



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PAD EN UNA EMPRESA MINERA CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autores:

Bach. Charles Wily Chilon Pompa
Bach. Ana Noemi Vásquez Salazar

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico a Dios; por su infinito amor y misericordia, que me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta que pones en frente mío para que mejore como ser humano.

Esta tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

A mis padres por el pilar día a día porque ellos son el orgullo de ser lo que seré.

A mis hermanas porque son las razones de sentirme tan orgullosa de culminar mi meta, gracias a ellas por no darme la espalda y siempre confiar en mí.

Y sin dejar atrás a todos mis familiares gracias y no dejare de agradecerles por confiar en mí, a mi esposo, a mi hija, mis suegros, mis abuelos, tíos y primos gracias por ser parte de mi vida y dejarme ser el orgullo de todos ustedes.

Charles; Ana

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente nos gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad nuestro sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE por darnos la oportunidad de estudiar y ser un profesional de éxito.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Oscar Vásquez Mendoza, por su esfuerzo y dedicación quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en nosotros que podamos terminar nuestra carrera profesional con éxito.

A nuestro Director de Carrera ing. Alex Marinovic por la paciencia y el buen humor.

También nos gustaría agradecer a todos los profesores durante toda nuestra carrera profesional porque todos han aportado con su conocimiento a nuestra formación.

A nuestros amigos con los que siempre eh compartido buenos y malos momentos, a ellos que siempre dijeron si se puede, a ellos que nunca me negaron compartir un granito de su conocimiento.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida profesional a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestra vida. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos y en el corazón, sin importar en donde estén queremos darles las gracias por formar parte de nosotros, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones

Charles, Ana

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Realidad problemática.....	8
1.2. Formulación de Problema	13
1.3. Objetivos	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	15
2.1. Tipo de investigación	15
2.2. Población y muestra	16
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	16
2.4. Procedimiento.....	17
CAPÍTULO III. RESULTADOS	19
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS.....	35
ANEXOS.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distancias de las rutas de carguío y acarreo.....	17
Tabla 2: Maquinaria analizada.....	19
Tabla 3: Característica de la excavadora.	21
Tabla 4: Capacidades de los cucharones de Excavadora 320C.	21
Tabla 5: Tiempo de ciclo de la Excavadora.....	23
Tabla 6: Resumen tiempo de ciclo de la excavadora.....	24
Tabla 7: Cálculo de la producción para excavadoras según manual Caterpillar.....	26
Tabla 8: Características de Volquete.....	27
Tabla 9: Tiempo de ciclo de acarreo del volquete.....	28
Tabla 10: Resumen del Tiempo de ciclo de acarreo del volquete.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Proceso de carguío y acarreo.....	18
--	----

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado Evaluación de rendimientos de equipos de carguío y acarreo para la construcción de un pad en una empresa minera Cajamarca, 2020. tiene como objetivo Evaluar los rendimientos de los equipos de carguío y acarreo para la construcción de un Pad. para lo cual se realizó la toma de datos para el carguío y acarreo. Con los resultados obtenidos en campo se procedió al análisis comparativo se concluye que los rendimientos reales alcanzados, son menores a los dados por el fabricante lo cual valida la hipótesis de la investigación en un 47%, para las actividades de carguío, acarreo.

Con respecto a la evaluación de rendimientos se determinó que el rendimiento para la Excavadora es de 81.17 m³/hr el cual es mucho menor a lo estipulado por el fabricante que indica que debe ser 156 m³/h y para el volquete de determinó en rendimiento de 47.18 m³/hr el cual también es menor a lo fijado por el fabricante ya que existen varios factores que afectan los rendimientos de los equipos como la altura, y temas geológicos entre otras.

Se término los tiempos de duración de los ciclos de los equipos de carguío y acarreo siendo los siguientes para la excavadora 0.33 segundo/ciclo y para volquete: 15.83 minutos/ciclo.

Palabras Claves: Evaluación de rendimientos, equipos de carguío y acarreo, análisis comparativo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la mayoría de las mineras de Cajamarca se extrae minerales auríferos mediante el método de explotación a cielo abierto, teniendo como punto de extracción los diferentes tajos para la cual se llevó a cabo una evaluación y análisis de cada una de las operaciones unitarias. El Carguío y acarreo son las operaciones más influyentes en los costos de operación por lo que es de gran importancia lograr los mejores rendimientos de los equipos y personal involucrados, tanto en la parte física (material, equipos, mantención, disponibilidad, insumos, etc.), como en la parte humana (operadores, mantenedores, jefes de turno, etc.).

En dichas operaciones mineras se observó que los tiempos de demoras, fallas en los equipos entre otras son muy elevados, por lo cual la utilización de los equipos de carguío y acarreo se encuentra por debajo del estándar establecido por la empresa o fabricante. En estas operaciones se tiene el reto de cumplir metas trazadas de producción, por tanto es necesario optimizar cada recursos disponible, siendo la utilización de los equipos de carguío y acarreo un punto clave para el éxito de la operación, y para poder ejercer control sobre este indicador se cuantificaran las demoras presentes en los ciclos de carguío y acarreo, siendo este el punto esencial del presente estudio, que tiene como objetivo principal conocer y evaluar las demoras en la operación y en consecuencia aumentar el porcentaje de utilización de los equipos.

En minerías superficiales, la utilización de los equipos de carguío y el acarreo vienen siendo afectados por una serie de factores que reducen las horas totales de trabajo siendo las principales causas los tiempos improductivos, tales como: espera en cola, cambio de guardia, abastecimiento de combustible, falta de equipo de carguío inspección de equipo, traslado al frente de trabajo, por voladura, falta de operador

estado de los accesos y las vías, falta de frente de trabajo de operaciones, congestión en los puntos de descarga, etc. Lo cual afecta a la mejora continua en la productividad.

Bonzi, (2016), presentó su Tesis, titulada: “Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres” a la Universidad de Chile, Santiago; plantean 4 necesidades que presenta el área de despacho y 5 necesidades para el área de operaciones (Instructores Mina). De estas propuestas, se evalúa la opción de instalar un sistema de visión integral en las palas de carguío y un sistema de monitoreo en tiempo real de detección temprana de caída de elementos de desgaste (GETS) en los baldes de las palas.

Chau (2013), presentó su Tesis, titulada: “Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras de una empresa Cajamarquina dedicada a la Minería” a la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú. Se concluyó que la solución a través de software de sistemas integrados tiene que enfocarse a mejorar la gestión administrativa y operativa de activo fijo, mantenimiento, almacenes, compras, finanzas y contabilidad, buscando implementar las mejores prácticas en los procesos propios del software.

Según (Marín, 2015), en su investigación, en frentes de carguío en el cual se realiza labores de explotación de minerales, con la presencia de altos contenidos de arcillas y finos; determinan que las operaciones de carguío son menos eficientes debido a la pronta degradación del terreno. Indicando que tal situación causa esperas en los camiones y equipos de carguío y, por tanto, las vías de acarreo se tornan ineficientes por la disminución de la velocidad de los camiones.

Según Vidal (2010), en su tesis “Estudio de cálculo de flota de camiones para una operación minera”, es un estudio de tipo experimental, donde se afirma que el cálculo correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación \$/t para el costo de operaciones mina. El exceso o la falta de camiones incurre directamente en los costos unitarios. El siguiente trabajo es de suma importancia, para poder tener referencia de los costos unitarios.

Según, Pereira (2006) La ejecución de obras de movimiento de tierras, para la construcción de carreteras, pistas, ferrovías, represas, vías urbanas, para la fundación de edificios sector minero, etc. requiere de una adecuada organización que permita una acertada elección de las máquinas, su correcta utilización y su aprovechamiento óptimo, para garantizar la conclusión de las mismas en los plazos previstos, además de la obtención de ganancias a la empresa propietaria de las máquinas. Para este fin las máquinas elegidas deben ser las que mejor respondan a las características del suelo, principalmente en lo referente a su contenido de roca, su granulometría, contenido de humedad, etc., en consideración del plazo de ejecución previsto para excavar, transportar y rellenar los volúmenes que conforman la obra.

Los elementos de mayor preponderancia que determinan la organización de una obra, donde existe movimiento de tierras, son los siguientes:

Características del terreno

Condiciones ambientales

Caminos auxiliares de acarreo

Volúmenes de trabajo

Productividad del equipo

Selección del equipo

Plazo de ejecución

Costo de la obra

Según, Ayllón (2012) En toda obra con equipamiento mecanizado, un problema de suma importancia es el cálculo de la producción de las máquinas. El primer paso para estimar la producción es calcular un valor teórico que luego es ajustado a las condiciones reales de la obra, de acuerdo a cifras obtenidas en experiencias anteriores o en trabajos similares; la productividad finalmente asumida no debe ser ni muy optimista ni antieconómica. Para el cálculo de la productividad teórica, se dispone de la información que proporcionan los fabricantes, de acuerdo a las características particulares de cada 6 máquina; estos valores deben ajustarse de acuerdo con los elementos operativos, las condiciones geológicas, topográficas, climáticas, etc. que prevalecerán en la obra.

Curo Peralta, David A. (2009), en trabajo asignado por la modalidad de Suficiencia profesional. “Evaluación del ciclo de Acarreo y Transporte en Mina Subterránea” Con scoop 1yd³ para distancias de 75-200 m. En labores de desarrollo y preparación en secciones de 2.10 x 2.40 m (7´x8´) con un déficit de 236 Kg. En transporte, con un motor diésel de 68.75 HP, con una producción real que dependerá de la disponibilidad mecánica y eficiencia de trabajo, a un costo horario de 25.05 US\$/h. Con scoop de 1yd³, el material es limpiado desde el frente de la labor y acarreado hasta el ore-pass principal con una productividad de 30m³ /h.

Según Ocas (2018) en su tesis llamada “Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad” en su introducción señala el control y gestión de equipos a nivel mundial se sigue extendiendo y mejorando cada

vez más, en los proyectos de mediana y pequeña envergadura de países en vías de desarrollo, se tiene limitación al no contar con indicadores clave para el control de sus equipos en operaciones, limitando a optimizar recursos destinados a actividades de construcción.

Al respecto, se necesita aplicar alternativas de control para el negocio de la construcción que permita controlar mejor las operaciones de diversos proyectos que involucren equipo pesado en movimiento de tierras.

Existen diversos estudios sobre medición de indicadores aplicados a áreas en diversos proyectos, sobre todo aplicadas al mantenimiento, seguridad, costos, y en la producción para el control apropiado de equipos pesados en el movimiento de tierras en minería superficial. La mayoría de las investigaciones se han centrado en el área de producción y mantenimiento de equipos; existe estudios como “Gestión de Tiempos en Minería”, donde estudia los indicadores clave de desempeño aplicado al control de equipos en minería.

Martínez (2015), presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial titulada: “Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria a Minera Yanacocha” a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Lima. Propuso herramientas específicas como: Reorganización de organigrama, para definir las actividades; Check List, para recolección de datos; Historial de mantenimientos, para hacer seguimiento a las máquinas y lo que interactúa con ellas. Con estas herramientas estamos seguros que la integración de las gestiones de abastecimiento de insumos/repuestos conjunto con las gestiones de Mantenimiento: preventivo correctivo y predictivo.

1.2. Formulación de Problema

¿Se logrará evaluar el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo para la construcción de un pad en una empresa minera Cajamarca, 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar los rendimientos de los equipos de carguío y acarreo para la construcción de un Pad.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar y evaluar los ciclos y rendimientos de trabajo de la maquinas planteadas en el carguío y acarreo y calcular el rendimiento en m³ /hora.
- Comparar los rendimientos obtenidos en campo, con los rendimientos del fabricante.
- Realizar el estudio a los factores externos como son: el clima de la zona, la experiencia del operador y el tipo de material del terreno.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

Al realizar la evaluación de rendimientos se logrará determinar el rendimiento real en campo para ser comparado con los de manual de fabrican de los equipos de carguío y acarreo en la construcción de un pad de una empresa minera de Cajamarca.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- Se logrará determinar los ciclos de trabajo de la maquinaria estudiada con respecto al carguío y acarreo en tiempo y m³ /hora.
- Es posible comparar los rendimientos obtenidos en campo y los del manual de fabricante para de ver la diferencia que existe con cada uno de ellos.
- Se realiza el estudio a los factores externos y determinar el clima de la zona, la experiencia del operador y el tipo de material del terreno con el cual se trabaja en las operaciones.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente proyecto corresponde a una investigación Experimental - Aplicada con diseño cuasi experimental, debido a que busca realizar la evaluación de rendimientos de equipos de carguío y acarreo para la construcción de un pad finalmente realizar un análisis comparativo de ambos resultados.

Vargas (2009), docente de la maestría en Orientación de la Universidad de Costa Rica, el tipo de investigación aplicada se centra en el análisis y solución de problemas de varias índoles de la vida real, así como también se nutre de avances científicos y se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos. Indica que el tipo de investigación Aplicada es una forma de conocer las realidades con una prueba científica; requiere obligatoriamente de un marco teórico, sobre el cual se basará para generar una solución al problema específico que se quiera resolver.

Según Palella y Martins, (2012) diseño Cuasi experimental debido a que se realiza una comparación con respecto a los resultados obtenidos del proceso de carguío y acarreo realizado por los equipos pesados.

2.2. Población y muestra

- **Población**

La Población son los minados existentes en la empresa minera Cajamarca 2020.

- **Muestra**

Un frente de Carguío en forma aleatoria, para esto se ha tomado como muestra a 1 excavadoras y 1 volquete.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Observación directa

Se realizó la observación directa en campo, lo cual permitió ver algunos problemas en cuanto al rendimiento de los equipos de carguío y acarreo para la construcción de un pad en una empresa minera de Cajamarca.

2.3.2. Análisis documental

Se investigó antecedentes de trabajos de investigación relacionados a problemas en rendimientos de equipos de carguío y acarreo, para lo cual se utilizó los buscadores y bibliotecas virtuales. También se recolectó información relacionada a las distancias que tienen las rutas de carguío y acarreo que se va analizar. También se revisó los datos de las fichas técnicas de cada equipo para realizar los cálculos correspondientes de este trabajo de investigación.

2.3.3. Recolección de datos

Se tomó los datos de campo relacionados a los tiempos del ciclo con los volquetes Volvo FMX 15 m³ utilizando formatos para la toma de datos (Anexo N° 01), así como total de material a transportar, factor de llenado del equipo, número de viajes que realiza durante una hora y demás parámetros de los

equipos que se requieren para efectuar los cálculos También se solicitó información de los costos del combustible al área de logística.

2.4. Procedimiento

2.4.1. 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 repositorios virtuales de varias universidades, también se identifica la ruta que comprenden el Tajo al Pad.

Tabla 2:

Distancias de las rutas de carguío y acarreo

RECORRIDO	DISTANCIA (m.)
TAJO - PAD LIXIVIACIÓN	4000

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Campo

Se realiza la toma de datos del carguío y acarreo en campo, calcular el rendimiento en m³/hora, comparación de rendimientos de acuerdo a manual de fabricante y rendimiento en trabajo en campo, analizar los factores externos como clima, experiencia de operador y tipo de material de terreno.

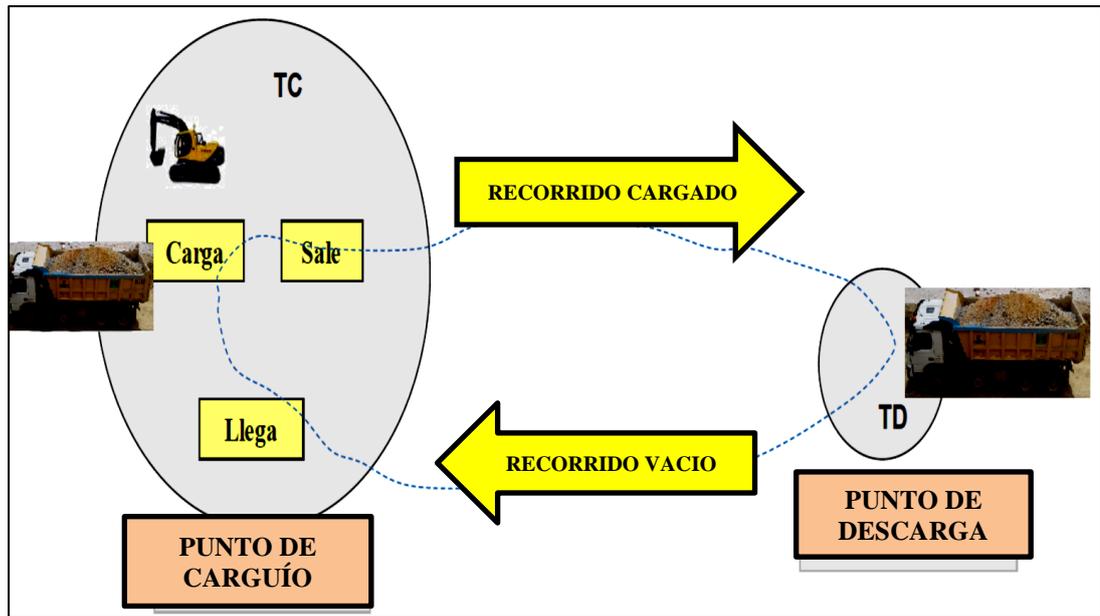


Ilustración 2: Proceso de carguío y acarreo.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3. Gabinete:

Luego de recolectar toda información necesaria en campo se procedió a procesar y tabular de forma digital los datos obtenidos en campo, con ayuda del programa Excel, así mismo se elaboraron cuadros y gráficos de los análisis de los resultados obtenidos para los equipos de carguío y acarreo, en donde se pudo identificar de forma más detallada la diferencia en rendimientos.

CAPÍTULO III. RESULTADO

- **Analizar y evaluar los ciclos de trabajo de la maquinaria pesadas planteadas en el carguío y acarreo y calcular el rendimiento en m³ /hora.**

3.1 PROCESO DE OPERACIÓN

3.1.1. Carguío y carguío de volquetes

Esta actividad consiste en la excavación – carguío y acarreo del material que se encuentra en la zona del proyecto, empleando para ello una excavadora CAT 320 C y un volquete Volvo de 15m³ según los metrados asignados. Esta actividad considera los trabajos de carguío y acarreo para la construcción de un pad para ello todos los equipos existentes en la operación darán facilidades necesarias para efectuar dicha tarea.

3.1.2. Equipos a utilizar

El análisis de este proceso de carguío y acarreo está enfocado específicamente al análisis de los tiempos que le lleva a cabo a la maquinaria realizar los trabajos encomendados para los cual tenemos el siguiente listado de maquinaria en obra.

Tabla 2:

Maquinaria analizada

N° Equipo	Maquinaria	Características
1	Excavadora	Cat 320C con capacidad de 1.3 m ³
1	Volquete	Volvo FMX 480 15 m ³

Fuente: elaboración propia

3.2. Ciclos y Rendimientos de excavadora.

Para el estudio de la excavadora se consideran a los equipos que trabajan con cucharón.

Los factores que se toman en cuenta para el cálculo del rendimiento son el tipo de material, altura del corte, dimensiones del equipo.

Por lo tanto, según la fórmula el rendimiento de esta máquina es:

$$R = \frac{3600 * Q * E * K}{T * FV} ; \frac{m^3}{Hr}$$

Dónde:

R = Rendimiento en m³/hora (medidos en banco)

Q = capacidad o volumen del cucharón en m³

K = factor de llenado del cucharón (depende de las dimensiones y capacidad del Cucharón).

E = factor de rendimiento de la máquina.

T = Tiempo de un ciclo (segundos).

FV= factor de abundamiento.

3.2.1. Capacidad o Volumen del Cucharón (Q): Será tomada del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar.

Tabla 3:

Característica de la excavadora

N° Equipo	Maquinaria	Características	Capacidad del cucharón. (m3)
1	Excavadora	Cat 320 C	1.3

Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra las capacidades de los cucharones:

Tabla 4:

Capacidades de los cucharones de Excavadora 320C

Cucharones de Excavadora Hidráulica 320C/320CL	
Profundidad máxima de excavación	Capacidad de la excavación
7,66 m	1,00 m3
5,84 m	1,30 m3
11,88 m	0,45 m3

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

3.2.2. Factor de llenado del cucharón (K): Será considerado debido al material que en este caso es un conglomerado. Entonces el valor será calculado de la siguiente forma:

$$k = \frac{1}{1 + \% \text{ Esponjamiento}}$$

$$k = \frac{1}{1 + 0.20}$$

$$K = 0.83$$

3.2.3. Eficiencia: tomaremos el valor regular debido a los tiempos efectivos de trabajo.

$$E = 50 \text{ mín.} / 60 \text{ mín.}$$

$$E = 0.83$$

El factor de abundamiento es $FV = 20\%$

3.2.4. Tiempo de Ciclo en minutos (T): Se tomaron tiempos del ciclo de la excavadora para cuando ésta explota el terreno y a la vez llena las volquetas (tiempo de carga con maniobra):

A continuación, se muestra los tiempos recolectados desde el 20 de octubre hasta 25 de octubre del año 2019.

Tabla 5:

Tiempo de ciclo de la Excavadora

Equipo	Carga del cucharón	Giro con carga	Descarga del cucharón	Giro sin carga	Tiempo de Ciclo (seg.)
1	0.10	0.11	0.08	0.11	0.40
2	0.12	0.09	0.07	0.09	0.37
3	0.10	0.09	0.06	0.09	0.34
4	0.08	0.11	0.08	0.08	0.35
5	0.09	0.08	0.09	0.05	0.31
6	0.07	0.08	0.05	0.10	0.3
7	0.10	0.09	0.08	0.10	0.37
8	0.08	0.07	0.09	0.09	0.33
9	0.09	0.06	0.07	0.08	0.3
10	0.08	0.07	0.09	0.05	0.29
11	0.08	0.09	0.08	0.08	0.33
12	0.12	0.07	0.09	0.07	0.35
13	0.11	0.10	0.10	0.08	0.39
14	0.09	0.10	0.06	0.05	0.3
15	0.08	0.11	0.08	0.10	0.37
16	0.09	0.09	0.07	0.06	0.31
17	0.07	0.06	0.08	0.05	0.26
18	0.10	0.09	0.08	0.08	0.35

Fuente: elaboración propia

Tabla 6:

Resumen tiempo de ciclo de la excavadora

N° Datos	Tiempo de Ciclo (seg.)
1	0.4
2	0.37
3	0.34
4	0.35
5	0.31
6	0.3
7	0.37
8	0.33
9	0.3
10	0.29
11	0.33
12	0.35
13	0.39
14	0.3
15	0.37
16	0.31
17	0.26
18	0.35
Promedio =	0.33

Fuente: elaboración propia

Con los datos ya encontrado y este tiempo se calcula el rendimiento de la excavadora y para luego ser comparado con el Manual de fabricante

$$R = \frac{3600 * Q * E * K}{T * FV}; \frac{m^3}{Hr}$$

$$R = \frac{3600 * 1.3 * 0.83 * 0.83}{33.10 * 1.20}; \frac{m^3}{Hr}$$

$$R = 81.17; \frac{m^3}{Hr}$$

3.2.5. Según el manual Caterpillar: Las zonas de trabajo que hay en las tablas de cálculo de producción muestran las capacidades productivas de las excavadoras hidráulicas en las categorías de tamaños de la 307 a la 5230 ME. El límite superior de cada una de estas categorías corresponde a los tiempos de ciclo más rápidos y prácticos de las máquinas, y el ancho de cada zona indica la escala de capacidades (carga útil) de los cucharones que se pueden utilizar con cada una de las máquinas.

Los valores óptimos de rendimiento de la imagen presentada a continuación en la zona sombreada de arriba, se basan en condiciones favorables de trabajo: facilidad de excavación, zanjas de poco fondo, buen operador, etc. Para ingresar a la tabla siguiente tomaremos el valor del tiempo de ciclo= 33.10 seg. y la carga útil del cucharón con lo cual obtenemos:

Tabla 7:

Cálculo de la producción para excavadoras según manual Caterpillar.

Metros cúbicos por hora de 60 minutos*

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

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

El valor de rendimiento máximo es: $R_{max} = 156 \text{ m}^3/\text{hr}$

La eficiencia de trabajo es 50 min/hrs por lo tanto: $E = 0.83$

Entonces:

Rendimiento= $R_{max} * E$

Rendimiento= $156 \text{ m}^3/\text{hr} * 0.83$

Rendimiento=129.48 m³/hr

3.3. Ciclos y Rendimientos de volquete.

Tabla 8:

Características de Volquete

N° Equipo	Maquinaria	Características	Capacidad (m3)
1	Volquete	Volvo FM 480	15

Fuente: elaboración propia

El rendimiento de los transportes, incluye en forma general a los camiones dentro y fuera de las carreteras, serán calculados con la siguiente fórmula

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T} ; \frac{m^3}{h}$$

Dónde:

R= Rendimiento en m3/hora (medidos en banco)

Q=capacidad de la máquina en m3

E= factor de rendimiento de Trabajo.

T= Tiempo empleado en un ciclo completo (minutos).

El tiempo de un ciclo completo según fórmula

$$T=T1+T2+T3+T4$$

T1.- Tiempo empleado en maniobras de acomodo.

T2.- Tiempo de Carga.

T3.- Tiempo Empleado en acarrear el material.

T4.- Tiempo empleado por la maquina vacía durante el regreso.

La capacidad de la máquina está dada por las dimensiones de la tolva en donde se transporta el material excavado, para nuestro estudio se tomó como referencia el grupo de volquetes de 15 m³, que transportan el material, al lugar de descarga. El factor de rendimiento de trabajo

está especificado de acuerdo al chofer y las condiciones que presenta la obra se tomará $E=0.85$. Los tiempos recolectados desde el 20 de octubre hasta 25 de octubre del año 2019.

Tabla 9:

Tiempo de ciclo de acarreo del volquete

Volquete	Posicionamiento del camión para carguío	Tiempo de ida	Tiempo de descarga	Tiempo de vuelta	Tiempo total (min)
1	0.48	9.2	2.13	4.5	16.31
2	0.50	8.5	1.4	5.13	15.53
3	0.54	8.3	1.56	5.4	15.80
4	0.41	9.3	1.46	4.4	15.57
5	0.68	8.2	2.2	5.1	16.18
6	0.69	7.5	1.57	5.2	14.96
7	0.52	9.5	2.15	4.3	16.47
8	0.46	8.4	2.14	4.1	15.10
9	0.50	8.5	1.5	5.2	15.70
10	0.54	7.4	1.7	5.4	15.04
11	0.43	9.1	2.1	3.8	15.43
12	0.68	7.4	2.2	5.5	15.78
13	0.54	8.5	1.54	5.3	15.88
14	0.66	9.5	2.15	4.2	16.51
15	0.46	9.3	2.13	3.8	15.69
16	0.59	8.1	1.4	5.13	15.22
17	0.56	8.2	1.56	5.4	15.72
18	0.41	9.6	1.46	4.4	15.87
19	0.68	7.5	2.4	5.1	15.68
20	0.69	8.4	1.57	5.2	15.86
21	0.54	9.3	1.6	4.5	15.94

Fuente: elaboración propia

Tabla 10:

Resumen del Tiempo de ciclo de acarreo del volquete

N° Datos	Tiempo de Ciclo (min.)
1	16.31
2	15.53
3	15.80
4	15.57
5	16.18
6	14.96
7	16.47
8	15.10
9	15.70
10	15.04
11	15.43
12	15.78
13	15.88
14	16.51
15	15.69
16	15.22
17	15.72
18	15.87
19	15.68
20	15.86
21	15.94
Promedio =	15.83

Fuente: elaboración propia

Con este tiempo promediado procedemos a calcular el rendimiento.

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T}; \frac{m^3}{h}$$

$$R = \frac{15 * 60 * 0.83}{15.83}; \frac{m^3}{h}$$

$$R = 47.18; \frac{m^3}{h}$$

3.3. Realizar el estudio a los factores externos como son: el clima de la zona, la experiencia del operador y el tipo de material del terreno.

3.3.1. Factores externos para el carguío y acarreo

Altura de trabajo: Se debe considerar a nivel del mar la altura del minado 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.

Calentamiento de la maquina: el manual de fabricante no lo considera por lo cual es muy importante para cuidar los equipos y alargar su tiempo de vida, es recomendable calentar la maquina antes de trabajar y al finalizar, se recomienda de 10 a 15 min.

Voladura: Es el principal motivo por lo cual los equipos no trabajan constantemente, 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.

Falla mecánica: Es uno de los principales motivos por lo cual los equipos no trabajan continuamente, como indicábamos estos problemas se presentan por la antigüedad del equipo o las malas maniobras del operador ya que abecés los operadores no cuentan con mucha experiencia, para el cual se recomienda a la empresa contar con mecánicos cerca al proyecto o tener un equipo de reten.

Dimensionamiento de flota: Se considera mal dimensionadas y de flujo no constante por falta de una buna programación ya sea inoperatividad del equipo u otras causas por lo que las flotas no son bien dimensionadas teniendo como consecuencia el bajo rendimiento.

Flota incompleta: 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.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Ayllón, P (2012). Nos dice que, en toda obra con equipamiento mecanizado, un problema de suma importancia es el cálculo de la producción de las máquinas. El primer paso para estimar la producción es calcular un valor teórico que luego es ajustado a las condiciones reales de la obra, de acuerdo a cifras obtenidas en experiencias anteriores o en trabajos similares; Para el cálculo de la productividad teórica, se dispone de la información que proporcionan los fabricantes, de acuerdo a las características particulares de cada máquina; estos valores deben ajustarse de acuerdo con los elementos operativos, las condiciones geológicas, topográficas, climáticas, etc. que prevalecerán en la obra. En la presente tesis se obtuvieron los siguientes resultados los cuales fueron comparados con el manual de fabricante el rendimiento para la Excavadora es de $81.17 \text{ m}^3/\text{hr}$ el cual es mucho menor a lo estipulado por el fabricante que indica que debe ser $128.48 \text{ m}^3/\text{h}$ y para el volquete de determinó en rendimiento de $47.18 \text{ m}^3/\text{hr}$ el varía en función a las condiciones geológicas.

Ocas, M (2018). En su investigación. Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad” en su introducción señala el control y gestión de equipos a nivel mundial se sigue extendiendo y mejorando cada vez más, en los proyectos de mediana y pequeña envergadura de países en vías de desarrollo, se tiene limitación al no contar con indicadores clave para el control de sus equipos en operaciones, limitando a optimizar recursos destinados a actividades de construcción. En la investigación desarrollada se comprueba que los rendimientos reales alcanzados, son menores a los dados por el fabricante lo cual valida la hipótesis de la investigación en un 47%.

Pereira, L (2006) La ejecución de obras de movimiento de tierras, para la construcción de carreteras, pistas, ferrovías, represas, vías urbanas, para la fundación de edificios sector minero, etc. requiere de una adecuada organización que permita una acertada elección de las máquinas, su correcta utilización y su aprovechamiento óptimo, para garantizar la conclusión de las mismas en los plazos previstos, además de la obtención de ganancias a la empresa propietaria de las máquinas. Por lo cual en la presente investigación se logró determinar la duración de los ciclos para los equipos de carguío y acarreo obteniendo como resultado para la excavadora 0.33 segundo/ciclo y para volquete: 15.83 minutos/ciclo, respectivamente la duración de los ciclos.

4.2. Conclusiones

- En relación al análisis comparativo se concluye que los rendimientos reales alcanzados, son menores a los dados por el fabricante lo cual valida la hipótesis de la investigación en un 47%, para las actividades de carguío, acarreo.
- De acuerdo a la evaluación de rendimientos se concluye que el rendimiento para la Excavadora es de 81.17 m³/hr el cual es mucho menor a lo estipulado por el fabricante que indica que debe ser 156 m³/h y para el volquete de determinó en rendimiento de 47.18 m³/hr el cual también es menor a lo fijado por el fabricante ya que existen varios factores que afectan los rendimientos de los equipos como la altura entre otras.
- Se determinó el tiempo de duración de los ciclos de los equipos de carguío y acarreo siendo los siguientes para la excavadora 0.33 segundo/ciclo y para volquete: 15.83 minutos/ciclo, respectivamente la duración de los ciclos.
- Se concluye que existen varios factores que afectan los rendimientos tales como factores imputables al cliente como son: la demora en la voladura, zona de trabajo reducida, falta de frente de trabajo, interferencias en la ruta de acarreo; las cuales disminuyen la productividad y también los factores imputables al contratista como son: fallas mecánicas, equipos no disponibles.

REFERENCIAS

- Bonzi, J. (2016). Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres. *Tesis para Optar el grado de Ingeniero Civil de Minas*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/han>
- Calderón, N. (2014). Mejora del Tiempo de Operatividad de Camiones Volquetes en Proyectos de Mantenimiento Vial, utilizando Teoría de Confiabilidad en un Sistema Simulado. *Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream>.
- Chiriboga, M. (2015). *Rendimiento de equipo pesado para la explotación de una cantera a cielo abierto*. (tesis pregrado). Escuela Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Chau, L. (2013). Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras de una empresa Cajamarquina dedicada a la Minería. *Tesis Magistral*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/813/1/chau_lj.pdf
- Díaz R. M. (1996) *Maquinaria de Construcción. Publicación de la E.U. Ingeniería Técnica de Obras Públicas de Madrid*.
- Kraemer C, Mac G. (2009) *Volumen I, Ingeniería en Carreteras, Volumen y Rendimiento de equipo caminero*. Lima Perú
- 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 pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Martínez, A. (2015). Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria a Minera Yanacocha. *Tesis para Optar el Grado de Ingeniero Industrial.* Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc>.

Malpica, C. (2014). *Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado cerro negro Yanacocha.* (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú

Palella, S. & Martins, F. (2015). *Metodología de la investigación cuantitativa*, Florencia, Venezuela. Recuperado de: <https://www.docsity.com/es/disenyo-tipo-nivel-y-modalidad-de-palella-y-martins/2733947/>

Palencia E., (1984). *Consideraciones sobre la selección y cálculo de producción de maquinaria pesada para el movimiento de tierras.*

Riveros, J. (2016). *Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata.* (tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Vidal, L. (2010). *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto.* (tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

ANEXO N° 3: Especificaciones técnicas de la excavadora 330CL



330C L

Excavadora Hidráulica



Motor		
Modelo del Motor	C9 Caterpillar®	
Potencia al Volante	194 kW	247 hp
Peso en Operación	35.100 kg	77.400 lb

Motor

Modelo del Motor	CAT C9	
Potencia al Volante	184 kW	247 hp
ISO 9249	184 kW	247 hp
SAE J1349	182 kW	244 hp
EEC 80/1269	184 kW	247 hp
Diámetro	112 mm	4.41 pul
Carrera	149 mm	5.87 pul
Cilindrada	8.8 L	537 pol ³

Pesos

Peso de Operación – Tren de Rodaje Largo	35 100 kg	77,400 lb
--	-----------	-----------

- Pluma de 6,5 m (21'4"), brazo de 3,9 m (12'10"), cucharón 1.9 m³ y zapatas de 750 mm (30")

Capacidades de Llenado

Tanque de Combustible	618 L	163 gal
Sistema de Enfriamiento	38 L	10 gal
Aceite del Motor	36 L	9.4 gal
Mando de Giro	19 L	5 gal
Mando Final (cada uno)	15 L	4 gal
Sistema Hidráulico (incluyendo el tanque)	410 L	108 gal
Tanque Hidráulico	175 L	46 gal

Desempeño Sonoro

Desempeño	ANSI/SAE J1166
-----------	----------------

- El nivel del ruido "Leq" (nivel del presión sonora equivalente) medido según los procedimientos de ciclo de trabajo especificados en los estándares ANSI/SAE J1166 de octubre de 1998 es 74 dB(A), para la cabina ofrecida por Caterpillar, cuando adecuadamente instalada y mantenida y testada con las puertas y ventanas cerradas.
- Puede ser necesario el uso de protección auricular cuando la máquina esté operando con cabina abierta (o con un puesto del operador que no sea mantenido adecuadamente, o con puertas/ventanas abiertas) por largos periodos o en ambientes con altos niveles de ruido.

Sistema Hidráulico

Sistema del Implemento Principal – Caudal Máximo (2x)	280 L/min	74 gal/min
Presión máxima – Implementos (Todo el tiempo)	34 300 kPa	4,974 psi
Presión máxima – Desplazamiento	34 300 kPa	4,974 psi
Presión máxima – Rotación	27 900 kPa	4,046 psi
Sistema Piloto – Fluxo máximo	37 L/min	10 gal/min
Sistema Piloto – Caudal Presión máxima	4120 kPa	597 psi
Cilindro de la Pluma – Diámetro	150 mm	5.91 pulg
Cilindro de la Pluma – Carrera	1440 mm	57 pulg
Cilindro del Brazo – Diámetro	170 mm	6.69 pulg
Cilindro del Brazo – Carrera	1738 mm	68 pulg
Cilindro del Cucharón de la Familia D – Diámetro	150 mm	5.91 pulg
Cilindro del Cucharón de la Familia D – Carrera	1156 mm	46 pulg
Cilindro del Cucharón de la Familia E – Diámetro	160 mm	6.3 pulg
Cilindro del Cucharón de la Familia E – Carrera	1356 mm	53 pulg

Mando

Fuerza Máx.Tracción en la Barra de Tiro	294 kN	66,094 lb
Máx. Velocidad de Desplazamiento	5 km/h	3.1 mph

Mecanismo de Rotación

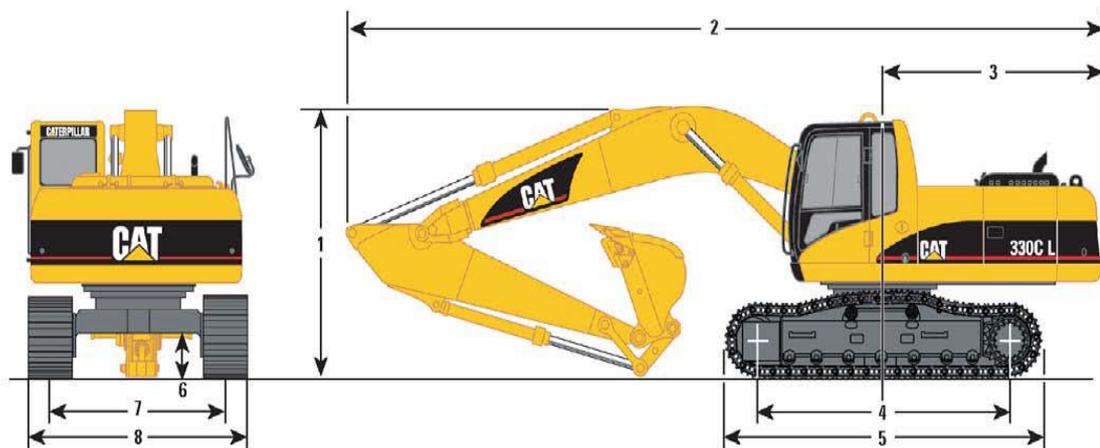
Velocidad de Rotación	10 rpm	
Par de Rotación	108 kN•m	79.657 lb pés

Cadena

Rodaje Largo – Zapatas de triple garra	750 mm	30 pulg
Optativo –	850 mm	34 pulg
Optativo – Servicio pesado	750 mm	30 pulg
Optativo – Servicio pesado	600 mm	24 pulg

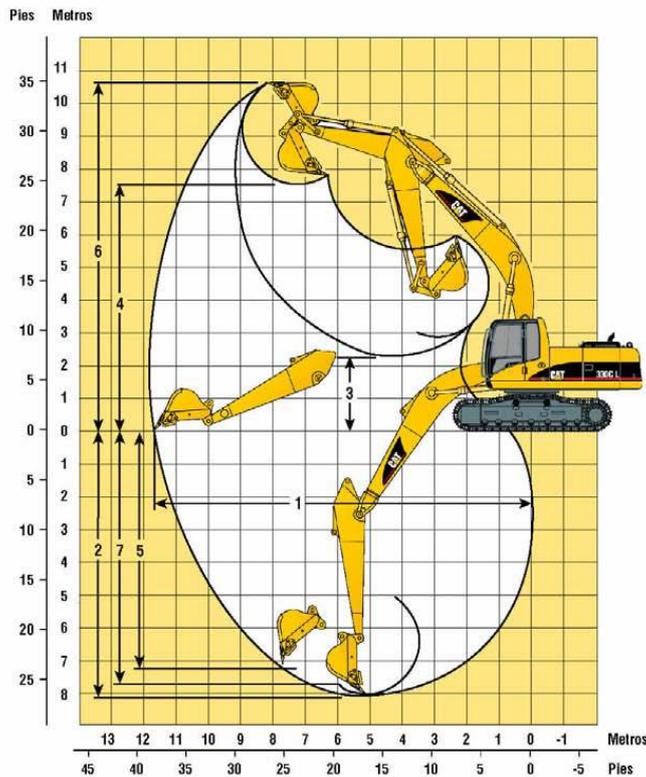
Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



Opciones de Plumas	Alcance — 6.5 m (21'4")	Alcance — 6.5 m (21'4")	Volumen — 6.18 m (20'3")
Opciones de Brazos	R3.9D m (12'10")	R3.2D m (10'6")	M2.55E (8'4")
1 Altura para el embarque	3730 mm (12'3")	3350 mm (11'0")	3490 mm (11'5")
2 Longitud para el embarque	11 190 mm (36'9")	11 140 mm (36'7")	10 840 mm (35'7")
3 Radio de rotación de la parte trasera	3500 mm (11'6")	3500 mm (11'6")	3500 mm (11'6")
4 Longitud hasta el centro de los rodillos	4040 mm (13'3")	4040 mm (13'3")	4040 mm (13'3")
5 Longitud de la cadena	5020 mm (16'6")	5020 mm (16'6")	5020 mm (16'6")
6 Altura libre sobre el terreno	510 mm (1'8")	510 mm (1'8")	510 mm (1'8")
7 Entrevía de la cadena	2590 mm (8'6")	2590 mm (8'6")	2590 mm (8'6")
8 Ancho del transporte con zapatas de 600 mm (24")	3190 mm (10'6")	3190 mm (10'6")	3190 mm (10'6")
Ancho del transporte con zapatas 750 mm (30")	3340 mm (10'11")	3340 mm (10'11")	3340 mm (10'11")
Ancho del transporte con zapatas de 850 mm (34")	3440 mm (11'3")	3440 mm (11'3")	3440 mm (11'3")
Peso de Operación			
Pluma de 750 mm (30")	34 382 kg (75.800 lb)	34 252 kg (75.513 lb)	35 180 kg (77.576 lb)
Pluma de 850 mm (34")	35 108 kg (77.400 lb)	34 978 kg (77.113 lb)	35 400 kg (78.000 lb)

Gamas de Trabajo



Pesos de los Principales componentes

Plumas: incluyendo tuberías, cilindros de la pluma, cilindros del brazo y luz lateral

	kg	lb
Alcance	3880	8550
Gran Volume	3950	8700

Brazos: incluyendo el cilindro y varillaje del cucharón

	kg	lb
R3.9 m	1950	4300
R3.2 m	1815	4000
M2.55 m	1960	4320

Contra peso

	6020	13,300
--	------	--------

	Pluma de Alcance 6,5 m (21'4")	Pluma de Alcance 6,5 m (21'4")	Pluma Masiva 6,18 m (20'3")
Longitud del Brazo	R3,9 (12'10")	R3,2 (10'6")	M2,55E (8'4")
Cucharón	1,4 m² (1,8 jd²)	1,4 m² (1,8 jd²)	2,2 m² (3,0 jd²)
1 Máximo Alcance al Nivel del Suelo	11,64 m (38'2")	10,92 m (35'10")	10,21 m (33'6")
2 Máxima Profundidad de Excavación	8,09 m (26'7")	7,39 m (24'3")	6,60 m (21'8")
3 Mínima Altura de Carga	2,01 m (6'7")	2,71 m (8'11")	2,97 m (9'9")
4 Máxima Altura de Carga	7,64 m (25'1")	7,20 m (23'7")	6,67 m (21'11")
5 Máxima Profundidad de Excavación en Pared Vertical	7,35 m (24'1")	6,49 m (21'4")	5,85 m (19'2")
6 Máxima Altura de Corte	10,81 m (35'6")	10,34 m (33'11")	10,17 m (33'4")
7 Máxima Profundidad de Excavación con Fondo Plano de 2440 mm (8')	7,74 m (25'5")	7,04 m (23'1")	6,19 m (20'4")

330CL – Tabla de Especificaciones y Compatibilidad del Cucharón (zapatas con triple garra de 750 mm 30”)

	Capacidad*		Ancho		Radio desde la Punta		Peso		Dientes	Alcance 6,5m(21'4")		Volumen 6,18m(20'3")	
	m ³	yd ³	mm	pulg	mm	pulg	kg	lb	Qd	R3.9D (12'10")	R3.2D (10'6")	M2.55E (8'4")	M2.15E (7'11")
Cucharones D													
Cucharones de Excavación	0,80	1,12	775	30	1854	73,0	980	2161	3	●	●	—	—
	1,10	1,50	925	36	1854	73,0	1057	2331	3	●	●	—	—
	1,40	1,88	1098	42	1854	73,0	1162	2562	5	●	●	—	—
	1,70	2,25	1246	48	1854	73,0	1192	2628	5	●	●	—	—
	1,90	2,50	1400	55	1854	73,0	1237	2729	5	●	●	—	—
	2,20	3,00	1540	60	1854	73,0	1455	3209	6	○	●	—	—
Cucharones para Excavación de Gran Volume	0,70	1,00	775	30	1764	69,0	1016	2241	3	●	●	—	—
	0,90	1,25	925	36	1764	69,0	1119	2468	3	●	●	—	—
	1,20	1,50	1098	42	1764	69,0	1244	2744	4	●	●	—	—
	1,40	1,88	1246	48	1764	69,0	1380	3043	5	●	●	—	—
	1,60	2,12	1400	55	1764	69,0	1480	3264	5	●	●	—	—
	1,80	2,50	1540	60	1764	69,0	1593	3512	6	●	●	—	—
Cucharones para Servicio Pesado Roca (HDR)	0,70	1,00	775	30	1764	69,0	1137	2507	3	●	●	—	—
	0,90	1,25	925	36	1764	69,0	1243	2741	3	●	●	—	—
	1,20	1,50	1098	42	1764	69,0	1385	3054	4	●	●	—	—
	1,40	1,88	1246	48	1764	69,0	1539	3394	5	●	●	—	—
	1,60	2,12	1400	55	1764	69,0	1642	3620	5	●	●	—	—
	1,80	2,50	1540	60	1764	69,0	1728	3810	7	○	●	—	—
Cucharones de Alto Rendimiento (HDP)	1,00	1,25	925	36	1660	65,3	1059	2335	3	●	●	—	—
	1,40	1,88	1246	48	1660	65,3	1311	2891	5	●	●	—	—
	1,60	2,12	1400	54	1660	65,3	1397	3092	5	●	●	—	—
	1,80	2,50	1540	60	1660	65,3	1517	3345	6	●	●	—	—
Cucharones de Limpieza de Banja (DC)	1,70	2,25	1676	66	1424	56,0	1189	2622		●	●	—	—
	1,80	2,50	1829	72	1424	56,0	1236	2726		●	●	—	—
Cucharones E													
Cucharones de Servicio Pesado (HD)	2,10	2,70	1695	64	1867	73,5	1640	6550	6	—	—	●	●
	2,40	3,00	1676	66	1867	73,5	2211	4876	6	—	—	●	●
	2,70	3,50	1829	72	1867	73,5	2346	5172	7	—	—	○	●
Cucharones de Alto Rendimiento (HDP)	2,40	3,14	1778	70	1700	70,0	2265	4340	5	—	—	●	●

Suposiciones para valores nominales de densidad de material maximos:

1. Articulación delantera completamente extendida a nivel del suelo
2. Cucharón replegado
3. Factor de llenado del cucharón de un 100%

*Capacidades fundamentadas en la norma SAE J296. Algunos cálculos de especificaciones de capacidad caen en los valores limitantes.

- 2100 kg/m³ (3500 lb/yd³)
- 1800 kg/m³ (3000 lb/yd³)
- 1500 kg/m³ (2500 lb/yd³)
- 1200 kg/m³ (2000 lb/yd³)
- ∴ 900 kg/m³ (1500 lb/yd³)

Fuente: CATERPILLAR

ANEXO N° 4: Ficha técnica de los volquetes Volvo FMX 480



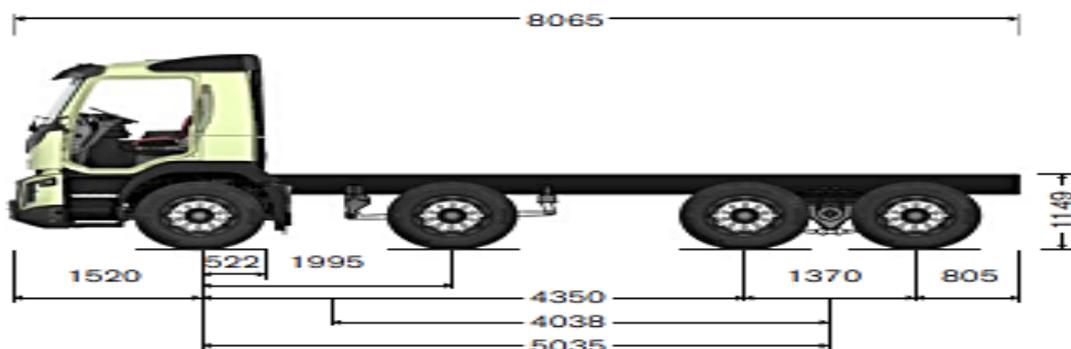
PESOS Y CAPACIDADES (Kg)

FMX 8X4R	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capacidad técnica	18.000	32.000	50.000
Límite legal	10.000	18.000	28.000
Peso del chasis*	7.133	3.771	10.905

*Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofer y con rueda de auxilio. Llantas de acero, frenos a tambor y cabina extendida techo normal. Eje RTH3210F Distancia entre ejes 4350 mm. Motor 13 lts.

...e especialmente diseñado para trabajos pesados.

FMX 8X4R



FMX 370 6X4R/8X4R

MOTOR

Modelo: VOLVO D11A Euro 3
Cilindrada: 10,8 lts; 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro. Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico.
Potencia: 370 cv entre 1.600 -1.900 rpm
Torque: 1.770 Nm entre 1.000-1.400 rpm

CAJA DE VELOCIDADES

Modelo: Volvo VT2214B
Tipo: Manual sincronizada.
Marchas: 14 (12+2) velocidades
Opcional: Automatizada (I-Shift)/12 velocidades.

SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo: Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.
Capacidad: -7.500 - 8.000 Kg (6x4R)
 -16.000 Kg (8x4R)

FRENOS

Tipo: Frenos a tambor con ABS.
Freno auxiliar: Freno de motor VEB a través de las válvulas de 390 cv.

DIFERENCIAL

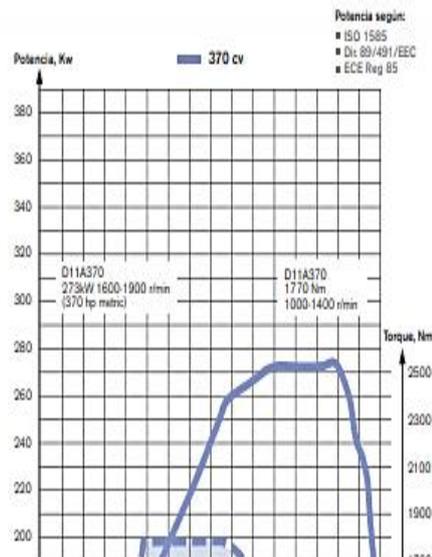
Modelo: RS2370
Relación de reducción: 3,09 / 3,40 / 3,78 / 4,50.
Capacidad de arrastre: 60 Tn
Opcional: Ejes con reductores de cubo RTH 2610 o RTH3210F.

SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo: Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora (RTS 2370)
Capacidad: 20.000 Kg
Opcional: Ballestas semi-elípticas (RTH2610F o RTH 3210) con capacidad 26.000 Kg

CHASIS

Material: Acero especial LNE60 de alta resistencia y bajo peso, con refuerzo interno.
Altura: 300 mm
Ala: 90 mm





FMX 440/480 6X4R/8X4R

MOTOR

Modelo: VOLVO D13A Euro 3
Cilindrada: 12,8 lts, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro. Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico.
Potencia: 440/480cv entre 1.400 -1.800 rpm
Torque: 2.200/2.400 Nm entre 1.050-1.450 rpm

CAJA DE VELOCIDADES

Modelo: Volvo VT2514B
Tipo: Manual sincronizada.
Marchas: 14 (1+2) velocidades
Opcional: Automatizada (I-Shift)/12 velocidades

DIFERENCIAL

Modelo: RTH3210F
Relación de reducción: 3,33/3,46/3,61/3,76/
 3,97/4,12/4,55/5,41/6,18/7,21
Capacidad de arrastre: 100* Ton
 (*130 Ton para rat 4,12 o mas corto.

SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo: Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.
Capacidad: -7.500-8.000-9.000 Kg (6x4R)
 -16.000-18.000 Kg (8x4R)

SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo: Ballestas semielípticas con amortiguadores y barra estabilizadora.
Capacidad: 32.000 Kg
Opcional: Suspensión neumática (bajo consulta).

FRENOS

Tipo: Frenos a tambor con ABS.
Freno auxiliar: Freno de motor VEB a través de las válvulas de 410 cv.

CHASIS

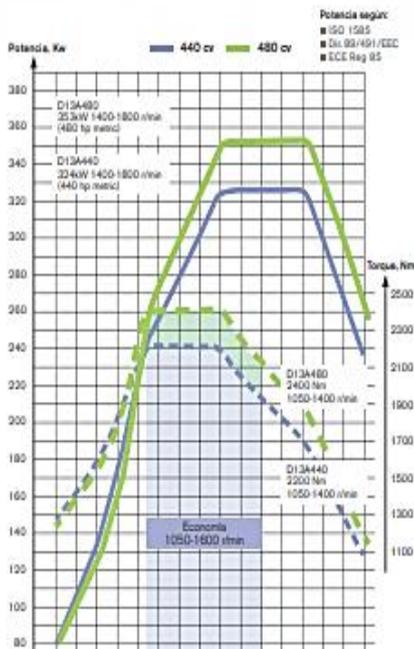
Material: Acero especial LNE60 de alta resistencia y bajo peso, con refuerzo interno.
Altura: 300 mm
Ala: 90 mm
Espesor + refuerzo: 8 + 5 mm
Gancho delantero para remolque de 32 Ton.

TANQUES DE COMBUSTIBLE

Tipo: Rectangular
Material: Plástico
Capacidad: ~420 lts 6x4R entre ejes 3.700 mm

NEUMÁTICOS Y LLANTAS

Neumáticos: 12R20
Llantas: Acero
Opcional: 11R20-11R22,5-325/95R24-



Fuente: Pagina web de la marca Volvo.

ANEXO N° 5: Columna estratigráfica de la geología.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA					
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Reciente	Depósitos Aluviales	Q-al	Ti-an
		Pleistoceno	Depósitos: Lagunares y glaciares	Q-la Q-gl	
	TERCIARIO	Superior	Fm. Condebamba	TsQ-co	
MESOZOICO	CRETÁCEO	Superior	Fm. Inca, Chulec, Pariatambo	Ki-ichp	
		Inferior	Grupo Goyllarisquizga	Fm. Farrat	
				Fm. Santa-Carhuaz	Ki-saca
	Fm. Chimu			Ki-chim	
JURÁSICO	Superior	Fm. Chicama	Js-chic		

Fuente: Área de geología.

ANEXO N° 6: Fotografías del trabajo de campo.



