



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y RENDIMIENTO EN CAMPO DE MAQUINARIA PESADA PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRAS EN EL MINADO DE UNA EMPRESA MINERA CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera de Minas

Autora:

Rossy Paola Briones Altamirano

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia, pero sobre todo a mis dos madres,
pues sin ellas no lo hubiese logrado. Su bendición a diario
me ha protegido a lo largo de mi vida y me lleva por el camino
del bien. Por eso les dedico este trabajo en reconocimiento a su
esfuerzo, enseñanza, paciencia y su gran amor incondicional

AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero
Agradecer a quienes hicieron posible este sueño, aquellos
Que junto a mí caminaron en todo momento y siempre
Fueron inspiración, apoyo y fortaleza, en especial para
Dios, mis padres, mis hermanos, mis tíos, mi mamita.

Muchas gracias a ustedes por demostrarme que “el
Verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable
De ayudar al otro para que este se supere.

Mi gratitud también para la universidad que me abrió
Las puertas para poder estudiar mi carrera, a mi asesor
De tesis y a cada docente quienes con su apoyo y enseñanza
Constituyeron la base de mi vida profesional.

Gracias infinitas a todos

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	17
CAPÍTULO III. RESULTADOS	20
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS.....	48
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de eficiencia por condiciones de obra.....	13
Tabla 2: Eficiencia Horaria.....	13
Tabla 3: Porcentajes de abundamiento.....	14
Tabla 4: Maquinaria analizada.....	20
Tabla 5: Característica de la excavadora.....	21
Tabla 6: Capacidades de los cucharones de Excavadora 320C.....	21
Tabla 7: Tiempo de ciclo de la Excavadora.....	22
Tabla 8: Resumen tiempo de ciclo de la excavadora.....	23
Tabla 9: Cálculo de la producción para excavadoras según manual Caterpillar.....	24
Tabla 10: Características del Bulldozer.....	25
Tabla 11: Capacidades de Hojas topadoras Bulldozer.....	26
Tabla 12: Tiempo de ciclo del Bulldozer.....	27
Tabla 13: Características de las cuchillas de Bulldozer.....	29
Tabla 14: Tipo de tractores.....	30
Tabla 15: Factores de corrección Bulldozer.....	31
Tabla 16: Longitudes de hojas de la motoniveladora Caterpillar 140H.....	32
Tabla 17: Características del cargador frontal.....	35
Tabla 18: Capacidades de cucharones del cargador frontal.....	36
Tabla 19: Tiempo de ciclo del cargador frontal.....	37
Tabla 20: Resumen tiempo de ciclo del cargador.....	37
Tabla 21: Características de Volquete.....	40
Tabla 22: Tiempo de ciclo de acarreo del volquete.....	41
Tabla 23: Resumen del Tiempo de ciclo de acarreo del volquete.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Especificaciones de fabricante Bulldozer.....	30
Ilustración 2: Producción Horaria de motoniveladora.....	34
Ilustración 3: Rendimiento del Cargador frontal.....	39

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado Análisis comparativo de especificaciones técnicas rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras en el minado de una empresa minera Cajamarca, 2020. tiene como objetivo. Realizar el análisis comparativo de las especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras. Para el cual se realizó la toma de datos en campo y posterior remplazo en la fórmula para lograr determinara el rendimiento real en campo de cada uno de los equipos utilizados en el movimiento de tierras obteniendo que para la excavadora el rendimiento es de $81.17 \text{ m}^3 / \text{hr}$, para el tractor bulldozer $182.15 \text{ m}^3 / \text{hr}$, en tanto la motoniveladora un rendimiento de 0.21 Ha/hr , para el equipo cargador frontal $67.91 \text{ m}^3/\text{hr}$ finalmente el volquete volvo $47.18 \text{ m}^3 / \text{hr}$. Con los resultados obtenidos en campo se procedió al análisis comparativo lo cual se concluye que los rendimientos reales alcanzados en campo, son menores a los rendimientos estipulados por el fabricante lo cual indica que se tiene como referencia a algunos factores externos que influyen directamente en el rendimiento de los equipos entre ellos se mencionan a los siguientes, calentamiento de la máquina, altura de trabajo, falla mecánica, voladura y dimensionamiento de flota.

Palabras clave: análisis comparativo, especificaciones técnicas, movimiento de tierras.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El rendimiento de la maquinaria pesada en el movimiento de tierras aun es un tema relativamente conocido, pues existen pocas investigaciones realizadas al respecto, sin embargo, en México, se encontró una tesis sobre "La Maquinaria Pesada en los Movimientos de Tierra- Descripción y Rendimiento" (Vargas, 2016). Este estudio tuvo por objetivo principal exponer los diferentes métodos para rendimiento de maquinaria pesada en el movimiento de tierras. En él se explican los tres métodos para calcular el rendimiento de una máquina como son: mediante gráficas (manual del fabricante), mediante fórmulas y por medición directa.

Así también en Ecuador, se realizó una tesis sobre: "Equipo caminero para movimientos de tierras características y cálculo del rendimiento de la maquinaria" (Chiriboga, G. y Rivera, M, 2013). Cuyo objetivo principal de esta tesis es la de calcular los rendimientos de maquinaria pesada para el proyecto en que se estudió, valiéndose de fórmulas teóricas y aplicándolas a las mediciones hechas en campo, es así como calculan los tiempos de ciclo de las máquinas y sus respectivas capacidades para cada máquina es decir los volúmenes de acarreo o cargue según las dimensiones de las cuchillas, baldes o cucharones, para así calcular el rendimiento a través de fórmulas teóricas de cada máquina, el cual ajustan a factores de corrección o factores ponderados para estimar el rendimiento real para las maquinas estudiadas en el proyecto.

Según GARCÍA (2014), en su tesis "Análisis del rendimiento de maquinaria pesada en labores de encauzamiento y descolmatación de los ríos Yucaes, Pongora y

Llamocctachi, Ayacucho Huancavelica 2013” para obtener el Título profesional de Ingeniero Agrícola, tuvo como objetivo principal Conocer y evaluar los rendimientos reales de movimiento de tierra en volumen en diferentes tipos de maquinaria pesada planteada para su selección adecuada en las condiciones de los proyectos de encauzamiento y descolmatación de los ríos Lluccas, Pongora y Llamocctachi. El marco Teórico y desarrollo de los objetivos forman parte del aporte para la presente investigación.

Según Guevara (2015), en su tesis “Análisis y Ejecución de movimientos de tierras en una obra empleando el diagrama de curvas de masa” para obtener Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial, tuvo como objetivo principal presentar el “Análisis y Ejecución de Movimiento de Tierras en una Obra Vial empleando el Diagrama de Curva Masa”; a fin de procurar aportar desde el punto de vista del Ingeniero de Producción criterios para la optimización de la ejecución de movimiento de tierras, a fin de prever, que los trabajos se realicen resguardando la seguridad, calidad y producción de la obra.

Ordoñez (2013), en su estudio denominado “Análisis de la productividad de equipos usados en el “Movimiento de tierras en campamento y accesos principales a Conga 1702 – K82” mediante la herramienta IP: Informe de Productividad de Equipos”; el objetivo fue determinar la productividad de los equipos en el proyecto minero Conga en movimiento de tierras; es una investigación descriptiva, con muestreo no probabilístico intencional; el proyecto se ubica en el departamento de Cajamarca en la provincia de Celendín a unos 4035msnm de altura; se lograron ganancias de US\$ 723 684.66 en el proyecto desglosándose en la construcción de plataformas con una pérdida de US\$ 627 619.73 y en accesos una ganancia de US\$ 1 351 304.39, mitigando

las causas de incumplimiento encontraron que no consideraron el aumento de equipos en controles ambientales y factores climáticos; se concluye con el planteamiento del procedimiento que permitió calcular la productividad de los equipos en el proyecto, se plantearon posibles causas que provocaron el aumento en el ratio de productividad y las posibles alternativas de solución.

Miranda (2013), en su estudio denominado “Análisis de la productividad de equipos usados en el “Movimiento de tierras en campamento y accesos principales a Conga 1702 – K82” mediante la herramienta IP: Informe de Productividad de Equipos”; el objetivo fue analizar la productividad de la mano de obra y equipos usando la herramienta “Lean Construction” y establecer un método sencillo de control y mejora de la productividad que pueda ser aplicado a cualquier proyecto; su investigación descriptiva, su muestra es no probabilística intencional conformada por 66 equipos y 130 personas en su programa de producción; el proyecto se encuentra en el departamento y provincia de Cajamarca al costado de vía interprovincial Cajamarca – Bambamarca a una altura de 3500msnm; usaron instrumentos de recolección de datos como lista de chequeos; sus resultados muestran en 14 meses la tendencia de la productividad de los equipos, inician con un 48% y culmina con un 104%, la evolución de la productividad de la mano de obra en los 14 meses van desde el 19% hasta el 52%, la evolución del porcentaje del plan completado PPC en 7 meses va desde 26% a un 31%, esto indica la falta de experiencia en el equipo de planificación; se concluye que la aplicación de herramientas de gestión ha sido beneficioso al proyecto estudiado, gracias a ello se maximizó la productividad de los equipos y con eso se mejoró el flujo de producción, este método se aplica de manera iterativa con la finalidad de que las mejoras sean continuas y se logre disminuir los tiempos muertos de las operaciones.

Rendimiento de maquinaria:

La producción o rendimiento de una máquina es el número de unidades de trabajo que realiza en la unidad de tiempo, generalmente una hora: Rendimiento = Unidades de trabajo / hora (Guevara, 2015)

Movimiento de Tierras:

Se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan en los terrenos en forma natural, a fin de modificar su relieve y/o extraer materiales para obras civiles a fines. Las operaciones del movimiento de tierras más comunes son: excavación, carga, acarreo, descarga, extendido y compactación. (Tarilonte & González Aguilar, 2016)

Ciclo de trabajo:

Se denomina Ciclo de Trabajo a la serie de operaciones que se repiten una y otra vez para llevar a cabo dicho trabajo. Tiempo del Ciclo será el invertido en realizar toda la serie hasta volver a la posición inicial del ciclo.

Por ejemplo, en las máquinas de movimiento de tierras el tiempo de un ciclo de trabajo es el tiempo total invertido por una máquina en cargar, trasladarse y/o girar, descargar y volver a la posición inicial. La suma de los tiempos empleados en cada una de estas operaciones por separado determina el tiempo del ciclo.

Para un resultado más preciso de la duración de un ciclo suele tomarse un valor medio, obtenido de la medición de un gran número de ciclos, mientras que un número insuficiente puede llevar a resultados erróneos, debido al cambio en las condiciones externas (material, climatología)

Rendimiento:

En la industria de la construcción se utiliza la palabra “producción” con el mismo significado que “rendimiento”, que el diccionario define como “la cantidad o magnitud producida, en un tiempo determinado”. Quizá una mejor definición de estas palabras puede ser, al usarse en la construcción, “el trabajo útil ejecutado”.

Matemáticamente se lo puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{cantidad}}{\text{tiempo}}$$

Donde:

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

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

Eficiencia Horaria:

Se denomina Producción óptima o “Pop” de punta a la mejor producción alcanzable trabajando los 60' de cada hora. En la práctica se trabaja sólo 45' ó 50' a la hora por lo que la producción normal “Pn” será:

$$P_n = 50/60 \times P_{op} = 0,83 P_{op} = E \times P_{op}$$

En lo sucesivo P se referirá siempre a la Producción normal Pn.

La relación (E) entre los minutos trabajados y los 60' de una hora es lo que se denomina eficiencia horaria, tiempo productivo o factor operacional (operating factor).

Los factores de los que depende la producción determinan la eficiencia horaria. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1:

Factores de eficiencia E por condiciones de obra

CONDICIONES DE TRABAJO	Organización de obra		
	Buena	Promedio	Mala
Buena	0,9	0,75	0,6
Promedio	0,8	0,65	0,5
Mala	0,7	0,6	0,45

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

Si se consideran incentivos a la producción, sobre todo con buenos factores de organización, estos coeficientes se verán incrementados, pero en cualquier caso será difícil que alcancen valores superiores a 0,90. Por otro lado, en condiciones adversas de trabajo y organización, el tiempo real puede llegar solamente a ser el 50% del tiempo disponible.

Tabla 2:

Eficiencia Horaria.

Incentivo	Organización	Min/hora	E
SI	BUENO	50	0,83
SI	MALA	42	0,70
NO	MALA	30	0,50

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

Factor de abundamiento:

Al excavar el material en banco, resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen. Este hecho ha de ser tenido en cuenta para calcular la producción de excavación y dimensionar adecuadamente los medios de transporte necesarios. En todo momento se debe saber si los volúmenes de material que se manejan corresponden al material en banco (Banco) o al material ya excavado (Suelto). Se

denomina factor de abundamiento a la relación de volúmenes antes y después de la excavación. El factor de abundamiento será tomado de acuerdo al promedio de la siguiente tabla:

Tabla 3:

Porcentajes de abundamiento

CLASES DE TIERRA	PORCENTAJE DE ABUNDAMIENTO
ARENA O GRAVA LIMPIA	de 5% a 15%
SUELO ARTIFICIAL	de 10% a 25%
MATERIAL SUELTO	de 10% a 35%
TIERRA COMUN	de 20% a 45%
ARCILLA	de 30% a 60%
ROCA SOLIDA	de 50% a 80%

Fuente: Mecánica de suelos. FICM. 2000 - 2017

Tipos de equipos en el movimiento de tierras:

Los siguientes equipos están diseñados para realizar el trabajo individualmente o contribuir a la realización del trabajo:

Tractores con accesorios como hojas de empuje, empujadoras y escarificadores.

Moto traíllas, auto propulsadas y remolcadas (de tiro)

Cargadores frontales

Excavadoras

Volquetes y camiones

Moto niveladora, posiblemente con escarificadores Compactadora

1.2. Formulación del problema

¿Cómo las especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada influyen para el movimiento de tierras en el minado de una empresa minera Cajamarca, 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el análisis comparativo de las especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras en el minado de una empresa minera Cajamarca, 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el rendimiento en campo de los equipos en estudio
- ✓ Comparar los rendimientos obtenidos en campo, con las especificaciones técnicas.
- ✓ Determinar los factores externos que influyen en el rendimiento de los equipos para el movimiento de tierras.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Al realizar el análisis comparativo se logrará determinar el rendimiento en campo para ser comparado con las especificaciones técnicas de los equipos para el movimiento de tierras en el minado de una empresa minera de Cajamarca.

1.4.2. Hipótesis específicas

- ✓ Mediante la interpretación de fórmulas se determinará el rendimiento en campo de los equipos en estudio
- ✓ Se determinará la diferencia de rendimientos mediante el análisis comparativo de las especificaciones técnicas y rendimiento en campo.
- ✓ Se determinará los factores externos que influyen en el rendimiento de los equipos para el movimiento de tierras.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo es de tipo Aplicada, No experimental con diseño descriptivo debido a que su busca realizar un análisis comparativo de las especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras en el minado de una empresa minera Cajamarca, 2020.

Según (Vargas, 2009), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

Para (Escamilla, 2012), la presente investigación desde un enfoque cuantitativo adopta un diseño experimental el que se establece cuando el investigador propone determinar el posible efecto de una causa. Los experimentos manipulan las variables independientes para observar sus efectos sobre otras variables denominadas dependientes.

Según Tamayo (2019) La investigación descriptiva busca únicamente describir situaciones o acontecimientos; básicamente no está interesado en comprobar explicaciones, ni en probar determinadas hipótesis, ni en hacer predicciones. El tipo de investigación del presente estudio es descriptiva, la cual se basa en un análisis comparativo de las especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras

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

Población:

La población involucrada que se tomara en cuenta en la presente investigación está conformada por los minados existentes en la empresa minera Cajamarca 2020.

Muestra:

La muestra para la presente investigación está conformada por 5 equipos los cuales son utilizados para el movimiento de tierras en el minado.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas

Observación: Esta técnica se usó para identificar las actividades de los equipos utilizados para en movimiento de tierras en el minado de una empresa minera de Cajamarca.

Análisis documental: Se recopiló información concerniente al tema de investigación.

2.3.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos son.

- Tabla de toma de tiempo de ciclo
- Cuaderno de notas
- Registro fotográfico

2.4. Procedimiento

El presente trabajo de investigación se realizó mediante 3 etapas: las cuales se detallan a continuación. etapa de pre campo, etapa de campo y etapa de post campo.

2.4.1. Etapa de pre campo

Inicialmente se realiza 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 las distintas universidades, lo cual nos permita tener referencia con respecto al tema de análisis comparativo de especificaciones técnicas y rendimiento real en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras.

2.4.2. Etapa de Campo

Se realizó la toma de datos de campo como son los datos de tiempo de carguío, tiempo de ciclo de acarreo, calcular volumen de material movido en m³/hora, comparación de rendimientos de acuerdo a las especificaciones técnicas y rendimiento en campo, analizar los factores externos como clima, altura calentamiento de máquina, experiencia de operador entre otros factores y tipo de material de terreno en cual se encuentran trabajando los equipos.

2.4.3. Etapa de pos campo

Luego de recolectar toda información necesaria en campo se procedió a procesar y tabular de forma digital los datos obtenidos en campo, con ayuda de los programas Microsoft Word y Microsoft Excel, así mismo se elaboraron cuadros y gráficos de los análisis de los resultados obtenidos para los equipos, en donde se pudo identificar de forma más detallada la diferencia en rendimientos en función a las especificaciones técnicas y rendimiento en campo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Equipos a estudiar

El análisis de este proceso constructivo 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 pesada para el movimiento de tierras en el minado.

Tabla 4:

Maquinaria analizada

N ° Equipo	Maquinaria	Características
1	Bulldozer	Cat D8R
1	Cargador Frontal	Cat 950H C7 con capacidad de 3.5 m3
1	Excavadora	Cat 320C con capacidad de 1.3 m3
1	Volquete	Volvo 15 m3
1	Motoniveladora	Cat 140H

Fuente: elaboración propia

3.2. 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.

Para determinar el rendimiento de esta maquinaria utilizamos la siguiente formula.

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

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): el siguiente dato será tomada del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar.

Tabla 5:

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 6:

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 $FV=20\%$

3.2.3. 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 Tabla 7:

Tiempo de ciclo de la Excavadora

Equipo	Carga del cucharón	Giro con carga	Descarga del cucharón	Giro sin carga	Tiempo de ciclo (seg)
1	0.1	0.11	0.08	0.11	0.4
2	0.12	0.09	0.07	0.09	0.37
3	0.1	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	0.1	0.3
7	0.1	0.09	0.08	0.1	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	0.1	0.1	0.08	0.39
14	0.09	0.1	0.06	0.05	0.3
15	0.08	0.11	0.08	0.1	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	0.1	0.09	0.08	0.08	0.35

Fuente: elaboración propia

Tabla 8:

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 todos los datos ya encontrados se calcula el rendimiento de la excavadora para luego ser comparado con el Manual de fabricante

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

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

Análisis comparativo de especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras en el minado de una empresa minera Cajamarca, 2020

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

3.2.3. Según el manual Caterpillar: 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 9:

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																				
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																			
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 de $E = 0.83$

Entonces

Rendimiento= $R_{max} * E$

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

Rendimiento teórico de la excavadora = 129.48 m³/hr

3.3. Rendimiento del Bulldozer

El rendimiento de esta máquina está en función del tipo de hoja y de su capacidad, así como de la eficiencia del operador y de la clase de material en que trabaja la máquina.

Su cálculo se efectúa de la siguiente forma.

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

Dónde:

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

E= Eficiencia general

Q=capacidad de carga de la cuchilla en m³

K= coeficiente de carga

FV= factor de abundamiento

T= Tiempo de un ciclo.

Eficiencia: Se toma el valor de 50 min/hr en condiciones de obra regular. Entonces:

$$E = 50 \text{ min} / 60 \text{ min}$$

$$E=0.83$$

Capacidad de carga de la cuchilla Tipo 8U en m³. Será tomada del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar.

Tabla 10:

Características del Bulldozer

N° Equipo	Maquinaria	Características	Capacidad del cucharón. (m3)
1	Bulldozer	Cat D8R	11.7

Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra las capacidades de los cucharones:

Tabla 11:

Capacidades de Hojas topadoras Bulldozer

Hojas de Tractor de cadenas D8R	
Tipo	Capacidad m3
8SU	8,7
8U	11,7
8A	4,7

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

Coefficiente de carga. - el valor (K) será considerado debido al material en este caso el material es un conglomerado. Entonces el valor será calculado de la siguiente forma:

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

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

$$K = 0.83$$

Pero al ser un tractor sobre oruga con especificaciones distintas de trabajo se toma este valor como K=1 debido a que no se está cargando el material sino rpiando entonces tenemos: K= 1

Las maquinarias que no poseen coeficiente de carga para el presente estudio son:
Bulldozer, Motoniveladora.

Considerando lo anterior calculamos el factor de abundamiento (FV) con la siguiente

formula:

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

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

$$\% \text{ Esponjamiento} = \frac{1}{0.83} - 1$$

Entonces: FV= 1.18

3.3.1. Tiempo de ciclo

Tabla 12:

Tiempo de ciclo del Bulldozer

Nº Datos	Tiempo de Ciclo	Tipo de Material
1	1.5	Desmante
2	1.65	Desmante
3	1.75	Desmante
4	1.45	Desmante
5	2.5	Desmante
6	2.7	Desmante
7	3.1	Desmante
8	2.8	Desmante
9	2.5	Desmante
10	1.89	Desmante
11	2.5	Desmante
12	2	Desmante
13	2.3	Desmante
14	2.45	Desmante
15	2.7	Desmante
16	2.15	Desmante
17	2.1	Desmante
18	2.4	Desmante
19	2.3	Desmante
20	2.17	Desmante
21	2.17	Desmante

Promedio 2.25

Fuente: elaboración propia

El trabajo que realiza un tractor (Bulldozer) marca Caterpillar D8R es el desgarre de material con característica de conglomerado. La maquinaria presenta el siguiente ciclo de trabajo medido en promedio de mediciones diarias en minutos.

Tabla 12:

Promedio del tiempo de Ciclo de Bulldozer

Equipo	Distancia alcance por ciclo (m)	Prom. Tiempo de ciclo (min.)
Tractor	65	2.25

Fuente: elaboración propia

Una vez que se conoce los datos para la utilización de la fórmula se procede a verificar que rendimiento “R” está presentando la maquinaria para el movimiento de tierras en el minado de una empresa minera de Cajamarca.

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

E=0.83; Q=11.70 m³; K=0.83; T=2.25 min; FV=18%.

$$R = \frac{60 * 0.83 * 11.70 * 0.83}{2.25 * 1.18}; \frac{m^3}{Hr} = 182.15 \frac{m^3}{Hr}$$

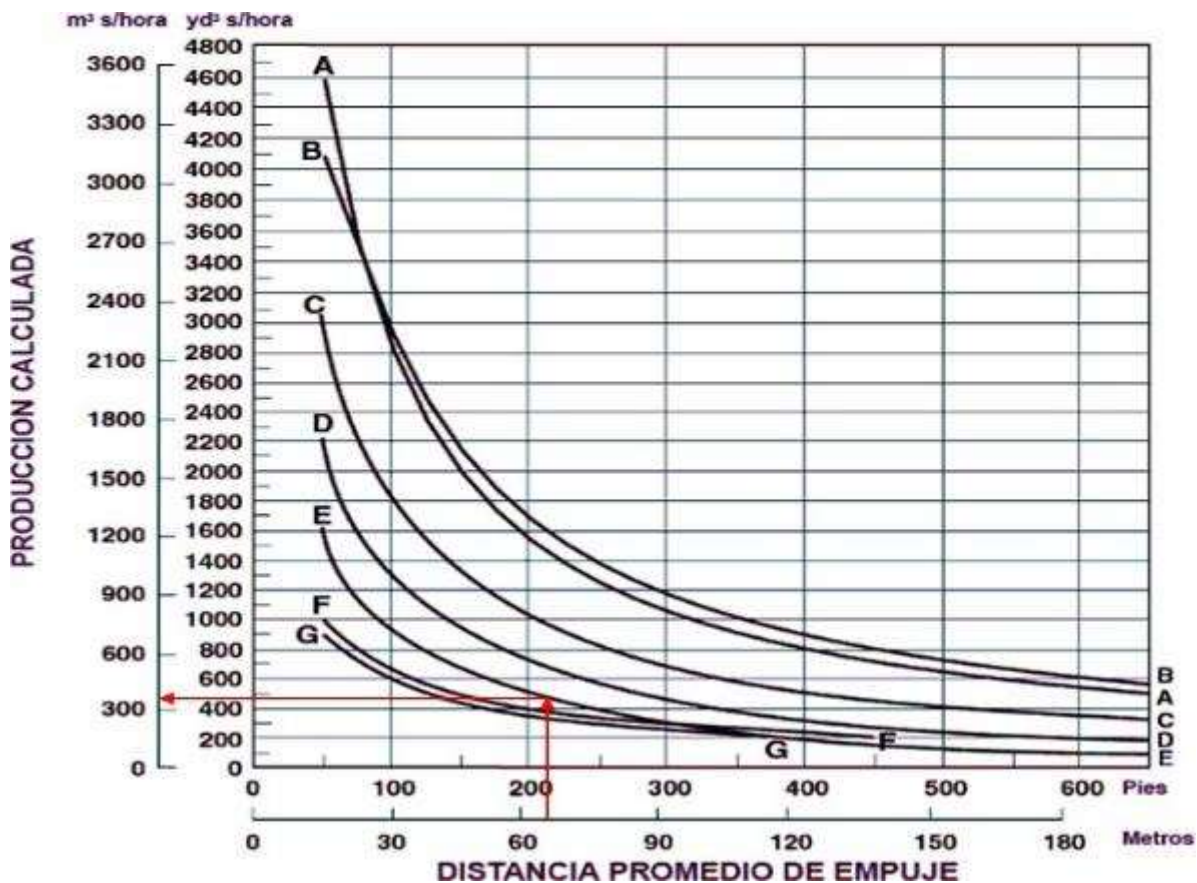
3.3.2. Según el manual Caterpillar: Utilizaremos los datos encontrados para generar las curvas características de igual manera utilizaremos las gráficas de los fabricantes para realizar el análisis comparativo respectivo.

Tabla 13:

Características de las cuchillas de Bulldozer

CUCHILLAS	8SU	8U	8A
Q(m3)	8,7	11,7	4,7
Tc(min.)	R	R	R
0,5	624,19	839,43	337,21
1	312,09	419,71	168,60
1,5	208,06	279,81	112,40
2	156,05	209,86	84,30
2,5	124,84	167,89	67,44
3	104,03	139,90	56,20
3,5	89,17	119,92	48,17
4	78,02	104,93	42,15
4,5	69,35	93,27	37,47
5	62,42	83,94	33,72

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)



$$R_{max} = 366,67$$

Ilustración 1: Especificaciones de fabricante Bulldozer

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

Tabla 14:

Tipo de tractores

TIPO DE TRACTORES
A - D11R - 11U
B - D11R - CD
C - D10R - 10U
E - D8R - 8U
F - D7R - 7U
G - D7G - 7U

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

Tabla 15:

Factores de corrección Bulldozer

Factores de corrección aplicables	
Difícil de empujar; (seco no cohesivo)	0,8
Corrección por pendiente	1,2
Empuje por método de zanja	1,2
Operador mediano	0,75
Eficiencia del Trabajo (50 min/hr)	0,83
Corrección de la densidad	0,87

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

R= Rmax* Factores de corrección

R=366,67*(0,80*1,20*1,20*0,75*0,83*0,87)

R= 228,76 (m3/hora) Rendimiento teórico del Bulldozer

3.4. Rendimiento de las motoniveladora

La función que desempeña el equipo motoniveladora es conformación de la plataforma y mantenimiento de la vía. La forma general de calcular el rendimiento de estas máquinas se realiza en base al tiempo de trabajo y de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$T = \frac{D * N}{V * E}$$

Dónde:

T = Tiempo requerido para efectuar el trabajo

D = Distancia recorrida en cada pasada.

N = Número de pasadas que se requiere para realizar el trabajo.

V = Velocidad de operación (Km/hr)

E = Factor de eficiencia de trabajo.

A continuación, se muestra una tabla con las longitudes de hojas.

Tabla 16:

Longitudes de hojas de la motoniveladora Caterpillar 140H

Motoniveladora Caterpillar 140H
Longitud de Hoja
3,60 m
4,27 m
4,88 m
7,32 m

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

Se necesita cortar y nivelar 2 km. de carretera mediante una motoniveladora Caterpillar de 3.60 mts de longitud de cuchilla. Se precisan seis pasadas para completar la operación de rastreo y nivelado. La clase de material permite efectuar las pasadas primera y segunda a 4.5 km/hr, las pasadas tercera y cuarta a 5.4 km/hr y la quinta y sexta a 8.6 km/hr, el factor de eficiencia E=0.60. 4.5 km/hr)

$$T = \frac{(2)(2km)}{(4.5km/hr)(0.60)} + \frac{(2)(2km)}{(5.4km/hr)(0.60)} + \frac{(2)(2km)}{(8.6km/hr)(0.60)}$$

Tiempo requerido =3.49 Horas

Cálculo en hectáreas de producción.

Área de trabajo.

$$A = (2000m) \cdot 3.6 m = 7200 m^2$$

$$A = 0.72 Ha$$

3.4.1. Promedio de las velocidades.

$$V = (4.5 + 5.4 + 8.6) \text{ Km/hr} / 3$$

$$V = 6.17 \text{ Km/hrs}$$

3.4.2. Entonces el rendimiento es:

$$R = \left(\frac{R}{T} \right): (\text{Há/hrs})$$

$$R = (0.72 / 3.49)$$

$$R = 0.21 \text{ Ha/hrs}$$

3.4.3. Según el manual Caterpillar: A continuación, mostraremos los resultados de

la gráfica, con un 50% de eficiencia.

$$R_{\text{max}} = 0.64$$

$$\text{Eficiencia} = 50\%$$

$$R = R_{\text{max}} * E; (\text{Ha/hrs})$$

$$R = 0.64 * 0.5; (\text{Ha/hrs})$$

$$R = 0.32 \text{ Ha/hrs}$$

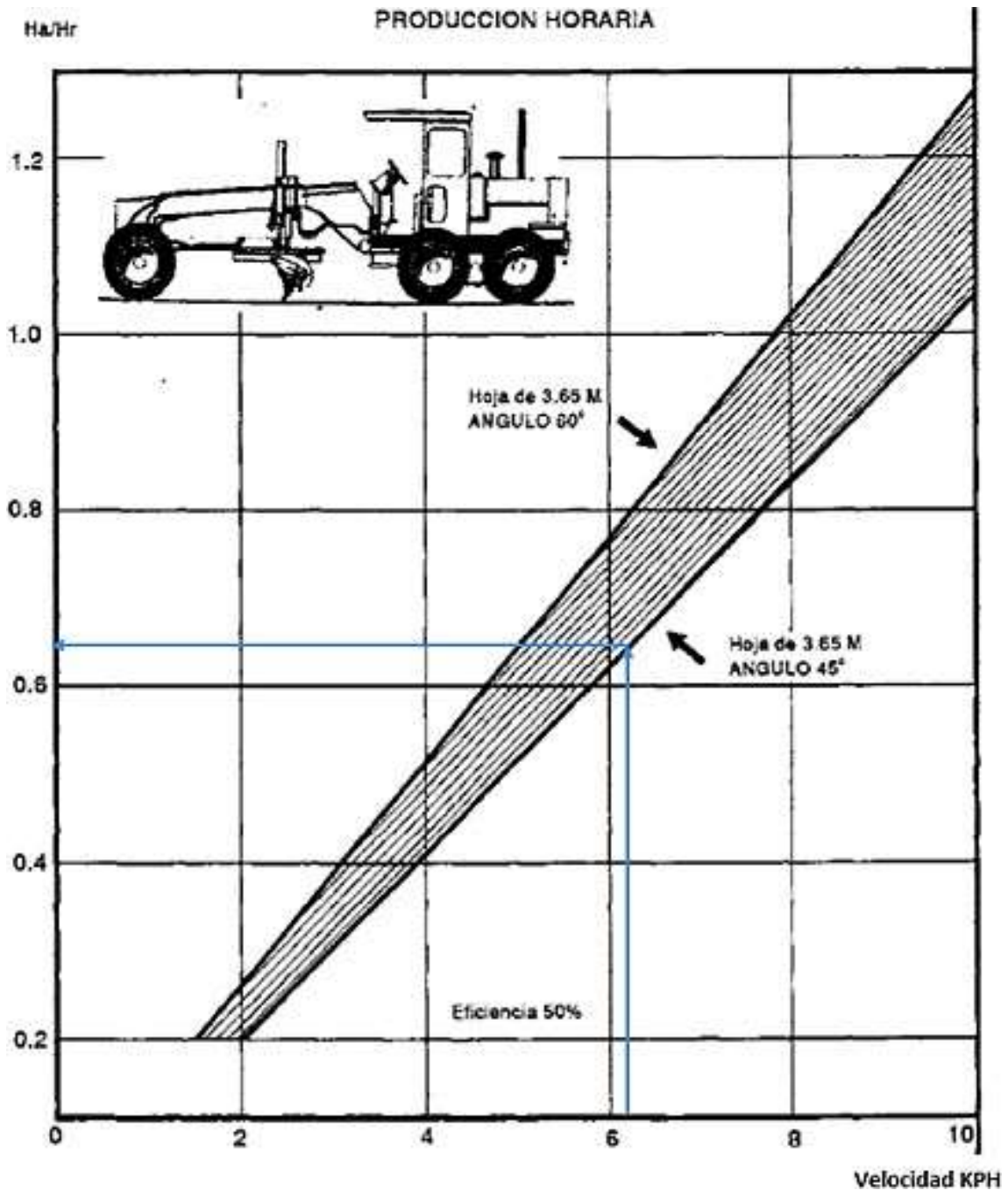


Ilustración 2: Producción Horaria de motoniveladora

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

3.5. Rendimiento del cargador frontal

Para determinar el rendimiento del cargador frontal utilizaremos la siguiente formula

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

Dónde:

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

E= Eficiencia general

Q=capacidad de carga de la cuchilla en m³

K= coeficiente de carga

FV= factor de abundamiento

T= Tiempo de un ciclo.

3.5.1. Capacidad nominal de cucharón: Este dato será tomado del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar.

Tabla 17:

Características del cargador frontal

Nº Equipo	Maquinaria	Características	Capacidad del cucharón. (m ³)
1	Cargador Frontal	Cat 950H C7	3.5

Fuente: elaboración propia

3.5.2. Capacidades de los cucharones del cargador frontal: Este dato será tomado del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar.

Tabla 18:

Capacidades de cucharones del cargador frontal

Cucharones Cargador 950 H	
Capacidad de los cucharones	2,5 - 3,5 m ³
Capacidad máxima	3,5 m ³

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

3.5.3. Factor de Llenado: El valor (K) será considerado debido al material que en este caso es un conglomerado. Entonces el valor será calculado de la siguiente forma.

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

$$k = \frac{1}{1 + 0.10}$$

$$k = 0.90$$

3.5.4. Eficiencia: Se toma el valor de 50 min/hora debido a las condiciones de la obra entonces E=0.83

3.5.5. Tiempo de ciclo: Una vez obtenidos los datos generales se procedió a realizar los cálculos que reflejan los resultados del estudio.

Tabla 19:

Tiempo de ciclo del cargador frontal

Equipo	Carga	Transporte	Descarga	Retorno	Tiempo Total(min.)
1	0.35	0.9	0.1	0.7	2.05
2	0.25	0.8	0.07	0.83	1.95
3	0.2	1.5	0.13	0.95	2.78
4	0.32	0.75	0.11	0.65	1.83
5	0.33	0.95	0.09	0.74	2.11
6	0.25	1.1	0.11	0.62	2.08
7	0.23	0.79	0.12	0.45	1.59
8	0.34	0.93	0.13	0.64	2.04
9	0.4	0.96	0.1	0.8	2.26
10	0.35	1.13	0.09	0.6	2.17
11	0.33	1.15	0.15	0.73	2.36
12	0.25	0.85	0.17	0.7	1.97
13	0.23	0.95	0.14	0.65	1.97
14	0.21	1.1	0.09	0.95	2.35
15	0.36	0.75	0.11	0.65	1.87
16	0.32	0.92	0.12	0.72	2.08
17	0.45	0.97	0.13	0.69	2.24
18	0.27	1.1	0.08	0.62	2.07

Fuente: elaboración propia

Tabla 20:

Resumen tiempo de ciclo del cargador

N° Datos	Tiempo de Ciclo (min.)
1	2.05
2	1.95
3	2.78
4	1.83
5	2.11
6	2.08
7	1.59

8	2.04
9	2.26
10	2.17
11	2.36
12	1.97
13	1.97
14	2.35
15	1.87
16	2.08
17	2.24
18	2.07

Promedio = 2.1

Fuente: elaboración propia

Plazo medio promedio = 2.10 minutos.

El rendimiento del cargador frontal será:

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

Datos: E=0.83; Q= 3.5 m³; K=0.90; T=2.10 min; FV=10%

$$R = \frac{60 * 0.83 * 3.5 * 0.9}{2.10 * 1.10}; \frac{m^3}{Hr}$$

$$R = 67.91; \frac{m^3}{Hr}$$

3.5.6. Según el manual Caterpillar: El tipo de cargador frontal es 950 H con una capacidad del cucharón de 3.5 m³, para conocer el valor de productividad utilizaremos el gráfico 3 para el cual ingresaremos con el valor de capacidad del cucharón y el número de ciclos por hora especificado en la gráfica columna E, A respectivamente. Con el valor del tiempo promedio en ciclo se calculará los ciclos por hora de la siguiente forma:

$$\text{Ciclos/hora} = \text{minutos efectivos/tiempo del ciclo por hora (en minutos)}$$

Lo que presenta un valor de 28 ciclos/hr. El factor de llenado del cucharón será del 95%.

Pasos para obtener el rendimiento.

Análisis comparativo de especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras en el minado de una empresa minera Cajamarca, 2020

- Ubicar el valor del cucharón requerido columna E, ubicar el valor del factor de llenado del cucharón columna D, trazar una línea que llegue a la columna C (Carga Útil Requerida).
- Ubicar el valor en la columna A (ciclos por Hora) y unir los puntos C (Carga Útil Requerida) y A (Ciclos por hora), con ello encontraremos la producción horaria o rendimiento.

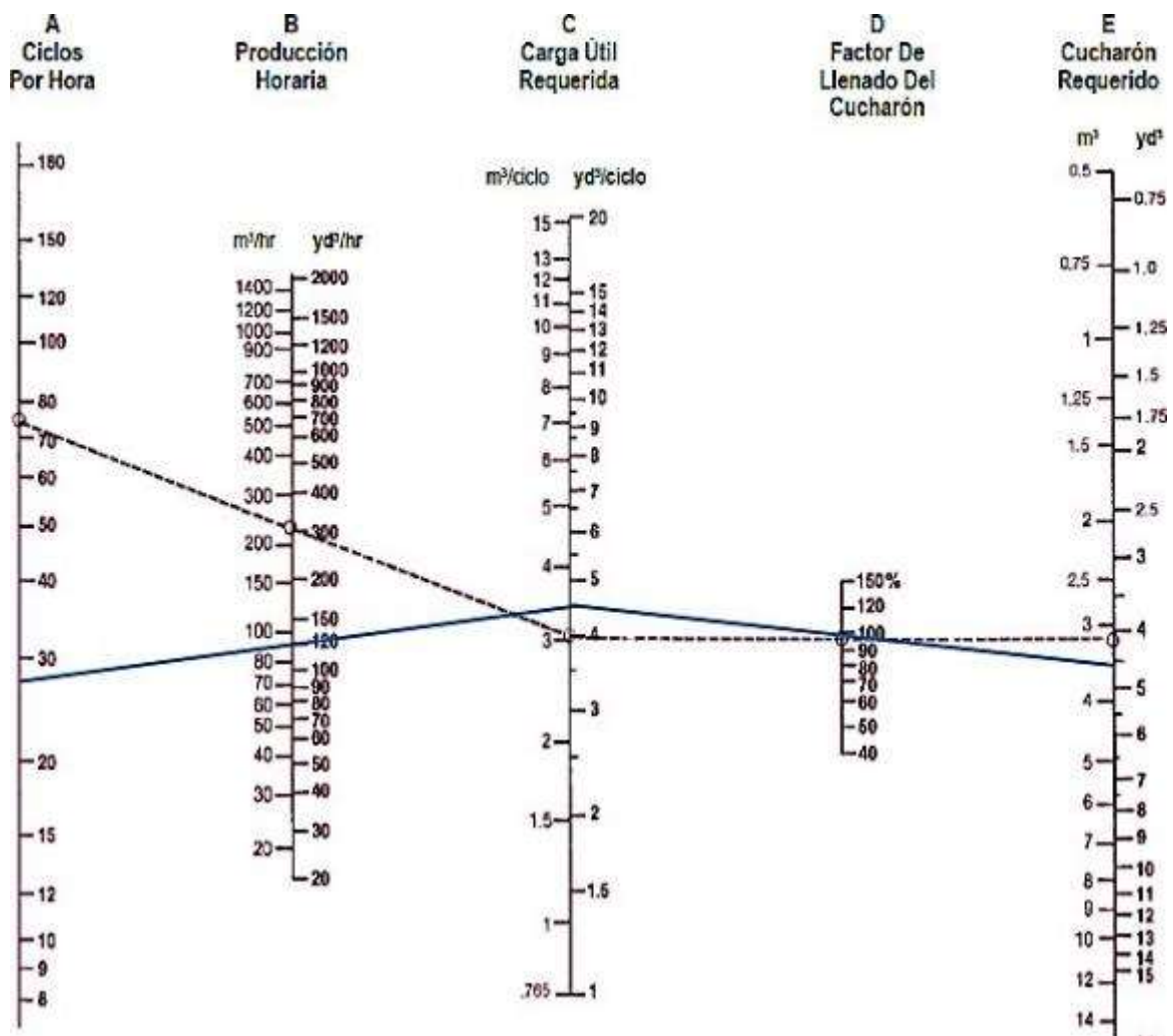


Ilustración 3: Rendimiento del Cargador frontal.

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

Una vez realizadas las indicaciones pertinentes tenemos: Cargador sobre ruedas

Caterpillar 950H.

Rendimiento Requerido = 93 m³/hr

Tiempo del ciclo = 2.10 min

Ciclos por hora = 28 ciclos/hr

Carga Útil requerida = 3.5 m³/ciclo

Factor de llenado del cucharón= 0.95

Capacidad del cucharón = 3.5 m³

3.6. Rendimientos de volquete.

Tabla 21:

Características de Volquete

Nº Equipo	Maquinaria	Características	Capacidad (m ³)
1	Volquete	Volvo FM	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).

Para calcular el tiempo de un ciclo completo lo realizaremos 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 al volquete de 15 m³, considerando con eficiencia E=0.85.

Tabla 22:

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	0.5	8.5	1.4	5.13	15.53
3	0.54	8.3	1.56	5.4	15.8
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	15.1
9	0.5	8.5	1.5	5.2	15.7
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 23.

Resumen del Tiempo de ciclo de acarreo del volquete

N° Datos	Tiempo de Ciclo (min.)
1	16.31
2	15.53
3	15.8
4	15.57
5	16.18
6	14.96
7	16.47
8	15.1
9	15.7
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 del volquete.

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

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

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

3.7. Factores externos que influyen en el rendimiento de la maquinaria pesada

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 calentar los equipos de 10 a 15 min.

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.

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.

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.

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

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En contraste a lo descrito por (Miranda, 2013) respecto a la productividad de equipos usados en el movimiento de tierras en campamento y accesos principales a Conga 1702 – K82, en los cuales se llevan a cabo análisis de rendimientos de equipos, en este estudio se evidencia que; en efecto los rendimientos reales en campo para los equipos considerados para la presente investigación son para la excavadora es de $81.17 \text{ m}^3 / \text{hr}$, para el tractor bulldozer $182.15 \text{ m}^3 / \text{hr}$, en tanto la motoniveladora un rendimiento de 0.21 Ha/hr , para el equipos cargador frontal $67.91 \text{ m}^3 / \text{hr}$ finalmente el volquete volvo $47.18 \text{ m}^3 / \text{hr}$.

Efectivamente la inversión en proyectos mineros es importante en cantidad, y definitivamente requiere rentabilidad económica que de sustento a las operaciones. En tal sentido, lo descrito por (Guevara, 2015), Análisis y Ejecución de movimientos de tierras en una obra empleando el diagrama de curvas de masa, la cual permite realizar un análisis comparativo entre rendimiento en campo y el rendimiento en campo de los equipos en tanto en nuestro presente estudio se determinó que; la excavadora tiene un rendimiento teórico de $129.48 \text{ m}^3 / \text{hr}$, y rendimiento en campo de $81.17 \text{ m}^3 / \text{hr}$, Tractor bulldozer. rendimiento teórico de $228.76 \text{ m}^3 / \text{hr}$, y rendimiento en campo de $182.15 \text{ m}^3 / \text{hr}$, Motoniveladora rendimiento de 0.32 Ha/hr , y rendimiento en campo es de 0.21 Ha/hr . Cargador frontal. rendimiento de $93 \text{ m}^3 / \text{hr}$, y el rendimiento real es de $67.91 \text{ m}^3 / \text{hr}$, Volquete. El fabricante considera bien dimensionadas y de flujo constante.

En contrastes con (García, 2014), Análisis del rendimiento de maquinaria pesada, menciona que se debe tener en cuenta los factores que influyen en rendimiento. En el presente estudio se determinó que los factores que influyen son; calentamiento de la máquina, altura de trabajo, falla mecánica, voladura y dimensionamiento de flota.

4.2 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que el rendimiento obtenido en campo para la excavadora es de $81.17 \text{ m}^3/\text{hr}$, para el tractor bulldozer $182.15 \text{ m}^3/\text{hr}$, en tanto la motoniveladora un rendimiento de 0.21 Ha/hr , cargador frontal $67.91 \text{ m}^3/\text{hr}$ finalmente el volquete volvo $47.18 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Se concluye el rendimiento en campo es mucho menor el de las especificaciones técnicas o rendimiento teórico.

Excavadora. Rendimiento teórico del equipo es de $129.48 \text{ m}^3/\text{hr}$, y el rendimiento real en campo es de $81.17 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Tractor bulldozer. Rendimiento teórico del equipo es de $228.76 \text{ m}^3/\text{hr}$, y el rendimiento real en campo es de $182.15 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Motoniveladora. Rendimiento teórico del equipo es de 0.32 Ha/hr , y el rendimiento real en campo es de 0.21 Ha/hr .

Cargador frontal. Rendimiento teórico del equipo es de $93 \text{ m}^3/\text{hr}$, y el rendimiento real es de $67.91 \text{ m}^3/\text{hr}$

Volquete. El fabricante considera bien dimensionadas y de flujo constante.

En relación a los factores externos que influyen en el rendimiento de los equipos son se concluye que el calentamiento de la máquina, altura de trabajo, falla mecánica, voladura y dimensionamiento de flota.

REFERENCIAS

- Caterpillar. (2018). *Caterpillar para Latinoamérica*. Recuperado el 09 de 11 de 2019, de
Caterpillar para Latinoamérica
- 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. (2016). 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.
- García, I. (2014). *Análisis del rendimiento de maquinaria pesada en labores de encauzamiento y descolmatación de los ríos Yucaes, Pongora y Llamocctacid, Ayacucho, Huancavelica 2013*. tesis para optar el título profesional de ingeniero agrícola, Ayacucho.

- Guevara, F. (2015). *Análisis y ejecución de movimiento de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa*. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial, Universidad de Piura, Lima
- 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.doccity.com/es/disenio -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.
- Vargas, R. (2016), "*La maquinaria pesada en movimientos de tierras (descripción y rendimiento)*", tesis para obtener el título de licenciatura en ingeniería de construcción. Instituto Tecnológico de la Construcción, México.
- Vidal, L. (2017). *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto*. (tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo 01: Galería fotográfica de los equipos en estudio



