vehículo (kg)			9.918 kg (límite)
Capacidad máxima de tracción (kg)			30.000 kg (límite)

Paquete XT
Parachoques saliente 150 mm
Protección faro principal
Parasol exterior
Carcasa del retrovisor mirrada, diseñada para una mejor durabilidad.

MOTOR
Modelo: VOLVO D11C 330 Euro 5 SCR
Características: D11C=10,8 lts, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro. Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico.
Potencia: 330 CV (1.600 a 1.900 rpm)
Torque: 1.600 Nm (950 a 1.400 rpm)

CAJA DE VELOCIDADES
Modelo: Volvo A12612F
Tipo: Automatizada sin sincronizados
Sistema: I-SHIFT
Marchas: 12 velocidades adelante + 4 atrás
Opcional: I-SHIFT (reconocimiento de ruta)

SUSPENSIÓN DELANTERA
Tipo: Ballestas parabólicas de 3 hojas con amortiguadores y barra estabilizadora

FRENOS
Tipo: Frenos a tambor con ABS, EBS y Control de Tracción
Freno auxiliar: Freno de motor VEB a través de las válvulas de 390 CV

TANQUES DE COMBUSTIBLE
Combustible: Plástico de 345 litros (6x4R) y 400 litros (8x4R)
Aditivo SCR: Capacidad de 32 litros

DIFERENCIAL
Modelo: RT52370A sin red. de cubos
Relación de reducción: 3,40:1 y opc.
Capacidad de arrastre: 65 Tn (6x4R) y 70 Tn (8x4R)
Bloqueo de diferencial de 2 etapas

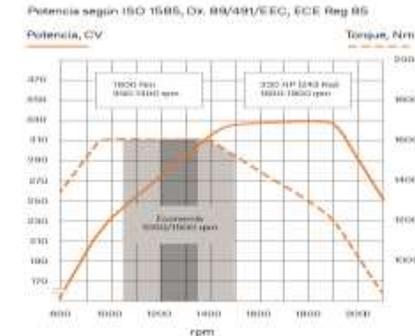
SUSPENSIÓN TRASERA
Tipo: Ballestas parabólicas de 3 hojas con amortiguadores y barra estabilizadora
Capacidad: 21.000 a 28.000 Kg

CHASIS
Material: Acero especial LNEGO
Altura: 300 mm

PAQUETE MIXER
Escape Vertical
Toma de fuerza motor con brida

NEUMÁTICOS Y LLANTAS
Neumáticos: 295/60R22,5
Llantas: Acero 9"

Potencia según ISO 1585, OX, 80/48/EEC, ECE Reg 85



Pesos y Capacidades (Kg)	Eje delantero	Eje trasero	Total
Cap. técnica	7.500 (l) a 16.000	21.000	28.500 (l) a 37.000
Límite legal	6.000 (l) a 10.000	18.000	24.000 (l) a 28.000
Peso del chasis*	6.634	2.780	9.420
Capacidad máxima de tracción			70.000

*Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofar y con rueda de auxilio. Llantas de acero, frenos a tambor, sistema extendido y distancia entre ejes de 4.600 mm (6x4). (l) Para FM 6x4R. Peso total del chasis 6x4R: 9.430 kg.

MEDIDAS

Cabina: Techo Normal Suspensión: Mecánica Opcional: Cabina Dormitorio

