

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

**“INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL
MOVIMIENTO DE TIERRAS MEDIANTE EL
ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS EN EQUIPOS DE
CARGUÍO Y ACARREO EN MINERÍA A TAJO
ABIERTO CAJAMARCA 2022”**

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Dheiner Esleiter Muñoz Chavez

Asesor:

Ing. Óscar Arturo, Vásquez Mendoza
<https://orcid.org/0000-0003-4920-2204>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Daniel Alejandro Alva Huamán	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Rafael Napoleón Ocas Boñón	42811302
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Miguel Ricardo Portilla Castañeda	45209190
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A Dios Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr los objetivos trazados, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres Segundo e Isabel quienes me motivaron para que yo pudiera lograr mis sueños, por ser mi soporte, mis mejores amigos y creer siempre en mi persona.

A mi esposa Jhelica por el apoyo incondicional, por impulsarme a seguir adelante y estar en esta etapa de mi vida.

A mis maestros. Por su gran apoyo ofrecido, por su tiempo compartido y motivación para la culminación y elaboración de esta tesis; y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

Dheiner Muñoz

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater la “Universidad Privada del Norte” y a los todos mis maestros a quien le debemos gran parte de nuestros conocimientos, gracias a su aporte, enseñanza, en este andar de la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en mi formación como persona y profesionalmente preparándome para los retos que se presenten en un futuro, a todos y cada uno de ellos hago llegar mi infinito agradecimiento.

Dheiner Muñoz

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	16
CAPÍTULO III: RESULTADOS	21
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS	33
ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. maquinas a estudiar.....	21
Tabla 2. Tiempo de ciclo de la excavadora.....	21
Tabla 3. Promedio de tiempo de ciclo de la excavadora.....	22
Tabla 4. Características de Volquete.....	23
Tabla 5. Tiempo de ciclo de acarreo del volquete.....	23
Tabla 6. Tiempo promedio de ciclo de acarreo del volquete.....	24
Tabla 7. Especificaciones de la excavadora.....	26
Tabla 8. Capacidades de los cucharones de Excavadora 320C.....	26
Tabla 9. Cálculo de la producción para excavadoras según manual Caterpillar.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Reporte Dispatch – Producción.....	17
Figura 2: Reporte mantenimiento	18

RESUMEN

La presente tesis titulada. Análisis comparativo de especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras en el minado de empresas mineras la cual tiene como objetivo realizar el análisis comparativo de especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras en el minado de empresas mineras para lo cual se realizó la toma de datos para el carguío y acarreo en la cantera. Con los resultados obtenidos en campo se procedió al análisis comparativo se concluye que los rendimientos reales alcanzados, son menores a los especificados por el fabricante.

Con respecto a la evaluación de rendimientos se determinó que 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 se determinó un rendimiento de $47.18 \text{ m}^3/\text{hr}$ 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 determinó los tiempos de duración de los ciclos de los equipos de carguío y acarreo siendo los siguientes para la excavadora $0.33 \text{ segundo/ciclo}$ y para volquete: $15.83 \text{ minutos/ciclo}$.

PALABRAS CLAVES: productividad, movimiento, tierras, rendimiento, minería.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La falta de información de rendimientos con maquinaria pesada en movimiento de tierras afecta en la etapa de programación, ya que no se puede determinar exactamente la fecha de hitos de entrega del proyecto, en la etapa de ejecución, si ya se tienen fechas de entrega establecidas o estamos atrasados en el proyecto; el no tener un rendimiento real imposibilita el hecho de dimensionar las flotas o grupos a reprogramar para cumplir con plazos ya establecidos. El alto uso de equipos de acarreo viene siendo afectados por varios factores que reducen las horas totales de trabajo siendo las principales causas los tiempos improductivos, 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. (Torres, P. 2016).

Asimismo (Palencia, E. 2013) de la Universidad de Guatemala en su tesis “consideraciones sobre la selección y cálculo de producción de maquinaria pesada para el movimiento de tierras” dice: Cuando se hacen cálculos para un proyecto de movimiento de tierras debe tenerse en cuenta que primero se tienen que conocer las condiciones del lugar antes de proceder a la selección de maquinaria, abarcando el clima y la clase de material de que se compone el suelo ya que en función de estos factores está el tipo de maquinaria a usar. Al trabajar en proyectos de movimientos de

tierras, el renglón más importante con relación a costos es el de ejecución, el cual está influido por dos factores que son: El rendimiento de la maquinaria y el mantenimiento. Un mal mantenimiento produce pérdida de tiempo aumentando así los costos, por lo tanto, se debe contar, en el proyecto, con un buen taller de reparación y un buen equipo personal. Si el rendimiento de una maquinaria es bajo, debido a que no trabaja la totalidad de tiempo o de horas adecuadas al día, produce un alza en los costos de ejecución pues llevará más tiempo en terminar la labor asignada, además se debe emplear el equipo adecuado. Llevando un control de horas trabajadas, se puede saber cuándo se reemplazará una pieza o cuando se deben chequear cada uno de los sistemas. Lo más importante al trabajar con diferentes tipos de maquinaria, en las diferentes fases del movimiento de tierras, es lograr la mejor sincronización entre ellas para obtener así una mayor eficiencia, ahorrando tiempo y obteniendo un mejor rendimiento debido a que cada una posee un tiempo de ciclo diferente.

De igual forma en Ecuador, se realizó una tesis sobre: "Equipo caminero para movimientos de tierras características y cálculo del rendimiento de la maquinaria" García (2014). 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 máquinas estudiadas en el proyecto.

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.

Huingo, N. (2013) Evaluación de rendimientos de maquinaria pesada en la ejecución de cierres de mina maqui maqui norte – Cajamarca. Tuvo como objetivo obtener los rendimientos que la maquinaria pesada alcanzó en la ejecución de proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, así mismo la comparación de estos con los rendimientos teóricos. Para la realización de esta investigación se recopilaron datos entre los meses de octubre y diciembre del 2012, mediante observación directa, medición y registro en formatos de reporte diario y de control de equipos, consecuente se obtuvieron los datos para el análisis de un tractor CAT 08R, un tractor Komat'su 065EX-15EO y una excavadora Komat'su PC 350LC-8; obteniéndose los siguientes resultados: para el tractor CAT 08R un rendimiento de 162.42 m³ /h en la actividad de corte y relleno compensado y 256.18 m³ /h en la actividad de excavación de material común, para el tractor Komat'su 065EX-15EO se registró 112.30 m³ /h en la actividad de corte y relleno compensado, 176.17 m³ /h en la actividad de excavación de material común y 166.08 m³ /h en empuje y extendido

de top soil, finalmente la excavadora Komat'su PC350LC-8 alcanzó los 4 7.04 m³ /h en la actividad de excavación de material común. con estos rendimientos se logró confirmar la hipótesis la cual menciona que los rendimientos teóricos son menores a los rendimientos alcanzados en la ejecución del proyecto.

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, mitigandolas causas de 8 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.

Malpica (2014) en su tesis titulada “Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado cerro negro Yanacocha – Cajamarca” tuvo como objetivo obtener rendimientos reales de movimientos de

tierras, usando maquinaria pesada para las actividades de carguío con excavadora, empuje con tractor oruga, carguío frontal y acarreo con volquetes de 15 m³. Concluye que los rendimientos reales alcanzados en la ejecución son menores a los dados por el fabricante para las actividades de carguío, empuje, acarreo y corte.

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)

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”. (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.

Justificación: El no tener un análisis comparativo de especificaciones técnicas y rendimiento en campo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras en los minados, trae consigo el no poder realizar presupuestos reales para los proyectos, lo cual conlleva a que en el proyecto se presenten problemas de no cumplimiento con el cronograma previsto en obra, el cronograma ejecutado no cumple con el programado; incumpliendo en hitos o entregables, perjudicando tanto al contratista (multas, mayores gastos de personal, etc.) y al cliente. Entonces, con el rendimiento bien definido, en la etapa de ejecución el ingeniero y/o personal de campo encargado podrá controlar sus rendimientos reales de una manera más práctica que puede ser el número de viajes por hora realizados, aumentando así su productividad, cumpliendo con los entregables y sin exceder en costos.

1.2. Formulación del problema

¿Como realizar el incremento de productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Principal

Incrementar de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los ciclos de trabajo de los equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.
- Calcular los rendimientos de los equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.
- Comparar los rendimientos obtenidos en campo con las especificaciones técnicas del fabricante de los equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.

1.4. Hipótesis

Que mediante el análisis de rendimientos de equipos de carguío y acarreo de lograra incrementar la productividad en el movimiento de tierras en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo Aplicada, Llerena (2019) señala que la investigación Aplicada consiste en mantener conocimientos y realizarlos en la práctica además de mantener estudios científicos con el fin de encontrar respuesta a posibles aspectos de mejora en situación de la vida cotidiana. En la investigación aplicada, el investigador busca resolver un problema conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas. Así mismo, No experimental con diseño descriptivo longitudinal, ya que no se realizará la modificación de ninguna de las variables y solo se medirá el rendimiento de los equipos de acarreo y el incremento de la productividad en el movimiento de tierras, se considera longitudinal ya que se ha considerado los reportes de productividad y rendimientos de equipos de carguío y acarreo del año en curso.

Participantes.

La población considerada en la tesis consta de 20 camiones Volvo FM 20 m³ , 04 excavadoras CAT 336C. La muestra seleccionada para la presente investigación consta de 02 camión Volvo FM 20 m³ y 02 excavadora CAT 336 C.

Las técnicas empleadas en el trabajo de investigación fueron: observación en campo, recolección de información, análisis de datos y procesamiento de información. En la observación de campo, se evidenció a los camiones en paradas no programadas que interrumpían el ciclo de carguío y acarreo, generando incluso colas, principalmente estas demoras eran causadas para aplicación de mantenimiento correctivo por fallas mecánicas, lo cual es un indicador que señala deficiencias en el mantenimiento preventivo. Estos datos

“Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.”

eran registrados en el sistema dispatch, reduciendo no solo la productividad del tonelaje de material transportado, sino también la disponibilidad de los camiones.

Para la aplicación de la técnica de recolección de la información se empleó como instrumento el sistema dispatch (figura 01), del cual se extrajo la base de datos de la producción, así como los tiempos de ciclo de los camiones Asimismo se empleó como instrumento el reporte de trabajos de mantenimiento para identificar el tipo de falla mecánica y la duración de la reparación (figura 02).

Equipmen	Equip	Hou	Material	Suma de Toneladas Payload Personalizadas
CF02	CA09	16	Sulfuros Transicionales con baja ley	232
CF02	CA10	11	Mineral de Bornita-Calcosita de bajo y alto azufre con mediana y alta ley de cobre	220.1
CF02	CA10	12	Mineral de Bornita-Calcosita de bajo y alto azufre con mediana y alta ley de cobre	221
CF02	CA10	14	Sulfuros Transicionales de mediana y alta ley	228.1
CF02	CA09	19	Sulfuros Transicionales de mediana y alta ley	224
CF02	CA09	0	Sulfuros Transicionales de mediana y alta ley	241.8
CF02	CA09	1	Sulfuros Transicionales con baja ley	230.1
CF02	CA09	21	Desmote Roca	227.6
CF02	CA09	8	Sulfuros Transicionales de mediana y alta ley	235.6
CF02	CA09	10	Sulfuros Transicionales de mediana y alta ley	237.8
CF02	CA09	8	Mineral Marginal	242.8
CF02	CA10	9	Mineral Marginal	231.9
CF02	CA09	13	Óxidos con alta ley de cobre y alta ley de carbono	228.7
CF02	CA09	13	Óxidos con alta ley de cobre y alta ley de carbono	235.6
CF02	CA09	16	Óxidos con alta ley de cobre y alta ley de carbono	238.5
CF01	CA10	15	Mineral de Bornita-Calcosita de bajo y alto azufre con mediana y alta ley de cobre	222.5
CF01	CA10	16	Mineral de Bornita-Calcosita de bajo y alto azufre con mediana y alta ley de cobre	229.9
CF01	CA10	16	Mineral de Bornita-Calcosita de bajo y alto azufre con mediana y alta ley de cobre	443
CF01	CA10	17	Mineral de Bornita-Calcosita de bajo y alto azufre con mediana y alta ley de cobre	222.7
CF01	CA10	17	Mineral de Bornita-Calcosita de bajo y alto azufre con mediana y alta ley de cobre	461.7
CF01	CA10	18	Mineral de Bornita-Calcosita de bajo y alto azufre con mediana y alta ley de cobre	231.1
CF01	CA10	15	Mineral de Bornita-Calcosita de bajo y alto azufre con mediana y alta ley de cobre	226.1

Figura 1: Reporte Dispatch – Producción

“Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.”

Trabajo Realizado				
Detalle de Trabajo Realizado	Aplica al Contrato	Cantidad Personal	Nombre de Personal	Hora de Llamado de Operación
APLASTAMIENTO DE ROCA EN EL TAJO	No	1		19:00
INSPECCION	Si	1		19:00
CAMBIO DE MANGUERA DE PILOTAJE DEL BLOCK DELANTERO	Si	1		00:30
SE ACOPLA ARTICULACIÓN CENTRAL	Si	0		19:00
CAMBIO DE ALTERNADOR, FALLA SISTEMA ELETTRICO	Si	1		19:00
MANTENIMIENTO DE 125 HORAS	Si	1		19:00
INSPECCION	Si	1		19:00
INSPECCION	Si	1		19:00
INSPECCION	Si	1		19:00
SE REALIZA INSPECCION GENERAL DEL EQUIPO SE REALIZA	Si	2	Miguel de la	07:00
FALLA ELECTICA EN LA VALVULA DE ACCIONAMIENTO DEL MOTOR	Si	2	Javier	12:00
INSPECCION	Si	1		07:00
APLASTAMIENTO DE ROCA EN EL TAJO	No	1		07:00
INSPECCION	Si	1		07:00
INSPECCION	Si	1		07:00
SE INSTALA MANGUERAS HIDRÁULICAS+ INSTALACIÓN CABLE DE	Si	0		07:00
CAMBIO DE ALTERNADOR- LIMPIEZA DE BATERIAS- CAMBIO DE	Si	1		07:00
INSPECCION	Si	1		07:00
INSPECCION	Si	1		07:00

Figura 2: Reporte mantenimiento.

Con la aplicación de la técnica de análisis de datos y procesamiento de datos se filtró la información de los reportes generales y se identificó la influencia de las demoras por mantenimiento mecánico a causa de fallas durante el ciclo de carguío de los camiones, además se empleó el programa Excel para procesar los resultados de manera estadística en gráficos y tablas para una mejor interpretación.

Procedimiento.

Para esta investigación se consideraron tres etapas todas ellas muy importantes para el desarrollo de esta indagación.

Trabajo de gabinete (Pre Campo)

En esta parte lo que se hizo fue hacer una búsqueda muy intensa y extensa de la información relacionada con el tema en distintas bases de datos como Scielo, Google Académico, Dialnet y Redalyc, también se incluyó la realidad problemática, los antecedentes a nivel internacional, nacional y local para poder ver la importancia del incremento de la

productividad en el movimiento de tierras, definiciones de las variables, la búsqueda de las principales bases teóricas, así como el planteamiento de la pregunta de investigación, de los objetivos tanto general como específicos.

Trabajo de campo.

Se realizará la toma de datos de campo como como son los tiempos de ciclo para los equipos de carguío y acarreo y así determinar el rendimiento en campo de los equipos para luego ser comparado con las especificaciones técnicas del fabricante haciendo uso de las siguientes fórmulas que nos ayudaron a determinar los rendimientos.

Fórmula para calcular el rendimiento de excavadora

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

Fórmula para calcular el rendimiento de volquete

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

Trabajo de gabinete (Post Campo).

Con toda la información obtenida en la etapa 1 y etapa 2 se procedió primero a analizar los datos obtenidos se procedió a realizar en análisis comparativo de especificaciones técnicas y rendimiento en campo de los equipos de carguío y acarreo para el movimiento de tierras, Luego se elaboraran diversas tablas y gráficos que permitirán sintetizar mejor la información obtenida en las salidas de campo como la cantidad de resultados obtenidos, después se interpretaron los resultados obtenidos para poder hacer el análisis comparativo, por último se hizo la redacción del informe final.

Los aspectos éticos que se han considerado reafirman que toda la información proporcionada por la empresa será estrictamente utilizada en el desarrollo de la investigación y no con otros fines que afecten los intereses de la organización. Al desarrollar esta tesis se respetó los derechos de propiedad los autores según las normas establecidas por la Universidad Privada del Norte (APA séptima edición).

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Ciclos de trabajo de los equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto.

3.1.1. Equipos para estudiar

El proceso de movimiento de tierras está enfocado específicamente al análisis de los tiempos que le lleva a cabo la maquinaria al realizar los trabajos encomendados para los cual tenemos el siguiente listado de maquinaria.

Tabla 1.

Maquinas a estudiar

Equipo	Maquinaria	Características
1	Excavadora	CAT 320C capacidad de 1.3 m3
1	Volquete	Volvo 20 m3

3.1.2. Tiempo de ciclo de la excavadora.

Los tiempos del ciclo (T) de la excavadora se tomaron para cuando ésta explota el terreno y a la vez llena las volquetas (tiempo de carga con maniobra): A continuación, en la tabla se muestra los tiempos de ciclo.

En las siguientes tablas determinamos el tiempo de ciclo del volquete Volvo.

Tabla 2.

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

“Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.”

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

Tabla 3.

Promedio de 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

3.1.3. Tiempo de ciclo del Volquete.

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.

Tabla 4.

Características de Volquete

Nº Equipo	Maquinaria	Características	Capacidad (m3)
1	Volquete	Volvo FM	20

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 20 m³, considerando con eficiencia E=0.85.

En las siguientes tablas determinamos el tiempo de ciclo del volquete Volvo.

Tabla 5.

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

Tabla 6.

Tiempo promedio 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

“Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.”

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

3.2. Rendimientos de los equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto.

3.2.1. Rendimientos de la excavadora Cat 320C:

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.

Capacidad o Volumen del Cucharón (Q): el siguiente dato será tomada del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar.

Tabla 7.

Especificaciones de la excavadora.

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

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2018)

Tabla 8.

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)

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:

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

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

$$K = 0.83$$

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

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

$$E=0.83$$

Con los datos ya encontrados procedemos a calcular el rendimiento de la excavadora para luego ser comparado con el Manual de fabricante.

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

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

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

3.2.2. Rendimiento del camión volquete

Con el tiempo promedio de ciclo procedemos a calcular el rendimiento del volquete.

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

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

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

3.3. Comparación de rendimientos obtenidos en campo con las especificaciones técnicas del fabricante de los equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto.

3.3.1. Comparación rendimiento excavadora

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.

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 de acuerdo con el manual de fabricante es: $R_{max}=156\text{m}^3/\text{hr}$.

La eficiencia de trabajo es de $E=0.83$

Entonces:

$\text{Rendimiento}=R_{max}*E$

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

Rendimiento teórico de la excavadora = $129.48\text{ m}^3/\text{hr}$.

Para el camión volquete el fabricante considera que su trabajo es continuo por lo que no es necesario realizar comparación con el Manual de fabricante.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. DISCUSION

Huingo, N. (2013) Evaluación de rendimientos de maquinaria pesada en la ejecución de cierres de mina maqui maqui norte – Cajamarca. Tuvo como objetivo obtener los rendimientos que la maquinaria pesada alcanzó en la ejecución de proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, así mismo la comparación de estos con los rendimientos teóricos. Obteniéndose los siguientes resultados: para el tractor CAT 08R un rendimiento de 162.42 m³/h en la actividad de corte y relleno compensado y 256.18 m³/h en la actividad de excavación de material común, para el tractor Komat'su 065EX-15EO se registró 112.30 m³/h en la actividad de corte y relleno compensado, 176.17 m³/h en la actividad de excavación de material común y 166.08 m³/h en empuje y extendido de top soil, finalmente la excavadora Komat'su PC350LC-8 alcanzó los 47.04 m³/h en la actividad de excavación de material común. con estos rendimientos se logró confirmar la hipótesis la cual menciona que los rendimientos teóricos son menores a los rendimientos alcanzados en la ejecución del proyecto. En la presente investigación se determinaron los rendimientos de los para el movimiento de tierras en el minado de empresas mineras la excavadora Cat 320C se registró un rendimiento de 129.48 m³/h, finalmente el volquete volvo alcanzo un rendimiento de 47.18 m³/h.

Ayllón, P (2016). 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 determinaron tiempo de ciclo promedio para cada uno de los equipos asignados para el movimiento de tierras en el minado de empresas mineras la excavadora Cat 320C se registró un ciclo promedio 33.10 seg, finalmente el volquete volvo se calculó un tiempo promedio de ciclo 15.83 minutos.

4.2. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinaron los ciclos de la maquinaria pesada los que se concluyen que para la excavadora Cat 320C se registró un ciclo promedio 33.10 seg, finalmente el volquete volvo se calculó un tiempo promedio de ciclo 15.83 minutos.
- ✓ De la misma forma se determinaron los rendimientos de los equipos para la excavadora Cat 320C se registró un rendimiento de 129.48 m³/h, finalmente el volquete volvo alcanzo un rendimiento de 47.18 m³/h.
- ✓ Finalmente se concluye que los rendimientos alcanzados por los equipos en campo son menores a los rendimientos establecidos por el fabricante.

REFERENCIAS

- Cadena, V. (2013). *Análisis de costos de productividad y su influencia en el movimiento de tierras por métodos mecánicos*. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Checya, D. (2015). *Gestión de la Operación de equipos de movimiento de tierras para mejorar el rendimiento de carguío y acarreo en la mina Antapaccay* (tesis para optar el título de ingeniero de minas). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Chiriboga, M. (2015). *Rendimiento de equipo pesado para la explotación de una cantera a cielo abierto*. (tesis pregrado). Escuela Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Guevara, F. (2015). *Análisis y ejecución de movimiento de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa*. (Tesis de Maestría). Universidad de Piura, Perú.
- Malpica, C. (2014). *Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado cerro negro Yanacocha – Cajamarca*. Universidad Privada del Norte, Perú.
- Montserrat, P. (15 de noviembre de 2019). *¿Qué es Google Scholar? y ¿Para qué sirve?*
Obtenido de montsepenarroja:
<https://www.montsepenarroja.com/que-es-google-scholar-y-para-que-sirve/>

Pizan, C (2013). *Evaluación de rendimientos en el movimiento de Tierras con maquinaria pesada para los minados cerro negro y carachugo en Yanacocha*. (tesis pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Pizarro, Y. (2019). *Carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño (KPIs) en CIA minera los quenuales S.A., Yauliyacu, Lima-2018* (tesis para optar el título de ingeniero de minas). Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Recuperado de: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/821>

REDALYC. (2018, 9 de mayo). *El significado de Redalyc*. Redalyc. <https://www.redalyc.org/redalyc/acerca-de/mision.html>

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.

Yucra, C. (2020). *Evaluación de la rentabilidad de la producción de cobre de pequeños mineros mediante la instalación de una planta de sulfato de cobre, Pacocha-ITE, 2020* (tesis para optar el título de ingeniero de minas). Universidad Nacional de Moquegua. Recuperado de: <http://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/186>

ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones técnicas de la excavadora 336.

Especificaciones de la excavadora hidráulica 336

Motor

Modelo del motor	Cat® C9.3B	
Potencia neta - ISO 9249	232 kW	311 hp
Potencia del motor - ISO 14396	234 kW	314 hp
Calibre	115 mm	5 pulg
Carrera	149 mm	6 pulg
Cilindrada	9,3 L	568 pulg ³

- Cumple con los estándares de emisiones MAR-1 de Brasil y Fase III de China para su uso fuera de carretera, equivalentes a los estándares Tier 3 de la EPA de los Estados Unidos y Stage IIIA de la Unión Europea.
- Recomendada para su uso hasta a 4500 m (14 760 pies) de altitud con reducción de la potencia del motor cuando se encuentra por encima de los 3000 m (9840 pies).
- La potencia neta se prueba según ISO 9249. Normas vigentes en el momento de la fabricación.
- La potencia neta anunciada es la potencia disponible en el volante cuando el motor está equipado con ventilador, sistema de admisión de aire, sistema de escape y alternador.
- Velocidad nominal a 1800 rpm.

Mecanismo de balanceo

Velocidad de balanceo	8,75 rpm	
Par máximo de balanceo	144 kN·m	106 228 lbf·pies

Pesos

Peso de operación	37 600 kg	82 900 lb
-------------------	-----------	-----------

- Pluma para excavación de gran volumen, brazo M2.55 m (8'4"), cucharón SDS de 2,40 m³ (3,14 yd³), zapatas de garra triple de 700 mm (28") y contrapeso de 6,8 tm (14 991 lb).

Cadena

Ancho estándar de la cadena de las zapatas	600 mm	24 pulg
Ancho de las zapatas de cadena opcionales	700 mm	28 pulg
Ancho de las zapatas de cadena opcionales	800 mm	31 pulg
Cantidad de zapatas (en cada lado)	49	
Cantidad de rodillos de cadena (en cada lado)	8	
Cantidad de rodillos superiores (en cada lado)	2	

Mando

Pendiente	35%/70 %	
Velocidad máxima de desplazamiento	4,7 km/h	2,9 mph
Tracción máxima de la barra de tiro	295 kN	66 206 lbf

Sistema hidráulico

Sistema principal - Flujo máximo - Implemento	558 L/min (279 × 2 bombas)	147 gal/min (74 × 2 bombas)
Presión máxima - Equipo - Implemento	35 000 kPa	5076 psi
Presión máxima - Equipo - Modalidad de levantamiento	38 000 kPa	5511 psi
Presión máxima - Desplazamiento	35 000 kPa	5076 psi
Presión máxima - Balanceo	29 400 kPa	4264 psi
Cilindro de la pluma - Calibre	150 mm	6 pulg
Cilindro de la pluma - Carrera	1440 mm	57 pulg
Cilindro del brazo - Calibre	170 mm	7 pulg
Cilindro del brazo - Carrera	1738 mm	68 pulg
Cilindro del cucharón DB - Calibre	150 mm	6 pulg
Cilindro del cucharón DB - Carrera	1151 mm	45 pulg
Cilindro del cucharón TB - Calibre	160 mm	6 pulg
Cilindro del cucharón TB - Carrera	1356 mm	53 pulg

Capacidades de servicio de reabastecimiento

Capacidad del tanque de combustible	600 L	158,5 gal
Sistema de enfriamiento	40 L	10,5 gal
Aceite del motor (con filtro)	32 L	8,5 gal
Mando de balanceo (cada uno)	18 L	4,8 gal
Mando final (cada uno)	8 L	2,1 gal
Sistema hidráulico (incluido el tanque)	373 L	98,5 gal
Tanque hidráulico	161 L	42,5 gal

Estándares

Frenos	ISO 10265:2008
Cabina/ROPS (por sus siglas en inglés para Estructura de protección en caso de vuelcos)	ISO 12117-2:2008

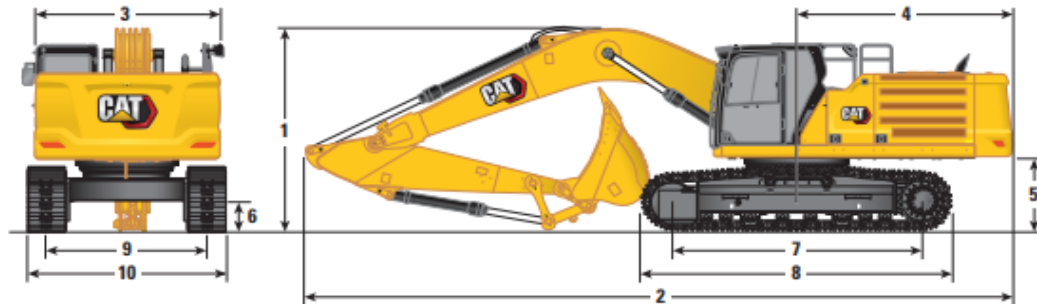
Desempeño del sonido

ISO 6395:2008 (exterior)	105 dB(A)
ISO 6396:2008 (interior de la cabina)	73 dB(A)

- Es posible que sea necesario el uso de protección auditiva cuando se opera desde una estación y cabina abierta (cuando no se haya realizado un mantenimiento correcto o, las puertas o ventanas se encuentren abiertas) durante períodos prolongados o en entornos ruidosos.

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas y pueden variar en función de la selección del cucharón.



Opciones de pluma	Pluma de alcance HD 6,5 m (21'4")		Pluma para excavación de gran volumen 6,18 m (20'3")	
Opciones de brazo	Brazo de alcance HD R3.20B (10'6")		Brazo para excavación de gran volumen M2.55TB (8'4")	
1 Altura de la máquina:				
Altura de la cabina	3170 mm	10'5"	3170 mm	10'5"
Altura de la estructura de protección contra la caída de objetos (FOGS)	3310 mm	10'10"	3310 mm	10'10"
Altura del pasamanos	3160 mm	10'4"	3160 mm	10'4"
Con pluma/brazo/cucharón instalados	3470 mm	11'5"	3610 mm	11'10"
Con pluma/brazo instalados	3330 mm	10'10"	3400 mm	11'2"
Con pluma instalada	2880 mm	9'5"	2830 mm	9'3"
Con pluma/brazo/cucharón instalados (con líneas auxiliares)	3520 mm	11'7"	3620 mm	11'11"
Con pluma/brazo instalados (con líneas auxiliares)	3380 mm	11'1"	3420 mm	11'3"
Con pluma instalada (con líneas auxiliares)	2970 mm	9'9"	2900 mm	9'6"
2 Longitud de la máquina:				
Con pluma/brazo/cucharón instalados	11 170 mm	36'8"	10 890 mm	35'9"
Con pluma/brazo instalados	11 130 mm	36'6"	10 850 mm	35'7"
Con pluma instalada	9960 mm	32'8"	9640 mm	31'8"
Con pluma/brazo/cucharón instalados (con líneas auxiliares)	11 170 mm	36'8"	10 890 mm	35'9"
Con pluma/brazo instalados (con líneas auxiliares)	11 130 mm	36'6"	10 850 mm	35'7"
Con pluma instalada (con líneas auxiliares)	10 010 mm	32'10"	9640 mm	31'8"
3 Ancho del bastidor superior sin pasarelas	2970 mm	9'9"	2970 mm	9'9"
4 Radio de balanceo de la cola	3530 mm	11'7"	3530 mm	11'7"
5 Espacio libre del contrapeso	1250 mm	4'1"	1250 mm	4'1"
6 Espacio libre sobre el suelo	510 mm	1'8"	510 mm	1'8"
7 Longitud de la cadena – longitud hasta el centro de los rodillos	4040 mm	13'3"	4040 mm	13'3"
8 Longitud de la cadena	5030 mm	16'6"	5030 mm	16'6"
9 Entrevia	2590 mm	8'6"	2590 mm	8'6"
10 Ancho de la cadena/ tren de rodaje:				
Zapatas de 600 mm (24")	3190 mm	10'6"	3190 mm	10'6"
Zapatas de 700 mm (28")	3290 mm	10'10"	3290 mm	10'10"
Zapatas de 800 mm (31")	3390 mm	11'1"	3390 mm	11'1"
Tipo de cucharón	HD		SDS	
Capacidad del cucharón	1.88 m ³	2.46 vd ³	2.40 m ³	3.14 vd ³

Anexo 2. especificaciones técnicas volquete Volvo.

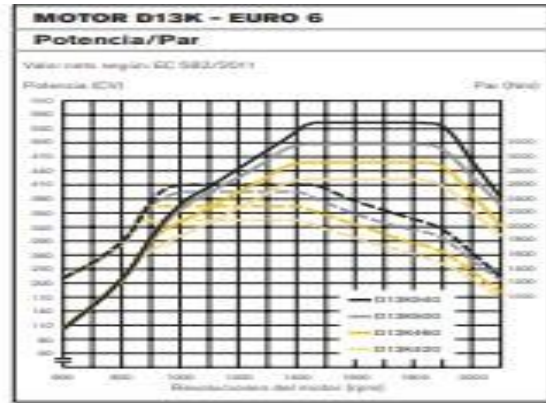


<input type="checkbox"/> D11K330 (243 KW)	Potencia máxima a 1.600-1.900 rpm	330 CV
	Par máx. a 950-1.400 rpm	1.500 Nm
<input type="checkbox"/> D11K370 (272 KW)	Potencia máxima a 1.600-1.900 rpm	370 CV
	Par máx. a 950-1.400 rpm	1.750 Nm
<input type="checkbox"/> D11K410 (302 KW)	Potencia máxima a 1.600-1.900 rpm	410 CV
	Par máx. a 1.000-1.400 rpm	1.950 Nm
<input type="checkbox"/> D11K450 (332 KW)	Potencia máxima a 1.600-1.900 rpm	450 CV
	Par máx. a 1.000-1.400 rpm	2.150 Nm

D11K	
N° de cilindros	6
Embolada	10,8 dm ³
Desplazamiento	152 mm
Diámetro	123 mm
Relación de compresión	17,0:1
Gama económica de revoluciones	950-1.400 rpm
Potencia de frenado del regulador de gases de escape (2.400 rpm)	160 kW
Potencia de frenado del VEB (2.400 rpm)	250 kW
VEB	opcional
Filtros de aceite	2 de flujo completo 1 de derivación
Volumen de cambio de aceite, incluido el filtro	35 l
Sistema de refrigeración, volumen total	35 l
Intervalo para el cambio de aceite: Hasta	100.000 km o una vez al año con VDS4.

REQUISITOS PREVIOS DE COMBUSTIBLE
Solo combustible sin azufre (EN590, máx. 10 ppm de azufre).

TOMAS DE FUERZA MONTADAS EN EL MOTOR	
Dos versiones de par disponibles. Para conocer las especificaciones completas, consulte la página 45.	
EPTT650, relación 1,08:1	650 Nm*
EPTT1000, relación 1,08:1	1.000 Nm*
* Ambos pares al conducir y al detenerse.	



<input type="checkbox"/> D13K420 (309 KW)	Potencia máxima a 1.400-1.800 rpm	420 CV
	Par máx. a 850-1.400 rpm	2.100 Nm
<input type="checkbox"/> D13K460 (338 KW)	Potencia máxima a 1.400-1.800 rpm	460 CV
	Par máx. a 900-1.400 rpm	2.300 Nm
<input type="checkbox"/> D13K500 (368 KW)	Potencia máxima a 1.400-1.800 rpm	500 CV
	Par máx. a 1.000-1.400 rpm	2.500 Nm
<input type="checkbox"/> D13K540 (397 KW)	Potencia máxima a 1.450-1.800 rpm	540 CV
	Par máx. a 1.000-1.450 rpm	2.500 Nm

D13K	
N° de cilindros	6
Cilindrada	12,8 dm ³
Carrera	158 mm
Diámetro	131 mm
Relación de compresión	17,0:1
Gama económica de revoluciones	900-1.400 rpm
Potencia de frenado del regulador de gases de escape (2.300 rpm)	200 kW
Potencia del freno motor VEB* (2.300 rpm)	375 kW
VEB*	opcional
Filtros de aceite	2 de flujo completo 1 de derivación
Volumen de cambio de aceite, incluido el filtro	33 l
Sistema de refrigeración, volumen total	38 l
Intervalo para el cambio de aceite: Hasta	100.000 km o una vez al año con VDS4.

REQUISITOS PREVIOS DE COMBUSTIBLE
Solo combustible sin azufre (EN590, máx. 10 ppm de azufre).

TOMAS DE FUERZA MONTADAS EN EL MOTOR	
Dos versiones de par disponibles. Para conocer las especificaciones completas, consulte la página 45.	
EPTT650, relación 1,26:1	650 Nm*
EPTT1000, relación 1,26:1	1.000 Nm*
* Ambos pares al conducir y al detenerse.	

Anexo 3. Galería fotográfica.

