



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“EVALUACION DE COSTOS EN OPERACIÓN DE EXCAVADORAS PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD EN MINA A TAJO ABIERTO CAJAMARCA 2022 ”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera de Minas

Autora:

Aileen Shirley Hernandez Malpica

Asesor:

Mg. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía y mi fortaleza a lo largo de mi carrera. A mi Madrecita quien llego en el momento indicado y lleno mi corazón con la luz que necesitaba para lograr cumplir esta meta.

A lo más valioso de mi vida, mis padres Hugo y Meri, quiénes me motivaron a cumplir todos mis anhelos, gracias por su comprensión, paciencia y dosis de amor en los momentos difíciles. Todo esto es para ustedes. Los amo infinitamente.

A mi querido Renzo, quién es mi gran motor y motivación en mi día a día, solo me queda prometerte que seremos un gran equipo. Te amo.

Aileen Hernández

AGRADECIMIENTO

A todos los profesores de la Escuela Profesional de Minas por sus enseñanzas y aportes en mi formación profesional.

Agradecerle también a toda mi familia por darme ánimo durante este proceso y tenerme siempre presente en sus oraciones.

A todos mis amigos que conocí en la carrera y fuera de la carrera que me acompañan siempre y me motivan a ser mejor.

Son varias las personas que han formado parte de este proceso, siempre las llevo en mi corazón, muchas gracias por todo su amor y su apoyo.

Aileen Hernández

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	23
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	27
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	34
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factor de mantenimiento correctivo..	19
Tabla 2: Total del costo horario de posesión de la excavadora CAT 336.....	29
Tabla 3. Total del costo de horario de operación de la excavadora CAT 336.....	32
Tabla 4. Total de costo horario de posesión y operación de la excavadora CAT 336.....	32
Tabla 5. Costo horario de equipo de la excavadora CAT 336.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes de la excavadora hidráulica.....	17
---	----

RESUMEN

La presente tesis evaluación de costos en operación de excavadoras para incrementar la rentabilidad en mina a tajo abierto Cajamarca 2022. La cual tiene como objetivo. Determinar cuánto influye el costo operativo en la operación de excavadoras para incrementar la rentabilidad en mina a tajo abierto Cajamarca 2022.

Se determinaron los costos de posesión de la excavadora CAT 336 en soles/hora los cuales fueron depreciación 135.72, Interés o rédito total 130, seguro 2.87 y finalmente se determinó el costo de posesión de la excavadora CAT 336 el cual fue de 268.59 soles/hora.

De igual forma se determinaron los costos de operación y rendimiento de la excavadora CAT 336 en soles/hora los cuales fueron mantenimiento preventivo 17.98, mantenimiento correctivo 35,96, costo de operador 20.83, costo de consumo de combustible 107.10, costo de tren de rodaje 7.85, costo de elemento de desgaste 10.68 con estos costos se terminó el costo de operación y rendimiento de la excavadora CAT 336 el cual fue de 200.04 soles/hora.

Finalmente se concluye que luego de calcular el costo de posesión y costo de operación y rendimiento de la excavadora CAT 336, el costo de operación en campo es de 366.01 soles/hora.

Palabras clave: Costos, operación, rentabilidad, mina, tajo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

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

(Casachagua.F, 2017) tesis La investigación que se realizó es tecnológica de nivel aplicado, el cual tuvo como objetivo aplicar el conocimiento científico del mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de las excavadoras CAT 336 de la empresa ECOSEM SMELTER S.A, se propuso la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a las excavadoras por ser equipos muy críticos, ya que su operatividad es continua y dependen de ellas las demás flotas, se recogió información de todos los reportes Check List, partes diarios, control

de equipos, inspección técnica, status de equipos, etc y se realizó un registro de paradas de todos los sistemas encontrando una disponibilidad mecánica de la flota en un 80% siendo muy bajo comparado al target de la disponibilidad que la minera exige a la empresa, por lo que se propone un plan de mantenimiento basado en RCM, identificando así las funciones, fallas funcionales, modos de falla, para realizar el cuadro de Criticidad (AMFE), que fue la base del estudio de investigación quien por consiguiente determinó cuales serían las fallas correctivas y las tareas de mantenimiento AMFE para el estudio. Con el cual al final se logró mejorar un 9% la disponibilidad mecánica de las Excavadoras 336 en la empresa ECOSEM SMETER.

Machaca (2016), en la conclusión de su tesis señala que: El acoplamiento entre las cantidades de equipos carguío y transporte ayuda a mantener en condiciones óptimas los costos unitarios de carguío y transporte y que el exceso o la falta de volquetes incurren directamente en los costos unitarios; es así que la distribución de volquetes para una excavadora 345D, 365C y el cargador sobre ruedas 992K son de 7; 8 y 10 unidades de volquetes, con un costo unitario de 0,69; 0,68; 0,2 US\$/t respectivamente, para una distancia de transporte de 1,8 km.

Rivera (2018), en la conclusión de su tesis señala que: Con la excavadora CAT 336DL, se tiene una producción de material para movimiento de tierras desde la cantera China 1 hasta la presa de relaves enlozada de 476 t/h, una eficiencia operativa del 67,76 % y que el dimensionamiento de la flota óptima de acarreo para la excavadora CAT 336DL, se realizó mediante el análisis del factor de acoplamiento, en función al costo y la producción, obteniéndose que la flota óptima de acarreo es de 11 camiones, el costo

unitario de carguío es de 0,2044 US\$/t, el costo unitario de acarreo es de 0,3050 US\$/t y la producción potencial carguío - acarreo es 623,52 t/h.

Malimba (2019), en su tesis afirma que: El acople entre las unidades de carguío y transporte está en función del tiempo del ciclo de la operación y la producción programada, es así que el acople promedio en los meses de agosto a noviembre del año 2017 hacia el PAD es de 10 unidades de transporte para una unidad de carguío y hacia el DME es de 2 unidades de transporte para 1 unidad de carguío, usando volquetes de 15 m³ y excavadoras CAT 336DL de 3 m³ de capacidad de cuchara, este acople se adecúa a un diseño de transporte óptimo generando un ahorro de 0,64 \$/t.

Según el INEI (2016), Señala que 1 mil 306 municipalidades en el país tienen al menos una maquinaria pesada operativa para la construcción, rehabilitación vial y mantenimiento preventivos para fenómenos climáticos y/o tareas de limpieza pública. Se observa que los departamentos con el mayor número de maquinaria pesada operativa son Cuzco con 746 maquinarias, Puno con 557 y Cajamarca con 359. En el año 2016 del total de municipios con maquinaria pesada, el 100% de los municipios del departamento del Pasco y Tacna, poseen un tipo de maquinaria pesada operativo, seguido por los departamentos de Puno con 99,1%, Cuzco con 98,1% y la provincia de Lima con 97.1%. (Capítulo 4-p 31).

Según el INEI (2016), El número de excavadoras aumentó en un 8,4%, la retroexcavadora en el 2,0%, la motoniveladora en el 1,7% y los tractores agrícolas en el 1,4% con respecto al año anterior. Por otro lado, el número de compactadores de

suelo disminuyó un 15,3% con relación al año 2015; Los cargadores frontales y los tractores de orugas también disminuyeron el 6,7% y el 5,9%, respectivamente. En lo que se refiere municipios con maquinaria pesada operativa, 836 (64,0%), municipios cuentan con 1mil 69 cargadores frontales, 613 (46,9%) concentran 810 tractores de oruga, 513 (39,3%) concentran 658 motoniveladoras, 443 (33,9%) disponen de 505 retroexcavadoras, 353 (27,0%) tienen 735 tractores agrícolas, 216 (16,5%) cuentan con unas 710 compactadoras del suelo y 205 (15,7%) municipios disponen de 232 excavadoras. (Capítulo 4 – p 32).

Según Rivas (2005). En su investigación sobre el estudio de tiempos y movimientos en el proceso de producción de una industria manufacturera de ropa, que todos los operarios que realizaban operaciones distintas en una línea de producción trabajaban como una unidad, por lo que la velocidad de producción de la línea dependía del operario más lento. El balance de líneas permite determinar el número de operarios que se asignan a cada estación de trabajo de la línea de producción para cumplir con la tasa de producción determinada. También permite determinar la eficiencia de la línea, y de esta forma saber que tan continua es la línea o módulo de producción. Para el cumplimiento de los tiempos estándar definidos, es necesario que los operarios cuenten con la capacitación adecuada al ingresar a la empresa, para que adquieran una buena habilidad y no tengan problema en implementar los tiempos determinados. El estudio de tiempos y movimientos consiste en analizar la situación actual de la empresa respecto a factores que intervienen en el proceso de producción, así como la distribución de la planta, maquinaria y equipos utilizados en las líneas de producción, manejo de materiales, personal, jornadas de trabajo y condiciones ambientales, ya que

debe existir una adecuada combinación de estos factores para lograr una producción eficiente.

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

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

La tasación consiste en realizar un cálculo para conseguir un valor comercial lo más cercano posible a la realidad respecto a una propiedad. Para esto el tasador debe tener

conocimientos sólidos sobre el mercado inmobiliario y del valor según el tipo de construcción para poder fijar el valor más adecuado a una propiedad. En el caso de los bancos, éstos usan el valor de tasación para entregar un crédito ya que no pueden arriesgarse a que si el deudor no cumple, la propiedad hipotecada se encuentre por debajo del valor del crédito que va a otorgar. (Subsidio.Cl, 2016).

De igual forma para la tasación de maquinaria y equipo se requiere de profesionales con experiencia en ingeniería de tasación puesto que es un proceso muy complejo y de ser necesario deben cumplir con las Normas Internacionales de Contabilidad y de Información Financiera y con Decretos Nacionales sobre normas contables. Esta metodología se puede aplicar para diversas industrias como la maderera, metalmecánica, textil, de transporte, de construcción, entre otras. (Restrepo, 2014).

Rendimiento de maquinaria: El rendimiento de una maquinaria es el número de trabajo que realiza en la unidad de tiempo, generalmente por hora. Esta unidad de trabajo o de obra está relacionada con el movimiento de tierra en m^3 o tonelada no siendo estas las únicas (Bello y Álvarez 2015).

Por otro lado, también se puede considerar rendimiento como la capacidad teórica de trabajo, pues es la producción máxima que puede desarrollar una máquina y es teórica dado que no sería posible obtener el valor que excluye en las pérdidas que se generan en la obra o trabajo (Rodríguez 2017).

Eficiencia en el campo de maquinaria: Por concepto es lo similar que la capacidad teórica, aunque es este casi es considerando las pérdidas de trabajo expresado en

velocidad de producción generados por las vueltas en cabeceras, atascamientos, averías, superposición de trabajo, llenado de tolvas, patinamiento de las ruedas entre otras (Rodríguez 2017).

Tipos de movimiento de tierras: Los tipos de movimiento de tierra o excavaciones se clasifican en cielo abierto, subterránea y subacuática.

A cielo abierto: Este movimiento se efectúa en seco o con baja humedad. Además, la excavación dependerá del tipo de terreno debido a que depende de la estabilidad del suelo.

Por ejemplo: Si la obra se encuentra en roca fija, se utilizará explosivos; si el terreno es roca fracturada, se necesitará el uso de maquinaria con accesorios especiales como rippers u otros, así como, explosivos de pequeño volumen. Por último, si se tiene material suelto, se requerirá el empleo de maquinarias y/o mano de obra (Gutiérrez y Pomar 2016). Es primordial para este tipo de excavaciones, la elección del equipo idóneo para transporte y carga (Cherné y González 1997).

Subterránea: Este movimiento realiza de túneles, galerías y pozos. En las dos primeras, es necesario explosivos o topes, según longitud, y tipos de suelos, pues debe tener como medida necesaria mayor de 3 m²; para permitir medios mecánicos de excavación, carga y acerreo. Así mismo, el tercero que corresponde a pozos, las excavaciones son de manera vertical o casi vertical, se extrae los productos por elevación (Cherné y González 1997)

Subacuática: Son aquellas excavaciones en donde no es posible efectuar movimientos de tierras desde superficie o terreno natural. En este caso se debe utilizar materiales flotantes o medios semejantes (Cherné y González 1997).

Suelo: El suelo es el medio natural para el desarrollo del crecimiento de seres vivos. También, se considera como el cuerpo natural que está conformada por capas de suelo y se compone de pequeños fragmentos de roca y materia orgánica, además de aire y agua (FAO 2017).

Costos de equipo: Costos de posesión:(Valor de adquisición): Es el precio de la máquina en el mercado y se obtiene solicitando cotización al proveedor en la venta de maquinaria pesada. Se debe tener en cuenta los gastos incurridos en la adquisición del activo tales como: flete, seguro, embalaje, impuestos entre otros. Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO)

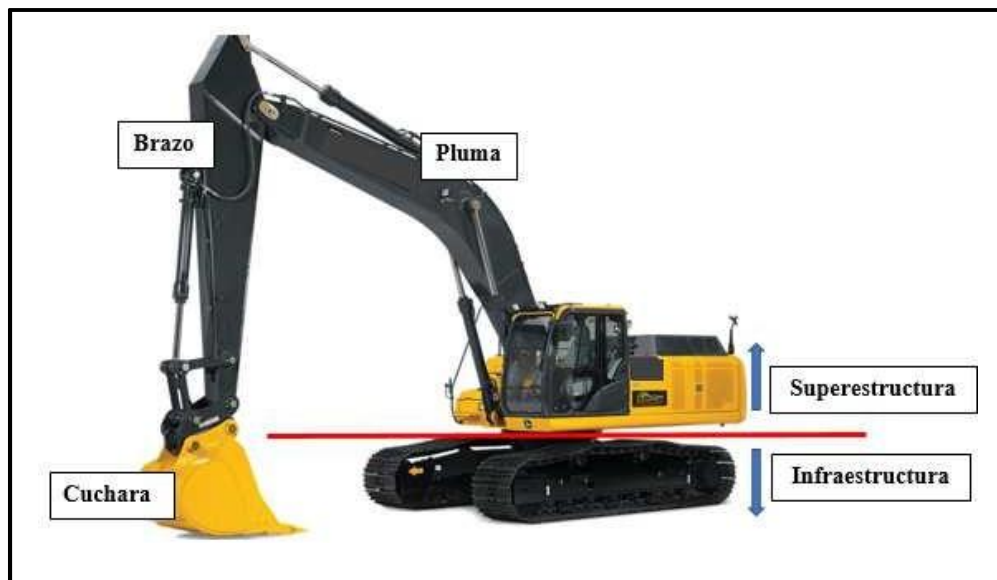
Seguro: Este costo es importante pues la maquinaria se asegura para cubrir todo tipo de riesgo. Este valor está determinado por el valor de la póliza que protege a la máquina. El monto del seguro deberá ser convertido a costo/hora.

Costos de operación: Para la elaboración de costos de operación de maquinaria es importante reconocer los diferentes factores que se relacionan para poner en funcionamiento una máquina, pues es importante tener claro dentro del presupuesto los mantenimientos que requiere la máquina, así como las reparaciones, consumo de combustible, costo del operador especializado entre otros (MCVS 2010; Urdaneta 2011)

Excavadora hidráulica: La excavadora es una máquina pesada autopropulsada pesada que se emplea para el movimiento de tierras u otros materiales. Esta máquina es capaz de desplazarse, ya que se encuentra sobre orugas o llantas. Además, esta permanece trabajando en una posición fija al terreno y puede girar su superestructura está en 360°. Se puede reconocer en la figura 1 la división básica de la excavadora (Quincho 2015).

El uso de ella se relaciona con actividades de carga de camiones, demolición, excavación de sótanos, construcción de caminos, manipulación de desechos, dragado, minería, apertura de zanjas y trabajo de cantera. Por ello es importante el tipo de excavación se va a realizar, pues elección futura de ellas depende de las características del suelo y dimensión de la obra (Vargas 2012).

Figura 1: *Partes de la excavadora hidráulica.*



Vida económica útil: Es el periodo durante el cual en este caso la maquinaria pesada trabaja con un rendimiento económicamente justificable. Para la determinación de este valor, los manuales de fabricación o libros técnicos lo estiman por horas totales. En el

cuadro 4 se observa el tipo de maquinaria, horas útiles y años de duración del activo, considerando cada año como 2000 horas utilizadas. (CAPECO)

Valor de rescate: Denominado también como el valor de recupero o salvataje. Esta se define como el valor posible de venta después de utilizar la vida económica útil de la maquinaria. Como se observa en el cuadro 5 en la fórmula se requiere el año de duración técnica del equipo.

$$\text{Valor de rescate} = \frac{\text{Valor de adquisición}}{\text{Vida económica útil en años}}$$

Depreciación: La maquinaria apenas es adquirido sufre económicamente un desgaste que se debe cubrir contablemente, trabaje o no trabaje la máquina. Esta disminución del valor en el activo es considerada en el transcurso del tiempo (Sandoval 2013; Rodríguez 2017). Para ello, se utiliza una fórmula para calcular el valor de depreciación de la maquinaria que será evaluada en costo/tiempo.

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Valor de adquisición} - \text{Valor de rescate}}{\text{Vida económica útil en años}}$$

Interés: En este caso, se considera el interés sobre capital empleado en la compra de una máquina que ha sido adquirido al contado o a plazos. En este es necesario considerar la depreciación de la maquinaria en los años. Para ello, se define el valor del interés con la recarga del costo que se llamará rédito total en un periodo determinado (n) y la tasa de interés anual (i), este último incluirá el valor de adquisición (Va)

$$Rédito total = Va \left[\left\{ \frac{(1+i)^n \times i \times n}{(1+i)^n - 1} \right\} - 1 \right]$$

Mantenimiento preventivo: Este mantenimiento es establecido para prevenir la incidencia de fallo o disminución del correctivo (el caso de cambiar una pieza y detener la producción de la máquina). También se le conoce como preventivo directo o periódico, pues intenta reducir la reparación a través de una rutina de inspecciones al igual que la renovación de los elementos dañados. Los costos de mantenimiento preventivo dependerán del proveedor. Además, se debe señalar que estos costos son cíclicos cada 2000 horas de uso. (Sandoval 2013; Salas 2017).

Mantenimiento correctivo: Este mantenimiento es la reparación que requiere la máquina una vez que se ha producido un fallo, donde se considera detener la producción de la máquina. Existe un factor que los proveedores de maquinaria consideran para determinar el valor y este es multiplicándolo por valor del mantenimiento preventivo, como se observa en el cuadro 8; tanto en factor para maquinaria para minas y para construcción. (Sandoval 2013; Salas 2017).

Tabla 1.

Factor de mantenimiento correctivo

Tipo de maquinaria	Factor de mantenimiento correctivo (F1)
Marca reconocida	1*
Marca no reconocida	2*

* Sobre el valor del costo del mantenimiento preventivo

Por lo tanto, para hallar el valor del mantenimiento correctivo se utiliza la ecuación.

Mantenimiento correctivo = Costo de mantenimiento preventivo.

Costo de operador: Es el sueldo o salario del que maneja la máquina, este es un especialista. En caso de este trabajo, se tomará el costo del operario por hora.

$$\text{Costo de operador} = \frac{\text{Salario mensual}}{24 \text{ días} \times 8 \text{ horas}}$$

Adicionalmente, si el operario se encontrara en planilla la ecuación variaría como se observa en el cuadro 12, pues se considera el salario mensual como la base del cálculo de las aportaciones como ESSALUD que es el 9% del sueldo base. Así mismo, considerar 12 sueldos, 2 gratificaciones, 1 C.T.S (compensación por tiempo de servicio) y 1 sueldo por reemplazo por vacaciones; que sería 16 pagos equivalentes al salario mensual en el año.

$$\text{Costo de operador} = \frac{\text{Salario mensual} \times 1.09 \times 16}{12 \text{ meses} \times 24 \text{ días} \times 8 \text{ horas}}$$

Costo de consumo de combustible: El consumo de combustible puede medirse con facilidad si se toma un control, pero si no se puede es necesario estimar con el uso que dará la maquinaria, pues este es un consumible de alto valor y depende de la habilidad del operador para el uso óptimo de este hidrocarburo.

El valor se obtiene de la ecuación que se resuelve conociendo el consumo del combustible por galón/hora de cada excavadora.

$$\text{Costo de consumo de combustible} = \text{precio de combustible} \times \text{consumo}$$

Costo de tren de rodaje: Los gastos del tren de rodaje suelen ser una parte importante

de los costos de operación de las maquinarias de cadenas, y estos pueden variar independientemente de los costos de la máquina.

Esto quiere decir, que se puede emplear el tren de rodaje en un medio extremadamente abrasivo de alto nivel de desgaste, mientras que máquina básica puede operar en una aplicación poco exigente, y viceversa. Por esta razón, se recomienda que el costo por hora del tren de rodaje se considere como un artículo de desgaste rápido y que no se incluya en los costos de reparación de la máquina básica (Caterpillar 2016).

Este valor de costo se obtiene de la siguiente ecuación

$$\text{Costo de operador} = \frac{\text{precio de tren de rodaje}}{\text{Vida útil en horas}}$$

Costo de elementos de desgaste especiales: Existen costos de componentes de alto desgaste como las cuchillas, los dientes de cucharón, entre otros. Así como los costos de soldadura en plumas y brazos. Estos costos varían mucho, los cuales dependen de las aplicaciones, los materiales y técnicas de operación (Caterpillar 2016).

$$\text{Costo de elemento de desgaste} = \frac{\text{precio de elemento de desgaste}}{\text{Vida útil en horas}}$$

La Excavadora. Una excavadora hidráulica está constituida por un bastidor principal, capaz de efectuar una rotación de 360 grados, al que se unen el sistema de desplazamiento (rodaje), una corona o tornamesa de giro, una superestructura que monta la planta motriz, la cabina y el equipo de trabajo, que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y brazo. (Mamani, 2016).

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida los costos en la operación de excavadoras para incrementar la rentabilidad en mina a tajo abierto Cajamarca 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar cuánto influye el costo operativo en la operación de excavadoras para incrementar la rentabilidad en mina a tajo abierto Cajamarca 2022

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar los costos de posesión de la excavadora CAT 336. en soles/hora
- ✓ Calcular el costo de operación y rendimiento de la excavadora CAT 336 en soles/hora

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Mediante la evaluación se determinará la influencia del costo en la operación de excavadoras en mina a tajo abierto Cajamarca 2022.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

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

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

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

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

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

2.2.1. Población: El conjunto de equipo utilizado en el área de operaciones mina tajo abierto Cajamarca 2022.

2.2.2. Muestra: la muestra de la presente investigación está conformada por la excavadora CAT 336.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de recolección de datos.

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

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

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

También se empleó la observación por medio de un instrumento denominado la guía de observación documental que permitió sistematizar las dimensiones necesarias del problema de estudio, teniendo en cuenta para ello la ficha técnica de la excavadora CAT 336. Ver Anexo 01

2.3.2. Técnicas e instrumentos para el análisis de datos

Para realizar el análisis de datos, se organizaron los datos obtenidos de acuerdo a los objetivos propuestos en el proyecto, tomando en cuenta primeramente la evaluación de costos en operación de la excavadora CAT 336 para incrementar la rentabilidad, ya que de eso depende el análisis financiero de los equipos. Para una mayor interpretación se analizará la base de datos obtenida en mina y se establecerán cuadros estadísticos de la evaluación práctica y teórica, utilizando Microsoft Excel 2019.

2.4. Procedimiento

Se desarrolló en tres etapas:

2.4.1. Etapa de gabinete

Inicialmente se procede a la revisión de antecedentes, estudios previos, realizados respecto al tema, en los diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional, para lo cual se recurrió a los buscadores y repositorios virtuales de varias universidades. De la misma forma se solicitó la ficha técnica del equipo Excavadora CAT 336 a la empresa minera.

2.4.2. Etapa de análisis de datos

Se analizaron los datos obtenidos del equipo involucrado en el estudio el cual participa en el proceso de carguío, tomando en cuenta la evaluación práctica y teórica de estos, con la intención de determinar los costos de posición y operación en mina a tajo abierto.

2.4.3. Información concentrada en gabinete

Finalmente luego de recolectar toda la información necesaria se procedió a procesar y tabular de forma digital los datos obtenidos en campo, con ayuda del programa Microsoft Excel 2019. Así mismo se presentó los costos de posición y operación de la excavadora CAT 336 en una mina a tajo abierto Cajamarca 2022.

2.5. Aspectos éticos

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

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Determinar los costos de posesión de la excavadora CAT 336 en soles/hora

3.1.1 Valor de adquisición

Marca y modelo CAT 336 = \$450 000

Tipo de cambio: S/3,77

Tipo de cambio es referencial de acuerdo a la SUNAT.

Valor de adquisición de la excavadora CAT 336: \$450 000 x S/3.77

Valor de adquisición de la excavadora CAT 336 = S/ 1,696 500

3.1.2. Valor de rescate

Se utiliza la siguiente ecuación y se considera la vida económica útil de la maquinaria pesada.

$$\text{Valor de rescate de la excavadora CAT 336} = \frac{\text{s/1 696 500}}{5 \text{ años}}$$

Valor de rescate de la excavadora CAT 336 = S/ 339 300

3.1.3. Depreciación

Se utilizará la ecuación y se requiere los valores adquisición, el valor de recupero y la vida económica útil en horas de la maquinaria.

Valor de adquisición = S/ 1,696 500

Valor de rescate = S/ 339 300

Vida económica útil = 10 000 horas

$$\text{Depreciación de la excavadora CAT 336} = \frac{1\ 696\ 500 - 339\ 300}{10\ 000 \text{ horas}}$$

Depreciación de la excavadora CAT 336 = S/ 135,72 por hora

3.1.4. Interés o rédito total

Para calcular la tasa anual de interés (i) será tomada de forma referencia del SBS, la vida económica útil (n) de 5 años y el valor de adquisición.

$$i = 22.71\%$$

$$N = 5 \text{ años}$$

$$\text{Interés de la excavadora CAT 336} = S/1,696\ 500 \frac{(1+0.2271)^5(0.2271 \times 5)}{(1+0.2271)^5 - 1} - 1$$

$$\text{Interés o rédito total de la excavadora CAT 336} = S/ 1,300\ 100$$

Como análisis se está realizando por horas. Entonces, el interés o rédito total se divide por vida económica útil en horas.

$$\text{Interés o rédito total en horas de la excavadora CAT 336} = \frac{S/ 1,300\ 100}{10\ 000 \text{ horas}}$$

$$\text{Interés o rédito total en horas de la excavadora CAT 336} = S/ 130 \text{ por hora}$$

3.1.5. Seguro

La información sobre el costo del seguro fue dada por la empresa minera

$$\text{Costo del seguro de la excavadora CAT 336} = \$ 1\ 500$$

Este costo debe de ser capitalizado en soles y por horas. Recordando que cada año se considera 2 000 horas.

$$\text{Tipo de cambio: } S/3,77$$

$$\text{Costo del seguro de la excavadora CAT 336} = 1\ 500 \times 3,77$$

$$\text{Costo del seguro de la excavadora CAT 336} = S/ 5\ 655 \text{ al año}$$

$$\text{Costo del seguro} = \frac{S/ 5655}{2\ 000 \text{ horas}}$$

$$\text{Costo del seguro de la excavadora CAT 336} = S/ 2,87 \text{ por hora}$$

Entonces, con estos datos se podrá hallar el costo de posesión, que es la suma de depreciación, interés y seguro

Tabla 2.

Total del costo horario de posesión de la excavadora CAT 336

EXCAVADORA CAT 336	
Total del costo horario de posesión (S/ por hora)	
Depreciación	135.72
Interés o rédito total	130
Seguro	2.87
TOTAL	268.59

3.2. Calcular el costo de operación y rendimiento de la excavadora CAT 336 en soles/hora

3.2.1. Costo de mantenimiento preventivo

Este valor se puede observar en el anexo 2, donde se encuentra el presupuesto de mantenimiento por 2000 horas de trabaja, esto quiere decir que es por año.

Mantenimiento preventivo por 2000 horas = \$ 9 543

Tipo de cambio: S/3,77

El tipo de cambio es referencial SUNAT.

$$\text{Mantenimiento preventivo excavadora CAT 336} = \frac{9\,543 \times 3.77}{2\,000 \text{ horas}}$$

Mantenimiento preventivo excavadora CAT 336 = S/ 17,98 por hora

Si se desea ver que componentes son los revisados en el anexo 2, se encuentra el listado de acuerdo con las horas de trabajo 2000 y mil horas respectivamente.

3.2.2. Costo de mantenimiento correctivo

Como se mencionó este dato se calculará multiplicando el mantenimiento preventivo con el factor de mantenimiento correctivo.

Mantenimiento correctivo excavadora CAT 336 = S/ 17,98 x 2

Mantenimiento correctivo excavadora CAT 336 = S/ 35.96 por hora

3.2.3. Costo de operador

En este caso se aplica la ecuación el dato de pago mensual del operario de la empresa minera.

$$\text{Costo del operario} = \frac{4000}{24 \times 8}$$

Costo del operario "X" = S/ 20,83 por hora

3.2.4. Costo de consumo de combustible

En precio promedio de acuerdo con OSINERGMIN de enero a marzo del 2022 es de S/ 12,60 por galón. El consumo de según las especificaciones es de 8.5 galones por hora para así aplicar la ecuación.

Costo de consumo de combustible excavadora CAT 336 = 12.60 X 8.5

Costo de consumo de combustible excavadora CAT 336 = S/ 107.1 por hora

3.2.5. Costo del tren de rodaje

En este caso se aplica la siguiente ecuación considerando el precio del tren de rodaje. Con referencia al precio del tren de rodaje y las horas útiles de cambio, este se puede obtener referencia en el anexo 3.

Precio del tren de rodaje = \$ 12 500

Tipo de cambio: S/3,77

Horas útiles: 6 000h

$$\text{Costo del tren de rodaje} = \frac{12\,500 \times 3.77}{6\,000 \text{ horas}}$$

Costo del tren de rodaje = S/ 7,85 por hora

3.2.6. Costo de elemento de desgaste

Se aplica la siguiente ecuación.

Precio de elemento de desgaste = \$ 850

Tipo de cambio: S/3,77

Horas útiles: 300h

$$\text{Costo de elemento de desgaste} = \frac{850 \times 3.77}{300 \text{ horas}}$$

Costo del tren de rodaje = S/10,68 por hora

Entonces, con los datos anteriores se halla el costo de operación sumando el mantenimiento preventivo y correctivo, el costo del operador y el costo de combustible como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3.

Total del costo de horario de operación de la excavadora CAT 336

EXCAVADORA CAT 336	
Total del costo horario de posesión (S/ por hora)	
Mantenimiento preventivo	17,98
Mantenimiento correctivo	35,96
Costo del operador	20,83
Costo del consumo de combustible	107,10
Costo de tren de rodaje	7,85
costo de elemento de desgaste	10,68
TOTAL	200.4

Los costos horarios de posesión y operación de la excavadora CAT 336 se puede visualizar en la tabla 3 respectivamente.

Tabla 4.

Total de costo horario de posesión y operación de la excavadora CAT 336

EXCAVADORA CAT 336	
Costo de posesión	368.59
costo de operación	200.4
TOTAL	568.99

3.2.7. Rendimiento y costo en soles/hora

Para esta fase se requiere los ingresos por hora que genera por la excavadora CAT 336. Es por esto por lo que se considera el pago por m³ de tierra extraída por maquina con un importe de S/ 11.00. Los datos proporcionados por la empresa minera.

Costos de ingreso por hora

Volumen por hora de la excavadora = 5 volquetada / hora x 17 m³ / volquetada

Volumen por hora de la excavadora = $85 \text{ m}^3 / \text{hora}$

Ingreso por m^3 de la excavadora = 85×11

Ingreso por m^3 de la excavadora = S/ 935 por hora

Con estos resultados se puede calcular el total de costo de posesión y operación de la excavadora CAT 336 en soles/hora respectivamente.

Tabla 5.

Costo horario de equipo de la excavadora CAT 336

EXCAVADORA CAT 336	
Rendimiento de costo (S/ por hora)	
Ingreso	935
Costo de posesión + operación	568.99
TOTAL	366.01

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Rivera (2018), en la conclusión de su tesis señala que: Con la excavadora CAT 336DL, se tiene una producción de material para movimiento de tierras desde la cantera China 1 hasta la presa de relaves enlozada de 476 t/h, una eficiencia operativa del 67,76 % y que el dimensionamiento de la flota óptima de acarreo para la excavadora CAT 336DL, se realizó mediante el análisis del factor de acoplamiento, en función al costo y la producción, obteniéndose que la flota óptima de acarreo es de 11 camiones, el costo unitario de carguío es de 0,2044 US\$/t, el costo unitario de acarreo es de 0,3050 US\$/t y la producción potencial carguío - acarreo es 623,52 t/h. en la presente investigación se determinaron los costos de las operaciones unitarias de la excavadora CAT 336 Se determinó el costo de posesión de la excavadora CAT 336 el cual fue de 268.59 soles/hora de igual forma se determinó el costo de operación y rendimiento de la excavadora CAT 336, el cual fue de 200.4 soles/hora y finalmente se determinó el costo horario de operación de la excavadora CAT 336 el cual fue 366.01 soles/hora.

4.2 Conclusiones

Se determinaron los costos de posesión de la excavadora CAT 336 en soles/hora los cuales fueron depreciación 135.72, Interés o rédito total 130, seguro 2.87 y finalmente se determinó el costo de posesión de la excavadora CAT 336 el cual fue de 268.59 soles/hora.

De igual forma se determinaron los costos de operación y rendimiento de la excavadora CAT 336 en soles/hora los cuales fueron mantenimiento preventivo 17.98, mantenimiento correctivo 35,96, costo de operador 20.83, costo de consumo de combustible 107.10, costo de tren de rodaje 7.85, costo de elemento de desgaste 10.68 con estos costos se terminó el costo de operación y rendimiento de la excavadora CAT 336 el cual fue de 200.04 soles/hora.

Se concluye que luego de calcular el costo de posesión y costo de operación y rendimiento de la excavadora CAT 336, el costo de operación en campo es de 366.01 soles/hora.

4.3. Recomendaciones

- ✓ Para realizar un mejor análisis se deben tomar los costos posibles y valores más reales que se tengan. Así también, se recomienda considerar en el peor escenario.

- ✓ Para conservar en buen estado las excavadoras, se recomienda siempre realizar los mantenimientos preventivos en los tiempos indicados. Así los mantenimientos correctivos no serán tan altos.

REFERENCIAS

- Baldeón, Q. Z. (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para incremento de la productividad en la CIA Minera Condestable S.A. Lima: Pontificia Universidad católica del Perú.*
- (Barreto, 2016). *Criterios de selección y reemplazamiento de equipo para la construcción de accesos y plataformas en la zona de san Antonio, provincia de Yauli-Junín.* Tesis de Grado, 2016
- Casachagua.F. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora Cat 336 de la Empresa Ecosem Smelter S.A.* Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1652>
- Caterpillar. (2014). *Manual de Rendimiento Caterpillar. Peorina, Illinois, U.S.A.:* Caterpillar Inc.
- Crespo A., M. (1997). *Manual para Movimiento de Tierras en Minería Superficial.* Caracas.
- (Huatay, 2014) *Rendimiento de la maquinaria pesada en el proyecto cierre de mina Pachacutec, La Quinua • Yanacocha • Cajamarca – Cajamarca.*
- López Jimeno, C. (1995). *Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto. Madrid.* Meza, C. J. (2011). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmoste en una operación minera a tajo abierto.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

(Osses, 2018). “*Factores incidentes en la determinación de costos de movimiento de tierras*”. Tesis de la universidad de Chile.

(Palencia, 2015). *Consideraciones sobre la selección y cálculo de producción de maquinaria pesada para el movimiento de tierras.*

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.


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

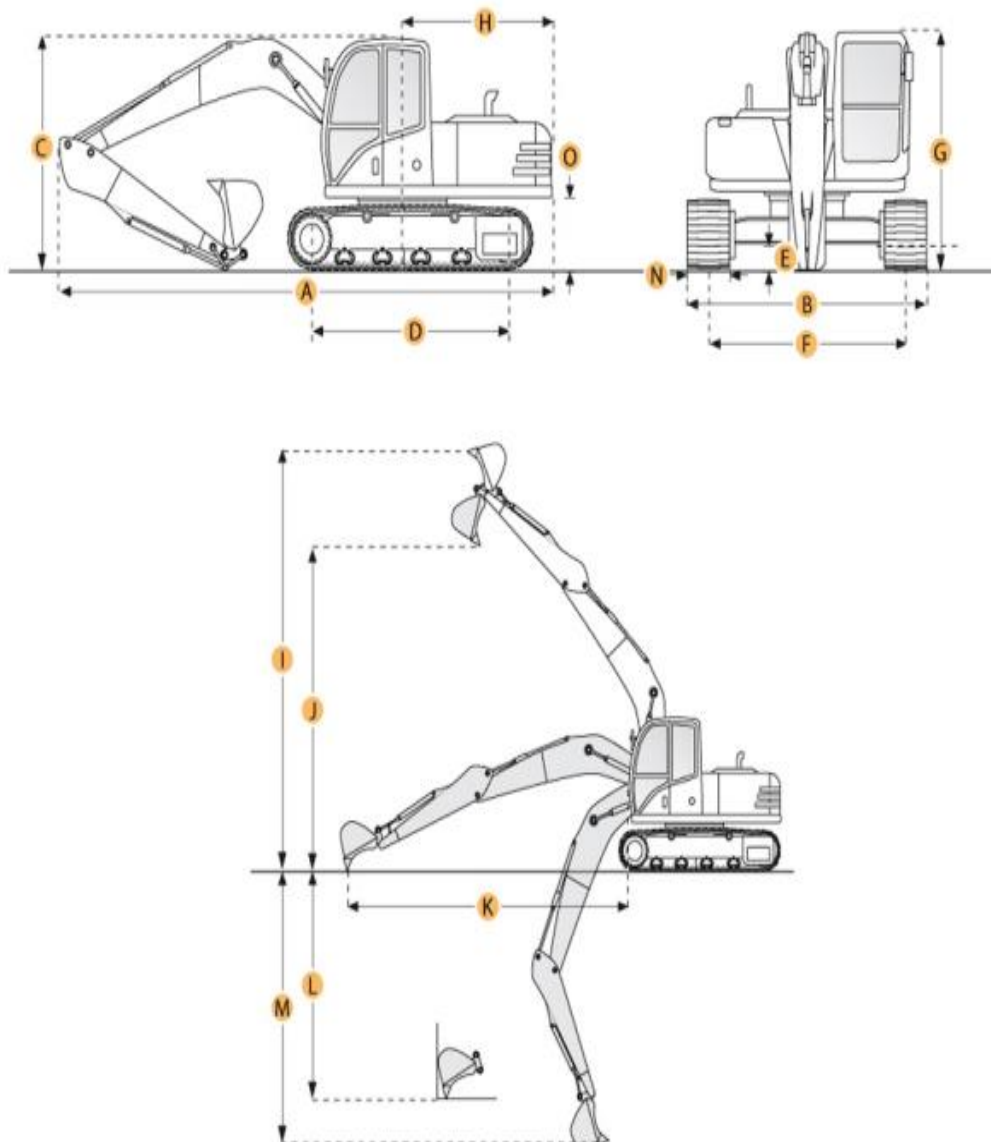
Rojo López, J. (2010). *Manuel de Movimientos de Tierras a Cielo a Abierto.* Madrid.

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

ANEXOS

Anexo 1: ficha técnica de la excavadora.

 **Excavadora Hidráulica CATERPILLAR 336D L**



Dimensiones	
Peso operativo	30498 Kg
A. Largo	1120 cm
B. Anchura por fuera de las pistas	339 cm
C. Altura	363 cm
D. Largo de las pistas	404 cm
E. Distancia libre de piso a máquina	45 cm
F. Indicador de orugas	259
G. Altura a la cabina	314 cm
H. Radio de giro del swing	350 cm
I. Altura máxima de corte	1074.9 cm
J. Altura máxima de carga	754.2 cm
K. Alcance máximo a nivel de suelo	1171.4 cm
L. Profundidad máxima de excavación vertical	715.2 cm
M. Profundidad máxima de excavación	818.5 cm
N. Tamaño de pista	80 cm
O. Margen de contrapeso	122 cm
Capacidad de aceite de motor	40 Lt
Capacidad de aceite del swing	19 Lt
Capacidad de bombeo de aceite hidráulico	280.1 L/min
Capacidad de refrigerante	40 Lt
Capacidad de sistema hidráulico	410 Lt
Capacidad de tanque de combustible	620 Lt
Presión de válvula de alivio	5076 Psi
Velocidad de swing	10 rpm
Velocidad máxima	5 Km/h
Desplazamiento de motor	8.8 Lt
Marca de motor	CATERPILLAR
Modelo	C9
Potencia neta	266 Hp
Torque del swing	80.1 Lb ft
Fuerza de tracción	67442.7 Lb
Capacidad de cucharón de referencia	1.2 m ³
Capacidad máxima del cucharón	2.6 m ³

Anexo 2: Costos de mantenimiento.

1	2	3	4	5	6	7
Servicio a facturar (evento)	Kit de repuestos necesarios para los PM	Fluidos	Tarifa para el servicio contratado	Total por evento	Cantidad de eventos en 2,000 Horas hrs.	Gran Total por evento
PM1	104.30	159.89	390.75	654.95	3	1,964.82
PM 1F	397.27	318.62	390.75	1,106.64	1	1,106.64
PM2	196.32	159.89	499.91	856.13	2	1,712.24
PM3	429.70	318.62	1,005.15	1,753.47	1	1,753.47
PM4	596.78	946.31	1,462.73	3,005.82	1	3,005.82
Total (USD)	9,542.99					
Total (USD/hr)	4.77					

Anexo 3: Cotización de repuestos de excavadora CAT 336.

COTIZACIÓN DE REPUESTOS								N°
FECHA	12/04/2018			VENDEDOR	RIGOBERTO FLORES			
CLIENTE	CRISTIAN ADUTO			CORREO	rigober.to.flores@derco.pe			
RUC				EQUIPO	EXCAVADORA			
DIRECCIÓN				MODELO	JS220			
CONTACTO				N°SERIE MAQ.				
TELÉFONO				N° SERIE MOT.				
CORREO								

REPUESTOS								
IT	CÓDIGO SOLICITADO	CÓDIGO REEMPLAZO	DESCRIPCIÓN	CANT	STOCK EN (DIAS)	PRECIO LISTA	PRECIO VTA.	TOTAL US\$
1	331/42441		H.RODILLO SUP.JS200	4	20	217.21	188.97	755.89
2	1316/3812D		TORNILLO RODILLO SUP.JS200	8	20	6.51	5.66	45.31
3	JHP0044		ARANDELA RODILLO SUP.JS200	8	OK	2.43	2.11	16.91
4	335/F2049		PLACA JS200LC	98	20	80.77	70.27	6,886.45
5	332/J2833		H.TORNILLO ESLABÓN CADENA	392	20	2.10	1.83	716.16
6	JSA0038A		TUERCA ZAPATA JS200	392	OK	1.74	1.51	593.41
7	332/J2795		H.CADENA RODADO 49 LINK JS200	2	OK	4,609.61	4,010.36	8,020.72
8	980/84672		G.SEGURO PASADOR CALZA J300 456	5	OK	6.88	6.54	32.68
9	980/84670		PUNTA CUCHARÓN JS200	5	OK	37.64	35.76	178.79
10	980/84769		ADAPTADOR DE PUNTA	5	OK	65.42	62.15	310.75
11	980/84671		G.PASADOR CALZA J300 456	5	OK	6.88	6.54	32.68
Sub Total - REPUESTOS US\$								17,889.77

OBSERVACIONES	
	SUB TOTAL US\$ 20,164.42
	DESCUENTO US\$ 2,874.65
	VALOR VENTA US\$ 17,289.77
	IGV (18%) 3,166.16
	TOTAL US\$ \$ 20,755.93
	TIPO DE CAMBIO
	TOTAL S/:

NOTAS	
1.-	Montos expresados en Dólares Americanos (US\$)
2.-	Validez de la Oferta: Treinta (30) días calendarios
3.-	El servicio será realizado pago adelantado o con orden de servicio previa autorización de nuestra área de crédito
4.-	Credito a 60 días

Orden Serv. N°:		Nombre:	
		CARGO:	
		Autorización del Cliente	
		Fecha Orden:	

Anexo 4: Galería fotográfica



