



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

GESTIÓN DE ABASTECIMIENTO DE REPUESTOS DE EQUIPOS MINEROS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

CAMILO JOSÉ MARTÍNEZ MARDONES

PROFESOR GUÍA:

FERNANDO SILVA CALONGE

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

FERNANDO ACOSTA BARRIGA

JUAN HENRIQUEZ AHUMADA

SANTIAGO DE CHILE

2018

GESTIÓN DE ABASTECIMIENTO DE REPUESTOS DE EQUIPOS MINEROS

Debido al uso intensivo de equipos y maquinaria de alto tonelaje, el mantenimiento se vuelve una parte integral del negocio minero. Es por esta razón que una correcta gestión de abastecimiento e inventario de repuestos se vuelve crucial para asegurar la continuidad operacional de cualquier faena minera.

El objetivo principal de este trabajo es determinar la estrategia de abastecimiento a largo plazo, para la compañía Komatsu Mining Corp. KMC se encuentra actualmente trayendo sus primeros equipos subterráneos al país, los cuales inicialmente comprenden 2 modelos de LHD y 2 modelos de equipos Jumbo.

Para brindar un nivel de soporte adecuado a los equipos de KMC, en primer lugar, se deben definir los repuestos críticos para la operación y cuales deben mantenerse en stock permanente. Para ello se utilizó el Análisis ABC, junto con la metodología propuesta por (Espinosa, 2017), para determinar la criticidad de estos repuestos. De esto se obtiene que se deben mantener un total de 120 repuestos críticos en stock permanente.

Como parte del análisis se determinaron los mantenimientos overhauls de los equipos, considerando 250 hrs/mes operacionales para los equipos LHD y 100 hrs/mes para los equipos Jumbo, considerando un horizonte de análisis de 5 años. Se obtiene que el equipo LHD 4LD tiene un overhaul al tercer año, mientras que el equipo LHD más grande LT-1051 tiene un overhaul al cuarto. En cambio, para los equipos jumbo no se determinaron mantenimientos overhaul en el periodo analizado.

Utilizando las herramientas de gestión de inventario, se calcularon los niveles de seguridad y cantidades económicas de pedido para cada repuesto. Esto último se realizó en base a un forecast de equipos para los próximos 5 años. Además, se calculó el costo global de inventario, para cada año, con un promedio de \$959 mil unidades monetarias. El costo global de inventario calculado irá en aumento a medida que se venden más unidades de equipos.

Finalmente, analizando la situación actual de la compañía se determinó que, para mantener los costos globales de inventario bajos, es necesario estandarizar los modelos a traer a Chile (mismas especificaciones). Además, se considera que inevitablemente el mantenimiento de KMC deberá migrar desde un mantenimiento preventivo, hacia un mantenimiento basado en la confiabilidad. Para esto será necesario la recolección de información para calcular modos de falla, historiales de pedido repuestos, etc. Para llevar esto a cabo se deberán estandarizar los procesos en faena, para optimizar el flujo de la información. Como recomendación final, se recomienda verificar los tiempos de entrega de cada repuesto, ya que para los alcances de este trabajo se ha utilizado el mismo plazo de entrega para cada repuesto.

ABSTRACT OF THESIS SUBMITTED TO OPT
FOR THE DEGREE OF: Mining Engineer
BY: Camilo José Martínez Mardones
DATE: 11/12/2017
THESIS ADVISOR: Fernando Silva Calonge

SUPPLY MANAGEMENT OF MINING EQUIPMENT SPARE PARTS

Due to the intensive use of high tonnage equipment and machinery, is that maintenance becomes an integral part of the mining business. It is for this reason that proper supply and inventory management of spare parts becomes crucial to ensure the operational continuity of any mining site.

The main objective of this work is to determine the long-term supply strategy for Komatsu Mining Corp. KMC is currently bringing its first underground equipment units to the country, which initially would be 2 LHD models and 2 models of Jumbo equipment.

In order to provide an adequate level of support for the KMC equipment units, first, the critical spare parts for the operation must be defined and kept in permanent stock. For this, the ABC Analysis was used, together with the methodology proposed by (Espinosa, 2017), to determine the criticality of these spare parts. From this we obtain that a total of 120 critical spare parts must be kept in permanent stock.

As part of the analysis, overhaul maintenance of the equipment was determined, considering 250 hrs/month operational for the LHD equipment, 100 hrs/month for the Jumbo equipment and considering a 5 year analysis horizon. The results show that the LHD 4LD equipment has an overhaul on the third year, while the larger LHD equipment LT-1051 has an overhaul to the fourth year. On the other hand, for the jumbo equipment models no overhaul maintenance was determined in the analyzed period.

Using the inventory management tools, the security levels and economic order quantities for each spare part were calculated. This was made based on a forecast of equipment for the next 5 years. In addition, the global inventory cost was calculated, for each year, with an average of \$ 959 thousands of monetary units. The calculated global cost of inventory will increase as more equipment units are sold.

Finally, analyzing the current situation of the company, it was determined that, in order to keep the global inventory costs low, it is necessary to standardize the equipment models to be brought to Chile (same specifications). In addition, it is considered that inevitably KMC maintenance should migrate from preventive maintenance to a reliability centered maintenance. This will require data collection to calculate the failure modes, historical spare parts orders, etc. To carry this out, processes must be standardized in order to optimize the flow of information. As a final recommendation, it is recommended to verify the delivery times of each spare part, since for the scope of this work the same delivery time has been used for each spare part.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, gracias por los valores con los que me criaron y por ser una fuente de constante apoyo.

A mis hermanas, gracias por siempre estar presente. No sería la misma persona si ustedes no estuvieran a mi lado. Su apoyo incondicional desde el primer día que emprendí este proyecto me ayudó en los momentos más difíciles. Espero que este logro las motive también a ustedes a cumplir con sus propias metas.

Quiero agradecer a mis compañeros de universidad, los mineros Chico, Jara, Raúl, Fabians, Felipe, Oscar, Papaya, gracias por siempre estar ahí cuando más los necesité, por hacerme reír aun en los momentos difíciles. Mi estadía en la universidad no hubiera sido la misma sin ustedes, estoy seguro de que nuestros caminos se seguirán cruzando fuera de esta casa de estudios. Tampoco puedo olvidar a mis amigos de sección con quienes ingresé a la universidad Cádiz, Esteban, Lucas, gracias por darme la oportunidad de ser su amigo. Gracias a todos con los que compartí un terraceo o intensas jornadas de estudio, cada momento fue un granito de arena para completar este proyecto.

Gracias a Fernando Silva, mi profesor guía, y a Komatsu Mining Corp por permitirme realizar mi memoria en una compañía tan relevante en la minería del país. Gracias a Fernando Acosta y Juan Henríquez, mis profesores co-guía e integrante, por sumarse a este proyecto desde el primer día que se los pedí.

Por último, quiero agradecer a esta casa de estudios, la ilustre Universidad de Chile y en particular a la Escuela de Ingeniería, por brindarme las herramientas necesarias para enfrentarme al campo laboral. No los defraudaré.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Alcances	2
2. ANTECEDENTES	2
2.1. Descripción de la empresa.....	2
2.2. Norma ASARCO.....	3
2.2.1. Índices operacionales	4
2.3. Tiempo de Mantenión (TM).....	4
2.4. Mantenimiento	5
2.4.1. Estrategias de mantenimiento	5
2.4.1.1. Mantención Post-Falla	6
2.4.1.2. Mantención Pre-Falla	6
2.4.2. Mantenimiento en Minería.....	7
2.5. Estructura de Costos de Mantención.....	7
2.5.1. Costo global de mantenimiento	7
2.5.1.1. Costo de intervención	8
2.5.1.2. Costo por falla	8
2.5.1.3. Costo de Almacenamiento.....	8
2.5.1.4. Costo de sobre-inversiones.....	9
2.6. Gestión de Inventarios.....	9
2.6.1. Repuestos Críticos	10
2.6.2. Análisis ABC	10
2.6.3. Criticidad del repuesto	11
2.6.3.1. Estrategias de ordenamiento.....	11
2.6.4. Costo global de inventario	12
2.6.4.1. Costo de adquisición.....	12
2.6.4.2. Costo de almacenamiento.....	12
2.6.4.3. Costo de intervención	13
2.6.5. Cantidad económica de pedido	13
2.6.6. Minimización del costo global con demora entre pedidos.....	13
2.6.6.1. Distribución Gaussiana.....	14

2.6.6.2.	Distribución de Poisson	14
3.	METODOLOGÍA	15
4.	DESARROLLO Y RESULTADOS	16
4.1.	Descripción de equipos	16
4.1.1.	Equipos LHD	16
4.1.1.1.	LHD 4LD.....	16
4.1.1.2.	LHD LT-1051.....	17
4.1.1.3.	Sistemas Principales LHD	17
4.1.1.4.	Horas de mantenimiento	18
4.1.1.5.	Frecuencia de intercambio.....	19
4.1.1.6.	Costo repuestos mantenimiento programado	19
4.1.1.7.	Overhaul	20
4.1.2.	Equipos Jumbo.....	21
4.1.2.1.	Jumbo VR-II.....	21
4.1.2.2.	Jumbo DR-2SB.....	22
4.1.2.3.	Sistemas Principales Jumbos	23
4.1.2.4.	Horas de mantenimiento	23
4.1.2.5.	Frecuencia de intercambio.....	24
4.1.2.6.	Costo repuestos mantención programada	25
4.1.2.7.	Overhauls.....	26
4.2.	Análisis ABC.....	26
4.3.	Criticidad de repuestos	28
4.4.	Repuestos Críticos.....	28
4.5.	Costo global de inventario.....	29
4.6.	Caso Estudio.....	31
4.7.	Estrategia a largo plazo KMC	34
4.7.1.	Estandarización de equipos.....	34
4.7.2.	Planeamiento y control de inventario	34
4.7.3.	Eliminación de exceso de inventario	35
4.7.4.	Estandarización de procesos	35
4.7.5.	Seguimiento de equipos	35
4.7.6.	Transición hacia RCM y monitoreo de condiciones.....	35
4.7.7.	Reparación de repuestos críticos.....	36
5.	CONCLUSIONES	37
6.	BIBLIOGRAFIA	38

7.	ANEXO.....	39
7.1.	Lista de Repuestos.....	39
7.1.1.	Repuestos 4LD.....	39
7.1.2.	Repuestos LT-1051.....	41
7.1.3.	Repuestos VR-II.....	44
7.1.4.	Repuestos DR-2SB.....	46
7.2.	Criticidad.....	48
7.3.	Repuestos Críticos.....	49
7.4.	Niveles de seguridad y costo global por año.....	53
7.4.1.	4LD.....	53
7.4.2.	LT-1051.....	54
7.4.3.	VR-II.....	57
7.4.4.	DR-2SB.....	61

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Disponibilidad mecánica.....	4
Ecuación 2.	Utilización efectiva.....	4
Ecuación 3.	Tiempo de Mantención.....	4
Ecuación 4.	Costo Global de Mantenimiento.....	7
Ecuación 5.	Costo por falla.....	8
Ecuación 6.	Indicador valor inventario sobre valor de equipos.....	9
Ecuación 7.	Nivel de servicio.....	10
Ecuación 8.	Costo global de inventario.....	12
Ecuación 9.	Costo de almacenamiento.....	13
Ecuación 10.	Costo de intervención.....	13
Ecuación 11.	Formula de Wilson.....	13
Ecuación 12.	Periodo entre pedidos.....	13
Ecuación 13.	Nivel de alarma.....	14
Ecuación 14.	Nivel de alarma para distribución Gaussiana.....	14
Ecuación 15.	Nivel de alamar para distribución de Poisson.....	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Norma ASARCO, elaboración propia.....	3
Figura 2.	Estrategias de mantenimiento, elaboración propia.....	6
Figura 3.	Factores que afectan las estrategias de mantención (Watson, 1968).....	7
Figura 4.	Análisis ABC (Waters, 2003).....	11
Figura 5.	Pedidos con nivel de alarma (Pascual, 2005).....	13
Figura 6.	LHD 4LD. Recuperado de https://mining.komatsu/underground-mining/hard-rock-equipment	16

Figura 7. LHD LT-1051. Recuperado de https://mining.komatsu/underground-mining/hard-rock-equipment	17
Figura 8. Jumbo VR-II. Recuperado de https://mining.komatsu/underground-mining/hard-rock-equipment	22
Figura 9. Jumbo DR-2SB. Recuperado de https://mining.komatsu/underground-mining/hard-rock-equipment	22

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Horas fuera de servicio LT-1051, elaboración propia.	18
Gráfico 2. Horas fuera de servicio 4LD, elaboración propia.	18
Gráfico 3. Frecuencia de intercambio LT-1051, elaboración propia.	19
Gráfico 4. Frecuencia de intercambio 4LD, elaboración propia.	19
Gráfico 5. Costo mantenimiento programado LT-1051, elaboración propia.	20
Gráfico 6. Costo mantenimiento programado 4LD, elaboración propia.	20
Gráfico 7. Costo acumulado de repuestos mantenimiento programado LHDs, elaboración propia.	21
Gráfico 8. Horas fuera de servicio DR-2SB, elaboración propia.	24
Gráfico 9. Horas fuera de servicio VR-II, elaboración propia.	24
Gráfico 10. Frecuencia de intercambio DR-2SB, elaboración propia.	25
Gráfico 11. Frecuencia de intercambio VR-II, elaboración propia.	25
Gráfico 12. Costo mantenimiento programado DR-2SB, elaboración propia.	25
Gráfico 13. Costo mantenimiento programado VR-II, elaboración propia.	25
Gráfico 14. Costo acumulado de repuestos mantenimiento programado Jumbos, elaboración propia.	26
Gráfico 15. Análisis ABC 4LD.	27
Gráfico 16. Análisis ABC LT-1051.	27
Gráfico 17. Análisis ABC VR-II.	27
Gráfico 18. Análisis ABC DR-2SB.	27
Gráfico 19. Costo Total de Inventario, elaboración propia.	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Combinaciones para estrategias de ordenamiento.	11
Tabla 2. Recuento de elementos de cada sistema en LHDs.	18
Tabla 3. Recuento de elementos de cada sistema en Jumbos.	23
Tabla 4. Resumen porcentajes categorías análisis ABC.	28
Tabla 5. Resultados criticidad de repuestos.	28
Tabla 6. Forecast de equipos próximos 5 años.	29
Tabla 7. Resultados repuestos críticos.	29
Tabla 8. Criticidad 4LD.	48
Tabla 9. Criticidad LT-1051.	48
Tabla 10. Criticidad VR-II.	48
Tabla 11. Criticidad DR-2SB.	49
Tabla 12. Número repuestos críticos 4LD.	49
Tabla 13. Número repuestos críticos LT-1051.	50
Tabla 14. Número repuestos críticos VR-II.	51

Tabla 15. Número repuestos críticos DR-2SB.....	52
---	----

1. INTRODUCCIÓN

Desde la revolución industrial la minería se ha caracterizado por el uso cada vez más intensivo de maquinaria. Ya sea en la explotación o procesamiento de minerales, equipos de alto tonelaje son utilizados para la obtención del producto final. Este uso intensivo trae como consecuencia que el mantenimiento forme parte integral del negocio minero.

Se estima que el mantenimiento representa desde 20% hasta el 35% del total de los costos operacionales (Dhillon, 2008). Sin embargo, a pesar de que el mantenimiento debería ser uno de los objetivos principales del negocio minero, considerando que también un mantenimiento de excelencia extiende la vida útil de los equipos, esto no siempre se cumple. Las variaciones de los precios de los commodities impulsan a aumentar la producción en los ciclos de precios altos. Al utilizar la producción (ton/día) como indicador clave de desempeño, se incentiva a posponer mantenciones programadas, inspecciones, ignorar alertas tempranas de mantención, etc; para poder maximizar el tonelaje diario. Esta negligencia trae consigo un aumento en el mantenimiento correctivo y con ello el aumento en los costos de mantención, disminución de la vida útil del equipo y además afecta las predicciones de repuestos a utilizar en el periodo. Caso contrario ocurre en ciclos de precios bajos, donde la industria se concentra en el control de costos y donde la mantención es un nicho de optimización.

Dentro de los tiempos de mantención se encuentran los tiempos de mantenciones programadas, tiempos de mantenciones no programadas, tiempo de traslado del equipo y también existe un tiempo de espera logístico. Este tiempo de espera logístico, pocas veces considerado relevante, comprende los tiempos de espera por repuestos y por mantenedores. Si consideramos las economías de escala, una disminución en los tiempos de espera puede significar ahorros en términos de pérdidas de producción al encontrarse el equipo fuera de servicio.

Sin lugar a duda que la gestión de abastecimiento e inventario es un tema relevante en el negocio de la minería como lo es en otras industrias. Si consideramos que la producción está ligada a la operación de equipos, se vuelve de vital importancia contar con los repuestos correctos, en el lugar correcto y en el tiempo correcto. Esto último asegurará la continuidad operacional de la faena minera y finalmente traerá consigo una mejora en el negocio.

El objetivo de este trabajo es definir una estrategia de gestión de abastecimiento de repuestos mineros a largo plazo para Komartsu Mining Corp, empresa que está introduciendo sus primeros equipos subterráneos al mercado chileno. Utilizando las herramientas de gestión de inventarios se definen los repuestos críticos que asegurarán la continuidad operacional de estos equipos, se calcula el costo global de inventario para los próximos 5 años y se identifican oportunidades de optimización para mejorar la gestión de abastecimiento a largo plazo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

El objetivo general de esta memoria de título es determinar la estrategia de abastecimiento de repuestos a largo plazo para los equipos de la línea Underground de Komatsu Mining Corp Chile.

1.1.2. Objetivos específicos

Dentro de los objetivos específicos de esta memoria, se encuentran los siguientes

- Determinar el costo global de inventario
- Determinar el tamaño óptimo de pedido
- Determinar los niveles de seguridad para cada repuesto en inventario
- Determinar el tiempo entre pedidos
- Determinar repuestos críticos

1.2. Alcances

Dentro de los alcances de esta memoria, solo se considera abastecimiento de repuestos para 2 modelos distintos de equipos LHD y 2 de equipos Jumbo de KMC. Además, el estudio está limitado a la cadena de abastecimiento Canadá-Chile, sin considerar las posibilidades de tener distintos proveedores locales ni las ventajas o desventajas que esto pueda significar. Finalmente, el estudio está centrado principalmente en el mantenimiento programado, donde se consideran 250 horas operacionales para los equipos LHD por mes y 100 horas operacionales por mes para los equipos Jumbo, considerando un periodo de 5 años de operación.

2. ANTECEDENTES

2.1. Descripción de la empresa

El primer semestre del año 2017 se concreta la compra de la compañía norteamericana Joy Global por parte de Komatsu. De esta forma Joy Global pasa a llamarse Komatsu Mining Corp. Junto a esta compra, Komatsu integra como parte de sus líneas de negocio la minería subterránea y se transforma en uno de los mayores proveedores de la minería en el mundo.

Dentro de Komatsu Mining Corp se destacan las siguientes líneas de negocios:

Minería de Superficie:

- Palas (P&H)
- Cargadores Frontales
- Perforadoras
- Correas Transportadoras

Minería Subterránea:

- Jumbos
- LHDs
- Trituradoras Subterráneas (carbón)
- Equipos de Minería Continua (minerales industriales)

Servicios:

- Servicios Técnicos en Terreno
- Remanufactura de equipos
- Pronóstico y monitoreos de estado (minería de superficie)

Actualmente la gerencia de minería subterránea de KMC Chile, se encuentra en proceso de expansión, donde están comenzando a ingresar al mercado chileno los primeros equipos. Los equipos de la línea subterránea se fabrican en Canadá, donde actualmente no existen contratos MARC (Maintenance and Repair Contracts) o similares, que puedan entregar datos relevantes respecto a los modos de falla de cada equipo. En Chile, el modelo de negocios que se utiliza para introducir los equipos al mercado es un arriendo con opción de compra. Este arriendo se basa en el cumplimiento de un monto mínimo de horas operacionales mensuales, donde dentro de la mensualidad pagada por el cliente está considerado el mantenimiento programado del equipo.

2.2. Norma ASARCO

La minería en Chile y el resto del mundo se caracteriza por el uso intensivo de maquinaria pesada. La gestión de estos activos físicos se vuelve una tarea de vital importancia, ya que puede tener una consecuencia directa en la producción, además se trata de un activo de alto valor económico para cualquier compañía minera.

Como método de evaluación y control es posible utilizar la Norma ASARCO (Figura 1) para definir el estatus de tiempo en que se encuentra cada equipo. A partir de estos es posible calcular una serie de índices operacionales que se utilizan para controlar y gestionar las flotas de equipos. Dentro de estos tiempos, destacan el tiempo disponible (TD) y el tiempo en mantención (TM).

Tiempo Programado (TP)			
Tiempo Disponible (TD)			Tiempo Mantención (TM)
Tiempo Operativo (TO)		Tiempo Reservas (TR)	
Tiempo Efectivo (TE)	Demoras		
	No Programadas	Programadas	

Figura 1. Norma ASARCO, elaboración propia.

La norma ASARCO está compuesta por los siguientes tiempos:

- Tiempo Programado (TP): tiempo durante el cual el equipo se encuentra físicamente en faena.
- Tiempo Disponible (TD): tiempo en el cual el equipo se encuentra habilitado y en condiciones electromecánicas adecuadas para operar.
- Tiempo de Mantenimiento (TM): tiempo en el cual un equipo no se encuentra en condiciones electromecánicas para operar
- Tiempo Reservas (TR): tiempo en el cual el equipo se encuentra en condiciones electromecánicas adecuadas para operar, pero por razones de falta de operadores o superávit de equipos, este no es utilizado.
- Tiempo Operativo (TO): corresponde al tiempo en el cual el equipo se encuentra operando en faena.
- Tiempo Efectivo (TE): tiempo en el cual el equipo se encuentra realizando labores netamente productivas.
- Demoras Programadas: tiempo de detención programada, cambios de turno, etc.
- Demoras No Programadas: tiempo de detención no planeada, principalmente petróleo y limpieza.

2.2.1. Índices operacionales

De la norma ASARCO es posible calcular una serie de índices operacionales, dentro de los cuales destacan los siguientes:

- Disponibilidad Mecánica:

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo programado}} * 100 [\%]$$

Ecuación 1. Disponibilidad mecánica.

- Utilización Efectiva:

$$\text{Utilización Efectiva} = \frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo disponible}} * 100 [\%]$$

Ecuación 2. Utilización efectiva.

2.3. Tiempo de Mantenimiento (TM)

El tiempo de mantenimiento se puede definir como el tiempo en que un equipo no se encuentra en condiciones electromecánicas para operar, y por lo tanto se le considera como un equipo “en mantenimiento”. Sin embargo, como muestra la Ecuación 3, podemos dividir el Tiempo de Mantenimiento como sigue

$$TM = T_{MP} + T_{MNP} + T_T + T_{AC} + T_E$$

Ecuación 3. Tiempo de Mantenimiento.

Donde:

T_{MP} = tiempo de mantenciones programadas

T_{MNP} = tiempo de mantenciones no programadas

T_T = tiempo de traslado por mantención

T_{AC} = tiempo de reparación por accidente

T_E = tiempo de espera (mantenedores, repuestos)

- **Tiempo de Mantenciones Programadas:** se define como los tiempos en que el equipo se encontrara fuera de servicio, pero que sin embargo ha sido previamente planificado.
- **Tiempo de Mantenciones No Programadas:** corresponde a los tiempos en que los equipos se encuentran fuera de servicio, donde se realiza mantenimiento correctivo ya que en este punto ha ocurrido una falla inesperada.
- **Tiempo de Traslado por Mantención:** corresponde a al tiempo que demora el equipo en llegar al taller de mantención, o lugar físico donde se realizará la mantención.
- **Tiempo de Reparación por Accidente:** se define como el tiempo fuera de servicio en que se encuentra el equipo luego de ocurrido un accidente, ya sea por daño o por investigación de dicho accidente.
- **Tiempo de Espera:** corresponde al tiempo que tardan los mantenedores en llegar al lugar de trabajo, además del tiempo de espera por repuestos para realizar la reparación.

Si consideramos las economías de escala de la gran minería, la perdida producción por mantención del equipo, una reducción en el tiempo de espera por repuestos puede significar cantidades considerables de dinero. Es por esto último que se vuelve importante la gestión de abastecimiento de repuestos mineros, para cualquier compañía minera.

2.4. Mantenimiento

De acuerdo a la norma francesa AFNOR NF X 60-010, podemos definir el mantenimiento como sigue

“El conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un bien a un estado especificado o a una situación tal que pueda asegurar un servicio determinado”

2.4.1. Estrategias de mantenimiento

Existen una serie de estrategias de mantenimiento para mantener los equipos en operación. Dentro de estas destacan dos grupos, el Mantención Pre-falla y el Mantención Post-falla, los cuales se pueden apreciar en la Figura 2.



Figura 2. Estrategias de mantenimiento, elaboración propia.

2.4.1.1. Mantenimiento Post-Falla

Para la mantenimiento post-falla destacan las siguientes estrategias:

- **Mantenimiento Correctiva:** corresponde a todas las acciones de mantenimiento necesarias de realizar una vez ha ocurrido una falla. Puede o no ser planificada, y por lo general es la estrategia menos eficiente y más costosa.
- **Mantenimiento Proactiva:** se refiere a todas las acciones realizadas para encontrar la causa de raíz de la falla. Va más allá del simple recambio de componentes que fallan, se trata de encontrar las causas detrás de cada falla.

2.4.1.2. Mantenimiento Pre-Falla

Dentro de la mantenimiento pre-falla, podemos distinguir las siguientes estrategias de mantenimiento:

- **Mantenimiento Preventiva:** corresponde a las acciones de mantenimiento que se realizan de acuerdo a intervalos de tiempo predeterminados. Esto último con la intención de reducir la probabilidad de falla o el desgaste en el funcionamiento de los elementos del equipo o sistema.
- **Mantenimiento Predictiva:** o basada en la condición, tiene relación con el monitoreo de la performance de un elemento del equipo o sistema. La estrategia consiste en cambiar solo elementos que muestren un deterioro en su performance. Existen una serie de análisis que soportan esta estrategia entre ellos análisis de aceite, ultrasonido, termografía, vibraciones, entre otros.
- **Mantenimiento Proactiva:** al igual que en el mantenimiento post-falla, el mantenimiento proactivo busca llegar a la raíz de las causas del deterioro de condiciones, o en el caso del mantenimiento preventivo detectar elementos que necesitan recambio pero que no están estimados para ese intervalo de tiempo.

2.4.2. Mantenimiento en Minería

De acuerdo a (Watson, 1968), existen una serie de factores que afectan a las estrategias de mantenimiento en minería, las cuales se pueden apreciar en la Figura 3. Si la interacción de estos factores puede ser manejada de manera eficiente, entonces inevitablemente existirá una reducción del costo operacional por términos de mantenimiento.

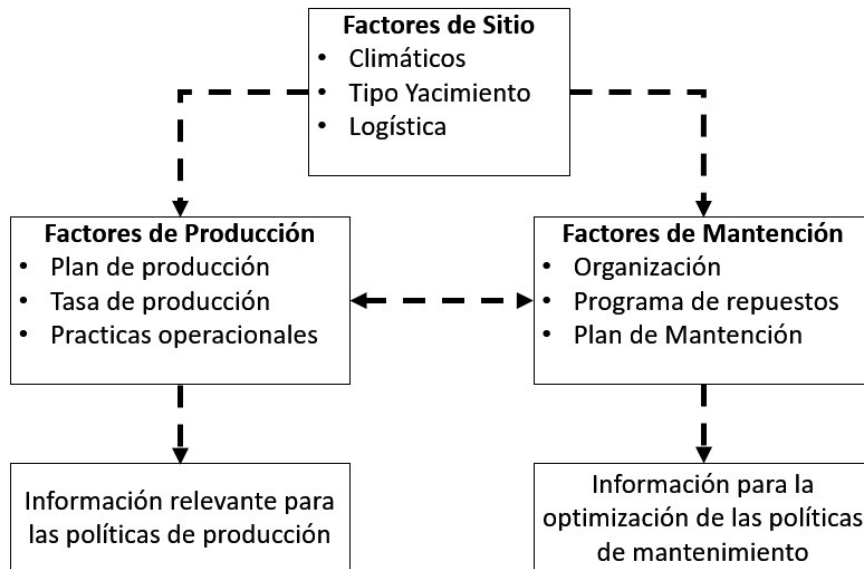


Figura 3. Factores que afectan las estrategias de mantenimiento (Watson, 1968).

2.5. Estructura de Costos de Mantenimiento

Como parte de cualquier empresa que utiliza activos físicos, el mantenimiento tendrá un rol preponderante dentro de esta. En el caso particular de la minería, los costos de mantenimiento representan más de un 30% de los costos de operación de una compañía minera. Es por esta razón que una de las mayores tareas de los administradores de mantenimiento es la reducción de costos.

Dentro de la estructura de costos del mantenimiento, se identifican dos grandes grupos. Por una parte, tenemos todos los costos que consideran el trabajo de mantenimiento en sí, tales como los costos administrativos, costos de repuestos, mano de obra, costo almacenamiento, etc. Por otra parte, existen otros costos que se asocian a los costos incurridos por una compañía al encontrarse el activo físico en mantenimiento. Estos últimos costos, comúnmente llamados costos por falla, consideran todas las pérdidas de producción o reducción en la tasa de producción.

2.5.1. Costo global de mantenimiento

En términos generales, el costo global de mantenimiento (C_g) puede expresarse de la siguiente forma:

$$C_g = C_i + C_f + C_a + C_{Si}$$

Ecuación 4. Costo Global de Mantenimiento.

Donde

C_i = costos de intervenciones

C_f = costos por fallas

C_a = costos de almacenamiento

C_{si} = costos de sobre-inversiones

Cabe mencionar que por lo general estos costos se encuentran relacionados entre sí. Por ejemplo, si se disminuye el mantenimiento preventivo de un equipo, el costo de almacenamiento por concepto de repuestos disminuirá, al igual que el costo por intervenciones. Sin embargo, el costo por fallas aumentará.

2.5.1.1. Costo de intervención

Los costos de intervención (C_i) comprenden los gastos realizados con el mantenimiento preventivo y correctivo de un activo físico. Entre los costos de intervención destacan la mano de obra, costo por repuestos y elementos consumibles para realizar la labor de mantenimiento. No se debe confundir el costo de intervención con los costos de inversión, ni con aquellos relacionados directamente con la producción, como por ejemplo la instalación de una nueva tecnología en el equipo de producción.

2.5.1.2. Costo por falla

El costo por falla (C_f), en la ecuación del costo global de mantenimiento, corresponde a las pérdidas de margen de producción debido a algún problema relacionado con el mantenimiento. Esto último no incluye problemas relacionados con el diseño del equipo, una operación fuera de los márgenes especificados por el fabricante del equipo, etc.; cuyos costos deben ser cargados a un centro de costo distinto del de mantenimiento.

Los problemas de mantenimiento ocurren por un mantenimiento preventivo mal definido y/o mal ejecutado, y por un mantenimiento correctivo realizado en plazos de tiempo excesivamente largos, mal ejecutados y con repuestos de baja calidad.

Cabe destacar que la pérdida de producción por problemas en el mantenimiento puede llevar a un aumento de los costos de producción ya que el costo por falla incluye todos los gastos incurridos en tratar de mantener la producción original, como se muestra en Ecuación 5.

$$C_f = \text{ingresos no percibidos} + \text{gastos extras de producción} \\ + \text{materia prima no utilizada}$$

Ecuación 5. Costo por falla.

2.5.1.3. Costo de Almacenamiento

Los costos de almacenamiento tienen relación con los gastos incurridos en adquirir, mantener y manejar el inventario de repuestos e insumos a utilizar en el mantenimiento. Estos gastos incluyen

- Mano de obra dedicada a la gestión y mantenimiento del inventario
- Interés financiero sobre el capital inmovilizado por el inventario

- Costos fijos de bodega
- Seguros
- Amortización de sistemas adjuntos: montacargas, sistema informático, etc.
- Depreciación de repuestos

Cabe destacar que existe un indicador de referencia medio del valor del inventario sobre el valor de los equipos

$$\frac{\text{valor del inventario}}{\text{valor de los equipos}}$$

Ecuación 6. Indicador valor inventario sobre valor de equipos.

el cual varía entre 1,5% y 2,5% del valor de los equipos a mantener (valor equipo nuevo).

2.5.1.4. Costo de sobre-inversiones

Al momento de determinar los equipos que formarán parte de un proyecto, la decisión correcta es escoger los equipos que disminuirán el costo global de mantenimiento durante su ciclo de vida. Por lo general esta decisión incurre en la compra de equipos de mejor calidad, y que a su vez requieren una inversión inicial mayor que otros equipos que cumplen con las mismas características, pero cuyos costos de intervención y almacenamiento se estiman menores en su ciclo de vida.

A modo de incluir esta sobre inversión de equipos (C_{si}), es posible amortizar la diferencia sobre la vida útil del equipo. De tal forma, es posible castigar en el costo global las inversiones extras incurridas para disminuir los demás componentes del costo.

2.6. Gestión de Inventarios

La disponibilidad de repuestos es crucial para una ejecución exitosa de un plan de mantenimiento. La disponibilidad del equipo disminuirá si los repuestos críticos no se encuentran a tiempo, ya sea para un mantenimiento programado o no-programado. En una operación de mantenimiento eficiente, los repuestos están disponibles donde y cuando sean requeridos, para asegurar la continuidad operacional del activo físico.

Una buena gestión de inventarios maneja el balance entre la disponibilidad de repuestos y el costo de tener estos repuestos disponibles (Campbell, 2010). La cantidad de repuestos, demandas irregulares y la distribución de bodegas presentan una complejidad mayor para la gestión de inventario. Es por estas razones que es importante tener en cuenta los siguientes parámetros

- Tiempos de entrega (lead times)
- Cantidad de pedido
- Costos logísticos
- Especificaciones del repuesto
- Uso histórico
- Lista repuestos mantenimiento programado
- Costo por falla
- Etc

Un buen indicador de gestión para corroborar una buena gestión de inventario es el Nivel de Servicio entregado. El Nivel de Servicio indica la probabilidad de satisfacer la demanda a partir del stock actual en bodega para un periodo a analizar. Este se puede apreciar en la siguiente ecuación

$$\text{Nivel de Servicio} = 1 - \frac{\text{N}^\circ \text{ de unidades agotadas}}{\text{Demanda total periodo}}$$

Ecuación 7. Nivel de servicio.

2.6.1. Repuestos Críticos

Se puede definir un repuesto crítico como el cual tiene una importancia estratégica para una organización, tal que si falla produce pérdidas de producción para dicha organización. Por lo general este tipo de repuestos se caracterizan por tener una baja demanda y un costo elevado respecto al resto de los repuestos. Además, debido a la baja demanda, los tiempos de entrega del fabricante son prolongados. La suma de estas características, y en casos en que no se tiene certeza de la demanda, se hace necesario mantener este tipo de repuestos de manera permanente en inventario.

2.6.2. Análisis ABC

Basado en el principio de Pareto, el Análisis ABC es una herramienta de control de inventario que sirve para categorizar los distintos elementos de un inventario. El principio de Pareto sugiere que el 20% del inventario requiere el 80% de la atención en el control de inventario, mientras que el 80% restante solo requiere el 20%.

El análisis ABC define las siguientes categorías:

- A: elementos más caros dentro del inventario y requieren atención especial
- B: elementos de valor intermedio y que requieren una atención estándar
- C: elementos de poco valor y que requieren poca atención

Por lo general una organización tendrá un sistema automatizado para trabajar con los elementos de clase B, mientras que los elementos de clase A requerirán un análisis más acabado por parte de los expertos en el área. En cambio, los elementos de categoría C pueden ser excluidos del sistema automatizado y podrán ser controlados por otros métodos ad hoc.

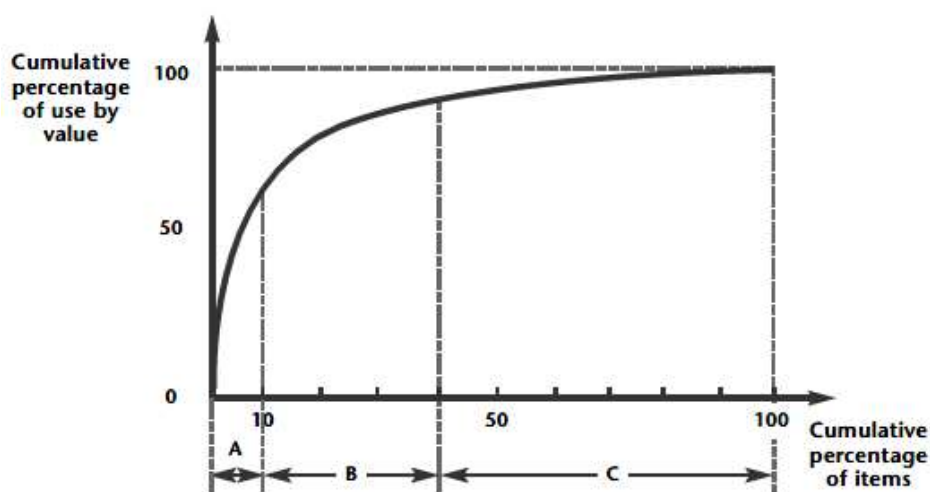


Figura 4. Análisis ABC (Waters, 2003).

Por lo general, el 70% del valor de inventario en el periodo a evaluar corresponde al 10% de los elementos en inventario, y estos se categorizan como elementos del tipo A. Mientras que el 20% del valor de inventario corresponde a los elementos de categoría B, que representan el 30% de los elementos en inventario. Finalmente, el 10% del valor de inventario corresponde al 60% de los elementos que componen el inventario, categoría C.

2.6.3. Criticidad del repuesto

Tomando en cuenta el análisis ABC del inventario de repuestos, (Espinosa, 2017) propone los siguientes criterios para definir la criticidad del repuesto:

- **Criticidad alta (C_A):** repuestos que son absolutamente esenciales para la operación del equipo
- **Criticidad moderada (C_B):** repuestos que podrían tener un impacto negativo, leve a moderado, en la operatividad del equipo en caso de no encontrarse disponibles.
- **Criticidad baja (C_C):** repuestos que no son absolutamente esenciales para la operación del equipo.

2.6.3.1. Estrategias de ordenamiento

Una vez definida la criticidad de cada repuesto, (Espinosa, 2017) propone las siguientes combinaciones para criticidad y costo del repuesto (análisis ABC), para definir las estrategias de ordenamiento de repuestos.

Tabla 1. Combinaciones para estrategias de ordenamiento (Espinosa, 2017).

Costo	Criticidad		
	C_A	C_B	C_C
A	1	1	2
B	1	2	2
C	2	3	3

Cada número de la Tabla 1 representa un tipo de estrategia.

- **Estrategia 1:** repuestos considerados críticos, se deben mantener en stock permanente. El número de unidades debe ser calculada de forma analítica.
- **Estrategia 2:** para los repuestos en esta categoría, utilizar el modelo estándar de la Cantidad Económica de Pedido, EOQ por sus siglas en inglés.
- **Estrategia 3:** repuestos de menor criticidad, se recomienda utilizar el modelo estándar EOQ

2.6.4. Costo global de inventario

La fórmula del costo global de inventario, que considera una demanda promedio constante y no considera el costo de falla, es decir el efecto en la producción por no disponibilidad de repuesto, tiene la siguiente forma

$$c_g = \lambda p_u + \frac{\lambda}{q} C_{ad} + \frac{1}{2} q p_u \iota \left[\frac{\text{un. monetaria}}{\text{un. de tiempo}} \right]$$

Ecuación 8. Costo global de inventario (Pascual, 2005)

Donde

λ = la demanda estimada por unidad de tiempo [u/un. de tiempo]

q = número de repuestos ordenados en cada orden de compra

f = número de pedidos por unidad de tiempo, $f = \frac{\lambda}{q}$

p_u = precio unitario

ι = tasa de descuento aplicada al promedio del inventario por unidad de tiempo

C_{ad} = costo de adquisición [un. monetaria/pedido]

T = el periodo entre pedidos $T = \frac{q}{\lambda}$

2.6.4.1. Costo de adquisición

El costo de adquisición (C_{ad}) está compuesto por todos los gastos que son necesarios cubrir al momento de cursar una orden de compra. Entre ellos se encuentran el pago de agentes, recepción y control de calidad, manejo de repuestos, etc.

2.6.4.2. Costo de almacenamiento

El costo de almacenamiento indica los retornos financieros de una posible reducción de capital en bodega (Pascual, 2005). El costo de almacenamiento se compone por los intereses sobre el capital, además de los costos de almacenamiento por espacio físico, seguros, etc. Estos costos se expresan a través de la tasa de descuento ι . Considerando el promedio de unidades en bodega, el costo de almacenamiento puede ser expresado por la Ecuación 9.

$$\text{Costo de almacenamiento} = \frac{1}{2} q p_u t$$

Ecuación 9. Costo de almacenamiento

2.6.4.3. Costo de intervención

El costo de intervención considera el valor del repuesto y la cantidad a utilizar en cada periodo. Por lo general es el gasto de repuestos en cada orden de trabajo, como se aprecia en la

$$\text{Costo de intervención} = \lambda p_u$$

Ecuación 10. Costo de intervención.

2.6.5. Cantidad económica de pedido

Si derivamos la Ecuación 8 con respecto al número de repuestos ordenados en cada pedido (q) e igualado a cero, es posible obtener la fórmula de Wilson. Esta fórmula permite calcular la cantidad de pedido que minimiza el costo global (c_g).

$$q_{wi} = \sqrt{\frac{2\lambda C_{ad}}{p_u t}}$$

Ecuación 11. Formula de Wilson.

Además, podemos calcular el periodo entre pedidos mediante la Ecuación 12

$$T_{wi} = \frac{q_{wi}}{\lambda}$$

Ecuación 12. Periodo entre pedidos.

2.6.6. Minimización del costo global con demora entre pedidos

Cuando existe una demora entre pedido T_d , es necesario generar un nivel de alarma (q_w) sobre la cantidad de repuestos restantes en inventario. El activarse la alarma, el sistema genera un pedido que demorará T_d en ser satisfecho. Los niveles de alarma se fijan en función de cómo varía la demanda en el tiempo. La Figura 5 ilustra de mejor manera el nivel de alarma.

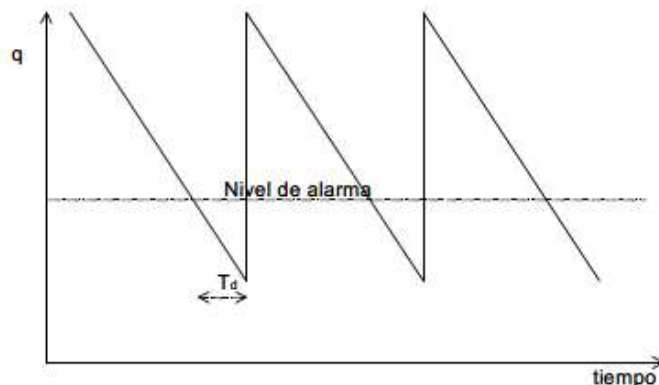


Figura 5. Pedidos con nivel de alarma (Pascual, 2005).

Finalmente, la fórmula para el nivel de alarma (q_w) tiene la siguiente forma:

$$q_w = q_s + \lambda T_d$$

Ecuación 13. Nivel de alarma.

Donde

q_s = nivel crítico de inventario, bajo el cual no se debe estar

λT_d = consumo promedio durante la demora

2.6.6.1. Distribución Gaussiana

Pascual sugiere dos distribuciones para fijar los niveles de alarma para los repuestos en inventario. Para la distribución Gaussiana se tiene un consumo promedio λ y una desviación estándar σ . Por lo tanto, se fija un nivel de alarma de acuerdo a la Ecuación 14, donde β se selecciona de modo que la probabilidad de caer por debajo del nivel crítico q_s sea lo suficientemente baja.

$$q_w = \beta\sigma\sqrt{T_d} + \lambda T_d$$

Ecuación 14. Nivel de alarma para distribución Gaussiana.

2.6.6.2. Distribución de Poisson

A diferencia de la distribución Gaussiana, la distribución de Poisson solo se recomienda en los casos en que las demandas promedio son bajas. De acuerdo a (Pascual, 2005), la probabilidad de que el consumo no exceda n ítems durante el periodo analizado es:

$$P(\text{consumo} \leq n) = \sum_{i=0}^n \frac{e^{-\lambda T_d} (\lambda T_d)^i}{i!}$$

Ecuación 15. Nivel de alarma para distribución de Poisson (Louit & Pascual, 2011)

3. METODOLOGÍA

Para completar los objetivos propuestos en este trabajo, se realizan las siguientes actividades

- **Generación de base de datos**

Se recopila información respecto a los de los equipos que KMC traerá a Chile como parte de su estrategia comercial. Se realiza un listado de precio de equipos, repuestos a utilizar, se genera un plan de mantenimiento en base a las horas operacionales recomendadas por fábrica para cada repuesto, además del costo de los repuestos.

- **Análisis de equipos subterráneos**

Se realiza un análisis de cada equipo con un alcance de 5 años, definidos por el autor de este trabajo. Además, se consideran 100 horas operacionales por mes para los equipos Jumbo y 250 horas operacionales para los equipos LHD, valores que se consideran estándar en la mediana minería. En este análisis se determinan las horas de mantención de cada equipo, frecuencia de intercambio de repuestos, y también los overhauls estimados para cada equipo.

- **Análisis de ABC**

Basado en el principio de Pareto, se utiliza el análisis ABC como una herramienta de control de inventarios, para categorizar los repuestos en base a su costo.

- **Determinación de repuestos críticos**

Una vez realizado el análisis ABC se determina la criticidad de cada repuesto utilizando la metodología propuesta por (Espinosa, 2017). Además, se determina el número de unidades a mantener en inventario de cada repuesto crítico.

- **Determinación de la cantidad óptima de pedido**

Utilizando las herramientas de gestión de inventario, se determina la cantidad óptima de pedido para cada repuesto, además de determinar los niveles de seguridad necesarios para evitar un quiebre de stock, para el mantenimiento programado de cada equipo.

- **Determinación del costo global de inventario**

Se calcula el costo global de inventario por año, para cada equipo, utilizando las herramientas de gestión de inventario.

- **Caso estudio**

Se realiza caso estudio de la faena Lambert de Compañía Minera San Gerónimo para determinar las potenciales mejoras en la producción al tener repuestos en stock.

- **Estrategia a largo plazo**

Se evalúa la situación actual de KMC y se propone una estrategia a largo.

4. DESARROLLO Y RESULTADOS

4.1. Descripción de equipos

El mercado de equipos subterráneos en Chile se encuentra principalmente dominado por Atlas Copco, Sandvik y CAT. Luego de un análisis estratégico, evaluando los requerimientos del mercado de la mediana minería chilena, KMC Chile busca introducir al mercado 4 equipos subterráneos, los cuales se detallan a continuación.

Cabe destacar que el precio de los equipos y repuestos se presenta en “*unidades monetarias (um)*”, donde su valor real en dólares ha sido ponderado por un factor por tratarse de información confidencial de la compañía. Sin embargo, el rango de diferencia de precios entre los equipos se mantiene constante.

4.1.1. Equipos LHD

4.1.1.1. LHD 4LD

El cargador LHD (load-haul-dump) 4LD es un equipo pequeño, de motor Diesel, diseñado para aplicaciones en vetas angostas donde el espacio de maniobras es limitado.

Especificaciones principales:

- Motor: 130 HP
- Capacidad Nominal: 4 ton
- Balde: 1,9 m³
- Precio: \$230.000 um



Figura 6. LHD 4LD. Recuperado de <https://mining.komatsu/underground-mining/hard-rock-equipment>.

4.1.1.2. LHD LT-1051

El LHD LT-1051 es un equipo de motor Diesel para galerías medianas. Es un equipo simple y robusto, ideal para aplicaciones en la minería chilena.

Especificaciones principales:

- Motor: 280 HP
- Capacidad Nominal: 10 ton
- Balde: 4,6 m³
- Precio: \$379.000 um



Figura 7. LHD LT-1051. Recuperado de <https://mining.komatsu/underground-mining/hard-rock-equipment>.

4.1.1.3. Sistemas Principales LHD

En los equipos LHD es posible identificar 6 sistemas principales:

- Motor: el cual incluye el sistema de inyección de combustible y el sistema de refrigeración
- Tren motriz
- Chasis: incluye sistema de volteo
- Sistema hidráulico
- Sistema eléctrico
- Cabina y aire acondicionado

La Tabla 2 resume la cantidad de elementos que se consideran en cada sistema, además del número de filtros y otros.

Tabla 2. Recuento de elementos de cada sistema en LHDs.

Sistema	Elementos LT-1051	Elementos 4LD
FILTROS	16	13
MOTOR	10	10
TREN MOTRIZ	16	21
CHASIS	13	11
SIST. HIDRAULICO	32	16
SIST. ELECTRICO	61	25
CABINA Y AC	13	-
OTROS	4	1
TOTAL	165	97

El total de elementos de cada equipo es evidentemente mayor en el equipo LT-1051 de 10 toneladas, esto se explica porque es un equipo de mayor tamaño, comparado con el 4LD de 4 toneladas, y requiere de más componentes para poder operar. Cabe destacar que la versión del equipo 4LD analizada no considera cabina.

4.1.1.4. Horas de mantenimiento

Se estima que la vida útil de un equipo LHD es de 20.000 mil horas operacionales. Codelco estima un total de 4.000 horas operacionales anuales, llegando al término de su vida útil al quinto año. En el caso de KMC Chile, se estima un total de 250 horas operacionales mensuales, y se considera un horizonte de análisis de 5 años. El término de los 5 años equivalen a 15.000 horas operacionales, punto en el cual todos los elementos analizados han sido reemplazados al menos una vez.

Las horas estimadas fuera de servicios de los equipos LHD, por conceptos de mantención programada se presentan en el Gráfico 1 y Gráfico 2

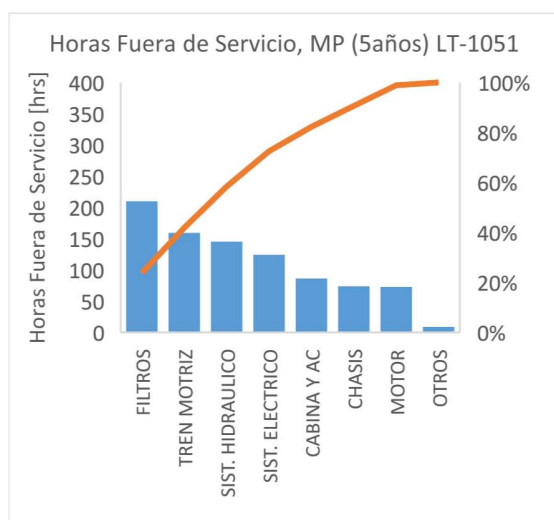


Gráfico 1. Horas fuera de servicio LT-1051, elaboración propia.

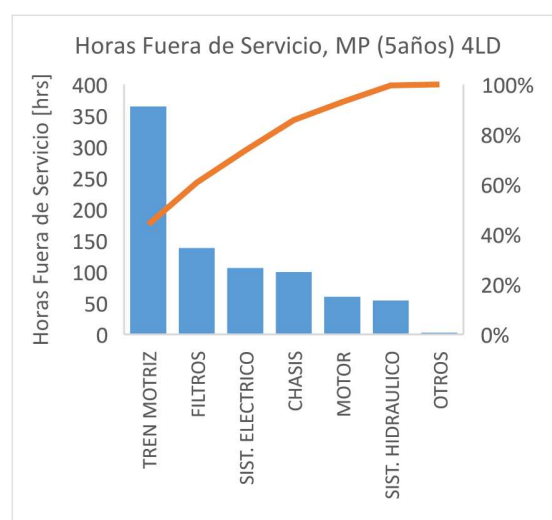


Gráfico 2. Horas fuera de servicio 4LD, elaboración propia.

Si bien el total de horas fuera de servicio del equipo LT-1051 es levemente mayor que el total del equipo 4LD, debido a que tiene un mayor número de componentes, llama la atención que el 40% de las horas fuera de servicio en el equipo 4LD correspondan al tren motriz. Si bien el equipo 4LD considera mayores componentes en el tren motriz, también es cierto que el fabricante recomienda un mayor número de horas por recambio de cada componente, comparado con el LT-1051. Esto último podría explicarse debido a que como el equipo 4LD es más pequeño y compacto, las maniobras de mantenimiento se pueden complicar debido a falta de espacio. También es cierto que los filtros concentran gran parte de las horas fuera de servicio de ambos equipos, esto debido a que el recambio de filtros ocurre en intervalos más acotados de tiempo.

4.1.1.5. Frecuencia de intercambio

Las frecuencias de intercambio de componentes para el mantenimiento programado (MP) de los equipos LHD se presentan en el Gráfico 3 y Gráfico 4. Cabe destacar que se excluyen los filtros de este análisis ya que su intervalo de intercambio es mucho menor que el resto de los repuestos y por lo tanto representarían la mayor frecuencia de intercambio.

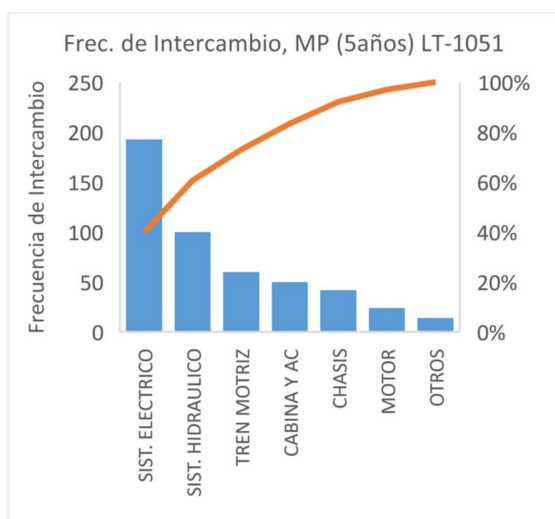


Gráfico 3. Frecuencia de intercambio LT-1051, elaboración propia.

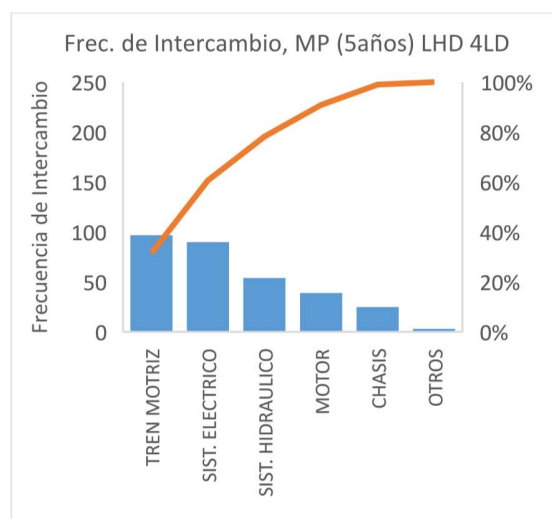


Gráfico 4. Frecuencia de intercambio 4LD, elaboración propia.

La frecuencia de intercambio de componentes es evidentemente mayor en el caso del equipo LT-1051, esto se explica simplemente porque ese equipo tiene mayores componentes que el 4LD. Sin embargo, del Gráfico 3 y Gráfico 4 podemos apreciar que el sistema eléctrico, sistema hidráulico y tren motriz, concentran el mayor porcentaje frecuencia de intercambio en ambos equipos.

4.1.1.6. Costo repuestos mantenimiento programado

Considerando un periodo de 5 años y 250 horas operacionales por mes, el costo de mantenimiento programado por sistema para los equipos LHD se puede apreciar en el Gráfico 6 y Gráfico 5. Cabe destacar que el costo de repuestos se encuentra ponderado por un factor para resguardar la confidencialidad de los datos, estos se expresan en *unidades monetarias (um)*.

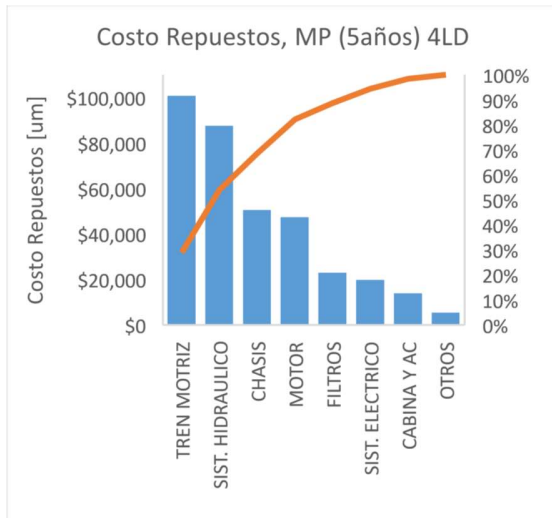


Gráfico 5. Costo mantenimiento programado LT-1051, elaboración propia.

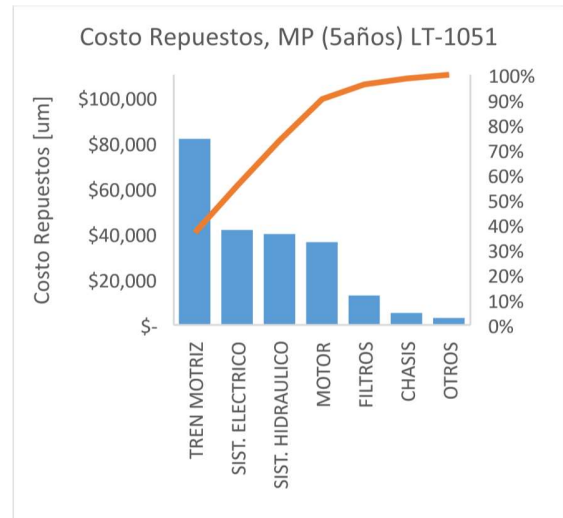


Gráfico 6. Costo mantenimiento programado 4LD, elaboración propia.

El costo total de mantenimiento programado del equipo LT-1051, considerando 5 años de operación, es de \$349 mil unidades monetarias, lo cual equivale aproximadamente al costo de un equipo nuevo. Lo mismo ocurre con el equipo 4LD, con un costo total de mantenimiento programado de aproximadamente \$222 mil unidades monetarias, costo similar al de un equipo nuevo.

En ambos casos el tren motriz representa el mayor gasto en mantenimiento programado, esto debido a que en este sistema se encuentran los repuestos de mayor valor (transmisión, ejes trasero y delantero, convertidor de torque, etc.). Cabe destacar que el chasis representa un gasto considerablemente mayor en el equipo LT-1051, comparado con el chasis del 4LD. Esto se debe principalmente a que el equipo LT-1051 es de mayor tamaño y, por lo tanto, el chasis está compuesto de más elementos y de mayor valor.

4.1.1.7. **Overhaul**

Un mantenimiento overhaul consiste en un mantenimiento a fondo del equipo, donde se inspeccionan los distintos sistemas que lo componen, para esto se desarma y reemplazan una gran cantidad de componentes. El objetivo de un mantenimiento overhaul es dejar el equipo en una condición similar a la original (nuevo), y así extender su vida útil.

Del Gráfico 7, el cual indica el costo acumulado de repuestos, es posible apreciar que para el equipo LT-1051 existe un overhaul durante el cuarto año de operación. En cambio, para el equipo 4LD se identifican dos overhauls, uno durante el tercer año y el siguiente durante el sexto año. Esto se debe principalmente debido a que el equipo LT-1051 es mucho más robusto y sus repuestos tienen una vida útil mayor que en el caso del 4LD.

Por lo tanto, se debe prestar particular a los años en que se realizará una mantención overhaul, ya que se desarma el equipo a fondo y se inspeccionan los distintos sistemas. El no tener un repuesto

disponible para reemplazo puede acortar la vida útil del equipo, en el caso en que se decida continuar la operación sin cambiar dicho repuesto (asumiendo una condición aceptable). Realizar el cambio posteriormente, puede no ser una opción si es que requiere muchas horas de mano de obra debido a que no estará dentro de los planes iniciales del equipo mantenedor.

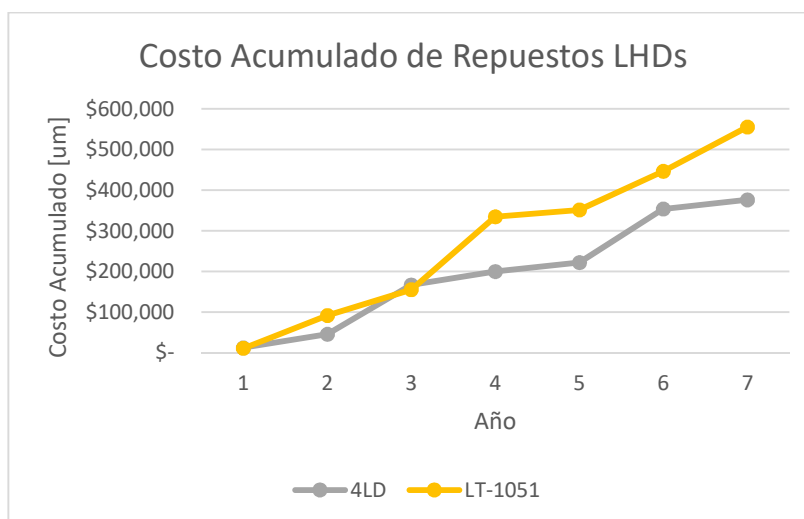


Gráfico 7. Costo acumulado de repuestos mantenimiento programado LHDs, elaboración propia.

4.1.2. Equipos Jumbo

4.1.2.1. Jumbo VR-II

El jumbo VR-II es un equipo de perforación de producción y avance, de un brazo. Es un equipo pequeño, para minería de vetas, capaz de perforar de forma vertical, horizontal y en ángulos.

Especificaciones principales:

- Perforadora: Montabert HC50
- Ángulo de giro: 40°
- Extensión Boom: 914 mm
- Extensión Viga: 1219 mm
- Motor eléctrico: 45kW
- Precio: \$310.000 um



Figura 8. Jumbo VR-II. Recuperado de <https://mining.komatsu/underground-mining/hard-rock-equipment>.

4.1.2.2. Jumbo DR-2SB

El jumbo DR-2SB es un equipo de perforación hidráulico de dos brazos. Ha sido diseñado para perforaciones de producción y avance, capaz de perforar en forma vertical, horizontal y en ángulos.

Especificaciones principales:

- Perforadora: Montabert HC50
- Ángulo de giro: 38°
- Extensión Boom: 914 mm
- Extensión Viga: 1520 mm
- Motor eléctrico: 45kW
- Precio: \$453.000 um



Figura 9. Jumbo DR-2SB. Recuperado de <https://mining.komatsu/underground-mining/hard-rock-equipment>.

4.1.2.3. Sistemas Principales Jumbos

En los equipos jumbo es posible identificar 10 sistemas principales:

- Motor: incluye sistema de refrigeración y sistema de inyección de combustible.
- Tren motriz
- Chasis. Incluye sistema de oscilación y volteo
- Sistema powerpack
- Sistema hidráulico
- Sistema eléctrico
- Circuito agua/aire
- Brazo
- Viga
- Perforadora

Cabe destacar que la perforadora, en el equipo jumbo, no se considera en este estudio por considerarse un equipo distinto por sí misma.

La Tabla 3 muestra la cantidad de elementos en cada sistema, además de los filtros que utiliza cada equipo. La principal diferencia se aprecia en la viga, ya que el equipo DR-2SB es un equipo con dos brazos y por lo tanto requiere de mayores componentes. Sin embargo, ambos equipos tienen la misma cantidad de componentes.

Tabla 3. Recuento de elementos de cada sistema en Jumbos.

Sistema	Elementos VR-II	Elementos DR-2SB
FILTROS	17	14
MOTOR	8	7
TREN MOTRIZ	11	9
CHASIS	13	16
SIST. POWERPACK	4	4
SIST. HIDRAULICO	19	21
SIST. ELECTRICO	53	44
CIRCUITO AGUA/AIRE	7	6
BRAZO	42	37
VIGA	18	34
TOTAL	192	192

4.1.2.4. Horas de mantenimiento

Se estima que la vida útil de un equipo jumbo es de 8 años o más, siempre sujeto a la correcta operación del equipo y su correcto mantenimiento. Para ser consistente con el análisis de los equipos LHD, para los equipos jumbo también se consideran 5 años de operación, 100 horas de operación por mes, con un total de 6000 horas de operación al término de los 5 años.

Las horas fuera de servicio de los equipos jumbo, por conceptos de mantención programada, se presentan en el Gráfico 8 y Gráfico 9.

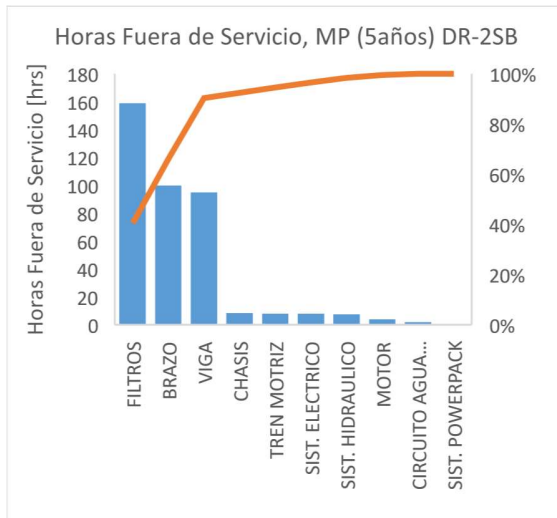


Gráfico 8. Horas fuera de servicio DR-2SB, elaboración propia.

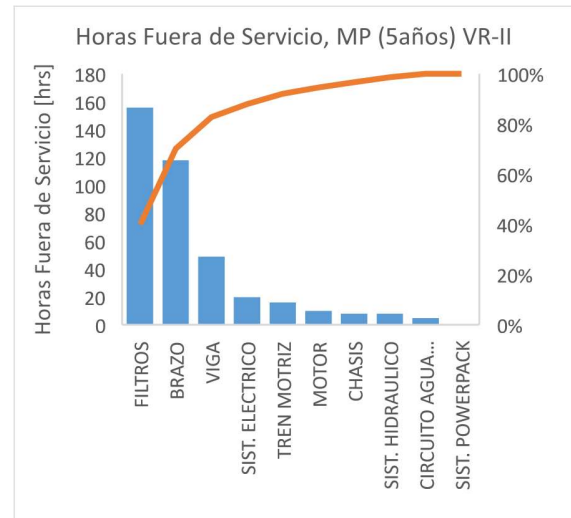


Gráfico 9. Horas fuera de servicio VR-II, elaboración propia.

Si bien ambos gráficos son similares, donde los filtros, brazo y vigas conforman la mayor parte del mantenimiento programado, la principal diferencia de horas fuera de servicio se encuentra en la viga. Esto se debe a que el equipo DR-2SB cuenta con dos vigas y por lo tanto se deben cambiar una mayor cantidad de repuestos. En ambos casos los filtros representan la mayor cantidad de horas de mantenimiento programado, ya que su intervalo de intercambio es mucho menor que para otros componentes.

4.1.2.5. Frecuencia de intercambio

La frecuencia de intercambio de repuestos para el mantenimiento programado de los equipos jumbo se presenta el Gráfico 10 y Gráfico 13. Cabe destacar que en este caso se han excluido los filtros ya que su intervalo de intercambio es muy corto, donde evidentemente representarían la mayor frecuencia de intercambio.

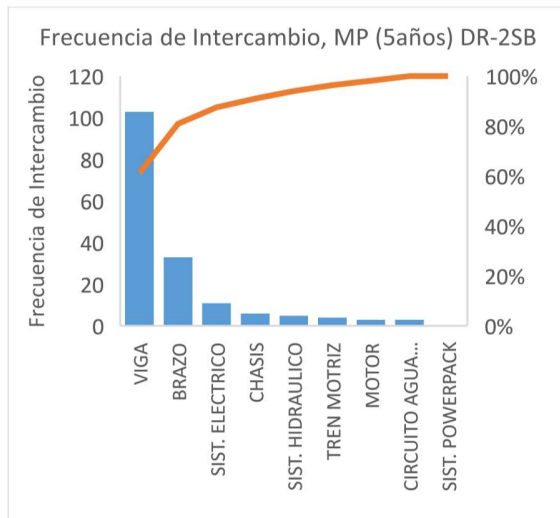


Gráfico 10. Frecuencia de intercambio DR-2SB, elaboración propia.

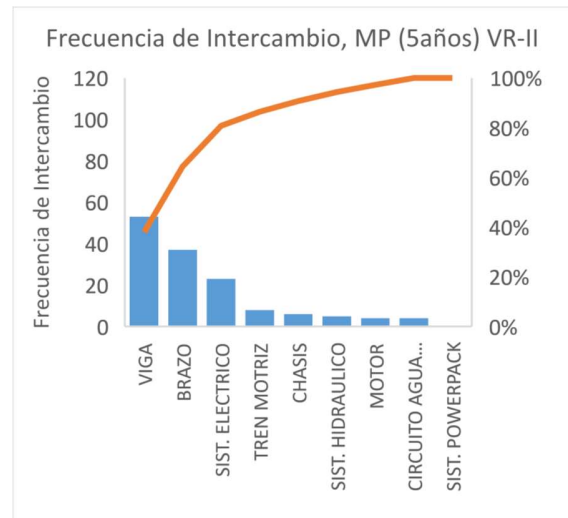


Gráfico 11. Frecuencia de intercambio VR-II, elaboración propia.

Si bien en ambos casos la viga, brazo y sistema eléctrico concentran la mayor cantidad de intercambio de repuestos, la principal diferencia se encuentra en la viga. Al tener dos vigas, el equipo DR-2SB tiene aproximadamente el doble de intercambio de repuestos en este sistema.

4.1.2.6. Costo repuestos mantención programada

Considerando un periodo de 5 años y 100 horas operacionales por mes, el costo de mantenciones programadas para cada equipo jumbo se puede apreciar el Gráfico 13 y Gráfico 12. Cabe destacar que el costo de repuestos se encuentra ponderado por un factor para resguardar la confidencialidad de los datos, estos se expresan en *unidades monetarias (um)*.

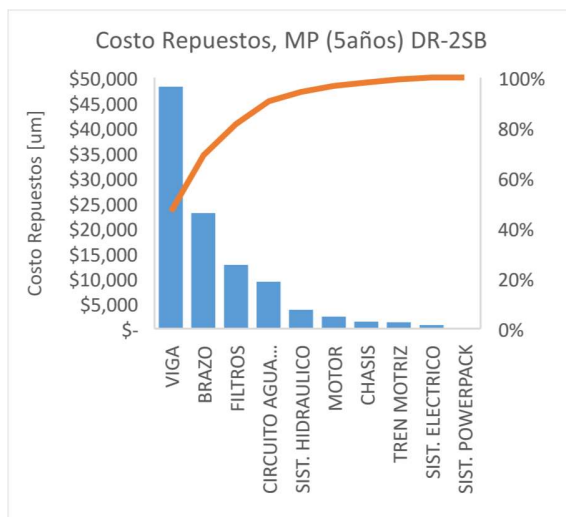


Gráfico 13. Costo mantenimiento programado DR-2SB, elaboración propia.

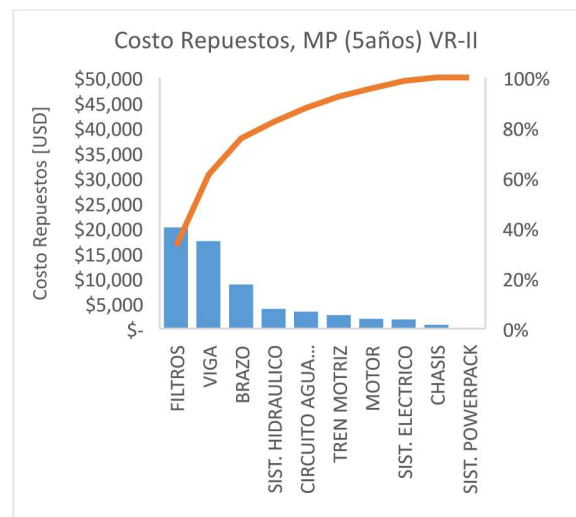


Gráfico 12. Costo mantenimiento programado VR-II, elaboración propia.

De los gráficos es posible apreciar que los sistemas que representan los mayores costos de la mantención programada a 5 años, son los filtros, brazo y viga. Evidentemente, en el caso del equipo DR-2SB costos por brazo y viga son mayores al ser un jumbo de dos brazos. Cabe destacar que el sistema Powerpack no utiliza repuestos para el mantenimiento programado de los primeros 5 años.

4.1.2.7. Overhauls

Es posible apreciar en el Gráfico 14 el costo acumulado de repuestos, por año, para los equipos jumbo. Podemos identificar que ambos equipos tienen un overhaul en el séptimo año de operación. Al igual que con los equipos LHD, se debe tener particular cuidado con el inventario para el séptimo año, para tener todos los repuestos necesarios para la realización del mantenimiento overhaul.

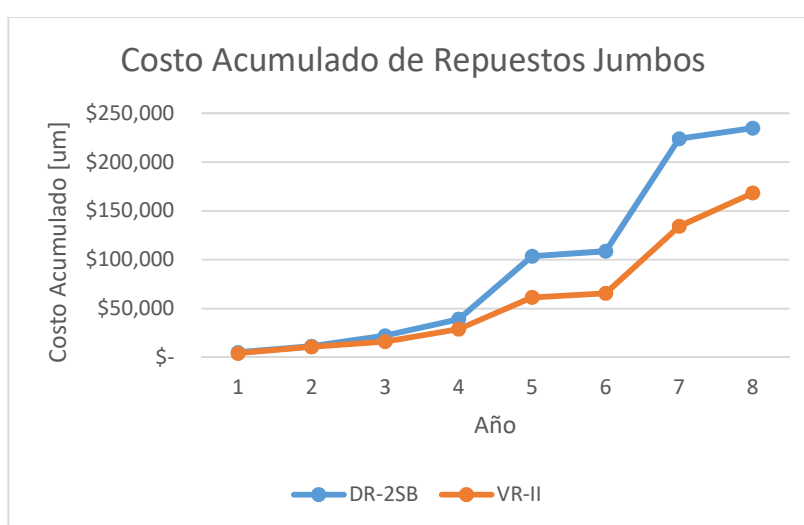


Gráfico 14. Costo acumulado de repuestos mantenimiento programado Jumbos, elaboración propia.

4.2. Análisis ABC

Basado en el principio de Pareto se realizó un análisis ABC para categorizar los repuestos de cada equipo en base a su costo en inventario, los resultados se presentan a continuación.

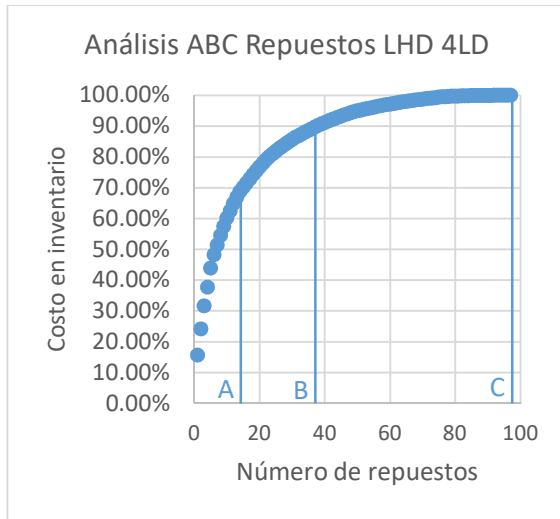


Gráfico 15. Análisis ABC 4LD.

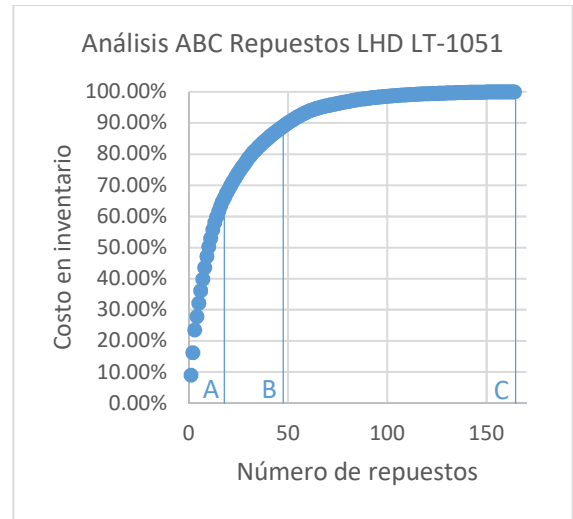


Gráfico 16. Análisis ABC LT-1051.

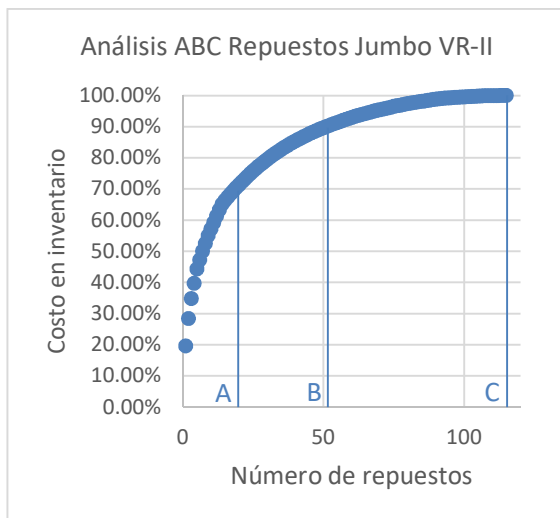


Gráfico 17. Análisis ABC VR-II

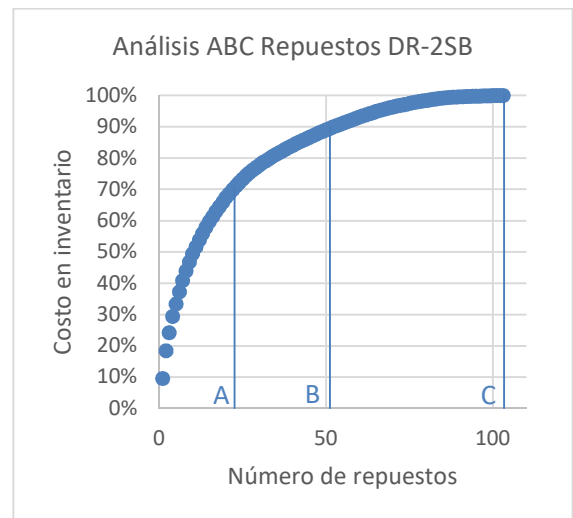


Gráfico 18. Análisis ABC DR-2SB

Finalmente, la Tabla 4 resume los resultados del análisis ABC de los equipos subterráneos de KMC Chile. Todos los equipos, excepto el LHD 4LD, se comportan de acuerdo a lo esperado. Esto último se debe a que es un equipo más simple y que tiene una menor cantidad de elementos que lo conforman, por lo tanto, los repuestos de mayor costo representan un porcentaje mayor en términos de cantidad de repuestos. Cabe destacar que el análisis ABC se realizó en base al mantenimiento programado a 5 años para cada equipo, de esta forma una serie de repuestos de los equipos jumbo quedan fuera del análisis. Para los repuestos de equipos jumbos que se escapan del análisis, se realizó una evaluación individual en base al costo y criticidad de estos repuestos y se incluyeron en el análisis del costo global de inventario. Para una lista detallada de todos los repuestos analizados ver ANEXO.

Tabla 4. Resumen porcentajes categorías análisis ABC.

Equipo	A	B	C
4LD	23%	23%	55%
LT-1051	18%	33%	50%
VR-II	11%	31%	57%
DR-2SB	15%	34%	51%

4.3. Criticidad de repuestos

Utilizando los resultados del análisis ABC y basados en la metodología propuesta por (Espinosa, 2017), se obtienen los siguientes resultados globales:

Tabla 5. Resultados criticidad de repuestos.

Costo	Criticidad		
	Ca	Cb	Cc
A	60	5	13
B	19	91	7
C	0	51	234

Las celdas de la Tabla 5 en amarillo representan los repuestos donde se debe utilizar la Estrategia de Ordenamiento 1, es decir que estos repuestos son considerados repuestos críticos y deben ser mantenidos en stock permanente. Las celdas en verde representan la Estrategia 2, donde se recomienda utilizar el modelo estándar de la Cantidad Económica de Pedido (Formula de Wilson) para estos repuestos. Finalmente, las celdas en azul (Estrategia 3) representan los repuestos menos críticos, se recomienda utilizar la Cantidad Económica de Pedido.

A continuación, se resume la cantidad de repuestos pertenecientes a cada estrategia:

- Estrategia 1: 84 repuestos
- Estrategia 2: 111 repuestos
- Estrategia 3: 285 repuestos

4.4. Repuestos Críticos

Para calcular los repuestos críticos necesarios de mantener en inventario permanente se utiliza la Ecuación 15, la cual utiliza dos parámetros, la demanda (λ) y el tiempo de demora (T_d). Para la demanda de repuestos se utiliza el forecast teórico de equipos en la Tabla 6, para los próximos 5 años. Para el tiempo de demora (T_d) se utiliza como parámetro conservador un periodo de 4 meses, basado en tiempos de demora reales para algunos repuestos similares (críticos) en KMC.

Tabla 6. Forecast de equipos próximos 5 años.

Equipo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DR-2SB	2	1	1	1	1
VR-II	2	1	1	1	1
LT-1051	3	2	2	2	2
4LD	3	2	2	2	2

Utilizando los parámetros antes mencionados, y considerando un 99% de probabilidad de que el consumo no exceda N elementos en inventario durante el tiempo de espera, se obtienen las siguientes cantidades (N) de repuestos recomendadas para mantener en inventario

Tabla 7. Resultados repuestos críticos.

Equipo	N=0	N=1	N=2	N=3
DR-2SB	27	7	0	0
VR-II	32	3	0	0
4LD	10	5	3	2
LT-1051	0	27	4	0

Como podemos apreciar en la Tabla 7, para la mayoría de los repuestos críticos se obtiene que cero unidades es suficiente para tener un 99% de probabilidad de que el consumo no exceda esa cantidad durante el tiempo de espera (T_d) por el repuesto. Sin embargo, si consideramos el activo intangible, es decir la marca KMC, y considerando que es un producto que está ingresando al mercado chileno, un quiebre de stock es inaceptable. Un quiebre de stock afectaría la confianza en la compañía, especialmente si se considera que el análisis de la demanda está hecha basada en el mantenimiento programado. Si un componente crítico llegara a fallar de manera aleatoria, el repuesto tardaría meses en llegar, con lo cual los costos de falla causados por el quiebre de stock serian cuantiosos. Por lo tanto, se recomienda mantener en stock permanente al menos 1 unidad de cada repuesto crítico.

4.5. Costo global de inventario

Para el cálculo del costo global de inventario se utilizó el forecast de equipos a 5 años (Tabla 6) y la Ecuación 11 (Fórmula de Wilson), para cada repuesto. Se calculó el costo global por año y niveles de seguridad, tanto por concepto de repuestos críticos como repuestos normales, en el ANEXO se puede apreciar el caculo para cada repuesto. Para el cálculo del costo global y niveles de seguridad de inventario, se utilizaron los siguientes parámetros:

- Costo de almacenamiento = 25%
- Tiempo demora por repuestos (T_d) = 3 semanas
- Política de mantenimiento = 5% de riesgo de quedar sin inventario

Finalmente, el Gráfico 19 muestra los resultados finales para el costo global de inventario.

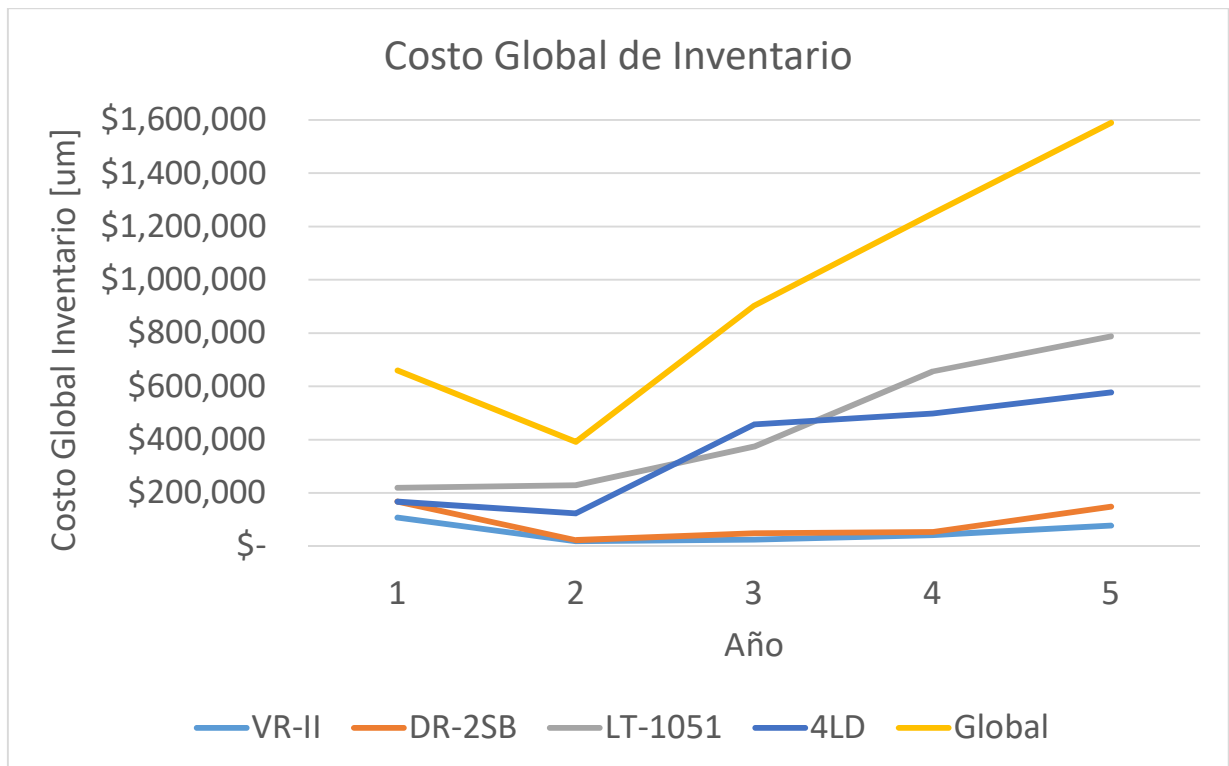


Gráfico 19. Costo Total de Inventario, elaboración propia.

Del Gráfico 19 podemos observar que para el primer año existe una inversión inicial, la cual corresponde a los elementos previamente definidos como repuestos críticos y que deben mantenerse en inventario permanente. Para los repuestos críticos se consideran los costos de almacenamiento para los años subsiguientes. Los repuestos críticos para el mantenimiento programado también están contemplados en los 5 años de análisis, repuestos que vienen a reemplazar los que se encuentran en inventario permanente.

También podemos apreciar que el equipo LT-1051 es el que tiene mayores costos globales de inventario, esto se explica por ser un equipo de mayor tamaño, además de que en el forecast (Tabla 6) se consideran una mayor cantidad de estos equipos LHD. Claramente se aprecian los overhauls de los primeros equipos LHD que entraron en operación el primer año, los cuales se encuentran en el año 3 para los equipos 4LD y año 4 para los equipos LT-1051.

En cambio, los equipos jumbo no tienen overhauls durante los 5 años de análisis y por lo tanto su costo global en inventario se mantiene relativamente constante en el tiempo. El costo global de inventario de los equipos jumbo, corresponden principalmente a filtros y repuestos menores. Cabe recordar que para estos equipos solo se consideran 100 horas operacionales por mes, comparado con las 250 hrs/mes de los equipos LHD.

Como era de esperar el costo global tiene un crecimiento lineal después del primer año, ya que a medida que más equipos entran en operación el stock de repuestos aumenta año a año. Para el periodo de análisis el costo global promedio de inventario es de \$959 [kum] por año. Si utilizamos la Ecuación 6, la cual es el costo inventario sobre el valor de los equipos, obtenemos un 8,5%,

donde lo esperado es de 1,5-2%. Esto último se debe a que en este análisis de costos globales de inventario están incluidos los repuestos críticos considerados en el mantenimiento programado.

4.6. Caso Estudio

Consideremos la faena Lambert de Compañía Minera San Geronimo, ubicada al noreste de la ciudad de la Serena. Es una pequeña mina desde donde se extraen actualmente, en promedio, 350 toneladas diarias de mineral de cobre. En Lambert se utiliza un LHD LT-1051 y un jumbo VR-II de KMC para su proceso productivo. En este caso estudio trataremos de determinar la importancia de tener repuestos en stock para asegurar la continuidad operacional de la mina.

En primer lugar, consideremos la Tabla 8 propuesta por (Darling, 2011), la cual describe la vida útil para camiones de superficie, con una vida útil máxima de 75,000 horas operacionales. La tabla indica que, para un equipo nuevo, la disponibilidad mecánica será de 85% e irá disminuyendo a medida que el equipo comienza a operar más horas, hasta llegar a un mínimo de 65% de disponibilidad mecánica al llegar al término de su vida útil.

Tabla 8. Disponibilidades mecánicas para camiones de superficie (Darling, 2011).

Horas Operacionales	Factor Costo de Mantenimiento	Disponibilidad Mecánica [%]
0-5,000	0.3	85%
5,000-20,000	0.7	80%
20,000-40,000	1	75%
40,000-60,000	1.2	70%
60,000-75,000	1.35	65%

Dado el escenario actual de la faena Lambert, con una producción diaria promedio de 350 toneladas y 250 horas operacionales por mes, se tiene que el LHD llegaría al término de su vida útil al séptimo año. Además, si consideramos que la disponibilidad del equipo disminuye con el uso, es posible apreciar la disminución de la producción de este equipo, como se muestra en el Gráfico 20. Este gráfico muestra un rendimiento óptimo, que sería el caso cuando la producción se mantiene constante a partir del primer año, es decir el equipo opera de igual forma desde el primer día de operación, hasta el término de su vida útil. También se muestra el rendimiento teórico calculado a partir de las disponibilidades propuestas por (Darling, 2011). Finalmente, el Gráfico 20 muestra la curva de rendimiento con stock de repuestos, la cual claramente muestra una sobre producción debido al aumento en la disponibilidad del equipo, de 2,92% promedio.

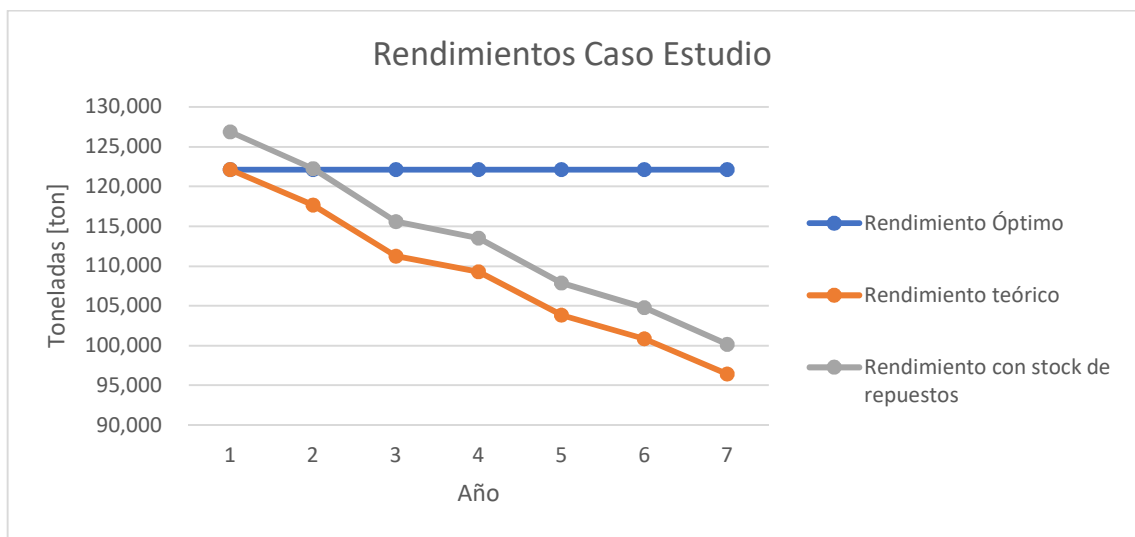


Gráfico 20. Rendimientos caso estudio.

Para continuar con el análisis debemos considerar los costos de mantención programada para cada año. Para objetivos de este análisis consideraremos los costos de mantención programada tanto del jumbo como del LHD, los cuales se calculan a partir de las horas operacionales de cada equipo, 250 horas/mes para el LHD y 100 horas/mes para el jumbo. Si bien se consideran ambos equipos, el cuello de botella del análisis es el equipo LHD, el cual llega al término de su vida útil antes que el equipo jumbo. El Gráfico 21 muestra la suma de los costos de mantención por tonelada de ambos equipos, para el periodo de vida útil del equipo LHD. Del gráfico se aprecian dos curvas una para el mantenimiento programado caso base, la cual considera un monto total de \$20,000 USD anuales que se gastan en servicios especiales de traslado, logística, horas hombre, etc; por el hecho de no tener repuestos al presentarse una falla inesperada. La segunda curva del Gráfico 21 presenta el caso en el que se considera que los repuestos se encuentran en stock. Del gráfico se aprecia claramente que los costos de mantención aumentan al no tener los repuestos disponibles en stock debido al tiempo y dinero que se debe invertir en hacer llegar los repuestos lo antes posible a faena.

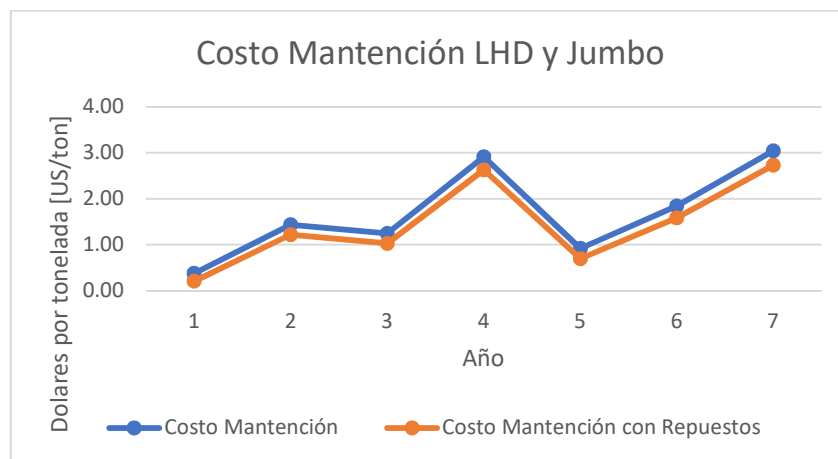


Gráfico 21. Costos de Mantención Programada equipo LHD y Jumbo.

Naturalmente, al tener menores costos de mantención y una mayor producción se tiende a pensar que es conveniente tener repuestos en stock. Sin embargo, se debe considerar la inversión inicial que debe realizar la empresa para tener estos repuestos. El Gráfico 22 muestra los flujos de caja actualizados considerando solo el monto de sobre producción que es posible alcanzar debido a que se contaban con repuestos al momento de la falla. Existen 3 curvas que describen el flujo de caja acumulado considerando distintos escenarios de precios para la libra de cobre, las cuales consideran la inversión inicial en repuestos que debe hacer la compañía en el año cero y el costo de mantención programada de ambos equipos. También podemos apreciar una cuarta curva, la cual describe el escenario donde no existe sobre producción, debido a que no se cuenta con los repuestos disponibles para la reparación de la falla y, por lo tanto, no existe sobre producción. Esta última curva solo considera los costos de mantención programada y la cual como es de esperar, es decreciente. Del gráfico podemos apreciar que solo conviene tener los repuestos en stock si se considera el negocio a largo plazo, ya que, en el peor de los casos, con un precio de \$ 2 USD/lb, la inversión se justifica solo después del quinto año. Para escenarios más optimistas esta inversión en repuestos se justifica antes de los 5 años.

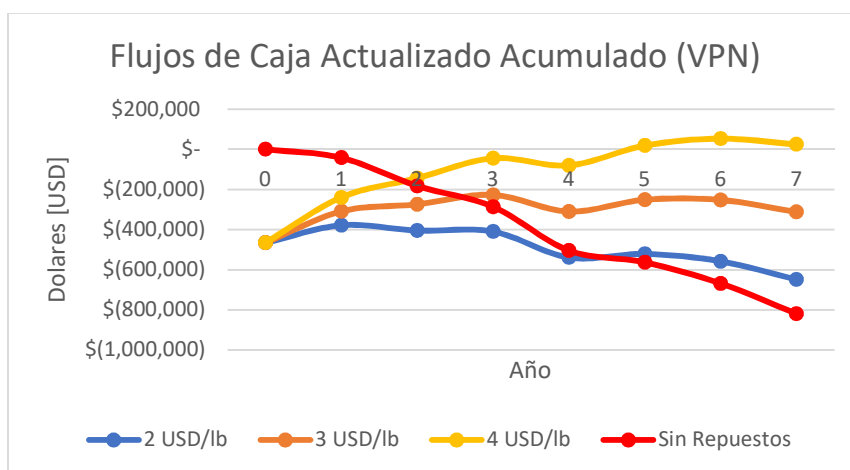


Gráfico 22. Flujos de Caja Actualizado Acumulado (VPN).

Si bien a largo plazo se justifica la inversión en repuestos, también se debe analizar el caso de contar con un equipo *stand by* o equipo reserva, el cual esté disponible cuando falle el primer equipo. Esta puede ser una buena opción considerando que la inversión en repuestos y el costo de un equipo nuevo tienen órdenes de magnitud similares y en caso de ser necesario es posible utilizar componentes del equipo *stand by* para reparar las fallas del equipo principal. Además, dado el caso de una falla catastrófica, el equipo *stand by* asegura la continuidad operacional de la compañía.

4.7. Estrategia a largo plazo KMC

Actualmente se encuentran ingresando al mercado las primeras unidades de equipos subterráneos de KMC. El mercado chileno de equipos subterráneos se encuentra dominado principalmente por Sandvik, CAT y Atlas Copco, los cuales llevan años trabajando con las principales compañías mineras en Chile. Para competir con estas compañías, KMC debe brindar el mejor soporte posible a sus unidades que comienzan a operar localmente.

De acuerdo a fábrica no existen contratos del tipo MARC (Maintenance and Repair Contract) para los equipos subterráneos de KMC, a diferencia de lo que ocurre con los equipos de superficie. Es por esta razón que no existe información operacional en detalle de los equipos subterráneos, al menos fuera del periodo de puesta en marcha. Además, se debe considerar que existe inexperiencia dentro de KMC Chile respecto a cómo funciona el mundo de la minería subterránea, en particular la mediana minería, sector que es el mercado objetivo de estos equipos. Actualmente la gestión de inventario se basa en las recomendaciones de fábrica para los intervalos de intercambio de cada componente.

Los equipos que se encuentran ingresando al mercado, lo hacen bajo una modalidad de arriendo. Bajo esta modalidad KMC es responsable del mantenimiento programado del equipo, esta modalidad se diferencia de un contrato MARC al no estar a cargo 24/7 del mantenimiento, además de no tener comprometido una disponibilidad mínima, kpi usualmente usado en este tipo de contratos. En cambio, la modalidad de arriendo solo compromete una tarifa mínima mensual acorde a las horas operacionales negociadas con el cliente.

Considerando la situación actual, se han detectado las siguientes posibilidades de mejoras para la gestión de inventario de KMC Chile.

4.7.1. Estandarización de equipos

Como una recomendación para disminuir los costos globales de inventario, se recomienda la estandarización de los equipos a traer a Chile. Vale decir, y dentro de lo posible, traer siempre los mismos modelos de equipo, con las mismas especificaciones técnicas. Al traer equipos distintos (distinto motor, transmisión, cabina, etc) se debe incurrir en la compra de más repuestos para dar soporte a este equipo. Además, que se debe reevaluar si es necesario mantener en inventario algún repuesto crítico para las nuevas especificaciones de dichos equipos.

4.7.2. Planeamiento y control de inventario

Se debe evaluar periódicamente el inventario y mantener registro histórico del nivel de servicio que se está entregando con los niveles de seguridad propuestos de inventario. Una de las tareas críticas a cumplir es la determinación de los tiempos de entrega de cada repuesto, ya que en el análisis de esta memoria se ha simplificado el tiempo de entrega, asumiendo el mismo para cada repuesto. Además, los niveles de seguridad calculados utilizan como parámetro el tiempo de entrega de los repuestos.

También se debe tener en cuenta los mantenimientos overhaul de cada equipo y planear el inventario anual teniendo particular cuidado de que todos los repuestos a utilizar en el overhaul lleguen a faena en la fecha correcta para realizar la mantención.

4.7.3. Eliminación de exceso de inventario

Otra estrategia para la disminución del costo global es re-inventariar periódicamente las bodegas para detectar excesos de inventario. De esta forma se controla el stock disponible y se ajustan las cantidades de pedido, además de disminuir el costo de almacenamiento del inventario.

4.7.4. Estandarización de procesos

Se deben definir una serie de estándares para que el flujo de la información en faena sea más expedito. Desde decidir como procesar la información recolectada en una inspección del estado del equipo hasta el estándar que debe tener cada taller en faena, en particular la conexión a un sistema de gestión como SAP, para la visibilidad de la información recolectada, acceso a inventario en línea, etc. Se debe aprender del área de minería de superficie de KMC, la cual ya cuenta con estándares para cada faena.

4.7.5. Seguimiento de equipos

Se debe hacer seguimiento a los equipos que se encuentran operando, para determinar las horas mensuales de operación y de esa manera ajustar de mejor manera el forecast de repuestos para esos equipos. En particular se debe realizar para los equipos que son vendidos y de los cuales KMC no cuenta con ninguna obligación de mantenimiento, y que por lo tanto el flujo de información será más difícil.

4.7.6. Transición hacia RCM y monitoreo de condiciones

Debemos recordar que el desgaste de un equipo depende de su aplicación y condiciones in situ. Por lo tanto, 2 modelos iguales de equipos y que operan la misma cantidad de horas mensuales en faenas distintas, difícilmente tendrán el mismo desgaste y consumirán una cantidad distinta de repuestos. La duración de los repuestos propuesta por el fabricante es calculada en condiciones controladas y no representan necesariamente las condiciones en faena. Además, en ocasiones un mantenimiento preventivo puede tener una alta cantidad de desperdicios, en casos en que se reemplazan componentes prematuramente, que todavía tienen mucho tiempo de vida útil.

Es por estas razones que inevitablemente el área underground de KMC debe transitar hacia un mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y monitoreo de condiciones. Para esto es indispensable el registro histórico de fallas y consumo de repuestos, para poder calcular los modos de falla de cada equipo y de tal manera calcular los tiempos medios entre fallas. También se debe comenzar a realizar monitoreo de condiciones, tales como análisis de aceite, vibraciones, etc. Esto con el fin de activar alertas tempranas de fallas y gestionar el pedido de repuestos. Idealmente las nuevas generaciones de equipos deberán traer una mejor tecnología de sensores, para monitoreo continuo, registro histórico y activación de alertas tempranas para facilitar las labores de mantenimiento.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se utiliza actualmente en el área de minería de superficie de KMC Chile, y por lo tanto se debe estudiar las posibilidades de implementar los estándares que esa área utiliza para RCM.

4.7.7. Reparación de repuestos críticos

Se debe estudiar la posibilidad de utilizar la capacidad instalada de Komatsu Reman Center para la reparación de repuestos críticos. Si los estándares de calidad del repuesto reparado son suficientemente altas y es económicamente factible, se podrán ingresar nuevamente a inventario a un precio menor que un repuesto nuevo. De esta forma se disminuye el costo global de inventario y abre otras líneas de negocio para el área de minería subterránea.

5. CONCLUSIONES

Sin lugar a dudas que una correcta estrategia de abastecimiento es crucial para una compañía como KMC, ya que como proveedor de equipos mineros debe asegurar la continuidad operacional de las unidades que comienzan a ingresar al mercado chileno de minería subterránea. Además, de esta forma se protege el activo intangible de la compañía, la marca KMC, asegurando el correcto soporte de sus unidades en el país y generando valor agregado para sus clientes.

Para brindar soporte a los 4 modelos de equipo que KMC busca introducir al mercado chileno, se han detectado un total de 120 repuestos críticos, los cuales se recomienda mantener en stock permanente. Para los próximos 5 años se estima un costo global promedio de inventario de \$959 mil unidades monetarias, el cual solo se espera que aumente a medida que más equipos sean vendidos en el país. Como estrategia de reducción de costos de inventarios, se recomienda la estandarización de los modelos de equipos a ingresar al mercado chileno.

Como estrategia a largo plazo KMC debe inevitablemente migrar hacia un mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM). De esta forma es posible mejorar la gestión de inventario ya que es posible determinar los modos de falla de cada sistema, y generar un plan de mantención acorde al equipo y las condiciones in situ donde este opera. Sin embargo, para asegurar un correcto flujo de la información, KMC debe estandarizar sus procesos en faena, el procesamiento de datos y asegurar el acceso a plataformas de gestión, como lo son SAP. Sobre esto último, la gerencia de minería subterránea tiene mucho que aprender del área de minería de superficie de la compañía.

Finalmente, resulta crucial identificar los tiempos de entrega para cada repuesto y repuestos críticos, ya que en este trabajo se han usado simplificaciones. Además, esto no solo se debe hacer para algún estudio futuro, sino que debe ser una práctica recurrente en la gestión de inventario donde las condiciones de los proveedores de estos repuestos pueden cambiar en el tiempo.

6. BIBLIOGRAFIA

- Campbell, J. D. (2010). *Asset Management Excellence*. CRC Press.
- Cubillos, J. (2016). *Presentaciones del Curso MI6071*. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Darling, P. (2011). *SME Mining Engineering Handbook*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc.
- Dhillon, B. (2008). *Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety*. Springer.
- Espinosa, F. (2017). *Manejo del Inventario de Mantenimiento*. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de Talca.
- Hall, R. (1997). *Thesis - Analysis of Mobile Equipment Maintenance Data in and Underground Mine*. Ontario: Queen's University.
- Herder, P., & Van der Lei, T. (2012). *Asset Management - The State of the Art in Europe from a Life Cycle Perspective*. Springer.
- Hugo, M. (202). *Essentials of Supply Chain Management*. Wiley.
- Jardine, A. K. (2006). *Maintenance, Replacement and Reliability*. CRC Press.
- Krellis, O., & Singleton, T. (1998). Mine Maintenance - the cost of operation. *Coal 1998: Coal Operators' Conference* (págs. 81-90). University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Louit, D., & Pascual, R. (2011). Optimization Models for Critical Spare Parts Inventories - A Reliability Approach. En *Journal of the Operational Research Society* (págs. 992-1004). Springer.
- O'Connor, P. (2012). *Practical Reliability Engineering*. John Wiley & Sons.
- Paraszczak, J. (2005). Understanding and assessment of mining equipment effectiveness. En *Trans Inst. Min Metall. A. vol 114* (pág. 147).
- Pascual, R. (2005). *El Arte de Mantener*. Santiago: Universidad de Chile.
- Waters, D. (2003). *Logistics - An Introduction to Supply Chain Management*. Palgrave Macmillan.
- Watson, C. (1968). Is Preventive Maintenance Worthwhile? *Symposium on Operational Research on Maintenance*. University of Strathclyde.

7. ANEXO

7.1. Lista de Repuestos

7.1.1. Repuestos 4LD

Descripción	Número de parte	Costo [um]	Intervalo recambio [hrs]	Mano de obra [hrs]	Criticidad
Axle, Rear	R008903-010	\$ 97,705	8000	6	Ca
Axle, Front	R008902-001	\$ 52,935	8000	6	Ca
Engine	R020291-001	\$ 46,323	8000	12	Ca
Joystick, Boom/Bucket	R016910-117	\$ 2,543	1000	1	Ca
Joystick, Steer	R016910-118	\$ 2,543	1000	1	Ca
Transmission	R038025-001	\$ 26,963	8000	12	Ca
Cylinder, Dump	R036453-003	\$ 9,862	6000	3	Ca
Cylinder, Hoist	R036455-003	\$ 9,862	6000	4	Ca
Radiator	R017258-001	\$ 17,969	8000	1	Ca
Cylinder, Steer	R036454-002	\$ 5,672	4000	4	Ca
Pump, Charge	R391016-111	\$ 2,951	3000	3	Ca
Starter	R013006-026	\$ 2,422	2500	2	Ca
Accumulator	R391347-1	\$ 1,838	2000	0.5	Ca
Torque Converter	R007269-001	\$ 11,240	8000	8	Ca
Seat Ass'y	R026938-002	\$ 2,950	4000	1	Cc
Alternator	R021255-022	\$ 2,860	4000	2	Ca
Valve	R039775-001	\$ 2,841	4000	0.5	Cb
Accumulator	R391347-2	\$ 1,193	2000	0.5	Cb
Element, Air Intake, Primary	R036899-101	\$ 131	250	0.25	Cb
Harness	R039607-001	\$ 7,727	14000	8	Ca
Element, Return Filter	R039678-004	\$ 505	1000	0.5	Cb
Valve	R039774-001	\$ 6,899	8000	0.5	Ca
Harness, Main	R039606-001	\$ 6,583	14000	8	Ca
Element, Fuel/Water Separator	R009524-023	\$ 184	500	0.5	Cb
Manifold	R039890-001	\$ 5,242	8000	0.5	Ca
Pedal, Electric, Throttle	R036593-001	\$ 1,724	4000	0.5	Cb
Pump, Hydraulic	R014904-003	\$ 4,793	8000	3	Cb
Fill Cap, Fuel	R391048-2	\$ 316	1000	0.5	Cb
Element, Air Intake, Safety	R036899-102	\$ 79	250	0.25	Cb
Pedal, Electric, Brake	R012846-001	\$ 1,496	5000	1	Cb
Pin Ass'y, Articulation, Upper	R035812-001	\$ 1,986	6000	4	Cb
Axle Shaft, Rear Axle	R008903-002	\$ 1,222	4000	1	Cb
Pump, Manual, Hyd. Tank	R032412-002	\$ 1,174	5000	0.5	Cb
Button, EPB	R001411-003	\$ 503	2000	0.5	Cb
Seal, Face, Axles	R391032-224	\$ 491	2000	6	Cb
Pump, Injection	R009524-018	\$ 3,416	8000	8	Ca
Axle Shaft, Front Axle	R008902-003	\$ 1,114	4000	1	Ca
Manifold	R039891-001	\$ 3,232	8000	0.5	Ca
Element, HP Filter	R039679-004	\$ 205	1000	0.5	Cb
Muffler	R040006-001	\$ 2,933	8000	3	Cc
Fuel Injector	R020291-016	\$ 580	3000	1	Cc
Harness	R039611-001	\$ 2,573	14000	8	Cb
Cartridge, Trans. Filter	R136073	\$ 84	500	0.5	Cc
Driveline, Trans. To Torque	R002005-001	\$ 841	4000	2	Cc
Driveline, Articulation	R037700-001	\$ 810	4000	2	Cc
Pin Ass'y, Articulation, Lower	R035813-001	\$ 1,158	6000	4	Cb
Driveline, Trans. to Rear Axle	R017359-001	\$ 760	4000	3	Cb
Expander Pin - 3.5"OD X 12.5"L	R036703-001	\$ 1,106	6000	4	Cb
Driveline, Articulation to Front Axle	R027457-001	\$ 690	4000	2	Cc

Pressure Transducer	R017970-001	\$	540	4000	0.5	Cc
Pressure Transducer	R017972-001	\$	540	4000	0.5	Cc
Harness	R039610-001	\$	1,574	14000	8	Cc
Bearing, Cone, Outer	R005342-009	\$	206	2000	6	Cc
U-Joint	R391054-99	\$	144	1500	1	Cc
Expander Pin - 3.0"ODX6.00"L	R036702-001	\$	697	6000	4	Cc
Expander Pin - 2.5"ODX7.5"L	R036705-001	\$	648	6000	4	Cc
Expander Pin - 2.5"ODX10.875"L	R036751-001	\$	647	6000	4	Cc
Harness	R039609-001	\$	1,256	14000	8	Cb
Light, Working	R037844-001	\$	179	2000	0.5	Cc
Solenoid Cartridge	R027139-116	\$	407	4000	1	Cc
Expander Pin - 2.5"OD X 5.25"L	R036704-001	\$	595	6000	4	Cc
Breather	R039921-001	\$	78	1000	0.5	Cc
Bearing, Cone, Inner	R005342-013	\$	160	2000	6	Cc
Strainer, Bronze	R391048-4	\$	72	1000	0.5	Cc
Element, Filter, Fuel	R009524-002	\$	32	500	0.5	Cc
Harness	R039608-001	\$	928	14000	8	Cb
Bearing, Cup, Inner	R005342-012	\$	131	2000	6	Cc
Seal Kit	R039678-101	\$	59	1000	0.25	Cc
Bearing, Cup, Outer	R005342-010	\$	125	2000	6	Cc
PIN - BOOM LOCK	R037664-002	\$	433	6000	4	Cc
U-Joint	R391054-83	\$	86	1500	1	Cc
Back-Up Alarm	R113821	\$	274	4000	0.5	Cc
Repair Kit	R039679-100	\$	52	1000	0.5	Cc
Belt, Serpentine	R009142-009	\$	155	3000	1	Cc
Element, Filter, Oil	R009524-003	\$	26	500	0.5	Cc
Indicator, Clog, Air Intake	R017116-101	\$	38	1000	0.5	Cc
Switch, Master Disconnect	R135824	\$	460	8000	0.5	Cc
Pressure Switch, 400 PSI	R391403-261	\$	218	6000	0.5	Cc
Horn	R118587	\$	74	3000	0.5	Cc
THRUST WASHER - 3.500"	R036701-003	\$	56	3000	4	Cc
Fan Ass'y, Radiator	R039954-001	\$	268	8000	1	Cc
Switch, Keyless	R116508-002	\$	85	4000	0.5	Cc
Cartridge	R035829-019	\$	69	4000	0.5	Cc
Switch, Coolant Level	R391492-1	\$	148	8000	0.5	Cc
Valve, Check	R140696	\$	143	10000	1	Cc
THRUST WASHER - 3.000"	R036701-002	\$	57	6000	4	Cc
Rocker Switch	R037764-005	\$	33	4000	0.5	Cc
THRUST WASHER - 2.500"	R036701-001	\$	45	6000	4	Cc
Gasket, Return Filter	R039678-100	\$	4	1000	0.5	Cc
Connector, Illuminated	R391358-29	\$	20	4000	0.5	Cc
Rocker Switch	R037764-003	\$	19	4000	0.5	Cc
Rocker Switch	R037764-002	\$	19	4000	0.5	Cc
Wheel Nut	R002436-001	\$	9	3000	4	Cc
Stud, Wheel	R391016-229	\$	8	3000	4	Cc
Indicating Light	R037762-001	\$	32	8000	0.5	Cc
Gasket, Pump, Charge	R004012-081	\$	4	3000	3	Cc
Valve, Relief	R391422-1	\$	19	8000	1	Cc

7.1.2. Repuestos LT-1051

Descripción	Número de parte	Costo [um]	Inter. Recambio [hrs]	M. de obra [hrs]	Criticidad
AXLE ASSEMBLY	391016-247	\$ 88,824	10000	8	Ca
AXLE ASSEMBLY	009855-001	\$ 71,814	10000	8	Ca
ENGINE	015304-001	\$ 71,163	12000	16	Ca
Pin Ass'y, Articulation, Upper	6K1148	\$ 14,272	4000	4	Ca
Cylinder, Dump	002231-001	\$ 21,271	6000	2	Ca
Pump, Hydraulic	010695-001	\$ 13,078	4000	2	Ca
Pin, Hoist Cyl. to Fr. Frame	6K1259	\$ 12,350	4000	2	Ca
TRANSMISSION	009915-001	\$ 35,725	12000	16	Ca
Valve, Dump/Hoist	011003-001	\$ 17,760	6000	4	Ca
REMOTE ENG. OIL FILTER	014843-001	\$ 1,035	500	0.5	Cc
Cylinder, Steer	391329-54	\$ 13,533	6000	2	Ca
Cylinder, Hoist	391329-51	\$ 13,497	6000	4	Ca
Pin Ass'y, Articulation, Lower	6K1150	\$ 7,175	4000	4	Ca
CHARGE PUMP	J391016-82	\$ 6,157	4000	4	Ca
TORQUE CONVERTER w/Flex plate	391016-231	\$ 18,365	8000	12	Ca
Valve, Steer	014933-001	\$ 8,291	6000	2	Ca
PURIMUFFLER	391188-48	\$ 4,887	5000	2	Cb
Mixed Flow Fan	016970-021	\$ 1,897	2000	1	Cb
DRIVELINE(TRANS)	010223-001	\$ 2,512	3000	1	Ca
Accumulator	391005-36	\$ 4,044	4000	1	Ca
CHARGE AIR COOLER	010290-002	\$ 11,706	8000	6	Ca
DUAL AXIS JOYSTICK	001286-001	\$ 3,692	4000	1	Ca
DRIVELINE(REAR AXLE)	010222-001	\$ 2,205	3000	1	Ca
ELEMENT (RETURN)	391033-69	\$ 660	1000	0.5	Cb
Pressurized Air Ass'y	6K7050-003	\$ 3,254	4000	4	Ca
Pin Ass'y, Boom to Frame	391447-180	\$ 3,172	4000	1	Ca
RADIATOR	010290-007	\$ 9,134	8000	6	Ca
DRIVELINE	391460-3	\$ 1,814	3000	1	Ca
SEAT	391249-30	\$ 2,978	4000	1	Cc
Pin Ass'y, Boom to Bucket	391447-10	\$ 2,883	4000	1	Ca
MAIN HARNESS	010835-001	\$ 8,130	14000	8	Cb
Condensor Coil Ass'y	016970-024	\$ 2,418	4000	4	Cb
Joystick Body, Less Handle	015371-001	\$ 2,233	4000	1	Cb
DRIVELINE	391460-2	\$ 1,330	3000	1	Cb
OIL COOLER	010290-003	\$ 6,544	10000	6	Cb
Pin Ass'y, Dump Cyl. to Bucket/Frame	391447-40	\$ 2,136	4000	1	Ca
DRIVELINE(HIGH SPEED)	010221-001	\$ 1,273	3000	1	Cb
PEDAL - BRAKE	391008-70	\$ 1,817	4000	2	Cb
Pedal, Hydraulic, Brake	391008-70	\$ 1,817	4000	2	Cb
FILTER	391299-22	\$ 180	500	0.5	Cc
ELEMENT(PRIMARY AIR)	J391081-31	\$ 87	250	0.5	Cc
BREATHER	391093-1	\$ 340	1000	0.5	Cc
Pin Ass'y, Steer Cyl. to Frames	391447-60	\$ 1,679	4000	1	Cb
Pump, Hydraulic, Brake	391096-7	\$ 1,664	4000	2	Cb
FAN	010291-001	\$ 972	3000	2	Cb
Joystick, Steer	016055-001	\$ 1,573	4000	1	Cb
STARTER	J391118-24	\$ 2,262	6000	3	Ca
SUSPENSION	207327-024	\$ 1,477	4000	1	Cb
ALTERNATOR	015302-001	\$ 2,190	6000	3	Ca
Pin Ass'y, Hoist Cyl. to Boom	391447-40	\$ 2,136	6000	2	Ca
Pump, Manual, Hyd. Tank	011670-001	\$ 610	2000	1	Cb
HEAD LIGHT ASSEMBLY	001715-001	\$ 608	2000	0.5	Cb
Door	6K6410	\$ 3,838	8000	2	Cb
PROXIMITY SWITCH	391470-3	\$ 1,275	4000	0.5	Cb
ELEMENT(SAFETY AIR)	J391081-32	\$ 63	250	0.5	Cb

ELEMENT (RETURN)	009553-001	\$ 234	1000	0.5	Cb
Accumulator, 1L	013078-001	\$ 1,100	4000	1	Cb
Valve, HV7	J391388-3	\$ 1,090	4000	1	Cb
BATTERY	004028-002	\$ 455	2000	1	Cb
THROTTLE PEDAL	391303-35	\$ 948	4000	2	Cb
Motor, Electric, Wiper	391220-5	\$ 516	3000	1	Cb
SHIFTER HARNESS	010837-001	\$ 2,533	12000	1	Cb
PILLOW BLOCK	391460-36	\$ 438	3000	3	Cb
Valve, Logic	391070-89	\$ 998	6000	3	Cb
PROXIMITY SWITCH	002297-001	\$ 600	4000	0.5	Cb
Pin Ass'y, Ejecto, Upper	010953-031	\$ 324	3000	1	Cb
Sleeve, Boom	6K1118	\$ 540	4000	2	Cb
CAP - SNAP ACTION FILLER	391048-2	\$ 316	3000	0.5	Cb
Gauge, 0-5000 PSI	391027-3	\$ 300	3000	0.5	Cb
Seal, Rubber	6K1151	\$ 294	3000	2	Cc
OIL FILTER	006737-003	\$ 49	500	0.5	Cc
U-JOINT	391460-32	\$ 349	3500	3	Cb
Latch Kit	001316-001	\$ 272	3000	1	Cb
GASKET	012276-001	\$ 45	500	0.5	Cb
Valve, Accumulator Charge	007083-001	\$ 646	6000	2	Cb
Bearing, Boom	391057-3	\$ 427	4000	2	Cb
DDEC INTERFACE HARNESS	207093-001	\$ 1,239	8000	1	Cb
PUSH BUTTON - PUSH/PULL BRAKE	001411-001	\$ 405	4000	0.5	Cb
End Cap, Pin	6K1256	\$ 396	4000	2	Cb
Bushing, Radial, Boom	391044-13	\$ 387	4000	2	Cb
Bushing, Radial	391044-13	\$ 387	4000	2	Cb
Pin Ass'y, Ejecto, Lower	010953-032	\$ 220	3000	1	Cb
CAB HARNESS	010838-001	\$ 1,091	8000	4	Cb
STRAINER	391048-4	\$ 72	1000	0.5	Cb
Sleeve	6K1255	\$ 340	4000	2	Cb
SWITCH - MASTER	135824	\$ 460	6000	0.5	Cb
SWITCH - COOLANT LEVEL	391210-172	\$ 296	4000	0.5	Cb
BREATHER	802390	\$ 57	1000	0.5	Cb
BELT - ALTERNATOR	J391210-64	\$ 168	3000	1	Cb
Gauge, Level	009335-003	\$ 138	2500	0.5	Cc
ALARM - BACK-UP	113821	\$ 274	4000	0.5	Cb
BREATHER	391048-9	\$ 54	1000	0.5	Cc
FILTER(SEC.FUEL)	391210-21	\$ 25	500	0.5	Cc
Seal, Rubber	6K1149	\$ 242	4000	1	Cc
SWITCH - PRESSURE - 1400 PSI	391403-260	\$ 227	5000	0.5	Cc
SWITCH - PRESSURE - 1100 PSI	391403-259	\$ 224	5000	0.5	Cc
RETURN FILTER GASKET	012276-001	\$ 45	1000	0.5	Cc
SWITCH - PRESSURE - 400 PSI	391403-261	\$ 218	5000	0.5	Cc
BREATHER	248142	\$ 87	2000	0.5	Cc
SWITCH - TRANS. TEMP.	001978-001	\$ 202	4000	0.5	Cc
Valve, Accumulator Drain	391126-1	\$ 199	4000	1	Cc
Receiver/Dryer	016970-020	\$ 161	4000	4	Cc
SWITCH - COOLANT TEMP	138423	\$ 161	4000	0.5	Cc
PUSH BUTTON	001412-001	\$ 157	4000	0.5	Cc
Valve, Shuttle	391110-2	\$ 215	6000	1	Cc
GAUGE - TRANS. OIL PRESS.	391280-38	\$ 140	4000	0.5	Cc
SWITCH - SELECTOR	114436	\$ 136	4000	0.5	Cc
SENDER - TRANS. PRESS. 400 PSI	138204	\$ 133	4000	0.5	Cc
AUXILIARY START RELAY	120676	\$ 79	3000	1	Cc
FILTER(PRIMARY FUEL)	391210-32	\$ 13	500	0.5	Cc
CIRCUIT BREAKER HOLDER	802723	\$ 124	4000	1	Cc
HORN	118587	\$ 74	3000	0.25	Cc
SWITCH - MAIN DASH	002027-001	\$ 121	4000	0.5	Cc

GAUGE - ENGINE TEMP.	001973-001	\$	114	4000	0.5	Cc
RELAY (24V. c/w Conn.&Socket)	001979-003	\$	112	4000	0.5	Cc
SWITCH - PRESSURE - 12 PSI	001506-001	\$	106	5000	0.5	Cc
Cartridge, 2W/2P	391358-23	\$	103	4000	0.5	Cc
Cartridge, 3W/2P	391358-22	\$	98	4000	0.5	Cc
CIRCUIT BREAKER(142788	\$	96	4000	0.5	Cc
SWITCH - PRESSURE - 100 PSI	001416-001	\$	93	5000	0.5	Cc
SWITCH - PRESSURE - 15 PSI	391403-266	\$	93	5000	0.5	Cc
GAUGE - HOURMETER	391280-1	\$	85	4000	0.5	Cc
GAUGE - VOLTMETER	391280-30	\$	82	4000	0.5	Cc
SENDER - ENG. OIL PRESS.	391280-14	\$	80	4000	0.5	Cc
Valve Body, 3W/2P	391358-25	\$	78	4000	1	Cc
CIRCUIT BREAKER(40A)	141908	\$	77	4000	0.5	Cc
BREATHER	004502-027	\$	15	1000	0.5	Cc
SWITCH - PRESSURE - 60 PSI	391403-267	\$	76	5000	0.5	Cc
GAUGE - ENGINE OIL PRESS.	J391280-37	\$	75	4000	0.5	Cc
RADIATOR CAP	009335-002	\$	73	4000	0.25	Cc
Solenoid, 24V	391358-28	\$	31	2000	1	Cc
SENDER - ENG. TEMP	391280-8	\$	70	4000	0.5	Cc
WIPER/WASH SWITCH	143704	\$	42	3000	0.5	Cc
LED - BLUE	144581	\$	86	6000	0.25	Cc
TRANSMISSION TEMP GAUGE	391280-10	\$	57	4000	0.5	Cc
RELAY	001403-001	\$	53	4000	0.5	Cc
Mount, Bonded	391091-14	\$	76	6000	8	Cc
Seal, Grease	6K1281	\$	50	4000	2	Cc
Light, Dome	391227-4	\$	30	3000	0.25	Cc
KEYLESS SWITCH	116508	\$	48	4000	1	Cc
RELAY	001404-001	\$	46	4000	0.5	Cc
LED - GREEN	144558	\$	67	6000	0.25	Cc
Blade, Wiper	391220-13	\$	26	3000	0.25	Cc
Valve Body, 2W/2P	391358-26	\$	41	4000	1	Cc
Arm, Wiper	391220-27	\$	39	4000	0.5	Cc
LED - AMBER	144580	\$	52	6000	0.25	Cc
GAUGE - TRANS. OIL TEMP.	391280-32	\$	34	4000	0.5	Cc
PUSH BUTTON	116510	\$	31	4000	0.5	Cc
PUSH BUTTON	391053-28	\$	31	4000	0.5	Cc
SENDER - TRANS. TEMP.	391280-11	\$	29	4000	0.5	Cc
Seal, Grease	3B0063	\$	17	3000	2	Cc
Valve, Check	391028-1	\$	40	6000	0.5	Cc
LED - RED	144559	\$	37	6000	0.25	Cc
CIRCUIT BREAKER(20A)	001218-004	\$	22	4000	0.5	Cc
SWITCH - LIGHTS	109372	\$	21	4000	0.5	Cc
Finger Guard	016970-037	\$	21	4000	0.5	Cc
CONNECTOR - ILLUMINATED	391358-29	\$	20	4000	0.5	Cc
CIRCUIT BREAKER(5A)	001218-002	\$	20	4000	0.5	Cc
Seal, Door	391162-10	\$	8	3000	2	Cc
NUT - WHEEL	002436-001	\$	9	3500	4	Cc
STUD - WHEEL	391016-229	\$	8	3500	4	Cc
NUT - WHEEL	J103522	\$	6	3500	4	Cc
CAP - RED	391053-29	\$	4	3000	0.5	Cc
DIODE	391074-13	\$	2	2000	0.5	Cc
Pin, DDEC Connector	142650	\$	4	6000	1	Cc

7.1.3. Repuestos VR-II

Descripción	Número de parte	Costo [um]	Intervalo recambio [hrs]	Mano de obra [hrs]	Criticidad
Valve, Dir. Control, 1 Bank, Steer	R010501-001	\$ 1,664	10000	1	Ca
Axle, D45NI	R010614-002	\$ 55,835	9000	16	Ca
Cylinder, Jack	R137045	\$ 23,082	8000	2	Ca
Transmission, T12000	R010782-001	\$ 22,577	9000	10	Ca
Motor, Electric, 100 HP	R129279-002	\$ 16,185	15000	4	Ca
Reducer Support, Rotary Actuator	R017992-003	\$ 12,215	8000	6	Ca
Cylinder, Boom Lift	R013630-001	\$ 11,529	8000	2	Ca
Cylinder, Boom Swing	R009000-001	\$ 7,810	8000	2	Ca
Cradle, Axle	R010900-001	\$ 7,316	12000	12	Ca
Cylinder, Guide Dump	R013632-001	\$ 6,718	8000	2	Ca
Cylinder, Guide Swing	R008999-001	\$ 6,390	8000	2	Ca
Radiator	R008659-014	\$ 5,811	8000	6	Ca
Pump, Water	R006830-002	\$ 4,903	8000	4	Ca
Pump, Hydraulic, Perc/Feed	R024946-001	\$ 4,863	8000	4	Ca
Cylinder, Boom Extension	R008997-001	\$ 4,399	8000	3	Ca
Pump, Lube, 24V	R022572-001	\$ 3,901	8000	0.5	Ca
Element, HP Filter	R104727	\$ 1,412	250	0.5	Cc
Cylinder, Feed	R024273-002	\$ 15,109	4000	1	Ca
Centralizer 52810X	86309317	\$ 468	250	0.5	Cc
Compressor	R003234-001	\$ 8,450	6000	3	Ca
Element, Return Filter	R205032-002	\$ 331	250	0.5	Cc
Driveline, Power Frame	R010726-007	\$ 1,678	2000	2	Ca
Cylinder, Steer	R011154-001	\$ 4,751	6000	4	Ca
Boom Pivot	R008975-001	\$ 4,355	5000	4	Ca
Cradle, Hose Reel	R024170-001	\$ 4,298	6000	2	Ca
Pump, Manual, Hyd. Tank	R032412-001	\$ 3,698	5000	1	Ca
Alternator	R013384-001	\$ 3,617	5000	1	Ca
Wear Rail	R024159-002	\$ 3,531	6000	6	Ca
Wear Pad	R013744-001	\$ 1,176	2000	8	Ca
Cradle, Drill	R024164-001	\$ 3,048	6000	2	Ca
Filter, Transmission	R010782-048	\$ 87	250	0.5	Cc
Valve, Brake Pedal	R391008-76	\$ 1,854	6000	2	Ca
Pad, Rubber Stinger	R024487-001	\$ 608	2000	0.5	Cb
Strainer, Fuel	R391048-4	\$ 72	250	0.5	Cc
Screen, Y-Strainer, Water	R202749	\$ 142	500	0.5	Cc
Cable, Feed, Front	R024258-002	\$ 265	1000	1	Cb
Drum, Hose Reel	R024198-001	\$ 1,566	6000	1	Cb
Cable, Feed, Rear	R024257-002	\$ 259	1000	1	Cb
Pin, Offset Guide	R009040-001	\$ 1,528	6000	4	Cb
Element, Air Intake, Primary	R021774-012	\$ 61	250	0.5	Cb
Element, Water Filter	R008766-001	\$ 58	250	0.5	Cb
Filter, Lube Oil	R201726	\$ 57	250	0.5	Cb
Pin, Reducer Supp. Knuckle	R008968-002	\$ 1,368	6000	4	Cb
Starter	R206539-001	\$ 1,360	5000	1	Ca
Driveline, Boom Frame	R010726-002	\$ 1,283	6000	2	Cb
Pin, OUTER BOOM, Boom Pivot	R008914-002	\$ 1,260	6000	4	Cb
Driveline, Articulation	R011565-001	\$ 413	2000	2	Cb
Filter, Fuel	R003444-001	\$ 47	250	0.5	Cb
Bushing, Boom Mounting	R008924-001	\$ 1,072	5000	1	Cb
Element, Regulator/Filter	R200607	\$ 44	250	0.5	Cb
Bushing, Hose Reel Pulley	R008437-001	\$ 516	3000	2	Cb
Element, Air Intake, Safety	R021774-013	\$ 41	250	0.5	Cb
Pedal, Electric, Throttle	R391303-35	\$ 948	6000	0.5	Cb
Pin, Taper Lock, Inner Boom, 1-1/2"	R008952-001	\$ 944	6000	4	Cb
Cylinder, Auto Return	R139846	\$ 864	6000	0.5	Cb

Pin, Reducer Support	R008970-002	\$ 864	6000	4	Cb
Bushing, Reducer Support	R008963-002	\$ 824	5000	1	Cb
Bushing, Outer Boom	R008984-001	\$ 808	5000	1	Cb
Pin, Articulation	R129945	\$ 793	6000	4	Cb
Pin, Reducer Supp. Knuckle	R008969-002	\$ 780	6000	4	Cb
Pin, BOOM BASE, Boom Pivot	R008913-002	\$ 768	6000	4	Cb
Pulley, Traveling Centralizer	R024271-001	\$ 723	4000	2	Cb
Gauge, 2000 psi, A1	R032294-002	\$ 703	6000	0.5	Cb
Battery	R106334	\$ 703	6000	1	Cb
Cable Pulley, Hose Reel	R024222-001	\$ 639	6000	1	Cb
Pin, Inner Boom	R008932-001	\$ 600	6000	4	Cb
Strainer, Tank	R138369	\$ 99	1000	0.5	Cb
Washer, Thrust, Artic., 3/16"	R129967	\$ 593	6000	1	Cc
Mount, Travelling Centralizer	R029700-001	\$ 592	6000	1	Cc
Retainer, Seal	R012206-001	\$ 294	3000	1	Cc
Washer, Thrust, Artic., 5/32"	R129963	\$ 554	6000	1	Cc
Support Post, Hose Reel Drum	R024200-001	\$ 550	6000	1	Cc
Bushing, Traveling Centralizer	R024272-001	\$ 548	4000	1	Cb
Bushing, Inner Boom	R009029-001	\$ 528	5000	1	Cb
Element, Tank Breather	R022268-001	\$ 87	1000	0.5	Cc
Pin, Boom Lift to Pivot	R008978-001	\$ 520	5000	4	Cb
Pin, Lift Cylinder	R008978-001	\$ 520	6000	4	Cb
Gauge, Engine Temperature	R019427-001	\$ 512	6000	1	Cc
Bushing, Offset Guide	R008957-001	\$ 480	5000	1	Cc
Pin, Outer Boom	R009027-001	\$ 440	6000	4	Cc
Pin, Guide Dump Cylinder	R008972-001	\$ 428	6000	4	Cc
Filter/Regulator, Air	R105187	\$ 426	4000	1	Cc
Fan Ass'y, Radiator	R008658-001	\$ 416	5000	4	Cc
Pin, Boom Lift to Boom	R009011-001	\$ 404	6000	4	Cc
Pin, Taper Lock, Outer Boom, 2-1/2"	R009011-001	\$ 404	6000	4	Cc
Harness, Coolant Level	R020618-002	\$ 379	6000	2	Cc
Breather, Transmission	R004502-027	\$ 15	250	0.5	Cc
Wear Block, Hose & Drill Cradles	R024166-001	\$ 361	6000	1	Cc
Bushing, Guide Dump Cylinder	R009032-001	\$ 360	5000	1	Cc
Gauge, Air Pressure	R032292-002	\$ 352	6000	0.5	Cc
Gauge, Water Pressure	R032293-002	\$ 352	6000	0.5	Cc
Breather, Fuel Tank	R802390	\$ 57	1000	0.5	Cc
Circuit Breaker, 10A	R100569	\$ 341	6000	0.5	Cc
Pin, Guide Anchor (Power Guide Ass'y)	R-Q51388072	\$ 306	6000	4	Cc
Bushing, Boom Mounting	R008976-001	\$ 288	5000	1	Cc
Relay, 24V, MCP	R116557	\$ 286	6000	0.5	Cc
Mount, Rubber, Two Piece	R009295-001	\$ 273	5000	4	Cc
Bushing, Lift Cylinder	R012274-001	\$ 272	5000	1	Cc
Harness, Power	R018204-101	\$ 259	6000	2	Cc
Pin, Taper Lock, Inner Boom	R008955-001	\$ 248	6000	4	Cc
Gauge, 4000 psi, R1-A2-P2-HP	R032295-002	\$ 243	6000	0.5	Cc
Contact Block, 2NC-2NO	R134734	\$ 241	6000	0.5	Cc
Bushing, Reducer Support	R008964-001	\$ 240	5000	1	Cc
Washer, Thrust, Artic., 1/8"	R129962	\$ 239	6000	1	Cc
Pin, Boom Swing	R008921-001	\$ 236	5000	4	Cc
Harness, Boom End	R013399-101	\$ 200	6000	2	Cc
Harness, Engine End	R013400-101	\$ 200	6000	2	Cc
Bushing, Reducer Support	R013784-001	\$ 176	5000	1	Cc
Circuit Breaker, 15A	R106493	\$ 170	6000	0.5	Cc
Gauge, Transmission Pressure	R391280-38	\$ 140	6000	0.5	Cc
Pillow Block, Front Frame	R207203-001	\$ 132	6000	2	Cc
Filter, Compressor	R202153	\$ 21	1000	0.5	Cc
Relay, BR, WR, RR	R001403-001	\$ 106	6000	0.5	Cc

Circuit Breaker, 60A	R142788	\$ 96	6000	0.5	Cc
Scraper	R012205-001	\$ 46	3000	2	Cc
Heater	R132324	\$ 92	6000	0.5	Cc
Light Switch	R116509-002	\$ 91	6000	1	Cc
Horn	R118587-002	\$ 85	6000	1	Cc
Meter, Volt	R391280-30	\$ 82	6000	0.5	Cc
Set Screw, Wear Pad Push Plate	R013747-001	\$ 78	4000	2	Cc
Circuit Breaker, 40A	R141908	\$ 77	6000	0.5	Cc
Circuit Breaker, 20A	R001218-004	\$ 67	6000	0.5	Cc
Gauge, Transmission Temperature	R391280-10	\$ 57	6000	0.5	Cc
Lock Nut, Artic Pin	R100819	\$ 42	6000	0.5	Cc
Circuit Breaker, 40A	R109367	\$ 37	6000	0.5	Cc
Sender, Transmission Temperature	R391280-11	\$ 29	6000	1	Cc
Jam Nut, Wear Pad Push Plate	R104381	\$ 26	4000	2	Cc
O-Ring, HP Filter	R200558	\$ 2	500	0.5	Cc
Set Screw, Wear Pad	R014340-001	\$ 19	4000	2	Cc
Jame Nut, Wear Pad	R134044	\$ 7	4000	2	Cc
Washer, Lock Nut, Artic.	R391410-6	\$ 5	6000	0.5	Cc

7.1.4. Repuestos DR-2SB

Descripción	Número de parte	Costo [um]	Intervalo recambio [hrs]	Mano de obra [hrs]	Criticidad
Electric Motor (100 HP)	R129279-002	\$ 33,180	10000	4	Ca
Engine QSB 4.5, 20000	R019436-001	\$ 30,104	15000	16	Cb
Transmission/Torq	R141552	\$ 25,001	16000	8	Ca
Radiator	R028984-001	\$ 23,734	12000	4	Ca
Cylinder - Boom Lift	R137214	\$ 15,896	8000	2	Ca
Cylinder - Guide Dump	R137217	\$ 15,429	8000	2	Ca
Cylinder - Guide Indexing	R136973	\$ 14,289	8000	2	Ca
Cylinder - Guide Dump Slave	R137219	\$ 13,018	8000	2	Ca
Cylinder - Boom Swing	R141835	\$ 12,846	8000	2	Ca
Jack Cylinder (Rear)	R137043	\$ 12,010	8000	2	Ca
Jack Cylinder (Front)	R137045	\$ 11,830	8000	2	Ca
Cylinder - Boom Extension	R137216	\$ 8,993	8000	2	Ca
Cylinder - Guide Swing Slave	R137240	\$ 7,977	8000	2	Ca
Cylinder - Guide Swing	R139918	\$ 10,731	8000	2	Ca
Hydraulic Pump (Rotation)	R024947-001	\$ 6,584	8000	4	Ca
Power Supply	R134499	\$ 2,642	8000	1	Ca
Axle JD1200	R134307	\$ 57,231	14000	16	Ca
Centralizer	86309325	\$ 1,162	250	0.5	Cc
Compressor	R030190-001	\$ 25,695	6000	1	Ca
Travelling Centralizer	R007340-008	\$ 16,561	6000	1	Ca
Cylinder, Feed	R024273-002	\$ 15,109	4000	1	Ca
HP Filter Element	R104727	\$ 482	250	1	Cc
Centralizer 52810X	86309317	\$ 468	250	0.5	Cc
Bushing - Pedestal Pin & Boom Pivot	R-Q51857134	\$ 5,146	3000	8	Ca
Wear Rail	R025834-001	\$ 9,139	6000	6	Ca
Return Filter Element	R205032-002	\$ 339	250	0.5	Cc
Pin - Expander	R136906	\$ 7,477	6000	4	Ca
Steer Cylinder	R134509	\$ 6,529	6000	4	Ca
Pin - Boom Pivot	R-Q51866077	\$ 6,444	4000	4	Ca
Drill Cradle	R025843-001	\$ 6,020	6000	2	Ca
Pin - Expander	R136905	\$ 5,542	6000	4	Ca
Pin - Expander (Power Guide Ass'y)	R136959	\$ 2,731	3000	2	Ca
Hose Reel Drum	R024198-002	\$ 4,740	6000	1	Ca
Pin - Expander (Power Guide Ass'y)	R136961	\$ 2,271	3000	2	Ca
Turbocharger c/w HTI Coating	R014979-002	\$ 4,464	6000	2	Ca

Cradle, Hose Reel	R024170-001	\$ 4,298	6000	2	Ca
Cable Front	R025873-001	\$ 688	1000	1	Cb
Cable Rear	R025874-001	\$ 612	1000	1	Cb
Fuel Filter - Remote	R014979-015	\$ 148	250	0.5	Cc
Wear Rail	R024159-002	\$ 3,531	6000	6	Cb
Pin - Rollover (Horizontal/Vertical)	R-Q51384253	\$ 3,312	6000	1	Cb
Bushing - Boom Lift & Boom Swing Cylinders	R-Q51856680	\$ 3,148	6000	2	Cb
Cradle, Drill	R024164-001	\$ 3,048	6000	2	Cb
Hose Reel Cradle	R018361-001	\$ 2,772	6000	2	Cb
Bushing - GS, GD, GDS, GSI Cylinders	R137416	\$ 2,492	6000	2	Cb
Pin - GS, GD, GDS, GSI Cylinders	R136880	\$ 2,317	6000	2	Cb
Travelling Holder	R021506-001	\$ 2,259	6000	1	Cb
Wear Pad	R-Q51856573	\$ 2,207	5000	8	Cb
Gauge 4000 psi (R1-A2-P2-HP)	R032295-002	\$ 1,992	6000	0.5	Cb
Bushing - Power Guide Ass'y	R018245-001	\$ 984	3000	4	Cb
Pulley (Traveling Centralizer)	R024499-001	\$ 1,877	4000	2	Cb
Pad, Rubber Stinger	R024487-001	\$ 608	2000	0.5	Cb
Auto Return Cylinder	R139846	\$ 1,772	6000	0.5	Cb
Y' Strainer Screen (Flushing)	R202749	\$ 291	1000	0.5	Cb
Fuel Filter	R020777-019	\$ 70	250	0.5	Cb
Adjuster Block	R004817-001	\$ 1,645	6000	1	Cb
Cable, Feed, Front	R024258-002	\$ 265	1000	1	Cb
Drum, Hose Reel	R024198-001	\$ 1,566	6000	1	Cb
Cable, Feed, Rear	R024257-002	\$ 259	1000	1	Cb
Seal retainer	R-Q51856565	\$ 1,484	5000	1	Cc
Primary element (Air intake)	R021776-010	\$ 62	250	0.5	Cb
Adjusting Screw	R-Q51088631	\$ 1,417	4000	2	Cb
Brake Pedal	R134570	\$ 1,393	6000	2	Cb
Pin - Boom Extension (Extension Tube)	R-Q51864965	\$ 680	3000	4	Cb
Pin, Articulation	R134636	\$ 1,356	6000	4	Cb
Cable Pulley	R024222-001	\$ 1,309	6000	1	Cb
Alternator	R014543-012	\$ 1,305	6000	1	Cb
Water Service Valve Filter	R139297-013	\$ 53	250	0.5	Cc
Lube Oil Filter	R014979-013	\$ 53	250	0.5	Cc
Rubber Stinger Pad	R024487-001	\$ 623	3000	0.5	Cb
Transmission filter	R204291	\$ 52	250	0.5	Cc
Tank Strainer (Hyd tank)	R138369	\$ 203	1000	3	Cc
Boom Frame Driveline	R134622	\$ 1,167	6000	2	Cb
Bushing - Power Guide Ass'y	R018257-001	\$ 1,165	5000	2	Cb
Bushing - Power Guide Ass'y	R137012-002	\$ 1,138	5000	2	Cb
Hose Reel Drum Support Post	R024200-001	\$ 1,127	6000	1	Cb
Reg- Filter Element	R200607	\$ 45	250	0.5	Cc
Articulation Driveline	R134621	\$ 1,051	4000	2	Cb
Bushing, Hose Reel Pulley	R008437-001	\$ 516	3000	2	Cc
Wear Blocks	R008000-001	\$ 985	4000	2	Cc
Power Frame Driveline	R134620	\$ 978	6000	2	Cc
Throttle Pedal	R391303-35	\$ 972	6000	0.5	Cc
Starter	R020777-015	\$ 953	5000	1	Cc
Safety Element (Air Intake)	R021776-011	\$ 38	250	0.5	Cc
Thrust Washer, 0.310	R134664	\$ 800	6000	1	Cc
Scraper	R136281	\$ 131	1000	2	Cc
Pulley, Traveling Centralizer	R024271-001	\$ 723	4000	2	Cc
Gauge 2000 psi (A1)	R032294-002	\$ 721	6000	0.5	Cc
Pin - Boom Extension (Outer Boom)	R-Q51864478	\$ 705	6000	4	Cc
Cable Pulley, Hose Reel	R024222-001	\$ 639	6000	1	Cc
Pin - Guide Anchor (Power Guide Ass'y)	R-Q51388072	\$ 628	5000	2	Cc
Thrust Washer, 0.26	R137103	\$ 624	6000	1	Cc
Thrust Washer, 0.375	R134637	\$ 620	6000	1	Cc

Mount, Travelling Centralizer	R029700-001	\$ 592	6000	1	Cc
Support Post, Hose Reel Drum	R024200-001	\$ 550	6000	1	Cc
Bushing, Traveling Centralizer	R024272-001	\$ 548	4000	1	Cc
Thrust Washer, 0.22	R137102	\$ 542	6000	1	Cc
Tank Breather (Hyd. Tank)	R022268-001	\$ 89	1000	0.5	Cc
Spider Bearing	R206104	\$ 456	6000	2	Cc
Pin - Boom Lift & Boom Swing Cylinders	R136878	\$ 414	4000	4	Cc
Wear Block, Hose & Drill Cradles	R024166-001	\$ 361	6000	1	Cc
Water Pressure Gauge	R032293-002	\$ 361	6000	0.5	Cc
Air Pressure Gauge	R032292-002	\$ 361	6000	0.5	Cc
Contact Block 2NC-2NO	R134734	\$ 247	6000	0.5	Cc
Pin - (Power Guide Ass'y)	R-Q51614436	\$ 238	5000	2	Cc
Adjustment Nut	RB1016	\$ 208	4000	2	Cc
Relay (BR, WR, RR)	R001403-001	\$ 163	6000	0.5	Cc
Transmission Pressure Gauge	R391280-38	\$ 143	6000	0.5	Cc
Washer	R134686	\$ 127	6000	0.5	Cc
Bearing (Traveling Centralizer)	R003242-004	\$ 125	4000	1	Cc
Lock Nut	R100655	\$ 119	6000	0.5	Cc
Heater	R132324	\$ 95	6000	0.5	Cc
Transmission Breather (see FSL-1040)	R004502-027	\$ 16	1000	0.5	Cc
Light Switch	R116509-002	\$ 93	6000	1	Cc
Transmission Temperature Gauge	R391280-33	\$ 80	6000	0.5	Cc
Horn	R118587	\$ 76	6000	1	Cc
Gauge 100 psi (Return Press)	R105356	\$ 68	6000	0.5	Cc
Neutral Switch	R391016-35	\$ 65	6000	1	Cc
Engine Temperature Gauge	R025393-002	\$ 64	6000	1	Cc
Transmission Temperature Sender	R391280-11	\$ 30	6000	1	Cc

7.2. Criticidad

Tabla 9. Criticidad 4LD.

Costo	Criticidad 4LD		
	Ca	Cb	Cc
A	14	0	1
B	8	16	0
C	0	6	52

Tabla 10. Criticidad LT-1051.

Costo	Criticidad LT-1051		
	Ca	Cb	Cc
A	19	2	1
B	10	16	4
C	0	36	77

Tabla 11. Criticidad VR-II.

Costo	Criticidad VR-II		
	Ca	Cb	Cc

A	12	1	6
B	1	31	0
C	0	4	60

Tabla 12. Criticidad DR-2SB.

Costo	Criticidad DR2SB		
	Ca	Cb	Cc
A	15	2	5
B	0	28	3
C	0	5	45

7.3. Repuestos Críticos

Tabla 13. Número repuestos críticos 4LD.

4LD	λ 5 años	Td	0	1	2	3
R016910-117	1.67	0.33	0.574	0.893	0.981	0.997
R016910-118	1.67	0.33	0.574	0.893	0.981	0.997
R391347-1	0.78	0.33	0.770	0.971	0.998	1.000
R013006-026	0.62	0.33	0.814	0.982	0.999	1.000
R391016-111	0.50	0.33	0.846	0.988	0.999	1.000
R036454-002	0.33	0.33	0.895	0.994	1.000	1.000
R021255-022	0.33	0.33	0.895	0.994	1.000	1.000
R008902-003	0.33	0.33	0.895	0.994	1.000	1.000
R036453-003	0.20	0.33	0.936	0.998	1.000	1.000
R036455-003	0.20	0.33	0.936	0.998	1.000	1.000
R008903-010	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000
R008902-001	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000
R020291-001	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000
R038025-001	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000
R017258-001	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000
R007269-001	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000
R039774-001	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000
R039890-001	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000
R009524-018	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000
R039891-001	0.12	0.33	0.962	0.999	1.000	1.000

Tabla 14. Número repuestos críticos LT-1051

LT-1051	λ 5 años	Td	0	1	2	3
016970-021	0.78	0.33	0.77019534	0.9713019	0.99755748	0.99984268
391460-3	0.48	0.33	0.85119749	0.98833486	0.99938204	0.99997531
010223-001	0.48	0.33	0.85119749	0.98833486	0.99938204	0.99997531
010222-001	0.48	0.33	0.85119749	0.98833486	0.99938204	0.99997531
J391016-82	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
6K1150	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
6K1148	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
391447-10	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
391447-180	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
391447-40	0.53	0.33	0.83712843	0.98595126	0.99917996	0.99996388
6K1259	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
391005-36	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
010695-001	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
001286-001	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
6K7050-003	0.33	0.33	0.89483932	0.99426591	0.99978961	0.99999419
391188-48	0.25	0.33	0.92004441	0.99671478	0.99990938	0.99999812
J391118-24	0.20	0.33	0.93550699	0.99787412	0.99995302	0.99999922
015302-001	0.20	0.33	0.93550699	0.99787412	0.99995302	0.99999922
391447-40	0.53	0.33	0.83712843	0.98595126	0.99917996	0.99996388
002231-001	0.20	0.33	0.93550699	0.99787412	0.99995302	0.99999922
391329-51	0.20	0.33	0.93550699	0.99787412	0.99995302	0.99999922
391329-54	0.20	0.33	0.93550699	0.99787412	0.99995302	0.99999922
011003-001	0.20	0.33	0.93550699	0.99787412	0.99995302	0.99999922
014933-001	0.20	0.33	0.93550699	0.99787412	0.99995302	0.99999922
010290-007	0.12	0.33	0.96185758	0.99926315	0.99999048	0.99999991
010290-002	0.12	0.33	0.96185758	0.99926315	0.99999048	0.99999991
391016-231	0.12	0.33	0.96185758	0.99926315	0.99999048	0.99999991
009855-001	0.08	0.33	0.97260448	0.99962127	0.9999965	0.99999998
391016-247	0.08	0.33	0.97260448	0.99962127	0.9999965	0.99999998
015304-001	0.07	0.33	0.97802287	0.99975671	0.9999982	0.99999999
009915-001	0.07	0.33	0.97802287	0.99975671	0.9999982	0.99999999

Tabla 15. Número repuestos críticos VR-II

VR-II	λ 5 años	Td	0	1	2	3
R022268-001	0.08	0.33	0.97260448	0.99962127	0.9999965	0.99999998
R802390	0.08	0.33	0.97260448	0.99962127	0.9999965	0.99999998
R202153	0.08	0.33	0.97260448	0.99962127	0.9999965	0.99999998
R010726-007	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024487-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R013744-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024273-002	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R008975-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R032412-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R013384-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R206539-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R003234-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024170-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024164-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R011154-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R391008-76	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024159-002	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R017992-003	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R013630-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R014405-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R009000-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R013632-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024157-002	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R008999-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R008659-014	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R137045	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R006830-002	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024946-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R008997-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R022572-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R010614-002	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R010782-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R010501-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R010900-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R129279-002	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1

Tabla 16. Número repuestos críticos DR-2SB.

DR-2SB	λ 5 años	Td	0	1	2	3
R025873-001	0.32	0.33	0.89982448	0.99480595	0.99981887	0.99999525
R025874-001	0.32	0.33	0.89982448	0.99480595	0.99981887	0.99999525
R136961	0.08	0.33	0.97260448	0.99962127	0.9999965	0.99999998
R136959	0.08	0.33	0.97260448	0.99962127	0.9999965	0.99999998
R-Q51857134	0.08	0.33	0.97260448	0.99962127	0.9999965	0.99999998
R024273-002	0.05	0.33	0.98347145	0.99986264	0.99999924	1
R-Q51866077	0.05	0.33	0.98347145	0.99986264	0.99999924	1
R030190-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R007340-008	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R014979-002	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024170-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R134509	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R025843-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024198-002	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R025834-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R136905	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R136906	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R141835	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R139918	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R137240	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R137219	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R137217	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R137216	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R137214	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R137045	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R137043	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R136973	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R134499	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R024947-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R129279-002	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R028984-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R134307	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R019436-001	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1
R141552	0.02	0.33	0.99445985	0.99998462	0.99999997	1

7.4. Niveles de seguridad y costo global por año

7.4.1. 4LD

PART NUMBER	NS 1	CG 1	NS 2	CG2	NS 3	CG 3	NS 4	CG 4	NS 5	CG 5
R036899-101	1.0	2027.2	1.0	3421.5	1.0	4810.3	1.0	6151.6	1.0	7535.3
R036899-102	1.0	1217.3	1.0	2054.4	1.0	2888.4	1.0	3693.8	1.0	4524.6
R009524-023	2.2	1448.6	3.7	2434.8	5.1	3415.5	6.5	4662.3	8.0	5712.3
R136073	2.2	664.7	3.7	1117.2	5.1	1567.2	6.5	2139.3	8.0	2621.1
R009524-002	2.2	251.5	3.7	422.7	5.1	593.0	6.5	809.4	8.0	991.7
R009524-003	2.2	202.2	3.7	339.8	5.1	476.7	6.5	650.7	8.0	797.3
R016910-117	1.8	9711.3	2.3	16625.2	2.9	23483.1	3.6	33277.9	4.3	40598.0
R016910-118	1.8	9711.3	2.3	16625.2	2.9	23483.1	3.6	33277.9	4.3	40598.0
R039678-004	1.8	1929.3	2.3	3302.9	2.9	4665.4	3.6	6611.3	4.3	8065.6
R391048-2	1.8	1206.2	2.3	2064.9	2.9	2916.6	3.6	4133.1	4.3	5042.3
R039679-004	1.8	781.4	2.3	1337.8	2.9	1889.6	3.6	2677.7	4.3	3266.8
R039921-001	1.8	298.0	2.3	510.2	2.9	720.6	3.6	1021.2	4.3	1245.8
R391048-4	1.8	276.1	2.3	472.7	2.9	667.6	3.6	946.1	4.3	1154.2
R039678-101	1.8	226.5	2.3	387.8	2.9	547.8	3.6	776.3	4.3	947.1
R039679-100	1.8	199.1	2.3	340.8	2.9	481.4	3.6	682.2	4.3	832.2
R017116-101	1.8	145.0	2.3	248.1	2.9	350.5	3.6	496.7	4.3	606.0
R039678-100	1.8	17.1	2.3	29.3	2.9	41.4	3.6	58.6	4.3	71.5
R391054-99	1.1	350.9	1.6	613.8	2.5	874.1	3.4	1167.5	4.4	1405.4
R391054-83	1.1	209.5	1.6	366.5	2.5	521.9	3.4	697.1	4.4	839.1
R391347-1	0.9	2781.1	1.4	6180.5	1.4	7857.5	1.9	11890.7	2.2	14945.3
R391347-2	0.9	1804.7	1.4	4010.7	1.4	5098.9	1.9	7716.1	2.2	9698.3
R001411-003	0.9	760.9	1.4	1691.0	1.4	2149.9	1.9	3253.4	2.2	4089.1
R391032-224	0.9	743.3	1.4	1651.8	1.4	2100.0	1.9	3178.0	2.2	3994.4
R005342-009	0.9	311.4	1.4	692.0	1.4	879.8	1.9	1331.3	2.2	1673.3
R037844-001	0.9	271.1	1.4	602.4	1.4	765.9	1.9	1159.0	2.2	1456.8
R005342-013	0.9	241.4	1.4	536.5	1.4	682.1	1.9	1032.2	2.2	1297.3
R005342-012	0.9	197.8	1.4	439.6	1.4	558.9	1.9	845.8	2.2	1063.0
R005342-010	0.9	189.3	1.4	420.7	1.4	534.9	1.9	809.4	2.2	1017.3
R013006-026	0.8	2518.4	1.3	5917.3	1.3	8142.9	1.3	10606.6	2.1	15666.2
R391016-111	0.8	3068.4	0.9	5842.6	1.3	8568.4	1.8	12922.9	2.2	15394.7
R020291-016	0.8	603.0	0.9	1148.2	1.3	1684.0	1.8	2539.7	2.2	3025.5
R009142-009	0.8	161.2	0.9	306.9	1.3	450.2	1.8	678.9	2.2	808.8
R118587	0.8	77.0	0.9	146.6	1.3	214.9	1.8	324.2	2.2	386.2
R036701-003	0.8	58.5	0.9	111.5	1.3	163.5	1.8	246.5	2.2	293.7
R002436-001	0.8	9.1	0.9	17.3	1.3	25.4	1.8	38.3	2.2	45.6
R391016-229	0.8	8.8	0.9	16.8	1.3	24.7	1.8	37.2	2.2	44.3
R004012-081	0.8	4.5	0.9	8.5	1.3	12.4	1.8	18.8	2.2	22.4
R036454-002	0.0	-	0.9	8581.0	1.3	13857.6	1.2	17670.9	1.2	22456.3
R026938-002	0.0	-	0.9	4463.1	1.3	7207.5	1.2	9190.8	1.2	11679.8
R021255-022	0.0	-	0.9	4326.5	1.3	6986.9	1.2	8909.5	1.2	11322.3
R039775-001	0.0	-	0.9	4297.4	1.3	6939.9	1.2	8849.7	1.2	11246.2
R036593-001	0.0	-	0.9	2607.3	1.3	4210.5	1.2	5369.2	1.2	6823.2
R008903-002	0.0	-	0.9	1847.8	1.3	2984.1	1.2	3805.3	1.2	4835.8
R008902-003	0.0	-	0.9	1685.1	1.3	2721.2	1.2	3470.0	1.2	4409.8
R002005-001	0.0	-	0.9	1273.0	1.3	2055.7	1.2	2621.4	1.2	3331.3
R037700-001	0.0	-	0.9	1225.5	1.3	1979.0	1.2	2523.6	1.2	3207.0
R017359-001	0.0	-	0.9	1150.0	1.3	1857.2	1.2	2368.3	1.2	3009.7
R027457-001	0.0	-	0.9	1043.9	1.3	1685.7	1.2	2149.6	1.2	2731.7
R017970-001	0.0	-	0.9	817.2	1.3	1319.7	1.2	1682.9	1.2	2138.7
R017972-001	0.0	-	0.9	817.2	1.3	1319.7	1.2	1682.9	1.2	2138.7
R027139-116	0.0	-	0.9	616.1	1.3	995.0	1.2	1268.8	1.2	1612.3
R113821	0.0	-	0.9	414.6	1.3	669.5	1.2	853.8	1.2	1085.0

R116508-002	0.0	-	0.9	129.0	1.3	208.3	1.2	265.7	1.2	337.6
R035829-019	0.0	-	0.9	104.7	1.3	169.0	1.2	215.6	1.2	273.9
R037764-005	0.0	-	0.9	50.1	1.3	80.9	1.2	103.2	1.2	131.1
R391358-29	0.0	-	0.9	31.0	1.3	50.0	1.2	63.7	1.2	81.0
R037764-003	0.0	-	0.9	29.3	1.3	47.3	1.2	60.3	1.2	76.7
R037764-002	0.0	-	0.9	29.1	1.3	47.1	1.2	60.0	1.2	76.3
R012846-001	0.0	-	0.9	2263.0	0.6	1555.4	0.9	4025.9	1.2	4660.2
R032412-002	0.0	-	0.9	1775.6	0.6	1220.4	0.9	3158.9	1.2	3656.6
R036453-003	0.0	-	0.8	10253.6	0.6	10253.6	0.9	18111.9	1.2	26540.2
R036455-003	0.0	-	0.8	10253.6	0.6	10253.6	0.9	18111.9	1.2	26540.2
R035812-001	0.0	-	0.8	2064.5	0.6	2064.5	0.9	3646.7	1.2	5343.7
R035813-001	0.0	-	0.8	1204.0	0.6	1204.0	0.9	2126.8	1.2	3116.4
R036703-001	0.0	-	0.8	1149.6	0.6	1149.6	0.9	2030.6	1.2	2975.6
R036702-001	0.0	-	0.8	724.5	0.6	724.5	0.9	1279.7	1.2	1875.2
R036705-001	0.0	-	0.8	673.4	0.6	673.4	0.9	1189.5	1.2	1743.1
R036751-001	0.0	-	0.8	672.7	0.6	672.7	0.9	1188.3	1.2	1741.2
R036704-001	0.0	-	0.8	619.0	0.6	619.0	0.9	1093.4	1.2	1602.2
R037664-002	0.0	-	0.8	450.1	0.6	450.1	0.9	795.1	1.2	1165.1
R391403-261	0.0	-	0.8	227.1	0.6	227.1	0.9	401.2	1.2	587.9
R036701-002	0.0	-	0.8	59.0	0.6	59.0	0.9	104.2	1.2	152.7
R036701-001	0.0	-	0.8	47.0	0.6	47.0	0.9	83.0	1.2	121.7
R008903-010	0.0	-	0.0	-	0.9	147803.1	0.6	137201.1	0.6	137201.1
R008902-001	0.0	-	0.0	-	0.9	80077.0	0.6	74333.1	0.6	74333.1
R020291-001	0.0	-	0.0	-	0.9	70075.0	0.6	65048.5	0.6	65048.5
R038025-001	0.0	-	0.0	-	0.9	40788.7	0.6	37862.9	0.6	37862.9
R017258-001	0.0	-	0.0	-	0.9	27181.9	0.6	25232.1	0.6	25232.1
R007269-001	0.0	-	0.0	-	0.9	17003.4	0.6	15783.7	0.6	15783.7
R039774-001	0.0	-	0.0	-	0.9	10436.6	0.6	9687.9	0.6	9687.9
R039890-001	0.0	-	0.0	-	0.9	7930.1	0.6	7361.3	0.6	7361.3
R014904-003	0.0	-	0.0	-	0.9	7251.2	0.6	6731.1	0.6	6731.1
R009524-018	0.0	-	0.0	-	0.9	5166.8	0.6	4796.2	0.6	4796.2
R039891-001	0.0	-	0.0	-	0.9	4889.0	0.6	4538.3	0.6	4538.3
R040006-001	0.0	-	0.0	-	0.9	4437.5	0.6	4119.2	0.6	4119.2
R135824	0.0	-	0.0	-	0.9	695.7	0.6	645.8	0.6	645.8
R039954-001	0.0	-	0.0	-	0.9	404.9	0.6	375.9	0.6	375.9
R391492-1	0.0	-	0.0	-	0.9	224.1	0.6	208.0	0.6	208.0
R037762-001	0.0	-	0.0	-	0.9	47.9	0.6	44.5	0.6	44.5
R391422-1	0.0	-	0.0	-	0.9	28.6	0.6	26.6	0.6	26.6
R140696	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.9	200.6	0.5	138.0
R039607-001	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.9	10850.9
R039606-001	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.9	9243.5
R039611-001	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.9	3612.4
R039610-001	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.9	2210.8
R039609-001	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.9	1763.8
R039608-001	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.9	1303.0

7.4.2. LT-1051

PART NUMBER	NS 1	CG 1	NS 2	CG 2	NS 3	CG 3	NS 4	CG 4	NS 5	CG 5
J391081-31	1	1425	1	2274	1	3198	1	4119	1	4962
J391081-32	1	1029	1	1643	1	2310	1	2975	1	3584
391210-32	1	103	1	174	2	243	4	313	5	377
391210-21	1	201	1	338	2	474	4	610	5	734
006737-003	1	386	1	649	2	910	4	1170	5	1409
391299-22	1	1419	1	2386	2	3346	4	4304	5	5181
014843-001	1	8161	1	13717	2	19242	4	24750	5	29788
012276-001	2	493	2	872	3	1229	6	1585	8	1920

391033-69	1	2218	1	4313	2	6093	2	7864	3	9630
012276-001	2	493	2	872	3	1229	6	1585	8	1920
009553-001	1	788	1	1532	2	2164	2	2794	3	3421
004502-027	1	51	1	100	2	141	2	182	3	223
391048-9	1	182	1	355	2	501	2	646	3	792
391093-1	1	1143	1	2223	2	3140	2	4053	3	4963
802390	1	192	1	374	2	528	2	681	3	834
391048-4	1	243	1	473	2	668	2	862	3	1055
248142	1	131	1	251	1	409	1	487	2	643
011670-001	1	923	1	1771	1	2885	1	3438	2	4538
001715-001	1	920	1	1765	1	2874	1	3425	2	4521
004028-002	1	688	1	1321	1	2151	1	2563	2	3384
391074-13	1	3	1	6	1	9	1	11	2	15
391358-28	1	46	1	89	1	144	1	172	2	227
016970-021	1	2870	1	5508	1	8970	1	10688	2	14110
009335-003	1	209	1	274	1	465	1	592	2	843
J391210-64	0	93	1	333	1	488	2	642	2	795
010291-001	0	540	1	1925	1	2822	2	3712	2	4596
391460-2	0	738	1	2634	1	3863	2	5080	2	6290
391460-3	0	1007	1	3591	1	5266	2	6926	2	8576
010223-001	0	1394	1	4973	1	7293	2	9591	2	11877
010222-001	0	1224	1	4365	1	6401	2	8419	2	10425
010221-001	0	707	1	2520	1	3696	2	4861	2	6020
391460-36	0	243	1	867	1	1272	2	1673	2	2071
010953-032	0	122	1	435	1	639	2	840	2	1040
010953-031	0	180	1	641	1	940	2	1237	2	1532
391027-3	0	167	1	594	1	871	2	1146	2	1419
3B0063	0	9	1	33	1	49	2	64	2	79
6K1151	0	163	1	582	1	854	2	1123	2	1391
143704	0	23	1	83	1	121	2	160	2	198
120676	0	44	1	157	1	231	2	304	2	376
391053-29	0	2	1	9	1	13	2	17	2	21
118587	0	41	1	147	1	215	2	283	2	350
391220-13	0	14	1	51	1	74	2	98	2	121
001316-001	0	151	1	538	1	789	2	1038	2	1285
391227-4	0	17	1	59	1	87	2	114	2	142
391220-5	0	286	1	1021	1	1498	2	1970	2	2439
391162-10	0	5	1	16	1	24	2	31	2	39
391048-2	0	175	1	625	1	917	2	1206	2	1494
002436-001	0	-	1	17	1	21	1	29	1	37
J103522	0	-	1	12	1	14	1	20	1	25
391016-229	0	-	1	17	1	21	1	29	1	36
391460-32	0	-	1	691	1	853	1	1173	1	1491
391008-70	0	-	2	5276	2	8592	2	8592	2	11878
J391016-82	0	-	1	9314	1	15041	1	15041	1	20699
391057-3	0	-	1	646	1	1043	1	1043	1	1436
391044-13	0	-	2	1124	2	1830	2	1830	2	2530
6K1150	0	-	1	10855	1	17529	1	17529	1	24122
6K1148	0	-	1	21590	1	34866	1	34866	1	47979
391447-10	0	-	1	4361	1	7043	1	7043	1	9692
391447-180	0	-	1	4798	1	7749	1	7749	1	10663
391447-40	0	-	1	4228	1	8156	1	8156	2	12033
391447-60	0	-	1	2539	1	4101	1	4101	1	5643
6K1259	0	-	1	18683	1	30172	1	30172	1	41520
6K1118	0	-	1	817	1	1319	1	1319	1	1815
391005-36	0	-	1	6117	1	9878	1	9878	1	13594
013078-001	0	-	1	1663	1	2686	1	2686	1	3696
391044-13	0	-	2	1124	2	1830	2	1830	2	2530

391358-23	0	-	1	155	1	251	1	251	1	345
391358-22	0	-	1	148	1	240	1	240	1	330
6K1256	0	-	1	599	1	967	1	967	1	1331
015371-001	0	-	1	3378	1	5456	1	5456	1	7508
016055-001	0	-	1	2379	1	3842	1	3842	1	5287
391008-70	0	-	2	5276	2	8592	2	8592	2	11878
010695-001	0	-	1	19784	1	31949	1	31949	1	43966
391096-7	0	-	1	2517	1	4064	1	4064	1	5593
6K1281	0	-	1	76	1	122	1	122	1	168
6K1149	0	-	1	366	1	591	1	591	1	814
6K1255	0	-	1	514	1	830	1	830	1	1143
391358-26	0	-	1	62	1	100	1	100	1	138
391358-25	0	-	1	118	1	190	1	190	1	261
391126-1	0	-	1	301	1	487	1	487	1	670
J391388-3	0	-	1	1649	1	2664	1	2664	1	3666
391303-35	0	-	1	1434	1	2316	1	2316	1	3187
001286-001	0	-	1	5585	1	9019	1	9019	1	12411
116508	0	-	1	72	1	116	1	116	1	160
802723	0	-	1	188	1	304	1	304	1	418
142788	0	-	1	146	1	235	1	235	1	323
141908	0	-	1	116	1	187	1	187	1	258
001218-002	0	-	1	30	1	48	1	48	1	67
001218-004	0	-	1	34	1	55	1	55	1	76
391470-3	0	-	1	1929	1	3115	1	3115	1	4287
002297-001	0	-	1	907	1	1465	1	1465	1	2015
113821	0	-	1	415	1	670	1	670	1	921
001979-003	0	-	1	169	1	273	1	273	1	376
391358-29	0	-	1	31	1	50	1	50	1	69
J391280-37	0	-	1	114	1	184	1	184	1	253
001973-001	0	-	1	173	1	279	1	279	1	383
391280-1	0	-	1	129	1	208	1	208	1	286
391280-38	0	-	1	212	1	342	1	342	1	471
391280-32	0	-	1	51	1	83	1	83	1	114
391280-30	0	-	1	124	1	200	1	200	1	275
391053-28	0	-	1	46	1	75	1	75	1	103
116510	0	-	1	46	1	75	1	75	1	103
001412-001	0	-	1	238	1	384	1	384	1	528
001411-001	0	-	1	612	1	988	1	988	1	1360
001404-001	0	-	1	70	1	112	1	112	1	155
001403-001	0	-	1	80	1	129	1	129	1	178
391280-10	0	-	1	86	1	139	1	139	1	192
391280-14	0	-	1	122	1	196	1	196	1	270
391280-8	0	-	1	106	1	172	1	172	1	237
138204	0	-	1	201	1	325	1	325	1	447
391280-11	0	-	1	44	1	72	1	72	1	98
391210-172	0	-	1	447	1	723	1	723	1	994
138423	0	-	1	243	1	392	1	392	1	540
109372	0	-	1	32	1	52	1	52	1	71
002027-001	0	-	1	182	1	294	1	294	1	405
114436	0	-	1	206	1	333	1	333	1	458
001978-001	0	-	1	305	1	493	1	493	1	678
391220-27	0	-	1	59	1	95	1	95	1	131
016970-024	0	-	1	3658	1	5908	1	5908	1	8130
016970-037	0	-	1	31	1	51	1	51	1	70
6K7050-003	0	-	1	4922	1	7948	1	7948	1	10938
016970-020	0	-	1	244	1	394	1	394	1	543
009335-002	0	-	1	111	1	179	1	179	1	247
391249-30	0	-	1	4505	1	7275	1	7275	1	10011

207327-024	0	-	1	2234	1	0	1	3608	1	4966
391188-48	0	-	1	7392	1	5081	1	11938	1	11938
001416-001	0	-	1	141	1	97	1	227	1	227
391403-259	0	-	1	339	1	233	1	548	1	548
001506-001	0	-	1	160	1	110	1	259	1	259
391403-260	0	-	1	343	1	236	1	554	1	554
391403-266	0	-	1	141	1	97	1	227	1	227
391403-261	0	-	1	330	1	227	1	534	1	534
391403-267	0	-	1	115	1	79	1	186	1	186
J391118-24	0	-	0	1255	1	3421	1	3421	1	5525
015302-001	0	-	0	1216	1	3313	1	3313	1	5350
391447-40	0	-	1	4228	1	8156	1	8156	2	12033
002231-001	0	-	0	11807	1	32177	1	32177	1	51964
391329-51	0	-	0	7492	1	20417	1	20417	1	32972
391329-54	0	-	0	7512	1	20472	1	20472	1	33060
007083-001	0	-	0	359	1	977	1	977	1	1578
391028-1	0	-	0	22	1	60	1	60	1	98
011003-001	0	-	0	9858	1	26866	1	26866	1	43386
391070-89	0	-	0	554	1	1510	1	1510	1	2438
391110-2	0	-	0	119	1	325	1	325	1	525
014933-001	0	-	0	4602	1	12543	1	12543	1	20255
144580	0	-	0	29	1	79	1	79	1	128
144581	0	-	0	48	1	131	1	131	1	211
144558	0	-	0	37	1	102	1	102	1	164
144559	0	-	0	21	1	56	1	56	1	91
142650	0	-	0	2	1	6	1	6	1	10
135824	0	-	0	255	1	696	1	696	1	1123
391091-14	0	-	0	42	1	115	1	115	1	186
010290-007	0	-	0	-	1	13818	1	9497	1	9497
010290-002	0	-	0	-	1	17707	1	12170	1	12170
391016-231	0	-	0	-	1	27782	1	19095	1	19095
207093-001	0	-	0	-	1	1874	1	1288	1	1288
010838-001	0	-	0	-	1	1650	1	1134	1	1134
6K6410	0	-	0	-	1	5806	1	3990	1	3990
010290-003	0	-	0	-	0	-	1	9900	1	6804
009855-001	0	-	0	-	0	-	1	108636	1	74666
391016-247	0	-	0	-	0	-	1	134368	1	92352
015304-001	0	-	0	-	0	-	0	39503	1	107651
009915-001	0	-	0	-	0	-	0	19831	1	54043
010837-001	0	-	0	-	0	-	0	1406	1	3832
010835-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	12299

7.4.3. VR-II

PART NUMBER	NS 1	CG 1	NS 2	CG 2	NS 3	CG 3	NS 4	CG 4	NS 5	CG 5
R104727	1	4098	1	7953	1	11134	2	13667	1	16823
86309317	1	1359	1	2637	1	3691	2	4531	1	5577
R205032-002	1	962	1	1866	1	2612	2	3207	1	3947
R010782-048	1	253	1	492	1	688	2	845	1	1040
R391048-4	1	210	1	407	1	570	2	700	1	862
R021774-012	1	177	1	344	1	482	2	592	1	728
R008766-001	1	168	1	327	1	457	2	561	1	691
R201726	1	166	1	322	1	451	2	553	1	681
R003444-001	1	137	1	265	1	371	2	456	1	561
R200607	1	129	1	250	1	350	2	429	1	528
R021774-013	1	118	1	229	1	320	2	393	1	484
R004502-027	1	44	1	86	1	121	2	148	1	182

R202749	1	215	1	347	1	608	1	672	1	865
R200558	1	3	1	5	1	9	1	10	1	13
R024258-002	0	147	1	276	1	525	1	648	1	892
R024257-002	0	144	1	270	1	514	1	634	1	872
R138369	0	55	1	103	1	196	1	241	1	332
R022268-001	0	48	1	90	1	172	1	212	1	291
R802390	0	32	1	59	1	113	1	140	1	192
R202153	0	12	1	22	1	42	1	52	1	72
R010726-007	0	-	0	932	0	932	1	2539	1	2539
R024487-001	0	-	0	338	0	338	1	920	1	920
R011565-001	0	-	0	229	0	229	1	625	1	625
R013744-001	0	-	0	653	0	653	1	1779	1	1779
R008437-001	0	-	0	-	1	537	0	287	1	537
R012206-001	0	-	0	-	1	306	0	163	1	306
R012205-001	0	-	0	-	1	48	0	26	1	48
R024273-002	0	-	0	-	0	-	1	15709	0	8387
R024271-001	0	-	0	-	0	-	1	752	0	402
R024272-001	0	-	0	-	0	-	1	570	0	304
R105187	0	-	0	-	0	-	1	443	0	237
R013747-001	0	-	0	-	0	-	1	81	0	43
R014340-001	0	-	0	-	0	-	1	20	0	10
R104381	0	-	0	-	0	-	1	27	0	15
R134044	0	-	0	-	0	-	1	8	0	4
R008975-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	4528
R032412-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	3845
R013384-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	3760
R206539-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1414
R008978-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	786
R008658-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	433
R008963-002	0	-	0	-	0	-	0	-	1	857
R008984-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	840
R008976-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	299
R008924-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1114
R009029-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	549
R008957-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	499
R008921-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	245
R009032-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	374
R013784-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	183
R012274-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	283
R008964-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	249
R009295-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	284
R003234-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	4691
R024170-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2386
R024164-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1692
R011154-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2637
R391008-76	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1029
R024198-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	869
R009040-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	848
R008968-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	759
R010726-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	712
R008914-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	699
R391303-35	0	-	0	-	0	-	0	-	0	526
R024159-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1960
R139846	0	-	0	-	0	-	0	-	0	480
R008970-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	479
R008969-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	433
R008913-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	426
R024222-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	355

R029700-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	329
R024200-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	305
R008978-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	786
R019427-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	284
R009027-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	244
R008972-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	238
R009011-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	420
R009011-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	420
R129945	0	-	0	-	0	-	0	-	0	440
R020618-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	210
R032294-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	391
R032292-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	195
R032293-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	195
R106334	0	-	0	-	0	-	0	-	0	390
R-Q51388072	0	-	0	-	0	-	0	-	0	170
R008932-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	333
R129967	0	-	0	-	0	-	0	-	0	329
R129963	0	-	0	-	0	-	0	-	0	308
R018204-101	0	-	0	-	0	-	0	-	0	144
R008955-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	138
R032295-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	135
R008952-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	524
R013399-101	0	-	0	-	0	-	0	-	0	111
R013400-101	0	-	0	-	0	-	0	-	0	111
R391280-38	0	-	0	-	0	-	0	-	0	78
R207203-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	73
R134734	0	-	0	-	0	-	0	-	0	134
R129962	0	-	0	-	0	-	0	-	0	132
R142788	0	-	0	-	0	-	0	-	0	53
R132324	0	-	0	-	0	-	0	-	0	51
R100569	0	-	0	-	0	-	0	-	0	189
R106493	0	-	0	-	0	-	0	-	0	95
R118587-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	47
R391280-30	0	-	0	-	0	-	0	-	0	45
R141908	0	-	0	-	0	-	0	-	0	43
R024166-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	200
R391280-10	0	-	0	-	0	-	0	-	0	32
R001403-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	59
R116557	0	-	0	-	0	-	0	-	0	159
R116509-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	50
R391280-11	0	-	0	-	0	-	0	-	0	16
R001218-004	0	-	0	-	0	-	0	-	0	37
R100819	0	-	0	-	0	-	0	-	0	23
R109367	0	-	0	-	0	-	0	-	0	21
R391410-6	0	-	0	-	0	-	0	-	0	3
R017992-003	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R013630-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R014405-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R009000-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R013632-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R024157-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R008999-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R008659-014	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R137045	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R006830-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R024946-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R008997-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R022572-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-

R-Q51857209	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R024947-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R019222-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134591	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R105331	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R020574-014	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R126163	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R031655-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134499	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391347-2	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R116115	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R123904	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010614-003	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391371-1	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R021272-013	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R125232	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R119094	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R009444-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R106394	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R135824	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134669	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R139791	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R002548-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R136191	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391403-262	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391403-263	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R130239	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R020574-010	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R106395	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R136196	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010614-007	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R001506-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R001416-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R112079	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391280-1	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R120676	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391403-267	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R116508	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R104466	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R132322	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R116510	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R107548	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R101342	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010614-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010782-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R008690-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010500-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010502-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R006476-065	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010501-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R129468	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391008-62	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R126212	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R103483	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010900-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010954-004	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010726-006	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134716	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-

R134718	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R104821	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R102699	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R008155-011	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R129279-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R008155-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-

7.4.4. DR-2SB

PART NUMBER	NS 1	CG 1	NS 2	CG 2	NS 3	CG 3	NS 4	CG 4	NS 5	CG 5
86309325	1	3374	1	6547	1	9165	1	11250	1	13848
R104727	1	1400	1	2717	1	3804	1	4669	1	5748
86309317	1	1359	1	2637	1	3691	1	4531	1	5577
R205032-002	1	986	1	1913	1	2678	1	3287	1	4046
R014979-015	1	429	1	833	1	1166	1	1431	1	1761
R020777-019	1	204	1	395	1	553	1	679	1	836
R021776-010	1	179	1	348	1	487	1	598	1	736
R139297-013	1	154	1	299	1	418	1	513	1	632
R014979-013	1	154	1	299	1	418	1	513	1	632
R204291	1	150	1	291	1	408	1	500	1	616
R200607	1	132	1	256	1	358	1	440	1	541
R021776-011	1	111	1	216	1	302	1	371	1	457
R025873-001	0	382	0	715	0	1362	0	1680	0	2312
R025874-001	0	340	0	636	0	1212	0	1495	0	2058
R024258-002	0	147	0	276	0	525	0	648	0	892
R024257-002	0	144	0	270	0	514	0	634	0	872
R202749	0	162	0	303	0	577	0	712	0	980
R138369	0	112	0	211	0	401	0	495	0	681
R022268-001	0	49	0	92	0	176	0	217	0	299
R136281	0	73	0	136	0	259	0	320	0	440
R004502-027	0	9	0	16	0	31	0	38	0	53
R024487-001	0	-	0	338	0	920	0	1204	0	1486
R136961	0	-	0	-	0	2361	0	1261	0	2361
R136959	0	-	0	-	0	2839	0	1516	0	2839
R024487-001	0	-	0	-	0	707	0	2857	0	12572
R008437-001	0	-	0	-	0	5351	0	546	0	1023
R-Q51864965	0	-	0	-	0	1023	0	8387	0	15709
R-Q51857134	0	-	0	-	0	15709	0	3577	0	6700
R018245-001	0	-	0	-	0	-	0	1093	0	1093
R024273-002	0	-	0	-	0	-	0	1952	0	1042
R-Q51866077	0	-	0	-	0	-	0	752	0	402
R134621	0	-	0	-	0	-	0	570	0	304
R024499-001	0	-	0	-	0	-	0	430	0	230
R024271-001	0	-	0	-	0	-	0	1025	0	547
R024272-001	0	-	0	-	0	-	0	130	0	70
R136878	0	-	0	-	0	-	0	1474	0	787
R008000-001	0	-	0	-	0	-	0	216	0	115
R003242-004	0	-	0	-	0	-	0	991	0	529
R-Q51088631	0	-	0	-	0	-	0	1543	0	824
RB1016	0	-	0	-	0	-	0	-	0	348
R020777-015	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1212
R-Q51856565	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1183
R-Q51388072	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2295
R018257-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	247
R137012-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	26716
R-Q51856573	0	-	0	-	0	-	0	-	0	17219
R-Q51614436	0	-	0	-	0	-	0	-	0	4642

R030190-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2386
R007340-008	0	-	0	-	0	-	0	-	0	3624
R014979-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1692
R024170-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	3342
R134509	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2631
R024164-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	869
R025843-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	773
R024198-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1539
R024198-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	724
R134570	0	-	0	-	0	-	0	-	0	648
R018361-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	5073
R014543-012	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1254
R134622	0	-	0	-	0	-	0	-	0	543
R025834-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	539
R021506-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	983
R134620	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1960
R391303-35	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1838
R139846	0	-	0	-	0	-	0	-	0	3076
R024159-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	753
R-Q51384253	0	-	0	-	0	-	0	-	0	727
R136905	0	-	0	-	0	-	0	-	0	355
R134636	0	-	0	-	0	-	0	-	0	329
R024222-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1172
R024222-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	572
R029700-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	4150
R024200-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	832
R024200-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	750
R136906	0	-	0	-	0	-	0	-	0	200
R134664	0	-	0	-	0	-	0	-	0	200
R032294-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	391
R032293-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	347
R032292-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	344
R-Q51864478	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1286
R137103	0	-	0	-	0	-	0	-	0	301
R134637	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1106
R136880	0	-	0	-	0	-	0	-	0	253
R137102	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1748
R032295-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	80
R206104	0	-	0	-	0	-	0	-	0	137
R-Q51856680	0	-	0	-	0	-	0	-	0	913
R391280-38	0	-	0	-	0	-	0	-	0	53
R134734	0	-	0	-	0	-	0	-	0	44
R004817-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1383
R132324	0	-	0	-	0	-	0	-	0	42
R391280-33	0	-	0	-	0	-	0	-	0	36
R137416	0	-	0	-	0	-	0	-	0	36
R118587	0	-	0	-	0	-	0	-	0	70
R391016-35	0	-	0	-	0	-	0	-	0	200
R025393-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	66
R134686	0	-	0	-	0	-	0	-	0	90
R024166-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	52
R100655	0	-	0	-	0	-	0	-	0	38
R001403-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	17
R116509-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	43
R105356	0	-	0	-	0	-	0	-	0	124
R391280-11	0	-	0	-	0	-	0	-	0	124
R391403-267	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391403-263	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-

R391403-262	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391347-2	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391280-1	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R205933	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R205223-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R205214	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R141835	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R139918	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R138073	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R137240	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R137219	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R137217	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R137216	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R137214	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R137046	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R137045	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R137043	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R136974	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R136973	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R136274	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R136196	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R136191	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R135824	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R135004	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R135002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134669	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134567	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134499	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R132322	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R130239	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R126163	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R125232	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R123904	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R120676	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R119094	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R116510	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R116508	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R116115	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R112061	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R108569	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R107548	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R106972	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R106395	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R106394	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R105331	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R104466	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R101342	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R030044-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R024947-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R024946-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R024157-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R021272-013	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R020574-014	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R020574-010	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R019222-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R018218-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010541-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R009444-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-

R006623-003	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R001506-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R001416-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R001412-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391008-62	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R129468	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R129279-002	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R126212	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R022573-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010502-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010499-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R-Q51856722	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R-Q51856714	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R-Q51856706	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R-Q51856672	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R391410-6	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134718	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134716	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134624	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R104821	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R102699	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R028984-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010954-004	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R134307	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R019436-001	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R141552	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
R010501-001	0	-	0	-	0	-	0	-	1	-
R103483	0	-	0	-	0	-	0	-	2	-
R029980-001	0	-	0	-	0	-	0	-	3	-