



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO EN CAMPO Y LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE DE LA MAQUINARIA PESADA EN UNA MINA DE CAJAMARCA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Edinson Salvador Bazauri Briones

Bach. Luis Alexander Tauma Bobadilla

Asesor:

Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestras esposas por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros hijos, que son la fuente de inspiración de este largo camino y ser ejemplos de padres para el futuro el cual les espera.

Los autores

AGRADECIMIENTO

A mi familia quienes han creído en mí siempre,
dándome ejemplo de superación, humildad y
sacrificio.

A nuestro asesor Ing. Oscar Vásquez Mendoza
que nos ayudó con las inquietudes durante todo
el desarrollo de nuestra tesis y su muestra de
dedicación con sus consejos y enseñanzas

Los autores

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ABSTRAC	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	42
3.1 Rendimientos teóricos dados por el fabricante	42
3.1.1. <i>Excavadora Hyundai Robex 500LC</i>	42
3.1.2. <i>Rendimiento del tractor D6T</i>	45
3.1.3. <i>Volquete Scania</i>	49
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	53
4.2.1. <i>RECOMENDACIONES:</i>	55
REFERENCIAS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: TRACTOR DE ORUGAS CAT D6T.....	17
FIGURA 2: HOJA UNIVERSAL PARA TRACTOR DE ORUGAS	20
FIGURA 3: EXCAVADORA HIDRAULICA	22
FIGURA 4: CAPACIDAD DEL CUCHARON.....	22
FIGURA 5: VOLQUETE – CAMION DE ACARREO	24
FIGURA 6: TOLVA CAMION VOLQUETE.....	26
FIGURA 7: ABACO PARA CALCULAR RENDIMIENTOS MAXIMOS TEORICOS DE TRACTOR ORUGA D6T	33

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: FACTORES DE CORRECCIÓN SEGÚN LAS CONDICIONES DE TRABAJO.....	34
TABLA 2: FACTOR DE LLENADO DE LA EXCAVADORA.....	35
TABLA 3: RENDIMIENTOS TEORICOS DE EXCAVADORAS DADAS POR EL FABRICANTE.....	36
TABLA 4: RENDIMIENTO DIARIO CARGUIO - EXCAVADORA.....	40
TABLA 5: DIFERENCIA ENTRE RENDIMIENTO TEORICO Y EL RENDIMIENTO REAL EN CARGUIO - EXCAVADORA.....	43
TABLA 6: RENDIMIENTO DIARIO EMPUJE - TRACTOR.....	45
TABLA 7: DIFERENCIA ENTRE RENDIMIENTO TEORICO Y EL RENDIMIENTO REAL EN EMPUJE - TRACTOR.....	46
TABLA 8: RESUMEN DE RENDIMIENTOS TEORICOS DE DISTANCIAS DE ACARREO.....	47
TABLA 9: RENDIMIENTO DIARIO ACARREO - VOLQUETES.....	48
TABLA 10: DIFERENCIA ENTRE RENDIMIENTO TEORICO Y EL RENDIMIENTO REAL EN ACARREO - VOLQUETE.....	50
TABLA 11: PRINCIPALES TIEMPOS NO TRABAJADOS EN ACARREO.....	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: COMPARACION DE RENDIMIENTOS EXCAVADORA	42
GRÁFICO 2: COMPARACION DE RENDIMIENTOS TRACTOR	46
GRÁFICO 3: COMPARACION DE RENDIMIENTOS VOLQUETE.....	49

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo obtener rendimientos reales de movimiento de tierras, usando maquinaria pesada, para las actividades de: carguío con excavadora, acarreo con volquetes de 15 m³ y empuje con tractor sobre orugas.

La toma de datos se realizó en el mes de noviembre del 2018 por observación directa a la maquinaria pesada. Para controlar las horas trabajadas se usaron los resúmenes diarios de control de maquinaria pesada.

Los rendimientos reales obtenidos han sido comparados con los rendimientos dados por el fabricante, identificando factores adversos propios de un proyecto minero como son: mal clima, falla mecánica, etc.

Palabras claves: Rendimientos, maquinaria pesada, carguío, acarreo, empuje

ABSTRACT

The objective of the present investigation is to obtain real yields of earth moving, using heavy machinery, for the activities of: loading with excavator, hauling with 15 m³ dump trucks and pushing with tractor on tracks.

The data collection was made in November 2018 by direct observation of heavy machinery.

Daily control summaries of heavy machinery were used to control the hours worked.

The real yields obtained have been compared with the yields given by the manufacturer, identifying adverse factors of a mining project such as: bad weather, mechanical failure, etc.

Keywords: Yields, heavy machinery, loading, hauling, pushing

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En todos los proyectos de ingeniería, el valor del precio unitario para una actividad está ligado inmersamente al rendimiento, en los proyectos de movimiento de tierras, el análisis de precios unitarios está compuesto únicamente por los equipos, ya que no se considera mano de obra ni material, el costo del operador está incluido en la tarifa de los equipos. Es decir, la incidencia en el costo directo depende del rendimiento propuesto y de la tarifa por hora de la máquina. Es por esto que tener un rendimiento real nos permite proyectar presupuestos más ajustados a la realidad (Torres. R 2007)

A demás, la falta de información de rendimientos con maquinaria pesada en movimiento de tierras afecta la etapa de programación, ya que no se puede determinar exactamente la fecha de hitos de entrega del proyecto. Por otro lado, en la etapa de ejecución, si ya se tienen fechas de entrega establecidas o estamos atrasados en el proyecto; el no tener un rendimiento real imposibilita el hecho de dimensionar las flotas o cuadrillas a reprogramar para cumplir con los plazos ya establecidos.

A nivel mundial los proyectos de movimiento de tierras masivo son ejecutados por maquinaria pesada de todo tipo: excavadoras, tractores, volquetes, retroexcavadora, rodillos, motoniveladoras, etc. En los proyectos de minados requiere de movimiento de tierras masivos en donde se respete las características del material y banco; involucrando para su ejecución principalmente a tres (03) equipos: excavadoras, tractores y volquetes de 15m³; conocida como flota menor.

(Bringas, 2010) en Evaluación de rendimientos de maquinaria pesada en la construcción de la plataforma de lixiviación La Quinoa Etapa 7B-:MY- Cajamarca define al rendimiento como la producción de una máquina en el número de unidades de trabajo que realiza en la unidad de tiempo, generalmente una hora.

Matemáticamente se lo puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \text{cantidad/Tiempo}$$

Dónde:

Cantidad: expresado en volumen, área, longitud, unidad, etc.

Tiempo: expresado en días, jornal, horas, etc.

Rendimiento nominal, teórico o máximo (RN). Es aquel que es capaz de alcanzar una máquina en excelentes condiciones de trabajo y estado técnico, sin interrupciones. Este es el que brindan los fabricantes de los equipos en los catálogos para su venta, en la maquinaria pesada este disminuye con la distancia (Huingo, 2013).

Rendimiento real (RR). Será aquel que la maquinaria pesada podrá desarrollar en condiciones reales y más usuales de trabajo, donde se consideran interrupciones por diversas causas (lluvia, roturas imprevistas, mantenimientos al equipo, su mejor o peor adaptabilidad al trabajo a realizar, el estado técnico real que posee experiencias y habilidades de los operadores, etc.). Evidentemente este será siempre menor que el nominal o a lo sumo igual, es decir: $RR \leq RN$ (Huingo, 2013).

Se puede determinar la duración total del ciclo de trabajo para calcular el rendimiento en las condiciones reales. Para que el resultado sea preciso es necesario tomar el promedio de un gran número de ciclos.

Si se está analizando un ciclo, ya sea para estudiar la manera de hacerlo más breve, o para utilizar su duración como base para calcular el rendimiento bajo diferentes condiciones, se puede dividir en sus operaciones separadas de las cuales se determina su duración por separado.

Una máquina de construcción puede trabajar en un ciclo intermitente, en una forma continua, o de manera intermedia entre estos dos tipos. El siguiente cuadro muestra la categoría en que quedan varios equipos.

Por ciclos	Operación intermedia	Operación continua
Pala giratoria	Perforadoras	Bandas transportadoras
Cargador frontal	Conformadoras	Excavadoras de ruedas
Tractor de orugas	Aplanadoras	Trituradoras
Camión	Escarificadores	Lavadoras de grava
Revolvedora de concreto		Cribadoras

El ciclo intermitente es aquel al que pertenecen las máquinas más importantes que se usan en excavaciones primarias. Todas ellas tienen un cucharón, caja que se carga, se mueve se vacía y regresa al punto de carga. A cada grupo completo de operaciones se le llama ciclo de trabajo.

Por ejemplo, una excavadora hidráulica excava en el banco, hace girar colocando el cucharón en el camión, los descarga en el camión y regresa al banco y coloca el cucharón en posición de excavar. El camión llega a la zona de carga, espera que la pala cargue y luego lleva el material a la zona de descarga, realiza la acción de descargar y vuelve vacío al punto de carguío; en cada caso el conjunto de operaciones es un ciclo.

La magnitud del rendimiento depende del tamaño y de la eficiencia del órgano excavador, ya sea éste cucharón, caja, cuchilla o banda, y del tiempo que dure su ciclo completo. La duración del ciclo a su vez depende de la rapidez con que se carga el órgano de ataque, de la velocidad con que se mueve, se descarga, y vuelve al punto de carga.

La distancia que se mueve la carga puede variar desde unos cuantos metros a varios kilómetros llevados por el camión. La distancia es con frecuencia el factor determinante en el ciclo del camión.

Se llaman horas efectivas aquellas durante las cuales la máquina trabaja y produce. Es usual tomar como horas efectivas las pequeñas paradas inherentes al trabajo, tales como la espera de un camión detrás del que le precede y cuya carga no ha finalizado todavía.

Horas posibles u horas disponibles no trabajadas (HDNT) son aquellas durante las cuales la máquina puede teóricamente trabajar. Las horas posibles se producen debido a causas externas al contratista y que son imputables al cliente. Como, por ejemplo:

Voladura: Debido a que el material trabajado es roca mineralizada, se procede a realizar voladuras controladas. Por seguridad el cliente exige que todos los equipos, así como el personal sean retirados hacia una zona totalmente segura.

Esto produce un tiempo de parada de 30 a 60 min.

Clima adverso: En la zona de trabajo, frecuentemente se tiene climas que dificultan el normal desarrollo del trabajo como es tormentas eléctricas neblinas densas. El cliente exige que en estos casos y por seguridad del personal y los equipos se paralice las labores.

Falta de frente de trabajo: es el tiempo que permaneció el equipo sin trabajar, porque no se le asignó un frente de trabajo o porque se terminó el mismo.

Charla grupal y/o seguridad: Se registrará el tiempo de charlas de diarias de 5 - 10 minutos y charlas mensuales de 30 minutos a 1 hora.

Horas de parada u horas no disponibles (HND) son aquellas durante las cuales la máquina está paralizada por causas de responsabilidad e imputables al contratista.

Como, por ejemplo:

Condición insegura: tiempo en el que el equipo estuvo paralizado por que el operador o el equipo no cumplían con los estándares de seguridad exigidos por el cliente.

Ausencia de operador: Tiempo en el que el equipo estuvo paralizado por ausencia del operador, ya sea temporal o total en la guardia.

Combustible: tiempo en el cual estuvo el quipo paralizado para abastecer de combustible.

Falla mecánica: tiempo en el cual el equipo estuvo paralizado por mantenimiento o por falla mecánica.

En cuanto a la eficiencia de la máquina y su operación, Los tiempos ociosos como los retrasos por mover la máquina, preparaciones menores de ajuste, descansos, paradas para pedir instrucciones, o para ver las estacas de rasante no se promedian para

determinar la duración del ciclo. Se consideran por separado como factores de eficiencia de la máquina. Que puede variar entre 70 y 85% por cortos periodos con operadores expertos en una obra bien administrada, con maquinaria en buenas condiciones y tiempo favorable. Una manera cómoda de tomar la eficiencia es del 83%, aproximadamente, es considerar que una hora contiene solo 50 minutos de trabajo. Si 2 máquinas son interdependientes se espera que el factor de eficiencia disminuya a un 60%.

Entre los términos más importantes respecto al rendimiento de maquinaria pesada podemos considerar:

Acarreo o Transporte, el cual Consiste en transportar diferentes tipos de materiales (desmonte, mineral, cobertura orgánica, roca, etc.), sobre un camión o volquete por rutas ya establecidas, desde la zona de carguío a la zona de descarga.

El empuje en el botadero se lo realiza según el diseño establecido en los planos y de acuerdo con los requerimientos descritos en las especificaciones. El empuje se lo realiza con tractor y consiste en esparcir de forma pareja el material dejado por los volquetes en las zonas de descarga, se tendrá en cuenta los límites de descarga dejados por topografía cuando se empuje el material descargado.

Banco de material es la zona donde se encuentra el material a ser cargado y acarreado, ya sea como mineral o como desmonte, en el cual es necesario conocer la clases o clases de suelos existentes en dicha zona, así como el volumen aproximado de material o materiales, que puedan ser extraídos, removibles y utilizables.

Material Mineral es el material con buena cantidad de mineral, la cual es llevada a las pilas de lixiviación o PAD's, para luego ser procesadas. Es de este material de donde se extraen el oro y plata (DORE).

Material Desmonte es el material con poca o ninguna cantidad de mineral, no siendo rentable llevarlos a la etapa de producción. Este material es llevado a depósitos de desmonte, para finalmente hacer los trabajos de cierre de minas - reclamaciones finales.

Bulldozer- Tractor de oruga

Un tractor de oruga es una unidad de potencia de tracción que tiene una cuchilla al frente de la máquina. Están diseñados para proporcionar potencia de tracción al trabajo de la barra de tiro. Los tractores se usan para empujar material, extender material, limpiar terreno, romper roca y empujar otros elementos de equipo de construcción.

Pueden estar equipados además con un desgarrador o un ripper. Para desplazamientos de grandes distancias entre proyectos o dentro de un proyecto, el tractor debe ser transportado por otro equipo (cama baja). Moverlos con su propia potencia aún a velocidades muy bajas incrementa el uso de la tracción disminuyendo la vida útil de la máquina (CATERPILLAR 2012)

El chasis que soporta los diversos elementos del tractor de orugas debe ser robusto y rígido. El motor diésel desarrolla potencias en la barra de tiro desde 30 a más de 800 Hp. Para las pequeñas y medianas potencias, el esfuerzo del motor es transmitido a través de un embrague principal de disco simple o múltiple; para las potencias elevadas, se emplean diversos procedimientos: embrague hidráulico, electromagnético, combinado o no con un convertidor de par, etc. los engranajes de la caja de velocidades o el diferencial funcionan en baño de aceite. Posee generalmente un freno de disco sobre el árbol de entrada a la caja de cambio (CATERPILLAR 2012).



Figura 1: Tractor de Oruga

La dirección se logra por diferencia de velocidades de las dos orugas, siguiendo los procedimientos: En el primero, el esfuerzo se transmite a las orugas por medio de embragues laterales que permiten desembragar una oruga, continuando en la otra la tracción. Un freno a la salida de cada embrague lateral permite retrasar e inmovilizar la oruga correspondiente.

Partes Del Tractor De Orugas.

Bastidor. El bastidor o chasis es el elemento metálico que sirve de soporte a todos los mecanismos que lleva consigo un tractor.

Soporte De Orugas. Consta de un bastidor a cada costado del tractor articulado con el chasis principal y sirve de soporte al tren de rodaje completo.

Motos Diésel. El motor diésel rápido es un motor con bajo consumo de gasoil y su velocidad es normalmente inferior a las 2400 r.p.m.

Embrague Principal. El embrague principal es el elemento que hace solidario o aísla el motor diésel de la caja de cambios del tractor. Los embragues utilizados han sido preferentemente de discos, sumergidos en baño de aceite.

Caja De Velocidades. Las cajas de velocidades de los tractores son similares a las empleadas en los camiones pesados.

Campo De Empleo Del Tractor de orugas.

Son máquinas de posibilidades amplísimas; desde los trabajos de carreteras a los de edificación, de los hidráulicos a los de cantera, mineros, etc.; por otro lado, pueden arrastrar o empujar una amplia gama de aperos y máquinas de obras. En particular:

Trabajos de edificaciones y carreteras: Extendido de los materiales excavados por la misma maquina o transportados por otras máquinas; explanaciones de montones; apertura de zanjas; construcción de acceso a los puentes; desatasco de vehículos enterrados; empuje de moto traíllas; trabajos de escarificación, arreglo de taludes, trazado de carreteras a medía ladera, desplazamientos de los materiales en las canteras. Trabajos hidráulicos: construcción de diques, obstáculos de tierra, limpieza de canales, construcción de depósitos.

Canteras y minas: Eliminación de la capa orgánica superficial, alejamiento de la escorrentía, extendido y sedimentación de los materiales, alejamiento de las masas rocosas desprendidas de las voladuras, acumulación de los materiales que deben ser recogidos por Trabajos especialmente para el uso de Bulldozer con tractor de cadenas (CATERPILLAR 2012).

Herramientas de producción - Hojas topadoras.

Hoja U (Universal). Los amplios flancos de esta hoja incluyen una cantonera y por lo menos una sección de cuchilla que facilitan el empuje de grandes cargas a largas distancias como en trabajos de recuperación de terrenos, apilamiento, alimentación de tolvas y 'amontonamiento para cargadores. Como no tiene muy buena penetración por su menor relación de kW/metro (hp/pie) de cuchilla que la Hoja S y la hoja SU, la penetración no debe ser el factor primordial. Aunque su relación de kW/m³ Suelto

(hp/yd3S) sea menor que la de la Hoja S o la Hoja SU, esta hoja es excelente con material liviano o más fácil de empujar.

Si está equipada con cilindros de inclinación, se puede usar la hoja U para apalancar, nivelar, cortar zanjas y dirigir el tractor (CATERPILLAR 2012).

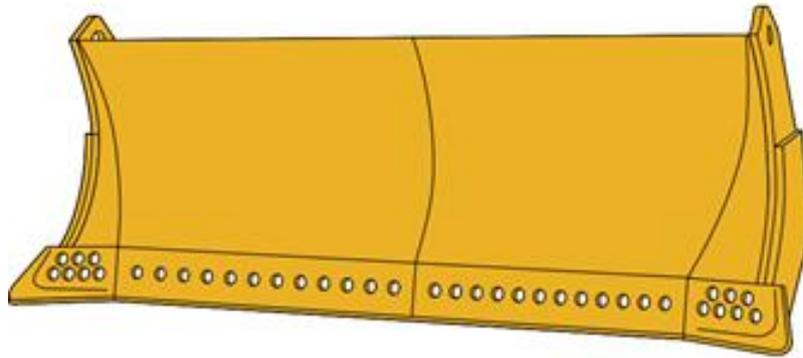


Figura 2: Hoja universal para tractor oruga

Excavadora hidráulica

Dentro de las máquinas de excavación de tierras hay que distinguir varios tipos según la forma de realizar dicha operación, pues con una estructura básica pueden cambiar los tipos de trabajo según las tareas especificadas que hayan de realizarse.

De todas formas, la generalización de los movimientos de tierras mecanizados de los movimientos de tierras, data del decenio de 1930, aunque la puesta definitiva de estas máquinas no se consiguió hasta después de la segunda guerra mundial.

Ello fue debido a que durante aquellos años se logró un motor diésel suficientemente ligero, rápido y fiable para el accionamiento, ya que el uso de la gasolina como fuerza motriz resultaba excesivamente caro y enojoso (CATERPILLAR 2012).

Una importante evolución ha tenido también lugar en los años setenta, al ponerse a punto mecanismos hidráulicos de gran potencia que han dado origen a las excavadoras hidráulicas. Hasta entonces las excavadoras eran mecanismos totalmente mecánicos. En la actualidad, los equipos hidráulicos de excavación tienen una presencia cada vez mayor en las obras, por su gran flexibilidad e indudables costos de explotación competitiva. Su propia configuración y diseño han permitido en algunos casos el empleo de neumáticos, frente a las orugas tradicionales.



Figura 3: Excavadora Hidráulica

Excavadora hidráulica-Capacidades del cucharon

Se clasifica a los cucharones de excavadoras de acuerdo con la norma PCSA N° 3 y la SAE J-296. Las capacidades de los cucharones se clasifican colmados y a ras de la manera siguiente:

- a. Capacidad a ras: El volumen de material dentro del contorno de las planchas laterales, delantera y trasera sin contar material en la plancha de derrame ni en los dientes.
- b. Capacidad colmado: El volumen del cucharón cargado a ras más el volumen de material encima del nivel del ras, con un ángulo de reposo de 1:1 sin contar material en la plancha de derrame ni en los dientes.

La comisión de equipo de construcción clasifica el volumen de cucharón colmado con un ángulo de reposo de 2:1 para el material encima del nivel a ras.

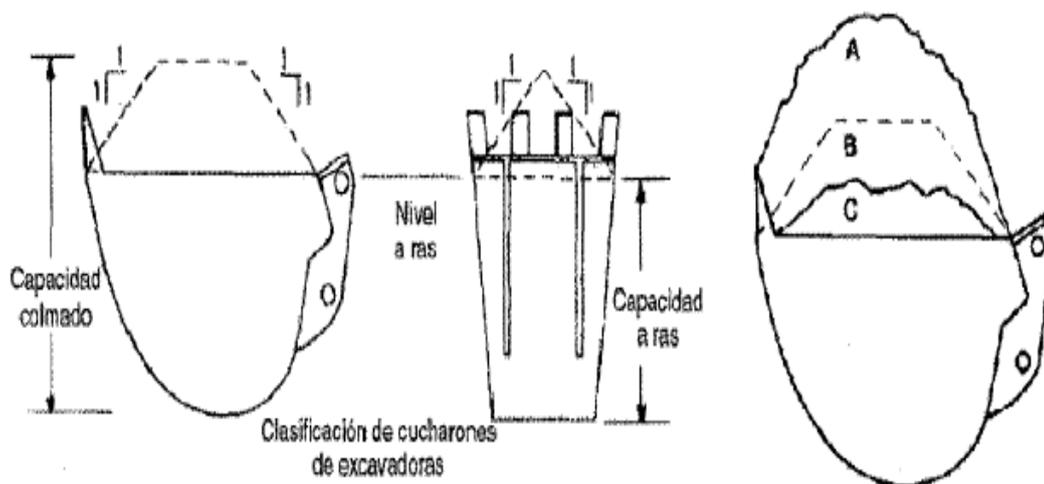


Figura 4: Capacidad del cucharon.

Carga útil del cucharón

En una excavadora, la carga útil del cucharón (la cantidad de tierra del cucharón en cada ciclo de excavación) depende del tamaño y forma del cucharón, de la fuerza de plegado y de ciertas características del suelo, tales como el factor de llenado de ese tipo de tierra. Se indican a continuación los factores de llenado de diversos materiales.

Carga útil del cucharón = (Capacidad colmada) * (Factor de llenado)

Cálculo de tiempos de ciclo de carguío de la excavadora.

El ciclo de excavación de la excavadora consta de cuatro partes

- Carga del cucharón.
- Giro con carga.
- Descarga del cucharón.
- Giro sin carga.

El tiempo total del ciclo de la excavadora depende del tamaño de la máquina (las máquinas pequeñas tienen ciclos más rápidos que las máquinas grandes) y de las condiciones de la obra. A medida que éstas se hacen más difíciles (se dificulta más la excavación, la zanja es más profunda, hay más obstáculos, etc.), baja el rendimiento de la excavadora. A medida que se endurece el suelo y se dificulta su excavación, se tarda más en llenar el cucharón. A medida que la zanja se hace más profunda y la pila del material que se saca crece, el cucharón tiene que viajar más lejos y la superestructura tiene que hacer mayores giros con cada ciclo de trabajo.

La ubicación de la pila del material y del camión afecta también el ciclo de trabajo. Si el camión se estaciona en el área inmediata de excavación contigua al área del material, son posibles ciclos posibles de 10 a 17 segundos. El extremo opuesto sería con el camión o pila de material por encima del nivel de la excavadora, a 180° del punto de excavación.

Producción de la excavadora

Como en toda máquina para mover material, la producción de una excavadora hidráulica depende de la carga útil media del cucharón, el tiempo medio del ciclo, y la eficiencia del trabajo. Si un técnico predice con exactitud el tiempo de ciclo de la excavadora y la carga útil del cucharón, se puede usar la fórmula siguiente para hallar la producción de una máquina.

Equipo de acarreo - camión volquete.

El camión de volteo o volquete es probablemente, la más familiar de las máquinas que se usan para hacer movimiento de tierras, sin embargo, su estructura es complicada. Estas máquinas han sido concebidas, diseñadas y construidas para ejecutar el transporte de materiales entre diferentes sitios de la zona del proyecto.



Figura 5: Volquete ~ camión de acarreo

Tipos de camión

Se tiene diferentes tipos de camiones como son: los camiones basculantes, dumper rígidos y dumper articulados, el presente estudio sólo describe a los tipos

Basculantes.

Camiones basculantes. Tienen las siguientes características:

Bastidor: Rígido (los de 3 ejes) y Articulado (los de 5 ejes). **Número de ejes:** Los de tres (3) ejes, poseen uno (1) adelante de rueda sencilla que es direccional, y dos (2) atrás de rueda doble que son motrices.

Los de cinco ejes, poseen uno delante de rueda sencilla, dos intermedios de rueda doble, que son motrices, y dos atrás de rueda doble para apoyo de la caja.

Caja: Tiene forma rectangular, de sección constante. Hay camiones de una caja y en este caso ésta posee tapa de cola y una visera en la parte delantera para protección durante las operaciones de carguío. Cuando el camión tiene dos cajas, la de adelante descarga lateralmente y la de atrás descarga hacia atrás, y en este caso ninguna de ellas posee visera de protección.

Usos: Se deben utilizar principalmente para el transporte, sobre vías en buen estado, de arena, gravas, suelo seco y mezclas asfálticas.

Partes del camión.

Se detallará únicamente el camión articulado, por ser objeto del estudio. Las principales partes componentes de un camión de acarreo son las siguientes:

- a. Tracto. Es el vehículo sobre el cual se instalan las partes componentes de la herramienta de trabajo. Su configuración es muy variable dependiendo del tipo de camión y del fabricante del mismo.
- b. Caja. Es el recipiente en el cual se colocan los materiales que van a ser transportados. Su configuración también varía según el tipo de camión y del fabricante del mismo. La caja va articulada al bastidor del camión por medio de una bisagra ubicada en la parte trasera del camión.
- c. Sistema hidráulico para descarga. Como todo sistema hidráulico está conformado por un tanque hidráulico, mangueras, válvulas y cilindros hidráulicos que tienen la función de controlar los movimientos de la caja en las operaciones de descarga. Los cilindros hidráulicos pueden ir instalados debajo de la caja o en las partes laterales de la misma.

La caja de volteo o tolva

La unidad de la caja de volteo consta de la caja, la puerta de la caja, accesorios de la caja, como cadenas, pasadores y equipos opcionales como los protectores de la cabina. El sistema elevador, que incluye el bastidor auxiliar, una bomba, válvula, cilindro hidráulico y los controles. Existen numerosos modelos de cajas y de sistemas elevadores para cada camión.

Generalmente, estas unidades no las fabrica el constructor del camión.

La tolva está construida de lámina de acero reforzada por un reborde arriba y abajo, además de refuerzos de sección en los lados. En la parte posterior, postes gruesos que parten del bastidor se combinan para formar una estructura suficientemente rígida para resistir la flexión hacia afuera.

Bazauri E. y Tauma L.

La caja se mantiene en posición horizontal para cargar y transportar. Para vaciar, se activa con un control de la cabina y la caja empieza a levantarse girando sobre sus articulaciones traseras. Su propio peso y la presión de la carga deslizándose contra ella, hacen que la puerta gire hacia afuera en sus bisagras superiores. Cuando se ha terminado de vaciar la carga, se baja la caja, la puerta gira cerrándose y volviendo a su posición horizontal inicial.



Figura 6: Tolva camión

Trabajos realizados por el camión volquete.

- a. Para transportar materiales desde los sitios de excavación hacia los terraplenes y botaderos.
- b. Para transportar materiales desde los préstamos hacia los terraplenes.
- c. Para transporte de materiales desde las canteras hacia la planta de procesamiento.

Producción de volquetes

Para calcular el rendimiento mínimo o teórico de los camiones volquetes se sigue un procedimiento distinto al empleado para el cálculo del rendimiento mínimo de los equipos

Bazauri E. y Tauma L.

amarillos, esto debido a que el rendimiento de los camiones volquetes es muy variable y depende directamente de varios factores como, por ejemplo:

La distancia de acarreo. - Que suelen variar entre uno y otro proyecto esto debido a que las zonas de descarga no siempre están a las mismas distancias de las zonas de carguío. También debemos tener en consideración que la distancia suele variar de acuerdo al tipo de material que se va a transportar, por ejemplo, para un mismo proyecto la distancia que deben recorrer los volquetes para llevar el mineral a su punto de descarga es muy distinta a la distancia que deben recorrer los mismos para llevar el desmonte a sus puntos de descarga.

Las velocidades de acarreo. Que varían en función de las condiciones climáticas, de las interferencias que puedan existir en las rutas de acarreo, del cargado del camión volquete, del estado de la vía, entre otros. Para el análisis del ábaco de acarreo se han considerado dos tipos de velocidades, (velocidad del volquete cargado y velocidad del volquete descargado), las que varían de acuerdo a las condiciones de cargado del volquete y a la distancia que recorrerán los mismos.

Los tiempos del ciclo de acarreo. - Para calcular el tiempo que dura el ciclo de acarreo se tomó en consideración. El tiempo de carguío del volquete, el tiempo que tarda el volquete cargado en llegar a su punto de descarga, el tiempo de descarga y por último el tiempo que tarda el volquete descargado en retornar al punto de carguío.

Interferencias. - En el cálculo del ábaco también se tomaron en consideración las interferencias que suelen existir en los ciclos de acarreo ya que estas limitan el libre desarrollo de las velocidades de los volquetes.

Unidad de carguío y unidad acarreo

Vienen a ser los equipos que utilizaremos tanto en el carguío como en el acarreo del material; y es en función de estos que debemos recopilar la información de campo, como por ejemplo:

- ✓ La capacidad neta de transporte del camión volquete por viaje (Volumen neto de la tolva).
- ✓ El tiempo que tarda el camión volquete en ponerse en posición de carguío (Tiempo de posicionamiento).
- ✓ El tiempo que tarda la unidad de carguío entre pasada y pasada (Tiempo por pasada).
- ✓ El número de pasadas con las que la unidad de carguío llena a la unidad de acarreo (Número de pasadas por unidad).
- ✓ El tiempo que tarda la unidad de acarreo en realizar una descarga (Tiempo de descarga).

Velocidades de acarreo.

Son las velocidades que desarrollan los camiones volquetes y que está en función del estado de las vías, del tipo de vehículo usado, de las condiciones climáticas, de las interferencias que puedan existir, de las distancias a cubrir, etc.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la diferencia entre el rendimiento en campo y el de las especificaciones de fabricante de la maquinaria pesada en una mina en Cajamarca, 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la diferencia del rendimiento en campo y el de las especificaciones de fabricante de la maquinaria pesada en una mina en Cajamarca, 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la diferencia entre rendimientos según especificaciones de fabricante y en campo de la excavadora Hunday.

Determinar la diferencia entre rendimientos según especificaciones de fabricante y en campo del tractor CAT D6T.

Determinar la diferencia entre rendimientos según especificaciones de fabricante y en campo del volquete Scania.

Determinar los tiempos no trabajados por la no aplicación de especificaciones de fabricante de la maquinaria pesada.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Existirán diferencias estadísticas entre el rendimiento en campo y el de las especificaciones de fabricante de la maquinaria pesada a un nivel de confianza del 95%.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación es aplicada, tipo no experimental

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

La población es toda la maquinaria pesada de una mina de Cajamarca

La muestra viene a ser las 3 máquinas que trabajan para el movimiento de tierras del área de explotación de una mina de Cajamarca.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La recolección de información se hará directamente en el área de carguío y acarreo de una mina a tajo abierto en Cajamarca.

La técnica de recolección de datos es el análisis documental y la observación. El análisis documental se recolectó de los reportes de las horas trabajadas, volumen de material cargado y transportado de cada maquinaria pesada y de la producción

2.4. Procedimiento

La producción probable de una maquina se puede calcular multiplicando su capacidad real por el número de ciclos que puede repetir en un tiempo determinado.

El rendimiento real se puede encontrar haciendo cubicaciones en el banco, en el equipo de acarreo, o en el terraplén formado durante un tiempo determinado, y/o midiendo las cargas individuales y la duración de los ciclos.

Es preciso clasificar correctamente las horas que un equipo permanece en obra en la situación activa o pasiva que sea para que las imputaciones de éstas sean correctas; y no solamente para que los costos correspondan a la realidad; sino para que también las estadísticas que deben llevarse de cada máquina sean absolutamente fiables. Como es lógico, la definición de los tiempos de trabajo y de parada incide de manera fundamental sobre los diversos tipos de rendimiento que en cada caso se establezcan.

La Disponibilidad y utilización mecánica es el porcentaje de tiempo que el equipo está disponible para operar y realizar la función para la que fue diseñado, en relación con el tiempo total. La disponibilidad se expresa como un porcentaje de disponibilidad (% disponibilidad). El objetivo de este indicador es medir el desempeño de los equipos con la finalidad que la operación tenga cada vez más tiempo el equipo disponible y que éste pueda realizar su función en la operación.

$$Disp. Mec. = \frac{H_{EFECTIVAS} + HDNT}{H_{EFECTIVAS} + HND + HDNT} \quad (Ecuación 2.2)$$

Donde:

- Disp. Mec. = Disponibilidad Mecánica (%).
- H Efectivas = Horas Efectivas.
- HDNT = Horas Disponibles No Trabajadas.
- HND = Horas No Disponibles.

La utilización de equipo Es la porción de tiempo disponible que la maquina está cumpliendo su labor en la operación. La utilización del equipo permite conocer el porcentaje del tiempo que un equipo estuvo operando en el área de trabajo. El objetivo

de este indicador es comparar la capacidad usada contra la instalada, con la finalidad de optimizarla.

$$Utilización = \frac{H_{EFECTIVAS}}{H_{EFECTIVAS} + HDNT} \quad (ecuación 2.3)$$

Donde:

- Utilización = Utilización de los Equipos
- H Efectivas = Horas Efectivas
- HDNT = Horas Disponibles No Trabajadas

Cálculo de producción de las hojas topadoras según el fabricante

Se puede usar la producción de la hoja de un equipo usando las gráficas de producción que siguen y los factores de producción aplicables. Usando la siguiente ecuación:

Producción (m³/hora) = Producción máxima *Factores de corrección.

Las gráficas de producción dan la producción máxima no corregida de las hojas Topadoras recta, semiuniversal y universal. Se basan en las siguientes condiciones:

- ✓ 100% de eficiencia (60 m. Por hora)
- ✓ Tiempos fijos de 0.05 min.
- ✓ Se utilizan hojas de control hidráulico.
- ✓ Excavación en 1 rade avance, empuje en 2da de avance y regreso en 2da de retroceso.

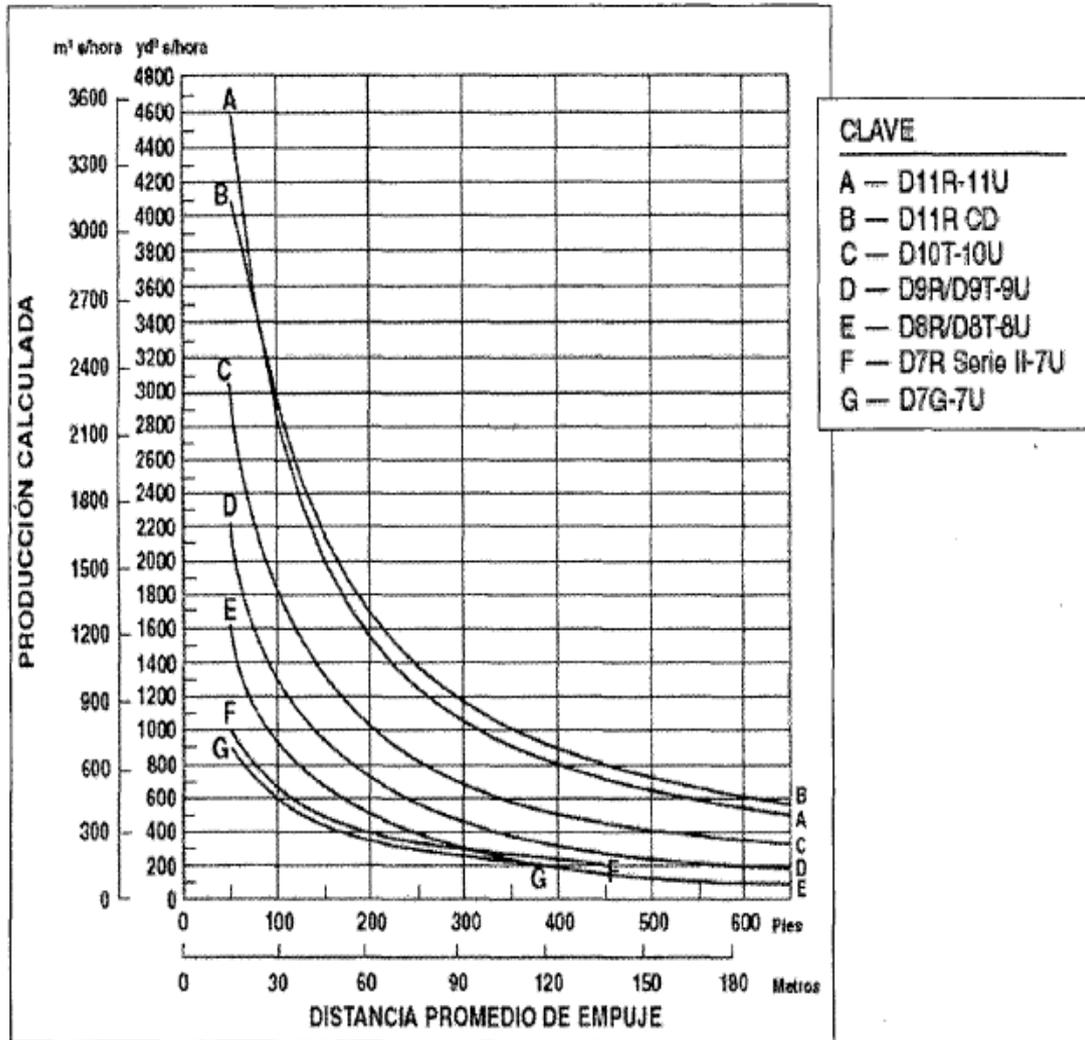


Figura 7: Abaco para calcular rendimientos máximos teóricos tractor de orugas.

Tabla 1: Factores de corrección según las condiciones de trabajo

Material	
Suelto y amontonado	1.20
Difícil de cortar; congelado.	
Con cilindro de inclinación lateral.	0.80
Sin cilindro de inclinación lateral.	0.70
Difícil de empujar; se apelmaza (seco no cohesivo) o material muy pegajoso.	
Rocas desgarradas o de voladura.	0.60 – 0.80
Visibilidad	
Polvo, lluvia, nieve, niebla, oscuridad	0.80
Eficiencia del trabajo.	
50 min/hr.	0.83
40 min/hr.	0.67

Fuente: Caterpillar, Manual de rendimiento 2012

Tabla para calcular el tiempo del ciclo

Se muestra la gama del tiempo total de los ciclos que se pueden esperar en condiciones de trabajo desde excelentes hasta rigurosas. Muchos factores afectan la rapidez con que puede trabajar la excavadora. Las tablas definen la gama de tiempo de los ciclos que se experimentan frecuentemente con cierta máquina y proporcionan una guía en la decisión de qué trabajo es "fácil" y cuál es "difícil". De esta manera, se evalúan primero las condiciones de la obra y se usa después la Tabla para Estimar el Tiempo de Ciclo para seleccionar la gama apropiada de trabajo.

Tabla 2: Factor de llenado

Modelo	Hyundai Robex 500
Tamaño del cucharon	3.03
Carga del cucharon	7.0
Giro con carga	4.0
Tiempo segundos	
Descarga del cucharon	3.0
Giro sin carga	4.0
Tiempo del ciclo	18 segundos
Número de ciclos por volquete 15m3	5
Tiempo total de llenado	90 segundos

Fuente: Caterpillar, Manual de rendimiento 2012

Las Tablas de Cálculo de Producción proporcionan el rendimiento teórico en movimiento de tierra de una excavadora hidráulica en m³/h si puede estimarse la carga media del cucharón y el tiempo medio del ciclo. Usando un tiempo medio de ciclo se puede ajustar la producción calculada para tener en cuenta las características específicas del lugar de la obra y de la aplicación. Por ejemplo, los cálculos en aplicaciones de carga de camiones deben incluir el tiempo necesario para cambiar el camión, lo cual aumenta el tiempo de ciclo y reduce la productividad teórica. Los valores de la tabla se basan en 60 min. De trabajo por hora, que es el 100% de eficiencia, lo cual nunca se consigue en la práctica. Por lo tanto, el estimador aplica un factor de eficiencia en el trabajo a las cifras de la tabla, basándose en su criterio o el conocimiento de las condiciones reales de la obra.

Tabla 3: Rendimientos teóricos excavadoras dadas por fabricante
Bazauri E. y Tauma L.

Metros cúbicos por hora de 60 minutos*

Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																	Tiempos de Ciclo Calculados				
Tiempo en																			Ciclos por min.	Ciclos por seg.			
Seg.	Min.	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3			3,5	4,0	
10,0	0,17																					6,0	360
11,0	0,18																					5,5	330
12,0	0,20	60	90	150	210	270																5,0	300
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080		4,5	270
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960		4,0	240
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840		3,5	210
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	720		3,0	180
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600		2,5	150
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480		2,0	120
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408		1,7	102
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360		1,5	90
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312		1,3	78
50,0	0,83																					1,2	72

Fuente: Caterpillar, Manual de rendimiento

Para el cálculo del ábaco de acarreo tomamos como punto de análisis a la velocidad que desarrolla el camión volquete cuando está cargado (Ida) y la velocidad que desarrolla el mismo cuando está descargado (vuelta).

$$V = \frac{D}{T} \quad (\text{ecuación 2.6})$$

Donde:

- V = Velocidad (Km/h)
- D = Distancia de acarreo (Km)
- T = Tiempo (h)

De donde al despejar tenemos:

$$T_{tolva\ llena/vacia} = \frac{D * 60}{Velocidad} \quad (\text{ecuación 2.7})$$

Donde:

- T_{tolva llena/vacia} = Tiempo que tarda el camión volquete con la tolva llena/vacia recorrer la distancia de acarreo (min.)
- D = Distancia de acarreo (Km)
- Velocidad = Velocidad promedio que desarrolla el camión volquete al desplazarse por la ruta de acarreo (Km/h)

Tiempo del ciclo de acarreo (TC)

Es el tiempo que tarda un camión volquete en realizar una Ida y una Vuelta más el tiempo de carguío y el tiempo de descarga, entendiéndose como Ida al tiempo que tarda el camión volquete en transportar el material desde la zona de carguío o minado hasta la zona de descarga y como Vuelta al tiempo que tarda el camión volquete en regresar desde la zona de descarga a la zona de carguío.

$T_{ciclo} = T_{carguío} + T_{tolla\ lleba} + T_{tolva\ vacía} + T_{vaciado\ tolva}$

$T_{ciclo} = T_{ciclo} \text{ (min)}$

$T_{carguío} = \text{Tiempo de carguío (min)}$

$T_{cargado} = \text{Tiempo de volquete cargado (min)}$

$T_{vacío} = \text{Tiempo de recorrido vacío (min)}$

$T_{vaciado\ Tolva} = \text{Tiempo del volquete que levanta y baja la tolva para descargar (min)}$

Tiempo de Carguío.

Es el tiempo que tarda la unidad de carguío en llenar a la unidad de acarreo, este tiempo varía en función de las unidades que escojamos ya sea para el carguío o el acarreo.

$$T_{carguío} = \frac{N_{pasadas} * T_{pasada} + T_{posicionamiento}}{60}$$

$T_{carguío} = \text{Tiempo de carguío en (min)}$

$N.^{\circ}$ de pasadas = Numero de pasadas para llenar la tolva

$T_{pasada} = \text{Tiempo pasada por (seg)}$

$T_{posicionamiento} = \text{tiempo en estacionarse para ser llenado y salir de la zona de carguío}$

Tiempo del volquete cargado

Es el tiempo que tarda un camión volquete en trasladarse desde la zona de carguío hasta la zona de descarga, este tiempo está en función de la distancia y la velocidad. El tiempo que tarda el volquete en llegar a su destino se ve afectado por las interferencias que puedan existir a lo largo del trayecto.

Tiempo de vaciado tolva

Viene a ser el tiempo que tarda la unidad de acarreo en estacionarse, levantar la tolva y depositar el material transportado en la zona de descarga.

Tiempo del volquete descargado.

Es el tiempo que tarda la unidad de acarreo en trasladarse desde la zona de descarga hasta la zona de carguío, este tiempo está en función de la distancia y la velocidad. El tiempo que tarda el volquete en llegar a su destino se ve afectado por las interferencias que puedan existir a lo largo del trayecto.

Rendimiento sin interferencias

Es el rendimiento que tiene la unidad de acarreo, pero sin considerar las interferencias, lo cual es un dato teórico; porque es bien sabido que siempre existe algún tipo de interferencia en la vía de acarreo.

$$Rendimiento_{S/I} = \frac{V_{NetoTolva} * 60}{T_{ciclo}}$$

Donde

Rendimiento (S/I) = Rendimiento sin interferencia (m³/h)

V neto tolva = Volumen neto transportado por viaja (m³)

T ciclo = Tiempo del ciclo de acarreo (min)

Rendimiento con interferencias

Es el rendimiento más representativo ya que considera a las interferencias como parte de su cálculo. Este rendimiento representa la cantidad de trabajo que la unidad de acarreo puede efectuar en una determinada unidad de tiempo.

$$Rendimiento_I = \frac{V_{NetoTolva} * 60}{T_{ciclo} + I}$$

Donde

Rendimiento (I) = Rendimiento con interferencias (m³/h)

V neto tolva = Volumen neto transportado por viaje (m³)

T ciclo = Tiempo de ciclo de acarreo (min)

I = interferencia (min)

Rendimiento por kilómetro

Este rendimiento viene a ser el producto de la distancia por el rendimiento y nos sirve para conocer el rendimiento de la unidad de acarreo por cada unidad de longitud.

$$Rendimiento\ Km = Dist * Rendimiento$$

Donde

Rendimiento Km = Rendimiento x unidad de longitud (m³-Km/h)

D = Distancia de acarreo (km)

Rendimiento = Rendimiento del equipo (m³/h)

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Rendimientos teóricos dados por el fabricante

3.1.1. Excavadora Hyundai Robex 500LC

El rendimiento teórico calculado en carguío, para un tiempo por ciclo de 20 segundos y un cucharón de 2.9 m³, es de 522 m³/hora éste rendimiento es muy utópico, ya que considera un ciclo ininterrumpido y no toma en cuenta tiempos no productivos, como el tiempo en el que el volquete entra a ser cargado y sale de la zona de carguío, abastecimiento de combustible, fallas mecánicas, clima adverso, etc.

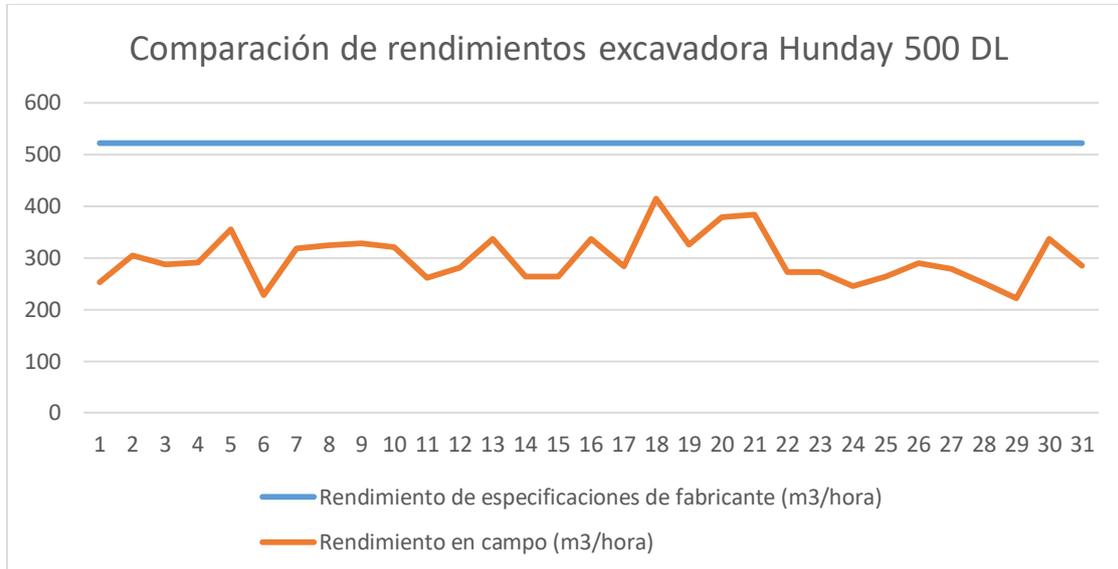
Tabla 4: Rendimiento diario carguío de la excavadora

Fecha	Volumen de carguío (m ³)	Horas carguío		Rendimiento (m ³ /h)		
		Horas efectivas	Horas totales	Horas efectivas	Horas totales	diferencia
01/10/2018	6,536	25.82	35.98	253.15	181.66	71.48
02/10/2018	5.083	16.67	18.66	304.96	272.44	32.52
03/10/2018	10.836	37.66	43.99	287.75	246.35	41.41
04/10/2018	7.917	27.16	33.48	291.51	236.49	55.03
05/10/2018	4.029	11.33	16.98	355.69	237.34	118.35
06/10/2018	9.227	33.83	41.99	227.76	219.76	53.01
07/10/2018	9.982	31.37	37.54	318.21	265.91	52.30
08/10/2018	10.423	32.16	36.82	324.12	283.10	41.02
09/10/2018	16.062	48.98	55.47	327.95	289.58	38.37
10/10/2018	6.365	19.83	25.51	321.05	249.56	71.49
11/10/2018	13.129	50.32	56.83	260.92	231.03	29.89
12/10/2018	9.498	33.83	37.67	280.76	252.14	28.67

13/10/2018	4.984	14.83	16.50	336.08	302.06	34.02
14/10/2018	10.267	38.99	42.99	263.33	238.83	24.50
15/10/2018	6.721	38.99	42.99	263.33	238.83	24.50
16/10/2018	8.857	26.32	43.50	336.53	203.63	132.89
17/10/2018	10.438	36.82	53.99	283.49	193.33	90.16
18/10/2018	2.691	6.50	11.00	414.06	244.67	169.39
19/10/2018	7.333	22.50	28.66	325.94	255.89	70.06
20/10/2018	4.727	12.50	16.50	378.22	286.53	91.69
21/10/2018	3.65	9.50	17.51	383.73	208.19	175.54
22/10/2018	7.020	2.83	36.50	271.76	192.34	79.42
23/10/2018	11.135	40.83	46.67	272.71	238.62	34.09
24/10/2018	11.904	48.66	55.00	244.64	216.46	28.17
25/10/2018	8.358	31.67	42.00	263.94	199.01	64.93
26/10/2018	11.862	41.00	57.84	289.29	205.10	84.20
27/10/2018	5.468	19.66	25.68	278.14	212.94	65.20
28/10/2018	4.058	16.17	26.51	250.99	153.09	97.89
29/10/2018	6.479	29.16	40.84	222.20	158.65	63.55
30/10/2018	3.816	11.34	19.85	336.54	192.26	144.28
31/10/2018	7.590	25.66	34.50	284.14	211.33	71.8

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Comparación de rendimientos excavadora Hyundai 500 DL



Fuente: Elaboración propia

Se tiene un rendimiento promedio en el carguío de: 288.23 m3/hora con horas efectivas y 223.71 m3/hora con horas totales. 50 sabiendo que se tiene un rendimiento teórico de fabricante de 522.00 m3/hora, se verifica la hipótesis de que el rendimiento real con horas efectivas de 288.23 m3/hora, es menor en un 45%. Los diferentes motivos por lo que el rendimiento teórico diferencial.

Tabla 5: Diferencias entre rendimiento teórico y el rendimiento real en carguío

Causas	Rendimiento teórico	Rendimiento Real
Ingreso y salida de Volquetes	El fabricante considera que la excavadora carga continuamente sin interrupciones	Para el carguío los volquetes entran de retroceso a estacionarse para ser cargados, luego se retiran. En este tiempo la excavadora no trabaja lo cual se tiene un tiempo medido de 30 Seg. a 1 Minuto por volquete cargado
Trabajos adicionales	No considera	La excavadora realiza trabajos adicionales propios de la operación, como son la construcción de una plataforma para poder situarse a una mayor altura y realizar un mejor carguío. Otro trabajo adicional, es el perfilado de taludes, el cual consiste en darle un mejor terminado a la pared final del talud.
Calentamiento de la Maquina	No considera	Para cuidar los equipos y alargar su tiempo de vida, es recomendable calentar la maquina antes de trabajar y al finalizar la máquina, se recomienda de 10 a 15 min.
Altura de trabajo	Considera a nivel del mar	La altura de trabajo en algunos casos es de 4000 m.s.n.m. A mayor altura, menor presión atmosférica, consecuentemente la potencia en los motores de aspiración natural también disminuye; por tanto, la fuerza de tracción del vehículo también disminuye.
Falla mecánica		motivo por lo cual los equipos no trabajan las horas totales, lo que se recomienda es tener una cuadrilla de mecánicos cerca al proyecto y tener un equipo de reten.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Rendimiento del tractor D6T

3.1.2.1 Rendimiento según especificaciones técnicas

El rendimiento teórico con tractor de orugas, para una distancia de empuje de 15 metros, es de 1200 m³/hora (ver tabla de rendimiento de tractor). Aplicando los factores de corrección tenemos:

Material: rocas desgarradas por voladura = 0.70

Visibilidad: polvo, lluvia = 0.80

Bazauri E. y Tauma L.

Eficiencia: 50 minutos trabajados cada hora= 0.83

Pendiente: terreno plano = 1

Calculando el factor de corrección se tiene:

$$FC= 0.70*0.80*0.83*1 =0.46$$

Entonces se tiene: Rendimiento teórico= 1200*0.46 =552m3/hora.

3.1.2.1. Rendimiento del Tractor CAT D6T.

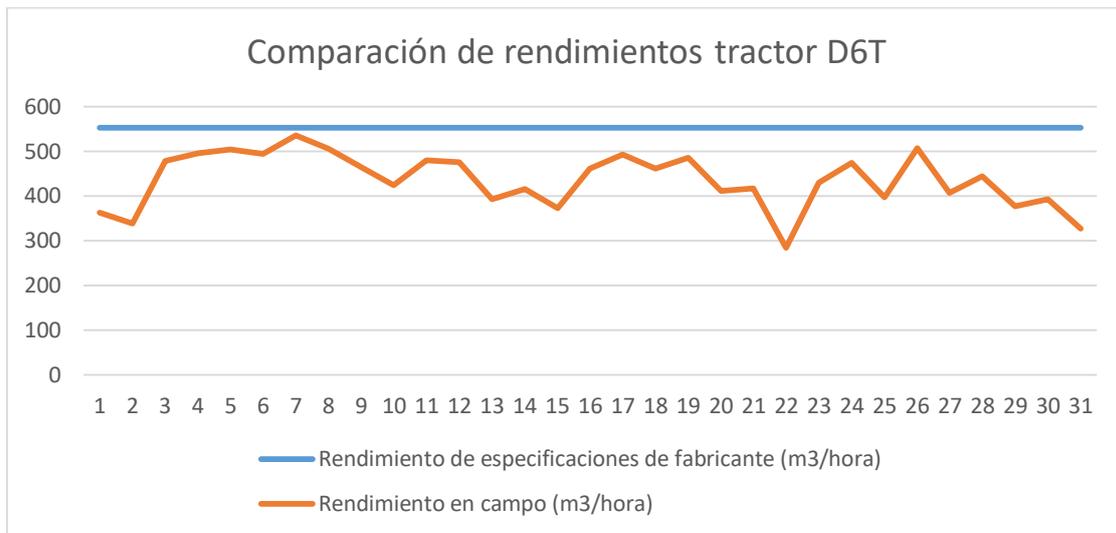
Tabla 6: Rendimiento diario de empuje

Fecha	Volumen de carguío (m3)	Horas carguío		Rendimiento (m3/h)		
		Horas efectivas	Horas totales	Horas efectivas	Horas totales	diferencia
01/10/2018	6.536	18.00	26.99	363.12	242.17	120.95
02/10/2018	5.083	15.00	18.32	338.92	277.50	61.42
03/10/2018	10.836	22.66	30.48	478.23	355.54	122.70
04/10/2018	7.917	16.00	21.70	494.85	364.86	129.98
05/10/2018	4.029	8.00	10.99	503.75	366.69	137.05
06/10/2018	9.227	18.66	21.99	494.43	419.57	78.19
07/10/2018	10.423	19.47	22.80	535.38	457.18	78.19
08/10/2018	13.812	27.33	29.50	505.41	468.24	37.18
09/10/2018	16.062	34.66	40.32	463.44	398.39	65.06
10/10/2018	6.365	15.00	15.34	424.36	414.95	9.41
11/10/2018	13.129	27.34	33.00	480.23	397.86	82.37
12/10/2018	9.498	19.97	21.30	475.62	445.92	29.70
13/10/2018	4.984	12.67	21.33	393.37	233.66	159.71

14/10/2018	10.267	24.67	30.33	416.18	338.51	77.66
15/10/2018	6.721	18.00	27.00	373.41	248.94	124.47
16/10/2018	2.691	5.83	10.83	461.64	248.51	213.13
17/10/2018	8.857	17.97	20.64	492.90	429.14	63.76
18/10/2018	10.438	22.67	32.50	460.43	321.17	139.26
19/10/2018	11.406	23.50	32.49	485.38	351.07	134.30
20/10/2018	7.333	17.83	28.48	411.31	257.50	153.81
21/10/2018	4.727	11.33	20.00	417.28	236.39	180.89
22/10/2018	3.465	9.50	14.67	283.73	248.50	135.24
23/10/2018	7.020	16.33	24.17	429.82	290.50	139.32
24/10/2018	11.135	23.50	26.67	473.86	417.59	56.27
25/10/2018	11.904	29.96	31.29	397.36	380.46	16.93
26/10/2018	8.358	16.50	20.83	506.60	401.23	105.37
27/10/2018	11.862	29.17	32.17	406.70	268.77	37.93
28/10/2018	5.468	12.33	19.84	443.49	275.62	167.87
29/10/2018	5.154	13.67	22.34	377.10	230.75	146.35
30/10/2018	6.479	16.50	31.34	392.68	206.74	185.94
31/10/2018	3.816	11.67	17.00	327.02	224.49	102.53

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Comparación de rendimientos



Fuente: Elaboración propia

El rendimiento teórico de fabricante de 552 m³/hora, se verifica la hipótesis de que el rendimiento real con horas efectivas de 359.10 m³/hora y es menor en 35% del rendimiento teórico. Los diferentes motivos por lo que el rendimiento teórico diferencia del real, son los siguientes:

Tabla 7: Diferencias entre rendimiento teórico y rendimiento real en empuje

Causas	Rendimiento teórico	Rendimiento real
Antigüedad del equipo	Se considera nuevos	Los equipos con los que se realizó el trabajo son relativamente antiguos, ya que registran antigüedad de 7 u 8 años. Este motivo es relevante ya que un equipo se considera 100% efectivo, hasta los 5 años de antigüedad.
Trabajos adicionales	No considera	El tractor realiza otras actividades propias del trabajo, como son la de habilitar su zona de trabajo, limpieza de accesos y plataformeo.
Calentamiento de la maquina	No considera	Para cuidar los equipos y alargar su tiempo de vida, es recomendable calentar la maquina antes de trabajar y al finalizar la máquina, se recomienda de 10 a 15 min.
Altura de trabajo	Considera a nivel del mar	La altura de trabajo en algunos casos es de 4000 m.s.n.m. A mayor altura, menor presión atmosférica, consecuentemente la potencia en los motores de aspiración natural también disminuye; por tanto, la fuerza de tracción del vehículo también disminuye.
Falla mecánica		motivo por lo cual los equipos no trabajan las horas totales, lo que se recomienda es tener una cuadrilla de mecánicos cerca al proyecto y tener un equipo de reten.

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Volquete Scania

3.1.3.1. Rendimiento según especificaciones de fabricante

De la tabla de acarreo, se obtiene los rendimientos teóricos por kilómetro de recorrido, que serán utilizados.

Tabla 8: Resumen de rendimientos teóricos de distancias de acarreo

Distancia de acarreo (Km)	Rendimiento (m ³ -km/hora)
1.80	80.36
2.60	90.28
3.50	97.21
4.20	100.96
5.40	123.03
6.30	126.88
7.40	132.53

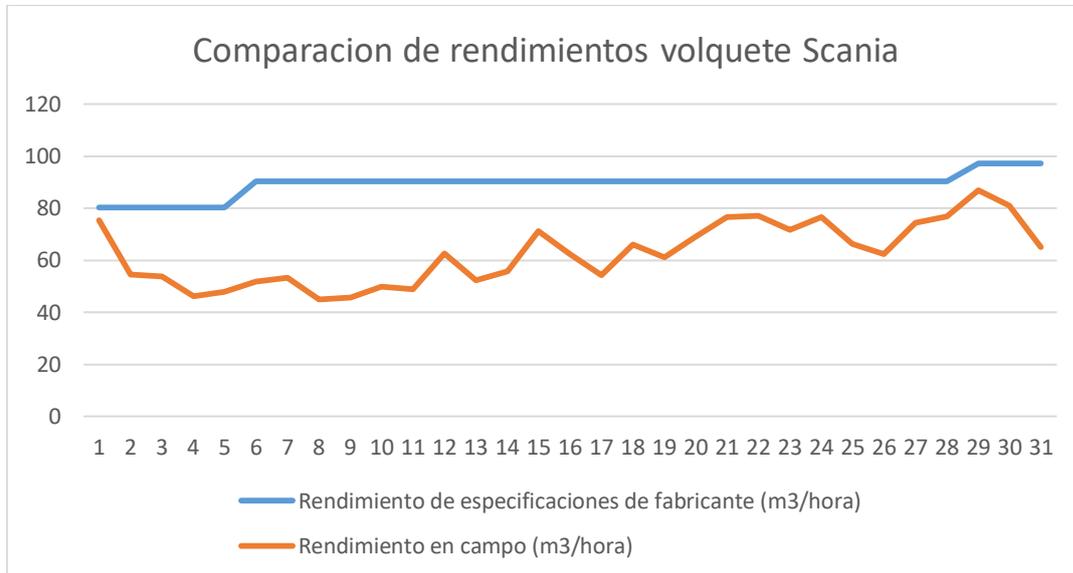
Fuente: elaboracion propia

Tabla 9: Rendimiento de acarreo (volquetes)

fecha	Desmonte			dist. Ponderada		Rendimiento (m3-km/hora)		
	Volúmenes (m3)	Horas efectivas	Horas totales	m	km	horas efectivas	horas totales	Diferencias
01/10/2018	1.281	41.00	72.00	1.748	1.8	54.68	31.14	23.54
02/10/2018	1.303	42.83	53.5	1.786	1,8	54.49	43.62	10.86
03/10/2018	1.847	61.5	83.00	1.786	1.8	53.79	39.85	13.93
04/10/2018	952.34	38.5	191.17	1.870	1.9	46.26	9.32	36.94
05/10/2018	10.963	441.5	536.17	1.930	1.9	47.93	39.46	8.46
06/10/2018	13.015	504.67	623.65	2.009	2.0	51.84	41.95	9.89
07/10/2018	10.679	405.33	475.5	2.021	2.0	53.22	45.37	7.85
08/10/2018	8.264	399.67	509.49	2.178	2.2	45.08	35.36	9.72
09/10/2018	3.582	177.83	208.00	2.272	2.3	45.73	39.1	6.63
10/10/2018	7.641	353.04	558.05	2.307	2.3	50.00	31.63	18.37
11/10/2018	8.605	412.5	564.49	2.345	2.4	49.02	35.82	13.2
12/10/2018	4.455	177.5	241.18	2.496	2.5	62.75	46.19	16.57
13/10/2018	7.312	353.33	468.00	2.531	2.5	52.36	39.53	12.83
14/10/2018	5.033	233.33	307.99	2.588	2.6	55.88	42.33	13.54
15/10/2018	12.969	494.00	587.99	2.711	2.7	71.15	59.78	11.37
16/10/2018	12.380	550.17	667.83	2.767	2.8	62.33	51.35	10.98
17/10/2018	9.648	503.83	586.54	2.844	2.8	54.38	46.72	7.67
18/10/2018	9.625	416.00	505.87	2.861	2.9	66.17	54.42	11,76
19/10/2018	7.845	367.00	528.48	2.861	2.9	61.14	42.46	18.68
20/10/2018	7.335	304,17	47.5	2.861	2.9	68.97	44.21	24.76
21/10/2018	8.729	326,17	461.33	2.862	2.9	76.55	54.12	22.43
22/10/2018	4.376	162.5	226.67	2.862	2.9	77.02	55.22	21.8
23/10/2018	8.094	323.5	453.65	2.866	2.9	71.82	51.21	20.6
24/10/2018	10.487	393.00	540.33	2.866	2.9	76.58	5.7	20.88
25/10/2018	9.591	414.83	528.01	2.866	2.9	66.36	52.13	14.22
26/10/2018	7.006	323.33	522.34	2.880	2.9	62.41	38.63	23.78
27/10/2018	11.768	461.5	594.32	2.918	2.9	74.46	57.82	16.64
28/10/2018	11.756	447.83	563.34	2.927	2.9	76.92	61.15	15.77
29/10/2018	8.049	326.67	457.69	30.227	3.0	74,66	53,29	21.37
30/10/2018	12.425	549.33	629.83	3.032	3.0	68,54	59,78	8.76
31/10/2018	7.675	403.66	491.33	3.042	3.0	57.8	47.49	10.31

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Comparación de rendimientos - volquete



Fuente: Elaboración propia

Para poder comparar con el rendimiento promedio de la tabla de acarreo descrita en el marco teórico se tiene el siguiente resumen y la distancia de acarreo promedio es de 2.60 km.

Como notamos no se han alcanzado los rendimientos esperados que utiliza el ábaco o rendimiento teórico dado por el fabricante de acarreo, pero lo que si vemos que es que a mayor distancia de acarreo la diferencia disminuye; esto se debe a que a mayores distancias de acarreo los volquetes pueden alcanzar mayores velocidades.

A continuación, identificamos las razones por las que el rendimiento real no alcanzo al rendimiento teórico del ábaco.

Tabla 10: Diferencias entre rendimiento teórico y el rendimiento real en acarreo

Causas	Rendimiento teórico	Rendimiento real
Dimensionamiento de flotas	Se considera bien dimensionadas y de flujo constante	Por falta de una buena programación inoperatividad de los equipos u otras causas, las flotas no son bien dimensionadas, lo cual merma el rendimiento.
Interferencias	Considera 2 minutos para una distancia menor a 5 km y 3 minutos para una distancia menor a 8 km y mayor a 5 km.	no hubo mucho inconveniente y el tiempo en interferencias es similar al del ábaco de acarreo 3 min.
Otros contratistas	No considera	Existió interferencia con otros equipos de otras contratistas, ya que las vías son de uso común, este problema generó, que los equipos no se desplacen libremente.
calentamiento	No considera	Para cuidar los equipos y alargar su tiempo de vida, es recomendable calentar la maquina antes de trabajar y al finalizar la máquina, se recomienda de 10 a 15 min.

Fuente: Elaboración propia

Ahora analizaremos los principales motivos por los cuales los rendimientos con horas efectivas diferencian de los rendimientos con horas totales; es decir cuáles fueron los principales tiempos no trabajados y como minimizarlos.

Tabla 11: Principales tiempos no trabajados en acarreo

Tiempo de trabajo	Motivos
Flota incompleta	Es motivo por lo cual los equipos no trabajan las horas totales, ocurre cuando una flota está mal dimensionada o existe falla mecánica de los equipos, la mejor forma de minimizar este problema es realizando una buena programación semanal de equipos, teniendo equipos de reten y un buen equipo de mecánicos preparados.
Voladura	La mejor forma de minimizar este impacto es realizar una adecuada programación de los disparos, para lo cual se debe estar en comunicación constante con la empresa encargada de la perforación y voladura, para así programar bien cuales van a ser los frentes de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Los rendimientos dependen de factores imputables al cliente como son: la demora en la voladura, zona de trabajo reducida, falta de frente de trabajo, áreas de trabajo reducido; interferencias en la ruta de acarreo; las cuales disminuyen la productividad. También, depende de factores imputables al contratista como son: fallas mecánicas, equipos no disponibles, etc. Los rendimientos también dependen mucho de la antigüedad de la máquina, el tipo de material, los accesos al proyecto.

4.2 Conclusiones

En la presente investigación se logró determinar:

- ✓ Los rendimientos de la excavadora para el carguío según especificación de fabricante son de 522m³/Hr, mientras que el rendimiento observado en campo es de 288.23m³/Hr
- ✓ Los rendimientos del tractor CAT D6T, en el empuje de tierras según especificación de fabricante es de 552m³/Hr, mientras que el rendimiento observado en campo es de 359.10 m³/Hr
- ✓ Los rendimientos del volquete Scania, en la operación de acarreo, según especificación de fabricante es de 100m³/Hr, mientras que el rendimiento observado en campo es de 80m³/Hr
- ✓ Los rendimientos reales alcanzados en la ejecución son menores a los dados por el fabricante lo cual valida la hipótesis de la investigación, para las actividades de carguío, empuje y acarreo.

4.2.1. RECOMENDACIONES:

- Los gerentes de las operaciones mineras deben fomentar este tipo de investigaciones para determinar si se pueden reducir tiempos e incrementar la producción en otros frentes de trabajo.
- Es necesario que se siga investigando, y determinando que otros factores influyen en los costos de carguío, para de esta manera poder así mejorar aún más esta tarea que influye directamente en los resultados de producción de toda la actividad minera.

REFERENCIAS

- Apaza, (2017). *“Disminución de tiempos improproductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C”*. Perú: Tesis. Recuperado de: <http://www.dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9400>
- Bonzy, José. (2016). Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en base a disponibilidad de la flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres. Tesis de Grado. Santiago de Chile, Chile. Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139829/Propuestas-de-mejora-de-la-utilizacion-efectiva-en-base-adisponibilidad-de-la-flota-de-carguio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arango, Félix. (2015). Rendimiento de maquinarias en acarreo y transporte de minerales en la Cia. Minera Huancapetí S.A.C. Tesis de Grado. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/607>
- Mauricio. (2015). Mejoramiento Continuo en la Gestión del Ciclo de Acarreo de Camiones en Minera a Tajo Abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca. Tesis Magistral en Ciencias. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2181>
- Marín, C. (2015). Incremento de la Productividad en el Carguío y Acarreo en Frentes que Presentan Altos Contenidos de Arcillas al Utilizar un Diseño de Lastre Adecuado, Minera Yanacocha. Tesis de Grado. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream>

Marca, W. (2014). Análisis de la Disponibilidad y Rendimiento de los Equipos de Carguío y Transporte en la Empresa Contratista Smcgsa, Mina Colquijirca de SMBSA. Tesis de Grado. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre. Obtenido de <http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/U>

Herbert L. Nichols, Jr./1985/Movimiento de tierras: manual de excavaciones/Ed. 2/Estados Unidos/C.E.C.S.A./1111.

Manuel Díaz del Río/2012/Manual de maquinaria de construcción/Ed.1 /España/McGraw/750.

Ojeda, Miguel. Consultado 2012. Maquinaria y equipo usado en la construcción. Tesis.

Manual de rendimiento Caterpillar. 2012. Illinois, U.S.A. Ed. 40

Morales, R. 2009. Maquinaria de construcción. Facultad de Ingeniería. Mexicali.

Ramos, J. 2011. El equipo y sus costos de operación. Fondo Editorial CAPECO. Quinta edición. Lima, Perú.

Caterpillar/2007/Manual de rendimientos de maquinaria CAT/Ed. 37/Estados Unidos/1330.

Valdez, Wilder. 2012. Reportes de Controlador. Minera Yanacocha. Tolmos Espinoza García. Partes Físicos de controlador. S/E.

Verdugo, Gerardo/Consultado 2012/Cálculo de rendimientos de maquinaria pesada. Tesis.

http://www.bibliotecadigital.uson.mx/bdg_tesisIndice.aspx.tesis=6999

<http://minera-yanacocha.over-blog.es/article-35399142.html>

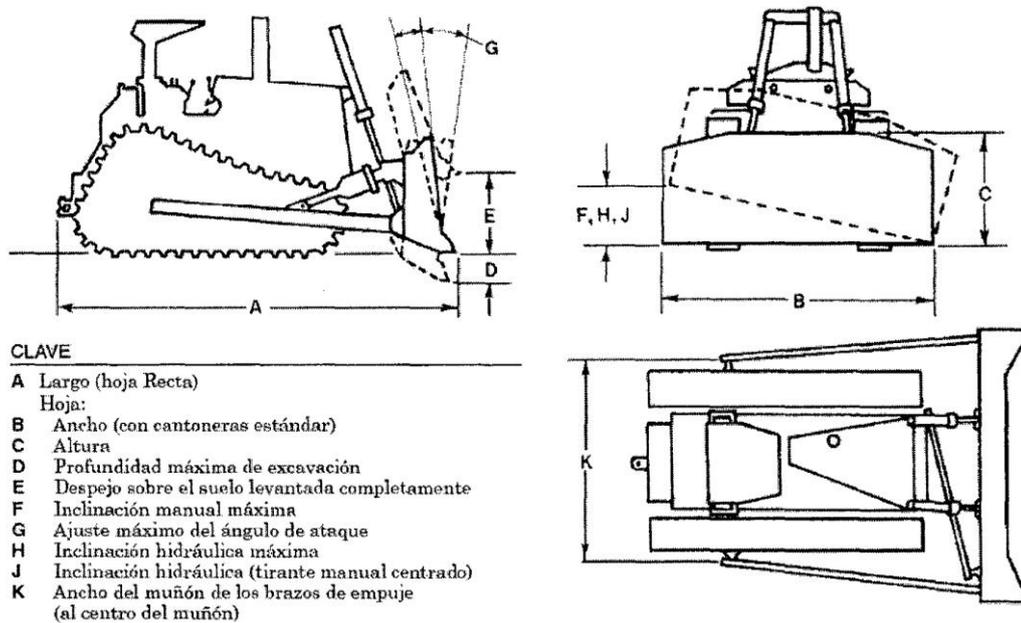
Anexo 1: Especificaciones técnicas volquete Scania

ACARREO - MATERIAL ENTOLVA

Unidad de Acarreo	VOLQUETE SCANIA	
	1.0 KM < Dist < 5.0 KM	20 Km/h 25 Km/h
Capacidad de volquete	15.0 m ³	
Velocidad de ida	5.0 KM < Dist	20 Km/h 25 Km/h
Velocidad de VUELTA		
Tiempo de Descarga	2.0 min en promedio	
Unidad de carguío	Excavadora Hyundai Robex 500	
Materia a transportar	Mineral/desmonte	
Factor de esponjamiento	20% asumido	
Posicionamiento del camión para carguío	30 seg. en promedio	
Tiempo por pasada	18 seg. En promedio un volquete se llena de 5 pasadas en 90 segundos	
No. de pasadas por unidad	5	
Capacidad neta de transporte por viaje (en banco)	12.5 m ³	

Distancia km	Ciclo (min.)			ACARREO SIN INTERFERENCIAS			ACARREO CON INTERFERENCIAS			
	TOLVA LLENA	TOLVA VACIA	Car/Des	Total	VOLUMEN (m ³)	RENDIMIENTO (m ³ /H)	RENDIMIENTO (m ³ /H)	INTERFERENCIAS (min.)	RENDIMIENTO (m ³ /H)	RENDIMIENTO (m ³ /H)
1.00	3.0	3.0	4.0	10.0	12.50	75.00	75.00	2.00	62.50	62.50
1.20	3.6	3.6	4.0	11.2	12.50	66.96	80.36	2.00	56.82	68.18
1.40	4.2	4.2	4.0	12.4	12.50	60.48	84.68	2.00	52.08	72.92
1.60	4.8	4.8	4.0	13.6	12.50	55.15	88.24	2.00	48.08	76.92
1.80	5.4	5.4	4.0	14.8	12.50	50.68	91.22	8.00	32.89	59.21
2.00	6.0	6.0	4.0	16.0	12.50	46.88	93.75	2.00	41.67	83.33
2.20	6.6	6.6	4.0	17.2	12.50	43.60	95.93	2.00	39.06	85.94
2.40	7.2	7.2	4.0	18.4	12.50	40.76	97.83	2.00	36.76	88.24
2.60	7.8	7.8	4.0	19.6	12.50	38.27	99.49	2.00	34.72	90.28
2.80	8.4	8.4	4.0	20.8	12.50	36.06	100.96	2.00	32.89	92.11
3.00	9.0	9.0	4.0	22.0	12.50	34.09	102.27	2.00	31.25	93.75
3.20	9.6	9.6	4.0	23.2	12.50	32.33	103.45	2.00	29.76	95.24
3.40	10.2	10.2	4.0	24.4	12.50	30.74	104.51	2.00	28.41	96.59
3.60	10.8	10.8	4.0	25.6	12.50	29.30	105.47	2.00	27.17	97.83
3.80	11.4	11.4	4.0	26.8	12.50	27.99	106.34	2.00	26.04	98.96
4.00	12.0	12.0	4.0	28.0	12.50	26.79	107.14	2.00	25.00	100.00
4.20	12.6	12.6	4.0	29.2	12.50	25.68	107.88	2.00	24.04	100.96
4.40	13.2	13.2	4.0	30.4	12.50	24.67	108.55	2.00	23.15	101.85
4.60	13.8	13.8	4.0	31.6	12.50	23.73	109.18	2.00	22.32	102.68
4.80	14.4	14.4	4.0	32.8	12.50	22.87	109.76	2.00	21.55	103.45
5.00	15.0	15.0	4.0	34.0	12.50	22.09	110.29	2.00	20.83	104.17
5.20	15.6	15.6	4.0	35.2	12.50	21.38	110.76	2.00	20.16	104.83
5.40	16.2	16.2	4.0	36.4	12.50	20.73	111.18	2.00	19.53	105.45
5.60	16.8	16.8	4.0	37.6	12.50	20.13	111.55	2.00	18.94	106.00
5.80	17.4	17.4	4.0	38.8	12.50	19.58	111.88	2.00	18.39	106.50
6.00	18.0	18.0	4.0	40.0	12.50	19.07	112.17	2.00	17.88	107.00
6.20	18.6	18.6	4.0	41.2	12.50	18.60	112.42	2.00	17.40	107.45
6.40	19.2	19.2	4.0	42.4	12.50	18.16	112.63	2.00	16.94	107.85
6.60	19.8	19.8	4.0	43.6	12.50	17.75	112.80	2.00	16.50	108.20
6.80	20.4	20.4	4.0	44.8	12.50	17.36	112.93	2.00	16.08	108.50
7.00	21.0	21.0	4.0	46.0	12.50	16.99	113.03	2.00	15.68	108.75
7.20	21.6	21.6	4.0	47.2	12.50	16.64	113.10	2.00	15.30	109.00
7.40	22.2	22.2	4.0	48.4	12.50	16.31	113.14	2.00	14.94	109.20

Anexo 2: Especificaciones técnicas Tractor de Oruga CAT D6T



CLAVE

- A Largo (hoja Recta)
- Hoja:
- B Ancho (con cantoneras estándar)
- C Altura
- D Profundidad máxima de excavación
- E Despejo sobre el suelo levantada completamente
- F Inclinación manual máxima
- G Ajuste máximo del ángulo de ataque
- H Inclinación hidráulica máxima
- J Inclinación hidráulica (tirante manual centrado)
- K Ancho del muñón de los brazos de empuje (al centro del muñón)

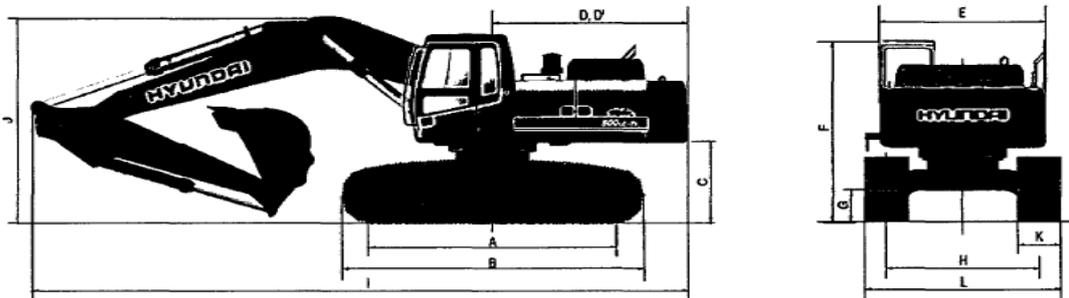
Figura 4: Figura del tractor de Oruga CAT D6T

Tabla 2: Especificaciones del Tractor de Oruga CAT D6T

MODELO	D8R/D8T					
	8A		8SU		8U	
Tipo	Orientable		Semiuniversal		Universal	
Capacidades de la hoja*	4,70 m³	6,10 yd³	8,7 m³	11,4 yd³	11,7 m³	15,3 yd³
Peso de embarque** (Hoja)	5459 kg	12.009 lb	4789 kg	10.557 lb	5352 kg	11.800 lb
Dimensiones del tractor con la hoja:						
A Longitud (hoja derecha)	6,57 m	21'7"	6,39 m	21'0"	6,79 m	22'3"
Longitud (hoja orientada)	7,62 m	25'0"	—	—	—	—
Ancho (hoja orientada)	4,52 m	14'10"	—	—	—	—
Ancho (con bastidor en "C" solamente)	3,38 m	11'1"	—	—	—	—
Dimensiones de la hoja:						
B Ancho (con cantoneras estándar)	4,99 m	16'4"	3,94 m	12'11"	4,26 m	14'0"
C Altura	1174 mm	3'10,2"	1690 mm	5'6,5"	1740 mm	5'8,5"
D Prof. máx. de excavación	628 mm	2'0,7"	575 mm	22,6"	575 mm	22,6"
E Espacio libre sobre el suelo levantada completamente	1308 mm	4'3,5"	1225 mm	48,2"	1225 mm	48,2"
G Ángulo máx. de ataque	—	—	+3,0° a 2,9°		+3,0° a 2,9°	
Orientación de la hoja (cada lado)	25°		—		—	
H Inclinación hidráulica máx.	729 mm	2'4,7"◀	883 mm	34,8"	954 mm	37,5"
J Inclinación hidráulica (tirante manual centrado)	—	—	596 mm	23"	644 mm	25"
K Ancho del muñón de los brazos de empuje (al centro del muñón)	2,98 m	9'9"	2,98 m	9'9"	2,98 m	9'9"
Ancho máx. permisible de cadena	712 mm	2'4"	711 mm	2'4"	711 mm	2'4"
Inclinación doble optativa	—		±4,6°		±4,6°	
G Ajuste de inclinación doble	—		879 mm		950 mm	
H Incl. hydr. doble máxima	—		34,5"		37,3"	

Fuente: Caterpillar, Manual de rendimiento
Bazauri E. y Tauma L.

Anexo 3: Especificaciones técnicas excavadora Hyundai Robex 500 LC

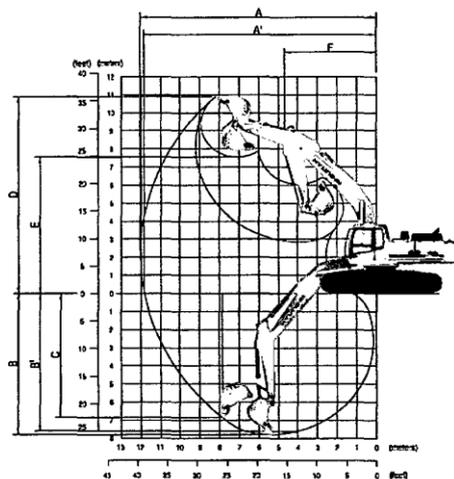


Descripción	R500LC-7A
A	4470 (14' 8")
B	5460 (17' 11")
C	1500 (4' 11")
D	3720 (12' 2")
D'	3665 (12' 0")
E	2980 (9' 9")
F	3390 (11' 2")
G	770 (2' 6")
H	2940 (9' 8")/2380 (7' 10")

		mm (ft-in)						
		mm (ft-in)						
Longitud de la monoblock		≅ 7060 (23' 2")						
Longitud del balancín		2400 (7' 10")	2900 (9' 6")	≅ 3380 (11' 1")	4000 (13' 1")	4500 (14' 9")	2400 (7' 10")	5850 (19' 2")
I	Longitud total	12240 (40' 2")	12160 (39' 11")	11980 (39' 4")	12020 (39' 5")	11980 (39' 4")	11740 (38' 6")	13770 (45' 2")
J	Altura total del monoblock	3970 (13' 0")	3880 (12' 9")	3670 (12' 0")	4100 (13' 5")	4540 (14' 11")	4100 (13' 5")	5190 (17' 0")
K	Anchura de la zapata de la oruga	≅ 600 (24")		700 (28")	750 (30")	800 (32")		
L	Anchura total	Extendida	3540 (11' 7")	3640 (11' 11")	3690 (12' 1")	3740 (12' 3")		
		Retraída	2990 (9' 9")	3080 (10' 1")	3130 (10' 3")	3180 (10' 5")		

≅ Equipo estándar

Figura 7: Dimensiones de la excavadora Hyundai Robex 500LC



		mm (ft-in)						
		mm (ft-in)						
Longitud del monoblock		≅ 7060 (23' 2")					6550 (21' 6")	9000 (29' 6")
Longitud del balancín		2400 (7' 10")	2900 (9' 6")	≅ 3380 (11' 1")	4000 (13' 1")	4500 (14' 9")	2400 (7' 10")	5850 (19' 2")
A	Alcance máx. de excavación	11160 (36' 7")	11550 (37' 11")	12100 (39' 8")	12660 (41' 6")	13150 (43' 2")	10610 (34' 10")	16280 (53' 5")
A'	Alcance máx. de excavación sobre el suelo	10900 (35' 9")	11310 (37' 1")	11870 (38' 11")	12440 (40' 10")	12930 (42' 5")	10340 (33' 11")	16100 (52' 10")
B	Profundidad máx. de excavación	6630 (21' 9")	7130 (23' 5")	7610 (24' 12")	8230 (27' 0")	8730 (28' 8")	6150 (20' 2")	11380 (37' 4")
B'	Profundidad máx. de excavación (nivel 8)	6450 (21' 2")	6970 (22' 10")	7460 (24' 6")	8100 (26' 7")	8610 (28' 3")	5970 (19' 7")	11280 (37' 0")
C	Profundidad máx. de excavación de pared vertical	5810 (19' 1")	5670 (18' 7")	6380 (20' 11")	7120 (23' 4")	7510 (24' 8")	5250 (17' 3")	10070 (33' 0")
D	Altura máx. de excavación	10690 (35' 1")	10640 (34' 11")	11120 (36' 6")	11330 (37' 2")	11580 (37' 12")	10300 (33' 10")	13930 (45' 8")
E	Radio de giro mín	7270 (23' 10")	7330 (24' 1")	7750 (25' 5")	7960 (26' 1")	8210 (26' 11")	6900 (22' 8")	10530 (34' 7")
F		5090 (16' 8")	4900 (16' 1")	4780 (15' 8")	4830 (15' 10")	4870 (15' 12")	4640 (15' 3")	5940 (19' 6")

Figura 8: Gamma de trabajo excavadora Hyundai Robex 500 lc

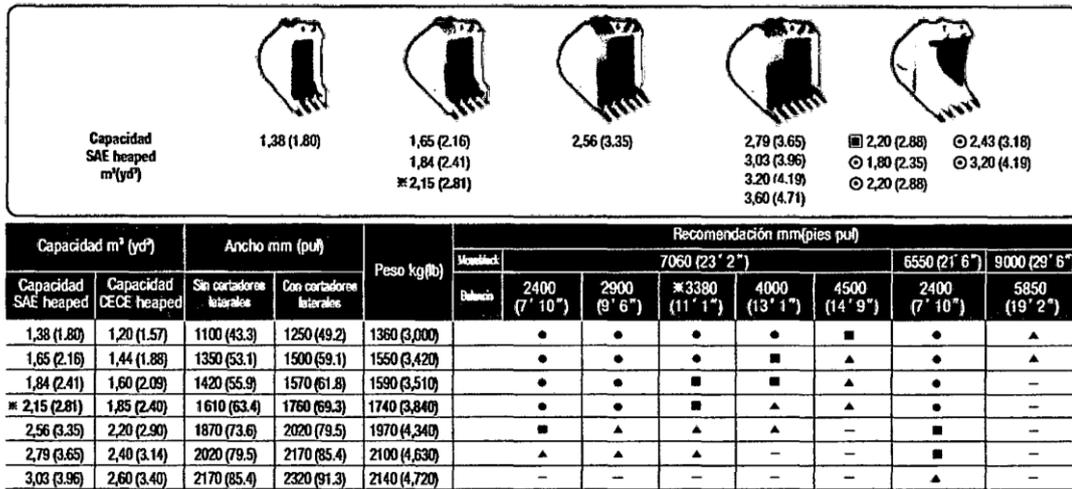


Figura 9: Cucharones acoplables a excavadora Hyundai Robex 500LC