

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“SELECCIÓN DE CAMIONES MINEROS DE 400 TON BAJO LA NORMA ISO 15663, PARA DISMINUIR LOS COSTOS OPERATIVOS EN LA FLOTA DE CAMIONES EN LA EMPRESA MINERA CHINALCO PERÚ S. A.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Fernando Alburqueque Nuñez

Asesor:

Ing. Christian Martín Quezada Machado

Cajamarca - Perú

2020



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con cariño a mi esposa e hijos, quienes me han apoyado en toda mi carrera y mi principal motivación.

A mis queridos padres, de quienes aprendí a perseverar para alcanzar los objetivos que se tiene en la vida y a no dejar de soñar.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y permitirme ser parte de este mundo.

A mis profesores de la Universidad Privada del Norte, de quienes aprendí mucho.

A mi familia, por su tolerancia e incondicional apoyo en esta aventura de culminar mi carrera universitaria.

A mis compañeros de facultad con quienes aprendimos lo importante que hoy en día es trabajar en equipo.

Tabla de Contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ECUACIONES.....	8
RESUMEN	9
1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad Problemática.....	10
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Objetivos	14
1.4. Hipótesis.....	15
2. CAPITULO II. METODOLOGÍA.....	16
2.1. Tipos de investigación.....	16
2.2. Población y muestra.....	17
2.3. Técnicas e instrumentación de recolección y análisis de datos.....	18
2.4. Procedimiento.....	20
2.5. Aspectos éticos.....	21
2.6. Operacionalización de variables.....	22
3. CAPITULO III. RESULTADOS	24
3.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	24
3.2. Análisis de los costos del ciclo de vida del camión minero CAT 79F.....	46
3.3. Análisis de los costos del ciclo de vida del camión minero KOM 980E-5.....	63
3.4. Evaluación de indicadores para la selección de camiones mineros.....	89
3.5. Calculo y análisis de viabilidad económica.....	92
4. CAPITULO IV. DISCUSION Y RESULTADOS.....	99
4.1. Discusión.....	99
4.2. Conclusiones.....	100
REFERENCIAS.....	102
ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Técnicas de Recolección de datos y Análisis de datos	18
Tabla 2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	18
Tabla 3 Matriz de Operacionalización de Variables.....	22
Tabla 4 Datos de reserva mineral y producción en Minera Chinalco Perú.....	25
Tabla 5 Listado de equipos al 2019 en Minera Chinalco Perú	26
Tabla 6 Disponibilidad y meta de disponibilidad en la flota de camiones. Periodo 2016-2019	28
Tabla 7 Indicadores operativos camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019	29
Tabla 8 Costos operativos y Costos unitarios por Área (USD/Tonelada movida). Periodo 2016-2019	32
Tabla 9 Costos operativos desgregados en USD del Área de Operaciones Mina. Periodo 2016-2019	33
Tabla 10 Costos operativos desgregados en USD del Área de Mantenimiento Mina. Periodo 2016-2019.....	34
Tabla 11 Costo de Adquisición del camión minero CAT 797F.....	35
Tabla 12 Costo anual operador del camión minero CAT 797F	36
Tabla 13 Costos y frecuencias de reemplazo de neumáticos y kit antidesgaste del camión minero CAT 797F.....	37
Tabla 14 Costos de kit antidesgaste y neumáticos del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019	37
Tabla 15 Costo anual mantenedor del camión minero CAT 797F.....	38
Tabla 16 Costo anual de aceites, refrigerante y grasa para el camión minero CAT 797F	39
Tabla 17 Lista de costos y frecuencias de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F.....	39
Tabla 18 Costos de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019	40
Tabla 19 Lista de costos y frecuencias de reemplazo y reparación de componentes menores del camión minero CAT 797F.....	41
Tabla 20 Costos de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019	41
Tabla 21 Costo de mantenimientos preventivos del camión minero CAT 797F	42
Tabla 22 Costo de mantenimientos correctivos del camión minero CAT 797F. Periodo 2016-2019.....	42
Tabla 23 Costo de desmantelamiento y retiro del camión minero CAT 797F.....	44
Tabla 24 Estructura de costos del ciclo de vida del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019.....	45
Tabla 25 Indicadores del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019	46
Tabla 26 Indicadores operativos del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033	48
Tabla 27 Costos de reemplazo de kit antidesgaste y neumáticos del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033.....	51
Tabla 28 Consumo horario promedio y costo de combustible del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033	51
Tabla 29 Costos de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033.....	52
Tabla 30 Costos de reemplazo de componentes menores del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033.....	54
Tabla 31 Costos de mantenimiento correctivos para el camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033	55
Tabla 32 Estructura de costos del ciclo de vida del camión minero CAT 797F	58
Tabla 33 Valores Presentes de los costos operativos del camión minero CAT 797F	60
Tabla 34 Costo unitario de Operación y Mantenimiento del camión minero CAT 797F	61
Tabla 35 Indicadores del camión minero CAT 797F.....	62
Tabla 36 Indicadores operativos del camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033	64
Tabla 37 Costos de Adquisición del camión minero KOM 980E-5	66
Tabla 38 Costo anual operador del camión minero KOM 980E-5	67
Tabla 39 Costos y frecuencias de reemplazo de neumáticos y kit antidesgaste del camión minero KOM 980E-5.....	67
Tabla 40 Costos de reemplazo de kit antidesgaste y neumáticos del camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033	69
Tabla 41 Consumo horario promedio y costo de combustible del camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033	70
Tabla 42 Costo anual de mantenedor del camión minero KOM 980E-5	71
Tabla 43 Costo anual de aceites, refrigerante y grasa para el camión minero KOM 980E-5	72

Tabla 44 Lista de costos y frecuencias de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero KOM 980E-5	73
Tabla 45 Costos de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033.....	74
Tabla 46 Lista de costos y frecuencias de reemplazo y reparación de componentes menores del camión minero KOM 980E-5	76
Tabla 47 Costos de reemplazo y reparación de componentes menores del camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033.....	77
Tabla 48 Costo de mantenimientos preventivos del camión minero KOM 980E-5	79
Tabla 49 Costo de mantenimientos correctivos del camión minero KOM 980E-5	79
Tabla 50 Costos de mantenimiento correctivos para el camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033.....	81
Tabla 51 Costo de desmantelamiento y retiro camión minero KOM 980E-5.....	82
Tabla 52 Estructura de costos del ciclo de vida del camión minero KOM 980E-5	84
Tabla 53 Valores Presentes de los costos operativos del camión minero KOM 980E-5	86
Tabla 54 Costo unitario de Operación y Mantenimiento del camión minero KOM 980E-5	87
Tabla 55 Indicadores del camión minero KOM 980E-5.....	88
Tabla 56 Indicadores de los camiones mineros CAT 797F y KOM 980E-5	89
Tabla 57 Reducción de costos operativos 2019 en la Flota de Camiones.....	92
Tabla 58 Datos para el cálculo de los ingresos por venta de cobre fino	93
Tabla 59 Calculo y Análisis de viabilidad económica para el camión minero CAT 797F	95
Tabla 60 Calculo y Análisis de viabilidad económica para el camión minero KOM 980E-5	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principales características técnicas de los camiones mineros a evaluar	27
Figura 2 Análisis del Costo de Ciclo de Vida de un activo	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3 Diagrama de árbol del desglose de costos de ciclo de vida basado en la norma ISO 15663	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1</i>	29
<i>Ecuación 2</i>	29
<i>Ecuación 3</i>	43
<i>Ecuación 4</i>	44
<i>Ecuación 5</i>	56
<i>Ecuación 6</i>	93

RESUMEN

El presente trabajo evalúa la selección de compra de camiones de 400 toneladas cortas mediante el análisis de los Costos del Ciclo de Vida o LCC, por sus siglas en inglés, Life Cycle Costs, bajo la norma ISO 15663 con el fin de disminuir los costos operativos en la flota de camiones. Los camiones a evaluar son los siguientes modelos, Caterpillar 797F y Komatsu 980E-5. Los costos a considerar a lo largo del análisis del ciclo de vida del activo son: Costos de adquisición (precio de venta, costos para tener al camión listo para trabajar y componentes de repuesto), Costo de Operación (mano de obra operador, kit antidesgaste de tolva, neumáticos y combustible), Costo de Mantenimiento (mano de obra mantenedor, aceites y refrigerante, cambio y reparación de componentes mayores y menores, mantenimientos programados y mantenimientos correctivos) y Costos de Eliminación (desmantelamiento, retiro y valor de salvamento). Como resultado de esta evaluación se obtienen indicadores basados en el análisis del costo de ciclo de vida del activo que permitirán seleccionar el camión que incurra con menos costos a lo largo de su vida y así disminuyendo los costos operativos futuros en la flota de camiones de 400 toneladas. De acuerdo al análisis, se obtienen los costos del ciclo de vida (USD), el costo unitario de Mantenimiento (USD/Tonelada movida) de cada camión, el VPN, TIR y periodo de recuperación del proyecto de inversión para la compra de los 4 camiones.

Palabras clave: Costos de Ciclo de Vida, activo, costos operativos, costo unitario, toneladas movidas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En el año 2010 y 2012, previo al inicio de sus operaciones extractivas, Minera Chinalco Perú adquiere diferentes tipos de equipos de perforación, carguío, acarreo y flota auxiliar bajo un procedimiento de selección mediante la evaluación económica basado solo en la comparación de costos de adquisición, sin un previo estudio de los costos en el ciclo de vida de los activos. De acuerdo a los objetivos económicos organizacionales como la reducción de costos operativos y al actual requerimiento para la adquisición de camiones mineros de 400 ton debido al proyecto de expansión, se necesita realizar un proceso de selección de activos con una visión a largo plazo, una evaluación económica que no solo compare costos de adquisición, sino que, a su vez, tenga en consideración los costos futuros con el fin de cumplir los objetivos económicos de la organización.

Según la ISO 15663, los Costos del Ciclo de Vida (LCC, por sus siglas en inglés, Life Cycle Costs) es la consideración sistemática de la diferencia entre costos e ingresos asociados con la adquisición y propiedad del activo durante su ciclo de vida o una parte de ella, siendo el ciclo de vida, el intervalo de tiempo entre la concepción del activo y su eliminación. La metodología de costos del ciclo de vida descritas en la norma, puede aplicarse al tomar decisiones sobre cualquier opción (reducción de costos, identificación de costos operativos, criterios de selección, etc.) que tiene implicaciones de costos para más de un elemento de costo o fases del activo (diseño, desarrollo, producción, operación, mantenimiento, soporte y disposición final), a fin de estimar la diferencia de costos entre opciones a analizar.

Barringer y Weber (1996) mencionan que, en su guía para realizar un LCC, los usuarios finales y los proveedores de equipos pueden utilizar esta metodología para: estudios de asequibilidad (miden el impacto del LCC de un sistema o proyecto en los presupuestos y resultados

operativos a largo plazo), estudios de selección (compara el LCC estimado entre sistemas competidores o proveedores de bienes y servicios), diseño de compensaciones (influyen en los aspectos de diseño de plantas y equipos que impactan directamente en LCC), análisis del nivel de reparación (cuantifica las demandas y los costos de mantenimiento en lugar de utilizar reglas generales como “los costos de mantenimiento deberían ser inferiores a un porcentaje del costo de adquisición del activo del equipo”), entre otros.

En el estudio realizado por Chuin (2013) y Galar et al. (2017) , argumentan que en la mayoría de los casos, las soluciones técnicas propuestas a menudo se eligen principalmente en función del costo de adquisición inicial, los cumplimientos técnicos y las experiencias previas. El costo completo del ciclo de vida del activo a menudo se descuida. Es importante considerar el costo del ciclo de vida completo tanto como sea posible. No teniendo una comprensión profunda del costo asociado incurrido en el ciclo de vida, es como ver solo la parte superior del iceberg (costos de adquisición) pasando por alto la gran masa de hielo sumergida (costos operativos). Según Van der Lei et al. (2012) y Fuenmayor (2020), estos costos pueden clasificarse como: "gastos de capital" (CAPEX) incurridos cuando se compra el activo (diseño, desarrollo y producción) y "gastos operativos" (OPEX) incurridos a lo largo de la vida del activo (mantenimiento, soporte y disposición final).

Chuin (2013), aplicó la metodología del LCC para analizar dos opciones de reemplazo del sistema de “Fresh Water Maker” (FWM) encargada del proceso de desalinización del agua de mar en la compañía petrolera de la plataforma EKOK, Noruega. Se decidió evaluar 2 alternativas de reemplazo: tecnología de evaporación y tecnología de osmosis inversa, ambas con un costo similar de adquisición por un periodo de 25 años. Basándose en la norma ISO 15663, el VPN obtenido del análisis de LCC para ambas alternativas es de - NOK 80,180,577 (Tecnología de Evaporación)

y - NOK 98,263,399 (Tecnología de Osmosis inversa). Se determina que el FWM con la primera tecnología se prefiere basado en el VPN, con un ahorro de NOK 18,082,822. No hubo consideraciones de ingresos y ahorros en el análisis, por lo tanto, la alternativa con pérdida mínima será el enfoque más atractivo.

En el 2006, la empresa siderúrgica peruana Aceros Arequipa decidió comprar dos bombas de agua de 750 m³/h cada una para su proceso de colada continua debido a un aumento en su producción. Cornejo (2012), en su trabajo de investigación, seleccionó el equipo de bombeo más rentable el cual posea menos costos operativos en su ciclo de vida basados en costos de adquisición, operación y mantenimiento, por un periodo de funcionamiento de 5 años. Las marcas analizadas fueron Goulds Pumps (costo de adquisición de USD 96,428) e Hidrostal (costo de adquisición de USD 77,964), de procedencia estadounidense y peruana, respectivamente. El resultado obtenido del análisis LCC llevando al VPN arroja para la bomba Gould Pumps un valor de -USD 627,802.31 y para la bomba Hidrostal un valor de -USD 647,661.09, concluyendo en la selección de la primera opción por tener un menor costo de ciclo de vida, generando un ahorro total en el lapso total 5 años de USD 19,858.78.

Reyes (2018) mediante la aplicación del análisis del costo de ciclo de vida (LCC) busca la reducción de costos operativos en la flota de cargadores frontales y concluye que se debe realizar el reemplazo de toda la flota de cargadores frontales Komatsu modelo WA380-6 por cargadores frontales Caterpillar modelo 962H. Con un horizonte de evaluación de 5 años, obtuvo un costo horario de 40.3 USD/hr para los cargadores Komatsu frente a un costo horario de 33.7 USD/hr para los cargadores Caterpillar.

Uzcátegui (2014), menciona que existen varios métodos para calcular el LCC, casi todos normalizados y estandarizados, que básicamente proveen los procedimientos y fórmulas para su

cálculo, sin embargo, son cuatro los estándares industriales referidos específicamente al término de LCC, siendo las normas: ISO 15663, IEC 60300-3-3, NORSOK-0CR-001/2 y SAE-ARP 4293/4294.

En el 2010, Minera Chinalco Perú inicia sus operaciones de extracción de mineral adquiriendo diferentes tipos de equipos de carguío, acarreo y flota auxiliar para poder llevar a cabo todas las actividades inherentes a la operación; el procedimiento de selección, estuvo orientado a la evaluación económica de dichos activos basado solo en la comparación de costos de adquisición, sin un previo análisis de los costos del ciclo de vida. Así mismo, en el año 2012, Minera Chinalco Perú ejecutó el proyecto de expansión de operaciones incrementando la cantidad de equipos de carguío, acarreo y flota auxiliar, sin embargo, el análisis económico para el proceso de selección se realizó bajo los métodos usados del año 2010.

Colín (2013), menciona que el costo operativo, o también llamado costo de producción, son los costos generados en el proceso de transformar las materias primas en productos terminados. Adicionalmente, el costo unitario de producción (o simplemente, costo unitario) se obtiene al dividir el costo total de producción entre el total de unidades producidas. Durante el desarrollo de las actividades operativas, se visualizó el incremento de los costos operativos (USD) y los costos unitarios (USD/Tonelada movida) en la Gerencia de Operaciones Mina. En el área de Mantenimiento Mina, el incremento de costos según lo presupuestado desde el año 2016 al 2019, se debió principalmente a los costos de mantenimiento de la flota de camiones de acarreo Caterpillar 797F, siendo esta flota el que posee mayor aporte e impacto.

De acuerdo al requerimiento actual para la adquisición de camiones mineros de 400 ton y cumplir con los objetivos de costos operativos para los próximos años, se necesita realizar un

proceso de selección de activos con una visión a largo plazo, una manera distinta a lo realizado en el año 2010 y 2012.

Minera Chinalco Perú, hace uso de las guías que presenta el ISO 55000 (Gestión de Activos) para ejecutar el proceso de selección de activos y para ello hace uso del estándar ISO 15663 (Petroleum and natural gas industries – Life Cycle Costing). Las guías del ISO le permitirán realizar el análisis de costo de ciclo de vida en detalle y finalmente tomar una decisión económica basada en los resultados técnicos/financieros para la selección de camiones mineros que permitirá reducir los costos operativos futuros en la flota camiones.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida se disminuirá los costos operativos en la flota de camiones mediante una adecuada selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Disminuir los costos operativos en la flota de camiones de Minera Chinalco Perú mediante una adecuada selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa Minera Chinalco Perú, describiendo la metodología para selección de activos y calculando los costos del ciclo de vida del camión minero camión minero CAT 797F bajo la norma ISO 15663.
- Evaluar la propuesta de selección del camión minero KOM 980E-5, calculando los costos del ciclo de vida del camión minero KOM 980E-5 bajo la norma ISO 15663.

- Evaluar los indicadores obtenidos del análisis para la selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663 para disminuir los costos operativos en la flota de camiones.

1.4. Hipótesis

Se logrará disminuir los costos operativos en la flota de camiones de Minera Chinalco Perú mediante una adecuada selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663.

CAPITULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipos de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Según el propósito, es el del tipo aplicada. Los resultados de la misma, pueden ser aplicados en los procedimientos de selección de compra de activos fijos para la empresa, los cuales ayudaran a la disminución de costos (Cerde, 2001).

Según el enfoque, es de tipo cuantitativo. Se recolectará datos con la finalidad de comprobar la hipótesis con base en la medición numérica. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010)

Según el alcance, es de tipo descriptivo. Se detallará las características que presenta el estudio en la muestra seleccionada siendo un estudio de investigación a nivel de comprobación de hipótesis (Sánchez & Reyes 2002).

La metodología que se propone para la presente investigación se centrara en la evaluación de la mejor propuesta detallada para la compra de 4 camiones cuyo análisis se centrara en los costos del ciclo de vida bajo los criterios de la norma ISO 15663, el resultado de este análisis ayudará a seleccionar la mejor alternativa que brinde los menores costos operativos.

2.1.2. Diseño de investigación

Es del tipo No Experimental, de diseño longitudinal y evaluación de grupo. Es del tipo No-Experimental debido a que no se manipularán las variables deliberadamente, se observarán los fenómenos en su estado natural para luego analizarlos. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010). Es de diseño longitudinal dado que comprende estudios que recaban datos en diferentes puntos del tiempo para realizar inferencias acerca de su evolución, sus causas y efectos. (Hernandez,

Fernandez, & Baptista, 2010). Es de diseño de evaluación de grupo, debido a que se examinan los cambios a través del tiempo en grupos específicos (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010)

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Wigodski (2010) define a la población como el conjunto de sucesos que son similares en determinadas especificaciones se denomina universo o población, estas características puede ser: homogeneidad, tiempo, espacio y cantidad. La población de presente estudio serán las cantidades de camiones en territorio peruano, 100 camiones Caterpillar 797F y 30 camiones Komatsu 980E.

2.2.2. Muestra

Levin & Rubin (2014) acotan que la muestra respecto a la población viene a ser un subgrupo el cual tiene la misma característica, la cual debe ser representativa, la misma que facilitará la obtención de resultados reduciendo tiempo, recursos y esfuerzo, para el presente estudio la muestra serán los 29 camiones 797F Caterpillar de 400 toneladas cortas pertenecientes a la Flota de Acarreo de Minera Chinalco y los 14 camiones 980E Komatsu de Minera Las Bambas y Minera Antamina. Los datos de análisis para estos equipos se tomarán en base a la data histórica existente e información brindada por cada proveedor.

2.2.2.1. Métodos de selección de muestras

Levin & Rubin (2014) indican que al procedimiento estadístico usado para seleccionar la muestra a partir de una población se le llama muestreo, siendo su objetivo principal estudiar ciertas características en común las cuales servirán en la obtención de resultados generales dentro de la población de origen. El muestreo usado en la presente investigación será no probabilístico y la selección de la muestra de estudio ha sido intencional o por conveniencia.

2.3. Técnicas e instrumentación de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas e instrumentación de Recolección de datos

Para la presente investigación se ha considerado 2 métodos, que incluyen datos cuantitativos y observación; tomando en cuenta que las técnicas que se muestran en la siguiente

Tabla 1.

Tabla 1
Técnicas de Recolección de datos y Análisis de datos

Método	Técnica
Cuantitativo	Análisis de Documentos
Cuantitativo	Entrevista
Observación	Observación Directa

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo en la Tabla 2 se muestra con detalle las técnicas e instrumentos utilizados de modo que facilitaran la recolección de datos, en colaboración con el personal involucrado con los equipos

Tabla 2
Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Técnica	Justificación	Procedimiento	Instrumentos	Aplicado en
Entrevista	Permite recolectar toda la información necesaria por parte del proveedor del camión y Minera Chinalco Perú, para realizar el análisis de selección bajo la norma ISO 15663.	Primero se plantearán y realizarán las plantillas adecuadas para la obtención de la información que se necesita, luego se consultará un horario disponible para cada personal y se procederá con la entrevista. Finalmente, la información será analizada.	Guía de Entrevista	Gerente, Jefes Generales, Jefes de Servicio, Ingenieros Senior y Junior, Personal administrativo y personal técnico.
Observación Directa	Esta técnica permitirá analizar los sistemas y el contexto operativo del camión.	Para realizar este procedimiento se coordinará con el gerente general para realizar el levantamiento de información requerida, en las áreas requeridas, para lo cual se elaborará un formulario de	Ficha de registro de datos	Toda el área de producción de la empresa.

Análisis documental	La obtención de datos históricos ayudará a obtener información que permita saber la producción anual, las horas operadas, indicadores de operación y mantenimiento y los costos operativos.	<p>anotación y se realizarán toma de muestras fotográficas si fuera necesario.</p> <p>Se comunicará el personal administrativo que documentos son necesarios para poder obtener información que ayuden al logro del objetivo. Se recolecta la información necesaria de cada documento y se procederá a su análisis.</p>	Archivos de la empresa	Datos históricos de la empresa.
---------------------	---	---	------------------------	---------------------------------

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Técnicas e instrumentación de Análisis de datos

Para el procesamiento de datos en la presente investigación usaremos como instrumentos Software MS Word, herramienta básica para plasmar el documento escrito y MS Excel, la cual emplearemos para calcular indicadores, elaboración de gráficos de resultados y otros.

2.3.3. Métodos de Análisis de datos

El método usado para analizar los datos en la presente investigación será detallado en 6 pasos como se muestra a continuación, los cuales ayudará a determinar los indicadores económicos-financieros en base a los equipos actuales.

- Primero se determinará la disponibilidad que garantiza cada proveedor de acuerdo a su plan de mantenimientos preventivo y plan de cambio de componentes mayores y menores; los valores de productividad son calculados por el área de Operaciones Mina según la información proporcionada por cada proveedor de camiones.
- Como segundo paso se determinará la productividad del camión por año que tendrá según el plan de minado, este valor es importante para el cálculo de tonelada movida por año y para el cálculo de costo de combustible.

- Como tercer paso se determinará los valores del costo de adquisición y todos los costos de los componentes con los que viene la propuesta de venta.
- En el cuarto paso se identificarán los costos de operación y mantenimiento de las actividades de operación.
- En el quinto paso, se identificarán los costos de eliminación del activo.
- Finalmente, en el sexto paso, se calcularán y analizarán los indicadores económicos y la viabilidad económica de las alternativas de adquisición de camiones mineros.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Identificación y preparación de la zona de estudio

Coordinación con la gerencia, jefaturas de mantenimiento para la elección y formación del equipo de trabajo en las áreas de Mantenimiento Mina y Operaciones Mina. Selección de las personas responsables representantes de las marcas de camiones mineros, Caterpillar y Komatsu. Revisión de datos históricos de la empresa y de la norma ISO 15663. Preparación de instrumentos de colección de datos (guía de entrevistas, guía de observación y análisis documental) en base a la solicitud de requerimiento de la norma.

2.4.2. Recolección de datos

Recolección de datos de los proveedores y los encargados de las áreas de Mantenimiento Mina y Operaciones Mina. Se realizará en los siguientes formatos anexados (instrumentos de recolección de datos): Anexo 5 (informes y reportes históricos y actuales de la empresa), Anexo 6 (ficha de registro de datos, contexto operativo), Anexo 7 (Guía de entrevista para el Costo de adquisición de los camiones) y Anexo 8 y 9 (Guía de Entrevista para Costos de operación y mantenimiento, respectivamente)

2.4.3. Análisis de datos

Se realiza el análisis de los datos en la plantilla elaborada para el cálculo de los indicadores económicos de las 5 dimensiones (Anexo 10) de la situación actual del camión minero. Se evalúa la propuesta en base a la metodología de la norma y se realizará en análisis de indicadores económicos y viabilidad económica para la selección del camión que permita reducir costos operativos.

2.5. Aspectos éticos

En la presente investigación se considerará el cumplimiento de principios éticos cuales aseguran la originalidad de la presente investigación, respetando los derechos de propiedad intelectual de los libros, papers, artículos arbitrados, fuentes electrónicas usadas para la estructuración del marco teórico. De igual manera se conservará el contenido original de la observación realizada y de todas las manifestaciones, opiniones, respuestas a las entrevistas que se recaben en el proceso de levantamiento de información con las áreas de mantenimiento, planeamiento de mina y contabilidad previa coordinación con la gerencia general, manteniendo sus identidades en reserva para obtener una información más veraz y transparente.

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 3

Matriz de Operacionalización de Variables

Tipo de variable	Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Variable Independiente	Selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663	El ciclo de vida de un activo es la vida útil de un recurso particular propiedad de una organización, desde su descubrimiento o adquisición hasta su eliminación. La metodología del costo de ciclo de vida del activo puede ser aplicado para la selección de un activo estimando los costos que implican a lo largo de su ciclo de vida de este, analizando más allá de los costos de adquisición, estimando las diferencias de costos entre competidores. (ISO 15663, 2001)	Técnica	Tipo de camión	-
			Operativa	Disponibilidad operativa	% Porcentaje
				Consumo de combustible	gal/hr
				Uso de Disponibilidad	%
				Horas operativas acumuladas	hr
			Productividad	ton/hr	
Producción anual por camión	Tonelada movida/camión				
Variable Dependiente	Disminuir los Costos Operativos en la flota de camiones	El costo operativo, o también llamado costo de producción, son los costos generados en el proceso de transformar las materias primas en productos terminados. El costo unitario de producción (o simplemente, costo unitario) se obtiene al dividir el costo total de producción entre el total de unidades producidas (García Colín, 2013)	Adquisición	Costo de Adquisición	USD/camión
			Propiedad	Costo operativo Operaciones	USD/camión
				Costo unitario Operaciones	USD/tonelada movida
			Eliminación	Costo operativo Mantenimiento	USD/camión
				Costo unitario Mantenimiento	USD/tonelada movida
			Ciclo de vida	Costo de Eliminación	USD/camión
	Costo del Ciclo de Vida	USD/camión			
	Costo Operativo Total	USDM/camión			
	Costo unitario del Ciclo de Vida	USD/tonelada movida			

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Minera Chinalco Perú S.A., la cual es una mina de gran importancia para el desarrollo económico y social del país con la ejecución de su proyecto Toromocho, se encuentra ubicada en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, región Junín. El proyecto Toromocho contiene una reserva de 1526 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de cobre de 0.48 %, una ley promedio de molibdeno de 0.019 % y una ley promedio de plata de 6.88 gramos por tonelada (Gestión, 2013).

En la Tabla 4, se muestra la cantidad de reservas de mineral (aquella porción del recurso mineral que es económica, legal y técnicamente extraíble; siendo el recurso mineral una concentración de material natural, sólido, inorgánico u orgánico fosilizado terrestre, de tal forma, cantidad y calidad, que existen perspectivas razonables para una eventual extracción económica), la ley promedio de cobre (el porcentaje de contenido metálico en el mineral), el procesamiento de mineral del año 1 al año 4 (cantidad de toneladas movidas en mina para ser procesado en la planta concentradora), procesamiento de mineral del año 5 al año 20 (el aumento en la cantidad de toneladas movidas es debido al proyecto de expansión), producción anual de concentrado de cobre (producto de la planta concentradora que contiene usualmente 20 a 30% de cobre) y las cantidades de cobre recuperado (metal refinado).

Tabla 4
Datos de reserva mineral y producción en Minera Chinalco Perú

Descripción	Cantidad
Reservas de mineral (cobre, plata y molibdeno)	1,526,000,000 ton
Ley promedio de cobre	0,48 %
Procesamiento de mineral años 1° al 4°	120,000 ton/día ^a
Procesamiento de mineral años 5° al 20°	170,000 ton/día ^a
Producción anual de concentrado	360,000 ton/año ^b
Cobre recuperado	200,000 TMF/año ^c

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Operaciones de Minera Chinalco Perú (2019)

^a Cantidad de mineral (toneladas movidas) que se envía desde mina a la planta concentradora para su procesamiento.

^b Cantidad de concentrado (producto intermedio fino y polvoriento con 30% cobre) que se obtiene como producto final en la planta concentradora

^c Cantidad de cobre refinado que se obtiene del concentrado de cobre

En el 2010, Minera Chinalco Perú inicia sus operaciones de extracción de mineral adquiriendo diferentes tipos de equipos de carguío, acarreo y flota auxiliar para poder llevar a cabo todas las actividades inherentes a la operación. El procedimiento de adquisición estuvo orientado a la evaluación económica de dichos activos basado solo en la comparación del costo de adquisición. Así mismo, en el año 2012, Minera Chinalco Perú ejecutó el proyecto de expansión operaciones incrementando la cantidad de equipos de carguío, acarreo y flota auxiliar, sin embargo, el análisis económico para el proceso de adjudicación se realizó bajo los métodos usados del año 2010.

En la Tabla 5, se listan todos los equipos mineros que posee Minera Chinalco al 2019. De un total de 63 equipos, el 33% corresponde a los camiones de acarreo CAT 797F, es por ello su importancia en su desempeño económico y técnico.

Tabla 5
Listado de equipos al 2019 en Minera Chinalco Perú

Equipos	Marca	Modelo	Cantidad (unid.)	Cantidad (%)
Camiones de Acarreo	Caterpillar	797F	29	33%
Pala Eléctrica	Caterpillar	7495	3	3%
Cargador Frontal	Komatsu	LT2350	2	2%
Perforadora Primaria	Epiroc	PV351	4	5%
Perforadora Secundaria	Epiroc	DM45	2	2%
Tractor de Orugas	Caterpillar	D10T	6	7%
Tractor de Orugas	Caterpillar	D11T	4	5%
Tractor de Ruedas	Caterpillar	854K	4	5%
Cargador Frontal	Caterpillar	988K/F	6	7%
Excavadora	Caterpillar	390DL	3	3%
Equipos de soporte			25	28%
Total			88	100%

Nota: Los equipos de soporte están conformados por cargadores y excavadoras de tamaño pequeño y camiones de riego. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Mantenimiento de Minera Chinalco Perú (2019)

3.1.1. Dimensión Técnica

Dentro de los objetivos organizacionales del 2020, se tiene planificado desarrollar y ejecutar el proyecto de expansión, el cual incrementará sus niveles de procesamiento de mineral en un 20%, de 120 kton a 170 kton, como parte del proyecto de expansión. Minera Chinalco Perú, ha destinado USD 30MM para la adquisición de 4 camiones mineros de 400 toneladas cortas, para lo cual se ha considerado 2 proveedores para evaluación: Camión de modelo 797F, marca Caterpillar (Caterpillar, 2020) y Camión de modelo 980E-5, marca Komatsu (Komatsu, 2020). La Figura 1 muestra las principales características técnicas de cada uno de los camiones mineros.

	Komatsu (980E-5)	Caterpillar (797F)
Engine model (Modelo de motor)	Komatsu SSDA18V170	Cat C175-20
Gross Power (Potencia bruta)	2,610 kW / 3,500 HP	2,983 kW / 4,000 HP
Gross Machine Operating Weight (GMW, Peso bruto de la máquina en orden de trabajo)^a	627,999 kg / 1,384,500 lb	623,690 kg / 1,375,000 lb
Nominal Payload Capacity (Capacidad de carga útil nominal)	363 ton metricas / 400 ton cortas ^b	363 ton metricas / 400 ton cortas ^b
Top Speed - Loaded (Velocidad máxima: cargado)	64 km/h / 40 mph	67.6 km/h / 42 mph
Capacity Fuel Tank (Capacidad del tanque de combustible)	4.543 L / 1,200 U.S. gal	3.785 L / 1,000 U.S. gal



Figura 1 Principales características técnicas de los camiones mineros a evaluar

Nota. El camión KOM 980E-5 posee una tracción eléctrica (motor diésel, alternador, transmisión eléctrica y ruedas motorizadas), mientras que el camión CAT 797F posee una tracción mecánica (motor diésel, convertidor de par, transmisión mecánica, diferencial y mandos finales). Fuente: Elaboración propia, basada en la ficha técnica de cada camión.

^a El GMW, incluye el peso del chasis, la tolva, los neumáticos, los accesorios (incluidas opciones locales), los lubricantes, el combustible, el operador, la carga útil y cualquier exceso de material acumulado. ^b La tonelada corta es una unidad de masa que equivale a 2000 libras (907,185 kilogramos). Esta unidad de medida es dominante en los Estados Unidos, y en este país con frecuencia es denominada simplemente ton, sin distinguirla de la tonelada métrica.

3.1.2. Dimensión Operativa

Según Allen (2017), la disponibilidad indica el porcentaje de tiempo que el sistema está en un estado operativo en relación al tiempo total. La disponibilidad operativa incluye todo el tiempo de inactividad, no solo toma en cuenta el tiempo de inactividad debido a medidas correctivas y preventivas, sino también incluye el tiempo logístico, tiempo de espera para piezas de repuesto y tiempo de inactividad administrativo. Según ello, en la Tabla 6 se muestran los valores de disponibilidad operativa de la flota de camiones de acarreo en el periodo 2016-2019, encontrando que no se cumplen con los requerimientos de disponibilidad (meta disponibilidad). A medida que

incrementaron las horas operativas (actualmente, los camiones mineros de la operación poseen 33,000 horas operativas en promedio), la incidencia de fallas en la flota se incrementó (aumento en los costos de mantenimiento preventivo y correctivo), como consecuencia, los valores de disponibilidad operativa en esta flota fueron decreciendo. Por lo cual, no es posible cumplir con los requerimientos de movimiento de mineral y los costos presupuestados.

Tabla 6
Disponibilidad y meta de disponibilidad en la flota de camiones. Periodo 2016-2019

Tipo	Modelo	Indicador	2016	2017	2018	2019
			%			
Camión Acarreo	797F	Disponibilidad	84.6	79.9	77.5	80.2
		Meta Disponibilidad ^a	88	88	88	88

Nota. Para el año 2019, la disponibilidad está en 8.9% por debajo de la meta de disponibilidad.

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Control de Producción de Minera Chinalco Perú (2020).

^a *Caterpillar establece como valores de clase mundial (benchmarking) una disponibilidad operativa de 88-92%.*

Aplicando las técnicas de entrevistas y observación declaradas en la sección 2.3. y recolectando la información en la plantilla del Anexo 6, se logra determinar los indicadores operativos para los camiones mineros CAT 797F, Tabla 7. Estos indicadores son: disponibilidad, consumo horario de combustible, uso de disponibilidad, horas operativas anual, horas operativas acumuladas, productividad y producción.

Según Flores & McCaherty (2007), la utilización o el uso de la disponibilidad de un activo es la proporción de tiempo que una máquina está en funcionamiento (horas de funcionamiento) dividido por el tiempo calendario total en el período, expresado como porcentaje. El consumo horario de combustible, uso de disponibilidad y productividad fueron brindados por el Área Operaciones y el Área Planeamiento a Largo Plazo de Minera Chinalco Perú., respectivamente. Las horas operativas, Ecuación 1, resultan de la multiplicación de las horas anuales calendario (8760 horas/año: 365 días/año x 24 horas/días), la disponibilidad y el uso de disponibilidad.

Actualmente la flota de camiones 797F tiene una disponibilidad de 80.2% y un uso de disponibilidad aproximadamente de 80.5%. Las horas operativas permitirán calcular las horas operativas acumuladas, la cual ayudará a distribuir los costos que incurren a lo largo del ciclo de vida del camión según los requerimientos de la norma ISO 15663. La producción anual (toneladas movidas por camión), Ecuación 2, es el resultado de la multiplicación de la productividad por las horas operativas al año. Este valor calculado permitirá obtener más adelante el costo unitario, USD/Tonelada movida.

Horas operativas al año

$$= 8,760 \text{ h (año)} \times \text{Disponibilidad} \times \text{Uso de disponibilidad} \quad \text{Ecuación 1}$$

Producción anual de toneladas movidas

$$= \text{Productividad} * \text{Horas operativas} \quad \text{Ecuación 2}$$

Tabla 7
Indicadores operativos camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019

Descripción	Unidades	Año 2019
Disponibilidad	%	80.2
Consumo de combustible	gal/hr	124.4
Uso de Disponibilidad	%	80.5
Horas operativas al año 2019	hr	5,656
Horas operativas acumuladas	hr	33,000
Productividad	ton/hr	782.6
Producción anual por camión	Tonelada movida/camión	4,425,915

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Operaciones y el Área de Planeamiento a Largo de Minera Chinalco Perú.

3.1.3. Costos del ciclo de vida camión minero CAT 797F

Según la Figura 2, un análisis de costos del ciclo de vida de un activo podría incluir costos de investigación, diseño, construcción, consecución, operación, mantenimiento y eliminación. En la compra de un activo para una organización, el costo de investigación, diseño, construcción y consecución están incluidos en el costo de adquisición del activo (CAPEX).

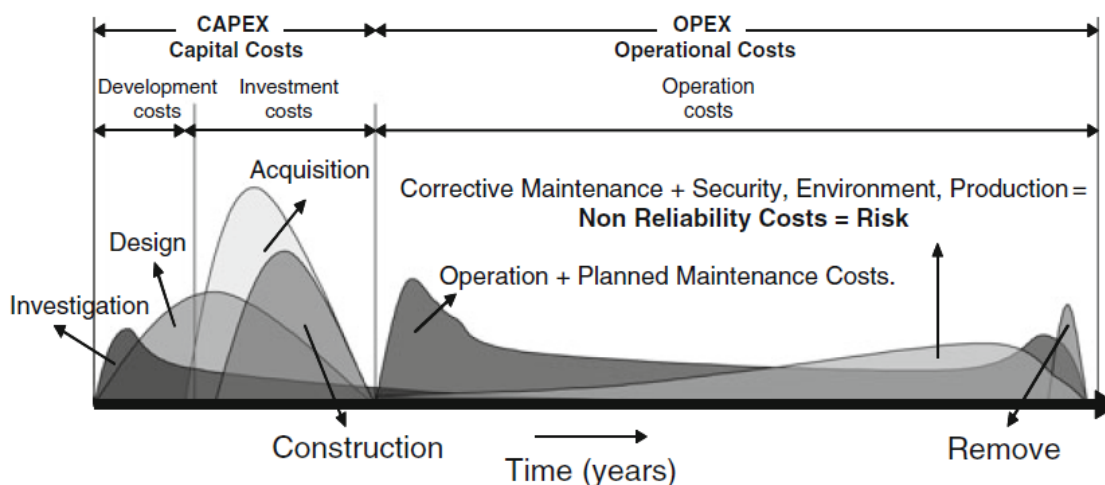


Figura 2 Análisis del Costo de Ciclo de Vida de un activo

Fuente: Recuperado de Van der Lei, T., Herder, P., & Wijnia, Y. (2012). *Asset Management, The State of the Art in Europe from a Life*. New York: Springer.

Es relativamente importante que los generadores de costos más críticos para el proyecto o la inversión se identifiquen en esta etapa a fin de realizar el análisis de LCC con mayor precisión. Para el caso especial de la tesis, se considerarán los costos de adquisición, costo de propiedad (operación y mantenimiento) y eliminación, Figura 3.

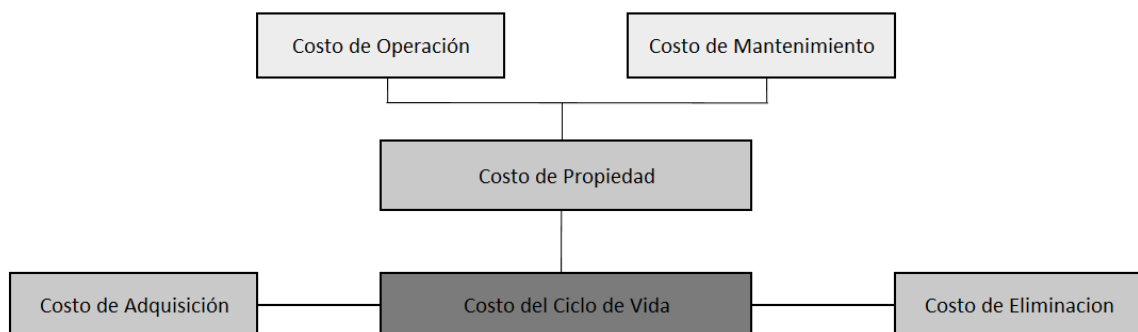


Figura 3 Diagrama de árbol del desglose de costos de ciclo de vida basado en la norma ISO 15663

Fuente: Adaptado de Barringer, P., Weber, D. (1996). Life Cycle Cost Tutorial. Texas

En esta sección, se aplicará la metodología y se analizarán los costos para la situación actual de la empresa. Es importante considerar el costo del ciclo de vida completo tanto como sea posible, por ello, en la sección 3.2 y 3.3. se realizará una proyección de costos en un horizonte de 14 años (2020-2033) para el análisis LCC de ambos modelos de camiones mineros, CAT 797F y KOM 980E-5, respectivamente, y determinar que camión posee menor costo operativo y menor costo unitario. El horizonte de análisis, es condicionado por la vida útil del chasis (80,000 horas aproximadamente, según recomendación de Caterpillar y Komatsu).

Según Torres (2013), menciona que la finalidad de la contabilidad de costos es la determinación del costo unitario de un objeto de producción para posteriormente poder venderlo y obtener la mayor ganancia posible. En el caso del sector minero, es importante la determinación del costo unitario, USD/Tonelada movida, como indicador de eficiencia y para lograr objetivos organizacionales, es necesario emplear estrategias planificadas para la gestión de tal indicador.

Según la Tabla 8 (acorde a los reportes históricos y actuales de costos, Anexo 5) Minera Chinalco Perú ha registrado los siguientes costos unitarios en los últimos años. Considerando que el costo de la Gerencia de Operaciones Mina es el resultado de los aportes de estas 3 áreas:

Mantenimiento, Operaciones y Servicios Técnicos. Estos costos han ido en incremento a razón de las diferentes actividades productivas que se realizan en la mina, notándose en el tiempo que el costo unitario (USD/Tonelada movida) va incrementándose de manera ascendente: 0.94 (2016), 1.36 (2017), 1.41 (2018) y 1.52 (2019).

Tabla 8
Costos operativos y Costos unitarios por Área (USD/Tonelada movida). Periodo 2016-2019

Año	Toneladas movidas	Operaciones		Mantenimiento		Servicios Técnicos		Costo Unitario Mina
		Costo Operativo	Costo Unitario	Costo Operativo	Costo Unitario	Costo Operativo	Costo Unitario	
2016	112,123,908	\$62,480,767	0.56	\$38,390,044	0.34	\$3,532,422	0.03	0.94
2017	106,868,395	\$71,508,385	0.67	\$67,640,379	0.63	\$5,102,105	0.05	1.36
2018	129,018,937	\$93,147,317	0.72	\$76,511,992	0.59	\$9,214,492	0.07	1.41
2019	128,351,539	\$107,547,465	0.84	\$80,178,824	0.62	\$7,475,946	0.06	1.52

Nota. En el año 2019, el aporte de cada área al costo unitario (1.52) fue de: Mantenimiento (55%, 0.84), Operaciones (41%, 0.62) y Servicios Técnicos (4%, 0.06). Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

En la Tabla 9 y 10, se detallan los costos operativos disgregados en USD del área de Operaciones y Mantenimiento. Se observa una tendencia creciente y una diferencia de costos respecto al presupuesto. El centro de costo “Acarreo”, M113130 y M213130, presenta un mayor aporte en los costos operativos y ha presentado una variación de costos según lo real y lo presupuestado desde el año 2016 al 2019 debido al incremento de los costos de operación y mantenimiento de la flota de camiones de acarreo CAT 797F, ya que esta flota posee el mayor aporte e impacto económico en este centro de costo (real; presupuestado): Operaciones; 32,639,874 vs 27,408,698 (2016), 39,711,676 vs 33,347,106 (2017), 49,148,991 vs 41,271,907 (2018) y 56,747,199 vs 47,652,355 (2019), Mantenimiento; 12,363,082 vs 11,599,167 (2016), 36,080,120 vs 28,248,250 (2017), 35,109,577 vs 29,307,978 (2018) y 38,894,828 vs 31,819,218 (2019).

Tabla 9
Costos operativos desgregados en USD del Área de Operaciones Mina. Periodo 2016-2019

Centro de Costo	Centro Costo	2016		2017	
		Real	Presupuestado	Real	Presupuestado
M110100	Perforación	\$2,130,562	\$1,519,061	\$2,158,581	\$1,539,038
M111110	Voladura	\$14,655,430	\$21,171,817	\$13,523,073	\$19,535,968
M112120	Carguío	\$3,552,934	\$2,983,112	\$4,106,338	\$3,447,760
M113130	Acarreo	\$32,639,874	\$27,408,698	\$39,711,676	\$33,347,106
M114140	Consumibles	\$4,870,781	\$3,727,850	\$5,809,518	\$4,446,312
M115150	Equipo de soporte	\$38,222	\$27,409	\$56,944	\$40,834
M116160	Servicios auxiliares	\$870,937	\$777,522	\$1,550,877	\$1,384,534
M190900	Administración	\$3,722,025	\$2,303,247	\$4,591,379	\$2,841,217
Total		\$62,480,767	\$59,918,717	\$71,508,385	\$66,582,769

Centro de Costo	Centro Costo	2018		2019	
		Real	Presupuestado	Real	Presupuestado
M110100	Perforación	\$6,729,941	\$4,798,354	\$7,770,359	\$5,540,157
M111110	Voladura	\$18,675,103	\$26,978,795	\$21,562,188	\$31,149,593
M112120	Carguío	\$6,468,489	\$5,431,067	\$7,468,488	\$6,270,685
M113130	Acarreo	\$49,148,991	\$41,271,907	\$56,747,199	\$47,652,355
M114140	Consumibles	\$6,288,338	\$4,812,776	\$7,260,486	\$5,556,809
M115150	Equipo de soporte	\$1,165,188	\$835,554	\$1,345,320	\$964,727
M116160	Servicios auxiliares	\$49,816	\$44,473	\$57,517	\$51,348
M190900	Administración	\$4,621,453	\$2,859,827	\$5,335,908	\$3,301,943
Total		\$93,147,317	\$87,032,754	\$107,547,465	\$100,487,619

Nota. El costo operativo real total del Área de Operaciones posee una tendencia creciente. Para el año 2019, el aporte del centro de costos “Acarreo” fue de 53% respecto al costo operativo total del área (costo real USD 56,747,199). Además, el costo real superó en un 19% al valor presupuestado de USD 47,652,355. El costo unitario de Operaciones “Acarreo” para el 2019 fue de 0.44 (USD 56,747,199 dividido entre las toneladas movidas 128,351,539). Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

Tabla 10
Costos operativos desgredados en USD del Área de Mantenimiento Mina. Periodo 2016-2019

Centro de Costo	Centro Costo	2016		2017	
		Real	Presupuestado	Real	Presupuestado
M210100	Perforación	\$1,671,909	\$1,432,416	\$2,547,046	\$2,330,128
M211110	Voladura	\$16,235	\$9,844	\$9,110	\$9,964
M212120	Carguío	\$9,040,213	\$6,947,821	\$12,954,726	\$11,646,940
M213130	Acarreo	\$12,363,082	\$11,599,167	\$36,080,120	\$28,248,250
M214140	Consumibles	\$6,327,389	\$6,190,850	\$7,694,012	\$7,998,765
M215150	Equipo de soporte	\$504,232	\$323,716	\$619,905	\$318,680
M216160	Equipo ligero	\$1,842,957	\$2,383,476	\$1,870,503	\$2,259,169
M217170	Suministros de Energía	\$513,809	\$301,084	\$586,515	\$533,522
M290900	Administración	\$6,110,218	\$1,611,367	\$5,278,442	\$1,151,923
Total		\$38,390,044	\$30,799,741	\$67,640,379	\$54,487,377

Centro de Costo	Centro Costo	2018		2019	
		Real	Presupuestado	Real	Presupuestado
M210100	Perforación	\$3,456,418	\$1,803,711	\$4,608,336	\$3,214,434
M211110	Voladura	\$15,148	\$13,951	\$17,548	\$15,672
M212120	Carguío	\$16,420,079	\$14,306,756	\$15,046,647	\$12,508,582
M213130	Acarreo	\$35,109,577	\$29,307,978	\$38,894,828	\$31,819,218
M214140	Consumibles	\$12,849,069	\$8,621,156	\$11,891,749	\$6,787,512
M215150	Equipo de soporte	\$557,151	\$512,378	\$564,138	\$571,115
M216160	Equipo ligero	\$2,042,752	\$1,803,403	\$2,523,283	\$1,444,623
M217170	Suministros de Energía	\$566,190	\$370,000	\$867,979	\$407,912
M290900	Administración	\$5,495,608	\$752,594	\$5,764,316	\$905,903
Total		\$76,511,992	\$57,477,976	\$80,178,824	\$57,674,971

Nota. El costo operativo real total del Área de Mantenimiento posee una tendencia creciente. Para el año 2019, el aporte del centro de costos “Acarreo” fue de 49% respecto al costo operativo total del área (costo real USD 38,894,828). Además, el costo real superó en un 22% al valor presupuestado de USD 31,819,218. El costo unitario de Mantenimiento “Acarreo” para el 2019 fue de 0.30 (USD 38,894,828 dividido entre las toneladas movidas 128,351,539). Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

3.1.3.1. Costos de adquisición

En la Tabla 11, se muestran todos los costos que incurren en el costo de adquisición del camión. Esta información, fue recolectada en base a entrevistas en la plantilla de costos del Anexo 7. Se ha tomado una contingencia del 5% respecto al costo total de adquisición por políticas internas de Minera Chinalco debido a una posible variabilidad económica en el periodo de compra (actualidad económica, riesgo e inflación). Ferreyros (representante de la marca Caterpillar en Perú), establece condiciones de venta para garantizar los objetivos operacionales que define (88% disponibilidad). Esto significa que, adicionalmente al precio de venta (precio comercial), se necesitan incluir los siguientes costos para tener al camión listo para trabajar (RDW, Ready to Work): Ensamblaje del equipo, sistema de comunicación con despacho (sistema Dispatch) y neumáticos (Bridgestone XDR3).

Tabla 11
Costo de Adquisición del camión minero CAT 797F

Descripción	Costo (USD)
Precio de venta	\$4,895,527
Condiciones RTD (Ready to work)	
Ensamblaje de equipo	\$260,000
Sistema de comunicación, Dispatch ^a	\$30,000
Neumáticos	\$271,920
Subtotal	\$561,920
Componentes de Repuesto (7:1)^b	
Ruedas delanteras + suspensión delantera (RH / LH)	\$732,507
Motor Diesel	\$1,012,440
Transmisión	\$410,645
Convertidor	\$220,691
Mandos Finales	\$1,237,107
Suspensión posterior (RH / LH)	\$129,470
Subtotal	\$3,742,860
Costo Total de Adquisición	\$9,200,310
Contingencia (5%)	\$460,015
Costo Total de Adquisición (con 5%)	\$9,660,325

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

^aEl sistema Dispatch, es un sistema de administración minera a gran escala que utiliza los sistemas más modernos de computación y comunicación de datos como el GPS, con el fin de optimizar la asignación de camiones a palas, maximizando la utilización del tiempo y minimizando las pérdidas, en tiempo real.

^bLas buenas prácticas en mantenimiento mencionan que, por cada 7 componentes críticos operativos, se debe tener 1 componente en stock en el almacén.

3.1.3.2. Costos de operación

Esta información, fue recolectada en base a entrevistas en la plantilla de costos del Anexo 8.

3.1.3.2.1. Operador

Para la operación de un camión, se necesitan 4 operadores, los cuales trabajan en 2 guardias (Guardia 1 y Guardia 2). El régimen de cada guardia es de 7x7 que consta del turno día y noche, laborando 12 horas al día. En la tabla 12, se muestran los costos fijos anuales de operador. El costo anual por operador incluye los costos adicionales de hospedaje, seguros y alimentación.

Tabla 12
Costo anual operador del camión minero CAT 797F

Operador	Cantidad/ camión	Costo Anual por operador (USD/camión)	Costo Anual Total (USD/camión)
O1	2	\$48,913	\$97,826
O2	2	\$40,579	\$81,159
Costo Total Anual			\$178,986

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú

3.1.3.2.2. Neumáticos y kit antidesgaste

En la Tabla 13, se muestra la cantidad por camión, costo por unidad y frecuencia de reemplazo de neumáticos y kit antidesgaste para las tolvas. Los neumáticos a utilizar son de la marca Bridgestone XDR3 y los kits antidesgaste de las tolvas (planchas antidesgaste de láminas de acero resistente al impacto y la abrasión) de la marca Caterpillar. Un camión minero de 400

toneladas cortas posee 6 neumáticos, 2 ubicados en la parte delantera y 4 ubicados en la parte trasera.

Tabla 13
Costos y frecuencias de reemplazo de neumáticos y kit antidesgaste del camión minero CAT 797F.

Consumibles	Cantidad/camión	Costo por Unidad (USD)	Frecuencia de reemplazo (hr)
Neumáticos	6	\$45,320	5300
Kit antidesgaste de las tolvas	1	\$19,727	10000

Nota. Un camión minero de 400 toneladas cortas posee 6 neumáticos, 2 ubicados en la parte delantera y 4 ubicados en la parte trasera, las cuales son cambiadas con una frecuencia de 5,300 hr. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

Para esta distribuir estos costos en un periodo de tiempo, nos ayudaremos de las horas operativas acumuladas del camión minero, y, junto a la frecuencia de reemplazo del componente, se determinará el año en que incurre el costo.

Para un camión en el año 2019, se tiene un cambio de 6 neumáticos a las 31,800 hr y cambio de kit antidesgaste a las 30,000 hr. En la Tabla 14 se muestran los costos de reemplazo en el año 2019.

Tabla 14
Costos de kit antidesgaste y neumáticos del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019

Componente	Costo Reemplazo 2019 (USD/camión)
Neumáticos	\$271,920
Kit antidesgaste de las tolvas	\$19,727
Total	\$291,647

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

3.1.3.2.3. Combustible

Para el cálculo del costo de combustible Diesel, se requiere el consumo horario promedio en galones por hora del camión, el cual es brindado por el Área de Operaciones Mina. Este valor

será multiplicado por las horas operativas anuales del camión en el año de análisis, y luego será multiplicado por el costo de combustible por galón, el cual es 2.83 USD/gal. Para el 2019, el consumo horario promedio fue de 124.4 gal/hr y las horas operativas fueron de 5,656 horas, por lo tanto, el costo de combustible asciende a la suma de USD 1,991,205 por camión.

3.1.3.3. Costos de mantenimiento

Esta información, fue recolectada en base a entrevistas en la plantilla de costos del Anexo 9.

3.1.3.3.1. Mantenedor

Para el mantenimiento preventivo de un camión, se necesitan 12 mantenedores, los cuales trabajan en 2 guardias (Guardia 1 y Guardia 2). El nivel técnico de cada mantenedor es clasificado de acuerdo a: M1 (alto expertise y tareas de diagnóstico), M2 (calibraciones), M3 (tareas rutinarias) y M4 (tareas de lubricación). El régimen de cada guardia es de 7x7 que consta del turno día y noche, laborando 12 horas al día. En la tabla 15, se muestran los costos fijos anuales de mantenedor. El costo anual mantenedor incluye los costos adicionales de hospedaje, seguros y alimentación.

Tabla 15
Costo anual mantenedor del camión minero CAT 797F

Mantenedor	Cantidad/camión	Costo Anual por mantenedor (USD/camión)	Costo Anual Total (USD/camión)
M1	4	\$56,159	\$224,638
M2	4	\$48,913	\$195,652
M3	2	\$31,522	\$63,043
M4	2	\$27,536	\$55,072
Costo Total Anual			\$538,406

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú

3.1.3.3.2. Aceites, refrigerante y grasa

En la Tabla 16, se muestran los costos fijos anuales de aceites, refrigerante y grasa, los cuales son consumibles que se utilizan en los mantenimientos preventivos.

Tabla 16

Costo anual de aceites, refrigerante y grasa para el camión minero CAT 797F

Consumibles	Costo Anual (USD/camión)
Aceite de motor	\$17,112
Aceite ruedas delanteras/mando final/diferencial	\$26,373
Aceite Transmisión y Convertidor	\$13,121
Aceite hidráulico	\$18,526
Refrigerante	\$3,439
Grasas (Multipropósito)	\$11,042
Costo Total Anual	\$89,614

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú

3.1.3.3.3. Componentes mayores

En esta sección se detallan los costos de los componentes mayores, nuevos y reparados, del camión Caterpillar 797F, Tabla 17. Además, se muestra la frecuencia de reemplazo y frecuencia de reparación recomendados por el proveedor.

Tabla 17

Lista de costos y frecuencias de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F

Componente	Cantidad / camión	Frecuencia de reemplazo (hr)	Costo Nuevo (USD/unidad)	Frecuencia de reparación (hr)	Costo Reparación (USD/unidad)
Motor Diesel	1	60000	\$1,012,440	15000	\$812,000
Transmisión	1	52000	\$410,645	13000	\$179,408
Convertidor	1	52000	\$220,692	13000	\$96,419
Diferencial	1	52000	\$214,562	13000	\$85,825
Mando final LH/RH	2	52000	\$618,554	13000	\$282,253
Rueda delantera LH/RH	2	60000	\$228,671	13000	\$93,000
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	2	45000	\$137,583	15000	\$48,154
Cilindro de suspensión posterior LH/RH	2	45000	\$64,735	15000	\$32,368
Cilindro de levante LH/RH	2	60000	\$81,827	15000	\$32,731

Cilindro de dirección LH/RH	1	36000	\$18,403	15000	\$11,139
-----------------------------	---	-------	----------	-------	----------

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

Para distribuir estos costos en un periodo de tiempo, nos ayudaremos de las horas operativas acumuladas del camión minero, y, junto a la frecuencia de reemplazo y frecuencia de reparación del componente, se determinará el año en que incurre el costo.

Para el año 2019, no hay reemplazo de componentes mayores, pero si reparaciones de componentes. En la Tabla 18 se muestran los costos debido a reparación de componentes mayores en el año 2019.

Tabla 18
Costos de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019

Componente	Costo Reemplazo 2019 (USD/camión)	Costo Reparación 2019 (USD/camión)
Motor Diesel	-	\$812,000
Transmisión	-	-
Convertidor	-	-
Diferencial	-	-
Mando final LH/RH	-	-
Rueda delantera LH/RH	-	\$186,000
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	-	\$96,308
Cilindro de suspensión posterior LH/RH	-	\$64,735
Cilindro de levante LH/RH	-	-
Cilindro de dirección izquierdo	-	-
Cilindro de dirección derecho	-	-
Total	-	\$1,159,044

Nota. No hay reemplazo de componentes mayores en el 2019. Fuente: Elaboración propia basado en la información brindada por el proveedor del camión

3.1.3.3.4. Componentes menores

En esta sección se detallan los costos de los componentes menores, nuevos y reparados, del camión Caterpillar 797F, Tabla 19. Además, se muestra la frecuencia de reemplazo y frecuencia de reparación recomendados por el proveedor

Tabla 19

Lista de costos y frecuencias de reemplazo y reparación de componentes menores del camión minero CAT 797F

Componente	Cantidad/ camión	Frecuencia de reemplazo (hr)	Costo Nuevo (USD/unidad)
Turbocargadores (x6)	1	7500	\$53,711
Inyectores (x20)	1	7500	\$37,519
Bomba de alta presión de combustible	1	3000	\$25,117
Bomba dirección y fan	1	14000	\$9,024
Bomba enfriamiento de freno	1	14000	\$5,011
Bomba de levante	1	14000	\$7,523
Mando de bomba	1	28000	\$4,034

Nota. En el camión minero CAT 797F no existe una frecuencia de reparación de componentes menores, debido a ello, no hay costo por reparación. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

Para distribuir estos costos en un periodo de tiempo, nos ayudaremos de las horas operativas acumuladas del camión minero, y, junto a la frecuencia de reemplazo y frecuencia de reparación del componente, se determinará el año en que incurre el costo.

En la Tabla 20 se muestran los costos debido a reemplazo de componentes menores para el año 2019.

Tabla 20

Costos de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019

Componente	Costo Reemplazo 2019 (USD/camión)
Turbocargadores (x6)	\$53,711
Inyectores (x20)	\$37,519
Bomba de alta presión de combustible	-
Bomba dirección y fan	-
Bomba enfriamiento de freno	-
Bomba de levante	-
Mando de bomba	-
Total	\$91,231

Nota. El camión minero CAT 797F no posee frecuencia de reemplazo para componentes menores, por lo tanto, no hay costo de reparación. Fuente: Elaboración propia basado en la información brindada por el proveedor del camión

3.1.3.3.5. *Mantenimientos preventivos*

En la Tabla 21, se describen las frecuencias recomendadas de realización y los costos de mantenimiento preventivos por camión definidos por el proveedor. El costo está compuesto por costos de materiales como filtros de aire, filtros de combustible, filtros de aceite, sellos y bellows.

Tabla 21
Costo de mantenimientos preventivos del camión minero CAT 797F

Descripción	Frecuencia (horas)	Costo (USD/camión)
Mantenimiento Preventivo 1	500	\$2,102
Mantenimiento Preventivo 2	1000	\$2,712
Mantenimiento Preventivo 3	1500	\$2,809
Mantenimiento Preventivo 4	2000	\$2,920
Mantenimiento Preventivo 5	2500	\$2,281
Mantenimiento Preventivo 6	3000	\$2,551

Nota. El mantenimiento preventivo consta de las siguientes tareas: limpieza e inspección general, muestreos de aceite, filtros, tapones y rejillas, dializado de aceites, cambio de filtros y aceite de los diferentes sistemas del camión y pruebas de rendimiento. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

3.1.3.3.6. *Mantenimientos correctivos*

En la Tabla 22 se muestra los costos promedios de los costos de mantenimientos correctivos históricos del camión en el periodo 2016-2019. En el año 2019, se obtuvo un costo promedio de USD 693,688 por camión.

Tabla 22
Costo de mantenimientos correctivos del camión minero CAT 797F. Periodo 2016-2019

Año	Costo promedio (USD/camión)
2016	\$444,462
2017	\$743,674
2018	\$800,625
2019	\$693,688
Promedio	\$670,612

Fuente: Elaboración propia, basado en la información histórica brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

3.1.3.4. Costos de eliminación

3.1.3.4.1. Depreciación y Valor de Salvamento

La máquina al trabajar se desgasta y por consiguiente se devalúa. Se realizará una depreciación acumulada con una tasa de depreciación del 20% anual, para calcular el valor de la depreciación año a año a través del ciclo de vida del camión Caterpillar 797F. Según el (MEF, 2020), para maquinaria y equipos se toma hasta un máximo de 20%. El valor de salvamento es aquella parte del costo de un activo que se espera recuperar mediante venta al final de su vida útil. El valor de salvamento se calcula con la *Ecuación 3*, el cual es valor en libros del activo depreciado a lo largo de su vida útil.

Valor de Salvamento

$$= \text{Costo de Adquisición} \times (1 - i)^n \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

i: Tasa de depreciación

n: Numero de periodos

Para el caso del camión CAT 797F en el año 2019, su costo de adquisición es USD 9,660,325, $i=20\%$ y $n=6$ años (desde inicio de la operación hasta la situación actual), por lo tanto, al sexto año de su ciclo de vida, su valor de salvamento es de USD 2,532,396.

3.1.3.4.2. Costos de desmantelamiento y retiro

El desmantelamiento y retiro, son las actividades para retirar el equipo de la línea de producción al final de su vida útil para su posterior venta. Como se observa en la Tabla 23, incluye el costo de alquiler de grúas, mano de obra del mantenedor y el transporte del camión desarmado.

Tabla 23
Costo de desmantelamiento y retiro del camión minero CAT 797F

Descripción	Costo (USD/camión)
2 grúas	\$130,000
Mano de Obra mantenedor	\$56,000
Transporte	\$350
Total	\$186,350

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

3.1.4. Indicadores

Una vez identificados los componentes de los costos del ciclo de vida del camión, se procede a la elaboración de la estructura de costos. En la Tabla 24, se detalla el costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación del camión minero CAT 797F para el año 2019. Además, se muestra el cálculo del indicador económico del Costo del Ciclo de Vida y el costo unitario del Ciclo de Vida. El Costo del Ciclo de Vida del camión minero para el año de análisis, es la suma del costo de operación y mantenimiento. El costo de adquisición y eliminación no se toma en cuenta, debido a que solo se está analizando un año en particular. Mediante la Ecuación 4, se calculó el costo unitario para el Ciclo de Vida (USD 5,084,298 dividido entre 4,425,915 toneladas movidas, dando como resultado 1.15 USD/Tonelada movida)

Cálculo del costo unitario

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Cantidad de producción}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Tabla 24
Estructura de costos del ciclo de vida del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019

Descripción	Unidad	Año 2019
Disponibilidad Operativa	%	80.2
Tonelada movida	ton/camión	4,425,915
Horas anuales	hr/camión	5,656
Horas acumuladas	hr/camión	33000
Costo Operación		
Mano de obra operador MCP	USD/camión	\$178,986
Kit antidesgaste	USD/camión	\$19,727
Neumáticos	USD/camión	\$291,647
Diésel	USD/camión	\$1,991,205
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,481,565
Costo Mantenimiento		
Mano de obra mantenedor MCP	USD/camión	\$538,406
Aceites y Refrigerante	USD/camión	\$89,614
Componentes Mayores	USD/camión	\$1,159,044
Componentes Menores	USD/camión	\$91,231
PMs	USD/camión	\$30,750
Paradas No Programadas	USD/camión	\$693,688
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$2,602,733
Costos Eliminación		
Desmantelamiento y Retiro	USD/camión	\$186,350
Valor de Salvamento	USD/camión	-\$2,532,396
Costo Total Eliminación	USD/camión	-\$2,346,046
Costo del Ciclo de Vida 2019 (Operación + Mantenimiento)	USD/camión	\$5,084,298
Costo unitario 2019	USD/tonelada movida	1.15

Nota. Valores calculados a las 33,000 hr acumuladas de operación. El signo negativo significa que se obtiene un ingreso por la venta posible del activo en el año 2019. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión CAT 797F, Área de Planeamiento a Largo Plazo, Área de Operaciones, Área de Mantenimiento y Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

En la Tabla 25, se consolidan los indicadores del camión minero CAT 797F para el año 2019. Se observa que el costo del ciclo de vida para el año en análisis, es de USD 5,084,298, aproximadamente el 53% del costo de adquisición. El costo unitario del Ciclo de vida es de 1.15. Comparándolo con valores reales del año 2019, el costo unitario de la flota camiones (0.44 Operaciones y 0.30 Mantenimiento) fue de 0.74. Ver Tablas 7 y 8, sección 3.1.1.

Tabla 25
Indicadores del camión minero CAT 797F. Situación Actual 2019

Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Cantidad
		Técnica	Tipo de camión	-	Mecánico
Variable Independiente	Selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663	Operativa	Disponibilidad operativa	% Porcentaje	80.2
			Consumo de combustible	gal/hr	124.4
			Uso de Disponibilidad	%	80.5
			Horas operativas acumuladas	hr	33,000
			Productividad	ton/hr	782.6
			Producción anual por camión	Tonelada movida/camión	4,425,915
Variable Dependiente	Disminuir los Costos Operativos en la flota de camiones	Adquisición	Costo de Adquisición	USD/camión	\$9.66M
			Costo operativo Operaciones	USD/camión	\$2.48M
			Costo unitario Operaciones	USD/tonelada movida	0.56
		Propiedad	Costo operativo Mantenimiento	USD/camión	\$2.60M
			Costo unitario Mantenimiento	USD/tonelada movida	0.59
		Eliminación	Costo de Eliminación	USD/camión	-\$2.35M
			Costo del Ciclo de Vida	USD/camión	\$5.08M
			Costo Operativo Total	USDM/camión	\$5.08M
		Ciclo de vida	Costo unitario del Ciclo de Vida	USD/tonelada movida	1.15

Nota. El Costo del Ciclo de Vida del camión minero para el año de análisis, es la suma del costo de operación y mantenimiento. El costo de adquisición y eliminación no se toma en cuenta, debido a que solo se está analizando un año en particular. 1 USDM= 1,000,000 USD. El signo negativo significa que se obtiene un ingreso por la venta posible del activo en el año 2019. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Análisis de los costos del ciclo de vida del camión minero CAT 79F

En esta sección, se evalúan las dos propuestas de adquisición de camiones mineros, CAT 797F y KOM 980E-5, calculando los costos del ciclo de vida y costo unitario de mantenimiento bajo la norma ISO 15663 para un horizonte de evaluación de 14 años (2020-2033).

3.2.1. Dimensión Técnica y Operativa

Aplicando las técnicas de entrevistas y observación declaradas en la sección 2.3., se logra determinar los indicadores para los camiones mineros CAT 797F, para la proyección 2020- 2033, Tabla 26. Los valores de disponibilidad futuros fueron brindados por el proveedor y es definido de acuerdo a su plan de mantenimientos preventivos y plan de cambio de componentes mayores y menores. El consumo horario de combustible, uso de disponibilidad y productividad fueron brindados por el Área de Planeamiento a Largo Plazo de Minera Chinalco Perú. Estos valores están definidos para cumplir con los futuros planes de minado. Mediante la Ecuación 1 (sección 3.1.2.), se calcula las horas operativas anuales, las cuales ayudarán a distribuir los costos de cambio neumáticos y kit antidesgaste, reparación de componentes mayores y menores y realización de mantenimiento preventivos, y, mediante la Ecuación 2 (sección 3.1.2.), se calcula la producción de toneladas movidas anuales, la cual permitirá el cálculo del costo unitario de mantenimiento, USD/Tonelada movida.

Tabla 26
Indicadores operativos del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidades	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Disponibilidad	%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	85.0%	85.0%	83.0%
Uso de Disponibilidad	%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%
Consumo horario de combustible	gal/hr	143.0	141.4	145.1	145.0	135.4	124.4	131.6
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	5,994	5,994	5,853
Horas operativas acumuladas	hr/camión	6,065	12,129	18,194	24,258	30,252	36,246	42,099
Productividad	ton/hr	745.8	750.6	552.6	567.5	727.4	905.9	800.9
Producción	Tonelada movida/camión	4,523,234	4,552,275	3,351,567	3,441,428	4,360,352	5,429,905	4,687,727

Descripción	Unidades	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Disponibilidad	%	83.0%	82.0%	82.0%	82.0%	82.0%	82.0%	82.0%
Uso de Disponibilidad	%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%
Consumo horario de combustible	gal/hr	128.5	134.5	141.0	141.0	141.0	141.0	141.0
Horas operativas	hr/camión	5,853	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782
Horas operativas acumuladas	hr/camión	47,952	53,735	59,517	65,300	71,082	76,865	82,647
Productividad	ton/hr	935.9	819.4	737.1	737.1	737.1	737.1	737.1
Producción	Tonelada movida/camión	5,477,933	4,738,345	4,262,036	4,262,036	4,262,036	4,262,036	4,262,036

Nota. El camión minero CAT 797F ofrece una disponibilidad promedio de 83.7% para el período 2020-2033. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión y el Área de Planeamiento a Largo Plazo de Minera Chinalco Perú.

3.2.2. Costos del ciclo de vida

Para realizar el análisis LCC, se considerará los costos de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación. Se procede bajo la misma metodología declarada en la sección 3.1.3. y solo se entra en detalle en la proyección del costo de combustible, costo de reemplazo y reparación de componentes mayores y menores, costo de mantenimiento correctivo y valor de salvamento debido a que su cálculo y resultado son determinados por el horizonte de análisis.

3.2.2.1. Costos de operación

3.2.2.1.1. Neumáticos y kit antidesgaste

En la Tabla 27, se detallan los costos de reemplazo de neumáticos y kit antidesgaste que incurren año a año para el horizonte de evaluación.

3.2.2.1.2. Combustible

Para el cálculo del costo de combustible Diesel, se requiere el consumo horario promedio en galones por hora del camión, el cual es brindado por el área de Planeamiento a Largo Plazo y fue calculado de acuerdo al plan de minado de Minera Chinalco. Este valor será multiplicado por las horas operativas de cada camión a lo largo de su ciclo de vida y luego será multiplicado por el costo unitario del combustible el cual es 2.83 USD/gal, con el fin de calcular el costo de combustible que incurre año a año para el horizonte de evaluación, Tabla 28.

3.2.2.2. Costos de mantenimiento

3.2.2.2.1. Componentes mayores

En la Tabla 29, se detallan los costos de reemplazo y reparación de componentes mayores que incurren año a año para el horizonte de evaluación.

3.2.2.2.2. *Componentes menores*

En la Tabla 30, se detallan los costos de reemplazo de componentes menores que incurren año a año para el horizonte de evaluación.

3.2.2.2.3. *Mantenimientos correctivos*

Según la Tabla 22 de la sección 3.1.3.3.6., el promedio del costo correctivo es de USD 670,612 y está asociado a una disponibilidad promedio del 80.6%. La proyección se realizó por medio de la disponibilidad brindada por el proveedor. Estos costos promedios son proyectados en la Tabla 31 para el horizonte de evaluación.

Tabla 27
Costos de reemplazo de kit antidesgaste y neumáticos del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	5,994	5,994	5,853
Horas operativas acumuladas	hr/camión	6,065	12,129	18,194	24,258	30,252	36,246	42,099
Costo Neumáticos	USD/camión	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920
Costo Kit Antidesgaste	USD/camión		\$19,727		\$19,727	\$19,727		\$19,727

Descripción	Unidad	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Horas operativas	hr/camión	5,853	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782
Horas operativas acumuladas	hr/camión	47,952	53,735	59,517	65,300	71,082	76,865	82,647
Costo Neumáticos	USD/camión	\$543,840	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	271,920
Costo Kit Antidesgaste	USD/camión		\$19,727		\$19,727	\$19,727		\$19,727

Nota. La frecuencia de reemplazo para los neumáticos es cada 5,300 hr y para el kit antidesgaste es cada 10,000 hr. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

Tabla 28
Consumo horario promedio y costo de combustible del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Consumo horario promedio	gal/hr	143.0	141.4	145.1	145.0	135.4	124.4	131.6
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	5,994	5,994	5,853
Costo unitario Combustible		2.83 USD/gal						
Costo de combustible	USD/camión	\$2,453,575	\$2,427,317	\$2,490,132	\$2,488,416	\$2,296,804	\$2,110,380	\$2,180,481

Descripción	Unidad	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Consumo horario promedio	gal/hr	128.5	134.5	141.0	141.0	141.0	141.0	141.0
Horas operativas	hr/camión	5,853	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782
Costo unitario Combustible		2.83 USD/gal						
Costo de combustible	USD/camión	\$2,127,808	\$2,201,667	\$2,306,890	\$2,306,890	\$2,306,890	\$2,306,890	\$2,306,890

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Planeamiento a Largo Plazo de Minera Chinalco Perú.

Tabla 29

Costos de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	5,994	5,994	5,853
Horas operativas acumuladas	hr/camión	6,065	12,129	18,194	24,258	30,252	36,246	42,099
Costo Reemplazo Componente Mayor								
Motor Diesel	USD/camión							
Transmisión	USD/camión							
Convertidor	USD/camión							
Diferencial	USD/camión							
Mando final LH/RH	USD/camión							
Rueda delantera LH/RH	USD/camión							
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	USD/camión							
Cilindro de suspensión posterior LH/RH	USD/camión							
Cilindro de levante LH/RH	USD/camión							
Cilindro de dirección LH/RH	USD/camión						\$36,806	
Costo Reparación Componente Mayor								
Motor Diesel	USD/camión			\$812,000		\$812,000		
Transmisión	USD/camión			\$179,408		\$179,408		\$179,408
Convertidor	USD/camión			\$96,419		\$96,419		\$96,419
Diferencial	USD/camión			\$85,825		\$85,825		\$85,825
Mando final LH/RH	USD/camión			\$564,506		\$564,506		\$564,506
Rueda delantera LH/RH	USD/camión			\$186,000		\$186,000		
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	USD/camión			\$96,308		\$96,308		
Cilindro de suspensión posterior LH/RH	USD/camión			\$64,735		\$64,735		
Cilindro de levante LH/RH	USD/camión				\$65,462			\$65,462
Cilindro de dirección LH/RH	USD/camión		\$22,278		\$22,278			
Costo Total Componente Mayor (Reemplazo + Reparación)	USD/camión		\$22,278	\$2,085,201	\$87,740	\$2,085,201	\$36,806	\$991,620

Descripción	Unidad	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Horas operativas	hr/camión	5,853	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782
Horas operativas acumuladas	hr/camión	47,952	53,735	59,517	65,300	71,082	76,865	82,647
Costo Reemplazo Componente Mayor								
Motor Diesel	USD/camión				\$1,012,440			
Transmisión	USD/camión		\$410,645					
Convertidor	USD/camión		\$220,692					
Diferencial	USD/camión		\$214,562					
Mando final LH/RH	USD/camión		\$1,237,108					
Rueda delantera LH/RH	USD/camión				\$457,341			
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	USD/camión	\$275,166						
Cilindro de suspensión posterior LH/RH	USD/camión	\$129,471						
Cilindro de levante LH/RH	USD/camión				\$163,655			
Cilindro de dirección LH/RH	USD/camión						\$36,806	
Costo Reparación Componente Mayor								
Motor Diesel	USD/camión	\$812,000					\$812,000	
Transmisión	USD/camión				\$179,408			\$179,408
Convertidor	USD/camión				\$96,419			\$96,419
Diferencial	USD/camión				\$85,825			\$85,825
Mando final LH/RH	USD/camión				\$564,506			\$564,506
Rueda delantera LH/RH	USD/camión	\$186,000					\$186,000	
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	USD/camión				\$96,308		\$96,308	
Cilindro de suspensión posterior LH/RH	USD/camión				\$64,735		\$64,735	
Cilindro de levante LH/RH	USD/camión							\$65,462
Cilindro de dirección LH/RH	USD/camión		\$22,278		\$22,278			
Costo Total Componente Mayor (Reemplazo + Reparación)	USD/camión	\$1,402,637	\$2,105,285		\$2,742,915		\$1,195,850	\$991,620

Nota. Para mayor detalle sobre la frecuencia de reemplazo y de reparación de cada componente ver la Tabla 17. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

Tabla 30

Costos de reemplazo de componentes menores del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	5,994	5,994	5,853
Horas operativas acumuladas	hr/camión	6,065	12,129	18,194	24,258	30,252	36,246	42,099
Costo Reemplazo Componente Menor								
Turbocargadores (x6)	USD/camión		\$53,711	\$53,711	\$53,711	\$53,711		\$53,711
Inyectores (x20)	USD/camión		\$37,519	\$37,519	\$37,519	\$37,519		\$37,519
Bomba de alta presión de combustible	USD/camión							
Bomba dirección y fan	USD/camión			\$9,024		\$9,024		\$9,024
Bomba enfriamiento de freno	USD/camión			\$5,011		\$5,011		\$5,011
Bomba de levante	USD/camión			\$7,523		\$7,523		\$7,523
Mando de bomba	USD/camión					\$4,034		
Costo Total Componente Menor	USD/camión		\$91,231	\$112,789	\$91,231	\$116,823		\$112,789

Descripción	Unidad	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Horas operativas	hr/camión	5,853	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782
Horas operativas acumuladas	hr/camión	47,952	53,735	59,517	65,300	71,082	76,865	82,647
Costo Reemplazo Componente Menor								
Turbocargadores (x6)	USD/camión	\$53,711	\$53,711		\$53,711	\$53,711	\$53,711	\$53,711
Inyectores (x20)	USD/camión	\$37,519	\$37,519		\$37,519	\$37,519	\$37,519	\$37,519
Bomba de alta presión de combustible	USD/camión	\$25,117						
Bomba dirección y fan	USD/camión			\$9,024		\$9,024		
Bomba enfriamiento de freno	USD/camión			\$5,011		\$5,011		
Bomba de levante	USD/camión			\$7,523		\$7,523		
Mando de bomba	USD/camión			\$4,034				
Costo Total Componente Menor	USD/camión	\$116,348	\$91,231	\$25,593	\$91,231	\$112,789	\$91,231	\$91,231

Nota. En el camión minero CAT 797F no existe una frecuencia de reparación de componentes menores, debido a ello, no hay costo por reparación. Para mayor detalle sobre la frecuencia de reemplazo de cada componente ver la Tabla 19. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

Tabla 31

Costos de mantenimiento correctivos para el camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidades	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Disponibilidad	%	86%	86%	86%	86%	85%	85%	83%
Costo Anual Mantenimientos Correctivos	USD/camión	\$482,703	\$482,703	\$482,703	\$482,703	\$517,182	\$517,182	\$586,139

Descripción	Unidades	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Disponibilidad	%	83%	82%	82%	82%	82%	82%	82%
Costo Anual Mantenimientos Correctivos	USD/camión	\$586,139	\$620,618	\$620,618	\$620,618	\$620,618	\$620,618	\$620,618

Nota. Los valores de disponibilidad proyectados, fueron brindados por el proveedor y es definido de acuerdo a su plan de mantenimientos preventivos y plan de cambio de componentes mayores y menores. El costo anual por mantenimientos correctivos fue calculado en base al promedio del costo correctivo del periodo 2016-2019 (USD 670,61, Tabla 22) y este valor está asociado a una disponibilidad promedio del periodo 2016-2019 (80.6%, Tabla 9). Fuente: Elaboración propia, basado en la información histórica brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú

3.2.2.3. Depreciación y Valor de Salvamento

Mediante la ecuación 3 de la sección 3.1.3.4., se calcula el valor de salvamento. Para el caso del camión CAT 797F, su costo de adquisición es USD 9,660,325, $i=20\%$ y $n=14$ años, por lo tanto, al final de su ciclo de vida, su valor de salvamento es de USD 424,866.

3.2.3. Indicadores

Una vez identificados los costos del ciclo de vida del cada camión, se procede a la elaboración de la estructura de costos. Los cálculos fueron realizados con la ayuda de la plantilla del Anexo 10. En la Tabla 32, se muestran el costo de adquisición, costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación del camión minero CAT 797F distribuidos como flujo en el horizonte de evaluación de 14 años (2020-2033). Además, se muestra el cálculo del indicador económico, Costo del Ciclo de Vida, el cual es el flujo neto de todos los costos en cada año llevado al valor presente. El valor presente se calcula mediante la Ecuación 5.

Cálculo del Valor Presente

$$\text{Valor Presente} = F \left[\frac{1}{(i + 1)^n} \right] \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde F = Costo Futuro al final del n-ésimo año.

i = Tasa de descuento = 8%

n = Número de años = 14 años

La tasa de descuento es la tasa de interés que representa el valor del dinero a través del tiempo (García Colín, 2013). Existen vasta bibliografía y métodos para determinar la tasa de descuento. No existe un método único estándar, por la cual variará entre las diferentes organizaciones públicas y privadas. Frecuentemente la selección de la tasa de descuento es una decisión propia de las organizaciones. Para el cálculo económico se tomará como valor $i=8\%$.

Por lo tanto, en base a la tabla 32, se calcularon los indicadores relacionados a la variable independiente (Camión minero CAT 797F) y variable dependiente (Costo Operativo).

Para el cálculo de los indicadores de la variable independiente, mediante la Ecuación 5, se calculó el VP de los costos futuros de cada dimensión (costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación). Cabe resaltar que el costo de adquisición incurre en el año 0, así que no se calcula su valor presente. En la Tabla 33 se detallan el cálculo de estos indicadores.

Para el cálculo del indicador de la variable dependiente, mediante la Ecuación 4 de la sección 3.1.4., se calcula el costo unitario de Operaciones y Mantenimiento, el cual se encuentra en detalle en la Tabla 34.

Tabla 32

Estructura de costos del ciclo de vida del camión minero CAT 797F

Descripción	Unidad	Año							
		0	1	2	3	4	5	6	7
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Tonelada movida	ton/camión	4,523,234	4,552,275	3,351,567	3,441,428	4,360,352	5,429,905	4,687,727	
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	5,994	5,994	5,853	
Horas operativas acumuladas	hr/camión	6,065	12,129	18,194	24,258	30,252	36,246	42,099	
Costo Adquisición	USD/camión	\$9,660,325							
Costo Operación									
Mano de obra operador MCP	USD/camión	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	
Consumo Kit antidesgaste	USD/camión		\$19,727		\$19,727	\$19,727		\$19,727	
Consumo de neumáticos	USD/camión	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	
Consumo de diésel	USD/camión	\$2,453,575	\$2,427,317	\$2,490,132	\$2,488,416	\$2,296,804	\$2,110,380	\$2,180,481	
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,904,481	\$2,897,949	\$2,941,037	\$2,959,048	\$2,767,437	\$2,561,285	\$2,651,114	
Costo Mantenimiento									
Mano de obra mantenedor MCP	USD/camión	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	
Aceites y Refrigerante	USD/camión	\$89,614	\$89,614	\$89,614	\$89,614	\$89,614	\$89,614	\$89,614	
Componentes Mayores	USD/camión		\$22,278	\$2,085,201	\$87,740	\$2,085,201	\$36,806	\$991,620	
Componentes Menores	USD/camión		\$91,231	\$112,789	\$91,231	\$116,823		\$112,789	
PMs	USD/camión	\$30,750	\$30,750	\$30,750	\$30,750	\$30,750	\$30,750	\$30,750	
Paradas No Programadas	USD/camión	\$482,703	\$482,703	\$482,703	\$482,703	\$517,182	\$517,182	\$586,139	
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$1,141,473	\$1,254,981	\$3,339,463	\$1,320,443	\$3,377,976	\$1,212,757	\$2,349,318	
Costos Eliminación									
Costo de Desmantelamiento y Retiro	USD/camión								
Valor de Salvamento	USD/camión								
Costo Total Eliminación	USD/camión								
Costo Total del Ciclo de Vida	USD/camión	\$9,660,325	\$4,045,954	\$4,152,930	\$6,280,501	\$4,279,491	\$6,145,413	\$3,774,043	\$5,000,432
Tasa 8%									
VPN (Costo del Ciclo de Vida)	USD/camión	\$50,805,263							

Descripción	Unidad	Año							
		0	8	9	10	11	12	13	14
			2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Tonelada movida	ton/camión		5,477,933	4,738,345	4,262,036	4,262,036	4,262,036	4,262,036	4,262,036
Horas operativas	hr/camión		5,853	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782
Horas operativas acumuladas	hr/camión		47,952	53,735	59,517	65,300	71,082	76,865	82,647
Costo Adquisición	USD/camión		\$9,660,325						
Costo Operación									
Mano de obra operador MCP	USD/camión		\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986
Consumo Kit antidesgaste	USD/camión			\$19,727		\$19,727	\$19,727		\$19,727
Consumo de neumáticos	USD/camión		\$543,840	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920
Consumo de diésel	USD/camión		\$2,127,808	\$2,201,667	\$2,306,890	\$2,306,890	\$2,306,890	\$2,306,890	\$2,306,890
Costo Total Operación	USD/camión		\$2,850,633	\$2,672,300	\$2,757,796	\$2,777,523	\$2,777,523	\$2,757,796	\$2,777,523
Costo Mantenimiento									
Mano de obra mantenedor MCP	USD/camión		\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406
Aceites y Refrigerante	USD/camión		\$89,614	\$89,614	\$89,614	\$89,614	\$89,614	\$89,614	\$89,614
Componentes Mayores	USD/camión		\$1,402,637	\$2,105,285		\$2,742,915		\$1,195,850	\$991,620
Componentes Menores	USD/camión		\$116,348	\$91,231	\$25,593	\$91,231	\$112,789	\$91,231	\$91,231
PMs	USD/camión		\$30,750	\$30,750	\$30,750	\$30,750	\$30,750	\$30,750	\$30,750
Paradas No Programadas	USD/camión		\$586,139	\$620,618	\$620,618	\$620,618	\$620,618	\$620,618	\$620,618
Costo Total Mantenimiento	USD/camión		\$2,763,894	\$3,475,903	\$1,304,980	\$4,113,534	\$1,392,177	\$2,566,468	\$2,362,238
Costos Eliminación									
Costo de Desmantelamiento y Retiro	USD/camión								\$186,350
Valor de Salvamento	USD/camión								-\$424,866
Costo Total Eliminación	USD/camión								-\$238,516
Costo Total del Ciclo de Vida	USD/camión	\$9,660,325	\$5,614,527	\$6,148,203	\$4,062,776	\$6,891,057	\$4,169,700	\$5,324,264	\$4,901,245
Tasa 8%									
VPN (Costo del Ciclo de Vida)	USD/camión		\$50,805,263						

Nota. El "Año 0" representa los costos previos antes del funcionamiento o puesta en marcha del activo. Del "Año 1" al "Año 14", representan el funcionamiento u operación del activo. El signo negativo en el "Año 14", significa que se obtiene un ingreso por la venta del activo al final de su ciclo de vida. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión CAT 797F, Área de Planeamiento a Largo Plazo, Área de Operaciones, Área de Mantenimiento y Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

Tabla 33

Valores Presentes de los costos operativos del camión minero CAT 797F

Descripción	Unidad	Descripción						
		1	2	3	4	5	6	7
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,904,481	\$2,897,949	\$2,941,037	\$2,959,048	\$2,767,437	\$2,561,285	\$2,651,114
Valor Presente	USD/camión	\$2,689,334	\$2,484,524	\$2,334,690	\$2,174,989	\$1,883,471	\$1,614,044	\$1,546,900
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$1,141,473	\$1,254,981	\$3,339,463	\$1,320,443	\$3,377,976	\$1,212,757	\$2,349,318
Valor Presente	USD/camión	\$1,056,919	\$1,075,944	\$2,650,973	\$970,565	\$2,298,994	\$764,243	\$1,370,804
Costo Operativo Total	USD/camión							

Descripción	Unidad	Año						
		8	9	10	11	12	13	14
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,850,633	\$2,672,300	\$2,757,796	\$2,777,523	\$2,777,523	\$2,757,796	\$2,777,523
Valor Presente	USD/camión	\$1,540,109	\$1,336,815	\$1,277,393	\$1,191,232	\$1,102,993	\$1,014,036	\$945,638
		VP Costo Total Operación					23,136,168	USD/camión
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$2,763,894	\$3,475,903	\$1,304,980	\$4,113,534	\$1,392,177	\$2,566,468	\$2,362,238
Valor Presente	USD/camión	\$1,493,246	\$1,738,817	\$604,458	\$1,764,224	\$552,853	\$943,685	\$804,250
		VP Costo Total Mantenimiento					18,089,976	USD/camión
Costo Operativo Total	USD/camión	VP Costo Operativo Total					41,226,144	USD/camión

Nota. No se calcula el VP para el costo de adquisición ya que está presente en el "Año 0". El signo negativo en el "Año 14", significa que se obtiene un ingreso por la venta del activo al final de su ciclo de vida. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Costo unitario de Operación y Mantenimiento del camión minero CAT 797F

Descripción	Unidad	Año						
		1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026
Tonelada movida	ton/camión	4,523,234	4,552,275	3,351,567	3,441,428	4,360,352	5,429,905	4,687,727
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,904,481	\$2,897,949	\$2,941,037	\$2,959,048	\$2,767,437	\$2,561,285	\$2,651,114
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$1,141,473	\$1,254,981	\$3,339,463	\$1,320,443	\$3,377,976	\$1,212,757	\$2,349,318

Descripción	Unidad	Año						
		8 2027	9 2028	10 2029	11 2030	12 2031	13 2032	14 2033
Tonelada movida	ton/camión	5,477,933	4,738,345	4,262,036	4,262,036	4,262,036	4,262,036	4,262,036
Total Toneladas movidas						61,872,946 ton/camión		
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,850,633	\$2,672,300	\$2,757,796	\$2,777,523	\$2,777,523	\$2,757,796	\$2,777,523
Costo Total Operación						39,053,446 USD/camión		
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$2,763,894	\$3,475,903	\$1,304,980	\$4,113,534	\$1,392,177	\$2,566,468	\$2,362,238
Costo Total Mantenimiento						31,975,605 USD/camión		
Costo unitario Operaciones						0.63	USD/tonelada movida	
Costo unitario Mantenimiento						0.52	USD/tonelada movida	
Costo unitario Total						1.15	USD/tonelada movida	

Nota. Los valores mostrados no están en VP. El costo unitario se calcula dividiendo el Costo a considerar entre las toneladas movidas totales del camión.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los cálculos realizados en las Tablas 32, 33 y 34, se elabora el consolidado en la Tabla 35 de los indicadores económicos del camión minero CAT 797F (valor presente de los costos del ciclo de vida y costo unitario).

Tabla 35
Indicadores del camión minero CAT 797F

Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Cantidad
Variable Independiente	Camión minero CAT 797F	Técnica	Tipo de camión	-	Mecánico
		Operativa	Disponibilidad operativa	% Porcentaje	83.7
			Consumo de combustible	gal/hr	138.1
			Uso de Disponibilidad Horas operativas acumuladas	%	80.5
			Productividad	hr	82,647
			Producción anual por camión	ton/hr	749.4
				Tonelada movida/camión	4,419,496
		Adquisición	Costo de Adquisición	USD/camión	\$9.66M
		Propiedad	Costo operativo Operaciones	USD/camión	\$23.14M
			Costo unitario Operaciones	USD/tonelada movida	0.63
Costo operativo Mantenimiento	USD/camión		\$18.09M		
Costo unitario Mantenimiento	USD/tonelada movida		0.52		
Eliminación	Costo de Eliminación		USD/camión	-\$0.08M	
Ciclo de vida	Costo del Ciclo de Vida		USD/camión	\$50.81M	
	Costo Operativo Total	USDM/camión	\$41.23M		
Variable Dependiente	Costo Operativo	Ciclo de vida	Costo unitario del Ciclo de Vida	USD/tonelada movida	1.15

Nota. USDM= USD 1 000 000. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Análisis de los costos del ciclo de vida del camión minero KOM 980E-5

3.3.1. Dimensión Técnica y Operativa

Aplicando las técnicas de entrevistas y observación declaradas en la sección 2.3., se logra determinar los indicadores operativos para los camiones mineros KOM 980E-5, para la proyección 2020- 2033, Tabla 36. Los valores de disponibilidad futuros fueron brindados por el proveedor y es definido de acuerdo a su plan de mantenimientos preventivos y plan de cambio de componentes mayores y menores. Cabe señalar la disponibilidad del camión KOM es mayor a la del camión CAT, debido a que estamos comparando un camión eléctrico con un camión mecánico, siendo el camión eléctrico el que posee menos modos de falla debido a la menor cantidad de componentes mecánicos que este posee. El consumo horario de combustible, uso de disponibilidad y productividad fueron brindados por el Área de Planeamiento a Largo Plazo de Minera Chinalco Perú. Estos valores están definidos para cumplir con los futuros planes de minado. Mediante la Ecuación 1 (sección 3.1.2.), se calcula las horas operativas anuales, las cuales ayudarán a distribuir los costos de cambio neumáticos y kit antidesgaste, reparación de componentes mayores y menores y realización de mantenimiento preventivos) y mediante la Ecuación 2 (sección 3.1.2.), se calcula la producción de toneladas movidas anuales, la cual permitirá el cálculo del costo unitario de Mantenimiento, USD/Tonelada movida.

Tabla 36
Indicadores operativos del camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidades	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Disponibilidad	%	91.0%	90.0%	89.0%	88.0%	87.0%	86.0%	86.0%
Uso de Disponibilidad	%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%
Consumo horario de combustible	gal/hr	124.0	123.3	137.4	137.2	130.1	120.2	137.6
Horas operativas	hr/camión	6,417	6,347	6,276	6,206	6,135	6,065	6,065
Horas operativas acumuladas	hr/camión	6,417	12,764	19,040	25,245	31,381	37,445	43,510
Productividad	ton/hr	795.5	805.6	586.1	588.7	699.7	854.2	583.6
Producción	Tonelada movida/camión	5,105,083	5,112,941	3,678,214	3,653,422	4,292,720	5,180,092	3,539,419

Descripción	Unidades	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Disponibilidad	%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%
Uso de Disponibilidad	%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%
Consumo horario de combustible	gal/hr	114.4	124.7	131.3	131.3	131.3	131.3	131.3
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065
Horas operativas acumuladas	hr/camión	49,574	55,639	61,703	67,768	73,832	79,897	85,961
Productividad	ton/hr	944.2	784.8	680.9	680.9	680.9	690.7	690.7
Producción	Tonelada movida/camión	5,726,345	4,759,280	4,129,163	4,129,163	4,129,163	4,188,485	4,188,485

Nota. El camión minero KOM 980E-5 (tracción eléctrica) ofrece una mayor disponibilidad proyectada para el periodo 2020-2033 respecto al camión minero CAT 797 (tracción mecánica). En valores promedios, el camión KOM ofrece 87.1% y el camión el CAT ofrece 83.7%. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión y el Área de Planeamiento a Largo Plazo de Minera Chinalco Perú.

3.3.1. Costos del ciclo de vida

En esta sección, se analizarán los costos del ciclo de vida del camión minero KOM 980E-5 bajo la misma metodología desarrollada el capítulo 3.1.3.

3.3.1.1. Costos de adquisición

En la Tabla 37, se muestran todos los costos que incurren en el costo de adquisición del camión. Esta información, fue recolectada en base a entrevistas en la plantilla de costos del Anexo 7. Se ha tomado una contingencia del 5% respecto al costo total de adquisición por políticas internas de Minera Chinalco debido a una posible variabilidad económica en el periodo de compra (actualidad económica, riesgo e inflación). Komatsu-Mitsui (representante de la marca Komatsu en Perú), establece condiciones de venta para garantizar los objetivos operacionales que define (90% disponibilidad). Esto significa que, adicionalmente al precio de venta (precio comercial), se necesitan incluir los siguientes costos para tener al camión listo para trabajar (RDW, Ready to Work): Ensamble del equipo, sistema de comunicación con despacho (sistema Dispatch) y neumáticos (Bridgestone XDR3). Cabe señalar, en términos de Costos Total de Adquisición, el camión KOM es más caro en un 28% respecto al camión CAT.

Tabla 37
Costos de Adquisición del camión minero KOM 980E-5

Descripción	Costo (USD)
Precio de venta	\$5,186,132
Condiciones RTD (Ready to work)	
Ensamblaje de equipo	\$262,044
Sistema de comunicación, Dispatch ^a	\$30,000
Neumáticos	\$271,920
Subtotal	\$563,964
Componentes de Repuesto (7:1)^b	
Motor Diesel	\$1,183,336
Motor de tracción (ruedas motorizadas + transmisión eléctrica)	\$3,616,678
Alternador	\$721,162
Blower	\$247,290
Suspensión delantera (RH / LH)	\$144,113
Suspensión posterior (RH/LH)	\$84,886
Subtotal	\$5,997,465
Costo Total de Adquisición	\$11,747,561
Contingencia (5%)	\$587,378
Costo Total de Adquisición (con 5%)	\$12,334,939

Nota. El costo de adquisición del camión KOM (USD 12,334,939), supera en un 28% respecto al costo de adquisición del camión CAT (USD 9,660,325). Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

^aEl sistema Dispatch, es un sistema de administración minera a gran escala que utiliza los sistemas más modernos de computación y comunicación de datos como el GPS, con el fin de optimizar la asignación de camiones a palas, maximizando la utilización del tiempo y minimizando las pérdidas, en tiempo real.

^bLas buenas prácticas en mantenimiento mencionan que, por cada 7 componentes críticos operativos, se debe tener 1 componente en stock en el almacén.

3.3.1.2. Costos de operación

Esta información, fue recolectada en base a entrevistas en la plantilla de costos del Anexo 8.

3.3.1.2.1. Operador

Para la operación de un camión, se necesitan 4 operadores, los cuales trabajan en 2 guardias (Guardia 1 y Guardia 2). El régimen de cada guardia es de 7x7 que consta del turno día y noche, laborando 12 horas al día. En la tabla 38, se muestran los costos fijos anuales de operador. El costo anual por operador incluye los costos adicionales de hospedaje, seguros y alimentación. Los costos

por operador para un camión KOM son los mismos para un camión CAT debido a que operatividad en términos de conducción es la misma.

Tabla 38
Costo anual operador del camión minero KOM 980E-5

Operador	Cantidad/ camión	Costo Anual por operador (USD)	Costo Anual Total (USD)
O1	2	\$48,913	\$97,826
O2	2	\$40,579	\$81,159
Costo Total Anual			\$178,986

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú

3.3.1.2.2. Neumáticos y kit antidesgaste

En la Tabla 32, se muestra la cantidad por camión, costo por unidad y frecuencia de reemplazo de neumáticos y kit antidesgaste para las tolvas. Los neumáticos a utilizar son de la marca Bridgestone XDR3 y los kits antidesgaste de las tolvas (planchas antidesgaste de láminas de acero resistente al impacto y la abrasión) de la marca Komatsu.

Tabla 39
Costos y frecuencias de reemplazo de neumáticos y kit antidesgaste del camión minero KOM 980E-5

Consumibles	Cantidad/camión	Costo por Unidad (USD)	Frecuencia reemplazo (hr)
Neumáticos	6	\$45,320	5300
Kit antidesgaste de las tolvas	1	\$19,727	10000

Nota. Un camión minero de 400 toneladas cortas posee 6 neumáticos, 2 ubicados en la parte delantera y 4 ubicados en la parte trasera, las cuales son cambiadas con una frecuencia de 5,300 hr. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

Para distribuir estos costos en un periodo de tiempo, nos ayudaremos de las horas operativas acumuladas del camión minero, y, junto a la frecuencia de reemplazo del componente, se determinará el año en que incurre el costo. En la Tabla 40, se detallan los costos de reemplazo de neumáticos y kit antidesgaste que incurren año a año para el horizonte de evaluación.

3.3.1.2.3. *Combustible*

Para el cálculo del costo de combustible Diesel, se requiere el consumo horario promedio en galones por hora del camión, el cual es brindado por el área de Planeamiento a Largo Plazo y fue calculado de acuerdo al plan de minado de Minera Chinalco. Este valor será multiplicado por las horas operativas de cada camión a lo largo de su ciclo de vida y luego será multiplicado por el costo unitario del combustible el cual es 2.83 USD/gal, con el fin de calcular el costo de combustible que incurre año a año para el horizonte de evaluación, Tabla 41.

Tabla 40

Costos de reemplazo de kit antidesgaste y neumáticos del camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Horas operativas	hr/camión	6,417	6,347	6,276	6,206	6,135	6,065	6,065
Horas operativas acumuladas	hr/camión	6,417	12,764	19,040	25,245	31,381	37,445	43,510
Consumo de neumáticos	USD/camión	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$543,840	\$271,920
Consumo Kit antidesgaste	USD/camión		\$19,727		\$19,727	\$19,727		\$19,727
Descripción	Unidad	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065
Horas operativas acumuladas	hr/camión	49,574	55,639	61,703	67,768	73,832	79,897	85,961
Consumo de neumáticos	USD/camión	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$543,840	\$271,920
Consumo Kit antidesgaste	USD/camión		\$19,727	\$19,727		\$19,727		\$19,727

Nota. La frecuencia de reemplazo para los neumáticos es cada 5,300 hr y para el kit antidesgaste es cada 10,000 hr. El costo total por reemplazo de neumáticos y kit antidesgaste es más alto en el camión KOM debido a que poseen más horas operativas (mayor disponibilidad proyectada) lo que conlleva a realizar más reemplazos en el horizonte de análisis Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minería Chinalco Perú.

Tabla 41
Consumo horario promedio y costo de combustible del camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Consumo horario promedio	gal/hr	124.0	123.3	137.4	137.2	130.1	120.2	137.6
Horas operativas	hr/camión	6,417	6,347	6,276	6,206	6,135	6,065	6,065
Costo unitario Combustible		2.83 USD/gal						
Costo de combustible	USD/camión	\$2,251,416	\$2,215,058	\$2,440,733	\$2,410,305	\$2,259,251	\$2,063,137	\$2,361,151
Descripción	Unidad	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Consumo horario promedio	gal/hr	114.4	124.7	131.3	131.3	131.3	131.3	131.3
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065
Costo unitario Combustible		2.83 USD/gal						
Costo de combustible	USD/camión	\$1,963,914	\$2,139,574	\$2,254,029	\$2,254,029	\$2,254,029	\$2,254,029	\$2,254,029

Nota. La media del consumo horario promedio proyectado del camión KOM es 129 gal/hr frente a un valor de promedio proyectado de 138.1 gal/hr del camión CAT. En líneas generales, el consumo es menor en el camión KOM, como consecuencia, el costo de combustible es menor. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Planeamiento a Largo Plazo de Minera Chinalco Perú.

3.3.1.3. Costos de mantenimiento

Esta información, fue recolectada en base a entrevistas en la plantilla de costos del Anexo 9.

3.3.1.3.1. Mantenedor

Para el mantenimiento preventivo de un camión, se necesitan 12 mantenedores por camión, los cuales trabajan en 2 guardias (Guardia 1 y Guardia 2). El nivel técnico de cada mantenedor es clasificado de acuerdo a: M1(alto expertise y tareas de diagnóstico), M2 (calibraciones), M3 (tareas rutinarias) y M4 (tareas de lubricación). El régimen de cada guardia es de 7x7 que consta del turno día y noche, laborando 12 horas al día. En la tabla 42, se muestran los costos fijos anuales de mantenedor. El costo anual mantenedor incluye los costos adicionales de hospedaje, seguros y alimentación. Los costos por mantenedor para un camión KOM son los mismos para un camión CAT debido a que personal capacitado de Minera Chinalco es la que realizará ambos trabajos de mantenimiento.

Tabla 42
Costo anual de mantenedor del camión minero KOM 980E-5

Mantenedor	Cantidad/camión	Costo Anual por mantenedor (USD/camión)	Costo Anual Total (USD/camión)
M1	4	\$56,159	\$224,638
M2	4	\$48,913	\$195,652
M3	2	\$31,522	\$63,043
M4	2	\$27,536	\$55,072
Costo Total Anual			\$538,406

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú

3.3.1.3.2. Aceites, refrigerante y grasa

En la Tabla 43, se muestran los costos fijos anuales de aceites, refrigerante y grasa, los cuales son consumibles que se utilizan en los mantenimientos preventivos. El camión KOM posee

menor costo fijo anual en consumibles respecto al camión CAT, cuya diferencia en costos es de USD 37,955. Esta diferencia es debida a que el camión CAT posee un sistema de transmisión mecánica, utilizando mayores volúmenes de aceite, en comparación con la transmisión eléctrica del camión KOM que utiliza menor volumen de aceite.

Tabla 43

Costo anual de aceites, refrigerante y grasa para el camión minero KOM 980E-5

Consumibles	Costo Anual (USD/camión)
Aceite de motor	\$18,360
Aceite hidráulico	\$6,489
Aceite de motor a tracción	\$2,189
Aceite de husillo, cubo	\$1,759
Refrigerante	\$2,942
Grasas (Multipropósito)	\$19,920
Costo Total Anual	\$51,659

Nota. El camión CAT posee un costo anual de USD 89,614 por camión. La diferencia de costos de USD 37,955 respecto al camión KOM es debido a un menor volumen de aceite usado en sus componentes eléctricos. Fuente: Elaboración propia, basado en la información por el proveedor del camión.

3.3.1.3.3. Componentes mayores

En esta sección se detallan los costos de los componentes mayores tanto nuevos como reparados de los camiones Komatsu 980E-5, Tabla 44. Además, se muestra la frecuencia de reemplazo y reparación.

Tabla 44

Lista de costos y frecuencias de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero KOM 980E-5

Componente	Cantidad/ camión	Frecuencia de reemplazo (hr)	Costo Nuevo (USD/unidad)	Frecuencia de reparación (hr)	Costo Reparación (USD/unidad)
Motor diésel	1	72000	\$1,183,336	18000	\$550,000
Radiador	1	36000	\$129,731	18000	\$15,534
Alternador principal	1	72000	\$721,162	18000	\$26,400
Rueda motorizada LH/RH	2	72000	\$402,103	20000	\$212,721
Transmisión eléctrica	2	80000	\$1,406,236	20000	\$212,721
Motor, soplador	2	60000	\$123,645	20000	\$18,399
Cilindro de dirección LH/RH	2	24000	\$10,087	12000	\$5,682
Cilindro de elevación LH/RH	2	66000	\$86,137	22000	\$24,136
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	2	54000	\$144,113	18000	\$31,209
Cilindro suspensión posterior LH/RH	2	50000	\$84,886	25000	\$29,531
Husillo, cubo y conjunto de freno	2	54000	\$158,302	18000	\$75,913

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

Para distribuir estos costos en un periodo de tiempo, nos ayudaremos de las horas operativas acumuladas del camión minero, y, junto a la frecuencia de reemplazo y frecuencia de reparación del componente, se determinará el año en que incurre el costo. En la Tabla 45, se detallan los costos de reemplazo y reparación de componentes mayores que incurren año a año para el horizonte de evaluación.

Tabla 45

Costos de reemplazo y reparación de componentes mayores del camión minero CAT 797F. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	5,994	5,994	5,853
Horas operativas acumuladas	hr/camión	6,065	12,129	18,194	24,258	30,252	36,246	42,099
Costo Reemplazo Componente Mayor								
Motor diésel	USD/camión							
Radiador	USD/camión						\$129,731	
Alternador principal	USD/camión							
Rueda motorizada LH/RH	USD/camión							
Transmisión eléctrica	USD/camión							
Motor, soplador	USD/camión							
Cilindro de dirección LH/RH	USD/camión				\$20,175			
Cilindro de elevación LH/RH	USD/camión							
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	USD/camión							
Cilindro suspensión posterior LH/RH	USD/camión							
Husillo, cubo y conjunto de freno	USD/camión							
Costo Reparación Componente Mayor								
Motor diésel	USD/camión			\$550,000			\$550,000	
Radiador	USD/camión			\$15,534				
Alternador principal	USD/camión			\$26,400			\$26,400	
Rueda motorizada LH/RH	USD/camión				\$425,442			\$425,442
Transmisión eléctrica	USD/camión				\$425,442			\$425,442
Motor, soplador	USD/camión				\$36,798			\$36,798
Cilindro de dirección LH/RH	USD/camión		\$11,364				\$11,364	
Cilindro de elevación LH/RH	USD/camión				\$48,272			
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	USD/camión			\$62,418			\$62,418	
Cilindro suspensión posterior LH/RH	USD/camión				\$59,062			
Husillo, cubo y conjunto de freno	USD/camión			\$151,826			\$151,826	
Costo Total Componente Mayor (Reemplazo + Reparación)	USD/camión		\$11,364	\$806,178	\$1,015,191		\$931,739	\$887,682

Descripción	Unidad	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Horas operativas	hr/camión	5,853	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782
Horas operativas acumuladas	hr/camión	47,952	53,735	59,517	65,300	71,082	76,865	82,647
Costo Reemplazo Componente Mayor								
Motor diésel	USD/camión					\$1,183,336		
Radiador	USD/camión					\$129,731		
Alternador principal	USD/camión					\$721,162		
Rueda motorizada LH/RH	USD/camión					\$804,205		
Transmisión eléctrica	USD/camión							\$2,812,473
Motor, soplador	USD/camión			\$247,290				
Cilindro de dirección LH/RH	USD/camión	\$20,175				\$20,175		
Cilindro de elevación LH/RH	USD/camión				\$172,275			
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	USD/camión		\$288,225					
Cilindro suspensión posterior LH/RH	USD/camión		\$169,772					
Husillo, cubo y conjunto de freno	USD/camión		\$316,605					
Costo Reparación Componente Mayor								
Motor diésel	USD/camión		\$550,000					
Radiador	USD/camión		\$15,534					
Alternador principal	USD/camión		\$26,400					
Rueda motorizada LH/RH	USD/camión			\$425,442				
Transmisión eléctrica	USD/camión			\$425,442				
Motor, soplador	USD/camión							\$36,798
Cilindro de dirección LH/RH	USD/camión			\$11,364				\$11,364
Cilindro de elevación LH/RH	USD/camión	\$48,272						
Cilindro de suspensión delantero LH/RH	USD/camión					\$62,418		
Cilindro suspensión posterior LH/RH	USD/camión						\$59,062	
Husillo, cubo y conjunto de freno	USD/camión					\$151,826		
Costo Total Componente Mayor (Reemplazo + Reparación)	USD/camión	\$68,447	\$1,366,536	\$1,109,538	\$172,275	\$3,072,853	\$59,062	\$2,860,635

Nota. El camión minero CAT 797F posee un mayor costo total de componente mayor proyectado (USD 13,747,152) en contraste con el camión minero KOM 980E-5 (USD 12,361,498). Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

3.3.1.3.4. Componentes menores

En esta sección se detallan los costos de los componentes menores tanto nuevos como reparados de los camiones Komatsu 980E-5, Tabla 46. Además, se muestra la frecuencia de reemplazo y reparación.

Tabla 46

Lista de costos y frecuencias de reemplazo y reparación de componentes menores del camión minero KOM 980E-5

Componente	Cantidad/ camión	Frecuencia de reemplazo (hr)	Costo Nuevo (USD/unidad)	Frecuencia de reparación (hr)	Costo Reparación (USD/unidad)
Válvula de control de dirección	1	18000	\$3,809	6000	\$5,736
Conjunto de acumulador de dirección	2	42000	\$11,257	14000	\$8,502
Colector de purgado	1	18000	\$27,608	6000	\$22,844
Bomba de dirección	1	51000	\$12,576	17000	\$11,486
Bomba de levante	1	54000	\$16,954	18000	\$14,028
Válvula de control de levante	1	18000	\$26,343	6000	\$28,336
Motor menor diésel	1	39000	\$127,080	13000	\$127,080

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor.

Para distribuir estos costos en un periodo de tiempo, nos ayudaremos de las horas operativas acumuladas del camión minero, y, junto a la frecuencia de reemplazo y frecuencia de reparación del componente, se determinará el año en que incurre el costo. En la Tabla 47, se detallan los costos de reemplazo y reparación de componentes menores que incurren año a año para el horizonte de evaluación.

Tabla 47

Costos de reemplazo y reparación de componentes menores del camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033

Descripción	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Horas operativas	hr/camión	6,065	6,065	6,065	6,065	5,994	5,994	5,853
Horas operativas acumuladas	hr/camión	6,065	12,129	18,194	24,258	30,252	36,246	42,099
Costo Reemplazo Componente Menor								
Válvula de control de dirección	USD/camión			\$5,736			\$5,736	
Conjunto de acumulador de dirección	USD/camión							\$17,003
Colector de purgado	USD/camión			\$22,844			\$22,844	
Bomba de dirección	USD/camión							
Bomba de levante	USD/camión							
Válvula de control de levante	USD/camión			\$28,336			\$28,336	
Motor menor diésel	USD/camión							\$127,080
Costo Reparación Componente Menor								
Válvula de control de dirección	USD/camión	\$4,495	\$4,495		\$4,495	\$4,495		\$4,495
Conjunto de acumulador de dirección	USD/camión			\$12,069		\$12,069		
Colector de purgado	USD/camión	\$17,213	\$17,213		\$17,213	\$17,213		\$17,213
Bomba de dirección	USD/camión			\$10,450			\$10,450	
Bomba de levante	USD/camión			\$10,992			\$10,992	
Válvula de control de levante	USD/camión	\$16,644	\$16,644		\$16,644	\$16,644		\$16,644
Motor menor diésel	USD/camión			\$84,720		\$84,720		
Costo Total Componente Menor (Reemplazo + Reparación)								
	USD/camión	\$38,352	\$38,352	\$175,147	\$38,352	\$135,141	\$78,359	\$182,435

Descripción	Unidad	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Horas operativas	hr/camión	5,853	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782
Horas operativas acumuladas	hr/camión	47,952	53,735	59,517	65,300	71,082	76,865	82,647
Costo Reemplazo Componente Menor								
Válvula de control de dirección	USD/camión		\$5,736			\$5,736		
Conjunto de acumulador de dirección	USD/camión							\$17,003
Colector de purgado	USD/camión		\$22,844			\$22,844		
Bomba de dirección	USD/camión		\$11,486					
Bomba de levante	USD/camión		\$14,028					
Válvula de control de levante	USD/camión		\$28,336			\$28,336		
Motor menor diésel	USD/camión						\$127,080	
Costo Reparación Componente Menor								
Válvula de control de dirección	USD/camión	\$4,495		\$4,495	\$4,495		\$4,495	\$4,495
Conjunto de acumulador de dirección	USD/camión			\$12,069		\$12,069		
Colector de purgado	USD/camión	\$17,213		\$17,213	\$17,213		\$17,213	\$17,213
Bomba de dirección	USD/camión					\$10,450		\$10,450
Bomba de levante	USD/camión					\$10,992		
Válvula de control de levante	USD/camión	\$16,644		\$16,644	\$16,644		\$16,644	\$16,644
Motor menor diésel	USD/camión		\$84,720		\$84,720			
Costo Total Componente Menor (Reemplazo + Reparación)	USD/camión	\$38,352	\$167,150	\$50,421	\$123,072	\$90,427	\$165,432	\$65,805

Nota. El camión minero CAT 797F posee un menor costo total de componente menor proyectado (USD 1,144,516) en contraste con el camión minero KOM 980E-5 (USD 1,386,797). Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión.

3.3.1.3.5. *Mantenimientos preventivos*

En la Tabla 48, se describen las frecuencias recomendadas de realización y los costos de mantenimiento preventivos definidos por el proveedor. El costo está compuesto por costos de materiales como filtros de aire, filtros de combustible, filtros de aceite, sellos y bellows.

Tabla 48
Costo de mantenimientos preventivos del camión minero KOM 980E-5

Descripción	Frecuencia (horas)	Costo (USD/camión)
Mantenimiento Preventivo 1	500	\$2,280
Mantenimiento Preventivo 2	1000	\$2,531
Mantenimiento Preventivo 3	1500	\$2,359

Nota. En un ciclo de frecuencia de 3000 hr, el costo promedio de mantenimientos preventivos del camión minero CAT 797F (USD 2,563) es mayor al del camión minero KOM 980E-5 (USD 2,390). El mantenimiento preventivo consta de las siguientes tareas: limpieza e inspección general, muestreos de aceite, filtros, tapones y rejillas, dializado de aceites, cambio de filtros y aceite de los diferentes sistemas del camión y pruebas de rendimiento. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor.

3.3.1.3.6. *Mantenimientos correctivos*

En la Tabla 39 se muestra los promedios de los costos de mantenimientos correctivos históricos en un periodo de análisis de 4 años de operación del camión minero KOM. Los costos se obtuvieron de una operación minera de similar condición operativa a la de Minera Chinalco.

Tabla 49
Costo de mantenimientos correctivos del camión minero KOM 980E-5

Año	Costo promedio (USD/camión)
Año 1	\$311,123
Año 2	\$520,572
Año 3	\$560,438
Año 4	\$485,582
Promedio	\$469,429

Nota. Los datos de mantenimientos correctivos para el camión KOM fueron obtenidos de una operación minera de similar condición operativa a la de Minera Chinalco. La disponibilidad promedio para esos años fue de 86%. Fuente: Elaboración propia, basado en la información histórica brindada por el Área de Mantenimiento de Minera Chinalco Perú

El promedio del costo correctivo es de USD 469,429, y está asociado a una disponibilidad promedio del 86%. La proyección se realizó por medio de la disponibilidad brindada por el proveedor. Estos costos promedios son proyectados en la Tabla 50 para el horizonte de evaluación.

Cabe recalcar que el camión CAT posee un mayor costo total de mantenimiento correctivos en el horizonte de evaluación, USD 7,861,162, frente a un costo total de mantenimientos correctivos de 6,069,041 para el camión KOM.

Tabla 50
Costos de mantenimiento correctivos para el camión minero KOM 980E-5. Proyección 2020-2033

Descripción	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Disponibilidad	91%	90%	89%	88%	87%	86%	86%
Costos Anuales (USD)	\$301,776	\$335,306	\$368,837	\$402,367	\$435,898	\$469,429	\$469,429
Descripción	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Disponibilidad	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%
Costos Anuales (USD)	\$469,429	\$469,429	\$469,429	\$469,429	\$469,429	\$469,429	\$469,429

Nota. El costo de mantenimiento correctivo en cada año de proyección es menor en el camión minero KOM 980E-5 respecto al camión minero CAT 797F.
Fuente: Elaboración propia, basado en la información histórica brindada por de una operación minera de similar condición operativa a la de Minera Chinalco.

3.3.1.4. Costos de eliminación

3.3.1.4.1. Depreciación y Valor de Salvamento

Mediante la ecuación 3 de la sección 3.1.3.4., se calcula el valor de salvamento. Para el caso del camión KOM 980E-5, su costo de adquisición es USD 12,334,939, $i=20\%$ y $n=14$ años, por lo tanto, al final de su ciclo de vida, su valor de salvamento es de USD 542,496.

3.3.1.4.2. Costos de desmantelamiento y retiro

El desmantelamiento y retiro, son las actividades para retirar el equipo de la línea de producción al final de su vida útil para su posterior venta. Como se observa en la Tabla 42, incluye el costo de alquiler de grúas, mano de obra del mantenedor y el transporte del camión desarmado. El camión KOM posee el mismo costo de desmantelamiento y retiro que el camión CAT debido a que las tareas involucradas no dependen de la tecnología del camión, la mantenibilidad de desarmado de componentes mayores es la misma para los dos camiones.

Tabla 51
Costo de desmantelamiento y retiro camión minero KOM 980E-5

	+	Costo (USD/camión)
2 grúas		\$130,000
Mano de Obra mantenedor		\$56,000
Transporte		\$350
Total		\$186,350

Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú

3.3.2. Indicadores

Una vez identificados los costos del ciclo de vida del cada camión, se procede a la elaboración de la estructura de costos. Los cálculos fueron realizados con la ayuda de la plantilla del Anexo 10. En la Tabla 52, se muestran el costo de adquisición, costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación del camión minero KOM980E-5 distribuidos como flujo en

el horizonte de evaluación de 14 años (2020-2033). Además, se muestra el cálculo del indicador económico, Costo del Ciclo de Vida, el cual es el flujo neto de todos los costos en cada año llevado al valor presente. El valor presente se calcula mediante la Ecuación 5 de la sección 3.2.3. ($i=8\%$, $n=14$ años) En base a la tabla 45, se calcularon los indicadores económicos adicionales relacionados a la variable independiente (Camión minero KOM 980E-5) y variable independiente (Costo Operativo).

Para el cálculo de los indicadores de la variable independiente, mediante la Ecuación 5 de la sección 3.2.3, se calculó el VP de los costos futuros de cada dimensión (costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación). Cabe resaltar que el costo de adquisición incurre en el año 0, así que no se calcula su valor presente. En la Tabla 53 se detallan el cálculo de estos indicadores.

Para el cálculo del indicador de la variable dependiente, mediante la Ecuación 4 de la sección 3.1.4., se calcula costo unitario de Operaciones y Mantenimiento el cual se encuentra en detalle en la Tabla 54.

Tabla 52
Estructura de costos del ciclo de vida del camión minero KOM 980E-5

Descripción	Unidad	Año							
		0	1	2	3	4	5	6	7
			2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Tonelada movida	ton/camión		5,105,083	5,112,941	3,678,214	3,653,422	4,292,720	5,180,092	3,539,419
Horas operativas	hr/camión		6,417	6,347	6,276	6,206	6,135	6,065	6,065
Horas operativas acumuladas	hr/camión		6,417	12,764	19,040	25,245	31,381	37,445	43,510
Costo Adquisición	USD/camión	\$12,334,939							
Costo Operación									
Mano de obra operador MCP	USD/camión		\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986
Consumo Kit antidesgaste	USD/camión			\$19,727		\$19,727	\$19,727		\$19,727
Consumo de neumáticos	USD/camión		\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$543,840	\$271,920
Consumo de diésel	USD/camión		\$2,251,416	\$2,215,058	\$2,440,733	\$2,410,305	\$2,259,251	\$2,063,137	\$2,361,151
Costo Total Operación	USD/camión		\$2,702,322	\$2,685,690	\$2,891,638	\$2,880,938	\$2,729,884	\$2,785,962	\$2,831,784
Costo Mantenimiento									
Mano de obra mantenedor MCP	USD/camión		\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406
Aceites y Refrigerante	USD/camión		\$51,659	\$51,659	\$51,659	\$51,659	\$51,659	\$51,659	\$51,659
Componentes Mayores	USD/camión			\$11,364	\$806,178	\$1,015,191		\$931,739	\$887,682
Componentes Menores	USD/camión		\$38,352	\$38,352	\$175,147	\$38,352	\$135,141	\$78,359	\$182,435
PMs	USD/camión		\$28,680	\$28,680	\$28,680	\$28,680	\$28,680	\$28,680	\$28,680
Paradas No Programadas	USD/camión		\$301,776	\$335,306	\$368,837	\$402,367	\$435,898	\$469,429	\$469,429
Costo Total Mantenimiento	USD/camión		\$958,872	\$1,003,767	\$1,968,907	\$2,074,655	\$1,189,783	\$2,098,271	\$2,158,291
Costos de Eliminación									
Costo de Desmantelamiento y Retiro	USD/camión								
Valor de Salvamento	USD/camión								
Costo Total Eliminación	USD/camión								
Costo Total del Ciclo de vida	USD/camión	\$12,334,939	\$3,661,194	\$3,689,457	\$4,860,545	\$4,955,593	\$3,919,667	\$4,884,233	\$4,990,074
Tasa 8%									
VPN (Costo del Ciclo de Vida)	USD/camión	\$50,191,423							

Descripción	Unidad	Año							
		0	8	9	10	11	12	13	14
			2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Tonelada movida	ton/camión		5,726,345	4,759,280	4,129,163	4,129,163	4,129,163	4,188,485	4,188,485
Horas operativas	hr/camión		6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065
Horas operativas acumuladas	hr/camión		49,574	55,639	61,703	67,768	73,832	79,897	85,961
Costo Adquisición	USD/camión	\$12,334,939							
Costo Operación									
Mano de obra operador MCP	USD/camión		\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986	\$178,986
Consumo Kit antidesgaste	USD/camión			\$19,727	\$19,727		\$19,727		\$19,727
Consumo de neumáticos	USD/camión		\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$271,920	\$543,840	\$271,920
Consumo de diésel	USD/camión		\$1,963,914	\$2,139,574	\$2,254,029	\$2,254,029	\$2,254,029	\$2,254,029	\$2,254,029
Costo Total Operación	USD/camión		\$2,414,820	\$2,610,206	\$2,724,662	\$2,704,935	\$2,724,662	\$2,976,855	\$2,724,662
Costo Mantenimiento									
Mano de obra mantenedor MCP	USD/camión		\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406	\$538,406
Aceites y Refrigerante	USD/camión		\$51,659	\$51,659	\$51,659	\$51,659	\$51,659	\$51,659	\$51,659
Componentes Mayores	USD/camión		\$68,447	\$1,366,536	\$1,109,538	\$172,275	\$3,072,853	\$59,062	\$2,860,635
Componentes Menores	USD/camión		\$38,352	\$167,150	\$50,421	\$123,072	\$90,427	\$165,432	\$65,805
PMs	USD/camión		\$28,680	\$28,680	\$28,680	\$28,680	\$28,680	\$28,680	\$28,680
Paradas No Programadas	USD/camión		\$469,429	\$469,429	\$469,429	\$469,429	\$469,429	\$469,429	\$469,429
Costo Total Mantenimiento	USD/camión		\$1,194,972	\$2,621,859	\$2,248,132	\$1,383,520	\$4,251,453	\$1,312,667	\$4,014,614
Costos de Eliminación									
Costo de Desmantelamiento y Retiro	USD/camión								\$186,350
Valor de Salvamento	USD/camión								-\$542,496
Costo Total Eliminación	USD/camión								-\$356,146
Costo Total del Ciclo de vida	USD/camión	\$12,334,939	\$3,609,792	\$5,232,065	\$4,972,794	\$4,088,455	\$6,976,115	\$4,289,522	\$6,383,129
Tasa 8%									
VPN (Costo del Ciclo de Vida)	USD/camión	\$50,191,423							

Nota. El “Año 0” representa los costos previos antes del funcionamiento o puesta en marcha del activo. Del “Año 1” al “Año 14”, representan el funcionamiento u operación del activo. El signo negativo en el “Año 14”, significa que se obtiene un ingreso por la venta del activo al final de su ciclo de vida. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el proveedor del camión KOM 980E-5, Área de Planeamiento a Largo Plazo, Área de Operaciones, Área de Mantenimiento y Área de Costos de Minera Chinalco Perú.

Tabla 53

Valores Presentes de los costos operativos del camión minero KOM 980E-5

Descripción	Unidad	Año						
		1	2	3	4	5	6	7
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,702,322	\$2,685,690	\$2,891,638	\$2,880,938	\$2,729,884	\$2,785,962	\$2,831,784
Valor Presente	USD/camión	\$2,502,150	\$2,302,547	\$2,295,476	\$2,117,575	\$1,857,913	\$1,755,629	\$1,652,319
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$958,872	\$1,003,767	\$1,968,907	\$2,074,655	\$1,189,783	\$2,098,271	\$2,158,291
Valor Presente	USD/camión	\$887,845	\$860,568	\$1,562,982	\$1,524,933	\$809,747	\$1,322,267	\$1,259,342
Costo Operativo Total	USD/camión							

Descripción	Unidad	Año						
		8	9	10	11	12	13	14
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,414,820	\$2,610,206	\$2,724,662	\$2,704,935	\$2,724,662	\$2,976,855	\$2,724,662
Valor Presente	USD/camión	\$1,304,652	\$1,305,753	\$1,262,046	\$1,160,100	\$1,082,001	\$1,094,583	\$927,641
				VP Costo Total Operación			22,620,383	USD/camión
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$1,194,972	\$2,621,859	\$2,248,132	\$1,383,520	\$4,251,453	\$1,312,667	\$4,014,614
Valor Presente	USD/camión	\$645,606	\$1,311,582	\$1,041,320	\$593,368	\$1,688,311	\$482,665	\$1,366,820
				VP Costo Total Mantenimiento			15,357,355	USD/camión
Costo Operativo Total	USD/camión			VP Costo Operativo Total			37,977,738	USD/camión

Nota. No se calcula el VP para el costo de adquisición ya que está presente en el "Año 0". El signo negativo en el "Año 14", significa que se obtiene un ingreso por la venta del activo al final de su ciclo de vida. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54

Costo unitario de Operación y Mantenimiento del camión minero KOM 980E-5

Descripción	Unidad	1	2	3	4	5	6	7
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Tonelada movida	ton/camión	5,105,083	5,112,941	3,678,214	3,653,422	4,292,720	5,180,092	3,539,419
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,702,322	\$2,685,690	\$2,891,638	\$2,880,938	\$2,729,884	\$2,785,962	\$2,831,784
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$958,872	\$1,003,767	\$1,968,907	\$2,074,655	\$1,189,783	\$2,098,271	\$2,158,291

Descripción	Unidad	8	9	10	11	12	13	14	
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
Tonelada movida	ton/camión	5,726,345	4,759,280	4,129,163	4,129,163	4,129,163	4,188,485	4,188,485	
							Toneladas movidas totales	61,811,977	ton/camión
Costo Total Operación	USD/camión	\$2,414,820	\$2,610,206	\$2,724,662	\$2,704,935	\$2,724,662	\$2,976,855	\$2,724,662	
							Costo Total Operaciones	38,389,018	USD/camión
Costo Total Mantenimiento	USD/camión	\$1,194,972	\$2,621,859	\$2,248,132	\$1,383,520	\$4,251,453	\$1,312,667	\$4,014,614	
							Costo Total Mantenimiento	28,479,763	USD/camión
							Costo unitario Operaciones	0.62	USD/tonelada movida
							Costo unitario Mantenimiento	0.46	USD/tonelada movida
							Costo unitario Total	1.08	USD/tonelada movida

Nota. Los valores mostrados no están en VP. El costo unitario se calcula dividiendo el Costo a considerar entre las toneladas movidas totales del camión.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los cálculos realizados en las Tablas 52, 53 y 54, se elabora el consolidado en la Tabla 55 de los indicadores económicos del camión minero KOM 980E-5 (valor presente de los costos del ciclo de vida y costo unitario).

Tabla 55
Indicadores del camión minero KOM 980E-5

Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Cantidad
		Técnica	Tipo de camión	-	Eléctrico
Variable Independiente	Camión minero KOM 980E-5	Operativa	Disponibilidad operativa	% Porcentaje	87.1
			Consumo de combustible	gal/hr	129
			Uso de Disponibilidad	%	80.5
			Horas operativas acumuladas	hr	85,961
			Productividad	ton/hr	719.0
			Producción anual por camión	Tonelada movida/camión	4,415,141
		Adquisición	Costo de Adquisición	USD/camión	\$12.33M
		Propiedad	Costo operativo Operaciones	USD/camión	\$22.62M
			Costo unitario Operaciones	USD/tonelada movida	0.62
Variable Dependiente	Costo Operativo		Costo operativo Mantenimiento	USD/camión	\$15.36M
			Costo unitario Mantenimiento	USD/tonelada movida	0.46
		Eliminación	Costo de Eliminación	USD/camión	-\$0.12M
		Ciclo de vida	Costo del Ciclo de Vida	USD/camión	\$50.19M
			Costo Operativo Total	USD/camión	\$37.98M
			Costo unitario del Ciclo de Vida	USD/tonelada movida	1.08

Nota. Las dimensiones Costo de Adquisición, Operación, Mantenimiento y Eliminación (USD/camión) están en VP, así como los costos operativos. (USD= USD 1 000 000). El signo negativo significa que se obtiene un ingreso por la venta del activo al final de su ciclo de vida. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Evaluación de indicadores para la selección de camiones mineros

Con la implementación de la metodología de la norma ISO 15663 para la selección de camiones mineros, se analiza en detalle los costos a lo largo del ciclo de vida del activo y permite tomar una mejor decisión con visión a largo plazo. En la Tabla 56, se muestra el consolidado de indicadores económicos para los dos modelos de camiones mineros (valor presente de los costos del ciclo de vida, costos operativos, y costo unitario).

Tabla 56
Indicadores de los camiones mineros CAT 797F y KOM 980E-5

Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades	CAT 797F	KOM 980E-5	
		Técnica	Tipo de camión	-	Mecánico	Eléctrico	
Variable Independiente	Camión minero	Operativa	Disponibilidad operativa	% Porcentaje	83.7	87.1	
			Consumo de combustible	gal/hr	138.1	129	
			Uso de Disponibilidad	%	80.5	80.5	
			Horas operativas acumuladas	hr	82,647	85,961	
			Productividad	ton/hr	749.4	719.0	
			Producción anual por camión	Tonelada movida/camión	4,419,496	4,415,141	
			Adquisición	Costo de Adquisición	USD/camión	\$9.66M	\$12.33M
				Costo operativo Operaciones	USD/camión	\$23.14M	\$22.62M
				Costo unitario Operaciones	USD/tonelada movida	0.63	0.62
			Variable Dependiente	Costo Operativo	Propiedad	Costo operativo Mantenimiento	USD/camión
Costo unitario Mantenimiento	USD/tonelada movida	0.52				0.46	
Eliminación	Costo de Eliminación	USD/camión				-\$0.08M	-\$0.12M
	Ciclo de vida	Costo del Ciclo de Vida	USD/camión	\$50.81M	\$50.19M		
				Costo Operativo Total	USD/camión	\$41.23M	\$37.98M

Costo unitario del Ciclo de Vida	USD/tonelada movida	1.15	1.08
<p><i>Nota.</i> Las dimensiones Costo de Adquisición, Operación, Mantenimiento y Eliminación (USD/camión) están en VP, así como los costos operativos. (USDM= USD 1 000 000). El signo negativo significa que se obtiene un ingreso por la venta del activo al final de su ciclo de vida. Fuente: Elaboración propia, basado en los cálculos realizados.</p>			

Según la Tabla 56, el camión minero KOM 980E-5 (tracción eléctrica) ofrece una mayor disponibilidad proyectada para el periodo 2020-2033 respecto al camión minero CAT 797 (tracción mecánica). En valores promedios, el camión KOM ofrece 87.1% y el camión el CAT ofrece 83.7%. La disponibilidad del camión KOM es mayor a la del camión CAT, debido a que estamos comparando un camión eléctrico con un camión mecánico, siendo el camión eléctrico el que posee menos modos de falla debido a la menor cantidad de componentes mecánicos que este posee. Además, el consumo horario promedio de combustible para el camión CAT es de 138,1 gal/hr frente a 129 gal/hr del camión KOM. Cabe señalar, que los valores de disponibilidad futuros fueron brindados por el proveedor y es definido de acuerdo a su plan de mantenimientos preventivos y plan de cambio de componentes mayores y menores. Para el caso del consumo horario promedio de combustible, fueron brindados por el Área de Planeamiento a Largo Plazo de Minera Chinalco Perú. Estos valores están definidos para cumplir con los futuros planes de minado. Se ha considerado el uso de la disponibilidad igual en ambos camiones ya que Minera Chinalco dispondrá iguales horas de funcionamiento para ambos tipos de camiones. En el horizonte de análisis, el camión KOM presenta más horas acumuladas, 3314 hr más de operación debido a la mayor disponibilidad ofrecida. El camión CAT posee una productividad y producción anual promedios por camión mayor que el camión KOM, debido a una diferencia de velocidades de transporte entre camiones.

El camión minero CAT 797F posee un costo de adquisición menor de USDM 9.66 en comparación al camión minero KOM 980E-5 que posee un costo de adquisición de USDM 12.33.

Para los procedimientos actuales de selección que tiene Minera Chinalco Perú, la selección de camiones mineros estaría dado por el costo de adquisición más bajo. En el análisis del desglose de los costos de los camiones mineros se analiza lo siguiente. Respecto a las dimensiones de operación y mantenimiento, el camión minero KOM posee menores costos operativos que el camión CAT. El costo de operación y mantenimiento para el camión CAT es de USD 23.14 y USD 18.09, respectivamente, y para el camión KOM es de USD 22.62 y USD 15.36, respectivamente. El costo de eliminación es mayor en el camión minero KOM 980E-5, lo que significa que se obtienen un mayor ingreso con la venta del activo al final de su vida útil.

El costo del ciclo de vida, es la suma del costo de adquisición, costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación. El camión minero CAT 797F posee un valor de USDM 50.81 para su costo del ciclo de vida, USDM 0.61 (USD 613,840.87) más que el costo del ciclo de vida del camión minero KOM 980E-5 el cual es de USDM 50.19. Vale decir que el ahorro en costos por un camión es de USD 634,040 en un horizonte de análisis de 14 años (2020-2033)

Respecto al costo unitario de Operaciones y Mantenimiento (USD/Tonelada movida), el camión minero CAT 797F resulta en un valor de 0.63 y 0.52, respectivamente y el camión minero KOM 980E-5 en 0.62 y 0.46, respectivamente. El costo unitario total, la suma del costo unitario de Operaciones y Mantenimiento, resulta en 1.148 para el camión CAT y 1.082 para el camión KOM. La selección del camión minero KOM 980E-5 conlleva ahorros potenciales en costos unitarios y, por consiguiente, ahorros en costos operativos para la Flota camiones de USD 0.066 por tonelada movida.

En el año 2019, las toneladas movidas totales en Mina fueron de 128,351,539 ton. En la Tabla 57, se observa que, la aplicación del ahorro potencial de 0.066 USD/Tonelada movida por la selección y compra de 4 camiones mineros KOM reduce el costo operativo en USD 1,171,501.

Una reducción de 1.2% respecto al costo del año 2019, resultando el nuevo costo operativo en USD 94,470,526.

Tabla 57
Reducción de costos operativos 2019 en la Flota de Camiones

Descripción	Unidad	Valor
Toneladas movidas 2019	ton	128,351,539
Ahorro Potencial del camión KOM980E-5	USD/tonelada movida	0.066
Ahorro Potencial con 29 camiones KOM980E-5 en Costo operativo Flota Camiones 2019	USD	\$8,493,385
Ahorro Potencial con 4 camiones KOM980E-5 en Costo operativo Flota Camiones 2019	USD	\$1,171,501
Costo Operativo Flota Camiones Antes	USD	\$95,642,028
Costo Operativo Flota Camiones Después	USD	\$94,470,526

Nota. Cálculos realizados en base a un camión. Fuente: Elaboración propia, basado en los cálculos realizados.

3.5. Cálculo y análisis de viabilidad económica

La evaluación del proyecto compara, mediante instrumentos, si el flujo de caja proyectado permite obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión. Los métodos a utilizar para la evaluación de la viabilidad económica para determinar la rentabilidad del proyecto al realizar la compra de 4 camiones mineros de 400 toneladas cortas en Minera Chinalco son: valor presente neto o VPN, la tasa interna de retorno o TIR y el periodo de recuperación.

Ahora se calcula el VPN para la adquisición de los 4 camiones, considerando los ingresos debido a las toneladas movidas de mineral de cobre. La tabla 58, muestra los porcentajes de conversión para llegar al “contenido pagable” o cobre fino, el cual es el peso de cobre al cual debe aplicarse la cotización internacional del cobre establecido por la L.M.E. El precio del cobre fino es de 2.5 USD/lb (5500 USD/Ton) en el mercado internacional, según la L.M.E (London Metal Exchange), Gestión (2020).

Tabla 58
Datos para el cálculo de los ingresos por venta de cobre fino

Descripción	Unidad
Porcentaje de conversión de toneladas movidas a Concentrado de Cobre %	0.82%
Porcentaje seco % (100% - Porcentaje de humedad%)	90%
Porcentaje reducción Merma %	99.5%
Porcentaje de Cu en concentrado %	30%
Factor de Recuperación %	85%

Nota. Los valores mencionados dependen de la operación minera. Fuente: Elaboración propia, basado en la información brindada por el Área de Operaciones de Minera Chinalco Perú.

Por lo tanto, para obtener el “contenido pagable” en TMF (Toneladas Métricas Finas) a partir del concentrado de cobre, utilizaremos la Ecuación 6

Cobre Fino (Contenido Pagable de cobre)

$$= \text{Toneladas movidas} \times 0.82\% \times 90\% \times 99.5\% \times 30\% \times 85\% \quad \text{Ecuación 6}$$

Una vez obtenida la cantidad de cobre fino se multiplica por el precio de cotización internacional (5500 USD/Ton) para obtener los ingresos por venta. Los ingresos obtenidos son para todos los procesos productivos de la Mina (carguío, acarreo, transporte de mineral hacia chancado, planta concentradora) involucrados conjuntamente para obtener el producto final, concentrado de cobre. El ingreso por venta de cobre fino exclusivamente para los camiones mineros es de aproximadamente 14% del ingreso total. Este valor ha sido determinado por el Área de Costos de Minera Chinalco Perú de acuerdo al impacto que posee la flota de carguío en los procesos productivos que posee la mina.

El cálculo y análisis de viabilidad para la selección y adquisición de 4 camiones mineros CAT 797F y KOM 980E-5 se muestran en la Tabla 59 y Tabla 60, respectivamente. Para el camión minero CAT 797F, el VPN con una tasa de interés de 8% es de USD 5,833,342 con un TIR 10.7%

y un periodo de recuperación de 11.1 años. Para el camión minero KOM 980E-5, el VPN con una tasa de interés de 8% es de USD 11,070,768 con un TIR 12.9% y un periodo de recuperación de 7.7 años. Se observa, que el proyecto de selección y adquisición de los camiones KOM crea más valor para la empresa, con una rentabilidad superior al 8% y con un periodo de recuperación menor de 10 años.

Tabla 59

Calculo y Análisis de viabilidad económica para el camión minero CAT 797F

Descripción	Año							
	0	1	2	3	4	5	6	7
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Tonelada movida mineral (ton)	18,092,936	18,209,100	13,406,268	13,765,712	17,441,408	21,719,620	18,750,908	
Cobre fino (Contenido Pagable, TMF)	33,879	34,096	25,103	25,776	32,659	40,670	35,111	
Ingresos por venta Cobre Fino. Operación Minera (USD)	\$186,333,679	\$187,530,017	\$138,067,102	\$141,768,907	\$179,623,789	\$223,683,802	\$193,109,934	
Ingresos por venta Cobre Fino. Camión (14%, USD)	\$26,086,715	\$26,254,202	\$19,329,394	\$19,847,647	\$25,147,331	\$31,315,732	\$27,035,391	
Costo Adquisición (USD)	-\$38,641,300							
Costo Total Operación (USD)	-\$11,617,924	-\$11,591,796	-\$11,764,150	-\$11,836,193	-\$11,069,748	-\$10,245,142	-\$10,604,456	
Costo Total Mantenimiento (USD)	-\$4,565,890	-\$5,019,925	-\$13,357,852	-\$5,281,773	-\$13,511,903	-\$4,851,029	-\$9,397,272	
Costos Eliminación (USD)								
Flujo de caja (USD)	-\$38,641,300	\$9,902,901	\$9,642,481	-\$5,792,608	\$2,729,681	\$565,680	\$16,219,561	\$7,033,663
Flujo valor presente (USD)	-\$38,641,300	\$9,169,353	\$8,266,873	-\$4,598,359	\$2,006,397	\$384,992	\$10,221,075	\$4,104,075
Valor presente Acumulado (USD)	-\$38,641,300	-\$29,471,947	-\$21,205,074	-\$25,803,433	-\$23,797,036	-\$23,412,043	-\$13,190,968	-\$9,086,893
VPN (USD Tasa 8%)	\$5,833,432							
TIR (%)	10.7%							
PR (años)	11.07							

Descripción	Año							
	0	8	9	10	11	12	13	14
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Tonelada movida mineral (ton)		21,911,732	18,953,380	17,048,144	17,048,144	17,048,144	17,048,144	17,048,144
Cobre fino (Contenido Pagable, TMF)		41,030	35,490	31,922	31,922	31,922	31,922	31,922
Ingresos por venta Cobre Fino. Operación Minera (USD)		\$225,662,305	\$195,195,132	\$175,573,682	\$175,573,682	\$175,573,682	\$175,573,682	\$175,573,682
Ingresos por venta Cobre Fino. Camión (14%, USD)		31,592,723	27,327,318	24,580,316	24,580,316	24,580,316	24,580,316	24,580,316
Costo Adquisición (USD)	-\$38,641,300							
Costo Total Operación (USD)		-\$11,402,534	-\$10,689,199	-\$11,031,184	-\$11,110,092	-\$11,110,092	-\$11,031,184	-\$11,110,092
Costo Total Mantenimiento (USD)		-\$11,055,574	-\$13,903,613	-\$5,219,921	-\$16,454,135	-\$5,568,709	-\$10,265,872	-\$9,448,952
Costos Eliminación (USD)								\$954,064
Flujo de caja (USD)	-\$38,641,300	\$9,134,615	\$2,734,506	\$8,329,211	-\$2,983,911	\$7,901,515	\$3,283,260	\$4,975,336
Flujo valor presente (USD)	-\$38,641,300	\$4,935,148	\$1,367,934	\$3,858,036	-\$1,279,748	\$3,137,800	\$1,207,248	\$1,693,908
Valor presente Acumulado (USD)	-\$38,641,300	-\$4,151,745	-\$2,783,811	\$1,074,225	-\$205,524	\$2,932,277	\$4,139,524	\$5,833,432
VPN (USD Tasa 8%)		\$5,833,432						
TIR (%)		10.7%						
PR (años)		11.07						

Nota. Cálculo realizado considerando 4 camiones. Fuente: Elaboración propia, basado en los cálculos realizados.

Tabla 60
Calculo y Análisis de viabilidad económica para el camión minero KOM 980E-5

Descripción	0	1	2	3	4	5	6	7
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Tonelada movida mineral (ton)		20,420,331	20,451,765	14,712,856	14,613,689	17,170,880	20,720,368	14,157,674
Cobre fino (Contenido Pagable, TMF)		38,237	38,296	27,550	27,364	32,152	38,799	26,510
Ingresos por venta Cobre Fino. Operación Minera (USD)		\$210,302,822	\$210,626,541	\$151,523,262	\$150,501,968	\$176,837,704	\$213,392,812	\$145,805,609
Ingresos por venta Cobre Fino. Camión (14%, USD)		\$29,442,395	\$29,487,716	\$21,213,257	\$21,070,276	\$24,757,279	\$29,874,994	\$20,412,785
Costo Adquisición (USD)	-\$49,339,754							
Costo Total Operación (USD)		-\$10,809,286	-\$10,742,761	-\$11,566,554	-\$11,523,751	-\$10,919,535	-\$11,143,849	-\$11,327,135
Costo Total Mantenimiento (USD)		-\$3,835,489	-\$4,015,068	-\$7,875,628	-\$8,298,620	-\$4,759,133	-\$8,393,084	-\$8,633,162
Costos Eliminación (USD)								
Flujo de caja (USD)	-\$49,339,754	\$14,797,620	\$14,729,887	\$1,771,075	\$1,247,905	\$9,078,610	\$10,338,061	\$452,488
Flujo valor presente (USD)	-\$49,339,754	\$13,701,500	\$12,628,504	\$1,405,937	\$917,247	\$6,178,749	\$6,514,732	\$264,022
Valor presente Acumulado (USD)	-\$49,339,754	-\$35,638,254	-\$23,009,750	-\$21,603,814	-\$20,686,566	-\$14,507,817	-\$7,993,085	-\$7,729,063
VPN (USD)		\$11,070,768						
Tasa 8%								
TIR (%)		12.9%						
PR (años)		7.77						

Descripción	0	8	9	10	11	12	13	14
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Tonelada movida mineral (ton)		22,905,381	19,037,119	16,516,654	16,516,654	16,516,654	16,753,941	16,753,941
Cobre fino (Contenido Pagable, TMF)		42,890	35,647	30,927	30,927	30,927	31,372	31,372
Ingresos por venta Cobre Fino. Operación Minera (USD)		\$235,895,595	\$196,057,538	\$170,100,022	\$170,100,022	\$170,100,022	\$172,543,777	\$172,543,777
Ingresos por venta Cobre Fino. Camión (14%, USD)		\$33,025,383	\$27,448,055	\$23,814,003	\$23,814,003	\$23,814,003	\$24,156,129	\$24,156,129
Costo Adquisición (USD)	-\$49,339,754							
Costo Total Operación (USD)		-\$9,659,280	-\$10,440,825	-\$10,898,646	-\$10,819,738	-\$10,898,646	-\$11,907,418	-\$10,898,646
Costo Total Mantenimiento (USD)		-\$4,779,889	-\$10,487,436	-\$8,992,528	-\$5,534,080	-\$17,005,813	-\$5,250,669	-\$16,058,455
Costos Eliminación (USD)								\$1,424,585
Flujo de caja (USD)	-\$49,339,754	\$18,586,215	\$6,519,794	\$3,922,829	\$7,460,185	-\$4,090,457	\$6,998,041	-\$1,376,387
Flujo valor presente (USD)	-\$49,339,754	\$10,041,554	\$3,261,520	\$1,817,029	\$3,199,545	-\$1,624,377	\$2,573,165	-\$468,606
Valor presente Acumulado (USD)	-\$49,339,754	\$2,312,491	\$5,574,011	\$7,391,040	\$10,590,586	\$8,966,209	\$11,539,374	\$11,070,768
VPN (USD)		\$11,070,768						
Tasa 8%								
TIR (%)		12.9%						
PR (años)		7.77						

Nota. Cálculo realizado considerando 4 camiones. Según la Tabla 59 para el camión minero CAT 797F, el VPN con una tasa de interés de 8% es de USD 5,833,342 con un TIR 10.7% y un periodo de recuperación de 11.1 años. La selección y adquisición de los camiones KOM crea más valor para la empresa en términos de VPN, TIR y periodo de recuperación. Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV. DISCUSION Y RESULTADOS

4.1. Discusión

- A partir de los resultados obtenidos se acepta la hipótesis general que establece que “Mediante la selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663, se logrará disminuir los costos operativos en la flota de camiones de Minera Chinalco Perú”.
- Se concuerda con lo mencionado por Chuin (2013) y Galar et al. (2017), indica que, con demasiada frecuencia, las opiniones basadas en el costo de adquisición resultan en ineficaces ventajas de costos a corto plazo y desventajas en costos a largo. En el estudio, el costo de adquisición del camión Komatsu es mayor al camión Caterpillar. Sin embargo, según el análisis de LCC a través de la norma ISO 15663, se determina que el camión Komatsu posee menor costo del ciclo de vida (menores costos operativos) en comparación al camión Caterpillar.
- “La decisión de comprar un activo no solo está condicionada por el costo inicial del activo (CAPEX) sino también por la previsión de los costos de operación y mantenimiento durante el ciclo de vida (OPEX)”. Van der Lei et al. (2012) y Fuenmayor (2020), se concuerda, que los requerimientos de la norma ISO 15663 permiten identificar y analizar de los costos que incurren a lo largo del ciclo de vida de un activo físico en las dimensiones de Adquisición, Operación, Mantenimiento e Eliminación.
- La estimación del costo unitario permite a la organización elaborar presupuestos de operación de la empresa, así como establecer el programa de producción. Permite elaborar su política de precios, sin arriesgarse a tener pérdidas, Torres (2013). En este punto, validamos la reducción del costo operativo proyectado en la flota de camiones en base a la estimación del costo unitario del camión.

- Como implicancia, la ejecución de este proyecto con el resultado esperado, puede dar origen a la aplicación del estándar en diversas áreas de la organización donde exista oportunidad de seleccionar activos. Cornejo (2012) y Reyes (2018), se concuerda, este estudio, así como otros, son muestra práctica de que la metodología LCC basada en la norma ISO 15663 u otros estándares internacionales, es una herramienta que puede ser implementada en diversos sectores productivos para la reducción de costos operativos a largo plazo.

4.2. Conclusiones

- Se seleccionó el camión de 400 ton identificando y analizando los costos del ciclo de vida que refiere la norma ISO 15663 para la reducción de los costos operativos en la flota camiones de Minera Chinalco Perú.
- Se logró diagnosticar la situación actual de la flota de camiones Caterpillar midiendo la disponibilidad operativa y los costos operativos. Se identifica que la disponibilidad real del 2019, 80.2%, está por debajo de la meta de disponibilidad en 8.9%. Con respecto a los costos operativos de la flota de camiones, se está por 22.2% encima del presupuesto.
- Se logró describir los aspectos económicos del camión minero CAT 797F y KOM 980E-5 bajo la norma ISO 15663, identificando el Costo de Adquisición, Costo de Operación, Costo de Mantenimiento y Costo de Eliminación. Además, se calculó el Costo del Ciclo de Vida y el costo unitario de Mantenimiento bajo un horizonte de análisis de 14 años (2020-2033).
- De acuerdo con resultados del análisis de LCC bajo la norma ISO15663, se concluye que, los costos operativos del camión minero Komatsu 980E-5 son menores a los del camión Caterpillar 797F en 634,040 USD/camión (valor presente) en el horizonte de evaluación de

14 años, 2020-2033. La aplicación del ahorro potencial de 0.066 USD/Tonelada movida por la selección y compra de 4 camiones mineros KOM reduce el costo operativo en USD 1,171,501, 1.2% de reducción respecto al costo real en la de flota camiones en el año 2019. El análisis de viabilidad económica del proyecto dio como resultado para el camión minero CAT 797F un VPN de USD 5,833,342, TIR 10.7% y un periodo de recuperación de 11.1 años y para el camión minero KOM 980E-5 un VPN de USD 11,070,768, TIR 12.9% y un periodo de recuperación de 7.7 años. Se concluye que el camión KOM es seleccionado para la compra de 4 camiones mineros, debido a que el proyecto crea más valor, posee una rentabilidad por encima de la rentabilidad mínima requerida por el inversionista y tiene un periodo de recuperación menor en comparación con la marca CAT.

- La propuesta de implementación en la selección de activos bajo la norma ISO 15663 permitirá tomar una decisión, no solo en base al costo de adquisición inicial, los cumplimientos técnicos y las experiencias previas, sino al costo completo del ciclo de vida del activo. Las decisiones tomadas tendrán implicancia en los costos operativos y costos unitarios, y aplicada junto a la mejora continua, permitirá cumplir con los objetivos organizacionales.

REFERENCIAS

- Allen, M. (2017). *The certified reliability engineer handbook*. Wisconsin, Estados Unidos: ASQ Quality Press.
- Barringer, P., & Weber, D. (1996). *Life Cycle Cost Tutorial*. Houston: Gulf Publishing Company and Hydrocarbon Processing.
- Caterpillar Inc. (2020). *Camiones mineros 797F*.
https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks/18093014.html
- Cerda, H. (2001). *La Investigación Total. La Unidad Metodologica en la Investigacion Cientifica*. España: Magisterio..
- Minera Chinalco Perú S.A. (2012). *Producción y Beneficios*.
<https://proveedores.chinalco.com.pe/es/producci%C3%B3n-y-beneficios>
- Chuin, M. (2013). *Life Cycle Cost for Modification Project* (Tesis de Mestría). Universidad de Stavanger, Stavanger, Noruega.
- Cornejo, A. (2012). *Selección de una bomba centrífuga mediante el análisis de costo de ciclo de vida - Aplicación planta Aceros Arequipa* (Informe de Suficiencia profesional). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Flores, A., & McCaherty, J. (2007). *Metrics (KPI's) to asses process maintenance*. Estados Unidos: Caterpillar Inc.
- Fuenmayor, E. (2020). *Selección de un activo físico considerando sus costos en el ciclo de vida*.
<https://esp.reliabilityconnect.com/seleccion-de-un-activo-fisico-considerando-sus-costos-en-el-ciclo-de-vida/>
- Galar, D., Sandborn, P., & Kumar, U. (2017). *Maintenance Costs and Life Cycle Cost Analysis*. Boca Ratón, Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- García Colín, J. (2013). *Contabilidad de costos*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Diario Gestión. (12 de junio de 2020). *Aumentan los precios del cobre y del oro en los mercados internacionales*. <https://gestion.pe/economia/aumenta-los-precios-del-cobre-y-del-oro-en-los-mercados-internacionales-segun-reporte-del-bcr-noticia/?ref=gesr>
- Diario Gestión (17 de agosto de 2013). *Chinalco Perú confirma que proyecto Toromocho iniciará operaciones a fin de año*. <https://gestion.pe/economia/empresas/chinalco-peru-confirma-proyecto-toromocho-iniciara-operaciones-ano-45890-noticia/>

- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Chile: MacGraw-Hill / Interamericana Editores.
- ISO 15663 -1 (2000). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Life cycle costing— Part 1: Methodology*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15663:-1:ed-1:v1:en>
- ISO 15663 -2 (2001). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Life cycle costing— Part 2: Guidance on application of methodology and calculation methods*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15663:-2:ed-1:v1:en>
- ISO 15663 -3 (2001). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Life cycle costing— Part 3: Implementation guidelines*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15663:-3:ed-1:v1:en>
- Komatsu Latinoamérica (2020). *Electric drive mining truck 980E-5*. <https://www.komatsuamerica.com/equipment/trucks/electric/980e-5>
- Levin, R., & Rubin, D. (2014). *Estadística para Economía y Administración*. México: Pearson Educación.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2020). *Decreto Legislativo N° 1488*. <https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/584153-1488>
- Reyes, F. (2018). *Determinación del reemplazo de la flota de cargadores frontales Komatsu WA-380-6 de la empresa Construcción y Administración S.A. mediante la aplicación del análisis de costo de ciclo de vida (LCC) y el cálculo de la confiabilidad basada en la distribución de falla weibull* (Informe de Suficiencia profesional). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Torres Orihuela, G. (2013). *Tratado de contabilidad de costos por sectores económicos*. Lima: Marketing Consultores.
- Uzcátegui, M. (2014). *Gestión del mantenimiento de la maquinaria pesada del proceso de carga y transporte en la empresa "Construcciones Asfalto Andes, C.A."* (Tesis de maestría). Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Mérida, Cuba.
- Van der Lei, T., Herder, P., & Wijnia, Y. (2012). *Asset Management, The State of the Art in Europe from a Life*. New York: Springer.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Titulo	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663, para disminuir los costos operativos en la flota de camiones en la empresa Minera Chinalco Perú S.A.</p>	<p>¿En qué medida se disminuirá los costos operativos en la flota de camiones mediante una adecuada selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663?</p>	<p>General Disminuir los costos operativos en la flota de camiones de Minera Chinalco Perú mediante una adecuada selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663.</p> <p>Objetivos específicos Realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa Minera Chinalco Perú, describiendo la metodología para selección de activos y calculando los costos del ciclo de vida del camión minero camión minero CAT 797F bajo la norma ISO 15663. Evaluar la propuesta de selección del camión minero KOM 980E-5, calculando los costos del ciclo de vida del camión minero KOM 980E-5 bajo la norma ISO 15663. Evaluar los indicadores económicos para la selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663 para disminuir los costos operativos en la flota de camiones.</p>	<p>Se logrará disminuir los costos operativos en la flota de camiones de Minera Chinalco Perú mediante una adecuada selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Costo Operativo</p>	<p>Enfoque: Mixto</p> <p>Tipo de Investigación</p> <p>Según su fin Aplicada</p> <p>Según su alcance o nivel de profundidad del conocimiento: Descriptivo</p> <p>Diseño de contrastación de la Hipótesis</p> <p>No experimentales o Descriptivas No experimental Longitudinal-Evaluación en grupo</p> <p>Unidad de análisis Costos operativos de la flota de camiones de 400 toneladas cortas</p> <p>Población Flotas de equipos Mina</p> <p>Muestra Camiones mineros</p> <p>Técnicas e Instrumentos</p> <p>Observación – Guía de observación</p> <p>Entrevista – Ficha de registro de datos</p> <p>Análisis documental - Archivos de la empresa</p>

Anexo 2: ISO 15663 – 1, “Metodología”

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
15663-1

First edition
2000-08-01

**Petroleum and natural gas industries —
Life cycle costing —**

**Part 1:
Methodology**

*Industries du pétrole et du gaz naturel — Estimation des coûts globaux de
production et de traitement —*

Partie 1: Méthodologie

This material is reproduced from ISO documents under International Organization for Standardization (ISO) Copyright License Number HES/CC/1996. Not for resale. No part of these ISO documents may be reproduced in any form, electronic retrieval system or otherwise, except as allowed in the copyright law of the country of use, or with the prior written consent of ISO (Case postale 56, 1211 Geneva 20, Switzerland, Fax +41 22 734 10 79), IHS or the ISO Licensor's members

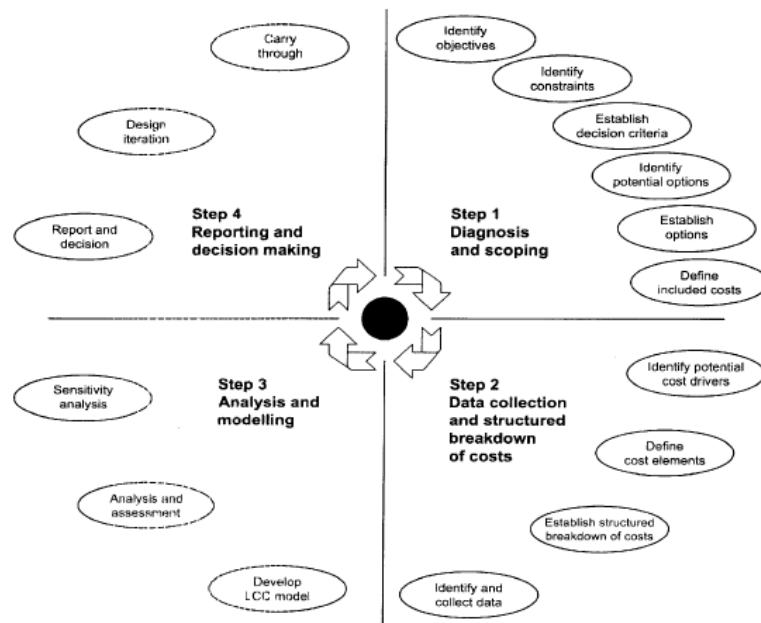


Reference number
ISO 15663-1:2000(E)

© ISO 2000

Information Handling Services, Mon Mar 10 09:50:30 2003

Anexo 3: ISO 15663 – 1. Proceso del Análisis de Costos de Ciclo de Vida



NOTE In these steps are a number of tasks which will assist the user in assessing the scope and scale of the work. These are discussed in detail in the clauses that follow. Overlaid on these tasks are a number of general considerations which, taken in conjunction, will set the agenda for the initial discussions. These considerations are set out in the clauses below.

Figure 1 — The life-cycle costing process

3.3.11 The overall process is iterative and may need to be repeated a number of times in any project. The reasons for the repetition will be many, but will typically be dependent on the outcome of the previous iteration. This may result in the need to assess further technical options, challenge initial assumptions or constraints, or respond to changes elsewhere within the programme. Figure 2 illustrates how this may apply in practice.

3.3.12 Iteration shall be carried out for all major cost drivers and areas where there is potential for creating value. This should be agreed on a project basis. The iteration may be deferred to the next project stage when this does not lead to committed costs at the next stage.

NOTE For example, iteration may be deferred to the next project stage when a decision is being taken at the concept stage and it has been established from generic data on equipment reliability that the cost of lost production is likely to be significant but the alternative options on equipment configuration will be considered at the detailed design stage.

Anexo 4: ISO 15663 – 2, “Guía sobre la aplicación de la metodología y métodos de cálculo”

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
15663-2

First edition
2001-09-01

**Petroleum and natural gas industries —
Life-cycle costing —**

Part 2:
**Guidance on application of methodology
and calculation methods**

*Industries du pétrole et du gaz naturel — Estimation des coûts globaux de
production et de traitement —*

*Partie 2: Lignes directrices relatives à l'application de la méthodologie et
aux méthodes de calcul*



Reference number
ISO 15663-2:2001(E)

© ISO 2001

Information Handling Services, Mon Mar 10 09:46:22 2003

Anexo 5: Reporte de Costos Operativos por Áreas

Costos Totales			Mes			Año		
			Actual	Presupuesto	%	Actual	Presupuesto	%
Operaciones	Perforación	USD	491,028	709,047	-31.%	4,143,639	3,437,517	21.%
	Voladura	USD	1,668,202	2,317,363	-28.%	10,109,481	9,617,884	5.%
	Carguío	USD	566,302	381,257	49.%	3,283,974	2,339,344	40.%
	Acarreo	USD	4,751,272	4,848,646	-2.%	26,716,947	25,660,692	4.%
	Consumibles	USD	571,427	622,407	-8.%	3,593,534	3,285,844	9.%
	Equipo de soporte	USD	146,669	185,469	-21.%	1,068,628	1,077,606	-1.%
	Servicios Auxiliares	USD	129,289	0		728,481	375,840	94.%
	Administración	USD	407,854	413,333	-1.%	2,838,192	2,553,359	11.%
Operaciones			8,732,043	9,477,521	-8.%	52,482,875	48,348,085	9.%
Mantenimiento	Perforación	USD	325,489	507,304	-36.%	2,047,819	2,537,840	-19.%
	Voladura	USD	1,611	189	751.%	9,320	1,573	492.%
	Carguío	USD	843,270	2,005,269	-58.%	7,324,158	8,368,414	-12.%
	Acarreo	USD	2,460,429	2,097,646	17.%	17,694,948	14,326,667	24.%
	Consumibles	USD	676,776	1,964,697	-66.%	4,968,859	9,091,387	-45.%
	Equipo de soporte	USD	29,400	49,588	-41.%	217,185	297,004	-27.%
	Equipo ligero	USD	203,262	59,909	239.%	1,354,375	1,116,046	21.%
	Suministros de Energía	USD	32,955	24,746	33.%	340,721	232,273	47.%
	Administración	USD	477,783	424,527	13.%	3,070,665	2,544,043	21.%
Mantenimiento			5,050,974	7,133,876	-29.%	37,028,049	38,515,247	-4.%
Servicios Técnicos		USD	585,668	687,455	-15.%	3,133,072	4,890,492	-36.%
Gestión Mina	Proceso de mejora	USD	733	-1,192,280		0	-4,512,532	
Total		USD	14,369,418	16,106,572	-11.%	92,643,996	87,241,291	6.%
Toneladas movidas (ton)			12,288,110	13,400,151	-8.%	61,360,214	60,112,052	2.%
Costo Unitario Total USD/Toneladas movidas			1.17	1.20	-3.%	1.51	1.45	4.%
Exclusiones (mejora de la mano de obra y la fragmentació			USD	73,715		7,748,249		
Costo Unitario Final USD/Toneladas movidas			1.16	1.20	-3.%	1.38	1.45	-5.%

Anexo 6: Plantilla para recopilación de datos del contexto operativo del proveedor del camión

Sheet Nam Planning Assumptions

Total Cost of Ownership (TCO) - Planning Assumptions

Period		Year 1 Year 2 Year 3 Year 4 Year 5 Year 6 Year 7 Year 8 Year 9 Year 10 Year 11 Year 12 Year 13 Year 14															
Period Name																	
Days in Period		definido por MCP															
Calendar Hours		definido por MCP															
Option1	Name	Unit	Comments	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14
Av	Availability	%	definido por el vendedor	Option1_Av	91.0%	90.0%	89.0%	88.0%	87.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%
UoA	Use of Availability	%	definido por MCP	Option1_UoA	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%
Hrs	Scheduled Hours	Hrs	definido por MCP	Option1_Hrs	6,417	6,347	6,276	6,206	6,135	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065
HrsCum	Cummulative Hours	Hrs	definido por MCP	Option1_HrsCum	6,417	12,764	19,040	25,245	31,381	37,445	43,510	49,574	55,639	61,703	67,768	73,832	79,897
ProdRate	Productivity	t/h	definido por el vendedor	Option1_ProdRate	795.5	805.6	586.1	588.7	699.7	854.2	583.6	944.2	784.8	680.9	680.9	680.9	690.7
Prod	Production	t	definido por MCP	Option1_Prod	5,105,083	5,112,941	3,678,214	3,653,422	4,292,720	5,180,092	3,539,419	5,726,345	4,759,280	4,129,163	4,129,163	4,129,163	4,188,485
Option2	Name	Unit	Comments	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14
Av	Availability	%	definido por el vendedor	Option2_Av	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	85.0%	85.0%	83.0%	83.0%	82.0%	82.0%	82.0%	82.0%	82.0%
UoA	Use of Availability	%	definido por MCP	Option2_UoA	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%
Hrs	Scheduled Hours	Hrs	definido por MCP	Option2_Hrs	6,065	6,065	6,065	6,065	5,994	5,994	5,853	5,853	5,782	5,782	5,782	5,782	5,782
HrsCum	Cummulative Hours	Hrs	definido por MCP	Option2_HrsCum	6,065	12,129	18,194	24,258	30,252	36,246	42,099	47,952	53,735	59,517	65,300	71,082	76,865
ProdRate	Productivity	t/h	definido por el vendedor	Option2_ProdRate	745.8	750.6	552.6	567.5	727.4	905.9	800.9	935.9	819.4	737.1	737.1	737.1	737.1
Prod	Production	t	definido por MCP	Option2_Prod	4,523,234	4,552,275	3,351,567	3,441,428	4,360,352	5,429,905	4,687,727	5,477,933	4,738,345	4,262,036	4,262,036	4,262,036	4,262,036
Option3	Name	Unit	Comments	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14
Av	Availability	%	definido por el vendedor	Option3_Av													
UoA	Use of Availability	%	definido por MCP	Option3_UoA													
Hrs	Scheduled Hours	Hrs	definido por MCP	Option3_Hrs													
HrsCum	Cummulative Hours	Hrs	definido por MCP	Option3_HrsCum													
ProdRate	Productivity	t/h	definido por el vendedor	Option3_ProdRate													
Prod	Production	t	definido por MCP	Option3_Prod													
Option4	Name	Unit	Comments	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14
Av	Availability	%	definido por el vendedor	Option4_Av													
UoA	Use of Availability	%	definido por MCP	Option4_UoA													
Hrs	Scheduled Hours	Hrs	definido por MCP	Option4_Hrs													
HrsCum	Cummulative Hours	Hrs	definido por MCP	Option4_HrsCum													
ProdRate	Productivity	t/h	definido por el vendedor	Option4_ProdRate													
Prod	Production	t	definido por MCP	Option4_Prod													

Anexo 7: Plantilla para recopilación de Costos de Adquisición del camión minero

Komatsu 980E-5

Características

Capital Purchase Price	USD	\$ 5,186,132.00
Estimated Assembly (Tolva)	USD	\$ 262,044.00
Dispatch Communic., Smart Cap	USD	\$ 30,000.00
Tires	USD	definido por MCP
Spare Components (7:1)	USD	
Ruedas delanteras + suspensiones delanteras (RH/LH)	USD	\$ 84,885.98
Motor a combustión	USD	\$ 1,183,336.00
Motor de tracción	USD	\$ 1,808,339.08
Suspension posterior (RH/LH)	USD	\$ 84,885.98
Alternador	USD	\$ 721,161.84
Blower	USD	\$ 123,645.00
Other Costs 4	USD	definido por el vendedor
Other Costs 5	USD	definido por el vendedor
Other Costs 6	USD	definido por el vendedor
Contingency (%):	5%	USD
Total Capital RTW cost	USD	definido por MCP
Replacement Life	Hours	definido por MCP
Depreciation rate	%	definido por MCP

Comments:	
\$ 5,186,132.00	Precio venta del camion
\$ 262,044.00	
\$ 30,000.00	
\$ 271,920.00	Precio de los neumáticos (2019)
\$ 144,112.55	(2)
\$ 1,183,336.00	
\$ 3,616,678.17	(2)
\$ 84,885.98	
\$ 721,161.84	
\$ 247,290.00	(2)
\$ -	
\$ -	
\$ -	
\$ 587,378.03	
\$ 12,334,938.56	
80,000.00	
20%	Para maquinaria y equipos se toma hasta un maximo de 20% segun MEF. Tambien recomienda dividir el 100% entre la vida utili del activo

Caterpillar 797F

Características

Capital Purchase Price	USD	\$ 4,895,527.00
Estimated Assembly (Tolva)	USD	\$ 260,000.00
Dispatch Communic., Smart Cap	USD	\$ 30,000.00
Tires	USD	\$ 271,920.00
Spare Components (7:1)	USD	
Ruedas delanteras + suspensiones delanteras (RH/LH)	USD	\$ 732,507.30
Motor a combustión	USD	\$ 1,012,439.96
Transmision	USD	\$ 410,645.34
Suspension posterior (RH/LH)	USD	\$ 129,470.84
Convertidor	USD	\$ 220,691.71
Mando Final (RH/LH)	USD	\$ 1,237,107.77
Other Costs 4	USD	\$ -
Other Costs 5	USD	\$ -
Other Costs 6	USD	definido por el vendedor
Contingency (%):	5%	USD
Total Capital RTW cost	USD	definido por MCP
Replacement Life	Hours	definido por MCP
Depreciation rate	%	definido por MCP

Comments:	
\$ 4,895,527.00	Valor total de camión Terex
\$ 260,000.00	
\$ 30,000.00	Incluido en la venta del camión
\$ 271,920.00	Precio de los neumáticos (2019)
\$ 732,507.30	
\$ 1,012,439.96	
\$ 410,645.34	
\$ 129,470.84	
\$ 220,691.71	
\$ 1,237,107.77	
\$ -	
\$ -	
\$ 460,015.50	
\$ 9,660,325.42	
80,000.00	
20%	Para maquinaria y equipos se toma hasta un maximo de 20% segun MEF. Tambien recomienda dividir el 100% entre la vida utili del activo

Anexo 8: Plantilla para recopilación de Costos de Operación del camión

Mano de Obra

Costo Operador Chinalco		
O1	2.0	definido por MCP
O2	2.0	definido por MCP

RRHH (Anual)	Annual Cost (USD)
S/ 135,000.00	\$ 48,913.04
S/ 112,000.00	\$ 40,579.71

Total Labor Costs (USD)
Total Labor Costs (USD/Ton)

Consumibles	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad	Frecuencia (hr)	US\$/hora	Comments
Combustible						
Consumo horario promedio	gal/h					
Diesel (D2)	gal		\$ 2.83			
Aceite						
Aceite de motor	gal	90				
Aceite hidraulico	gal	350				
Aceite de motor a traccion	gal	50				
Aceite de husillo, cubo	gal	36				
Refrigerante	gal	190				
Grasas (Multiproposito)	lb	90.38				
Kit antidesgaste de las tolvas	Und	1	\$ 19,727.00	10,000.00	2.0	
Neumaticos	Und	6	\$ 45,320.00	5,300.00	8.6	

Anexo 9: Plantilla para recopilación de Costos de Mantenimiento del camión

Komatsu 980E-5

Mano de Obra

Costo Mantenedor Chinalco			Cantidad	RRHH (Anual)	Annual Cost (USD)
M1	4.0	definido por MCP		S/ 155,000.00	\$ 56,159.42
M2	4.0	definido por MCP		S/ 135,000.00	\$ 48,913.04
M3	2.0	definido por MCP		S/ 87,000.00	\$ 31,521.74
M4	2.0	definido por MCP		S/ 76,000.00	\$ 27,536.23

Consumibles	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad	Frecuencia (hr)	US\$/hora
Combustible					
Consumo horario promedio Diesel (D2)	gal/h				
	gal		\$ 2.83		
Aceite					
Aceite de motor	gal	90			
Aceite hidráulico	gal	350			
Aceite de motor a tracción	gal	50			
Aceite de husillo, cubo	gal	36			
Refrigerante	gal	190			
Grasas (Multipropósito)	lb	90.38			
Kit anidestaste de las tolvas	Und	1	\$ 19,727.00	10,000.00	2.0
Neumáticos	Und	6	\$ 45,320.00	5,300.00	8.6

Cambio de componentes mayores (definido por el vendedor)

Description	Quantity	PCR (Teórico)	Cost (USD)	Comments
DIESEL ENGINE	1	72,000.00	\$ 1,183,336.00	
RADIATOR	1	36,000.00	\$ 129,730.74	
MAIN ALTERNATOR	1	72,000.00	\$ 721,161.84	
MOTORIZED WHEEL	2	72,000.00	\$ 402,102.60	
WHEEL TRANSMISSION	2	80,000.00	\$ 1,406,236.48	
MOTOR, BLOWER	2	60,000.00	\$ 123,645.00	
STEERING CYLINDER ASSEMBLY	2	24,000.00	\$ 10,087.39	
HOIST CYLINDER ASSEMBLY	2	66,000.00	\$ 86,137.32	
FRONT SUSPENSION ASSEMBLY	2	54,000.00	\$ 144,112.55	
REAR SUSPENSION ASSEMBLY	2	50,000.00	\$ 84,885.98	
SPINDLE, HUB & BRAKE ASSY	2	54,000.00	\$ 158,302.28	

Reparación de componentes mayores (definido por el vendedor)

Description	Quantity	Frec (Hours) - Teórica	Cost (USD)	Comments
DIESEL ENGINE	1	18,000.00	\$ 550,000.00	
RADIATOR	1	18,000.00	\$ 15,534.00	
MAIN ALTERNATOR	1	18,000.00	\$ 26,400.00	
MOTORIZED WHEEL	2	20,000.00	\$ 212,721.00	
WHEEL TRANSMISSION	2	20,000.00	\$ 86,137.32	
MOTOR, BLOWER	2	20,000.00	\$ 18,399.00	
STEERING CYLINDER ASSEMBLY	2	12,000.00	\$ 5,682.00	
HOIST CYLINDER ASSEMBLY	2	22,000.00	\$ 24,136.00	
FRONT SUSPENSION ASSEMBLY	2	18,000.00	\$ 31,209.00	
REAR SUSPENSION ASSEMBLY	2	25,000.00	\$ 29,531.00	
SPINDLE, HUB & BRAKE ASSY	2	18,000.00	\$ 75,913.00	

Cambio de componentes menores (definido por el vendedor)

Description	Quantity	PCR (Teórico)	Cost (USD)	Comments
STEERING CONTROL VALVE	1	18,000.00	\$ 5,736.27	
STEERING ACCUMULATOR ASSY	2	42,000.00	\$ 8,501.59	
BLEED DOWN MANIFOLD- REBUILD	1	18,000.00	\$ 22,843.68	
STEERING PUMP REBUILD	1	51,000.00	\$ 11,485.68	
HOIST PUMP REBUILD	1	54,000.00	\$ 14,028.03	
HOIST CONTROL VALVE ASSY	1	18,000.00	\$ 28,336.31	
MINOR DIESEL ENGINE	1	39,000.00	\$ 127,060.00	

Reparación de componentes menores (definido por el vendedor)

Description	Quantity	Frec (Hours)	Cost (USD)	Comments
STEERING CONTROL VALVE	1	6,000.00	\$ 4,494.94	
STEERING ACCUMULATOR ASSY	2	14,000.00	\$ 6,034.29	
BLEED DOWN MANIFOLD- REBUILD	1	6,000.00	\$ 17,212.72	
STEERING PUMP REBUILD	1	17,000.00	\$ 10,450.20	
HOIST PUMP REBUILD	1	18,000.00	\$ 10,992.37	
HOIST CONTROL VALVE ASSY	1	6,000.00	\$ 16,644.31	
MINOR DIESEL ENGINE	1	13,000.00	\$ 84,720.00	

PM's (definido por el vendedor)

* Si no aplica todos los PM's mencionados describir la información para los ciclos que aplique. Además describir detalladamente todo lo que incluye PM con costos.

Description	Frec (Hours)	Cost (USD)
PM1	500	\$ 2,280.00
PM2	1000	\$ 2,531.00
PM3	1500	\$ 2,359.00

Correctivos, Mantenimiento No Programado (Histórico)

Año	Costo	
Año 1	\$ 311,123	
Año 2	\$ 520,572	
Año 3	\$ 560,438	
Año 4	\$ 485,582	
Promedio	\$ 469,428.58	86%

Anexo 10: Plantilla para el análisis de datos de los Costos del Ciclo de Vida del camión

Komatsu 980E-5															
	Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2033	
Descripción	Horas	6,417	6,347	6,276	6,206	6,135	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	
Tonelada movida	ton/truck	5,105,083	5,112,941	3,678,214	3,653,422	4,292,720	5,180,092	3,539,419	5,726,345	4,759,280	4,129,163	4,129,163	4,129,163	4,188,485	4,188,485
Disponibilidad	%	91.0%	90.0%	89.0%	88.0%	87.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%	86.0%
Uso de Disponibilidad	%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%	80.5%
Horas Anuales	Hr	6,417	6,347	6,276	6,206	6,135	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065
Horas Acumuladas	Hr	6,417	12,764	19,040	25,245	31,381	37,445	43,510	49,574	55,639	61,703	67,768	73,832	79,897	85,961
RESUMEN COSTOS															
Costo Operaciones - Caterpillar 797F	US\$/truck	2.70	2.69	2.89	2.88	2.73	2.79	2.83	2.41	2.61	2.72	2.70	2.72	2.98	2.72
Costo Mantenimiento - Caterpillar 797F	US\$/truck	0.96	1.00	1.97	2.07	1.19	2.10	2.16	1.19	2.62	2.25	1.38	4.25	1.31	4.01
Depreciación - Caterpillar 797F	US\$/truck	2.47	1.97	1.58	1.26	1.01	0.81	0.65	0.52	0.41	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
Total Cost of Ownership (TCO)	US\$/truck	6.13	5.66	6.44	6.22	4.93	5.69	5.64	4.13	5.65	5.30	4.35	7.19	4.46	6.87
Costo Unitario Operaciones	US\$/ton	0.53	0.53	0.79	0.79	0.64	0.54	0.80	0.42	0.55	0.66	0.66	0.66	0.71	0.65
Costo Unitario Mantenimiento	US\$/ton	0.19	0.20	0.54	0.57	0.28	0.41	0.61	0.21	0.55	0.54	0.34	1.03	0.31	0.96
Costo Unitario Depreciación	US\$/ton	0.48	0.39	0.43	0.35	0.24	0.16	0.18	0.09	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04
Unit Total Cost of Ownership (TCO)	US\$/ton	1.20	1.11	1.75	1.70	1.15	1.10	1.59	0.72	1.19	1.28	1.05	1.74	1.06	1.64
KOM 980 Costo Mantenimiento															
Hours ->		6,417	6,347	6,276	6,206	6,135	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065
Mano de obra mantenedor MCP	US\$/truck	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406	538,406
Aceites y Refrigerante	US\$/truck	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659	51,659
Componentes Mayores	US\$/truck	0	11,364	806,178	1,015,191	0	931,739	887,682	68,447	1,366,536	1,109,538	172,275	3,072,853	59,062	2,860,635
Componentes Menores	US\$/truck	38,352	38,352	175,147	38,352	135,141	78,359	182,435	38,352	167,150	50,421	123,072	90,427	165,432	65,805
PMs	US\$/truck	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680	28,680
Paradas No Programadas	US\$/truck	301,776	335,306	368,837	402,367	435,898	469,429	469,429	469,429	469,429	469,429	469,429	469,429	469,429	469,429
Costo Mantenimiento	US\$/truck	958,872	1,003,767	1,968,907	2,074,655	1,189,783	2,098,271	2,158,291	1,194,972	2,621,859	2,248,132	1,383,520	4,251,453	1,312,667	4,014,614
KOM 980 Costo Operaciones															
CY->		6,417	6,347	6,276	6,206	6,135	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065
Mano de obra operador MCP	US\$/truck	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986	178,986
Consumo Kit antidesgaste	US\$/truck	0	19,727	0	19,727	19,727	0	19,727	0	19,727	19,727	0	19,727	0	19,727
Consumo de neumáticos	US\$/truck	271,920	271,920	271,920	271,920	271,920	543,840	271,920	271,920	271,920	271,920	271,920	271,920	543,840	271,920
Consumo de diesel	US\$/truck	2,251,416	2,215,058	2,440,733	2,410,305	2,259,251	2,063,137	2,361,151	1,963,914	2,139,574	2,254,029	2,254,029	2,254,029	2,254,029	2,254,029
Costo Operaciones	US\$/truck	2,702,322	2,685,690	2,891,638	2,880,938	2,729,884	2,785,962	2,831,784	2,414,820	2,610,206	2,724,662	2,704,935	2,724,662	2,976,855	2,724,662
Costo Desmantelamiento	US\$/truck														0.19
Valor Salvamento	US\$/truck														-0.54
Costo Op.+Costo Mantto	US\$/truck	3.66	3.69	4.86	4.96	3.92	4.88	4.99	3.61	5.23	4.97	4.09	6.98	4.29	6.74
Costo Op.+Costo Mantto+Costo Elim.	US\$/truck	3.66	3.69	4.86	4.96	3.92	4.88	4.99	3.61	5.23	4.97	4.09	6.98	4.29	6.38

