

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DETERMINACIÓN DE FLOTA DE EQUIPOS DE ACARREO
EN EXTRACCIÓN MINERA EN BASE A SIMULACIONES DE
COSTOS TOTALES DE OPERACIÓN”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

JORGE DE LA CRUZ DE LA ROCA

LIMA – PERÚ

2023

HGD DETERMINACIÓN DE FLOTA DE EQUIPOS DE ACARREO EN EXTRACCIÓN MINERA EN BASE A SIMULACIONES DE COSTOS TOTALES DE OPERACIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.esan.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	dspace.casagrande.edu.ec:8080 Fuente de Internet	<1%
8	www.waters.com Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“DETERMINACIÓN DE FLOTA DE EQUIPOS DE ACARREO EN
EXTRACCIÓN MINERA EN BASE A SIMULACIONES DE COSTOS
TOTALES DE OPERACIÓN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. JORGE DE LA CRUZ DE LA ROCA

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. FREDY OMIS CÁCERES GUERRERO
Presidente

Dr. RAÚL ARNALDO ESPINOZA VILLAR
Asesor

Mg. Sc. JUVENAL VIVIANO
GARCIA ARMAS
Miembro

Mg. Sc. GUSTAVO EDUARDO ANDRÉS
RODRIGUEZ SILVA
Miembro

LIMA – PERÚ
2023

DEDICATORIA

Al estudiante con ánimo del entendimiento general de los procesos;
primero se abstrae, se entiende, comprende y organiza el proceso;
segundo aprende sobre sus partes y busca la manera de hacerlo eficiente;
tercero los utiliza para brindar un buen servicio a Dios y al prójimo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por cada evento en mi vida que me ha permitido ser la persona y profesional que hoy soy.

A mis padres por sus enseñanzas y ejemplos que han definido mi camino.

A mi familia por el apoyo permanente que me brinda, su compañía y su amor.

A mi asesor y amigo, quien desde el primer momento me brindó las guías necesarias para poder culminar esta etapa.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problemática	2
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1. Diseño de plan de minado	5
3.2. Movimiento de materiales por periodos	5
3.3. Ruta de extracción de mineral y desmonte	6
3.4. Criterios de configuración de equipos	7
3.5. Conceptos de operación y mantenimiento	10
3.6. Determinación de componentes de respaldo	11
3.7. Servicio de mantenimiento	13
3.8. Clasificación de tarifas: Fijas y Variables	13
3.9. Evaluación de Costo Total de Operación o de Propiedad (TCO).....	16
3.10. Contratos a medida.....	16
IV. DESARROLLO DEL TRABAJO	17
4.1. Esquema de procesos	18
4.2. Información del proyecto.....	23
4.2.1. Simulación de equipos requeridos	25
4.2.2. Factores operacionales.....	27
4.2.3. Responsabilidades y aportes en la operación.....	27
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1. Resultados.....	29
5.1.1. Simulación de equipos requeridos	29
5.1.2. Evaluación de equipos	41
5.1.3. Componentes de respaldo	43
5.1.4. Dotación de personal	46
5.1.5. Tarifas variables relacionadas al cambio de repuestos en los equipos	50

5.1.6. Evaluación costo total de operación	51
5.2. Discusiones.....	54
VI. CONCLUSIONES	56
VII. RECOMENDACIONES.....	58
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
IX. ANEXOS.....	60

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: International Commerce Term (Incoterms).....	9
Tabla 2: Tarifa Variable o Costo Por Hora (CPH)	15
Tabla 3: Formato de información para el cálculo de equipos de acarreo	24
Tabla 4: Plan de minado	25
Tabla 5: Formato de información del perfil de la ruta de acarreo mineral y desmonte.....	26
Tabla 6: Índices operacionales	27
Tabla 7: Equipo de carga PC3000, equipo de acarreo HD1500.....	30
Tabla 8: Equipo de carga PC2000, equipo de acarreo HD785	31
Tabla 9: Equipo de carga WA900, equipo de acarreo HD785	32
Tabla 10: Cálculo con los equipos PC3000 y HD1500. Año 01 al 05	34
Tabla 11: Cálculo con los equipos PC3000 y HD1500. Año 06 al 10	35
Tabla 12: Cálculo con los equipos PC2000 y HD785. Año 01 al 05	36
Tabla 13: Cálculo con los equipos PC2000 y HD785. Año 06 al 10	37
Tabla 14: Cálculo con los equipos WA900 y HD785. Año 01 a 05.....	38
Tabla 15: Cálculo con los equipos WA900 y HD785. Año 06 a 10.....	39
Tabla 16: Resumen de equipos resultantes.....	40
Tabla 17: Resumen de equipos modelado	40
Tabla 18: Especificaciones principales de los equipos.....	41
Tabla 19: Costos por flota de equipos complementarios.....	41
Tabla 20: Valores de equipos	42
Tabla 21: Componentes PC3000	43
Tabla 22: Componentes HD 1500	44
Tabla 23: Componentes HD785 – cargado por PC2000	44
Tabla 24: Componentes HD785 - cargado por WA900	45
Tabla 25: Componentes WA900	45
Tabla 26: Componentes PC2000	46
Tabla 27: Dotación de personal HD1500 - PC3000	47
Tabla 28: Dotación de personal HD785 - PC2000	48
Tabla 29: Dotación de personal HD785 - WA900	49
Tabla 30: Tarifas de consumo de repuestos y reparaciones de componentes	50
Tabla 31: Costos Totales de Operación HD1500 - PC3000.....	52

Tabla 32: Costos Totales de Operación HD785 - PC2000	53
Tabla 33: Costos Totales de Operación HD785 - WA900	53
Tabla 34: Comparación de Costos Totales de Operación por Flota de equipos complementarios.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Movimiento de material en KTon por año (Year)	6
Figura 2: Ruta de acarreo en una mina superficial	6
Figura 3: Gama de equipos de acarreo	8
Figura 4: Componentes varios de equipos de acarreo	11
Figura 5: Cobertura de nivel de servicio a variación del tiempo logístico TAT	12
Figura 6: Gama de contratos de mantenimiento	13
Figura 7: Proceso requerido: simulación de carga y acarreo de materias y propuesta de equipos.....	18
Figura 8: Proceso requerido: Componentes de respaldo	19
Figura 9: Proceso requerido: Dotación de personal.....	20
Figura 10: Evolución de las estrategias de mantenimiento	21
Figura 11: Proceso requerido: Estrategia de atención	22
Figura 12: Proceso requerido: Sub contratos adicionales.....	22
Figura 13: Procesos de soporte.....	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Proceso de atención a solicitudes de información – Evaluación de Costo	
Total del Operación	61
Anexo 2: Plan de minado - organizado para simulación	62
Anexo 3: Rutas de acarreo Punto de extracción, chancadora primaria y botadero	63
Anexo 4: Catálogo de equipos Komatsu	64
Anexo 5: Definición de tiempos de ASARCO (American Smelting & Refining Co.)	65
Anexo 6: Gama de contrato de servicio de mantenimiento	66
Anexo 7: Responsabilidades para la atención del mantenimiento y reparación de componentes a	68
Anexo 8: Responsabilidades para la atención del mantenimiento y reparación de componentes b	69
Anexo 9: Responsabilidades para la atención del mantenimiento y reparación de componentes c	70

RESUMEN

El presente trabajo describe los procesos implementados de costo total de operación en una empresa proveedora de equipos de carga y acarreo para sustentar la selección técnico comercial de un modelo con respecto de otro. El mismo proceso puede ser utilizado por una minera, cambiando el alcance de las responsabilidades, esta evaluación fue aplicada para el diseño de una mina.

El proceso de apertura de minas es largo, debido a los diversos factores a considerar; las cuales en su mayoría solicitan desarrollos de escenarios cambiantes, en base a la madurez del proyecto se optan por alguna parte del proceso de evaluación, siendo la aplicación total básicamente en las adquisiciones iniciales de equipos, estos procesos siempre se acompañan de la reserva de divulgación de la información por los conceptos de servicio de calidad.

El uso del proceso puede ser aplicado en una empresa existente o una nueva marca que desea ingresar al mercado peruano, para generar valor a sus clientes. Estas empresas deben contar con el capital suficiente para afrontar la compra inicial de equipos, el personal calificado para la entrega en el lugar de operación y la atención post venta, asegurando el suministro de repuestos, reparación especializada a sus principales componentes y procurar que se alcancen los máximos factores operacionales al menor costo.

El aporte brindado en este proceso se realizó en una empresa de distribución de maquinaria conformando un equipo especializado para la atención de estos pedidos, la creación de sinergia entre toda la organización para atender a un cliente calificado y estructurado, cumpliendo con expectativas de atención a clientes y plasmando conceptos ordenados del proceso, comunicando y solicitando información correspondiente en la elaboración de simulaciones a 10 años de equipos, acompañados por el soporte de fábrica, pasando de ser una empresa pequeña a un referente en el sector..

Palabras clave: acarreo mineral, equipos mineros, camiones, flotas minería, costo equipos.

ABSTRACT

This work describes the implemented processes of total operating cost in a company that supplies loading and hauling equipment to support the technical-commercial selection of one model over another. The same process can be used by a mining company, with changes in the scope of responsibilities. This evaluation was applied for the design of a mine.

The process of opening a mine is lengthy due to the various factors to consider. Most of these factors require the development of changing scenarios based on the project's maturity. The evaluation process is applied in part, with a primary focus on the initial equipment acquisitions. These processes are always accompanied by the preservation of information disclosure due to quality service considerations.

The use of this process can be applied to an existing company or a new brand seeking to enter the Peruvian market to add value to its customers. These companies must have sufficient capital to handle the initial equipment purchases, qualified personnel for on-site delivery and after-sales support. The latter should ensure the supply of spare parts, specialized component repairs, and the achievement of maximum operational efficiency at the lowest cost.

The contribution made in this process occurred within an equipment distribution company through the establishment of a specialized team to handle these orders. It fostered synergy among different parts of the organization to cater to qualified and structured customers, meeting customer service expectations, and organizing the process concepts. This involved communication and data requests for the development of 10-year equipment simulations, supported by the factory's assistance, transforming the company from a small business to a leader in the industry.

Keywords: mineral haulage, mining equipment, trucks, mining fleet, equipment cost.

I. INTRODUCCIÓN

En la formulación y desarrollo de proyectos se obtienen una gran variedad de casos, siendo una relación directa la complejidad con el grado de inversión y la diversidad de profesiones incluidas. Para los proyectos mineros resulta crucial la evaluación y toma de decisión de pasar de una exploración a una operación de extracción, por lo cual se desarrollan procesos ordenados que normalmente demora varios años y se van revisando parte por parte manteniendo siempre la confidencialidad del caso hasta su implementación.

En este marco se genera necesidades de evaluaciones complejas de equipos y servicios, donde es una constante de mejora continua y los conceptos de responsabilidad social empresarial (RSE), donde se busca mitigar los impactos en las áreas de influencia generados por la intervención de la implementación de las operaciones mineras de extracción. Las necesidades de atender con equipos y servicios dan origen a proveedores especializados que deben acreditar una presencia clara y mostrar buena percepción de respaldo de su producto en el mercado; el cual se puede conseguir acompañando estas evaluaciones y haciendo visible su respaldo en inversiones que brinden soporte a los mismos. Resultando en una gama de soluciones establecidas de esquema genéricos hasta propuestas hechas a medida.

Los proyectos mineros de extracción superficial que utilizan equipos de acarreo para el movimiento de tierra mayores a 100 toneladas métricas - Tm (110.23 Toneladas cortas - USton) de carga, son denominados Gran Minería y los de carga mayores a 320 USton (230Tm), son llamados Clase mundial (Ultra Class). En todo proyecto de minería es relevante la evaluación de la inversión inicial sobre la planta de procesamiento y los equipos de movimiento de tierra por ser los de mayor inversión y su *core business* (la razón de ser del negocio). A esta evaluación total ingresan los costos asociados en la operación de los mismos. Es de ahí que se requiere un proceso organizado con la mayor cantidad de criterios para tomar una buena decisión.

En el Perú, en la última década se ha desarrollado en gran medida la información de la cartera de proyectos mineros; su estado, nivel de inversión, etc., esta información es brindada por el Ministerio de Energía y Minas, siendo 47 proyectos en cartera encontrados entre la implementación y estados conceptuales. Aproximadamente el 21% se encuentra en factibilidad o ingeniería de detalle, para minería superficial representa unos 13 744 millones de dólares en inversión inicial de los 53 716 millones del total estimado. (Cartera de, Ministerio de Energía y Minas, 2023).

Con este panorama, para atender este mercado potencial donde se consideran conceptos organizados, las empresas que ingresan a este sector deben de contar, desarrollar y fortalecer una organización especializada, con la capacidad de articular información en su interior para atender en su conjunto esta demanda.

1.1. Problemática

El desarrollo económico de nuestro país está determinado por las inversiones mineras, siendo por esto relevante el esfuerzo por parte del estado en brindar la información de los proyectos en cartera con posibilidad a ser implementados, en donde las mineras juniors proyectan sus estudios de reservas probadas y probables para poner en valor a disposición de las grandes mineras.

En este aspecto la toma de decisión para la elección de inversión en equipos resulta ser relevante. Esta responde a contar con información organizada por parte de los solicitantes (operaciones mineras) y como respuesta de las empresas proveedoras. Las empresas proveedoras de equipos de movimiento de tierras que desean participar en minería deben de contar con un área especializada para brindar el soporte a los proyectos mineros en desarrollo, operaciones mineras en expansión o para la sustitución de equipos, organizando la participación de la empresa como respuesta para atender estas solicitudes, utilizando un proceso que permita cubrir todos los conceptos en una operación minera y brinde un soporte en la toma de decisión.

Se debe tener presente que las empresas proveedoras que desean ingresar al mercado deben de realizar inversiones iniciales en equipos, repuestos, infraestructura y especialistas en

brindar reparación a los componentes mayores parte de estos equipos, etc.

En este marco se tiene deficiencia en las profesiones que participan en el sector minero, sobre contar en una sola profesión con el conocimiento de conceptos sobre: movimiento de materiales, aplicación de los tipos de equipos de carga y acarreo, topografía, geología, hidrología, administración y gestión de empresas, construcción rural, inversión de proyectos, manejo de cuencas, que pueda participar en la interrelación de los profesionales para el manejo de proyectos de desarrollo. Así en una empresa proveedora de equipo es necesaria la formación de la organización especializada para responder en propuesta a las solicitudes del sector, para la toma de decisión a través de costos de equipos, mantenimientos y repuestos consumidos que sean equiparables en una medición.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Selección de la flota de equipos complementarios de carga y acarreo utilizando el costo total de operación.

2.2. Objetivos específicos

- a. Resaltar la importancia de una evaluación organizada para la toma de decisión en la adquisición de un modelo y marca de equipos.
- b. Describir por cada etapa los conceptos requeridos, así como la información necesaria para realizar la evaluación.
- c. Entender que las simulaciones nos permiten comparar diferentes aspectos técnicos y de gestión; los cuales se reflejan en la variación de costos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Diseño de plan de minado

Proceso en el cual se diseña el tajo de la mina (*open pit*) el cual tiene la característica de ser a cielo abierto (superficial) donde se tiene mayor movimiento de material estéril que de mineral. Obteniendo el modelo del movimiento de tierra por periodos donde considera la ruta de salida del material extraído hacia un botadero de material estéril y una planta de chancado.

La elección de la ruta de salida de material estará en función: las distancias mínimas posible entre los puntos de extracción de material hasta donde se descargan y el valor económico de acuerdo a la concentración del mineral extraído. De este último tomar en cuenta el material estéril o *waste* (sin valor comercial) vs. el material con concentraciones de mineral aceptable económicamente, es lo que brindará la configuración de la operación. Para estas evaluaciones se tiene software como Vulcan que brindan un perfil preliminar de la operación minera. De donde se van a dividir las actividades de planeación a largo plazo (mayores a 3 años) y corto plazo la que irá realizando ajustes en el semestre en curso.

3.2. Movimiento de materiales por periodos

Del diseño del tajo de mina, en la planeación al largo plazo se tendrá el material movido en *waste* o mineral, el método más utilizado es el de bloques. En este diseño se planifico las extracciones a desarrollar por año por las rutas ya definidas en el plan de minado. Como ejemplo del material a mover vemos la Figura 1.

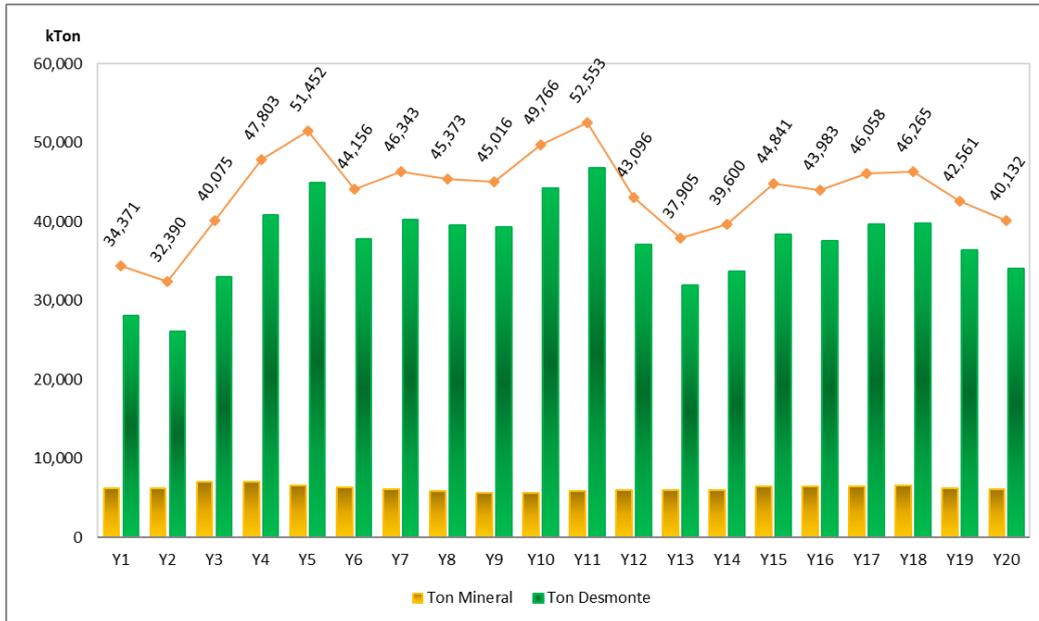


Figura 1: Movimiento de material en KTon por año (Year)

En el eje X el tiempo en años de la explotación minera, en el eje Y el material a trasladar en Miles de Toneladas. La descripción de las barras es mineral (Material con valor comercial y “waste” (material sin valor comercial), la línea es el tonelaje total en el periodo de tiempo correspondiente.

3.3. Ruta de extracción de mineral y desmorte

Del diseño de mina se obtiene el movimiento de material por periodo donde se configura la ruta principal por donde se retira todo el material fuera del tajo, el cual atraviesa los diferentes niveles de los bancos de extracción, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2: Ruta de acarreo en una mina superficial

En toda operación minera se tendrán por lo menos 2 rutas claramente definidas, la que se lleva a los botaderos donde se deposita el *waste* y la que lleva a la chancadora o punto donde se realiza el proceso para la extracción de mineral. Cada una de ellas con sus características de pendiente por tramos y sus restricciones de velocidad que serán utilizados para determinar el tiempo de acarreo en la determinación de equipos necesarios. En el Anexo 3 se puede observar las rutas principales que se generan desde el punto de extracción hasta la chancadora y botadero, así como su variación dependiendo del año de extracción.

3.4. Criterios de configuración de equipos

Al contar con el tonelaje a mover y la ruta de acarreo en un tiempo determinado, se puede seleccionar los equipos para cumplir con el movimiento de material correspondiente. La cantidad de equipos servirá para tener una idea preliminar de acuerdo con el ingreso esperado de las unidades y los modelos de equipos que se utilizaran para la evaluación.

Estos criterios son:

Altura de banco, cantidad de equipos de carga que no tengan baja utilización, movilidad del equipo, anchos de vía, densidad de material para el cálculo de capacidad de tolva y volumen máximo.

Determinado el modelo de equipo de acarreo, se confirma el equipo complementario de carga el cual tiene una relación ideal en el número de pases. Las especificaciones de los equipos de carga y acarreo se podrán encontrar en los *handbooks* de los principales fabricantes como se muestra en la Figura 3.

Teniendo el equipo seleccionado se verifica los espacios adecuados para el manejo seguro de los equipos al interior de la operación minera y la verificación de las alturas del equipo de carga y de acarreo para evitar golpes en las máquinas en el desarrollo del trabajo.

● RIGID DUMP TRUCKS

Hauling capacity 25 to 327 ton (28 to 360 US ton)

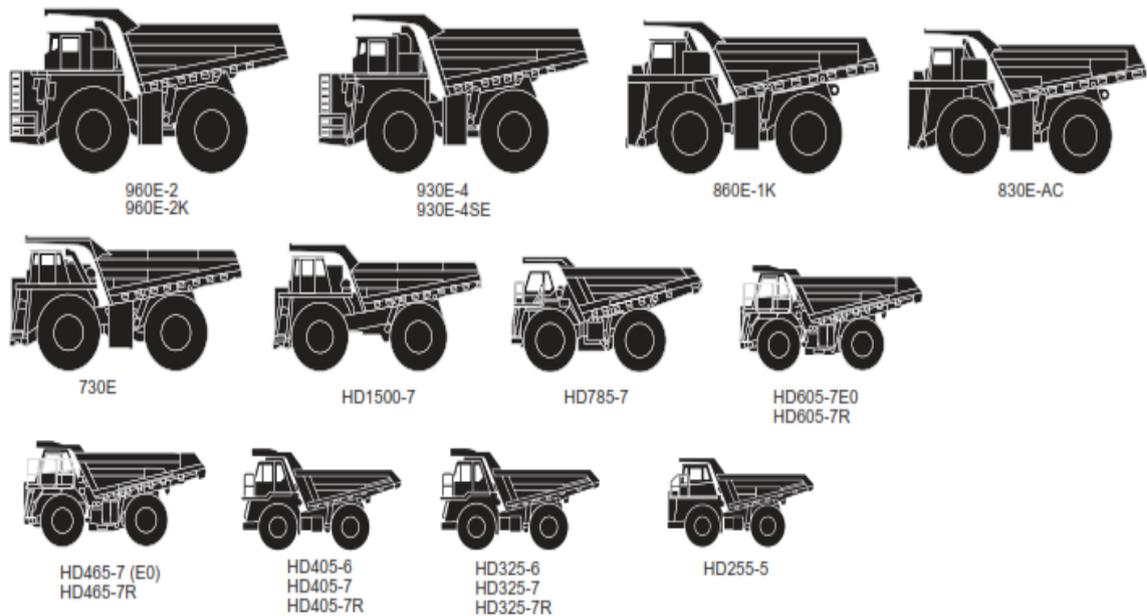


Figura 3: Gama de equipos de acarreo

Nota: Tomado de Komatsu (2016, p. G12)

Costo de Equipo

Paso seguido a tener la especificación del equipo, el costo estará influenciado por el origen de fabricación y la responsabilidad a ocupar al comprar un activo, para lo cual se utilizan los términos internacionales de comercio (incoterm), donde se define el cambio de propiedad del activo y su responsabilidad en el manejo del mismo, como se observa en la Tabla 1. Siendo los más usuales a utilizar el *FOB*, *CIF* y el *Ready to work (RTW)* que es armado y listo para iniciar el trabajo.

Para la evaluación de costo totales se estimará siempre el costo listo para trabajar (*RTW*), el cual incluye: el equipo con la configuración ya seleccionada, el traslado desde la fábrica hasta la operación minera, el armado del equipo.

Tabla 1: International Commerce Term (Incoterms)

Incoterms 2020 Rules Responsibility Quick Reference Guide											
Freight Collect Terms						Freight Prepaid Terms					
Groups	Any Mode or Modes of Transport		Sea and Inland Waterway Transport				Any Mode or Modes of Transport				
Incoterm	EXW	FCA	FAS	FOB	CFR	CIF	CPT	CIP	DAP	DPU	DDP
	Ex Works (Place)	Free Carrier (Place)	Free Alongside Ship (Port)	Free On Board (Port)	Cost and Freight (Port)	Cost Insurance & Freight (Port)	Carriage Paid To (Place)	Carriage & Insurance Paid to (Place)	Delivered at Place (Place)	Delivered at Place Unloader (Place)	Delivery Duty Paid (Place)
Transfer of Rick	At Buyer's Disposal	On Buyer's Transport	Alongside Ship	On Board Vessel	On Board Vessel	On Board Vessel	At Carrier	At Carrier	At Named Place	At Name Place Unicaded	At Named Place
Obligations & Charges:											
Export Packaging	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller
Loading Charges	Buyer	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller
Delivery to Port/Place	Buyer	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller
Export Duty, Taxes & Custome Clearence	Buyer	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller
Origin Terminal Charges	Buyer	Buyer	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller
Loading on Carriages	Buyer	Buyer	Buyer	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller
Carriage Charges	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller
Insurrance	Negociable	Negociable	Negociable	Negociable	Negociable	Seller	Negociable	Seller	Negociable	Negociable	Negociable
Destination Terminal Charges	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Seller	Seller	Seller	Seller	Seller
Delivery to Destination	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Seller	Seller	Seller
Unloading at Destination	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Seller	Buyer
Import Duty, Taxes & Custome Clearance	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Buyer	Seller

Nota: Tomado de IncoSolutions (2020)

En el eje X: punto de acuerdo de intercambio de propietario del bien, entre el productor y el comprador. En el eje Y: definición de la responsabilidad sobre la propiedad del bien.

3.5. Conceptos de operación y mantenimiento

Con la configuración de los equipos de carga y acarreo se revisa los factores operacionales y de mantenibilidad de los equipos.

De los factores operacionales tenemos, para el equipo de acarreo: Carga de trabajo, el cual por su peso específico se verifica el volumen del mismo, potencia de entrega de motor a la altitud de la ubicación de la operación minera, velocidades máximas de acuerdo a las restricciones de velocidad y las resultantes por la variación de pendiente de las rutas en el sentido de desplazamiento correspondiente.

Para el equipo de carga: Carga de trabajo y volumen, potencia de motor, tiempo promedio de carga por pase.

De los factores de mantenibilidad tenemos, para los dos tipos de equipo: la disponibilidad, la misma que con la antigüedad del equipo se llega a una de valor constante. La utilización esperada por la operación.

La disponibilidad tiene una relación inversa con el tiempo a utilizar para realizar los mantenimientos, siendo estos en su conjunto (mantenimientos programados, mantenimientos imprevistos, intercambio de componentes.

Siendo la norma ASARCO (*American Smelting & Refining Co.*) la guía para la definición clara de la clasificación de los tiempos en el desarrollo de las actividades como se muestra en el Anexo 5, permitiendo contar con indicadores para cada una de estas actividades.

Es importante en el mantenimiento la definición:

“El Conjunto de actividades se refiere a:

Inspección: permite evaluar la situación de componentes de un sistema. Ejemplo: medir

unos parámetros.

Conservación: que permite mantener el estado ideal de componentes de un sistema: Ejemplo: lubricar.

Reparación: permiten la reposición del estado ideal de los componentes de un sistema.

Ejemplo: cambio o reconstrucción de componentes”

(Campos, 2002)

3.6. Determinación de componentes de respaldo

Todo activo máquina, puede ser dividido en sus partes; el tamaño relaciona la facilidad de encontrarlo disponible en el mercado y su costo, los equipos de movimiento de tierra en el sector minero utilizan componentes de gran tamaño y alto valor económico; por lo que contar con componentes de respaldo tiene un sustento en la producción para no afectar las horas de operación del equipo por espera para el cambio y su reparación. Estos componentes llamados de respaldo o protección se definen normalmente en la compra de una flota a un precio especial por introducción.

La cantidad de componentes de respaldo debe de ser equilibrada pues genera un costo adicional en su adquisición, su cantidad estará en función de las unidades de equipos a respaldar. Para grandes cantidades de equipos, la cantidad de componentes de respaldo se verá afectada por los tiempos que demora su reparación y el momento del intercambio en el equipo. En la Figura 4, podemos observar componentes del sistema de propulsión de un camión mecánico y un motor de tracción parte del sistema de propulsión de un camión eléctrico.



Figura 4: Componentes varios de equipos de acarreo

Nota: Radiador, transmisión, diferenciales, motor de tracción, motor Diesel.

FUENTE: Komatsu (2016)

La cantidad de componentes se encuentra influenciada por:

- Evitar la detención del equipo y consecuentemente por la falta del mismo.
- Por el tiempo de espera para su cambio por no contar con disponibilidad del mismo.
- Por la cantidad de unidades necesarias para realizar el cambio programado a la totalidad de equipos en la flota a respaldar.
- Por el tiempo del ciclo de reparación del componente desde que sale del equipo, se traslada al taller de reparación, la reparación, el retorno para ser programado en el siguiente cambio.

“Para gestionar adecuadamente el inventario de componentes, hay que realizar el análisis a los tiempos de reparación del componente, así como a los tiempos de transporte, ya que afectan de manera pronunciada al inventario” (Zanabria, 2014).

“El TAT será la suma de tiempo que tomará retirar el componente del equipo y enviarlo al taller, más el tiempo que involucré evaluarlo, repararlo y regresarlo a los almacenes de la compañía minera” (Figura 5) (Zanabria, 2014).

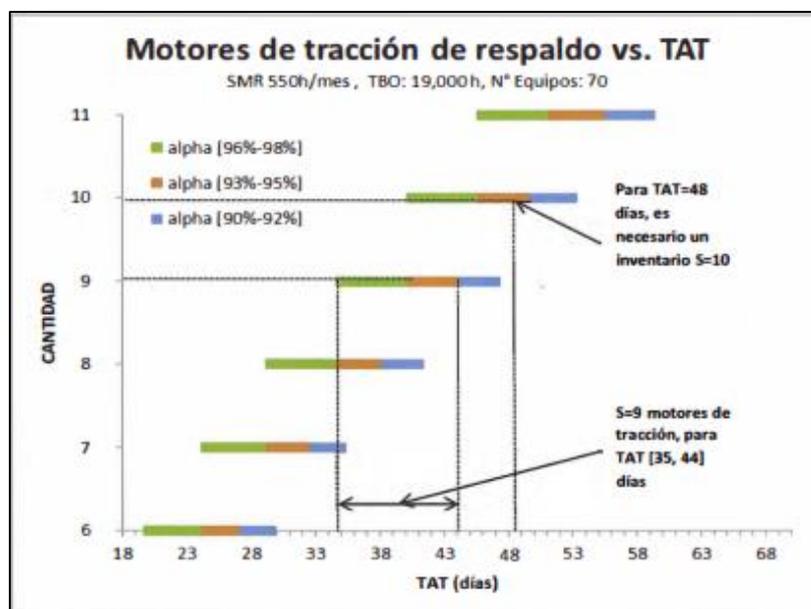


Figura 5: Cobertura de nivel de servicio a variación del tiempo logístico TAT

FUENTE: Zanabria (2014)

3.7. Servicio de mantenimiento

El *core business* en minería es la extracción y procesamiento de mineral con valor económico, por lo que dependiendo de la operación puede contar con áreas encargadas del mantenimiento o empresas especializadas para el mantenimiento de los equipos, o de acuerdo a la responsabilidad delegada a terceros encargarse solamente del refinamiento del material extraído. En este contexto se podrá contar con una diversa gama de servicios como se muestra en la Figura 6. Donde tenemos una gama de atención a los equipos denominados Servicios de mantenimientos desde el acompañamiento en labores menores con suministro de repuestos hasta manejar la flota de equipos.

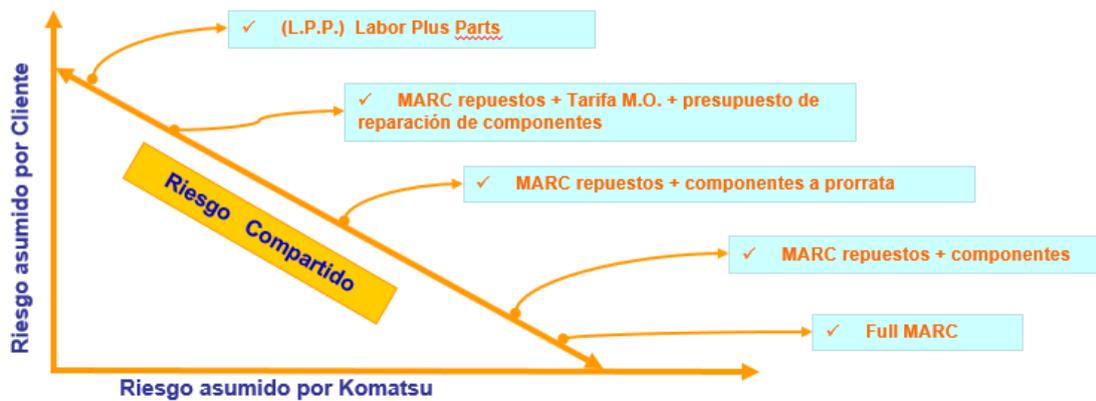


Figura 6: Gama de contratos de mantenimiento

FUENTE: Li y Mescua (2016)

En el Anexo 6, podemos encontrar mayor detalle de los tipos de servicios bajo contrato, donde el alcance de la responsabilidad.

3.8. Clasificación de tarifas: Fijas y Variables

Para alcanzar los factores operacionales y cumplir con el tiempo destinado para el mantenimiento es importante contar con personal capacitado y los repuestos a tiempo. Se clasifican los costos en base al uso de los equipos; tenemos los costos fijos debido a que son independientes al uso de los equipos y es aplicado a todo el conjunto se utilice uno o más de los equipos atendidos bajo esa modalidad.

En el Anexo 7, encontramos el desglose de los tópicos que incurre la operación para determinar el valor del servicio, el cual varía en función de las responsabilidades asociadas, así la tarifa fija abarca el personal que trabaja en la administración de la atención como el almacén, la administración, los consumos del personal, transportes, alimentación, alojamiento, equipos y equipamiento adecuado; cuenta además dependiendo de la responsabilidad de personal para el monitoreo predictivo de los mantenimientos y los pendientes de trabajo por atender. A este grupo se le denomina Mano de Obra Indirecta, debido a no tener contacto con el equipo de manera directa. El personal que interviene en los equipos de manera directa, realizando los mantenimientos, inspecciones, monitoreo de fallas se le denomina Mano de Obra Directa. Esta Tarifa Fija tiene un valor mensual que no varía, de ahí su nombre.

Con respecto a la tarifa variable, la variación de los repuestos que consume es debida a la antigüedad de un equipo a través del tiempo, un equipo nuevo consume pocos repuestos, en comparación con uno de mayores horas de operación, así como se muestra en la Tabla 2, la cual contiene la reparación de cambio de los sistemas principales, menores, así como los consumibles y misceláneos.

Tabla 2: Tarifa Variable o Costo Por Hora (CPH)

EQUIPO: CAMIÓN 730E		Costo por hora operacional (\$/HR)									
Concepto	0 Hr	6001 Hr	12001 Hr	18001 Hr	24001 Hr	30001 Hr	36001 Hr	42001 Hr	48001 Hr	54001 Hr	Promedio
	6000 Hr	12000 Hr	18000 Hr	24000 Hr	30000 Hr	36000 Hr	42000 Hr	48000 Hr	54000 Hr	60000 Hr	
VALOR COSTO KOMATSU											
SISTEMAS PRINCIPALES	0.00	29.54	59.51	33.33	38.46	85.79	7.05	48.63	75.62	33.33	41.13
SISTEMAS MENORES	0.00	5.21	6.87	7.18	3.96	9.99	2.28	6.99	7.17	8.55	5.82
CONSUMIBLES	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
MISCELANEOS	0.00	8.1	10.09	10.42	8.72	9.69	8.49	11.3	7.41	10.13	8.44
TOTAL COSTO (\$/HR)	0.97	43.82	77.44	51.90	52.11	106.44	18.79	67.89	91.17	52.98	56.35
MARGEN ESPERADO	20%										
VALOR VENTA A CLIENTE											
MAYOR	0.00	36.93	74.39	41.66	48.08	107.24	8.81	60.79	94.53	41.66	51.41
MENOR	0.00	6.51	8.59	8.98	4.95	12.49	2.85	8.74	8.96	10.69	7.28
CONSUMIBLES	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
MISCELANEOS	0.00	10.13	12.61	13.03	10.90	12.11	10.61	14.13	9.26	12.66	10.54
TOTAL CPH KOMATSU	1.21	54.78	96.80	64.88	65.14	133.05	23.49	84.86	113.96	66.23	70.44

FUENTE: Li y Mescua (2016)

3.9. Evaluación de Costo Total de Operación o de Propiedad (TCO)

La evaluación de *Total Cost of Ownership (TCO)* abarca los costos de compra de un activo más los costos de operación brindando una visión amplia del producto y su valor a lo largo del tiempo, en esta proyección abarca los puntos como la compra del bien listo para trabajar y sus componentes de respaldo, el personal que lo mantendrá, así como los repuestos que consume en lo largo de su vida útil. Adicionado a esto los costos por combustible, lubricantes, grasas, refrigerantes, los neumáticos, carrileras y elementos de desgaste, operadores.

En esta evaluación proyectada de costos se tiene en cuenta el ingreso de los equipos, el uso de las tarifas variables por tramos, las tarifas fijas con los costos de capital para los costos por equipo.

Con estos valores se puede comparar cual es la mejor flota de equipos complementarios, pudiendo simular escenarios donde se ajustan los valores o se comparan equipos de diferentes funcionamientos o marcas.

3.10. Contratos a medida

Esta descripción deja el concepto abierto a la atención de servicio de cualquier modalidad. Es decir que dentro de un contrato de mantenimiento de equipos se pueda hacer responsable de otros sub contratos como por ejemplo el de mantenimiento de neumáticos, la soldadura de reparación de las tolvas, hojas y cucharas, así como conceptos varios como la limpieza de las cabinas, el lavado de los equipos, etc.

IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

En las actividades desempeñadas para la Suficiencia Profesional se participó en el desarrollo, de una unidad especializada técnico comercial, en una empresa de distribución de equipos mineros y servicios de mantenimiento a estos equipos, para responder de manera organizada los requerimientos que se dan en el mercado minero; llegando a manejar el concepto de costos totales de operación, a través del cual se brindó soporte para las tomas de decisiones en procesos de compra venta y determinación de equipos de carga y acarreo en minería.

Para la participación al interior de la empresa proveedora así como la interrelación con los clientes mineros fue de gran ayuda contar con conceptos: de selección de equipos, topografía, hidrología, que permitía la comunicación con ingenieros de minas; maquinaria agrícola, motores, mecanismo, circuitos eléctricos, que permitía la comunicación ingenieros mecánicos; evaluación de proyectos, proyectos de inversión y desarrollo, ingeniería económica, que permitía la comunicación con profesiones de administración; manejo de cuentas, planeamiento los cuales brindan una visión amplia de organización de conceptos y procesos, que permite la comunicación con ingenieros industriales, ambientales y de calidad. Es así, con los conocimientos descritos se pudo participar en la organización del área especializada. Lo que permitió contar con información la cual por temas de ética profesional y confidencialidad correspondiente es de manera referencial creada por este autor para la descripción del proceso.

Para la atención a los requerimientos del mercado minero por parte de una empresa distribuidora de equipos de carga y acarreo, se muestra en el Anexo 1, los tipos de requerimientos y las áreas responsables en la atención.

Los requerimientos se encuentran en función de la madurez de sus estudios de factibilidad o puesta en marcha de los proyectos. La utilidad de los costos totales de operación en proyectos de operaciones mineras en desarrollo, radica en contar con referencias estimadas sobre

costos de la operación y en momento de adquisición de los equipos para el desarrollo de estrategias comerciales que permitan competir con algún modelo que brinde mayor potencial.

Para poder utilizar el concepto de costos totales de operación fue importante el uso anticipado de los procesos mostrados en el Anexo 1, ya la información es manejada de manera específica por un área en particular.

4.1. Esquema de procesos

El costo total operación se realizó desarrollando cada proceso del Anexo 1, el cual puede ser aplicado para cualquier atención de información en cualquiera de sus partes.

La atención de las solicitudes, desde un proyecto en estudios de factibilidad inicia con la “Simulación de equipos” (Figura 7), donde se utilizó; la densidad de material, las rutas de acarreo y los tonelajes por periodo recibido, obteniéndose cantidades de equipos por año, con estos resultados se generó la “Propuesta de Equipos” donde se definió la configuración recomendada, el lugar y la condición de entrega de los mismos.



Figura 7: Proceso requerido: simulación de carga y acarreo de materias y propuesta de equipos

Del proceso de “Simulación de equipos” se corrige de ser necesario el ingreso para que siempre sea creciente a través del tiempo.

Del número de equipos se realiza el proceso “Componentes de respaldo” donde se definen

las cantidades y valor económico, en la Figura 8. La información relevante es el ingreso de equipos y la utilización para poder evaluar las horas de operación de cada equipo, se considera el tiempo que demanda la reparación de cada componente y su retorno a la operación minera. Así con el set de respaldo por modelo de equipo se presenta el valor comercial de proceso de componentes de respaldo.



Figura 8: Proceso requerido: Componentes de respaldo

Con el ingreso de equipos, el proceso “Dotación del personal” (Figura 9), se definió el alcance usando la descripción mostrada en el Anexo 7, Anexo 8 y Anexo 9, donde se delimitan los aportes (compras) y las responsabilidades; con el alcance definido se determina cual es el tipo de servicio que se va a desarrollar. Para la evaluación de costo total de operación siempre es MARC debido al alcance de conceptos mantenimiento predictivo y mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability Centered Maintenance - RCM) (Figura 10), así se determina la cantidad de personal para la atención, sus aportes y sus condiciones de trabajo. En la evaluación y posterior implementación se desarrollan proceso de capacitación técnica y de operación para llevar a las instituciones educativas la tecnología de los equipos y estar en la capacidad de formar operadores desde cero. El consumo de repuestos siempre va ligado a la venta de los equipos, por esto sus precios variaran de acuerdo al alcance del servicio contratado. Las unidades de la organización con mayor inversión para todo crecimiento en el mercado minero esta dado en el taller de componentes y el personal para atender en la misma operación y cumplir los índices operacionales acordados.

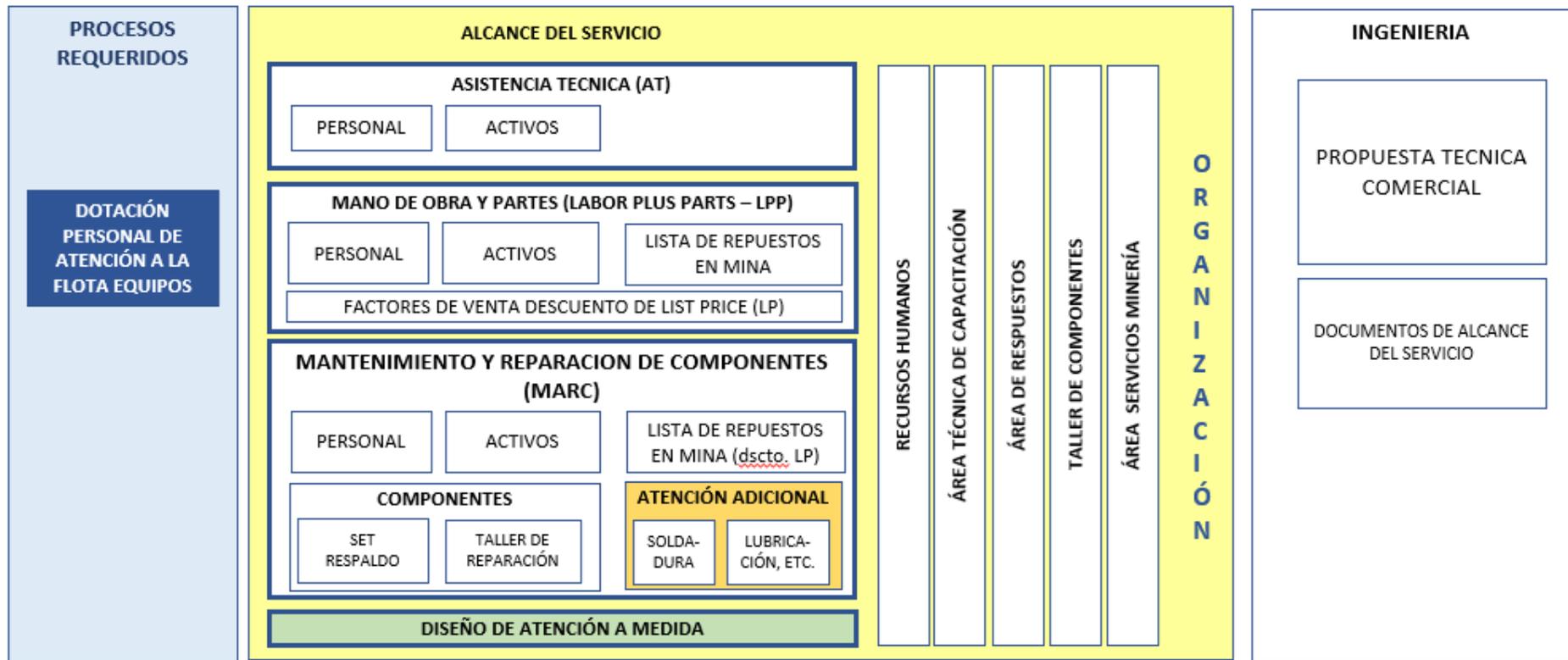


Figura 9: Proceso requerido: Dotación de personal

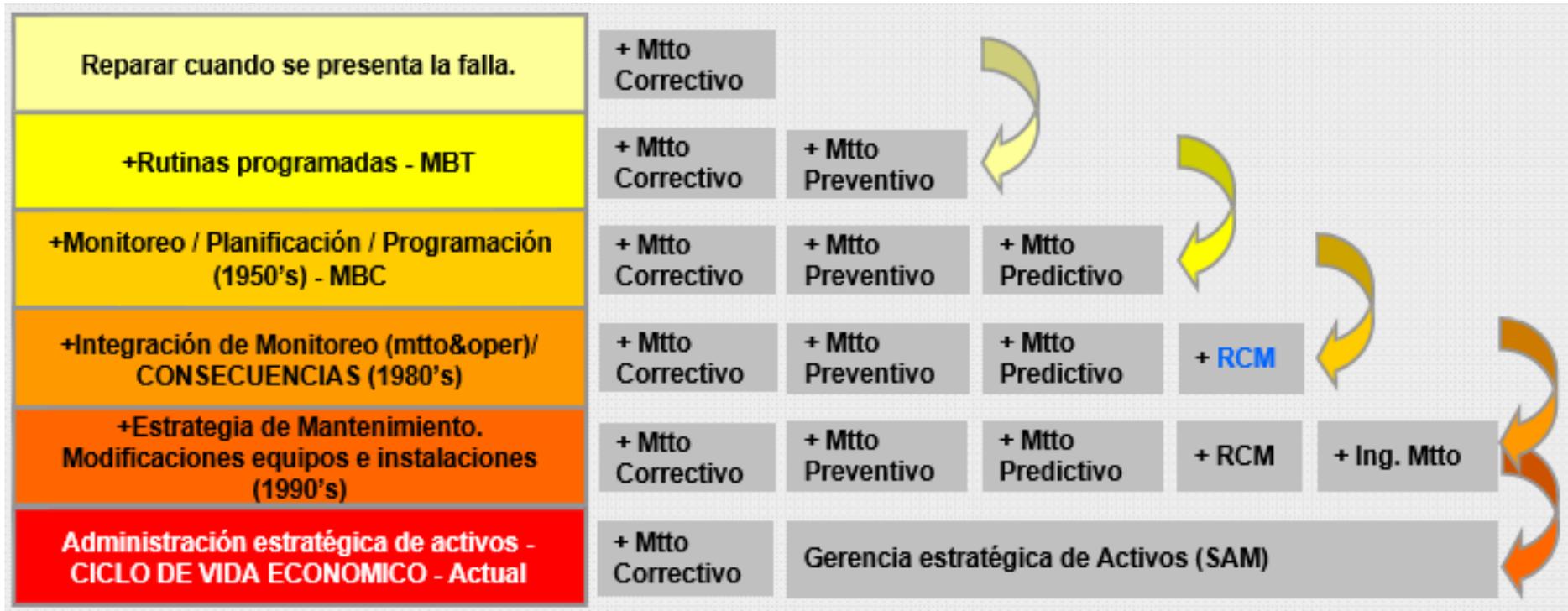


Figura 10: Evolución de las estrategias de mantenimiento

Nota: Tomado de Torreblanca (2013)

De manera paralela al proceso anterior se desarrolló “Estrategia de atención” referido al consumo de repuestos, donde la atención varía desde listados de repuestos colocados en la operación (por venta o consignación) en el servicio Personal más repuestos (Labor plus parts – LPP) , hasta los Costos Por Hora (CPH) o Tarifas Variables como se muestra en la Tabla 2, siendo para la evaluación realizada utilizada la Tarifa Variable de cada equipo. Siempre el motor como componente vital en la operación cuenta con su propia descripción de servicio y de disponibilidad.



Figura 11: Proceso requerido: Estrategia de atención

En algunas operaciones mineras se desea tener centralizados los servicios en un solo contrato, por esto dependiendo de la solicitud se van a incluir servicios “Adicionales”, referidos a la atención de periféricos de los equipos, como son soldaduras (hojas, cucharas, estructura), mantenimiento de tolvas o tanques de riego y neumáticos. Para el costo total de operación se utilizó los mantenimientos de tolvas y cucharas y el cambio de neumáticos y cartería.

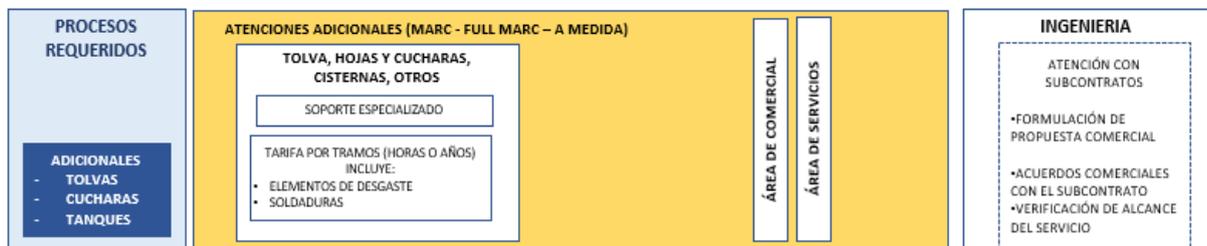


Figura 12: Proceso requerido: Sub contratos adicionales

Los “Procesos de Soporte” (Figura 13), contribuyen a implementar un contrato, así tenemos las áreas del recursos humanos y capacitación que enfocados en la Responsabilidad Social

Empresarial (RSE), donde cabe indicar que las operaciones mineras intervienen en las poblaciones aledañas al lugar de extracción, formando normalmente operadores desde cero y transfiriendo conocimientos a las instituciones educativas técnicas de mantenimiento afines.

Se continua en el “Proceso de Soporte” con el área de logística responsable de existencias de *stock* de repuestos y su cuidado adecuado. Internamente también se cuenta con las áreas contables que verifican las ganancias esperadas y sobre todo los temas de *Compliance* que a nivel mundial van ganando un espacio importante al prevenir el **riesgo financiero** y de imagen, por sanciones al incumplir las normas existentes en la zona de trabajo.

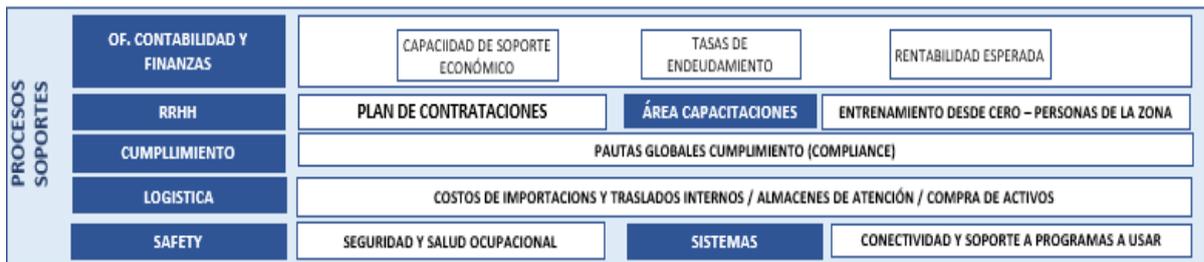


Figura 13: Procesos de soporte

Con los procesos descritos y definidos se evalúa el costo total de la operación.

4.2. Información del proyecto

Por temas de confidencialidad de información del proyecto donde ser realizo la evaluación se modifican algunos de los datos, preservando el esquema con la que debe de contar la evaluación.

Empresa: Minera Pampa Group.

Proyecto: Mina de tajo abierto

Ubicado: Samegua – Mariscal Nieto - Moquegua.

Altitud: 2,700 m.s.n.m.m.

Tabla 3: Formato de información para el cálculo de equipos de acarreo

Selección de Equipos			
Datos del Cliente			
Nombre de compañía		MINERA PAMPA GROUP	
Nombre del proyecto		DESBROCE TAJO ABIERTO 4	
Ubicación del proyecto		SAMEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA	
Persona de contacto		EDUARDO CALDERON	
Características			
Altitud		2700	msnm
Temperatura en Invierno	Mínima	5	°c
	Máxima	25	°c
Temperatura Verano	Lluvia	NO	Si / No
	Mínima	10	°c
	Máxima	30	°c
	Lluvia	NO	Si / No
Precipitación promedio		43	mm/año
Evaporación		730	mm/año
Presión atmosférica			bar
Altura banco		6	m
Ancho rampa		13	m
Gradiente de rampas		10	%
Distancias promedio de acarreo a	Botaderos	2	Km.
	Planta	2	Km.
Existe alguna limitación de altura		NO	Si / No
		-	Metros
Características del Material a Transportar			
Material a transportar		PIZARRAS Y ARENISCAS SILICIFICADAS	
Angulo de Reposo		45°	
Mineral			
Peso específico promedio	Banco	3	tm/m3
Espojamiento		15	%
Peso específico promedio	Suelto	2	tm/m3
Granulometría promedio		15	
Estéril			
Peso específico promedio	Banco	3	tm/m3
Espojamiento		20	%
Peso específico promedio	Suelto	2	tm/m3
Granulometría promedio		22	
Requerimientos de Cotización			
Incluye Neumáticos	Si / No	SI	
Incluye tolva	Si / No	SI	
Tipo de tolva	Light/ Std	STD	
Entrega en Mina	Si / No	SI	
Fecha de entrega requerida	mes/año	01/01/2024	
Algún equipo especial requerido		-	
Alguna norma particular que cumplir		-	
Fecha estimada de entrega de cotización		15 DE DICIEMBRE 2023	
Fecha estimada de decisión de compra		ENERO DEL 2023	
Cantidad de equipos requeridos	Op 1	-	
	Op 2	-	
Información adicional			
Factores Operacionales			
Eficiencia operativa			%
Tiempo Espera Antes del Primer Pase			seg
Tiempo Primer Pase			seg
Tiempo por Pase			seg
Otra información Relevante			
Alguna información de importancia que considere debemos conocer			

4.2.1. Simulación de equipos requeridos

El proyecto evaluado, al interior de su institución, tienen su forma de organización de información (lo mismo sucede en cualquier otra institución), por lo cual se coordinó y solicito la información de acuerdo a un orden establecido, las rutas de acarreo por cada periodo de tiempo o cambio resaltante que modifica la misma. donde comprende el perfil de la ruta de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 5.

Así en la información solicitada abarca los siguientes puntos para la simulación de equipos:

1. Definición del material a mover por un periodo de 10 años (ingresa planeamiento a corto y largo plazo).
2. Descripción del material a mover indicando densidad volado (mineral y desmonte).
3. Ruta de inicio a fin por cada periodo (el nivel de detalle va a depender del proyecto), distancias y pendientes.
4. Límites de velocidad, en el recorrido y en las curvas.
5. Localización del proyecto (altitud, cercanía a centros poblados)

Los planos topográficos de las rutas recibidas sirvieron de guía para aclarar consultas sobre los puntos de inicio y fin de cada ruta, como se muestra en el Anexo 3, como resultado de la información del plan de minado se obtiene la Tabla 4.

Tabla 4: Plan de minado

Tonelaje en kilo toneladas			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Mineral	Mina A	Chancadora	2400	3360	3000	2640	2640	2640	2520	2520	2160	2200
Desmonte	Mina A	Botadero cuprita	14400	20400	21600	21600	20400	18000	17400	17400	16800	16800

Tabla 5: Formato de información del perfil de la ruta de acarreo mineral y desmonte

PLAN DE MINADO		
Perfil N°	PERFIL 1	
Material	MINERAL	
Densidad en banco	3	
Porosidad		
Densidad material suelto	2	
Origen	MINA A	
Destino	CHANCADORA	
Período	1	
Tonelaje	Ktons	200

Perfil N°	PERFIL 2	
Material	DESMONTE	
Densidad en banco	3	
Porosidad		
Densidad material suelto	2	
Origen	MINA A	
Destino	BOTADERO CUPRITA	
Período	1	
Tonelaje	Ktons	1200

Segmento	Distancia	Pendiente	Resistencia Rodadura	Límite de Velocidad (kph)	
				Ida	Retorno
	(m)	(%)	(%)		
1	1,170	10		40	40
2	440	6		40	40
3	200	10		40	40
4	90	5		40	40
5	90	-5		40	40
6	200	-10		40	40
7	440	-6		40	40
8	1,170	-10		40	40
9					
10					
TOTALS	3,800				

Segmento	Distancia	Pendiente	Resistencia Rodadura	Límite de Velocidad (kph)	
				Ida	Retorno
	(m)	(%)	(%)		
1	1,170	10		40	40
2	270	7		40	40
3	1,040	-5		40	40
4	1,040	5		40	40
5	270	-7		40	40
6	1,170	-10		40	40
7					
8					
9					
10					
TOTALS	4,960				

4.2.2. Factores operacionales

De acuerdo con las estrategias de mantenimiento actuales, se basen en la mejora de procesos para alcanzar altas disponibilidad de los equipos, así como su utilización por lo cual es aceptado tener como base los índices operacionales descritos en la Tabla 6, los mismos que son presentados en el desarrollo de la evaluación.

Como referencia los conceptos que derivan en los índices de confiabilidad, mantenibilidad, tiempo promedio entre fallas, tiempo promedio entre reparaciones, etc. Sirven para poder alcanzar mejores índices en la operación, que sustentan el alcanzar o superar los índices descritos en la Tabla 6.

Tabla 6: Índices operacionales

Factores de operación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Disponibilidad	90%	89%	88%	87%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Utilización	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

4.2.3. Responsabilidades y aportes en la operación

En un proceso general para el desarrollo de los costos totales de operación se define el alcance (responsabilidades) y aporte por parte del proveedor o del proyecto u operación minera. Lo usual, es lo utilizado de acuerdo a la indicación del Anexo 7, referido al personal para realizar los mantenimientos de acuerdo a un contrato MARC, como se describe el servicio es evaluado por la empresa proveedora, la existencia de los servicios autorizados es por parte de la minera (proyecto u operación).

Punto seguido en la definición del servicio a prestar dentro de los costos totales será el aporte (compra), administración y servicio referido a equipos móviles, los utilizados para esta evaluación se encuentran descritos en el Anexo 7, como: camionetas, camión de servicio y de lubricación.

En el Anexo 8, encontramos los equipamientos necesarios para poder brindar el servicio y los espacios para la disposición de los servicios son aporte del proyecto u operación minera. Lo utilizado en la presente evaluación es de acuerdo a este anexo.

El Anexo 9, están referidos a especialidades complementarias al mantenimiento de los sistemas de los equipos directamente, enmarcándose varios de estos puntos en subcontratos de ser un FULL MARC. Para la presente evaluación tiene cobertura de costos los servicios y lo descrito en este anexo.

En resumen, para la presente evaluación se desarrolló el alcance tipo MARC de acuerdo a la definición de la Figura 6 y Anexo 6. Gama de contrato de servicio de mantenimiento.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

5.1.1. Simulación de equipos requeridos

Del plan de minado de la Tabla 4 y los índices operacionales de la Tabla 6, se realizó el cálculo del tiempo de traslado de los equipos de acarreo seleccionado, con su respectivo equipo de carga. Para esta evaluación se utilizaron los siguientes equipos de la marca Komatsu: Equipos de Carga PC3000, PC2000 y WA900 con los equipos de acarreo HD1500 y HD785. Donde se tiene la siguiente agrupación carga acarreo: Flota PC3000 – HD1500, Flota PC2000 – HD786 y Flota WA900 – HD785.

En los equipos de Carga tenemos:

Tabla 7. **Equipo PC3000 – HD1500**, se tiene la productividad del Equipo de carga, los puntos principales tomados en cuenta es la densidad del material, la capacidad de carga y de volumen de la cuchara. Unido a la capacidad de carga del equipo de acarreo se determina la cantidad de pases que se realizan para poder llenar un camión. Como se aprecia la diferencia de producción anual esperada por equipos de carga es 14% mayor en el material mineral vs el material desmonte.

Tabla 8. **Equipo PC2000 – HD785**, se muestra el desarrollo del mismo esquema de evaluación que el equipo anterior. Resultando la diferencia de producción anual esperada por equipos de carga es 24% mayor en el material mineral vs el material desmonte.

Tabla 9. **Equipo WA900 – HD785**, se muestra el desarrollo del mismo esquema de evaluación que el equipo anterior. Resultando la diferencia de producción anual esperada por equipos de carga es 2% mayor en el material mineral vs el material desmonte.

En todos los casos la producción esperada de los equipos de carga se utilizó el máximo esperado, tomando en cuenta la carga máxima del equipo de acarreo y el tiempo total de su carga.

Tabla 7: Equipo de carga PC3000, equipo de acarreo HD1500

Configuración Camión		HD1500	
Motor Diesel		SDA16V159	
Potencia de Motor		1500	HP (1900 rpm)
Potencia con Derrateo		1457	HP
Carga Útil - Nominal Payload		149,000	kgs.
Tiempos Fijos de Ciclo Camión			
Tiempo de Aproximación	seg		30
Tiempo de Espera	seg		0
Tiempo de Maniobras de Descarga	seg		90
Productividad de Equipo de Carguío			
Equipo de Carguío	Unidad	PC3000	
Modalidad de Carguío		En Banco	
Modelo de Camión		HD1500	
MATERIAL		Mineral	Desmonte
Densidad Material	tm/m ³	2.10	1.90
Volumen Balde	yd ³		
Volumen Balde	m ³	15.00	15.00
Factor de Llenado de Balde	%	90.0%	90.0%
Carga por Balde	tm	28.35	25.65
Capacidad Payload Camión	tm	149.00	149.00
Número de Pases	#	5.00	5.80
Carga Transportada Camión	tm	141.75	148.77
Utilización de Payload	%	95%	100%
Tiempo por Pase	seg	31	31
Tiempo Carguío Camión	seg	155	186
Productividad Máxima Carguío	tm/hr	3,292.3	2,879.4
Productividad Promedio			
Esperada	tm/hr	2,400.1	2,099.1
Productividad Diaria Esperada	tm/día	57,601	50,378
Productividad Anual Esperada	tm/año	18,922,043	16,549,278
Factores			
Eficiencia Operativa	%	90%	
Utilización	%	90%	
Dispo. Física Prom. Carguío	%	90%	
Dispo. Física Prom. Camión 1	%	90%	
Dispo. Física Prom. Camión 2	%	89%	
Dispo. Física Prom. Camión 3	%	88%	
Dispo. Física Prom. Camión 4	%	87%	
Dispo. Física Prom. Camión 5	%	86%	
Dispo. Física Prom. Camión 6	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 7	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 8	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 9	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 10	%	85%	

Tabla 8: Equipo de carga PC2000, equipo de acarreo HD785

Configuración Camión		HD785	
Motor Diesel		SAAV140E	
Potencia de Motor		1200	HP (1900 rpm)
Potencia con Derrateo		1176	HP
Carga Útil - Nominal Payload		91,000	kgs.
Tiempos Fijos de Ciclo Camión			
Tiempo de Aproximación	seg	30	
Tiempo de Espera	seg	0	
Tiempo de Maniobras de Descarga	seg	90	
Productividad de Equipo de Carguío			
Equipo de Carguío	Unidad	PC2000	
Modalidad de Carguío		En Banco	
Modelo de Camión		HD785	
MATERIAL		Mineral	Desmonte
Densidad Material	tm/m ³	2.10	1.90
Volumen Balde	yd ³		
Volumen Balde	m ³	12.00	12.00
Factor de Llenado de Balde	%	90.0%	90.0%
Carga por Balde	tm	22.68	20.52
Capacidad Payload Camión	tm	91.00	91.00
Número de Pases	#	4.00	4.45
Carga Transportada Camión	tm	90.72	91.31
Utilización de Payload	%	100%	100%
Tiempo por Pase	seg	31	31
Tiempo Carguío Camión	seg	124	155
Productividad Máxima Carguío	tm/hr	2,633.8	2,120.8
Productividad Promedio			
Esperada	tm/hr	1,920.0	1,546.1
Productividad Diaria Esperada	tm/día	46,081	37,106
Productividad Anual Esperada	tm/año	15,137,634	12,189,400
Factores			
Eficiencia Operativa	%	90%	
Utilización	%	90%	
Dispo. Física Prom. Carguío	%	90%	
Dispo. Física Prom. Camión 1	%	90%	
Dispo. Física Prom. Camión 2	%	89%	
Dispo. Física Prom. Camión 3	%	88%	
Dispo. Física Prom. Camión 4	%	87%	
Dispo. Física Prom. Camión 5	%	86%	
Dispo. Física Prom. Camión 6	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 7	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 8	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 9	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 10	%	85%	

Tabla 9: Equipo de carga WA900, equipo de acarreo HD785

Configuración Camión	HD785		
Motor Diesel	SAAV140E		
Potencia de Motor	1200	HP (1900 rpm)	
Potencia con Derrateo	1176	HP	
Carga Útil - Nominal Payload	91,000	kgs.	
Tiempos Fijos de Ciclo Camión			
Tiempo de Aproximación	seg	30	
Tiempo de Espera	seg	0	
Tiempo de Maniobras de Descarga	seg	90	
Productividad de Equipo de Carguío			
Equipo de Carguío	Unidad	WA900	
Modalidad de Carguío		En Banco	
Modelo de Camión		HD785	
MATERIAL		Mineral	Desmonte
Densidad Material	tm/m ³	2.10	1.90
Volumen Balde	yd ³		
Volumen Balde	m ³	13.00	13.00
Factor de Llenado de Balde	%	95.0%	95.0%
Carga por Balde	tm	25.94	23.47
Capacidad Payload Camión	tm	91.00	91.00
Número de Pases	#	3.50	3.80
Carga Transportada Camión	tm	90.77	89.17
Utilización de Payload	%	100%	98%
Tiempo por Pase	seg	38	38
Tiempo Carguío Camión	seg	152	152
Productividad Máxima Carguío	tm/hr	2,149.9	2,111.9
Productividad Promedio			
Esperada	tm/hr	1,567.3	1,539.5
Productividad Diaria Esperada	tm/día	37,614	36,949
Productividad Anual Esperada	tm/año	12,356,269	12,137,723
Factores			
Eficiencia Operativa	%	90%	
Utilización	%	90%	
Dispo. Física Prom. Carguío	%	90%	
Dispo. Física Prom. Camión 1	%	90%	
Dispo. Física Prom. Camión 2	%	89%	
Dispo. Física Prom. Camión 3	%	88%	
Dispo. Física Prom. Camión 4	%	87%	
Dispo. Física Prom. Camión 5	%	86%	
Dispo. Física Prom. Camión 6	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 7	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 8	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 9	%	85%	
Dispo. Física Prom. Camión 10	%	85%	

Con los resultados de los equipos de carga se evaluó los equipos de acarreo como se muestra en la Tabla 10 y Tabla 11 referido a los equipos PC3000 – HD1500 por el periodo de 10 años, en las Tabla 12 y Tabla 13 referido a los equipos PC2000 – HD785 por el periodo de 10 años, en las Tabla 14 y Tabla 15 referido a los equipos WA900 – HD785 por el periodo de 10 años.

De los puntos resaltantes en la evaluación, el tiempo de acarreo es determinado por la curva de rimpull donde la velocidad se encuentra determinada por la potencia en la altitud de trabajo determinada, la resistencia a la rodadura en 2%.

En las tablas de evaluación de los equipos (de la Tabla 10 a la Tabla 15), en la primera parte obtenemos las horas máquina de acarreo necesarias para movilizar el material en cada periodo de tiempo indicado; en las secciones equipo de acarreo y equipo de carguío, en las tablas se determinan la cantidad de equipos, al dividir las horas nominales requeridas entre las horas nominales del periodo que es de un año en estos casos.

Tabla 10: Cálculo con los equipos PC3000 y HD1500. Año 01 al 05

EQUIPO DE TRANSPORTE EQUIPO DE CARGUIO	HD1500	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	PC3000	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte
CONCEPTO	UNIDAD										
Tonelaje Asociado al Carguío	K-TM	2,400	14,400	3,360	20,400	3,000	21,600	2,640	21,600	2,640	20,400
Distancia Ciclo	km										
Tiempo maniobra/aproximación sector de pala (spotting)	(min)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Tiempo de espera camion para primer pase del balde	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Número de pases de balde en tolva estandar	#	5	5.8	5	5.8	5	5.8	5	5.8	5	5.8
Tiempos por pase del balde	(min)	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Tiempo de carguío	(min)	2.58	3.00	2.58	3.00	2.58	3.00	2.58	3.00	2.58	3.00
Tiempo viaje, cargado. Velocidad limitada.	(min)	13.10	14.68	13.10	14.68	13.10	14.68	13.10	14.68	13.10	14.68
Tiempo maniobra/descarga en sector vaciado	(min)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tiempo viaje retorno, vacío. Velocidad limitada.	(min)	7.38	8.92	7.38	8.92	7.38	8.92	7.38	8.92	7.38	8.92
Tiempo de espera, demoras y cola	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total tiempo de ciclo del camión	(min)	25.07	28.59	25.07	28.59	25.07	28.59	25.07	28.59	25.07	28.59
Número de viajes del camión en una hora		2.39	2.10	2.39	2.10	2.39	2.10	2.39	2.10	2.39	2.10
Carga de material en cada pase del balde	(tm)	28.35	25.65	28.35	25.65	28.35	25.65	28.35	25.65	28.35	25.65
Carga transportada por un camión en cada viaje	(tm)	141.75	148.77	141.75	148.77	141.75	148.77	141.75	148.77	141.75	148.77
Factor Utilizac. de Capacidad Carga (Payload) del camión		95.13%	99.85%	95.13%	99.85%	95.13%	99.85%	95.13%	99.85%	95.13%	99.85%
Producción transportada por hora efectiva (60 min/hr)	(tm/hr)	339	312	339	312	339	312	339	312	339	312
Horas Efectivas Requeridas (HE Acarreo)	(hrs)	7,073	46,127	9,903	65,346	8,842	69,190	7,781	69,190	7,781	65,346
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	7,859	51,252	11,003	72,607	9,824	76,878	8,645	76,878	8,645	72,607
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	8,733	56,947	12,226	80,675	10,916	85,420	9,606	85,420	9,606	80,675
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	9,703	63,274	13,737	90,646	12,404	97,068	11,041	98,184	11,170	93,808
EQUIPO DE ACARREO	PC3000	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	9,703	63,274	13,737	90,646	12,404	97,068	11,041	98,184	11,170	93,808
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520
Cantidad de Equipos Requeridos (Teórico)	(unid)	1.14	7.43	1.61	10.64	1.46	11.39	1.30	11.52	1.31	11.01
Cantidad Total de Equipos de Acarreo Teóricos	(unid)		8.57		12.25		12.85		12.82		12.32
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)	9		13		13		13		13	
EQUIPO DE CARGUÍO	PC3000	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
Productividad Máxima de Carguío	(tm/hr)	3292.3	2879.4	3292.3	2879.4	3292.3	2879.4	3292.3	2879.4	3292.3	2879.4
Horas Efectivas Requeridas (HE Carguío)	(hrs)	729	5001	1021	7085	911	7502	802	7502	802	7085
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	810	5557	1134	7872	1012	8335	891	8335	891	7872
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	900	6174	1260	8747	1125	9261	990	9261	990	8747
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	1000	6860	1400	9718	1250	10290	1100	10290	1100	9718
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520
Cantidad de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	0.12	0.81	0.16	1.14	0.15	1.21	0.13	1.21	0.13	1.14
Cantidad Total de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	0.92		1.30		1.35		1.34		1.27	
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)	1		2		2		2		2	

Tabla 11: Cálculo con los equipos PC3000 y HD1500. Año 06 al 10

EQUIPO DE TRANSPORTE EQUIPO DE CARGUIO	HD1500 PC3000	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
		Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante
CONCEPTO	UNIDAD										
Tonelaje Asociado al Carguío	K-TM	2,640	18,000	2,520	17,400	2,520	17,400	2,160	16,800	2,220	16,800
Distancia Ciclo	km										
Tiempo maniobra/aproximación sector de pala (spotting)	(min)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Tiempo de espera camión para primer pase del balde	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Número de pases de balde en tolva estandar	#	5	5.8	5	5.8	5	5.8	5	5.8	5	5.8
Tiempos por pase del balde	(min)	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Tiempo de carguío	(min)	2.58	3.00	2.58	3.00	2.58	3.00	2.58	3.00	2.58	3.00
Tiempo viaje, cargado. Velocidad limitada.	(min)	13.10	14.68	13.10	14.68	13.10	14.68	13.10	14.68	13.10	14.68
Tiempo maniobra/descarga en sector vaciado	(min)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tiempo viaje retorno, vacío. Velocidad limitada.	(min)	7.38	8.92	7.38	8.92	7.38	8.92	7.38	8.92	7.38	8.92
Tiempo de espera, demoras y cola	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total tiempo de ciclo del camión	(min)	25.07	28.59	25.07	28.59	25.07	28.59	25.07	28.59	25.07	28.59
Número de viajes del camión en una hora		2.39	2.10	2.39	2.10	2.39	2.10	2.39	2.10	2.39	2.10
Carga de material en cada pase del balde	(tm)	28.35	25.65	28.35	25.65	28.35	25.65	28.35	25.65	28.35	25.65
Carga transportada por un camión en cada viaje	(tm)	141.75	148.77	141.75	148.77	141.75	148.77	141.75	148.77	141.75	148.77
Factor Utilizac. de Capacidad Carga (Payload) del camión		95.13%	99.85%	95.13%	99.85%	95.13%	99.85%	95.13%	99.85%	95.13%	99.85%
Producción transportada por hora efectiva (60 min/hr)	(tm/hr)	339	312	339	312	339	312	339	312	339	312
Horas Efectivas Requeridas (HE Acarreo)	(hrs)	7,781	57,659	7,427	55,737	7,427	55,737	6,366	53,815	6,543	53,815
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	8,645	64,065	8,252	61,930	8,252	61,930	7,073	59,794	7,270	59,794
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	9,606	71,183	9,169	68,811	9,169	68,811	7,859	66,438	8,078	66,438
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	11,301	83,745	10,787	80,954	10,787	80,954	9,246	78,162	9,503	78,162
EQUIPO DE ACARREO	PC3000	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	11,301	83,745	10,787	80,954	10,787	80,954	9,246	78,162	9,503	78,162
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520
Cantidad de Equipos Requeridos (Teórico)	(unid)	1.33	9.83	1.27	9.50	1.27	9.50	1.09	9.17	1.12	9.17
Cantidad Total de Equipos de Acarreo Teóricos	(unid)		11.16		10.77		10.77		10.26		10.29
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)		12		11		11		11		11
EQUIPO DE CARGUIÓ	PC3000	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
Productividad Máxima de Carguío	(tm/hr)	3292.3	2879.4	3292.3	2879.4	3292.3	2879.4	3292.3	2879.4	3292.3	2879.4
Horas Efectivas Requeridas (HE Carguío)	(hrs)	802	6251	765	6043	765	6043	656	5835	674	5835
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	891	6946	850	6714	850	6714	729	6483	749	6483
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	990	7718	945	7460	945	7460	810	7203	832	7203
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	1100	8575	1050	8289	1050	8289	900	8003	925	8003
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520
Cantidad de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	0.13	1.01	0.12	0.97	0.12	0.97	0.11	0.94	0.11	0.94
Cantidad Total de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)		1.14		1.10		1.10		1.05		1.05
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)		2		2		2		1		1

Tabla 12: Cálculo con los equipos PC2000 y HD785. Año 01 al 05

EQUIPO DE TRANSPORTE EQUIPO DE CARGUIO	HD785	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	PC2000	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte
CONCEPTO	UNIDAD										
Tonelaje Asociado al Carguío	K-TM	2,400	14,400	3,360	20,400	3,000	21,600	2,640	21,600	2,640	20,400
Distancia Ciclo	km										
Tiempo maniobra/aproximación sector de pala (spotting)	(min)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Tiempo de espera camion para primer pase del balde	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Número de pases de balde en tolva estandar	#	4	4.45	4	4.45	4	4.45	4	4.45	4	4.45
Tiempos por pase del balde	(min)	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Tiempo de carguío	(min)	2.07	2.30	2.07	2.30	2.07	2.30	2.07	2.30	2.07	2.30
Tiempo viaje, cargado. Velocidad limitada.	(min)	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21
Tiempo maniobra/descarga en sector vaciado	(min)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tiempo viaje retorno, vacío. Velocidad limitada.	(min)	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51
Tiempo de espera, demoras y cola	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total tiempo de ciclo del camión	(min)	22.62	26.01	22.62	26.01	22.62	26.01	22.62	26.01	22.62	26.01
Número de viajes del camión en una hora		2.65	2.31	2.65	2.31	2.65	2.31	2.65	2.31	2.65	2.31
Carga de material en cada pase del balde	(tm)	22.68	20.52	22.68	20.52	22.68	20.52	22.68	20.52	22.68	20.52
Carga transportada por un camión en cada viaje	(tm)	90.72	91.31	90.72	91.31	90.72	91.31	90.72	91.31	90.72	91.31
Factor Utilizac. de Capacidad Carga (Payload) del camión		99.69%	100.35%	99.69%	100.35%	99.69%	100.35%	99.69%	100.35%	99.69%	100.35%
Producción transportada por hora efectiva (60 min/hr)	(tm/hr)	241	211	241	211	241	211	241	211	241	211
Horas Efectivas Requeridas (HE Acarreo)	(hrs)	9,973	68,366	13,963	96,852	12,467	102,549	10,971	102,549	10,971	96,852
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	11,081	75,962	15,514	107,613	13,852	113,943	12,190	113,943	12,190	107,613
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	12,313	84,402	17,238	119,570	15,391	126,604	13,544	126,604	13,544	119,570
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	13,681	93,781	19,368	134,348	17,490	143,868	15,568	145,521	15,749	139,035
EQUIPO DE ACARREO	PC2000	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
		Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	13,681	93,781	19,368	134,348	17,490	143,868	15,568	145,521	15,749	139,035
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520
Cantidad de Equipos Requeridos (Teórico)	(unid)	1.61	11.01	2.27	15.77	2.05	16.89	1.83	17.08	1.85	16.32
Cantidad Total de Equipos de Acarreo Teóricos	(unid)		12.61		18.04		18.94		18.91		18.17
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)	13		18		19		19		19	
EQUIPO DE CARGUIÓ	PC2000	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
		Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte
Productividad Máxima de Carguío	(tm/hr)	2633.8	2120.8	2633.8	2120.8	2633.8	2120.8	2633.8	2120.8	2633.8	2120.8
Horas Efectivas Requeridas (HE Carguío)	(hrs)	911	6790	1276	9619	1139	10185	1002	10185	1002	9619
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	1012	7544	1417	10688	1266	11316	1114	11316	1114	10688
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	1125	8382	1575	11875	1406	12574	1237	12574	1237	11875
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	1250	9314	1750	13195	1562	13971	1375	13971	1375	13195
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520
Cantidad de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	0.15	1.09	0.21	1.55	0.18	1.64	0.16	1.64	0.16	1.55
Cantidad Total de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	1.24		1.75		1.82		1.80		1.71	
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)	2		2		2		2		2	

Tabla 13: Cálculo con los equipos PC2000 y HD785. Año 06 al 10

EQUIPO DE TRANSPORTE EQUIPO DE CARGUIO	HD785	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
	PC2000	Mineral	Desmorte								
CONCEPTO	UNIDAD										
Tonelaje Asociado al Carguío	K-TM	2,640	18,000	2,520	17,400	2,520	17,400	2,160	16,800	2,220	16,800
Distancia Ciclo	km										
Tiempo maniobra/aproximación sector de pala (spotting)	(min)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Tiempo de espera camion para primer pase del balde	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Número de pases de balde en tolva estandar	#	4	4.45	4	4.45	4	4.45	4	4.45	4	4.45
Tiempos por pase del balde	(min)	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Tiempo de carguío	(min)	2.07	2.30	2.07	2.30	2.07	2.30	2.07	2.30	2.07	2.30
Tiempo viaje, cargado. Velocidad limitada.	(min)	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21
Tiempo maniobra/descarga en sector vaciado	(min)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tiempo viaje retorno, vacío. Velocidad limitada.	(min)	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51
Tiempo de espera, demoras y cola	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total tiempo de ciclo del camión	(min)	22.62	26.01								
Número de viajes del camión en una hora		2.65	2.31	2.65	2.31	2.65	2.31	2.65	2.31	2.65	2.31
Carga de material en cada pase del balde	(tm)	22.68	20.52	22.68	20.52	22.68	20.52	22.68	20.52	22.68	20.52
Carga transportada por un camión en cada viaje	(tm)	90.72	91.31	90.72	91.31	90.72	91.31	90.72	91.31	90.72	91.31
Factor Utilizac. de Capacidad Carga (Payload) del camión		99.69%	100.35%	99.69%	100.35%	99.69%	100.35%	99.69%	100.35%	99.69%	100.35%
Producción transportada por hora efectiva (60 min/hr)	(tm/hr)	241	211	241	211	241	211	241	211	241	211
Horas Efectivas Requeridas (HE Acarreo)	(hrs)	10,971	85,457	10,472	82,609	10,472	82,609	8,976	79,760	9,225	79,760
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	12,190	94,953	11,635	91,788	11,635	91,788	9,973	88,623	10,250	88,623
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	13,544	105,503	12,928	101,986	12,928	101,986	11,081	98,470	11,389	98,470
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	15,934	124,121	15,210	119,984	15,210	119,984	13,037	115,847	13,399	115,847
EQUIPO DE ACARREO	PC2000	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	15,934	124,121	15,210	119,984	15,210	119,984	13,037	115,847	13,399	115,847
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520
Cantidad de Equipos Requeridos (Teórico)	(unid)	1.87	14.57	1.79	14.08	1.79	14.08	1.53	13.60	1.57	13.60
Cantidad Total de Equipos de Acarreo Teóricos	(unid)		16.44		15.87		15.87		15.13		15.17
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)		17		16		16		16		16
EQUIPO DE CARGUÍO	PC2000	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
Productividad Máxima de Carguío	(tm/hr)	2633.8	2120.8	2633.8	2120.8	2633.8	2120.8	2633.8	2120.8	2633.8	2120.8
Horas Efectivas Requeridas (HE Carguío)	(hrs)	1002	8487	957	8204	957	8204	820	7921	843	7921
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	1114	9430	1063	9116	1063	9116	911	8802	937	8802
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	1237	10478	1181	10129	1181	10129	1012	9779	1041	9779
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	1375	11642	1312	11254	1312	11254	1125	10866	1156	10866
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520
Cantidad de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	0.16	1.37	0.15	1.32	0.15	1.32	0.13	1.28	0.14	1.28
Cantidad Total de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)		1.53		1.47		1.47		1.41		1.41
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)		2								

Tabla 14: Cálculo con los equipos WA900 y HD785. Año 01 a 05

EQUIPO DE TRANSPORTE		HD785									
EQUIPO DE CARGUIO		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
CONCEPTO	UNIDAD	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante
Tonelaje Asociado al Carguío	K-TM	2,400	14,400	3,360	20,400	3,000	21,600	2,640	21,600	2,640	20,400
Distancia Ciclo	km										
Tiempo maniobra/aproximación sector de pala (spotting)	(min)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Tiempo de espera camion para primer pase del balde	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Número de pases de balde en tolva estandar	#	3.5	3.8	3.5	3.8	3.5	3.8	3.5	3.8	3.5	3.8
Tiempos por pase del balde	(min)	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Tiempo de carguío	(min)	2.22	2.41	2.22	2.41	2.22	2.41	2.22	2.41	2.22	2.41
Tiempo viaje, cargado. Velocidad limitada.	(min)	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21
Tiempo maniobra/descarga en sector vaciado	(min)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tiempo viaje retorno, vacío. Velocidad limitada.	(min)	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51
Tiempo de espera, demoras y cola	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total tiempo de ciclo del camión	(min)	22.77	26.12	22.77	26.12	22.77	26.12	22.77	26.12	22.77	26.12
Número de viajes del camión en una hora		2.64	2.30	2.64	2.30	2.64	2.30	2.64	2.30	2.64	2.30
Carga de material en cada pase del balde	(tm)	25.94	23.47	25.94	23.47	25.94	23.47	25.94	23.47	25.94	23.47
Carga transportada por un camión en cada viaje	(tm)	90.77	89.17	90.77	89.17	90.77	89.17	90.77	89.17	90.77	89.17
Factor Utilizac. de Capacidad Carga (Payload) del camión		99.75%	97.99%	99.75%	97.99%	99.75%	97.99%	99.75%	97.99%	99.75%	97.99%
Producción transportada por hora efectiva (60 min/hr)	(tm/hr)	239	205	239	205	239	205	239	205	239	205
Horas Efectivas Requeridas (HE Acarreo)	(hrs)	10,034	70,301	14,047	99,594	12,542	105,452	11,037	105,452	11,037	99,594
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	11,148	78,113	15,608	110,660	13,936	117,169	12,263	117,169	12,263	110,660
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	12,387	86,792	17,342	122,955	15,484	130,188	13,626	130,188	13,626	122,955
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	13,763	96,436	19,485	138,152	17,595	147,941	15,662	149,641	15,844	142,971
EQUIPO DE ACARREO		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	WA900	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	13,763	96,436	19,485	138,152	17,595	147,941	15,662	149,641	15,844	142,971
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520
Cantidad de Equipos Requeridos (Teórico)	(unid)	1.62	11.32	2.29	16.22	2.07	17.36	1.84	17.56	1.86	16.78
Cantidad Total de Equipos de Acarreo Teóricos	(unid)		12.93		18.50		19.43		19.40		18.64
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)	13		19		20		20		19	
EQUIPO DE CARGUÍO		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	WA900	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante	Mineral	Desmante
Productividad Máxima de Carguío	(tm/hr)	2149.9	2111.9	2149.9	2111.9	2149.9	2111.9	2149.9	2111.9	2149.9	2111.9
Horas Efectivas Requeridas (HE Carguío)	(hrs)	1116	6819	1563	9660	1395	10228	1228	10228	1228	9660
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	1240	7576	1737	10733	1550	11364	1364	11364	1364	10733
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	1378	8418	1929	11926	1723	12627	1516	12627	1516	11926
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	1531	9353	2144	13251	1914	14030	1684	14030	1684	13251
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520
Cantidad de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	0.18	1.10	0.25	1.56	0.22	1.65	0.20	1.65	0.20	1.56
Cantidad Total de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	1.28		1.81		1.87		1.84		1.75	
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)	2		2		2		2		2	

Tabla 15: Cálculo con los equipos WA900 y HD785. Año 06 a 10

EQUIPO DE TRANSPORTE	HD785	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
EQUIPO DE CARGUIO	WA900	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
CONCEPTO	UNIDAD	Mineral	Desmante								
Tonelaje Asociado al Carguío	K-TM	2,640	18,000	2,520	17,400	2,520	17,400	2,160	16,800	2,220	16,800
Distancia Ciclo	km										
Tiempo maniobra/aproximación sector de pala (spotting)	(min)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Tiempo de espera camion para primer pase del balde	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Número de pases de balde en tolva estandar	#	3.5	3.8	3.5	3.8	3.5	3.8	3.5	3.8	3.5	3.8
Tiempos por pase del balde	(min)	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Tiempo de carguío	(min)	2.22	2.41	2.22	2.41	2.22	2.41	2.22	2.41	2.22	2.41
Tiempo viaje, cargado. Velocidad limitada.	(min)	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21	11.65	13.21
Tiempo maniobra/descarga en sector vaciado	(min)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tiempo viaje retorno, vacío. Velocidad limitada.	(min)	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51	6.91	8.51
Tiempo de espera, demoras y cola	(min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total tiempo de ciclo del camión	(min)	22.77	26.12								
Número de viajes del camión en una hora		2.64	2.30	2.64	2.30	2.64	2.30	2.64	2.30	2.64	2.30
Carga de material en cada pase del balde	(tm)	25.94	23.47	25.94	23.47	25.94	23.47	25.94	23.47	25.94	23.47
Carga transportada por un camión en cada viaje	(tm)	90.77	89.17	90.77	89.17	90.77	89.17	90.77	89.17	90.77	89.17
Factor Utilizac. de Capacidad Carga (Payload) del camión		99.75%	97.99%	99.75%	97.99%	99.75%	97.99%	99.75%	97.99%	99.75%	97.99%
Producción transportada por hora efectiva (60 min/hr)	(tm/hr)	239	205	239	205	239	205	239	205	239	205
Horas Efectivas Requeridas (HE Acarreo)	(hrs)	11,037	87,877	10,535	84,948	10,535	84,948	9,030	82,018	9,281	82,018
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	12,263	97,641	11,706	94,386	11,706	94,386	10,034	91,132	10,312	91,132
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	13,626	108,490	13,007	104,874	13,007	104,874	11,148	101,257	11,458	101,257
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	16,030	127,635	15,302	123,381	15,302	123,381	13,116	119,126	13,480	119,126
EQUIPO DE ACARREO	WA900	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
		Mineral	Desmante								
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	16,030	127,635	15,302	123,381	15,302	123,381	13,116	119,126	13,480	119,126
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520	8,520
Cantidad de Equipos Requeridos (Teórico)	(unid)	1.88	14.98	1.80	14.48	1.80	14.48	1.54	13.98	1.58	13.98
Cantidad Total de Equipos de Acarreo Teóricos	(unid)		16.86		16.28		16.28		15.52		15.56
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)		17		17		17		16		16
EQUIPO DE CARGUÍO	WA900	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
		Mineral	Desmante								
Productividad Máxima de Carguío	(tm/hr)	2149.9	2111.9	2149.9	2111.9	2149.9	2111.9	2149.9	2111.9	2149.9	2111.9
Horas Efectivas Requeridas (HE Carguío)	(hrs)	1228	8523	1172	8239	1172	8239	1005	7955	1033	7955
Total Horas Operativas Requeridas (HE/Ef. Operativa)	(hrs)	1364	9470	1302	9155	1302	9155	1116	8839	1147	8839
Total Horas Disponibles Requeridas (HO/Utilización)	(hrs)	1516	10523	1447	10172	1447	10172	1240	9821	1275	9821
Total Horas Nominales Requeridas (HD/Disponibilidad)	(hrs)	1684	11692	1608	11302	1608	11302	1378	10912	1416	10912
Total Horas Nominales por Período	(hrs)	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520	8520
Cantidad de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	0.20	1.37	0.19	1.33	0.19	1.33	0.16	1.28	0.17	1.28
Cantidad Total de Equipos de Carguío Teóricos	(unid)	1.57		1.52		1.52		1.44		1.45	
Cantidad de Equipos de Carguío Asignado por Período	(unid)	2									

La Tabla 16, resume las cantidades obtenidas en cada una de las evaluaciones mostradas (De la Tabla 10 a la Tabla 15), donde se observa equipos que reducen su cantidad. Esta reducción se da por ser un proyecto que se encuentra evaluando su factibilidad. En el proceso de desarrollo del proyecto, irán ajustando su producción y así se corregirá la reducción de equipos.

Tabla 16: Resumen de equipos resultantes

E. CARGA	E. ACARREO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
PC3000		1	2	2	2	2	2	2	2	1	1
	HD1500	9	13	13	13	13	12	11	11	11	11
PC2000		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	HD785	13	18	19	19	19	17	16	16	16	16
WA900		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	HD785	13	19	20	20	19	17	17	17	16	16

Para fines de la evaluación realizada se homogeniza en la Tabla 17, el ingreso de equipos que satisfacen la demanda en todos sus periodos. Adicionalmente a esto al ser adquisición de equipos no se retiran unidades, por lo cual, la cantidad es creciente y estable.

Tabla 17: Resumen de equipos modelado

E. CARGA	E. ACARREO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
PC3000		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	HD1500	9	13	13	13	13	13	13	13	13	13
PC2000		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	HD785	13	18	19	19	19	19	19	19	19	19
WA900		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	HD785	14	19	19	19	19	19	19	19	19	19

5.1.2. Evaluación de equipos

a. Configuración de equipos

La configuración de los equipos utilizada es la indicada en la Tabla 18.

Tabla 18: Especificaciones principales de los equipos

Características	CAMIÓN HD1500	CAMIÓN HD785	PALA PC3000 FS	PALA PC2000 FS	CARGADOR WA900
Modelo de motor	Komatsu SDA16V159E-2	Komatsu SAAV140E-3	Komatsu SSA12V159	Komatsu SAA12V140E-3	Komatsu SAA12V140E-3
Potencia Bruta HP	1,500	1,200	1,260	975	900
Peso bruto del equipo	249,478	166,000	261,000	200,000	107,200
Capacidad de carga útil Kg	149,000	91,000	23.1	14,400	19,800
Capacidad de colmado m ³	78	60	15	11	11
Neumáticos	33.00 R51	27.00 R49	N.A.	N.A.	45/65 58PR L5

b. Costo de equipos

De los modelos revisados se tiene la descripción de costos, indicando los *incoterms* por cada modelo. En la Tabla 20 se muestra todo el desglose de conceptos en una importación de equipos. Para los fines de la evaluación se utiliza *ready to work* (listo para trabajar – en la operación). En la descripción de la Tabla 20, podemos observar la procedencia de los equipos, el cual es importante a tomar en cuenta, debido a los tiempos de viaje, frecuencia de salidas marítimas y sistemas que sean necesarios implementar localmente.

c. Resumen de costos por equipos complementarios

En la Tabla 19, se tiene el valor unitario en *ready to work* y de acuerdo a la cantidad de equipos su correspondiente valor por flota. En base a las cantidades obtenidas en la Tabla 17, en este punto la flota con el menor costo es el WA900-HD785.

Tabla 19: Costos por flota de equipos complementarios

	HD1500	PC3000 FS	HD785	PC2000 FS	HD785	WA900
Cantidad de equipos	13	2	19	2	19	2
Valor de venta unitario	\$1,756,460.0	\$4,847,992.0	\$1,212,010.0	\$3,287,493.7	\$1,212,010.0	\$1,799,829.9
Valor por modelo	22,833,980	9,695,984	23,028,190	6,574,987	23,028,190	3,599,660
Valor total	32,529,964		29,603,177		26,627,850	

Tabla 20: Valores de equipos

EQUIPO	CAMIÓN	TOLVA	TOTALES	CAMIÓN	PALA	PALA	CARGADOR
	HD1500			HD785	PC3000	PC2000	WA900
Puerto de Embarque / País de Procedencia	Japon	Chile		Japon	Japon	Japon	Japon
INCOTERMS 2000							
Precio EXW	\$1,409,287.0	\$135,000.0	\$1,544,287.0	\$1,175,000.0	\$4,480,000.0	\$3,000,000.0	\$1,515,717.0
PRECIO EXW CLIENTE	\$1,409,287.0	\$125,000.0	\$1,544,287.0	\$1,175,000.0	\$4,480,000.0	\$3,000,000.0	\$1,515,717.0
GASTOS INTERNACIONALES							
Flete Terrestre	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Flete Marítimo	\$49,811.0	\$0.0	\$49,811.0	\$35,870.0	\$122,161.4	\$95,438.6	\$40,826.0
Seguro	\$965.0	\$567.0	\$1,532.0	\$1,140.0	\$6,071.4	\$4,743.3	\$1,029.0
TOTAL GASTOS INTERNACIONALES	\$50,776.0	\$567.0	\$51,343.0	\$37,010.0	\$128,232.8	\$100,181.9	\$41,855.0
CIF CALLAO	\$1,460,063.0	\$125,567.0	\$1,595,630.0	\$1,212,010.0	\$4,608,232.8	\$3,100,181.9	\$1,557,572.0
GASTOS DE INTERNAMIENTO							
Agente de Aduana	\$55,580.0	\$0.0	\$55,580.0	\$0.0	\$20,874.2	\$16,308.0	\$33,975.3
Ad-Valorem	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
IPM 2%	\$29,201.3	\$2,511.3	\$31,912.6	\$24,240.2	\$92,164.7	\$62,003.6	\$31,151.4
IGV 16%	\$233,610.1	\$20,090.7	\$255,300.8	\$193,921.6	\$737,317.3	\$496,029.1	\$249,211.5
TOTAL GASTOS DE INTERNAMIENTO	\$262,811.3	\$22,602.1	\$342,793.4	\$218,161.8	\$850,356.1	\$574,340.7	\$314,338.2
GASTOS DE INTERNAMIENTO	\$55,580.0	\$0.0	\$55,580.0	\$0.0	\$20,874.2	\$16,308.0	\$33,975.3
GASTOS NACIONALES							
Flete Interno	\$10,500.0		\$10,500.0	\$0.0	\$64,973.1	\$50,760.2	\$87,365.0
COSTO EN PUESTO OPERACIÓN	\$1,526,143.0	\$125,567.0	\$1,661,710.0	\$1,212,010.0	\$4,694,080.1	\$3,167,250.1	\$1,678,912.3
Margen venta equipo	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Opcionales / Adicionales	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Armado de Equipo	\$40,000.0	\$30,000.0	\$70,000.0	\$0.0	\$75,055.0	\$58,636.7	\$53,280.0
Equipamiento y facilidades para el Armado	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Manuales	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Entrenamiento de Operadores	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Entrenamiento de Técnicos	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Sistema Contra incendios	\$24,750.0	\$0.0	\$24,750.0	\$0.0	\$63,043.4	\$49,252.7	\$46,802.6
Sistema de Engrase Automático	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$10,272.7	\$8,025.5	\$15,278.7
Sistema de Llenado Rápido	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$5,540.8	\$4,328.7	\$5,556.3
Garantías Extendidas	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Provisiones	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
VALOR VENTA	\$1,590,893.0	\$155,567.0	\$1,756,460.0	\$1,212,010.0	\$4,847,992.0	\$3,287,493.7	\$1,799,829.9
Intereses Financieros	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
VALOR VENTA FINAL	\$1,590,893.0	\$155,567.0	\$1,756,460.0	\$1,212,010.0	\$4,847,992.0	\$3,287,493.7	\$1,799,829.9
IGV 18%	\$286,360.7	\$28,002.1	\$314,362.8	\$218,161.8	\$872,638.6	\$591,748.9	\$323,969.4
PRECIO DE VENTA	\$1,877,253.7	\$183,569.1	\$2,060,822.8	\$1,430,171.8	\$5,720,630.5	\$3,879,242.6	\$2,123,799.2

FUENTE: Importaciones Aduanas y desarrollo de la actividad

5.1.3. Componentes de respaldo

a. Partes de respaldo

De acuerdo con el ingreso de equipos de la Tabla 17, se procede a calcular la cantidad de componentes necesarios para poder mantener de manera segura los índices operacionales utilizados. El cálculo de este grupo de componentes prioriza: impacto en la detención de equipo, disponibilidad en el mercado de ser necesario, tiempos del ciclo de reparación del componente, contado desde el retiro del equipo hasta su retorno a la operación y la influencia de la cantidad de equipos a asegurar. Estas se muestran desde la Tabla 21 a la Tabla 26.

Tabla 21: Componentes PC3000

Componente	Número de Parte	Frecuencia entre reparaciones (hrs)	Qty x Equipo	Qty Propuesta
ENGINE ASSY	K1500	9,846	1	1
Radiator	92870040	25,000	1	1
Swing Gearbox	93656040	15,000	1	1
Swin Motor	89659040	12,500	1	1
Travel Gearbox	89810840	20,000	2	2
Travel Motor	65489140	15,000	2	2
Boom Cylinder	92490040	15,000	2	2
Bucket Cylinder	92491040	10,000	2	2
Clam Cylinder	92491540	7,500	2	2
Stick Cylinder	92490540	15,000	2	2
Coupling	65554540	15,000	1	1
Main Pump	79643573	12,500	3	3
Pump Drive Gearbox	91537640	25,000	1	1
Rotary Joint	65900840	15,000	1	1
Valve Bloc 1	65516740	25,000	1	1
Valve Bloc 2	65516840	25,000	1	1
Valve Bloc 3	90774240	25,000	1	1
TOTAL	1,160,997			

Los principales componentes a respaldar son el motor con radiador, las bombas de presión para el giro del equipo sobre su eje y de su traslado, así como los cilindros para la manipulación del equipo de trabajo.

Tabla 22: Componentes HD 1500

Componente	Número de Parte	Frecuencia entre reparaciones (hrs)	Qty x Equipo	Qty Propuesta
Motor Diesel	QSK45	18,000	1	1
Radiador	PC1883	10,000	1	1
Transmisión Assy (T/M y T/C)	562-13-50000	16,500	1	1
Diferencial	562-22-31901	18,000	1	1
Mando Final	562-22-32002	18,000	2	2
Freno Posterior	562-33-30110	18,000	2	2
Freno y Masa delantera	EK7369+EJ9605	16,500	2	2
Suspensión Frontal LH	EM5221	16,500	1	1
Suspensión Frontal RH	EM5220	16,500	1	1
Suspensión Posterior LH	EM3581	18,000	1	1
Suspensión Posterior RH	EL7969	18,000	1	1
Cilindro de Dirección	EM0231	16,500	2	2
Cilindro de Levante	EL4835	16,500	2	2
TOTAL	1,932,617			

Los principales componentes a respaldar son el motor con radiador, el sistema de propulsión, así como los cilindros para la manipulación de la dirección y la tolva.

Tabla 23: Componentes HD785 – cargado por PC2000

Componente	Número de Parte	Frecuencia entre reparaciones (hrs)	Qty x Equipo	Qty Propuesta
DIESEL ENGINE	6219-B0-0030	14,000	1	2
Radiador	561-03-84105	9,000	1	2
Transmisión Assy	561-15-71001	12,000	1	2
Diferencial	561-22-70003	16,500	1	2
Mando Final LH	561-22-70202	16,500	1	2
Mando Final RH	561-22-70302	16,500	1	2
Suspensión Frontal	561-50-81001	12,000	2	3
Suspensión Posterior	561-50-82002	14,000	2	3
Cilindro de Dirección	707-00-0G701	12,000	2	3
Cilindro de Levante	707-09-00070	15,000	2	3
TOTAL	3,077,173			

Los principales componentes a respaldar son el motor con radiador, el sistema de propulsión, así como los cilindros para la manipulación de la dirección y la tolva.

Tabla 24: Componentes HD785 - cargado por WA900

Componente	Número de Parte	Frecuencia entre reparaciones (hrs)	Qty x Equipo	Qty Propuesta
DIESEL ENGINE	6219-B0-0030	14,000	1	2
Radiador	561-03-84105	9,000	1	2
Transmisión Assy	561-15-71001	12,000	1	2
Diferencial	561-22-70003	16,500	1	2
Mando Final LH	561-22-70202	16,500	1	2
Mando Final RH	561-22-70302	16,500	1	2
Suspensión Frontal	561-50-81001	12,000	2	3
Suspensión Posterior	561-50-82002	14,000	2	3
Cilindro de Dirección	707-00-0G701	12,000	2	3
Cilindro de Levante	707-09-00070	15,000	2	3
TOTAL	3,077,173			

Los principales componentes a respaldar son el motor con radiador, el sistema de propulsión, así como los cilindros para la manipulación de la dirección y la tolva.

Tabla 25: Componentes WA900

Componente	Número de Parte	Frecuencia entre reparaciones (hrs)	Qty x Equipo	Qty Propuesta
Motor Diesel	6215-W0-0030	11,500	1	1
Radiator	427-03-21502	10,000	1	1
Torqflow Assy (T/M y T/C)	427-15-01008	10,500	1	1
Diferencial Frontal	427-22-21001	12,000	1	1
Diferencial Posterior	427-23-21071	14,250	1	1
Mando Final	427-22-12002	12,000	4	4
Freno LH	427-33-12050	12,000	2	2
Freno RH	427-33-13050	12,000	2	2
Lift Cylinder	707-01-02670	8,000	1	1
Tilt & Pitch Cylinder	707-01-02681	8,000	2	2
Steering Cylinder	707-01-07610	10,500	1	1
Steering Cylinder	707-01-07620	10,500	1	1
TOTAL	1,086,278			

Siempre se cuenta con un motor con radiador, sistema de propulsión, así como los cilindros para la manipulación del equipo de trabajo.

Tabla 26: Componentes PC2000

Componente	Número de Parte	Frecuencia entre reparaciones (hrs)	Qty x Equipo	Qty Propuesta
ENGINE ASSY		10,000	1	1
Radiator	92870040	10,000	1	1
Swing Gearbox	93656040	12,000	1	1
Swin Motor	89659040	12,000	1	1
Travel Gearbox	89810840	12,000	2	2
Travel Motor	65489140	12,000	2	2
Boom Cylinder	92490040	12,000	2	2
Bucket Cylinder	92491040	9,000	2	2
Clam Cylinder	92491540	7,500	2	2
Stick Cylinder	92490540	12,000	2	2
Coupling	65554540	12,000	1	1
Main Pump	79643573	12,500	3	3
TOTAL	897,545			

Siempre se cuenta con un motor con radiador de equipo en protección, las bombas de presión para el giro del equipo sobre su eje y de traslado, así como los cilindros para la manipulación del equipo de trabajo.

5.1.4. Dotación de personal

a. Dotación – Mantenimiento con reparación de componentes

Para el desarrollo de la evaluación se debió tomar en cuenta el alcance de las responsabilidades como se aprecia en el Anexo 7, Anexo 8 y Anexo 9, donde se define los aportes y responsabilidades las cuales están asociadas al costo a incurrir en el desarrollo de la evaluación. De estos acuerdos se obtendrá los aportes por cada flota de equipos complementarios como se muestran en las tablas desde la Tabla 27 a la Tabla 29.

Tabla 27: Dotación de personal HD1500 - PC3000

EQUIPO	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08	Año 09	Año 10
PC3000	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HD1500	9	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Dotación	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08	Año 09	Año 10
Indirecta - administrativa	9	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Directa - mantenimiento de equipo	32	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Dotación	133,354.0	169,742.3	169,742.3	169,742.3	169,742.3	169,742.3	169,742.3	169,742.3	169,742.3	169,742.3
Gastos administrar	67,665.09	85,771.56	85,771.56	85,771.56	85,771.56	85,771.56	85,771.56	85,771.56	85,771.56	85,771.56
Equipamientos y activos	19,432.56	33,363.68	33,363.68	33,363.68	33,363.68	33,363.68	33,363.68	33,363.68	33,363.68	33,363.68
Valor mensual US\$	220,451.68	288,877.51	288,877.51	288,877.51	288,877.51	288,877.51	288,877.51	288,877.51	288,877.51	288,877.51
Valor anual US\$	2,645,420.11	3,466,530.06	3,466,530.06	3,466,530.06	3,466,530.06	3,466,530.06	3,466,530.06	3,466,530.06	3,466,530.06	3,466,530.06

Contempla personal de mano de obra directa e indirecta, así como sus gastos relacionados, teniendo costo a nivel mensual y anualizado

Tabla 28: Dotación de personal HD785 - PC2000

EQUIPO	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08	Año 09	Año 10
PC2000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HD785	13	18	19	19	19	19	19	19	19	19
Dotación	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08	Año 09	Año 10
Indirecta - administrativa	9	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Directa - mantenimiento de equipo	44	58	60	60	60	60	60	60	60	60
Dotación	157,543.3	210,822.4	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9
Gastos administrar	78,132.23	97,557.45	99,140.30	99,140.30	99,140.30	99,140.30	99,140.30	99,140.30	99,140.30	99,140.30
Equipamientos y activos	20,020.85	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07
Valor mensual US\$	255,696.41	342,343.91	347,680.26	347,680.26	347,680.26	347,680.26	347,680.26	347,680.26	347,680.26	347,680.26
Valor anual US\$	3,068,356.94	4,108,126.90	4,172,163.18	4,172,163.18	4,172,163.18	4,172,163.18	4,172,163.18	4,172,163.18	4,172,163.18	4,172,163.18

Contempla personal de mano de obra directa e indirecta, así como sus gastos relacionados, teniendo costo a nivel mensual y anualizado

Tabla 29: Dotación de personal HD785 - WA900

EQUIPO	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08	Año 09	Año 10
WA900	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HD785	14	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Dotación	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08	Año 09	Año 10
Indirecta - administrativa	9	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Directa - mantenimiento de equipo	46	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Dotación	161,296.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9	214,575.9
Gastos administrar	79,641.36	99,033.12	99,033.12	99,033.12	99,033.12	99,033.12	99,033.12	99,033.12	99,033.12	99,033.12
Equipamientos y activos	20,050.02	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07	33,964.07
Valor mensual US\$	260,988.23	347,573.09	347,573.09	347,573.09	347,573.09	347,573.09	347,573.09	347,573.09	347,573.09	347,573.09
Valor anual US\$	3,131,858.78	4,170,877.11	4,170,877.11	4,170,877.11	4,170,877.11	4,170,877.11	4,170,877.11	4,170,877.11	4,170,877.11	4,170,877.11

Contempla personal de mano de obra directa e indirecta, así como sus gastos relacionados, teniendo costo a nivel mensual y anualizado

5.1.5. Tarifas variables relacionadas al cambio de repuestos en los equipos

a. Tarifas por equipo

Las tarifas variables tienen esta denominación debido a que cambian de acuerdo a los tramos horarios de uso de los equipos. Los tramos utilizados son de 6,000 horas máquina, los mismos que pueden cambiar a 5,000 o 7,000 horas máquina, esto va a depender de la solicitud de la operación minera.

Las tarifas variables incluyen: los costos de reparación de los componentes mayores, los cambios de los componentes denominados menores, los consumibles y los misceláneos siendo parte del tipo de contrato denominado MARC como es indicado en el Anexo 6.

Todos estos cambios y reparaciones responden a la edad del equipo en horas, por lo que tienden a ser menores al inicio; en todo el tiempo de vida se tienen consumo de repuestos misceláneos que devienen de históricos de consumo del modelo a evaluar. Las tarifas variables utilizadas se encuentran en la Tabla 30.

Tabla 30: Tarifas de consumo de repuestos y reparaciones de componentes

Periodos	6,000	12,000	18,000	24,000	30,000	36,000	42,000	48,000	54,000	60,000	Promedio
PC3000 US\$	47.44	98.01	164.90	121.84	94.13	104.60	105.18	136.77	111.67	81.83	106.64
PC2000 US\$	23.23	111.25	75.70	80.30	84.77	101.61	101.20	86.13	84.58	80.39	82.92
HD1500 US\$	33.40	52.36	152.33	47.40	43.59	82.09	61.31	78.92	66.57	86.91	70.49
HD785 US\$	4.94	39.13	67.86	35.57	39.40	59.74	45.37	60.41	36.05	44.95	43.34
WA900 US\$	13.62	85.34	44.27	77.69	70.43	47.82	102.11	72.62	32.59	97.86	64.44

Se debe tener en cuenta que siempre estas tarifas indican su alcance de elaboración.

De las tarifas variables de la Tabla 30 se tienen las siguientes consideraciones:

Los valores incluyen, la reparación de los componentes principales y algunos menores, el reemplazo de los componentes menores considerados como irreparables, los mantenimientos preventivos.

Los valores no incluyen impuestos, los cálculos son realizados a las condiciones de trabajo (pendientes de ruta bajo lo especificado, si estas varían en el tiempo, la tarifa debe de tener un reajuste), estas tarifas incluyen las reparaciones de acuerdo a la vida útil recomendada del

componente, no está contemplado el cambio de los mismos.

Los valores no consideran componentes mayores o menores de respaldo, filtros de aire de motor, reemplazo de repuestos debido a robos, daños por mala operación, vandalismo, incidente climáticos o accidentes, filtros de aire acondicionado, luces, vidrios, espejos o pintura, combustible, lubricantes, grasas o anticongelantes. No incluye suministro de neumáticos, tolvas, cucharas o su reparación. Reparación, mantenimiento o repuestos de los sistemas contra incendios y de aire acondicionado. Servicios de soldadura. Reparación de carrilería o elementos de desgaste.

5.1.6. Evaluación costo total de operación

a. Resultados por cada flota de equipos

De las evaluaciones de los puntos anteriores, se toman como base para la evaluación de costo total de operación. Se toman todos los costos por cada periodo:

Equipos, de acuerdo a los ingresos de la Tabla 17 y los costos unitarios de la Tabla 19.

Componentes: valor distribuido a lo largo del proyecto, se muestran de acuerdo a:

Tabla 21 a Tabla 22, para los equipos complementarios HD1500 – PC3000;

Tabla 23 y Tabla 26, para los equipos complementarios HD785 – PC2000;

Tabla 24 y Tabla 25, para los equipos complementarios HD785 – WA900; distribuido a lo largo del proyecto.

Costos fijos, referido a la dotación de personal, contempla la distribución del personal indicados de acuerdo al ingreso de equipos por cada periodo:

Tabla 27, Dotación de personal HD1500 - PC3000,

Tabla 28, Dotación de personal HD785 - PC2000,

Tabla 29, Dotación de personal HD785 - WA900.

Tarifas Variables, indicadas en la Tabla 30. Tarifas de consumo de repuestos y reparaciones de componentes, se utiliza de acuerdo a las horas operativas requeridas por cada equipo de cargo o acarreo, estos se encuentran en las secciones equipo de

carga y equipo de acarreo de la Tabla 10 a la Tabla 15. Esta información ingresa a la proyección por el periodo de tiempo en 10 años de donde se obtiene los resultados en las tablas de la Tabla 31 a la Tabla 33.

Tabla 31: Costos Totales de Operación HD1500 - PC3000

		HD1500	PC3000	FLOTA
COSTO POR EQUIPO	US\$	\$ 117,361,867	\$ 21,339,563	\$ 138,701,430
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 71,401,443	\$ 12,870,877	\$ 84,272,320
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.5565	0.1012	0.6577
COSTO DE OPERACIÓN	US\$	\$ 113,967,984	\$ 14,188,629	\$ 128,156,614
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 70,398,588	\$ 8,749,514	\$ 79,148,102
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.5404	0.0673	0.6077
COSTO TOTAL	US\$	\$ 231,329,851	\$ 35,528,193	\$ 266,858,044
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 141,800,031	\$ 21,620,391	\$ 163,420,422
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	1.0969	0.1685	1.2653

La Tabla 31, muestra la evaluación realizada por cada opción de equipos complementarios las cuales comprende:

En las filas tenemos, Costo por equipo, la sumatoria de los costos por la adquisición de los equipos, la adquisición de los componentes de respaldo, la dotación de personal para atender el funcionamiento de los equipos y los costos variables que es el valor de la tarifa variable por las horas operativas de acuerdo al ingreso de los equipos.

Valor presente neto, es el costo por equipos valorizado en el presente a una tasa de 10%.

Costo por tonelada, es el Costo por equipo dividido entre el movimiento de materia en los 10 años

Costos de operación, son los costos de los operadores, combustible, lubricantes, neumáticos y carrilería; totalizado en los 10 años. Valor estimado en el presente y para el costo por tonelada dividido entre el material movido en los 10 años.

En las columnas, los modelos de cada equipo complementario y el total de la flota.

Tabla 32: Costos Totales de Operación HD785 - PC2000

		HD785	PC2000	FLOTA
COSTO POR EQUIPO	US\$	\$ 122,104,138	\$ 18,343,696	\$ 140,447,835
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 73,498,572	\$ 11,128,103	\$ 84,626,676
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.5790	0.0870	0.6659
COSTO DE OPERACIÓN	US\$	\$ 83,180,876	\$ 13,677,730	\$ 96,858,606
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 51,359,890	\$ 8,468,856	\$ 59,828,745
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.3944	0.0649	0.4593
COSTO TOTAL	US\$	\$ 205,285,015	\$ 32,021,426	\$ 237,306,441
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 124,858,462	\$ 19,596,959	\$ 144,455,421
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.9734	0.1518	1.1252

Tabla 33: Costos Totales de Operación HD785 - WA900

		HD785	WA900	FLOTA
COSTO POR EQUIPO	US\$	\$ 123,710,596	\$ 13,652,779	\$ 137,363,375
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 74,584,936	\$ 8,299,298	\$ 82,884,233
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.5866	0.0647	0.6513
COSTO DE OPERACIÓN	US\$	\$ 85,135,309	\$ 11,831,919	\$ 96,967,229
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 52,606,071	\$ 7,326,185	\$ 59,932,256
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.4037	0.0561	0.4598
COSTO TOTAL	US\$	\$ 208,845,906	\$ 25,484,698	\$ 234,330,604
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 127,191,007	\$ 15,625,482	\$ 142,816,489
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.9903	0.1208	1.1111

Como evaluación de los resultados de los equipos complementarios, (opciones de flota), se muestra en la Tabla 34, donde los equipos PC2000-HD785 y WA900-HD785 se encuentran en valores muy cercanos como costo por tonelada, siendo la recomendación en este punto los equipos WA900-HD785, por el costo por tonelada US\$/Ton 1.1111

Tabla 34: Comparación de Costos Totales de Operación por Flota de equipos complementarios

		PC3000 HD1500	PC2000 HD785	WA900 HD785
COSTO POR EQUIPO	US\$	\$ 138,701,430	\$ 140,447,835	\$ 137,363,375
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 84,272,320	\$ 84,626,676	\$ 82,884,233
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.6577	0.6659	0.6513
COSTO DE OPERACIÓN	US\$	\$ 128,156,614	\$ 96,858,606	\$ 96,967,229
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 79,148,102	\$ 59,828,745	\$ 59,932,256
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	0.6077	0.4593	0.4598
COSTO TOTAL	US\$	\$ 266,858,044	\$ 237,306,441	\$ 234,330,604
VALOR PRESENTE NETO	US\$	\$ 163,420,422	\$ 144,455,421	\$ 142,816,489
COSTO POR TONELADA	US\$/TON	1.2653	1.1252	1.1111

5.2. Discusiones

Del desarrollo de la evaluación se tienen los siguientes criterios:

- El costo por tonelada, de los costos totales de operación, como se puede apreciar es un proceso complejo donde se revisan varios conceptos y en cada uno de ellos se despliegan criterios de mejora y análisis en específico, por este motivo es un método válido para realizar una comparación que permita la toma de decisión, en este caso de una flota de equipos complementarios de carga y acarreo. Esto se puede apreciar en la Tabla 34, donde se tiene la comparación de los costos por tonelada US\$/Tn de cada una de las flotas.
- En la presentación de la evaluación, se ha revisado concepto por concepto de manera organizada, llegando a los valores de costos totales de operación. Esta organización comparte el estándar ISO 15663 el cual brinda las pautas para ver el ciclo de vida de un equipo.
- La presente evaluación brinda la proyección de costos, para realizar los ajustados necesarios en una implementación del proyecto de una operación, esto como se indica en la explicación de la Tabla 16; en el cual la implementación de estudios de exploración podrá incrementar el movimiento de material para la utilización de los equipos; caso contrario redefinir el tamaño del proyecto.

- Para la evaluación realizada, el costo de equipos complementarios de menor valor en la Tabla 19, es la flota WA900-HD785, siendo confirmada en la Tabla 34.
- Del punto anterior podemos entender que de ser ajustado el valor en alguno de los conceptos revisados pueden hacer un cambio en el resultado, presentándose los siguientes puntos de aplicación:
 - Visión técnica. Los índices operacionales o performance de un modelo o marca, pueden generar una diferencia en el número de equipos, reducir el costo total de operación y cambiar la elección, en el costo total por tonelada para una flota de equipo complementario diferente.
 - Visión comercial. Si una marca desea introducir un modelo nuevo en un mercado por ejemplo el equipo PC2000 vs el WA900, deberá contar con un apoyo a este modelo, el cual se traduciría en un descuento en el valor del equipo, en sus componentes de soporte o en el valor de venta de los repuestos a una operación específica.
 - Visión comercial. Si una marca se encuentra en una competencia por introducir equipos frente a una marca diferente puede utilizar el procedimiento de costo total de operación para estimar de manera comparativa como se encuentra versus su competidor. Para esto debe de contar con el suficiente conocimiento de los costos e índices operacionales de su competidor.
 - Visión de producción, operación minera. Si desea estimar los costos totales desde una visión global, puede completar su evaluación con los subcontratos que manejaría.
 - Visión de producción, operación minera. Si desea realizar una compra, puede consultar a los proveedores la información consignada en esta evaluación para comprar al mejor candidato contando con hitos que le permiten verificar la información recibida.

VI. CONCLUSIONES

De la evaluación desarrollada se tiene:

- El costo por tonelada utilizado en la presente evaluación contribuye en brindar una herramienta para la toma de decisión, la cual contempla puntos de verificación. Esto se observa con el menor valor por flota de equipos WA900-HD785 por un valor de flota de US\$ 26,627,850 mostrado en la Tabla 19, confirmado con el menor valor de US\$/Ton 1.1111 mostrado en la Tabla 34.
- La evaluación realizada permite la revisión de conceptos al estar organizada por temas, los cuales tienen pasos consecutivos que afectan al resultado final. Los más resaltantes: son el cálculo de la cantidad de equipos, como se muestra en la Tabla 14 y Tabla 15, donde ya contiene la topografía, el movimiento de material, los índices operacionales y se resumen en la Tabla 17, donde se tienen la flota con su ingreso de unidades por cada periodo. La dotación de personal, donde ingresa los aportes y responsabilidades; también las capacidades técnicas y facilidad de mantenimiento de los equipos. Las tarifas variables o costo por hora, donde el conocimiento del consumo de repuestos de los equipos es un tema de garantía del equipo.
- La comparación de las tres flotas de equipos complementarios de carga y acarreo a permitido la evaluación de los aspectos técnicos desde la extracción, la respuesta del equipo en el terreno, la estrategia de mantenimiento a seguir, los activos necesarios para poder atender, así como los costos asociados a la implementación. Así como la gestión que se debe de tener en cuenta para alcanzar los valores utilizados, que son parte del trabajo diario en una operación en marcha.
- En el uso de los costos totales de operación, existe la posibilidad en la cual el menor valor de US\$/Ton sea una marca nueva (ejemplo Tabla 34, WA900-HD785), que no es conocida en el sector donde se realiza la evaluación y un modelo conocido en el mercado (ejemplo Tabla 34, PC2000-HD785), debido a la inversión la toma de decisión puede ser difícil, para esto se puede investigar una aplicación de test donde se elijan parámetros que cumplan ambos modelos para verificar la evaluación.

- Como se indica en las discusiones, los puntos de aplicación desde una visión técnica, comercial o de producción sustenta ser una herramienta versátil para revisión de mejoras y verificación de procesos.
- De las consideraciones a tomar en cuenta un punto importante son los hitos en el mercado o *benchmarck*, debido a que la Gestión del Mantenimiento, las metodologías lean de mejora continua avanzan día a día modificando los indicadores. También es de tener presente de manera específica, en una operación con respecto de otra, los equipos no se comportan de la misma manera por la variación de las características de estas.
- Como se muestra en el Anexo 1, para el desarrollo de la evaluación de costo total de operación, se realiza en un área especializada dentro de una empresa comercial, recibiendo información de la empresa que demanda (proyecto) y la empresa que atiende (proveedor), en la interacción se define el alcance y las responsabilidades, de ahí la importancia de contar con esta.
- El costo total de operación permite múltiples iteraciones, simulando aspectos más cercanos a la realidad donde los costos asociados brindan un enfoque claro para la toma de decisión.

VII. RECOMENDACIONES

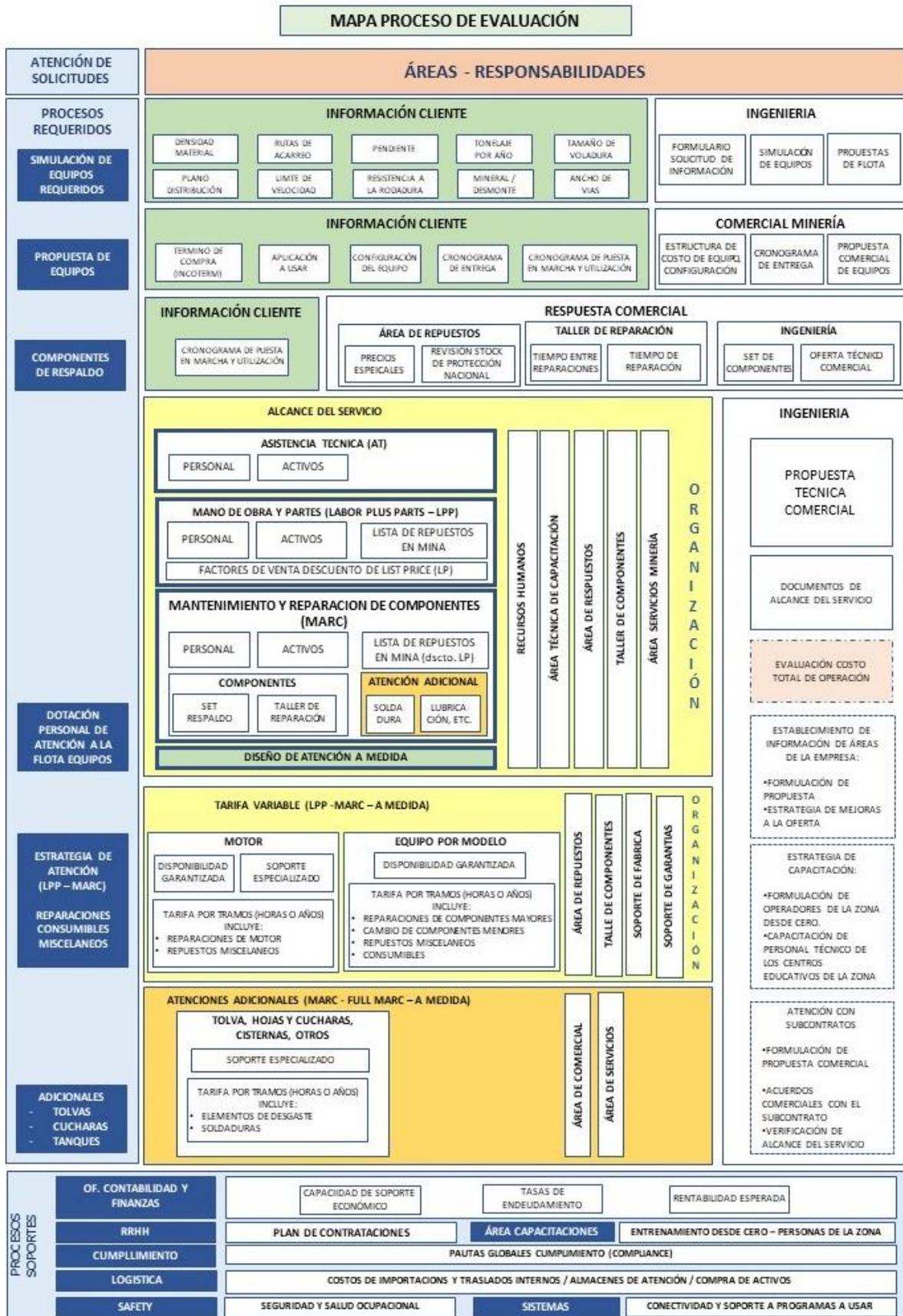
- El sector minero invierte mucho en temas de calidad y reducción de costos, se encuentra orientado a la mejora de procesos; contar con el conocimiento amplio de los conceptos a desarrollarse en cada parte es fundamental, pero debe de ser acompañado con la comunicación técnica para el trabajo en conjunto.
- En las operaciones mineras el alcance de metas a través de indicadores es el estándar, por esto permite poder realizar las simulaciones con esquemas de trabajo ya desarrollados, la mayor inversión de tiempo es alinear a la organización en el participar en procesos que permitan esquematizar y reducir el tiempo invertido para cada evaluación.
- Las empresas que tengan el interés en crecer o ingresar en un mercado, pueden utilizar la metodología del costo total de operación, debiendo tener presente que debe de contar con información sobre los principales hitos, indicadores de la actividad a incurrir, el desempeño del producto y el capital suficiente para generar la oportunidad necesaria. Por lo que contar con información que sea manejado por un área especial es un punto importante a considerar.
- Desde una posición comercial o de producción, de encontrarse en una situación donde dos productos sean muy similares en costos totales; pero uno de los productos evaluados es nuevo en el sector, es recomendable desarrollar una evaluación de competición donde se defina los índices operacionales o gastos comparados, estos índices es preferibles que sean definidos en situaciones de trabajo extremo. Esta evaluación de competición puede estar ligado el cumplimiento de ciertos índices a la compra total de los equipos, para la evaluación como ejemplo la adquisición de la flota completa.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campos, J. (2002). Ing. Mantto Cap.2a-El Mantenimiento. Ica: Universidad Nacional de Ica.
- Caterpillar. (2022). Caterpillar Performance handbook. Recuperado de <https://wheelercat.com/wp-content/uploads/2023/02/Cat-Performance-Handbook-Edition-50-June-2022.pdf>
- Chamberco, G. (2019). *Análisis de Costos y presupuestos en el planeamiento estratégico gerencial: Teoría y práctica*. Lima, Perú: Instituto Pacífico S.A.C.
- IncoSolutions. (2020). *Global Trade Guide*. IncoSolutions Pty Ltd. (p. 4). Recuperado de <https://www.studypool.com/documents/23355132/incodocs-trade-guide>
- ISO 15663-1 (2000). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Life cycle costing: Part 1: Methodology, Part 2: Guidance on application of methodology and calculation methods, Part 3: Implementation guidelines*.
- Komatsu. (2013). *Specifications & application handbook* (31th edition). Japan; Komatsu. 958 p.
- Komatsu. (2016). *Catálogos de equipos minería*. Recuperado de <https://komatsu.pe/index.php/catalogos-digitales/category/1-mineria>
- Li, C. y Mescua, R. (2016). *Propuesta de Plan de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad aplicado a una flota de camiones fuera de carretera en una mina de tajo abierto* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. <http://hdl.handle.net/10757/619973>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2023). *Cartera de Proyectos de Exploración Minera*. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4276044/Cartera%20de%20Proyectos%20de%20Exploraci%C3%B3n%20Minera%202023.pdf?v=1679072232>
- Zanabria, R. (2014). *Dimensionamiento de componentes mayores y estudio de la estrategia Pooling en la gestión de repuestos de equipos mineros de acarreo en el Perú* (Informe de Suficiencia). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2355264>

IX. ANEXOS

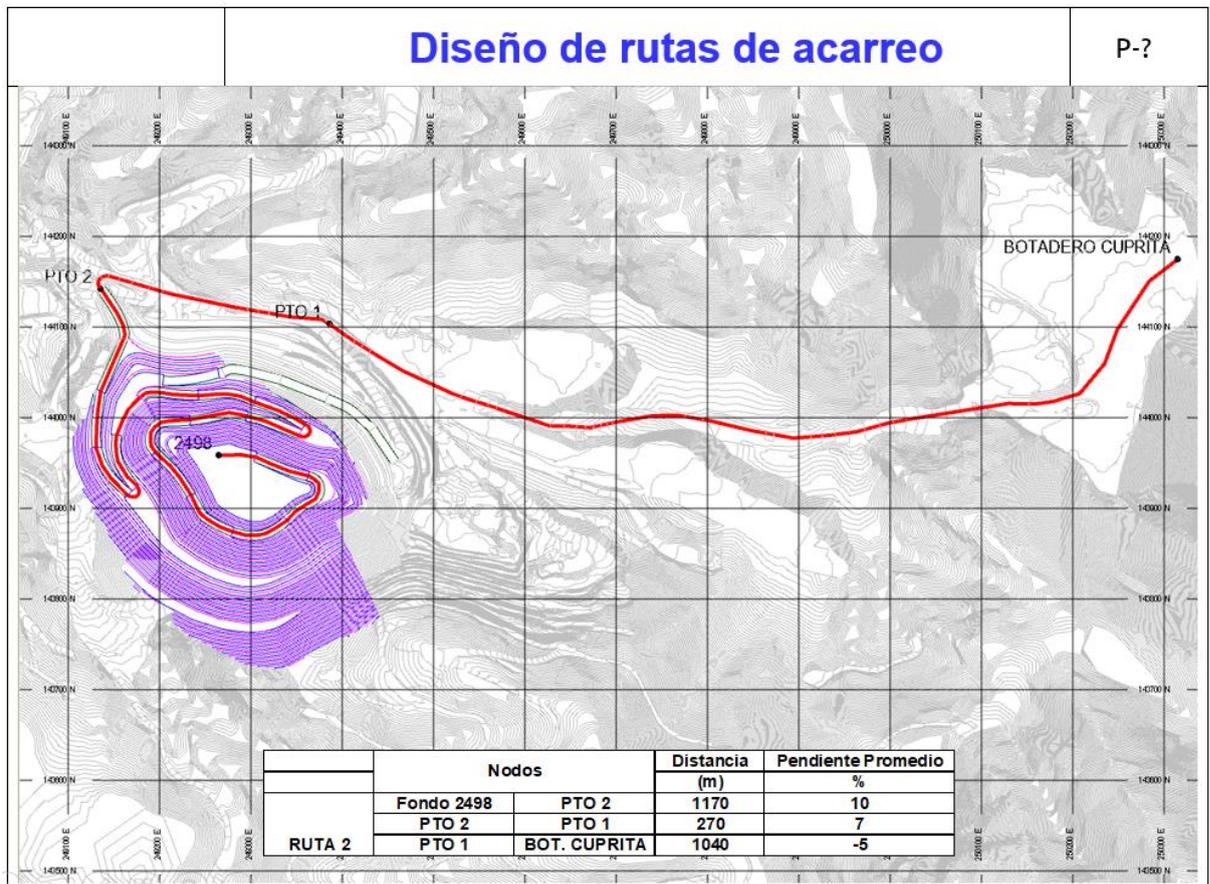
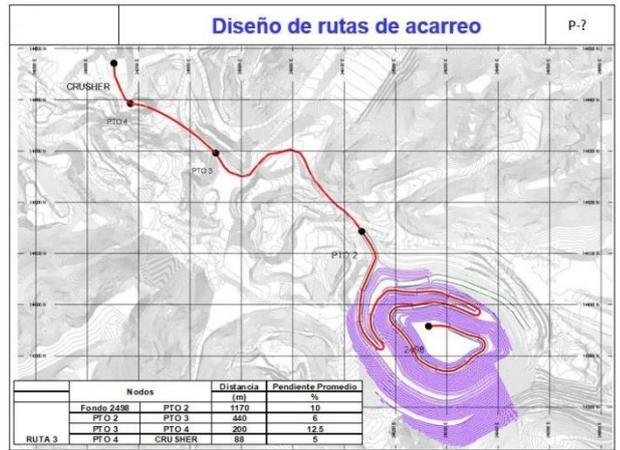
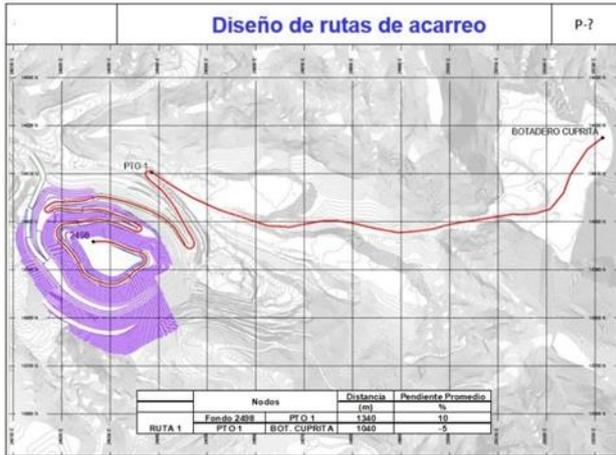
Anexo 1: Proceso de atención a solicitudes de información – Evaluación de Costo Total del Operación



Anexo 2: Plan de minado - organizado para simulación

Año	Ruta Original	Ruta	Distancia (mts)	Den. Suelto	Volumen	Toneladas métricas	Distancia (mts)	Den. Suelto	Volumen	Toneladas métricas
Año -1	Y-1 4215 STOCK A CHANCADORA	R 098					2,845.00			
	Y-1 4415 LG 4215	R 026	3,610.00	1.79	558,323.97	1,000,516.55		1.79	19,336.78	34,651.52
	Y-1 4415 PRESA	R 074	7,315.00	1.83	3,235,217.99	5,933,389.80				
	Y-1 4415 WASTE 4195	R 050	3,720.00	1.83	13,624,238.60	24,986,853.60				
Año 01	Y1 4215 STOCK A CHANCADORA	R 099					2,915.00			
	Y1 4340 LG 4215	R 027	3,095.00	1.79	2,832,146.56	5,075,206.64		1.79	1,092,635.21	1,958,002.30
	Y1 4340 ore 4147	R 002	2,870.00	1.79	11,047,291.70	19,796,746.73				
	Y1 4340 PRESA	R 075	6,730.00	1.83	1,492,805.57	2,737,805.42				
Año 02	Y1 4340 WASTE 4195	R 051	3,325.00	1.83	16,868,732.94	30,937,256.21				
	Y2 4215 STOCK A CHANCADORA	R 100					2,915.00			
	Y2 4280 LG 4215	R 028	2,620.00	1.79	199,965.07	358,337.41		1.79	899,905.60	1,612,630.83
	Y2 4280 ore 4147	R 003	2,395.00	1.79	10,856,909.79	19,455,582.35				
Año 03	Y2 4280 PRESA	R 076	6,255.00	1.83	444,988.82	816,109.50				
	Y2 4280 WASTE 4115	R 052	3,160.00	1.83	13,715,566.04	25,154,348.12				
	Y2 4430 LG 4215	R 029	3,975.00	1.79	1,133,135.42	2,030,578.68				
	Y2 4430 ore 4147	R 004	3,750.00	1.79	1,915,925.26	3,433,338.06				
Año 04	Y2 4430 PRESA	R 077	7,610.00	1.83	2,521,603.32	4,624,620.50				
	Y2 4430 WASTE 4155	R 053	4,515.00	1.83	2,420,394.01	4,439,002.61				
	Y3 4190 LG 4215	R 030	3,310.00	1.79	1,861,930.50	3,336,579.45				
	Y3 4190 ore 4147	R 005	2,845.00	1.79	7,557,554.42	13,543,137.53				
Año 05	Y3 4190 PRESA	R 078	6,705.00	1.83	2,023,507.47	3,711,112.70				
	Y3 4190 WASTE 4195	R 054	3,500.00	1.83	8,159,675.34	14,964,844.58				
	Y3 4215 STOCK A CHANCADORA	R 101					3,155.00			
	Y3 4370 LG 4215	R 031	4,030.00	1.79	1,241,287.00	2,224,386.30		1.79	1,080,992.37	1,937,138.32
Año 06	Y3 4370 ore 4147	R 006	3,565.00	1.79	5,038,369.62	9,028,758.35				
	Y3 4370 PRESA	R 079	7,275.00	1.83	1,349,004.98	2,474,075.14				
	Y3 4370 WASTE 4195	R 055	4,220.00	1.83	5,439,783.56	9,976,563.05				
	Y4 4235 STOCK A CHANCADORA	R 102					2,945.00			
Año 07	Y4 4295 LG 4235	R 032	3,670.00	1.79	1,743,102.58	3,123,639.82				
	Y4 4295 ore 4147	R 007	3,415.00	1.79	13,441,222.08	24,086,669.97				
	Y4 4295 WASTE 4115	R 056	4,950.00	1.83	16,319,708.74	29,930,345.83				
	Y4 4295 PRESA	R 079A	7,425.00	1.83	2,082,854.34	3,819,954.86				
Año 08	Y5 4280 LG 4235	R 035	2,980.00	1.79	515,157.38	923,162.02				
	Y5 4280 ore 4147	R 010	2,595.00	1.79	4,029,641.55	7,221,117.66				
	Y5 4280 PRESA	R 082	6,455.00	1.83	10,206.75	18,719.17				
	Y5 4280 WASTE 4155	R 059	3,790.00	1.83	5,493,675.67	10,075,401.18				
Año 09	Y5 4220 LG 4235	R 034	3,610.00	1.79	1,030,314.76	1,846,324.05				
	Y5 4220 ore 4147	R 009	3,225.00	1.79	8,059,283.10	14,442,235.31				
	Y5 4220 PRESA	R 081	7,085.00	1.83	20,413.49	37,438.34				
	Y5 4220 WASTE 4155	R 058	4,420.00	1.83	10,987,351.34	20,150,802.35				
Año 10	Y5 4235 STOCK A CHANCADORA	R 103					3,075.00			
	Y5 4400 LG 4235	R 033	4,100.00	1.79	171,719.13	307,720.67				
	Y5 4400 ore 4147	R 008	3,715.00	1.79	1,343,213.85	2,407,039.22				
	Y5 4400 PRESA	R 080	7,575.00	1.83	3,402.25	6,239.72				
Año 11	Y5 4400 WASTE 4155	R 057	4,910.00	1.83	1,831,225.22	3,358,467.06				
	Y6 4205 LG 4235	R 011	2,845.00	1.79	1,907,256.35	3,417,803.39				
	Y6 4205 PRESA	R 083	6,705.00	1.83	323,847.34	593,936.02				
	Y6 4205 WASTE 4195	R 060	3,630.00	1.83	2,701,262.14	4,954,114.76				
Año 12	Y6 4175 LG 4147	R 013	3,060.00	1.79	2,543,008.47	4,557,071.18				
	Y6 4175 PRESA	R 085	6,920.00	1.83	431,796.45	791,914.70				
	Y6 4175 WASTE 4195	R 062	3,845.00	1.83	3,601,682.85	6,605,486.35				
	Y6 4235 STOCK A CHANCADORA	R 106					3,275.00			
Año 13	Y6 4295 ore 4147	R 014	3,005.00	1.79	5,086,016.94	9,114,142.36				
	Y6 4295 PRESA	R 086	6,865.00	1.83	863,592.91	1,583,829.39				
	Y6 4295 WASTE 4195	R 063	3,790.00	1.83	7,203,365.71	13,210,972.70				
	Y6 4310 LG 4147	R 012	2,680.00	1.79	3,178,760.59	5,696,338.98				
Año 14	Y6 4310 PRESA	R 084	6,540.00	1.83	539,745.57	989,893.37				
	Y6 4310 WASTE 4195	R 061	3,465.00	1.83	4,502,103.57	8,256,857.94				
	Y7 4145 LG 4235	R 041	3,765.00	1.79	205,575.73	368,391.71				
	Y7 4145 ore 3568	R 016	3,415.00	1.79	1,338,842.65	2,399,206.02				
Año 15	Y7 4145 PRESA	R 088	7,430.00	1.83	10,025.18	18,386.18				
	Y7 4145 WASTE 4135	R 065	5,705.00	1.83	1,743,699.48	3,197,944.84				
	Y7 4235 LG 4235	R 040	2,860.00	1.79	1,850,181.56	3,315,525.36				
	Y7 4235 ore 4147	R 015	2,665.00	1.79	12,049,883.83	21,592,854.22				
Año 16	Y7 4235 PRESA	R 087	6,525.00	1.83	90,226.64	165,475.66				
	Y7 4235 STOCK A CHANCADORA	R 107					2,885.00			
	Y8 4145 WASTE 4135	R 064	4,800.00	1.83	15,693,295.29	28,781,503.56				
	Y8 4145 LG 4235	R 042	3,135.00	1.79	222,547.33	398,804.82				
Año 17	Y8 4145 ore 4147	R 017	2,615.00	1.79	13,468,740.23	24,135,982.48				
	Y8 4145 PRESA	R 089	6,630.00	1.83	1,556,175.15	2,854,025.22				
	Y8 4145 WASTE 4195	R 066	3,775.00	1.83	17,742,084.33	32,538,982.66				
	Y8 4255 STOCK A CHANCADORA	R 108					3,055.00			
Año 18	Y9 4040 LG 4255	R 044	4,200.00	1.79	1,746,014.92	3,128,858.73				
	Y9 4040 ore 4147	R 019	3,560.00	1.79	10,651,910.00	19,088,222.72				
	Y9 4040 PRESA	R 091	7,575.00	1.83	130,422.31	239,194.52				
	Y9 4040 WASTE 4215	R 068	4,380.00	1.83	13,831,670.35	25,367,283.42				
Año 19	Y9 4255 STOCK A CHANCADORA	R 109					3,175.00			
	Y9 4340 LG 4255	R 043	3,510.00	1.79	436,503.73	782,214.68				
	Y9 4340 ore 4147	R 018	2,870.00	1.79	2,662,977.50	4,772,055.68				
	Y9 4340 PRESA	R 090	6,885.00	1.83	32,605.58	59,798.63				
Año 20	Y9 4340 WASTE 4215	R 067	3,690.00	1.83	3,457,917.59	6,341,820.85				
	Y10 4275 STOCK A CHANCADORA	R 110					3,045.00			
	Y10 4280 LG 4275	R 045	3,200.00	1.79	305,764.84	547,930.59				
	Y10 4280 ore 4147	R 020	2,690.00	1.79	13,260,732.89	23,763,233.34				
Año 21	Y10 4280 PRESA	R 092	6,705.00	1.83	58,605.11	107,481.77				
	Y10 4280 WASTE 4235	R 069	3,440.00	1.83	19,216,979.96	35,243,941.25				
	Y11 4205 LG 4275	R 046	3,170.00	1.79	8,545,624.89	15,313,759.81				
	Y11 4205 ore 4147	R 021	2,285.00	1.79	13,457,024.28	24,114,987.51				
Año 22	Y11 4205 PRESA	R 093	6,255.00	1.83	77,566.88	142,257.66				
	Y11 4205 WASTE 4255	R 070	3,210.00	1.83	11,080,848.11	20,322,275.43				
	Y12 4145 LG 4275	R 047	3,520.00	1.79	11,179,479.30	20,033,626.90				
	Y12 4145 ore 4147	R 022	2,785.00	1.79	13,527,979.17	24,242,138.67				
Año 23	Y12 4145 PRESA	R 094	6,890.00	1.83	74,893.58	137,354.82				
	Y12 4145 WASTE 4275	R 071	3,800.00	1.83	8,485,196.29	15,561,850.00				
	Y13 4085 LG 4295	R 048	3,960.00	1.79	25,946.10	46,963.25				
	Y13 4085 ore 4147	R 023	3,305.00	1.79	7,225,639.56	12,948,346.09				
Año 24	Y13 4085 PRESA	R 095	7,275.00	1.83	9,663.30	17,722.49				
	Y13 4085 WASTE 4295	R 072	4,190.00	1.83	1,362,042.76	2,497,986.42				
	Y13 4295 STOCK A CHANCADORA	R 113					3,235.00			
	Y14 4315 STOCK A CHANCADORA	R 114					3,575.00			
Año 25	Y15 4315 STOCK A CHANCADORA	R 115					3,405.00			
							1,79			
Total general			384,335.00	1.82	4,084,752.78	7,454,255.78	43,500.00	1.79	2,672,841.84	4,789,732.58

Anexo 3: Rutas de acarreo Punto de extracción, chancadora primaria y botadero



Anexo 4: Catálogo de equipos Komatsu

**SPECIFICATIONS & APPLICATION HANDBOOK
Edition 28**

December 2007

CONTENTS

INDEX

Please note that the performance information included in this book is for estimation purposes only. It is based on information that Komatsu Ltd. has but actual figures will vary with the operating conditions, including material characteristics, site conditions, operator efficiency, etc. Neither Komatsu Ltd. nor its dealers will guarantee that the machines will perform as estimated.

Materials and specifications are subject to change without notice.

© 2007 Komatsu
All Rights Reserved
Printed in Japan

KOMATSU

G-1

POTENCIA BRUTA
870 kW / 1,181 HP
 POTENCIA NETA
675 kW / 911 HP
 MÁXIMO GPM
100000 kg

HD785-7



HD
785

CAMIÓN VOLQUETE

NET horsepower
638 kW (862 HP) @ 2100 rpm
 OPERATING WEIGHT
60,000 / 66,000 lb
 262,040 / 286,670 lb
 BUCKET CAPACITY
11.5 / 12.7 cu yd / 8.8 / 9.8 cu m

KOMATSU®
WA900-3
with Tier 2 Engine



WA
900

WHEEL LOADER

GROSS horsepower
115,000 / 1,560 HP
 NET horsepower
280,000 / 378,000 lb

KOMATSU®
HD1500-7



HD
1500

MECHANICAL DRIVE TRUCK

OPERATING WEIGHT
200,000 / 440,000 lb
 BUCKET CAPACITY
15.0 / 16.5 cu yd / 11.3 / 12.4 cu m
 BUCKET CAPACITY
15.0 / 16.5 cu yd / 11.3 / 12.4 cu m

KOMATSU®
PC3000-6
Super Shovel



PC
3000

HYDRAULIC SHOVEL

OPERATING WEIGHT
50,000 / 110,000 lb
 OPERATING WEIGHT
50,000 / 110,000 lb
 Bucket Capacity
1.5 / 1.6 cu yd / 1.1 / 1.2 cu m
 Loading Speed
150000 kg
 330000 lb

KOMATSU®
PC2000-s



PC
2000

HYDRAULIC EXCAVATOR

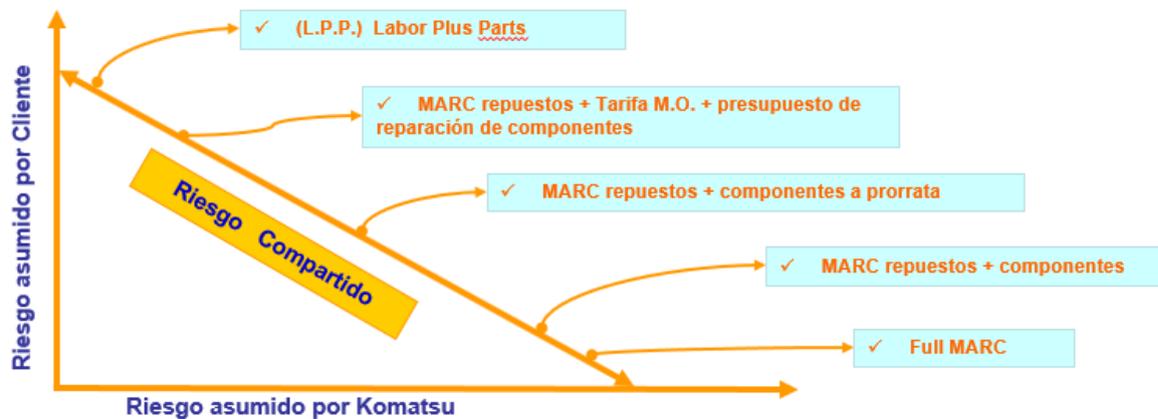
Anexo 5: Definición de tiempos de ASARCO (American Smelting & Refining Co.)

Tiempo Nominal					
Tiempo Disponible				Fuera de Servicio (M/R)	
				Programadas	Imprevistos
Tiempo Operativo			Reservas		
Tiempo Efectivo	Pérdidas Operacionales		Demoras		
			Progr.	No Progr.	

Donde:

- **Tiempo Nominal:** Corresponden al espacio de tiempo en que se realiza la medición (espacio muestral). Este tiempo dependerá del tiempo de continuidad de la faena productiva.
- **Fuera de servicio:** Espacio de tiempo en el cual el equipo se encuentra fuera de servicio o no disponible para realizar trabajo, pudiendo ser por una mantención programada o algún imprevisto de tipo mecánico o eléctrico.
- **Tiempo disponible:** Espacio de tiempo en que el equipo se encuentra habilitado para operar.
- **Tiempo operativo:** Espacio de tiempo en que el equipo está operando.
- **Tiempo de reserva:** Corresponde al espacio tiempo en que el equipo está disponible para trabajar, pero no está siendo utilizado en labores productivas, ya sea por falta de operador o que bajo condiciones específicas de la operación.
- **Demoras programadas:** Espacio de tiempo en que el equipo no opera debido a actividades normadas por ley, tales como alimentación o cambio de turno.
- **Demoras no programadas:** Espacio de tiempos en que el equipo no opera, debido a condiciones propias de la operación o ineficiencias de ésta, tales como carga de combustible, acomodo o limpieza del lugar de faena, etc.
- **Pérdidas operacionales:** Espacio de tiempo en que el equipo no puede operar, debido a la espera de equipo complementario, tales como sistemas de alumbrado, martillo picador, etc.
- **Tiempo efectivo:** Espacio de tiempo en que el equipo se encuentra realizando aquellas tareas para los cuales fue adquirido y diseñado.

Anexo 6: Gama de contrato de servicio de mantenimiento



FUENTE: Li y Mescua (2016)

Contrato *Labor Plus Parts* (LPP)

- Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
- Las piezas de repuesto utilizadas en el mantenimiento y reparación de equipos de componentes se pagan según el consumo.
- En este método el cliente se hace responsable de los niveles de stock real (planificación y apoyo logístico de KMMP)

Contrato *MARC repuestos + Tarifa Mano de Obra + presupuesto de reparación de componentes*

- Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
- Los repuestos para el mantenimiento están contemplados en un costo por hora establecido.
- Las reparaciones de los componentes se facturan de manera independiente al contrato.

Contrato *MARC repuestos + componentes a prorrata*

- Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
- Los repuestos para el mantenimiento están contemplados en un costo por hora establecido.
- Los principales componentes son reparados a un costo fijo y con tiempo de vida

establecido. Si sobrepasa el tiempo de vida establecido, se factura un adicional por las horas excedentes trabajadas.

MARC repuestos + componentes

- Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
- Los repuestos para el mantenimiento están contemplados en un costo por hora establecido.
- Los componentes principales son reparados con un costo por hora garantizado, es decir, el cliente ya no gasta en reparaciones, porque el proveedor las tiene contempladas en el costo por hora establecido.
- La inversión en componentes mayores para tener un stock se cobra en una tarifa fija mensual. Así, cuando se necesita alguno para un cambio programado, ya cuenta con él para que no existan demoras por traslados de componentes.

Full MARC

- Los costos fijos de servicios son pagados a través de una cantidad fija mensual.
- Los repuestos para el mantenimiento están contemplados en un costo por hora establecido.
- Los componentes principales son reparados con un costo por hora garantizado, es decir, el cliente no gasta en reparaciones, porque el proveedor las tiene contempladas en el costo por hora establecido.
- El Full MARC incluye los servicios que normalmente son sub contratos (reparaciones del sistema de A/C, servicio de soldadura, mantenimiento de neumáticos, etc.)

Anexo 7: Responsabilidades para la atención del mantenimiento y reparación de componentes a

Ítem	Tópico	Actividad	Proyecto	Proveedor
1	PERSONAL			
1.1.	Administrativo (mano de obra indirecta)	Administración , planificación y seguridad		X
1.2.	Mantenedores (mano de obra directa)	Mantenimiento y reparación		X
1.3.	Alojamiento	Instalaciones	X	
		Administración	X	
		Servicios		X
1.4.	Alimentación	Instalaciones	X	
		Administración	X	
		Servicios		X
1.5.	Equipo de protección personal (EPP)	Cumplimiento de las normas de seguridad		X
1.6.	Transporte hacia y desde la operación	Transporte permitido	X	
		Servicios		X
1.7.	Transporte en la operación	Transporte permitido	X	
		Servicios		X
1.8.	Equipamientos	(computadorea, equipos de comunicación, etc)		X
2	EQUIPOS MOVILES			
2.1.	Camión de servicio y camión de lubricación	Adquisición de camión de servicio	X	
		Administración		X
		Servicio		X
		Adquisición de camión de lubricación		X
		Administración		X
		Servicio		X
2.2.	Camión de combustible	Adquisición de camión de combustible	X	
		Administración		X
		Servicio		X
2.3.	Equipos de carga y gruas	Adquisición	X	
		Administración	X	
		Servicio	X	
2.3.	Camionetas	Adquisición		X
		Administración		X
		Servicio		X

Anexo 8: Responsabilidades para la atención del mantenimiento y reparación de componentes b

Ítem	Tópico	Actividad	Proyecto	Proveedor
3	INFRAESTRUCTURA			
3.1.	Talleres	Talleres	X	
		Administración	X	
		Servicio	X	X
3.2.	Acceso a voz y datos en talleres	Infraestructura	X	
		Administración	X	
		Servicio		X
3.3	Oficinas en talleres	Infraestructura	X	
		Administración	X	
		Servicio		X
3.4	Equipamiento de oficinas y talleres	Infraestructura	X	
		Administración	X	
		Servicio	X	
3.5	Oficinas adicionales			X
3.6.	Almacén	Infraestructura	X	
		Administración	X	
		Servicio		X

Anexo 9: Responsabilidades para la atención del mantenimiento y reparación de componentes c

Ítem	Tópico	Actividad	Proyecto	Proveedor
4	RESPONSABILIDADES			
4.1.	Neumáticos	Adquisición	X	
		Planificación y mantenimiento	X	
		Manejo (retiro/instalación)	X	
4.2.	Aceites, refrigerantes y grasas	Instalaciones	X	
		Administración	X	
		Servicio		X
4.3.	Mantenimiento de las cucharas	Manejo (retiro/instalación)		X
		Reparación	X	
		Adquisición de repuestos y elementos de desgaste	X	
4.4.	Elementos de desgaste en los equipos	Adquisición	X	
		Planificación	X	
		Rotación, desmontaje y montaje	X	
4.5.	Mantenimiento de chasis y tolva	Retiro e instalación		X
		Reparación	X	
		Elementos de desgaste	X	
		Suministro de piezas y partes		X
4.6.	Limpieza de los equipos	Cabina	X	
		Equipo en general	X	
4.7.	Eliminación de residuos de aceites usados	Infraestructura	X	
		Servicio	X	
4.8.	Lavado de equipos	Infraestructura	X	
		Mantenimiento	X	
		Adquisición de equipos	X	
4.9.	Programas de medio ambiente y responsabilidad social	Cumplimiento de estandar de la operación	X	X
4.10.	Sistema contra incendios en el equipo	Adquisición		X
		Planeamiento	X	
		Rotación, desmontaje y montaje.	X	
		Mantenimiento	X	
4.11.	Mangueras hidráulicas	Adquisición		X
		Planeamiento		X
		Rotación, desmontaje y montaje.		X
		Mantenimiento		X