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

AUMENTO DE VIDA ÚTIL DE LOS NEUMÁTICOS PARA LA FLOTA DE TRANSPORTE DE MINERA CENTINELA.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERIO CIVIL DE MINAS.

JUAN IGNACIO MORALES NAVARRO.

PROFESOR GUÍA:
HANS GÖPFERT HIELBIG.

PROFESOR CO-GUÍA:
LUIS ORELLANA ESPINOZA

COMISIÓN:
CRISTIAN OLIVARES TSCHEREBILO.

SANTIAGO DE CHILE
2020

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE: Ingeniero Civil de Minas.
POR: Juan Ignacio Morales Navarro.
FECHA: 2020.
PROFESOR GUÍA: Hans Göpfert Hielbig.

AUMENTO DE VIDA ÚTIL DE LOS NEUMÁTICOS PARA LA FLOTA DE TRANSPORTE DE MINERA CENTINELA.

El presente trabajo muestra estrategias desarrolladas en Minera Centinela, una de las cuatro Mineras que forman parte de Antofagasta Minerals PLC, durante el año 2019 para lograr un aumento de la vida útil de los neumáticos de la flota de transporte. Debido a que los targets de horas de vida útil que estableció Minera Centinela para los neumáticos de sus flotas de transporte del año 2018 no fueron cumplidos, por ninguna familia de neumáticos de sus diferentes flotas de camiones.

Para abordar la problemática se plantea realizar un análisis de los rendimientos de los neumáticos durante el 2018, con los resultados se planea una división de los temas en pilares:

- **Caminos:** Monitoreando el sistema RACK-BIAS-PITCH de los camiones Caterpillar, para seguir los estados de los caminos, hacer seguimiento de la utilización de los equipos de servicios que mantienen los caminos y finalmente realizar mejoras en estándar de rutas.
- **Practicas operacionales:** Mediante el uso de sistema RACK-BIAS-PITCH se realizará un seguimiento semanal de los operadores, también se toma todas las recomendaciones realizadas por los fabricantes de los neumáticos, para la elaboración de un manual de buenas prácticas operacionales para todos los miembros de la Gerencia Mina.
- **Operación neumático:** Realizar un estudio de Toneladas por Kilometro por Hora (TKPH) para todos los modelos de camiones que son operados por Minera Centinela en todas las rutas que estos realizan.
- **Modelo de negocio:** Realizar pruebas de TKPH con neumáticos Michelin y comparar su desempeño con los Bridgestone.

Con la disminución de los eventos Rack-Bias-Pitch, la actualización del estándar de rutas, la elaboración de manual de buenas prácticas y los estudios de TKPH. los resultados del estudio evidencian que se logra una disminución en los neumáticos dados de bajas por temas operacionales, el cual era el principal motivo de baja durante el 2018; por otra parte, se logra un aumento en la vida útil de los neumáticos de los KOM 930 en un 1% y para la flota CAT 793 de un 6,5%, sin embargo, para los CAT 797 se obtiene una disminución de un 3% de la vida útil. Con la variación en el desempeño de los neumáticos para las diferentes flotas se tiene un ahorro de 6.242 dólares hasta septiembre del 2019.

Se deben seguir concentrando los esfuerzos en erradicar las bajas térmicas dadas en la flota CAT 797 y disminuir las bajas operacionales para todas las flotas, ya que este motivo sigue obteniendo un porcentaje importante en todas las flotas.

Abstract.

This work shows strategies developed in Minera Centinela, one of the four Miners that are part of Antofagasta Minerals PLC, during 2019 to achieve an increase in the life of the transport fleet tires. Because the time-of-life targets that Minera Centinela set for the tires of its 2018 transport fleets were not met, , by no tire family of its different truck fleets.

Considering the future expansions of the mine, the tires will be subjected to increased stress, which is why it is essential to generate improvements that will lead to an increase in tire life for the coming years.

To address the problem, it is proposed to carry out an analysis of tire performance during 2018; with the results, a division of the topics into pillars is planned:

- **Roads:** Monitoring the RACK-BIAS-PITCH system of Caterpillar trucks, to track the states of the roads, track the utilization of road-keeping service teams and finally make improvements to route standards.

- **Operational practices:** The use of RACK-BIAS-PITCH system will carry out a weekly monitoring of operators; it also takes all the recommendations made by the tire manufacturers, for the development of a manual of good operational practices for all members of the Mina Management.

- **Tire Operation:** Perform a study of Tons per Kilometer per Hour (TKPH) for all truck models that are operated by Minera Centinela in all routes that they perform.

- **Business model:** Test TKPH with Michelin tires and compare their performance with Bridgestone tires.

With the decrease of Rack-Bias-Pitch events, the updating of the route standard, the elaboration of manual good practices and the studies of TKPH. The results of the study show that a decrease in tires discharged by operational issues is achieved, which was the main reason for retirement during 2018; KOM 930 tire life is increased by 1% and for the CAT 793 fleet of 6.5%, however, for cat 797 you get a 3% decrease in service life. With the variation in tire performance for different fleets, you have a saving of 6.242 dollars through September 2019.

Efforts should continue to be concentrated on eradicating thermal losses in the CAT797 fleet and reducing operational losses for all fleets, since this reason continues to obtain a significant percentage in all fleets.

Agradecimientos.

Quiero agradecer en especial a mi madre, puesto que ella se ha sacrificado demasiado para que yo pudiese convertirme en un profesional, ya que ella no pudo, además la persona que soy ahora se lo debo a ella en su totalidad. Porque ella hizo todo lo posible para que yo tuviera las mejores formaciones académicas y fuera como ella dice “una persona educada en la vida, no solo en el ámbito académico, sino que también social” y por lo cual el cumplir esta meta, es todo gracias a ella.

Por otro lado, también este logro también es gracias a mi padre, aunque este no me haya criado junto a él, gracias a su ayuda desde el punto de vista financiero para poder estudiar en esta universidad.

Gracias a mis amigos del colegio y de la vida: Cata, Cheli, Feña, Jano, Nicole, Pipe, Ramiro, Repollo y Sofi; ya que ellos me han dado su apoyo y animo en los momentos de flaqueza y siempre han estado para brindarme su ayuda en todo lo que necesitase.

Gracias primo Nico, aunque ya partiste de esta tierra, sé que desde el cielo me estas guiando para poder convertirme en ingeniero.

Muchas gracias a Minera Centinela, en especial a la Superintendencia de Servicios Mina de la Gerencia Mina, desde el líder de este equipo Manuel Cortes (Superintendente), en especial a José López el administrador y supervisor de servicios mina junto a quien desarrolle mi trabajo, también gracias a todos los jefes de turno de servicios, también a los supervisores de servicios eléctricos, ya que todos ellos me enseñaron la minería en terreno, la cual es diferente a la que está plasmada en los papeles, gracias a este gran equipo por recibirme y tener la buena disposición de responder todas mis dudas y ayudarme en todo lo que les pidiese.

Finalmente quiero agradecer a todos los profesores de esta gloriosa universidad y a todos los amigos que fui haciendo durante lo largo de mi carrera ya que todos ellos me dejaron grandes enseñanzas y me llevo los mejores recuerdos de todos, aunque a más de algún profesor critique por alguna nota, sé que estaban haciendo su trabajo y me estaban enseñando, para así poder convertirme en un gran ingeniero.

Tabla de contenido.

1 Introducción. 1

1.1 Problemática. 2

1.2 Objetivos. 3

1.2.1 Objetivo Principal. 3

1.2.2 Objetivos específicos. 3

1.3 Alcances. 4

2 Antecedentes. 4

2.1 Descripción de la empresa. 4

2.1.1 Proceso productivo cátodos de cobre de Centinela. 6

2.1.2 Proceso productivo concentrado de cobre de Centinela. 6

2.1.3 Reseña Histórica de Minera Centinela. 7

2.1.4 Área de Trabajo. 8

2.2 Neumáticos OTR (Off the Road). 9

2.2.1 Partes de un neumático. 10

2.2.2 Tipos de construcciones de los neumáticos. 11

2.2.2.1 Neumáticos macizos. 11

2.2.2.2 Neumáticos convencionales. 11

2.2.2.3 Neumáticos radiales. 12

2.2.2.4 Neumáticos Radial Tubeless. 12

2.2.3 Tipos de goma. 13

2.2.3.1 Gomas Michelin 13

2.2.3.2 Goma Bridgestone. 13

2.2.4 Clasificación de los neumáticos. 14

2.2.4.1 Según su relación de aspecto. 14

2.2.4.1.1 Neumáticos estándar (serie 100). 14

2.2.4.1.2 Neumáticos anchos (serie 90). 15

2.2.4.1.3 Neumáticos anchos (serie 80). 15

2.2.4.1.4 Neumáticos anchos (serie 65). 16

2.2.4.2 Según los códigos de uso normalizado. 16

2.2.4.3 Profundidades de cocadas o altura de banda de rodado 16

2.2.5 Marcaciones de los neumáticos. 17

2.2.5.1 Neumáticos diagonales. 18

2.2.5.2 Otros marcados posibles. 18

2.2.5.3 Arquitecturas de la zona baja (contacto con el aro). 19

2.2.5.4 Simbología de marcado de neumáticos general. 20

2.2.6 Funcionamiento de un neumático. 20

2.2.6.1 Principales causas de deterioro de neumáticos. 21

2.2.7 Parámetros que influyen en la duración de los neumáticos. 22

2.2.7.1 La temperatura interna de funcionamiento. 22

2.2.7.2 Influencia de las condiciones climáticas. 23

2.2.7.3 Posición de los neumáticos en el camión. 23

2.2.7.4 Diferencia entre los diámetros de los neumáticos montados. 23

2.2.7.5 La conducción de la máquina. 23

2.2.7.6 La duración y la longitud de los ciclos. 23
2.2.7.7 Mantenimiento mecánico de los vehículos. 23

2.3 TKPH (Tonelada-Kilometro por hora). 24
2.3.1 ¿Cómo se calcula el TKPH operacional del neumático? 24
2.3.1.1 Carga media por neumático (Qm). 25
2.3.1.2 Velocidad media del ciclo de referencia (Vm). 25
2.3.2 Calculo TKPH según Bridgestone. 25
2.3.3 TKPH Michelin. 26

2.4 Motivos de desecho de un neumático. 27
2.4.1 Cortes. 27
2.4.2 Separaciones. 27
2.4.2.1 Separación por corte. 27
2.4.2.2 Separación por calor. 28
2.4.2.3 Separación mecánica. 29
2.4.3 Presión de inflado. 29
2.4.3.1 Sobre inflado. 29
2.4.3.2 Inflado insuficiente. 29
2.4.4 Zonas de carguío- Vías de acarreo- Botaderos. 30

2.5 Herramienta RAC. 30
2.5.1 RACK, BIAS, PITCH. 31

2.6 Directriz de tiempos e índices para equipos mineros. 33
2.6.1.1 Modelo de gestión de tiempos. 33
2.6.1.2 Índices para equipos mineros. 35
2.6.1.3 Criterio para la captura del tiempo. 36
2.6.1.3.1 Efectivo. 36
2.6.1.3.2 Demoras programadas y no programadas. 36
2.6.1.3.3 Reservas 36
2.6.1.3.4 Mantenciones. 36

3 Desarrollo. 37

3.1 Análisis Previo de Neumáticos año 2018 37

3.2 Metodología. 46
3.2.1 Caminos. 46
3.2.2 Practicas operacionales. 47
3.2.3 Operación Neumático. 47
3.2.4 Modelo de negocio. 47

3.3 Caminos. 48
3.3.1 Monitoreo Rack-Bias-Pitch en caminos 49
3.3.2 Disponibilidad y Utilización Equipos de Servicios. 51
3.3.2.1 Motoniveladoras. 52
3.3.2.2 Wheeldozers 54
3.3.3 Estudio de Caminos. 56

3.4 Practicas Operacionales. 57

3.5 Operación Neumáticos 62
3.5.1 Estudio de TKPH de rutas 63
3.5.1.1 Flota 797 F. 65
3.5.1.2 CAT 797 B. 68
3.5.1.3 KOM 930E. 71
3.5.1.4 CAT 793 F. 72
3.5.1.5 CAT 793 C. 74
3.6 Modelo de negocio. 75
3.6.1 Komatsu 930E. 75
3.6.2 Caterpillar 797. 77
4 Resultados. 79
4.1 Practicas operacionales. 79
4.1.1 Daños operacionales. 79
4.2 Caminos 80
4.2.1 Plan de caminos. 81
4.2.1.1 Diseño estructural 81
4.2.1.1.1 Criterio funcional para la selección de materiales de la carpeta de rodado. .. 82
4.2.1.1.2 Equipos para la construcción de caminos. 87
4.2.1.2 Metodología de construcción de caminos. 87
4.2.1.2.1 Preparación de Sub-rasante. 87
4.2.1.2.2 Preparación de la Base y sub-base. 88
4.2.1.2.3 Preparación de la carpeta de rodado. 88
4.2.1.3 Equipos y metodología de mantención. 89
4.3 Operación neumático. 90
4.4 Modelo de negocios. 92
4.5 Resultados de bajas 2019. 93
4.5.1 Caterpillar 797. 93
4.5.2 Komatsu 930. 95
4.5.3 Caterpillar 793 96
4.6 Costos. 98
4.6.1 Caterpillar 797 99
4.6.2 Komatsu 930. 100
4.6.3 Caterpillar 793. 102
5 Conclusiones. 104
6 Bibliografía. 106
7 Anexos. 108
7.1 Anexos A: Factores de ajuste de TKPH. 108
7.2 Anexos B: Detalles de TKPH de rutas. 111
7.2.1 Rutas de CAT 797F. 111
7.2.2 Detalles de rutas de CAT 797B. 120

7.2.3 Detalles de rutas de KOM 930E. 129
7.2.4 Detalles de rutas de CAT 793F. 138
7.2.5 Detalles de rutas de CAT 793C. 147

7.3 Anexo C: Manual de concientización de neumáticos. 156

Partes de un neumático. 156
Lineamientos 157
Operador de camión. 157
A) Aculatamiento en frentes de carguío, chancadores y botaderos. 157
B) Trayecto del camión. 158
C) Operador de equipos de carguío. 161
D) Operadores de equipos de servicios. 163
E) Supervisores Mina. 164
F) Construcción de pistas. 164
Identificación de daños en neumáticos. 165

Índice de ecuaciones.

Ecuación 1: Calculo de TKPH de neumático. 24
Ecuación 2: Carga media por neumático 25
Ecuación 3: Velocidad media del ciclo. 25
Ecuación 4: TKPH nominal escalado para Bridgestone. 26
Ecuación 5: TKPH operacional de Bridgestone. 26
Ecuación 6: TKPH operacional para Michelin. 26
Ecuación 7: Calculo del RACK. 31
Ecuación 8: Calculo de BIAS. 31
Ecuación 9: Calculo de PITCH. 32
Ecuación 10: Disponibilidad según norma ASARCO. 35
Ecuación 11: Utilización efectiva sobre base disponible según norma ASARCO. 35
Ecuación 12: Eficiencia operación según norma ASARCO. 35
Ecuación 13: Rendimiento efectivo según norma ASARCO. 35
Ecuación 14: Coeficiente de plasticidad. 82
Ecuación 15: Coeficiente granulométrico. 82

Índice de figuras.

Figura 1: Distribución de posición de neumáticos. 1
Figura 2: Ubicación de Minera Centinela 4
Figura 3: Mapa del distrito Minera Centinela. 6
Figura 4: Organigrama de la Gerencia Mina. 8
Figura 5: Partes de un Neumático. 10
Figura 6: Neumático estándar, serie 100. 14
Figura 7: Neumático estándar, serie 90. 15
Figura 8: Neumático estándar, serie 80. 15
Figura 9: Neumático estándar, serie 65. 16
Figura 10: Profundidades de cocadas para neumáticos Michelin. 17
Figura 11: Profundidades de cocadas para neumáticos Bridgestone. 17
Figura 12: Marcado X-CRANE. 18
Figura 13:Aro (llanta, rin) con asentamiento a 5°. 19
Figura 14: Aro (llanta, rin) con asentamiento a 15°. 19
Figura 15: Simbología general de neumático OTR. 20
Figura 16: Funcionamiento de un neumático. 21
Figura 17: Cortes de neumático en banda lateral-banda de rodado. 27
Figura 18: Separación por corte. 28
Figura 19: Separación por calor. 28
Figura 20: Motivo de separación mecánica (carga descentrada), consecuencias que genera (burbujas banda lateral). 29
Figura 21: Esquematización de tecnología RACK. 31
Figura 22: Esquematización de tecnología BIAS. 31
Figura 23: Esquematización de tecnología PITCH. 32
Figura 24: Esquematización de tiempos según norma ASARCO. 33
Figura 25: Esquematización de medidas a realizar con la data de RACK-BIAS-PITCH. 48
Figura 26: Ubicación de las diferentes fases activas en el rajo Esperanza (Centinela). 50
Figura 27: Esquematización de parámetros para el diseño de los caminos mineros. 57
Figura 28: Esquema de separaciones térmicas. 63
Figura 29: Etapas del ciclo del camión en Minera Centinela 64
Figura 30: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797F con tolvas A, C y D. Vacío (izquierda) y cargado (derecha). 65
Figura 31: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797F con tolva B. Vacío (izquierda) y cargado (derecha). 66
Figura 32: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797B con tolva A. Vacío (izquierda) y cargado (derecha). 68

Figura 33: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797B con tolva B. Vacío (izquierda) y cargado (derecha). 69
Figura 34: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797B con tolva C. Vacío (izquierda) y cargado (derecha). 69
Figura 35: Clasificación de materiales para la construcción de carpeta de rodado. 83
Figura 36: Camino construido con material erosionables. 83
Figura 37: Camino construido con material calamina / ondulaciones. 84
Figura 38: Camino construido con material mala textura. 84
Figura 39: Camino construido con material resbaladizos y polvorientos. 85
Figura 40: Camino construido con material adecuado pero polvoriento. 85
Figura 41: Camino construido con material adecuado. 86
Figura 42: Partes de un neumático. 156
Figura 43: Esquema de una llanta. 157
Figura 44: Representación de como aculatarse en frentes de carguío y botaderos. 157
Figura 45: Muestra de derrames en las pistas. 158
Figura 46: Efecto de un frenazo brusco de los camiones. 159
Figura 47: Demostración de una mala programación de marchas en rampas. ... 159
Figura 48: Pretil construido de mala manera. 160
Figura 49: Camión al no respetar la velocidad en las curvas. 160
Figura 50: Muestra de caminos con presencia de baches en las vías. 161
Figura 51: Demostración de ubicación del camión al ser cargado. 161
Figura 52: Distribuciones de carga en las tolvas de los camiones. 162
Figura 53: Camión con presencia de rocas de gran tamaño. 162
Figura 54: Muestra de pretil construido según estándar de ruta. 163
Figura 55: Efectos de cargar camiones de diferentes tamaños en un mismo punto de carguío. 164
Figura 55: Plano general de velocidades 169
Figura 56: Detalle velocidad definida 169
Figura 57: Camino minero con doble vía segregada 169
Figura 58: Camino minero doble vía segregada cercana al banco 169
Figura 59: Camino minero sin berma intermedia 169
Figura 60: Cálculo de la pendiente 169
Figura 61: perfil y dimensiones de pretil de contención 169
Figura 62: Pretil Central de Contención 169
Figura 63: Pretil lateral camino horizontal 169
Figura 64: Altura de neumáticos 169
Figura 65: Vista lateral estándares de pretil en cruces. 169
Figura 66: Perfil y dimensiones de pretil en botaderos y zonas de vaciado. 169
Figura 67: Esquema diseño pretil en botaderos y zonas de vaciado. 169

Figura 68: Intersecciones mejoradas a un ángulo de visibilidad aceptable. 169
Figura 69: Vista trasera de un estacionamiento individual con vía peatonal y vehículos livianos. 169
Figura 70: Estándar de Señalización..... 169
Figura 71: Cierre perimetral con conos. 169
Figura 72: Clasificación de materiales para la construcción de carpeta de rodado. 169
Figura 73: Plano Riesgos de Tránsito Rajo Esperanza 169

Índice de gráficos.

Gráfico 1: Bajas mensuales de neumáticos de flota CAT 797 (2018). 38
Gráfico 2: Bajas mensuales de neumáticos de flota KOM 930 (2018). 38
Gráfico 3: Bajas mensuales de neumáticos de flota CAT 793 (2018). 39
Gráfico 4: Pareto de bajas de los neumáticos 59/80R63 (2018). 39
Gráfico 5: Pareto de bajas de los neumáticos 53/80R63 (2018). 40
Gráfico 6: Pareto de bajas de los neumáticos 46/90R57 (2018). 40
Gráfico 7: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones CAT 797 (2018). 42
Gráfico 8: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones KOM 930(2018). 42
Gráfico 9: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones CAT 793 (2018). 43
Gráfico 10: PMO de rendimiento de neumáticos 59/80R63 (2018). 44
Gráfico 11: PMO de rendimiento de neumáticos 53/80R63 (2018). 44
Gráfico 12: PMO de rendimiento de neumáticos 46/90R57 (2018). 45
Gráfico 13: Evolución de las diferentes alarmas a lo largo del año 2019 49
Gráfico 14: Resumen de N° total de alarmas de cada tipo respectivamente. 49
Gráfico 15: Comparación entre disponibilidad planificada y real de la flota de motoniveladoras (2019). 53
Gráfico 16: Comparación entre utilización planificada y real de la flota de motoniveladoras (2019). 53
Gráfico 17: Comparación entre disponibilidad planificada y real de la flota de wheeldozers CAT 834H (2019). 55
Gráfico 18:Comparación entre utilización planificada y real de la flota de wheeldozers CAT 834H (2019). 55
Gráfico 19: N° de alarmas para TOP 10 de los operadores con mayor número de eventos. 58
Gráfico 20: Evolución de alarmas para el TOP 5 de operadores con mayor número de estas. 59
Gráfico 21: Evolución de alarmas RACK-BIAS-PITCH para flota CAT 797F. 60

Gráfico 22: Evolución de alarmas RACK-BIAS-PITCH para flota CAT 797B. 60
Gráfico 23: Evolución de alarmas RACK-BIAS-PITCH para flota CAT 793F. 61
Gráfico 24:Evolución de alarmas RACK-BIAS-PITCH para flota CAT 793C. 61
Gráfico 25 Porcentajes de alarmas según flotas. 62
Gráfico 26: Comparación de daños operacionales de años 2018 y 2019 para flota CAT 797. 79
Gráfico 27: Comparación de daños operacionales de años 2018 y 2019 para flota KOM 930. 80
Gráfico 28: Comparación de daños operacionales de años 2018 y 2019 para flota CAT 793. 80
Gráfico 29: Costo horario de neumáticos Michelin del 1° test tire para KOM 930. 92
Gráfico 30: PMO del rendimiento de neumáticos de flota CAT 797 (2019). 93
Gráfico 31: Desglose de tipos de bajas para flota CAT 797 de forma mensual (2019). 94
Gráfico 32:Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones CAT 797 (2019). 94
Gráfico 33: PMO del rendimiento de neumáticos de flota KOM 930 (2019). 95
Gráfico 34: Desglose de tipos de bajas para flota KOM 930 de forma mensual (2019). 95
Gráfico 35: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones KOM 930 (2019). 96
Gráfico 36: PMO del rendimiento de neumáticos de flota CAT 793 (2019). 96
Gráfico 37: Desglose de tipos de bajas para flota KOM 930 de forma mensual (2019). 97
Gráfico 38: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones CAT 793 (2019). 97

Índice de tablas.

Tabla 1: Datos de neumáticos dados de baja en año 2018. 3
Tabla 2: Equipos mineros existentes en Centinela..... 9
Tabla 3:Tipos de gomas (Bridgestone). 13
Tabla 4: Descripción de las flotas de camiones y sus neumáticos. 37
Tabla 5: Disponibilidad y UEBD planificada para las motoniveladoras para el año 2019. 52
Tabla 6: Disponibilidad y UEBD planificada para los wheeldozers para el año 2019. 54
Tabla 7: Cargas promedios sobre la posición 1 para camiones CAT 797F..... 66
Tabla 8: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones CAT 797F. 67

Tabla 9: Resumen de rutas de camiones CAT 797F según extensiones de estas. 67
Tabla 10: Cargas promedios sobre la posición 1 para camiones CAT 797B. 70
Tabla 11: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones CAT 797B. 70
Tabla 12: Resumen de rutas de camiones CAT 797B según extensiones de estas. 71
Tabla 13: Distribución de peso para los camiones KOM 930. 71
Tabla 14: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones KOM 930. 72
Tabla 15: Resumen de rutas de camiones KOM 930 según extensiones de estas. 72
Tabla 16: Distribución de peso para los camiones CAT 793F. 72
Tabla 17: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones CAT 793F. 73
Tabla 18: Resumen de rutas de camiones CAT 793F según extensiones de estas. 73
Tabla 19: Distribución de peso para los camiones CAT 793 C. 74
Tabla 20: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones CAT 793C. 74
Tabla 21: Resumen de rutas de camiones CAT 793C según extensiones de estas. 75
Tabla 22: Comparación de TKPH de neumáticos Bridgestone y Michelin de la flota KOM930. 75
Tabla 23: Resumen de rutas CAT 797F para Michelin. 76
Tabla 24: Resultados del primer test tire de neumáticos Michelin para KOM930. 76
Tabla 25: Resumen del estado de 2° test tire Michelin para KOM 930. 77
Tabla 26: Comparación de TKPH de neumáticos Bridgestone y Michelin de la flota CAT 797. 77
Tabla 27: Resumen de rutas CAT 797F para Michelin. 78
Tabla 28: Resumen de rutas CAT 797B para Michelin. 78
Tabla 29: Rutas de caex CAT 797F con TKPH sobre el TKPH del neumático..... 90
Tabla 30: Rutas de caex CAT 797B con TKPH sobre el TKPH del neumático. 90
Tabla 31: Rutas de caex KOM 930 con TKPH sobre el TKPH del neumático..... 91
Tabla 32: Rutas de caex CAT 793F con TKPH sobre el TKPH del neumático..... 91
Tabla 33: Rutas de caex CAT 793C con TKPH sobre el TKPH del neumático. 91
Tabla 34: Comparativas de costos de neumáticos Bridgestone y Michelin. 92
Tabla 35: Detalles de costos y target de horas para los neumáticos de los Caex's. 98
Tabla 36: Costos mensuales de neumáticos de flota CAT 797 (2018). 99
Tabla 37: Costos mensuales de neumáticos de flota CAT 797 (2019). 100

Tabla 38: Costos mensuales de neumáticos de flota KOM 930 (2018)..... 101
Tabla 39: Costos mensuales de neumáticos de flota KOM 930 (2019)..... 101
Tabla 40: Costos mensuales de neumáticos de flota CAT 793 (2018)..... 102
Tabla 41: Costos mensuales de neumáticos de flota CAT 793 (2019)..... 103
Tabla 42: Factor de ajuste por temperatura ambiente de TKPH neumático Bridgestone. 108
Tabla 43: Coeficiente de ajuste de TKPH para Michelin según largo del ciclo.... 109
Tabla 44: Coeficiente K2 del TKPH neumáticos Michelin. 110
Tabla 45: Detalle de rutas de enero CAT 797F. 111
Tabla 46:Detalle de rutas de febrero CAT 797F. 112
Tabla 47:Detalle de rutas de marzo CAT 797F. 113
Tabla 48:Detalle de rutas de abril CAT 797F. 114
Tabla 49:Detalle de rutas de mayo CAT 797F. 115
Tabla 50: Detalle de rutas de junio CAT 797F..... 116
Tabla 51: Detalle de rutas de julio CAT 797F..... 117
Tabla 52: Detalle de rutas de agosto CAT 797F. 118
Tabla 53: Detalle de rutas de septiembre CAT 797F. 119
Tabla 54: Detalle de rutas de enero CAT 797B..... 120
Tabla 55: Detalle de rutas de febrero CAT 797B..... 121
Tabla 56: Detalle de rutas de marzo CAT 797B..... 122
Tabla 57: Detalle de rutas de abril CAT 797B. 123
Tabla 58: Detalle de rutas de mayo CAT 797B. 124
Tabla 59: Detalle de rutas de junio CAT 797B. 125
Tabla 60: Detalle de rutas de julio CAT 797B..... 126
Tabla 61: Detalle de rutas de agosto CAT 797B. 127
Tabla 62: Detalle de rutas de septiembre CAT 797B. 128
Tabla 63: Detalle de rutas de enero KOM 930E..... 129
Tabla 64: Detalle de rutas de febrero KOM 930E..... 130
Tabla 65: Detalle de rutas de marzo KOM 930E..... 131
Tabla 66: Detalle de rutas de abril KOM 930E. 132
Tabla 67: Detalle de rutas de mayo KOM 930E. 133
Tabla 68: Detalle de rutas de junio KOM 930E. 134
Tabla 69: Detalle de rutas de julio KOM 930E..... 135
Tabla 70: Detalle de rutas de agosto KOM 930E. 136
Tabla 71: Detalle de rutas de septiembre KOM 930E. 137
Tabla 72: Detalle de rutas de enero CAT 793F. 138
Tabla 73: Detalle de rutas de febrero CAT 793F..... 139
Tabla 74: Detalle de rutas de marzo CAT 793F. 140
Tabla 75: Detalle de rutas de abril CAT 793F. 141
Tabla 76: Detalle de rutas de mayo CAT 793F. 142
Tabla 77: Detalle de rutas de junio CAT 793F..... 143

Tabla 78: Detalle de rutas de julio CAT 793F. 144
Tabla 79: Detalle de rutas de agosto CAT 793F. 145
Tabla 80: Detalle de rutas de septiembre CAT 793F. 146
Tabla 81: Detalle de rutas de enero CAT 793C. 147
Tabla 82: Detalle de rutas de febrero CAT 793C. 148
Tabla 83: Detalle de rutas de marzo CAT 793C. 149
Tabla 84: Detalle de rutas de abril CAT 793C. 150
Tabla 85: Detalle de rutas de mayo CAT 793C. 151
Tabla 86: Detalle de rutas de junio CAT 793C. 152
Tabla 87: Detalle de rutas de julio CAT 793C. 153
Tabla 88: Detalle de rutas de agosto CAT 793C. 154
Tabla 89: Detalle de rutas de septiembre CAT 793C. 155

1 Introducción.

La minería es considerada históricamente una de las tareas primordiales para el desarrollo de la humanidad, desde sus inicios como civilización. Para un país minero como Chile, no solo significa ser el protagonista del crecimiento económico a lo largo de la historia, sino que representa una identidad como nación, afectando aspectos sociales y culturales de esta; son estos motivos que determinan la importancia y aporte innegable en el pasado, en la actualidad y en el futuro del país.

AMSA es el principal grupo minero privado de capitales chilenos. Cotiza sus acciones en la Bolsa LSE (Bolsa de Valores de Londres), donde es filial "Antofagasta PLC". Este conglomerado minero posee 4 operaciones mineras en Chile, las cuales son todas a rajo abierto y están enfocadas en la producción de concentrado y/o cátodos de Cobre, además de otros subproductos como lo son: Molibdeno, Oro y Plata. Las 4 operaciones mineras de AMSA a lo largo de Chile corresponden a: Minera Antucoya, Minera Centinela, Minera Los Pelambres y Minera Zaldívar. En particular, este trabajo se lleva a cabo en la Superintendencia Servicios Mina de Minera Centinela.

Actualmente en Minera Centinela el deterioro en los neumáticos de los equipos de transporte de material, los cuales son los camiones Cat 797, Cat 793 y KOM 930E, por lo cual este inconveniente tiene una alta importancia para la compañía debido a que genera un alto costo, como también puede provocar fallas y accidentes que afectarían a la productividad del proceso de carguío y transporte, llegando a generar pérdidas económicas.

Los camiones con los que cuenta Minera Centinela llevan 6 llantas, 2 en la parte delantera (eje 1) y 4 en la parte trasera (eje 2), las posiciones de los neumáticos se enumeran de 1 al 6; el esquema de esto se encuentra en la figura 1.

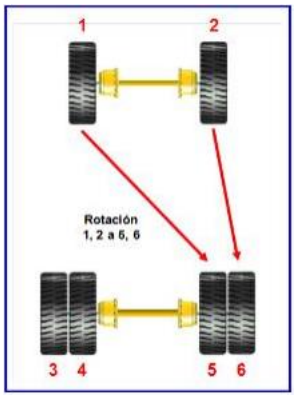


Figura 1: Distribución de posición de neumáticos.

El daño de los neumáticos puede ocurrir por diversos motivos tales como: fallas en su fabricación, altas presiones debido a sobrecarga del equipo, mala distribución de la carga en la tolva, el tipo de neumático no es el adecuado para el equipo, también puede generarse por incrementos de la temperatura de estos, por malas condiciones de las vías de traslado de los equipos, entre otros; por todos estos motivos el tiempo de la vida útil llega su fin de manera prematura.

1.1 Problemática.

A nivel mundial se ha incrementado la demanda de neumáticos mineros OTR en los últimos años, además se espera un posible aumento de las flotas de camiones debido a nuevas aperturas de minas, como por el aumento de movimiento de material según el estudio de “Análisis del mercado de insumos críticos en la minería del cobre” (COCHILCO, 2018). En el ciclo de minado el transporte de mineral significa un alto porcentaje en el costo de producción, para algunos los neumáticos son el segundo costo más importante de los camiones mineros por debajo del combustible, los neumáticos significan en el transporte la base del ciclo de minado, ya que estos tienen influencia directa en otros costos de producción (combustible, lubricantes, suspensión, entre otros), por aquello que en las minas en la actualidad hay una obligación mayor en el cuidado de los neumáticos.

En este contexto surge la problemática de Minera Centinela, en la cual se tiene un presupuesto anual que se encuentra entre 20 a 24 millones de dólares en neumáticos para sus flotas de camiones de extracción, este costo es parte relevante del costo de transporte de la Compañía. Además, dado que Minera Centinela es una compañía cuyos yacimientos son de baja ley y dada la situación del precio del cobre en los últimos años; como también las futuras expansiones de los rajos existentes en la Mina las cuales generaran un aumento de las distancias de los ciclos a recorrer por los camiones mineros lo que conllevara a que los neumáticos estarán sometidos a un mayor esfuerzo por lo cual se hace necesario mejorar el desempeño de los neumáticos de los camiones de extracción (Duración en horas de la vida útil total).

Finalmente, se tiene que los neumáticos no han cumplido los targets establecidos por Minera Centinela, durante el 2018, lo cual hace que el tema de incrementar la vida útil de los neumáticos tenga una mayor relevancia para la compañía.

Tabla 1: Datos de neumáticos dados de baja en año 2018.

Camión	Neumáticos	Targets establecidos	Vida útil promedio 2018	N° de bajas en año 2018.
CAT 793	46/90R57	6.600 hrs.	6.524 hrs.	99
CAT 797	59/80R63	5.000 hrs.	4.578 hrs.	279
KOM 930E	53/80R57	5.400 hrs.	5.010 hrs.	91

FUENTE: Superintendencia Servicios Mina.

Realizando un Benchmarking de la situación de los neumáticos en la industria minera tanto nacional como internacional, se ha podido encontrar que en Minera los Pelambres se tuvo una vida útil promedio de 7.500 hrs. para su flota de camiones Komatsu 930E, por otro lado, para el caso para camiones CAT 797 Blanco, J. (2016) registro en su estudio una vida útil de neumáticos para de CAT 797 de 5.500hrs. para minas en Perú, con estos datos se observa que en Minera Centinela tiene un potencial para poder incrementar los target de vida útil que existe en la actualidad.

1.2 Objetivos.

Los objetivos generales y específicos del trabajo de investigación se detallan a continuación.

1.2.1 Objetivo Principal.

Lograr un aumento de la vida útil de los neumáticos de la flota de transporte en Minera Centinela por sobre las horas de vida de estos que están definidas en los presupuestos de la Compañía.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Generar un ahorro de aproximadamente 10% del presupuesto anual destinado por la gerencia a neumáticos.
- Implementar practicas operacionales que generen una disminución de los neumáticos dados de bajas por impactos en bandas de rodados y bandas laterales.
- Definir planes de construcción, mantenimiento de las rutas, para permitir las mejoras necesarias en las carpetas de rodado para lograr un desgaste regular y controlado de los neumáticos.
- Generar medidas que ayuden a erradicar las separaciones térmicas que se generan en los neumáticos.

1.3 Alcances.

Para el trabajo de la memoria se tienen las siguientes observaciones:

- Se analizan exclusivamente las flotas de camiones que son operadas por Minera Centinela
- Se pondrá énfasis en los camiones que circulan en Rajo Esperanza, dado que este rajo es que genera mayor movimiento y por ende posee una mayor flota de equipos (camiones de extracción).

2 Antecedentes.

2.1 Descripción de la empresa.

Minera Centinela es un conjunto de yacimientos de Cobre y Oro, que se extraen mediante el método de Open Pit; está localizada en la comuna de Sierra Gorda, 100 km. al sur de la ciudad de Calama, a una altitud de 2.300 msnm.

Figura 2: Ubicación de Minera Centinela.

FUENTE: Web de Antofagasta Minerals.

Aunque la zona fue explorada esporádicamente, por diversas compañías desde 1983, sólo en 1999 exploraciones llevadas a cabo por Antofagasta Minerals S.A. confirmaron su potencial de sulfuros.

Esta recién adquiere el nombre de Minera Centinela en julio del 2014 cuando se integraron las operaciones de las compañías mineras El Tesoro y Esperanza. La cual se enfoca en la producción de concentrado de Cobre y cátodos de Cobres, como también obtiene como subproductos Molibdeno y Oro.

Esta compañía nace a partir de la visión de capturar las sinergias de ambas operaciones, antes mencionadas, para aprovechar las condiciones geográficas, técnicas y logísticas que hacen que la planificación y operación minera integrada y mayor economía de escala, logrando así una posición más competitiva en la industria. De esta forma, Centinela se logró posicionar como una de las compañías mineras más grandes del país, aplicando altos estándares de desempeño en sus operaciones y procesos, rigiendo su actuar sobre la base de los principios y políticas de Antofagasta Minerals.

Lo cual la convierte en el séptimo productor de Cobre en el país, generando aproximadamente 248 mil toneladas métricas de este mineral en el 2018.

Centinela actúa de acuerdo con los principios del Grupo AMSA, aspirando a ser una operación que genere valor para los accionistas, como también un vínculo cercano y duradero con sus grupos de interés (stakeholders), con el objetivo de convertirse en un yacimiento sustentable a través del tiempo, generar cambios y contribuir al liderazgo del Grupo en el desarrollo de la minería del mañana. Es por aquello que Centinela comparte la Carta de Valores y Código de Ética con las demás compañías del Grupo. Centrando su razón en la preocupación por la vida y salud de las personas, la excelencia operacional, la innovación constante, la preservación del medio ambiente y el respeto por las comunidades con las que se relaciona, fomentando y preservando sus culturas y formas de vidas de estas.

Su estructura societaria está compuesta en un 70% de la propiedad de Antofagasta Minerals y un 30% de Marubeni Corporation, siendo su principal compromiso desarrollar una operación sustentable y así asegurando un ambiente de trabajo seguro y saludable para todos sus trabajadores y colaboradores, además respetando el entorno de sus operaciones y relacionándose proactivamente con su entorno social.

En Minera Centinela en total trabajan 5.500 personas, ya sea internas y externas los que tienen como principal valor innovar en temas de sustentabilidad y seguridad en la operación. Por este motivo es que Minera Centinela consume un 88% de agua de mar sin desalar para sus procedimientos, además de contar con aplicación a gran escala de la técnica de relaves espesados, lo que facilita la recuperación de agua, disminuye la emisión de polvo y asegura una mejor estabilidad de los relaves, además del terreno donde se emplaza.

2.1.1 Proceso productivo cátodos de cobre de Centinela.

El proceso de producción utilizado en la línea de óxidos es la lixiviación en pilas dinámicas del material chancado y aglomerado, el que posteriormente ingresa a la fase de extracción por solventes (SX) y de electro-obtención que proporciona como producto final el cobre catódico. Cada cátodo tiene una dimensión aproximada de 1 metro de ancho por 1 metro de largo por 4 milímetros de espesor.

Los paquetes de cátodos son transportados en camiones hasta la estación de transferencia Los Arrieros del Ferrocarril Antofagasta-Bolivia, posteriormente son trasladados por el Ferrocarril hacia el Puerto de Antofagasta para su embarque y transportados en buques a los principales mercados mundiales.

2.1.2 Proceso productivo concentrado de cobre de Centinela.

Este proceso comienza con la extracción del mineral proveniente del yacimiento y prosigue hacia las etapas de chancado, molienda, flotación y concentrado. El producto final de esto proceso, que utiliza agua de mar sin desalar, es concentrado de cobre, el cual es una pulpa espesa compuesta en un 63% de sólidos. Dicho concentrado es transportado por gravedad a través de una tubería que tiene un diámetro de 14 centímetros y que recorre 145 kilómetros, desde la planta de sulfuros hasta el muelle situado en la localidad de Michilla. Allí el concentrado es lavado mediante un proceso denominado filtrado, mediante el uso de agua desalada, para finalmente cargarlo directamente a las bodegas de los barcos a través de una correa transportadora encapsulada.

Figura 3: Mapa del distrito Minera Centinela.

FUENTE: Web Minera Centinela.

2.1.3 Reseña Histórica de Minera Centinela.

Minera Centinela nace en 2014, con la visión de capturar las sinergias de las operaciones de El Tesoro y Esperanza, aprovechando las condiciones geográficas, técnicas y logísticas que hacían posible una planificación y operación integrada.

- **2001:** Comienzan las operaciones de Minera El Tesoro con una inversión de US$ 250 millones.

- **2011:** Nace Minera Esperanza y comienza a operar después de una inversión de US$ 2.700 millones.

- **2013:** Minera Esperanza alcanza capacidad de diseño y aumenta su producción. Se invierten US$ 500 millones.

- **2014:** El 7 de julio nace Minera Centinela con la visión de capturar las sinergias de Minera El Tesoro y Minera Esperanza. Con ello Minera Centinela cuenta con las dos grandes líneas productivas, Óxidos y Sulfuros, con las cuales produce cátodos y concentrado de cobre respectivamente, además de otros metales como subproductos.

- **2015:** Se comienza a construir la planta de Molibdeno, la que permite la recuperación de este metal en los minerales sulfurados. Cuya inversión es de US$ 125 millones.

- **2016:** Se aprueba la Resolución de Calificación Ambiental del proyecto Desarrollo Minera Centinela (DMC). Comienza la construcción del proyecto Óxidos Encuentro, que busca extender la vida útil de la línea productiva de Óxidos de la Compañía. Con esta construcción se continuará con la producción de cátodos de Cobre hasta el año 2023, luego de una inversión de US$ 630 millones.

- **2022:** Fase 1 de DMC, construcción y operación de nueva planta concentradora, con una inversión de US$ 2.700 millones
  2025- Fase 2 de DMC, expansión de nueva planta concentradora, alcanzara 150 Ktpd, con una inversión de US$ 1.650 millones.

2.1.4 Área de Trabajo.

La Gerencia Mina se divide en cuatro superintendencias, las cuales se desglosan como se aprecia en la figura 4.

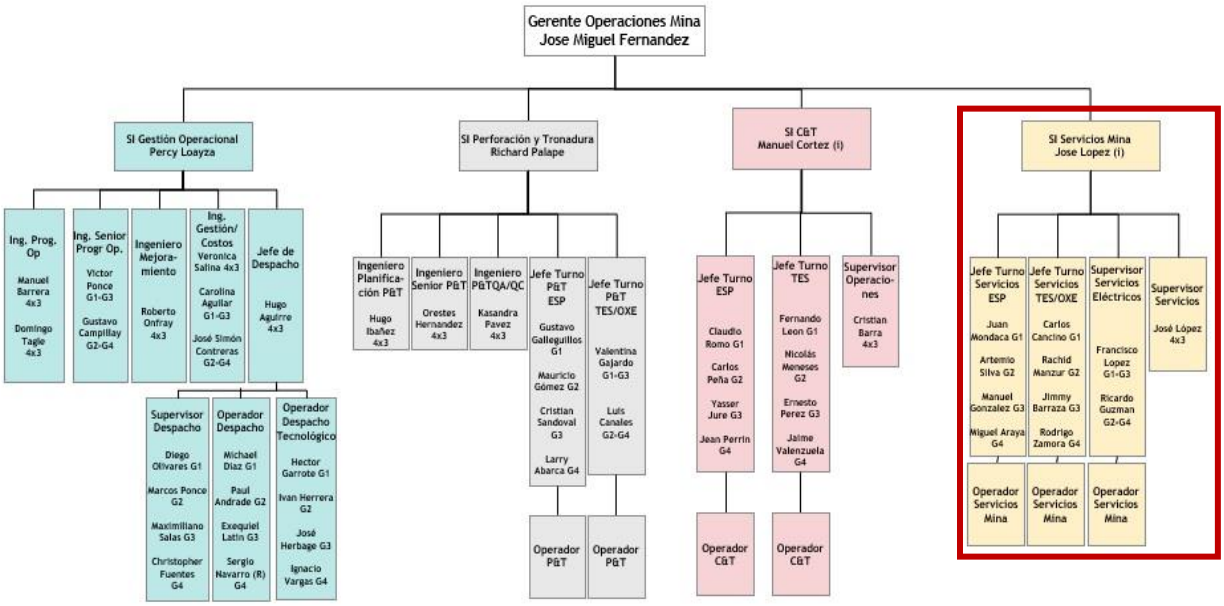


Figura 4: Organigrama de la Gerencia Mina.

FUENTE: Estructura Gerencia Operaciones Mina Centinela (agosto 2019).

La superintendencia de Servicios Mina tiene como principales actividades:

- Mantener los estándares operativos de caminos, rampas y botaderos.
- Realizar actividades de Drenaje de la Mina.
- Limpiar los frentes de Carguío.
- Mantener infraestructura (eléctricas, agua, móviles).
- Realizar gestiones para la polución.
- Operar los equipos auxiliares (Bulldozers, Motoniveladoras, Wheeldozers, etc.).

En relación a los equipos mineros utilizados por la compañía para operar la mina, estos se desglosan según la tabla 2.

Tabla 2: Equipos mineros existentes en Centinela.

FLOTA	EQUIPO	N° de EQUIPOS
Carguío	CAT 994 D	1
Carguío	CAT 994 H	4
Carguío	KOM PC 5500	2
Carguío	KOM PC 8000	1
Carguío	LT 2350	2
Carguío	P&H 4100 A	1
Carguío	P&H 4100 XPC	4
Perforación	DM45	1
Perforación	DMM3	3
Perforación	PV 351	4
Servicios	CAT 24 M	7
Servicios	CAT 374 D	3
Servicios	CAT 777 F	3
Servicios	CAT 777 G	3
Servicios	CAT 834 H	2
Servicios	CAT 854 K	5
Servicios	CAT 980	2
Servicios	CAT D10T	7
Servicios	CAT D11R	2
Servicios	CAT D11T	2
Transporte	CAT 793 C	13
Transporte	CAT 793 F	12
Transporte	CAT 797 B	10
Transporte	CAT 797 F	24
Transporte	KOM 930 E	13

FUENTE: Gerencia Operaciones Mina.

2.2 Neumáticos OTR (Off the Road).

Para Blanco, J (2016), los neumáticos son piezas toroidales de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y maquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el camino, posibilitando el arranque, el frenado y la guía. La parte del caucho que se infla y se llena de aire corresponde a la cámara (tubo con forma toroidal que va entre el neumático y la llanta). También existen neumáticos que no llevan cámara, es decir, que el aire a presión este contenido directamente por el neumático y la llanta.

Son el único punto de contacto del vehículo con el suelo y, por tanto, del neumático depende el comportamiento dinámico del vehículo: es decir, cómo se mueve el vehículo sobre el terreno. Del neumático depende, también en buena parte, que la rueda pueda realizar sus otras funciones principales: tracción, dirección, amortiguación de golpes, estabilidad, soporte de la carga.

2.2.1 Partes de un neumático.

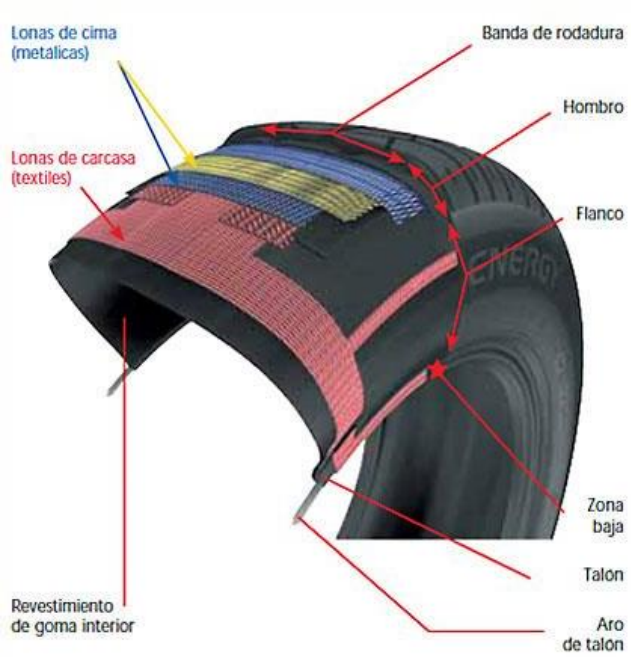


Figura 5: Partes de un Neumático.

FUENTE: Web de Euromaster-neumáticos.

Flanco: “Está constituido por goma flexible para adaptarse a las deformaciones del neumático en fase de rodadura. Protege al neumático de golpes laterales. Es el área de goma extra-gruesa que va desde el talón a la banda de rodadura del neumático y proporciona la estabilidad lateral. Es también donde encontrará toda la información acerca del fabricante de neumáticos”. (Blanco, J. 2016)

Hombro: “La goma del hombro es la más gruesa, debido a que es la parte más expuesta a los bordillos y otros golpes, además permite distribuir fácilmente el calor producido por el neumático durante sus movimientos sobre la carpeta de rodado”. (Blanco, J. 2016)

Lonas de carcasa: “Son cables de fibras textiles en arcos dispuestos en ángulos rectos y pegados al caucho de las cubiertas. Permiten al neumático resistir la presión”. (Blanco, J. 2016)

Lonas de cima: “Son cables de acero muy finos y resistentes, cruzados oblicuamente y pegados unos a otros de manera que formen triángulos indeformables. Esta estructura garantiza al mismo tiempo robustez y flexibilidad”. (Blanco, J. 2016)

Talón: “Parte interior del neumático que se ajusta a las llantas, está compuesto por alambres de acero de alta tecnología formando un cable trenzado y circular, esto facilita el ajuste del neumático y las llantas evitando que patine en ella”. (Blanco, J. 2016)

Revestimiento de goma interior: “Es la capa de goma más interna y sirve para retener el aire en el interior del neumático facilitando la estanqueidad”. (Blanco, J. 2016)

Banda de rodadura: “La banda de rodadura proporciona amortiguación y agarre. Su diseño y compuesto determinan muchas de las características de rendimiento más importantes de su neumático. La banda de rodadura puede incluir diferentes compuestos para el centro y la zona de los hombros”. (Blanco, J. 2016)

2.2.2 Tipos de construcciones de los neumáticos.

2.2.2.1 *Neumáticos macizos.*

Son una pila de cauchos con diferentes propiedades para proporcionar adherencia y tracción. ¡Estos no son realmente neumáticos, dado que no contienen aire! “Son utilizados principalmente para las grúas horquillas (montacargas o carretillas elevadoras). Limitaciones de uso intensivo por el calentamiento considerable del caucho y riesgos de deterioro al pasar por obstáculos. Es decir, el neumático macizo puede romperse”. (Paredes, C. 2008).

2.2.2.2 *Neumáticos convencionales.*

Consta de capas textiles de nylon o rayón, cruzadas unas sobre otras y unidas entre sí con caucho para crear una estructura diagonal. Este presenta limitaciones en rodaje:

- “Las fricciones entre las capas provocan calentamientos que perjudican el rendimiento. La fuerte unión entre flanco y cima provoca una deformación particular de la superficie de contacto con el suelo, obteniendo como consecuencia una menor adherencia y un rápido desgaste”. (Cajavilca, G. 2015).
- “La banda de rodamiento de un neumático convencional es sensible a las perforaciones”. (Cajavilca, G. 2015).

2.2.2.3 *Neumáticos radiales.*

Los neumáticos radiales “asocian capas metálicas o textiles, que van de un talón a otro, a una cintura de lonas de acero indeformable que refuerza la cima del neumático. En otras palabras, la forma radial reduce el roce y el consumo de energía, mejora la adherencia y reduce el desgaste, mientras que su cintura de acero resiste mejor a las perforaciones”. (Cajavilca, G. 2015).

“La carcasa del neumático radial está integrada por una o más capas metálicas que van desde un talón al otro. Esta estructura radial permite disociar el trabajo de la cima con el de los flancos. La separación de las funciones proporciona al neumático mayores prestaciones”. (Cajavilca, G. 2015).

Por ende el neumático radial permite obtener mayor adherencia minimizando el deslizamiento, reduciendo, la velocidad de desgaste. La cima del neumático radial cinturada resiste mejor a las agresiones y perforaciones. Sus flancos proporcionan una mayor seguridad.

2.2.2.4 *Neumáticos Radial Tubeless.*

Este tipo de los neumáticos son los usados por los camiones de Minera Centinela. “Este neumático se monta sin cámara sobre una llanta especial provista de una válvula apropiada. El neumático radial tubeless se presenta, en su parte exterior, como un neumático tube type (montaje con cámara de aire). Su fabricación es idéntica desde el punto de vista arquitectónico; pero, por dentro de la cubierta, una capa de goma especial (butil) garantiza su estanqueidad total. Las ventajas son muchas” (Paredes, C. 2008):

- Desaparece el riesgo de pellizcar la cámara.
- No queda aire aprisionado entre el neumático y la cámara.
- Eliminación de un desinflado brutal (la perdida de aire es lenta y no hace falta hacer la reparación in situ, ya que se da tiempo a veces de llevar al taller de reparación).

2.2.3 Tipos de goma.

2.2.3.1 *Gomas Michelin*

Según el Techincal Data de Michelin (2016), los tipos de gomas para los neumáticos Michelin son:

- **Tipo A4:** Particularmente resistente a los cortes, arrancamientos y abrasión.
- **Tipo A:** Particularmente resistente a los cortes, arrancamientos, abrasión y a velocidades medias más elevadas que el tipo A4.
- **Tipo B4:** Compromiso entre la resistencia a la abrasión y al calentamiento sobre suelos de poca agresividad (a partir de 49 pulgadas).
- **Tipo B:** Resistencia al calentamiento sobre suelos poco agresivos.
- **Tipo C4:** Particularmente adaptado a los rodajes muy rápidos en ciclos largos.
- **Tipo C:** Muy resistente al calentamiento durante largos trayectos y rodaje intensivo.

2.2.3.2 Goma Bridgestone.

Tabla 3:Tipos de gomas (Bridgestone).

Servicio.	Código Bridgestone.	Estructura.
Movimiento de tierra.	1 A	Estándar
	2 A	Resistencia al Corte
	3 A	Resistencia al Calor
Grader	1 A	Estándar
	2 A	Resistencia al Corte
Cargador y Dozer	2 A	Resistencia al Corte
	2 V*	Resistencia al Corte y al corte bursting en banda de rodado
	2 Z*	Resistencia al Corte y el corte Busting en banda de rodado y flancos
Industrial		Estándar

FUENTE: Data Book Bridgestone (2018).

2.2.4 Clasificación de los neumáticos.

2.2.4.1 *Según su relación de aspecto.*

Techincal Data de Michelin (2016), señala que dada la gran diversidad de máquinas de ingeniería civil y sus usos requiere que se desarrollen diversas gamas de neumáticos. Los neumáticos de ingeniería civil se distinguen de los de vehículos de turismo o comerciales por:

- El tamaño y el peso.
- La profundidad de escultura, cocada o altura de banda de rodado.
- El mayor refuerzo, para responder a condiciones de utilización más agresivas.

Existen varias familias de neumáticos de ingeniería civil, que se caracterizan por su razón de aspecto o serie H/S (relación entre la altura “H” del flanco y el ancho “S” del neumático).

2.2.4.1.1 Neumáticos estándar (serie 100).

“La relación **H/S** es aproximadamente igual a 1. El ancho de sección se expresa en número entero y/o centésimas de pulgada, ejemplo 18/ R33” (Michelin, 2016).

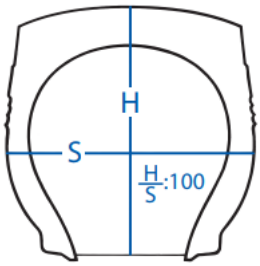


Figura 6: Neumático estándar, serie 100.

FUENTE: Technical Data Earthmover Tyres Michelin (2016).

2.2.4.1.2 Neumáticos anchos (serie 90).

“La relación entre **H/S** es igual a 0,9. El ancho de sección se expresa bien sea en número entero de pulgadas y en fracción de estas, ejemplo 46/**90** R57” (Michelin, 2016).

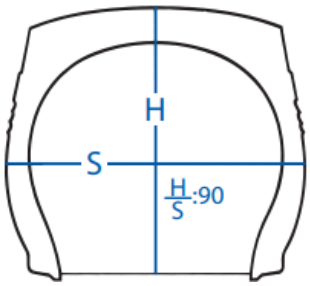


Figura 7: Neumático estándar, serie 90.

FUENTE: Technical Data Earthmover Tyres Michelin (2016).

2.2.4.1.3 Neumáticos anchos (serie 80)

“La relación entre **H/S** es aproximadamente 0,8. El ancho de sección se expresa en número entero en pulgadas y/o fracción de pulgadas, ejemplo 59/**80** R63” (Michelin, 2016).

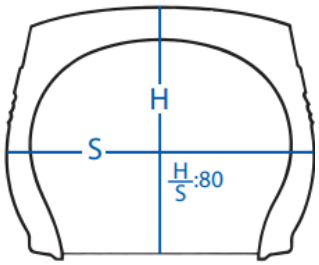


Figura 8: Neumático estándar, serie 80.

FUENTE: Technical Data Earthmover Tyres Michelin (2016).

2.2.4.1.4 Neumáticos anchos (serie 65).

“La relación entre **H/S** es aproximadamente 0,65. El ancho de la sección se expresa en un numero entero de pulgadas o milímetros. Seguidos del número 65, ejemplo 35/**65** R33” (Michelin, 2016).

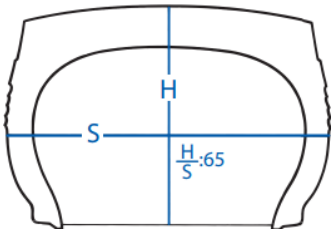


Figura 9: Neumático estándar, serie 65.

FUENTE: Technical Data Earthmover Tyres Michelin (2016).

2.2.4.2 *Según los códigos de uso normalizado.*

El Data Book de Bridgestone (2018), señala que existen cuatro grandes categorías de neumáticos de ingeniería civil se definen tomando en cuenta el uso al cual serán destinados estos. Ella se indica normalmente en el flanco del neumático.

Esta clasificación es internacional, la cual es:

- **C:** Compactador (compactadora).
- **G:** Grader (motoniveladoras).
- **E:** Earthmoving (transporte).
- **L:** Loader and Bulldozer (cargadores y dozers).

2.2.4.3 *Profundidades de cocadas o altura de banda de rodado*

Tanto para Bridgestone como para Michelin, se distinguen cuatro grandes categorías de neumáticos de ingeniería, caracterizados por su profundidad del dibujo (o altura de banda de rodado) diferente, y que se eligen con arreglo a los usos y a las naturalezas del suelo.

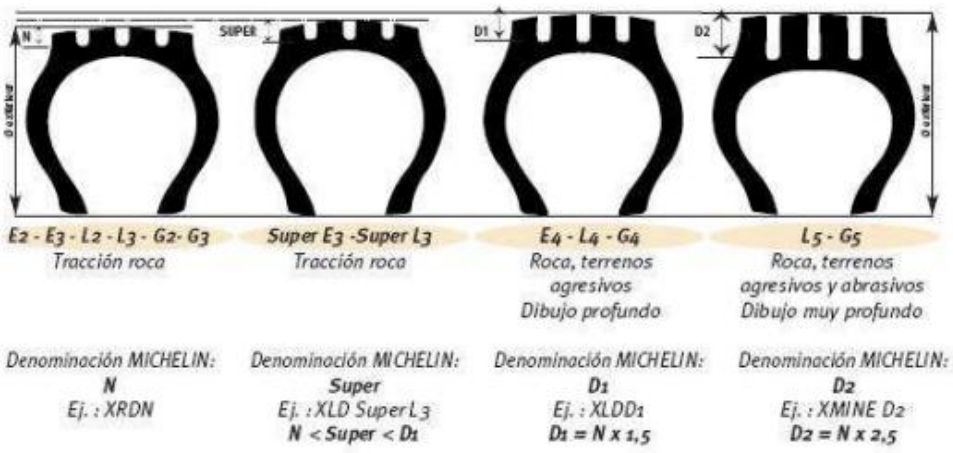


Figura 10: Profundidades de cocadas para neumáticos Michelin.

FUENTE: Technical Data Earthmover Tyres Michelin (2016).

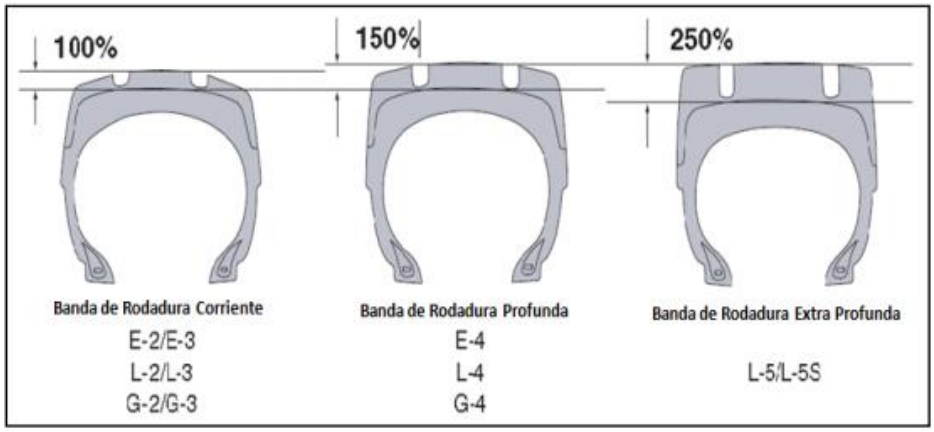


Figura 11: Profundidades de cocadas para neumáticos Bridgestone.

FUENTE: Data Book Bridgestone (2018).

2.2.5 Marcaciones de los neumáticos.

Tanto para Bridgestone (2018) como para Michelin (2016) los neumáticos llevan sobre sus flancos códigos grabados relativos a la capacidad de carga y a la velocidad de operación:

- Mediante un índice de carga y un código de velocidad.
- Mediante una o más estrellas.
- Los dos tipos de marcado al mismo tiempo.

Para una categoría de uso, el número de estrellas corresponde a una capacidad de carga normalizada. Entre mayor sea el número de estrellas, mayor será la capacidad de carga. La capacidad de carga para una dimensión dada se determina asociando el número de estrellas a la letra que define su uso (C, E, L, G).

2.2.5.1 *Neumáticos diagonales.*

Para estos neumáticos, la información sobre la capacidad de carga está dada por las letras “PR” seguidas de un número:

- PR significa “Ply Rating” (índice o relación de lonas).
- El número expresa la cantidad de lonas textiles integradas en la estructura del neumático. El aumento del número de lonas permite una mayor presión de inflado y por consiguiente una mayor capacidad de carga.

Si se reemplaza un neumático diagonal por uno radial, se puede elegir este último: Consultando las características del equipo o basándose en el código o índice PR que figura en el flanco del neumático diagonal.

2.2.5.2 *Otros marcados posibles.*

Para Michelin (2016), los neumáticos homologados según las reglamentaciones vigentes pueden llevar códigos adicionales. Ejemplo: código **X-CRANE.**

Figura 12: Marcado X-CRANE.

FUENTE: Technical Data Earthmover Tyres Michelin (2016).

2.2.5.3 *Arquitecturas de la zona baja (contacto con el aro).*

Peláez, P (2013) considera que la mayor parte de los neumáticos OTR pertenecen a la familia de neumáticos con asentamiento 5°. La dimensión del diámetro del aro está dada por un numero entero, ejemplo 59/80R**63.**

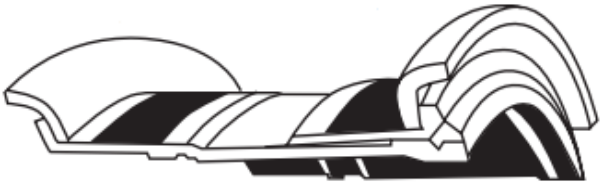


Figura 13:Aro (llanta, rin) con asentamiento a 5°.

FUENTE: Incremento del performance de rendimiento de neumáticos de camiones CAT 785B&C y Komatsu 730E (tesis).

Algunos neumáticos OTR son similares a los neumáticos de los vehículos pesados (camiones ordinarios) y pertenecen a la familia de neumáticos de asentamiento cónico a 15°. La dimensión del diámetro del aro está dada por una cifra y un decimal, usualmente es 0.5, ejemplo 53/90R**22.5.**

Figura 14: Aro (llanta, rin) con asentamiento a 15°.

FUENTE: Incremento del performance de rendimiento de neumáticos de camiones CAT 785B&C y Komatsu 730E (tesis).

2.2.5.4 *Simbología de marcado de neumáticos general.*

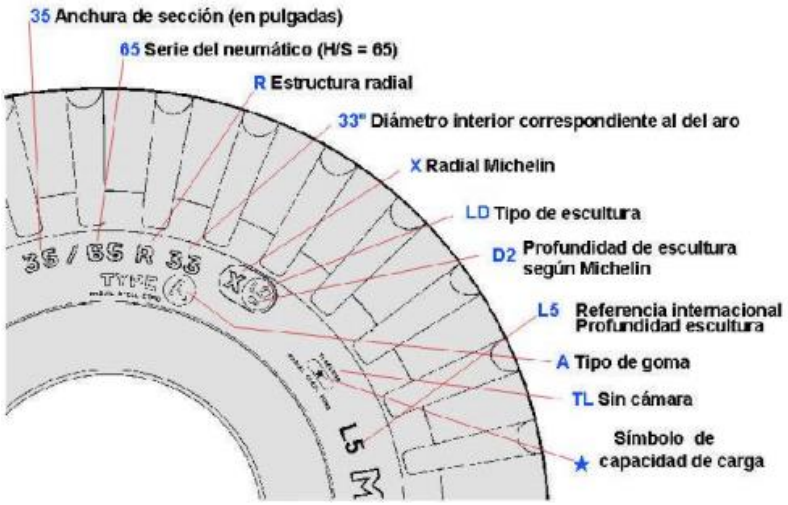


Figura 15: Simbología general de neumático OTR.

FUENTE: Eficiencia en tiempo de vida de neumáticos con relación a rotación de posiciones uno y dos en volquetes Komatsu 930 E-3 (tesis).

2.2.6 Funcionamiento de un neumático.

El funcionamiento del neumático minero "El neumático se encuentra en reposo (posición 1), a medida que el neumático gira (posición 2), los flancos se aplastan, lo que provoca un calentamiento de los constituyentes internos del neumático. La intensidad de dicho calentamiento se incrementa hasta el contacto con el suelo (posición 3); a continuación, disminuye hasta retomar la posición inicial (posición 1)" (Paredes, C. 2008).

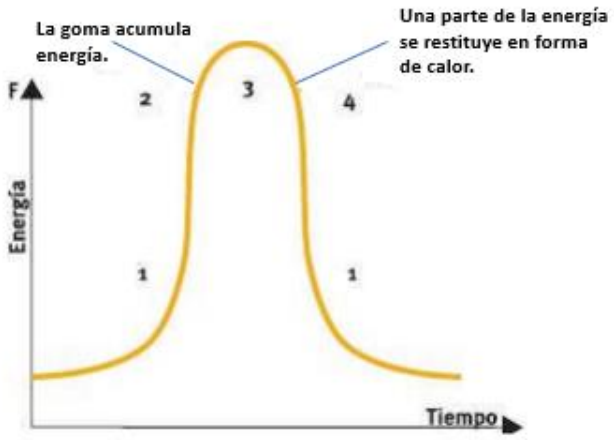


Figura 16: Funcionamiento de un neumático.

FUENTE: Eficiencia en tiempo de vida de neumáticos con relación a rotación de posiciones uno y dos en volquetes Komatsu 930 E-3 (tesis).

Si la acción descrita anteriormente es demasiada rápida, se puede superar la temperatura optima del funcionamiento del neumático, lo que provoca una degradación del neumático.

2.2.6.1 *Principales causas de deterioro de neumáticos.*

Paredes, C. (2008) señala que, dentro de los principales causantes del deterioro de los neumáticos mineros según son:

- **Inflado insuficiente:** Incremento de la flexión del neumático, de donde se deriva el incremento de la temperatura dentro del neumático.
- **Sobre inflado:** Desgaste prematuro de la banda de rodado, y una mayor sensibilidad a los choques y cortes.
- **Sobrecarga:** Desgaste prematuro de la banda de rodado, sensibilidad de los flancos e incremento de la flexión del neumático, lo que origina un aumento de la temperatura dentro del neumático.
- **Velocidad excesiva:** Aumento de la temperatura dentro del neumático y desgaste prematuro de la banda de rodado.

También pueden influir los choques importantes o combinación de los elementos descritos anteriormente.

Los daños pueden agravarse o producirse debido a fuerzas mecánicas generadas por:

- Fuerzas laterales que aparecen en las curvas de muy bajo radio.
- Choque con suelos mal mantenidos.
- Martilleo debido al estado de la superficie del suelo.

2.2.7 Parámetros que influyen en la duración de los neumáticos.

Para entender cuáles son los factores que influyen en la duración de los neumáticos se deben entender las exigencias a la cuales serán sometidos estos neumáticos, entre las cuales según Paredes, C (2008) están:

- Resistencia al desgaste.
- Resistencia a los choques y a los cortes.
- Conforts.
- Adherencia.
- Tracción.
- Estabilidad.
- Baja resistencia a la rodadura.
- Que estos se puedan reparar.
- Resistencia al calentamiento.
- Resistencia a la carga.
- Resistencia a la velocidad.

Por otro lado, la compra de los neumáticos siempre equivale a un presupuesto significativo.

2.2.7.1 *La temperatura interna de funcionamiento.*

Cuando un neumático rueda, se calienta según Peláez, P. (2013) debido a:

- El trabajo que efectúa.
- El calentamiento de los tambores de freno.
- El calentamiento de los reductores.

La temperatura crítica interna del aire en un neumático es el límite a partir del cual existe un peligro para el neumático. En ausencia de fuentes térmicas exteriores al neumático, se admite que dicha temperatura crítica se alcance cuando el aire que se encuentra en el interior del neumático llega a 80°C (dicha temperatura es siempre más baja que la temperatura interna del propio neumático).

2.2.7.2 *Influencia de las condiciones climáticas.*

“Dependiendo si la temperatura es más o menos elevada o de que el clima sea seco o húmedo, el neumático soportara las consecuencias”. (Paredes, C. 2008).

2.2.7.3 *Posición de los neumáticos en el camión.*

“Se admite que los neumáticos montados sobre ruedas motrices tienen una duración por desgaste inferior en un 25% en comparación con los montados sobre ruedas directrices”. (Paredes, C. 2008).

2.2.7.4 *Diferencia entre los diámetros de los neumáticos montados.*

“Tener neumáticos con diferente diámetro de un conjunto de ruedas gemelas (doble rueda de eje trasero) o entre eje delantero y eje trasero genera un desgaste más rápido e irregular del conjunto de los neumáticos”. (Paredes, C. 2008).

2.2.7.5 *La conducción de la máquina.*

Paredes, C. (2008), asevera que la manera de conducir la maquina influirá en la duración de los neumáticos. En efecto, la frecuencia:

- Frenazos brutales y repetitivos.
- Bruscas aceleraciones.
- Curvas tomadas a gran velocidad (aumento de la temperatura).
- Patinazos de las ruedas motrices.

2.2.7.6 *La duración y la longitud de los ciclos.*

“Ciclos largos, sobre todo en pistas acondicionadas, favorecen velocidades elevadas y por ende genera altas elevaciones de la temperatura en el interior de los neumáticos”. (Paredes, C. 2008)

2.2.7.7 *Mantenimiento mecánico de los vehículos.*

El mal estado mecánico de los camiones puede influir en la duración de vida de los neumáticos.

- Frenos defectuosos, hacen que se calienten excesivamente las ruedas metálicas y por lo tanto los neumáticos.
- Un paralelismo incorrecto de las ruedas directrices de los camiones de extracción.
- Holgura en las mangueras, rotulas, pivotes, etc.

“En los dos últimos casos, el neumático se desgastará de una forma anormalmente más rápido, es decir, los neumáticos de un mismo eje ya no estarán en paralelo y no rodaran sobre el suelo, sino que resbalaran por encima”. (Paredes, C. 2008).

2.3 TKPH (Tonelada-Kilometro por hora).

La principal tarea de los neumáticos es transportar cargas pesadas cada vez más rápido, con mayores distancias. Este transporte pesado inevitablemente provoca la acumulación de calor en los neumáticos.

Como los neumáticos tienen un límite de resistencia al calor, el desgaste de este puede ocurrir en etapas más tempranas de la operación si los neumáticos sobrepasan el TKPH nominal, el cual viene dado por el fabricante de los neumáticos, cuyos valores son obtenidos mediante pruebas de laboratorio.

Por ende, para seleccionar el neumático correcto, debe saber cuál es su TKPH. La TKPH (Tonelada-Kilómetro por Hora), el TKPH tanto para Bridgestone (2018) y Michelin (2016) es, una característica esencial de la capacidad de trabajo de los neumáticos. Para una misma dimensión y escultura, pueden existir varios tipos de goma, cada uno asociado a un TKPH diferente. Los valores de TKPH y TMPH figuran entra las características de los neumáticos. Estos dependen de la capacidad de carga de cada dimensión, del número de kilómetros a cada hora permitidos por tipo de neumático, y una temperatura ambiente normalizada de 38 °C.

2.3.1 ¿Cómo se calcula el TKPH operacional del neumático?

El TKPH genérico de un neumático según Bridgestone (2018) y Michelin (2016), depende de la concepción de estos y varía según los tipos de cubiertas y dimensiones. Los valores de TKPH de base figuran en las características de cada neumático. Estos valores están en función de la carga nominal propia de cada dimensión, del número de km permitidos a la hora por tipo de neumático y están dados para una temperatura ambiente normalizada de 38°C.

$$TKPH\ neumático = Qm * Vm$$

Ecuación 1: Calculo de TKPH de neumático.

Donde:

- Qm = Carga media por neumático (ton).
- Vm = Velocidad media de un ciclo en kilómetros.

2.3.1.1 *Carga media por neumático (Qm).*

Se obtiene mediante la ecuación 2

$$Qm = \frac{(Qc + Qv)}{2}$$

Ecuación 2: Carga media por neumático

Con:

- Qc = Peso por neumático, con vehículo en carga, expresado en ton.
- Qv = Peso por neumático para vehículo descargado, expresado en ton.

El cálculo de Qm debe efectuarse teóricamente para cada neumático. En la práctica se supondrá que, si no existe medidas de peso por cada neumático, se asume que cada neumático de un mismo eje lleva la misma carga. Finalmente se utiliza el valor de Qm para el peor caso, es decir, se implementará en la ecuación 1 el valor de Qm más elevado.

2.3.1.2 *Velocidad media del ciclo de referencia (Vm).*

Se obtiene mediante la ecuación 3

$$Vm = {}^{L}/_{H}$$

Ecuación 3: Velocidad media del ciclo.

Con:

- L = Longitud del ciclo en km (el ciclo de referencia debe ser aquel donde la velocidad media es la más elevada).
- H = Duración del ciclo de referencia en horas.

2.3.2 Calculo TKPH según Bridgestone.

Para Bridgestone (2018) el cálculo de TKPH de neumáticos, la ecuación 4 tendrá una leve modificación, ya que esta se debe adecuar a la temperatura ambiente del sector donde actuaran estos neumáticos, por lo cual el TKPH nominal del neumático se escala mediante el uso de un factor con lo cual, la ecuación queda:

$$TKPH_{nominal} * F = TKPH_{operacional}$$

Ecuación 4: TKPH nominal escalado para Bridgestone.

$$TKPH_{operacional} = Q_m * V_m$$

Ecuación 5: TKPH operacional de Bridgestone.

Donde:

TKPH$_{nominal}$: Corresponde al TKPH del neumático a 38°C, valor según catálogo.

F: Corresponde al factor de ajuste del TKPH, de acuerdo a la temperatura ambiente promedio de la mina. En la tabla 42 de los anexos se aprecia los diferentes valores de esta variable, según las diferentes temperaturas.

TKPH$_{operacional}$: Sera el valor máximo de TKPH que podrán resistir los neumáticos dada las condiciones de temperatura de la mina en cuestión.

2.3.3 TKPH Michelin.

Para el cálculo del TKPH de Michelin (2016), la ecuación 5 se verá modificada, mediante la adición de dos variables adicionales, ya que según esta compañía el TKPH operacional del neumático se debe escalar por un factor que tiene relación con el largo del ciclo, como también por un factor que viene relacionado con la temperatura ambiente. Con lo cual la ecuación para el caculo del TKPH de Michelin, se aprecia en la ecuación 6.

$$TKPH = Q_m * V_m * K1 * K2$$

Ecuación 6: TKPH operacional para Michelin.

Con:

K1: Según Michelin el factor está relacionado con la distancia de los ciclos, donde si la distancia es menor a 5 km, el valor de este será 1, para distancia de ciclos superiores se debe obtener la distancia desde la tabla 43 de los anexos.

K2: Este parámetro según Michelin viene dado por la temperatura ambiente del sector donde se encuentra la mina, además de velocidad media del ciclo que tiene el camión, los valores de este parámetro se obtienen desde la tabla 44 de los anexos.

2.4 Motivos de desecho de un neumático.

2.4.1 Cortes.

Este tipo de motivo de desecho de neumáticos más frecuentes en Mina Centinela, según la base de datos de Minera Centinela, el principal de los cortes se producen en la banda de rodado mientras que el porcentaje restante se producen tanto en el flanco u Hombro. Esto incrementa las separaciones por cortes de los neumáticos, pero también se descartan muchos que aún no han alcanzado su vida útil (alta cocada).

Figura 17: Corte de neumático en banda de rodado.

FUENTE: Informes de daño neumáticos Minera Centinela.

2.4.2 Separaciones.

Existen para Cajavilca, G (2015), tres tipos de separaciones en neumáticos mineros, los cuales son:

- Separación por corte (corte en banda de rodado o flanco).
- Separación por calor (exceso de velocidad de los camiones).
- Separación mecánica (esfuerzo al hombro del neumático por sobrecarga).

2.4.2.1 *Separación por corte.*

Cajavilca, G. (2015) considera que, las separaciones por corte principalmente se generan en la banda de rodado, ocasionada por rocas que abren la banda permitiendo el ingreso de agua, polvo, etc. Oxidando los cables de acero internos del neumático y separando la banda de rodado, en un inicio esta separación es localizada, pero por el rodaje se pueden separar grandes secciones del neumático.

Figura 18: Separación por corte.

FUENTE: Informes de daño neumáticos Minera Centinela.

2.4.2.2 *Separación por calor.*

Cajavilca, G. (2015) considera que, las separaciones por calor son ocasionadas por exceso de velocidad del equipo, la cual el neumático del equipo no puede soportar. Los neumáticos de minería son diseñados para soportar carga y no más velocidad, los viajes en vacío del equipo no deben exceder ciertos rangos de velocidad para no perjudicar la capacidad de disipación del calor de los neumáticos; esto se manifiesta con olor a quemado y separación de la banda de rodado.

Figura 19: Separación por calor.

FUENTE: Informes de daño neumáticos Minera Centinela.

2.4.2.3 *Separación mecánica.*

Las separaciones mecánicas para Cajavilca, G. (2015) se ocasionan por sobrecargas, cargas descentradas y/o maniobras penalizantes como curvas cerradas o ingresos a botaderos a alta velocidad. Esto origina que el neumático no pueda soportar las toneladas que sobre él se aplican, rompiéndose los cables internos de acero a la altura del hombro creando protuberancias visibles, este es el motivo por la cual se pierden muchos neumáticos con alta cocada son alcanzar su vida útil.

Para obtener un buen carguío y por lo cual cargas centradas, entonces se debe tener una buena fragmentación post tronadura, además se recomienda no cargar rocas demasiado grandes a los camiones.

Figura 20: Motivo de separación mecánica (carga descentrada), consecuencias que genera (burbujas banda lateral).

FUENTE: Implementación del sistema Michelin earthmover management system evolution 2 en flota de volquetes Mina Cuajone (tesis).

2.4.3 Presión de inflado.

2.4.3.1 *Sobre inflado.*

“Las presiones de inflado alto generan desgaste prematuro en las bandas de rodado enviando prematuramente el neumático a desecho”. (Peláez, P. 2013).

2.4.3.2 *Inflado insuficiente.*

“Los neumáticos con sobrecarga y a su vez con una baja presión de inflado están propensos a demasiada deflexión y por consiguiente a un mayor número de cortes. La demasiada deflexión ocasiona daños en el talón, esto es debido a que se sobrepasa la carga nominal de la cubierta con baja presión de inflado”. (Peláez, P. 2013).

2.4.4 Zonas de carguío- Vías de acarreo- Botaderos.

“Las zonas de carguío son primordiales para la producción, por lo cual estas deben estar en perfectas condiciones para que haya un cuidado de los neumáticos, dado que en estos sectores ocurren cortes de neumáticos al igual que en los botaderos” (Peláez, P. 2013). Por lo cual los lugares de carguío deben estar libres de rocas sueltas, por ende, siempre deben existir equipos de servicios disponibles para que concurran a estos lugares, para realizar labores de limpieza, los equipos que llevan a cabo esta labor son: Wheeldozers y/o Bulldozers, reduciendo la probabilidad de que se generen cortes en los neumáticos por presencia de rocas sueltas.

2.5 Herramienta RAC.

El control de análisis de los caminos (RAC, Road Analysis Control) para Felsh, W., Arroyo, C., Oliveira, V., Veira, P. y Araujo, E. (2018), es un producto de información que permite la supervisión de las condiciones de los caminos de acarreo y que con esto pueda aumentar el rendimiento, la productividad y seguridad de los grandes camiones mineros mientras reducen los costos de reparación y mantenimiento, y el tiempo de inactividad. Al estar integrado con el Sistema de Administración de Información Vital (VIMS), RAC proporciona retroalimentación en tiempo real acerca de las condiciones del camino de acarreo, las cuales son fundamentales para los tiempos de ciclo y los componentes del tren de fuerza, el bastidor y la suspensión, además de los neumáticos.

“Los eventos RAC son generados por la variación de presión en la suspensión de cada rueda, donde los sensores miden los esfuerzos de presión interna, permitiendo caracterizar a condición real de las vías. El sistema recoge datos de la variación de presión y determina tres tipos de eventos de acuerdo con la presión de cada una: RACK, BIAS y PITCH”. (Felsh, W., Arroyo, C., Oliveira, V., Veira, P. y Araujo, E. 2018).

“VIMS también registra información RAC de los datos de deformación y paso de cada ciclo, y crea una medición de resumen denominada Análisis de carga equivalente a fatiga (FELA, Fatigue Equivalent Load Analysis), el cual permite a la administración que haga seguimiento de las condiciones del camino graves y de referencia. Al usar los mismos sensores que determinan el peso de la carga útil y los tiempos de ciclo, RAC mide la deformación y el paso del bastidor diez veces por segundo. La deformación es el doblez lateral del bastidor debido a carga desigual en los neumáticos diagonales” (Felsh et al., 2018). Por ejemplo, un camión completamente cargado con el neumático delantero izquierdo en un surco y el neumático trasero derecho en una inclinación genera fuerzas excesivas en el bastidor. El paso es la fuerza sobre el bastidor desde la parte delantera hacia la trasera, que ocurre cuando el camión cruza un bache o surco perpendicular a la línea de desplazamiento, con frenado duro o giros bruscos. RAC mide estos valores.

2.5.1 RACK, BIAS, PITCH.

RACK: “Es la diferencia entre las presiones de las suspensiones a través del centro del camión; de la siguiente manera”. (Olivares, C. 2019)

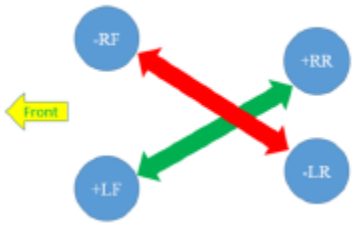


Figura 21: Esquematización de tecnología RACK.

FUENTE: Control of road analysis Rack-Bias-Pitch.

$$\left(R_{IZQ\ DELANTERA} + R_{DER\ TRASERA}\right) - \left(R_{DER\ DELANTERA} + R_{IZQ\ TRASERA}\right)$$

Ecuación 7: Calculo del RACK.

BIAS: “Este demuestra si la colocación de la carga es central o a un lado del camión durante su carga (Payload BIAS). También muestra si está ocurriendo carga “dinámica” significativa cuando la maquina atraviesa pendientes, o curvas a altas velocidades donde no hay suficiente peralte (Machine BIAS), El Machine BIAS y el Payload BIAS se define coma la diferencia de presiones de los cilindros a cada lado del equipo”. (Olivares, C. 2019)

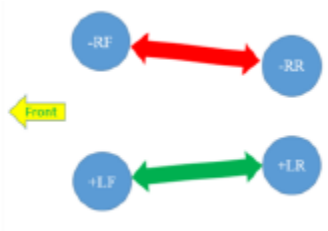


Figura 22: Esquematización de tecnología BIAS.

FUENTE: Control of road analysis Rack-Bias-Pitch.

$$(R_{IZQ\ DELANTERA} + R_{IZQ\ TRASERA}) - (R_{DER\ DELANTERA} + R_{DER\ TRASERA})$$

Ecuación 8: Calculo de BIAS.

PITCH: ”Es la diferencia entre el total de las presiones de los cilindros, de las ruedas delanteras y las ruedas traseras. Por diseño, la carga axial puede generar presiones en los cilindros de la suspensión trasera igual a aproximadamente el doble de la presión en los ejes delanteros”. (Olivares, C. 2019)

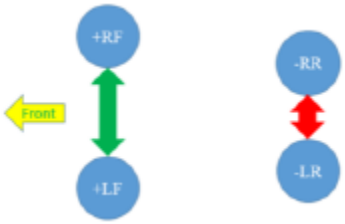


Figura 23: Esquematización de tecnología PITCH.

FUENTE: Control of road analysis Rack-Bias-Pitch.

$$(R_{IZQ\ DELANTERA} + R_{DER\ DELANTERA}) - (R_{IZQ\ TRASERA} + R_{DER\ TRASERA})$$

Ecuación 9: Calculo de PITCH.

Al monitorear estos datos, según Alta Vía (2018), las minas podrán identificar y tratar las secciones del camino de acarreo que afectan los tiempos de ciclo y la vida útil de los componentes. Los resultados son caminos de acarreo mantenidos correctamente, lo que significa condiciones de funcionamiento más seguras, menos desgaste mecánico, menos estrés físico y mejor comodidad para el operador, menos consumo de combustible, menos costos de neumáticos por peligros en el camino, costos de operación de la suspensión y los componentes y más tiempo de disponibilidad.

Beneficios de RAC:

- Mantenimiento adecuado de los caminos de acarreo
- Tiempos de ciclo más rápidos
- Mayor vida útil de los componentes, el bastidor, el sistema de suspensión y los neumáticos
- Menos esfuerzo físico del operador y mejor comodidad
- Operación más segura
- Menos consumo de combustible
- Menores costos de operación

Por lo tanto, la implementación del sistema RAC en resumen tiene como principal motivo cuidar el estado de los equipos, es decir, reducir o evitar daños a las componentes de los camiones como lo son: Neumáticos, suspensión, cilindros y chasis de estos, con lo cual se asegura que se cumplan con la vida útil prevista por los fabricantes.

2.6 Directriz de tiempos e índices para equipos mineros.

2.6.1.1 *Modelo de gestión de tiempos.*

La norma de tiempos del Grupo Minero AMSA (Norma ASARCO) corresponde al marco de referencia utilizado para la definición de conceptos y distribución de los tiempos en que el equipo incurre durante la operación, posee la estructura que se muestra en la Figura 24. Esta norma es de importancia para monitorear los tiempos de los equipos de servicios utilizados para las mantenciones de caminos.

El modelo de gestión de tiempos o norma ASARCO según el documento de directriz de reportabilidad de tiempos e índices para equipos mineros del grupo AMSA, según la Gerencia Técnica de Minería (2017), tiene como objetivo principal capturar de manera correcta la imputación de los tiempos en la flota de equipos, describiendo los criterios y metodologías a utilizar para su correcta asignación, con foco principal en los equipos de carguío, transporte y perforación. Facilitando así, la transferencia de buenas prácticas entre las compañías del grupo minero.

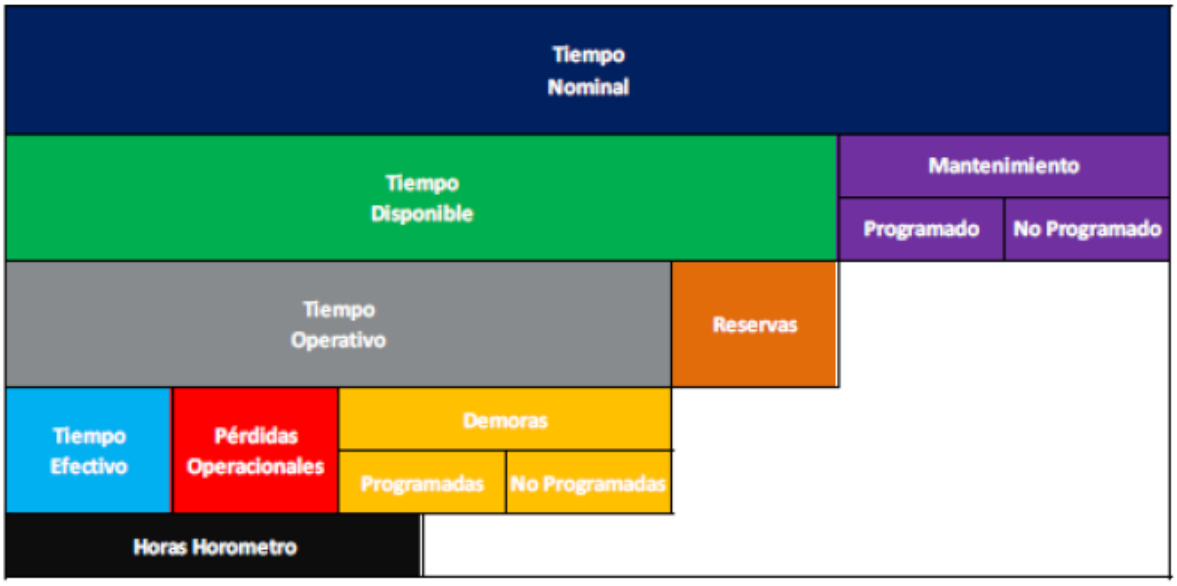


Figura 24: Esquematización de tiempos según norma ASARCO.

FUENTE: Directriz de Reportabilidad de Tiempos e Índices para Equipos Mineros AMSA.

- **Tiempo Disponible:** Tiempo en que el equipo se encuentra mecánicamente habilitado para cumplir con su función de diseño.
- **Tiempo Operativo:** Tiempo en que el equipo se encuentra mecánicamente habilitado, con operador y cumpliendo con las actividades asignadas asociadas a la operación
- **Tiempo Efectivo**: Tiempo en que el equipo se encuentra desarrollando las actividades asignadas, de acuerdo con su función de diseño y para las cuales ha sido adquirido por La Compañía.

Esta norma además establece determinadas subclasificaciones de tiempos a través de las cuales se busca reflejar la actividad operacional en la cual se encuentra el equipo, con el objetivo de poder gestionar de manera proactiva dichas actividades, optimizando su utilización y eficiencia operacional.

A continuación, se detallan estas subclasificaciones de tiempos y su definición:

- **Mantenimiento:** Tiempo en que el equipo se encuentra fuera de servicio o no disponible, ya sea por una mantención programada, no programada o imprevistos operacionales.
- **Reserva:** Tiempo en que el equipo se encuentra mecánicamente apto para cumplir su función de diseño, pero no tiene operador que lo utilice, no es requerido por la operación o está bajo una condición especifica por la cual no puede ser operado (Factor climático).
- **Demoras Programadas:** Tiempo en que el equipo no cumple su función de diseño debido a actividades de las cuales se tiene certeza del momento y la duración de su ocurrencia.
- **Demoras No Programadas:** Tiempo en que el equipo no puede cumplir con su función de diseño, debido a actividades propias de la operación pero que no se tiene certeza del momento y la duración de su ocurrencia.
- **Pérdidas Operacionales:** Tiempo en que el equipo no cumple con su función de diseño debido a interferencias en su ciclo de trabajo ocasionadas por otro equipo o condiciones externas provenientes de la operación.

2.6.1.2 *Índices para equipos mineros.*

- **Disponibilidad:** Es el porcentaje de horas nominales en que la flota o equipo estuvo en condiciones mecánicas y/o eléctricas de ser operado.
  El índice establece el marco de referencia funcional que deberá enfrentar la operación.

$$Disponibilidad\ (\%) = \frac{Tiempo\ Disponible}{Tiempo\ Nominal} * 100$$

Ecuación 10: Disponibilidad según norma ASARCO.

- **Utilización Efectiva sobre Base Disponible (UEBD):** Es el porcentaje de horas disponibles en que la flota o equipo se encuentra realizando su función de diseño.
  El indicador provee información sobre la eficacia operacional del proceso.

$$UEBD\ (\%) = \frac{Tiempo\ Efectivo}{Tiempo\ Disponible} * 100$$

Ecuación 11: Utilización efectiva sobre base disponible según norma ASARCO.

- **Eficiencia Operacional:** Es el porcentaje de horas efectivas en que la flota o equipo se encuentra realizando su función de diseño respecto al total de sus horas horómetro.
  El indicador provee información sobre la eficiencia operacional del proceso y genera un valor para el costeo.

$$Eficiencia\ Operacional\ (\%) = \frac{Tiempo\ Efectivo}{Horas\ Horometro} * 100$$

Ecuación 12: Eficiencia operación según norma ASARCO.

- **Rendimiento Efectivo:** Índice que mide el desempeño productivo (toneladas transportadas, toneladas cargadas, metros perforados, etc.) según las características del equipo. Se mide en toneladas o metros por hora efectiva.

$$Rendimiento\ Efectivo\ (\%) = \frac{Desempeño\ Productivo}{Tiempo\ Efectivo} * 100$$

Ecuación 13: Rendimiento efectivo según norma ASARCO.

2.6.1.3 *Criterio para la captura del tiempo.*

2.6.1.3.1 Efectivo.

El tiempo efectivo se encuentra definido por el ciclo de trabajo del equipo, compuesto de diferentes actividades para cada flota de equipos.

2.6.1.3.2 Demoras programadas y no programadas.

Las demoras son capturadas en el momento en que se inicia la ejecución de la acción que interrumpe el ciclo de trabajo del equipo operado o el momento en que se detecta la condición operacional (ej. Bloqueo de camino) que genera la ineficiencia y esta implique una interrupción en el ciclo de trabajo del equipo.

2.6.1.3.3 Reservas

Las reservas son capturadas en el momento en que se den los siguientes casos:

- No contar con operador para el equipo por ausencia.
- Concluir el ciclo de trabajo asignado y no contar con una nueva asignación al no ser requerido por la operación.
- Declaración de ocurrencia de una condición específica por la cual no puede ser operado el equipo (Mal Clima).

2.6.1.3.4 Mantenciones.

- **Mantención programada:** El traslado y entrega en el área de mantención (taller) se realizará con estado de demora no programada (traslado) y se cambiará el estado a mantención en el momento en que el equipo sea entregado a mantenimiento, su posterior entrega a operaciones y regreso al área de la mina se realizará con estado de demora no programada.

- **Mantención no programada:** Se registrará la actividad de mantención no programada en el momento en que el equipo registre la alerta o falla y será imputado a las horas disponibles hasta la entrega a operación.

3 Desarrollo

3.1 Análisis Previo de Neumáticos año 2018

Para determinar cuáles son los principales problemas que se presentan en los neumáticos de los camiones de Minera Centinela, se debe realizar un análisis previo de las fallas de neumáticos durante el año 2018, con este análisis se podrá determinar cuáles son las áreas que se van a abordar para poder lograr un aumento de la vida útil de los neumáticos de la flota de transporte.

En Minera Centinela Existen 3 grandes familias de camiones de extracción, los cuales usan diferentes tipos de neumáticos, cada uno correspondiente para cada familia de camiones; todos estos detalles se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Descripción de las flotas de camiones y sus neumáticos.

Familia	N° camiones	Modelos por familia	N° de caex según modelo	Medida de neumáticos	Tipos de neumáticos
CAT 793	25	CAT 793 C	13	46/90R57	Bridgestone VREV E3A
		CAT 793 F	12		
CAT 797	34	CAT 797 B	10	59/80R63	Bridgestone VRPS E1A
		CAT 797 F	24		
KOM 930	13	KOM 930 E4	13	53/80R63	Bridgestone VRPS E3A

FUENTE: Superintendencia Servicios Mina.

En los gráficos 1, 2 y 3 que se aprecian a continuación se pueden observar el número de bajas de neumáticos para el año 2018, de manera mensual, para cada medida. Estos gráficos corresponden a las flotas CAT 797, KOM 930 y CAT 793 respectivamente.

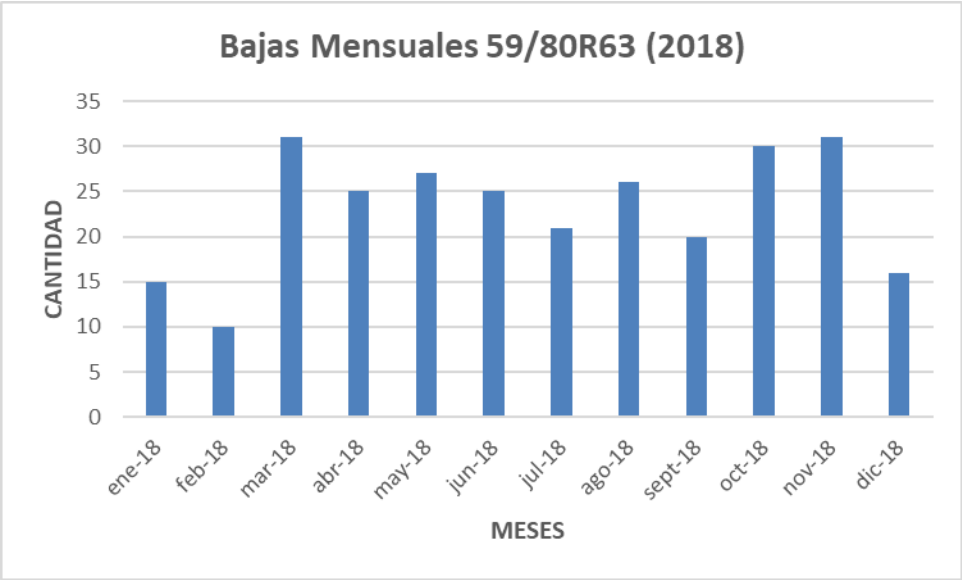


Gráfico 1: Bajas mensuales de neumáticos de flota CAT 797 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

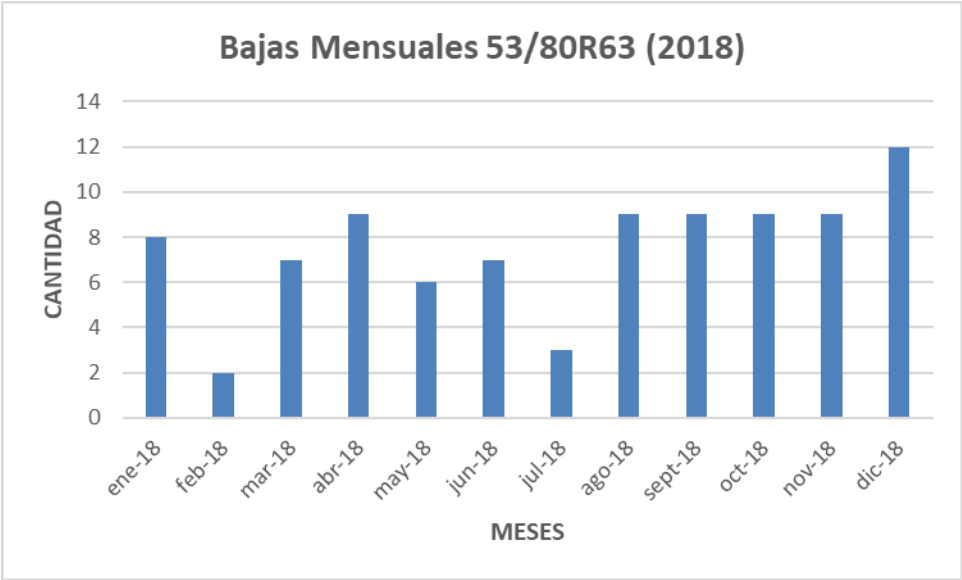


Gráfico 2: Bajas mensuales de neumáticos de flota KOM 930 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

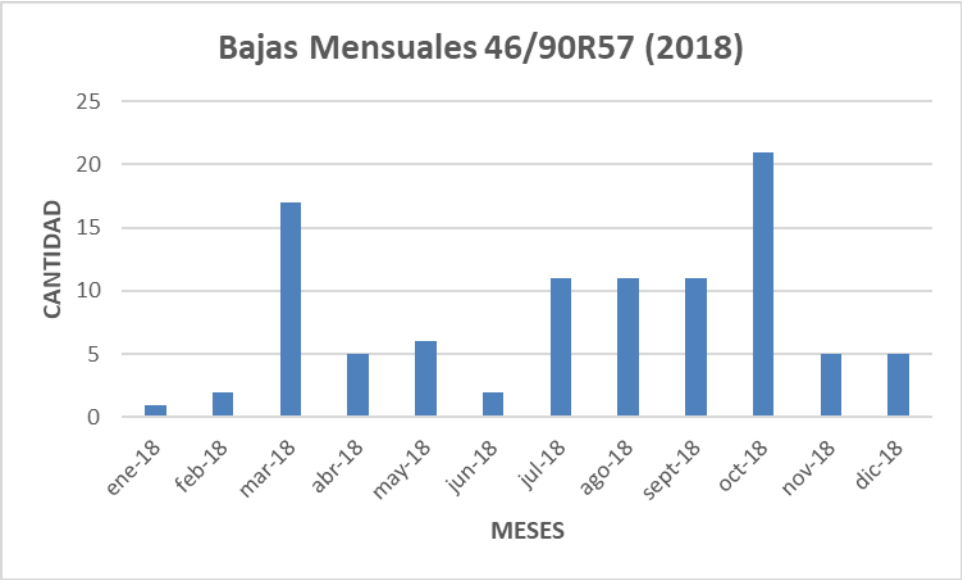


Gráfico 3: Bajas mensuales de neumáticos de flota CAT 793 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

Para visualizar los principales motivos de las bajas de los neumáticos y con aquello poder conocer cuáles son los principales tipos de bajas; y poder determinar alguna estrategia de cómo abordar la problemática para las distintas flotas, se elaboran los gráficos de Pareto 4, 5 y 6.

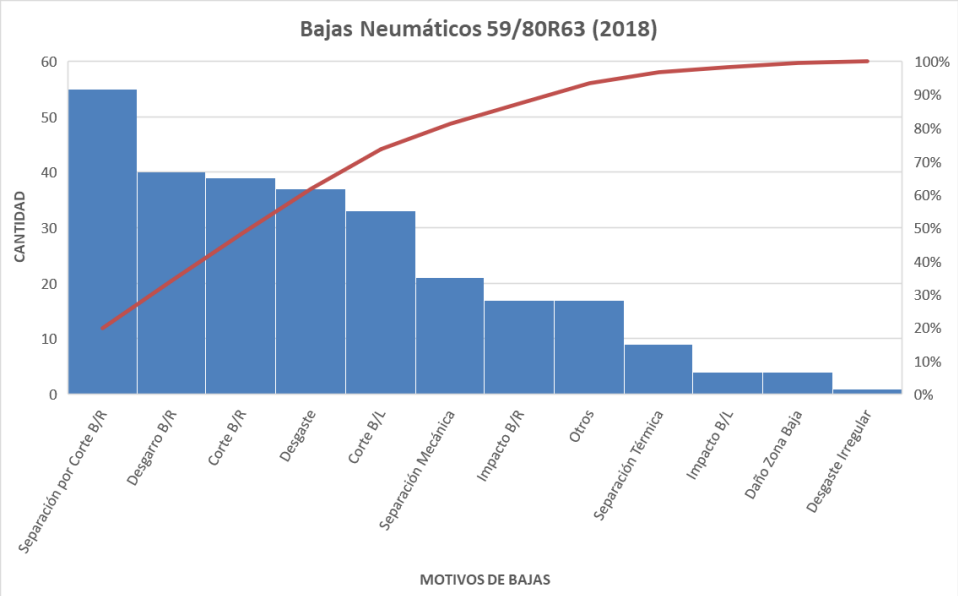


Gráfico 4: Pareto de bajas de los neumáticos CAT 797 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

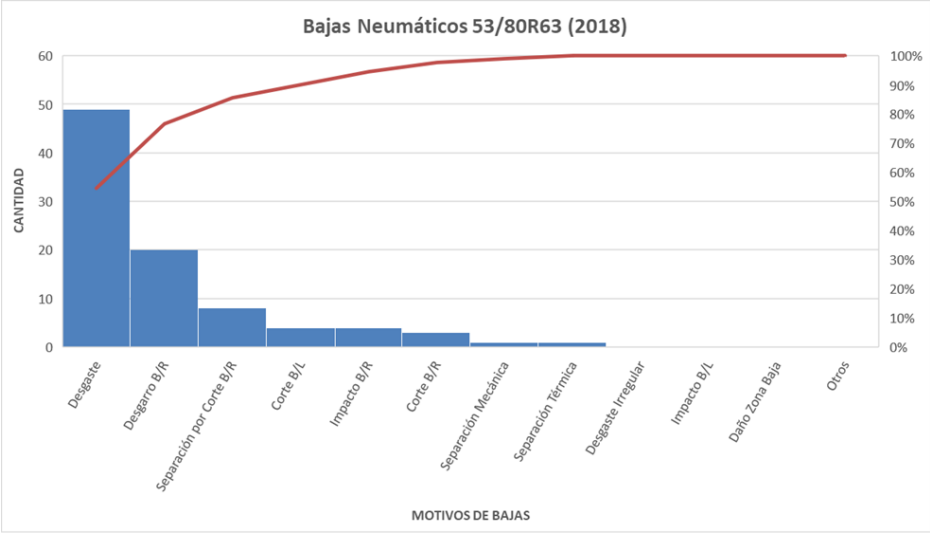


Gráfico 5: Pareto de bajas de los neumáticos KOM 930 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

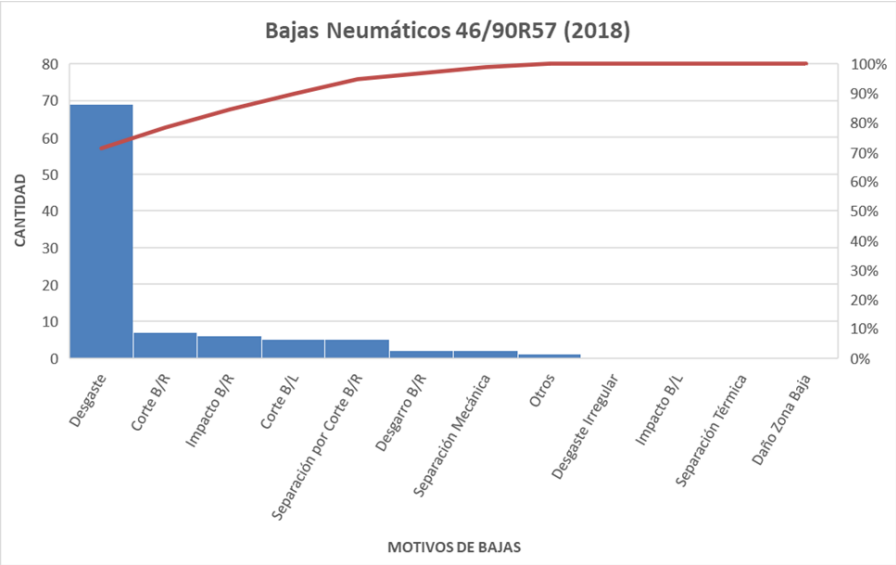


Gráfico 6: Pareto de bajas de los neumáticos CAT 793 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

Visualizando los gráficos mostrados anteriormente, sobre los motivos de bajas de neumáticos registrados durante el año 2018. Los motivos de baja se pueden agrupar en 4 grandes conjuntos, para poder compilar mejor la información y abordar de mejor manera el problema de bajas de neumáticos que no han cumplido su vida útil.

Los grupos en los cuales se agrupan las bajas de neumáticos en Minera Centinela son: desgaste, operacional, otros y separaciones térmicas. En cada grupo se agrupan los distintos motivos de bajas, tal como se aprecia a continuación.

- **Desgaste:**
  - Desgaste Regular.
  - Desgaste Irregular.

- **Operacional:**
  - Corte Banda de Rodado.
  - Corte Banda Lateral.
  - Desgarro Banda de Rodado.
  - Separación por Corte en Banda de Rodado.
  - Impacto en Banda de Rodado.
  - Impacto en Banda Lateral.
  - Separación Mecánica.
  - Daño en Zona Baja.

- **Otros:**
  - Cortes de Válvulas.
  - Desprendimiento de Butilo.
  - Protuberancias.
  - Etc.
- **Separación Térmica.**
  - Separaciones Térmicas

Con esta categorización de los motivos de bajas. Se obtienen los gráficos que visualizan los porcentajes de bajas acumuladas por cada uno de los 4 conjuntos, para cada una de 3 las medidas de neumáticos existentes en Minera Centinela

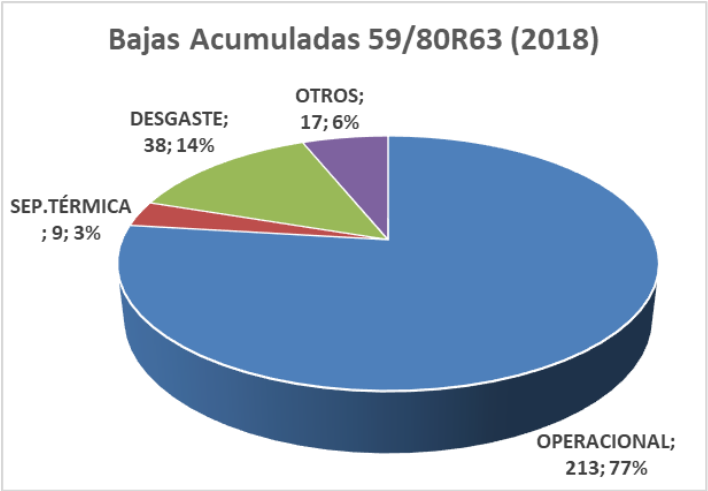


Gráfico 7: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones CAT 797 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

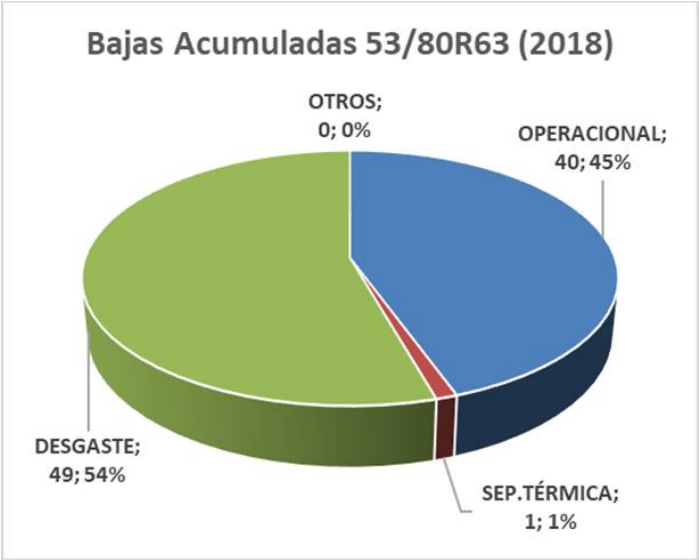


Gráfico 8: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones KOM 930 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

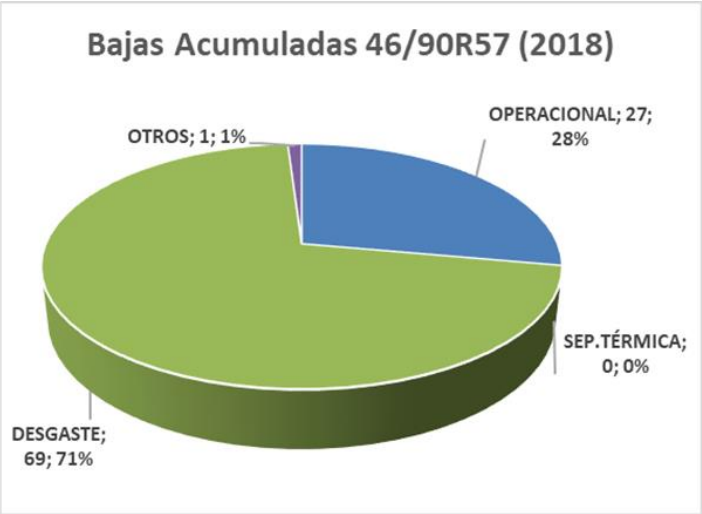


Gráfico 9: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones CAT 793 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

Con lo anterior se puede apreciar que tanto para la flota de KOM 930 y CAT 793, el principal motivo de baja es el desgaste, por el contrario se obtiene que el principal motivo para la flota CAT 797 es el tema operacional. Para el resto de las flotas también está presente el tema operacional, por lo cual uno de los principales énfasis de la investigación es lograr una disminución de las bajas por temas operacionales.

Este motivo de baja, tal como lo dice su nombre se debe principalmente a malas prácticas operacionales tanto del personal que maneja este tipo de equipos, así como también a los operadores que se encargan de la construcción y mantención de los caminos; por lo cual no se puede determinar con exactitud, debido a que no existe una forma establecida en Minera Centinela para diferenciar las bajas.

Finalmente, se elaboran gráficos de las distintas medidas de neumáticos que utilizan los camiones de extracción en Minera Centinela, para obtener el rendimiento o vida promedio de los neumáticos (hrs) de manera mensual y finalmente el promedio de vida del 2018, el cual es comparado con el target establecido de hrs de vida de los diferentes neumáticos para Centinela.

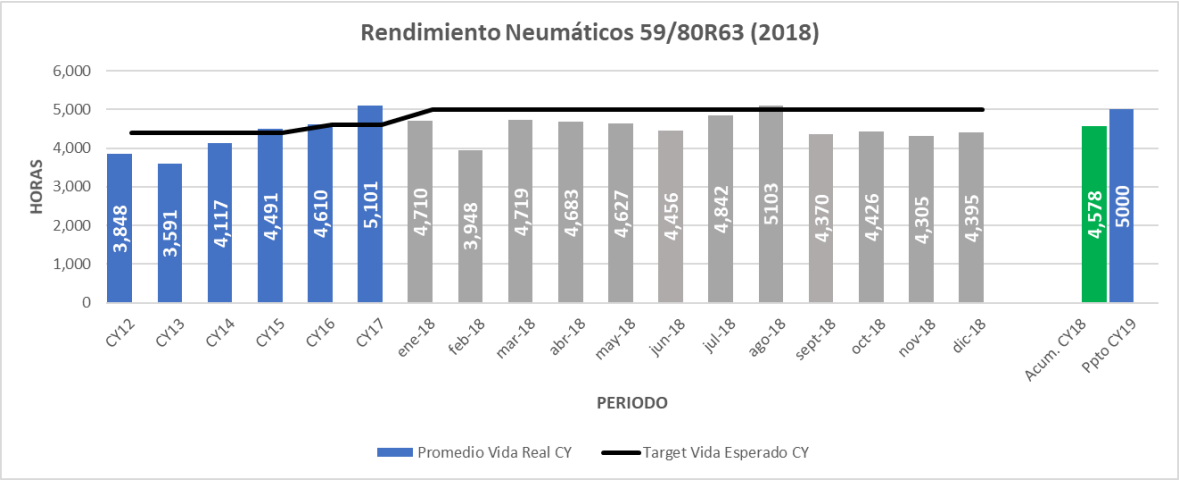


Gráfico 10: Rendimientos de vida útil de neumáticos CAT 797 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

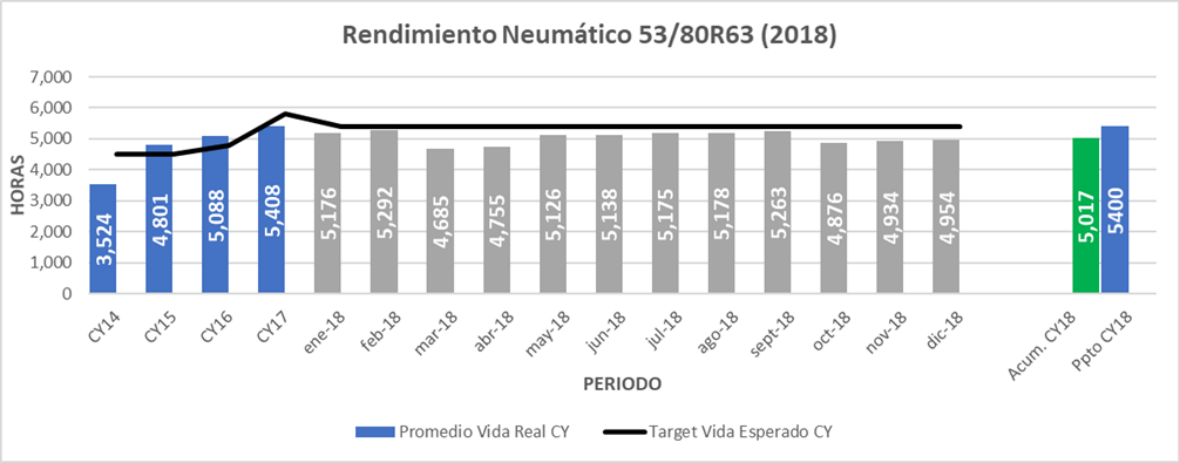


Gráfico 11: Rendimientos de vida útil de neumáticos KOM 930 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

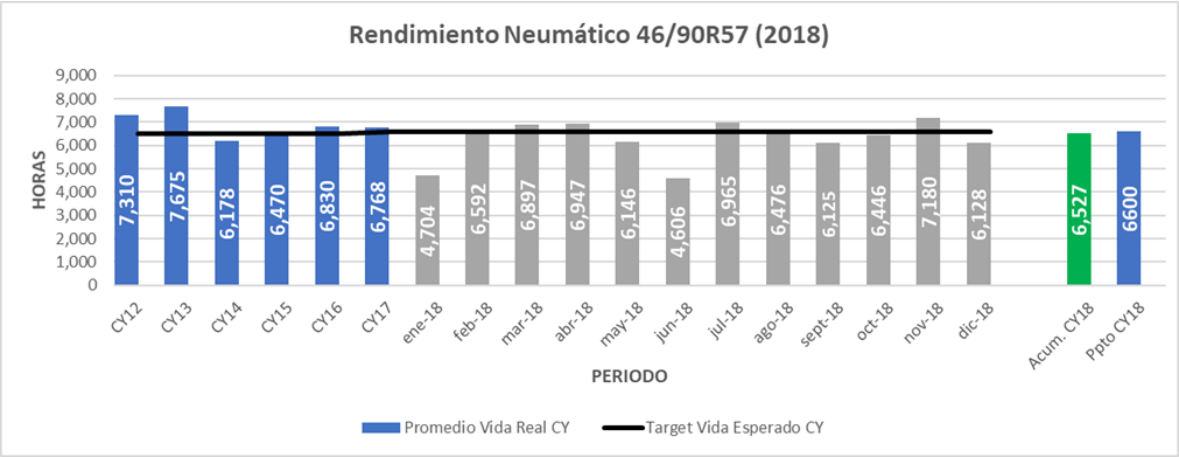


Gráfico 12: Rendimientos de vida útil de neumáticos CAT 793 (2018).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (2018).

Tal como se observa en los gráficos anteriores, ninguno de los neumáticos logró alcanzar como promedio de vida útil, el target establecido por la compañía para el 2018. Además, se logra observar que solo para las flotas CAT 793 y CAT 797 se lograron en algunos meses alcanzar el target establecidos, siendo en 2 y en 1 mes respectivamente. Los resultados obtenidos durante el año 2018 son muy alarmante para el año venidero, aunque los principales motivos de bajas para las diferentes flotas son principalmente el tema operacional.

La Gerencia de Operaciones de Centinela esperaba que se obtuvieran valores promedios de vida media igual o levemente menor a los target establecidos, puesto a que en el global de todas las bajas el principal motivo es el desgaste, el cual es el proceso natural de deterioro de los neumáticos.

Con todos los resultados obtenidos de las bajas de los neumáticos 2018 se logra determinar la situación existente en Minera Centinela en relación a los neumáticos de los camiones de extracción. Dado los motivos de bajas de los neumáticos y los promedios de vida de estos, se determina la forma con la cual se abordara la problemática.

3.2 Metodología.

La metodología propuesta se agrupa en 4 grandes pilares, con lo cual se pretende obtener un aumento en la vida útil de los neumáticos, lo que conllevara a que genere un ahorro en el ámbito de los neumáticos para la minera.

Los 4 pilares del estudio son: Caminos, operación neumáticos, practicas operacionales y modelo de negocio. Los cuales se explican a continuación.

3.2.1 Caminos.

- Las flotas de camiones Caterpillar cuentan con el sistema Rack-Bias-Pitch, el cual, mediante la variación de presión en las suspensiones, permite identificar los sectores de las rutas donde se generan esfuerzos sobre lo permitido para los equipos, su estructura y neumáticos. El sistema recoge datos de la variación de presión y determina tres tipos de eventos de acuerdo con la presión de cada una, por lo cual se realizará un seguimiento diario de este sistema, para con ello determinar los sectores de la ruta que presentan problemas para los camiones y poder atacar esos sectores.

- Incluir en el plan de tránsito existente, los sectores que presentan problemas para el correcto funcionamiento de los camiones, según el sistema Rack-Bias-Pitch. Realizar este plan semanal y difundirlo a toda la organización, para que se conozcan los sectores más críticos de los caminos y junto a la Gerencia Mina destinar los recursos de la Superintendencia de Servicios Mina, a los sectores críticos de las rutas de la mina.

- Generar planes de mejoramiento y limpieza, para poder realizar un trabajo completo de mantención de los caminos de la mina, los cuales son monitoreados por el sistema RAC. Para poder obtener un camino con las condiciones óptimas para el perfecto rodado de los neumáticos.

- Implementar un estudio de caminos el cual generara un impacto en las mejoras de diseño de los caminos para los temas como lo son: radios de giro, distancias mínimas de frenado, distancias de visibilidad, pendientes, peraltes, etc.

- Realizar un seguimiento de la Utilización de la flota de las Motoniveladoras y de los Wheeldozers 834, los cuales son las principales flotas de equipos destinados a la construcción y mantención de los caminos. El monitoreo busca que los Jefes de Turno de Servicios le den prioridad, para asegurar que estos equipos dispongan siempre de operadores; también con esto se monitorea las labores de mejoras de los caminos que están planificadas.

3.2.2 Practicas operacionales.

- Monitorear semanalmente el sistema Rack-Bias-Pitch, con aquello determinar si los eventos que se generar según el sistema fueron originados por las condiciones de los caminos o estos se deben por las malas prácticas operacionales; ya sea frenazos, acelerones, etc. Con esta determinación realiza un catastro de los operadores que presenten mayores problemas y se tomaran medidas como lo es la re-instrucción con aquellos operadores; para luego tener un seguimiento a estos operadores y con ello observar si la tendencia de aquellos disminuye.

- Otro aspecto para abordar es inculcar una cultura de cuidado de los neumáticos para toda la organización que tiene alguna relación con el correcto desempeño de los neumáticos. Todo esto se abordara generando dinámicas para recoger ideas sobre rendimiento de neumáticos y realizando capacitaciones a todo el personal involucrado en la reunión del 3° día.

3.2.3 Operación Neumático.

- Identificar y conocer las características que presentan los neumáticos que se están usando en Minera Centinela, posterior a eso se realizara una determinación de las Toneladas por Kilometro por Hora (TKPH) de las diferentes rutas por la cual transitan los camiones de extracción. Para lo cual se requerirá tener una esquematización de las rutas por las cuales se desplazan los camiones, junto a las cargas promedios que llevan estos para poder comparar el TKPH operacional los TKPH que tienen estos neumáticos según el fabricante, con aquello estudiar la opción de variar tanto la carga de los camiones y/o velocidad de algunos sectores para poder obtener TKPH operacionales acordes a los valores que soportan los neumáticos.

3.2.4 Modelo de negocio.

- Realizar pruebas con neumáticos de otra empresa como lo es Michelin, para observar si con el cambio de proveedor de neumáticos se pueden tener mejores resultados que los actuales, lo cual tendrá una influencia directa en el pilar del modelo de negocio.
- En relación a la licitación que se encuentra Minera Centinela con los proveedores de neumáticos, con lo cual tendrán un gran valor las pruebas que se realizan con neumáticos Michelin. Con estos resultados se podrá tomar una decisión con mayor cantidad de antecedentes para determinar quién será el siguiente proveedor de neumáticos para Minera Centinela.

3.3 Caminos.

Dado que los caminos es uno de los principales factores que tiene efecto en la vida de los neumáticos, se debe enfatizar el monitoreo de los caminos, ya que, si estos presentan malas condiciones tendrán un efecto negativo en la duración de la vida de los neumáticos; por lo cual se pretende implementar un sistema que monitorea el estado de los caminos.

El sistema RACK-BIAS-PICH o también llamado sistema RAC se instala en las suspensiones de los camiones Caterpillar, este sistema sirve para poder inferir malas prácticas operacionales de los operadores, dado que se monitorea de manera continua por parte de Dispach, las diferencias de presiones que se registren durante el funcionamiento diario de cada camión Caterpillar. Dispach sera el encargado de realizar la diferenciación del motivo por el cual se están originando las alarmas, es decir, si se están originado por las condiciones del camino, por malas prácticas operacionales o por una falta de mantención de los camiones y así poder determinar las medidas a tomar, todo esto se resume en la figura 25.

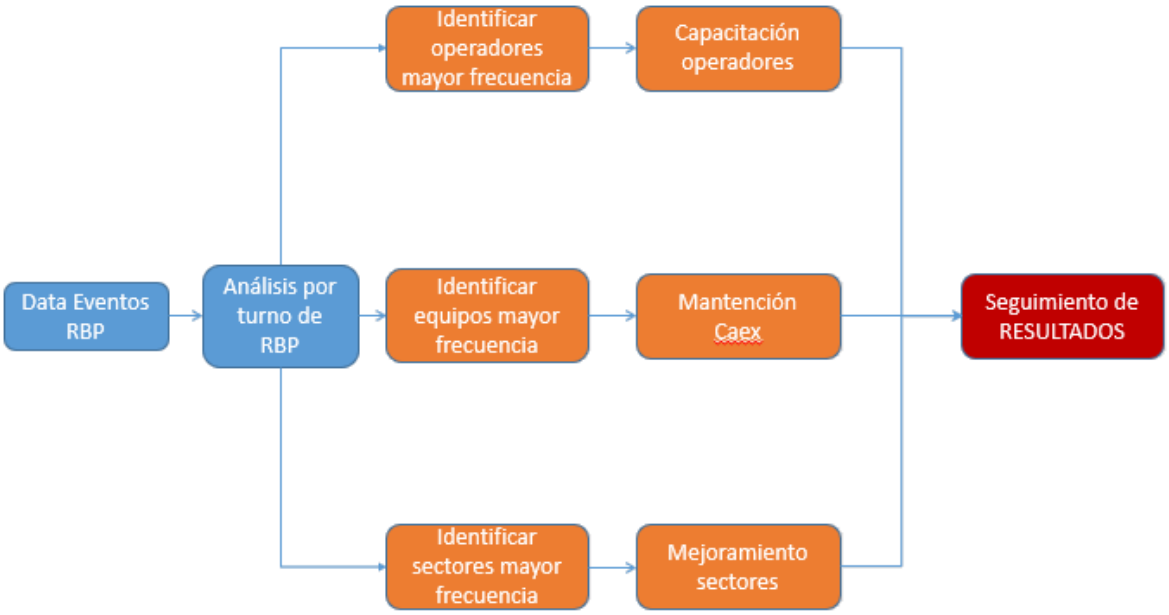
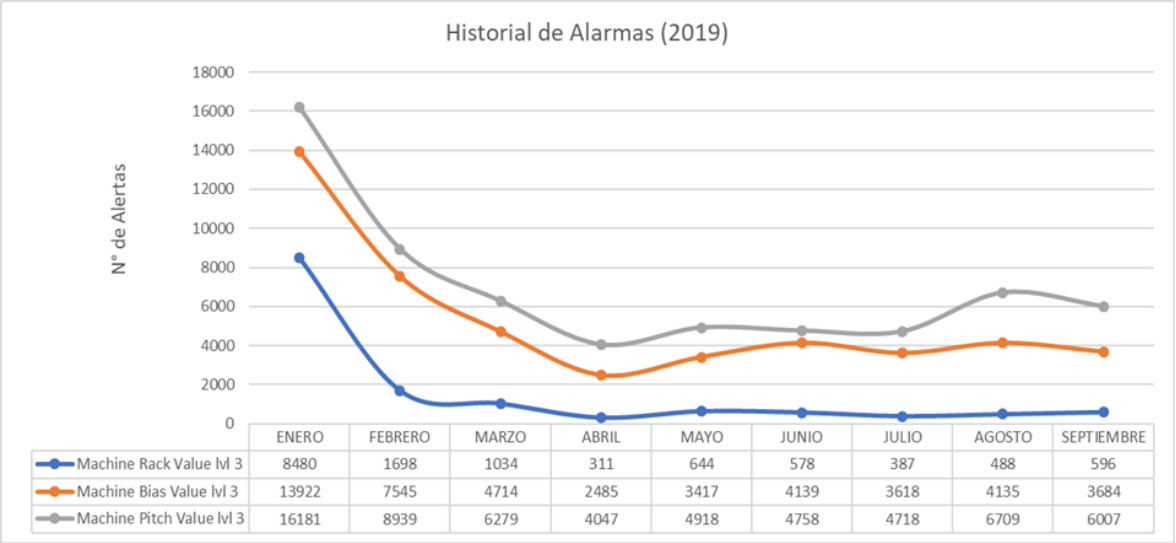


Figura 25: Esquematización de medidas a realizar con la data de RACK-BIAS-PITCH.

FUENTE: Steerco proyecto UNNE (2019).

3.3.1 Monitoreo Rack-Bias-Pitch en caminos

Con la información recopilada con este sistema se pueden elaborar el grafico 13 con la evolución histórica del número de alertas registradas durante el año 2019, como también el grafico 14 el cual muestra la cantidad de alertas por cada ítem del sistema Rack-Bias-Pitch.



	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Machine Rack Value lvl 3	8480	1698	1034	311	644	578	387	488	596
Machine Bias Value lvl 3	13922	7545	4714	2485	3417	4139	3618	4135	3684
Machine Pitch Value lvl 3	16181	8939	6279	4047	4918	4758	4718	6709	6007

Gráfico 13: Evolución de las diferentes alarmas a lo largo del año 2019.

FUENTE: Elaboración propia.

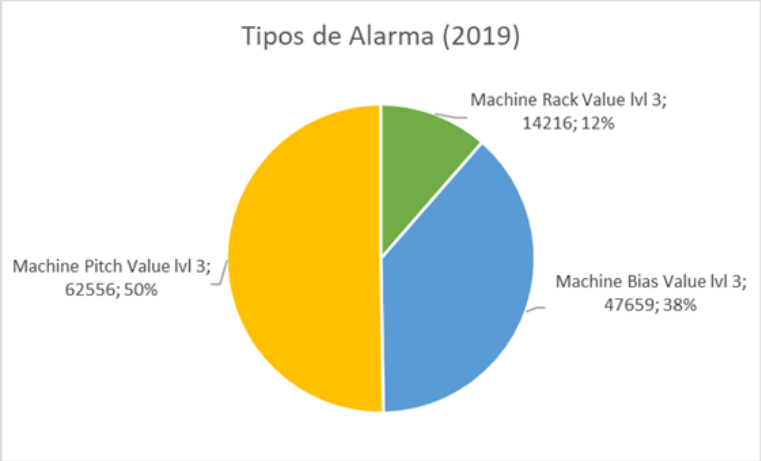


Gráfico 14: Resumen de N° total de alarmas de cada tipo respectivamente.

FUENTE: Elaboración propia.

Tal como se aprecia los gráfico 13, desde la implementación del sistema Rack-Bias-Pitch se obtiene una disminución considerable del número de las alertas; pasando de obtener 38.583 alertas durante el mes de enero a 10.287 en septiembre, lo cual corresponde a que en septiembre se obtiene solo un 27% del total de alertas generadas en enero.

Durante el transcurso de los meses se aprecia que en el mes de mayo ocurre un alza del número de alertas, esto es debido principalmente a la abertura de una nueva Fase de Minera Centinela, para ser más específico, en el Rajo Esperanza, la cual corresponde a Fase 8, cuya fase tiene una influencia directa en el trayecto de los caminos, puesto que esta se encuentra en lo que era el acceso principal al rajo, tal como se refleja en la figura 26.

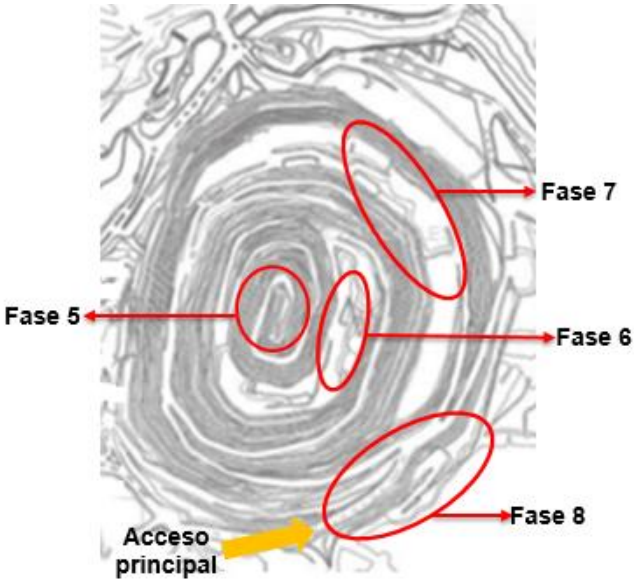


Figura 26: Ubicación de las diferentes fases activas en el rajo Esperanza (Centinela).

FUENTE: Gerencia Mina de Minera Centinela.

Esto ocurrió debido a que los primeros caminos que se abrieron en la fase 8, fueron hechos de manera provisoria por lo cual no cumplían el estándar de construcción de caminos, ya que el principal objetivo en ese momento era abrir lo antes posible fase 8 para que esta entrase en producción, sin embargo en los meses venideros los caminos se fueron mejorando según el estándar de ruta de Centinela.

Por otra parte, se puede obtener desde el grafico 14 que la principal alerta que se registra es la PITCH, dado que este tipo de alerta se registra por la existencia de una diferencia en la presión de la suspensión del eje delantero con el eje trasero la cual se origina tanto por malas prácticas operacionales; esto es debido a los frenazos bruscos de los camiones, lo que hace que ocurra una carga momentánea en el eje delantero, también este tipo de alerta se origina por el estado las vías ya que al existir baches en la ruta u ondulaciones en los caminos se produce un aumento en la presión de la suspensión, ya sea en el eje delantero o en el trasero. Por lo cual es de suma importancia una correcta mantención de los caminos para lograr erradicar los baches de todas las rutas.

Para la mantención de los caminos y lograr evitar que se originen estas irregularidades en Minera Centinela, se cuenta con los equipos auxiliares, los cuales están bajo el mando de labor la Superintendencia de Servicios.

3.3.2 Disponibilidad y Utilización Equipos de Servicios.

La Superintendencia de Servicios cuenta con dos tipos de equipos mineros para las labores de construcción y mantención de caminos los cuales son: Motoniveladoras y Wheeldozers. Por ende, el monitoreo del funcionamiento de estos equipos, mediante los índices de Disponibilidad y Utilización de estos equipos, reflejará si es que se están destinando los recursos para las labores de construcción y mantención de los caminos.

La disponibilidad mecánica es de suma importancia para asegurar que los equipos estén disponibles para que puedan ser montados y que lleven a cabo todas las labores para las cuales sean requeridos. En relación a la Utilización es primordial asegurar que los equipos que estén mecánicamente disponibles se encuentren operativos, realizando las labores de limpieza de caminos, frentes de carguío y botaderos; para disminuir las condiciones subestandares de las diferentes rutas, que afectan al desempeño de los neumáticos de los camiones de extracción.

Con los indicadores de disponibilidad y utilización de la norma ASARCO de Minera Centinela se prosigue a realizar un monitoreo de estos tanto en la flota de Motoniveladoras y Wheeldozers para observar si estos equipos están disponibles de acuerdo a lo que fue planificado para el año 2019, además se lleva un control de la utilización de estos equipos, lo cual refleja si es que los equipos están siendo usados de acuerdo a lo planificado para el año 2019.

Por aquello el control de estos dos indicadores refleja que los equipos se estén usando para lo que fueron diseñados, en este caso limpieza de pistas o mantención de caminos. Por lo que lo ideal es que la utilización de estos equipos sea mayor o igual a los valores planificados por la compañía, por otro lado la disponibilidad mecánica de estos equipos se debe seguir porque al tener una alta indisponibilidad de los equipos, esta puede afectar que las labores planificadas se puedan llevar a cabo. Se analizan ambas flotas de manera separada para inspeccionar estos indicadores.

3.3.2.1 *Motoniveladoras.*

Este tipo de equipos mineros en Minera Centinela se cuenta con 1 Motoniveladora 16H y 7 Motoniveladoras 24M. Según la planificación hecha para el año 2019 solo están disponibles 6 Motoniveladoras 24M, mientras que se deja la otra Motoniveladora 24M en preservación y para el caso de la Motoniveladora 16M no es efectiva para desarrollar labores de limpieza en el área Mina.

Según la planificación del presupuesto de disponibilidad y utilización de la flota de motoniveladoras, se aprecia en la tabla 5.

Tabla 5: Disponibilidad y UEBD planificada para las motoniveladoras para el año 2019.

INDICE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DISP	74%	76%	76%	75%	78%	77%	75%	77%	77%	78%	74%	76%
UEBD	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%

FUENTE: Gerencia de Operaciones Mina.

Con los datos de la tabla 5 y con los datos del monitoreo de disponibilidad y utilización, cuyos valores se contrastan y se elaboran los gráficos de resultados mensuales de la flota, tanto para la disponibilidad, como la utilización, los cuales corresponden a los gráficos 15 y 16 respectivamente.

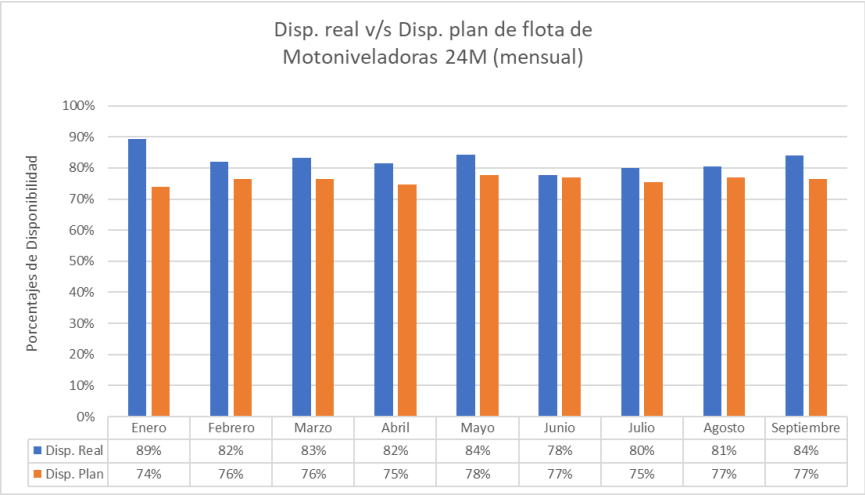


Gráfico 15: Comparación entre disponibilidad planificada y real de la flota de motoniveladoras (2019).

FUENTE: Elaboración propia.

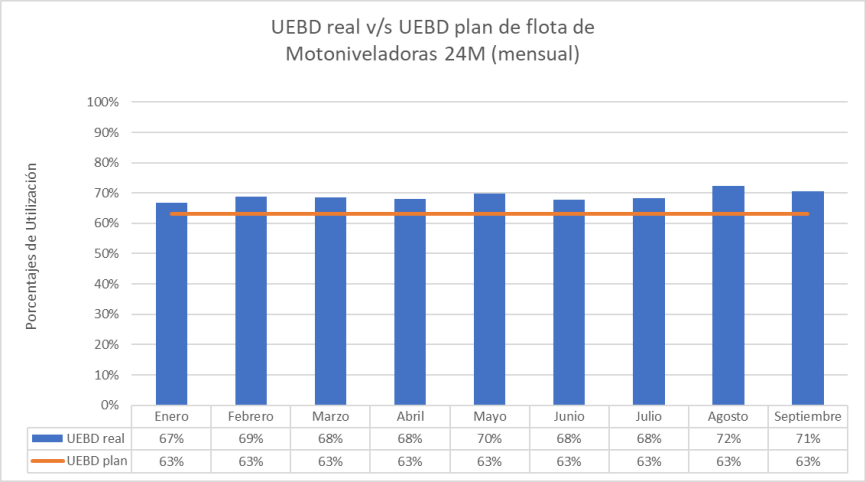


Gráfico 16: Comparación entre utilización planificada y real de la flota de motoniveladoras (2019).

FUENTE: Elaboración propia.

Desde los gráficos se desprende que en ningún mes estuvieron tanto en disponibilidad como en utilización bajo lo presupuestado para el año 2019, por lo cual estos equipos están cumpliendo las labores para las cuales son requeridas, sin embargo, esto no significa que los equipos estén realizando de manera correcta estas funciones, ya que no existía un detalle en el instructivo de caminos de las funciones y como realizarlas.

Aunque se estén ocupando las motoniveladoras más de lo presupuestado, se siguen presentando problemas con el estado de los caminos ya que los problemas no son exclusivamente por una mantención mal hecha, sino que los caminos existentes se construyeron con un bajo estándar de calidad.

3.3.2.2 *Wheeldozers*

Minera Centinela posee dos modelos de equipos de Wheeldozers, los cuales corresponden a los CAT 834H y CAT 854K, donde la distribución de equipos es: 2 equipos CAT 834H y 5 equipos CAT 854K. Según la planificación hecha para el año 2019 los 7 equipos están disponibles para la operación, pero se debe considerar que para las labores de limpieza de caminos está programada para que sean hechas por los Wheeldozers CAT 834H, sin embargo si es que los dos equipos CAT 834H se encuentren fuera de servicio se podrá emplear un Wheeldozer CAT 854K para llevar a cabo las labores de limpieza de caminos.

Al igual que para el caso de las motoniveladoras, para los Wheeldozers CAT 834H también existe una planificación de disponibilidad y de utilización para el año 2019. Según este plan los valores mensuales de disponibilidad y utilización son los que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6: Disponibilidad y UEBD planificada para los wheeldozers para el año 2019.

INDICE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DISP	77%	74%	76%	73%	75%	78%	78%	76%	76%	78%	76%	76%
UEBD	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%

FUENTE: Gerencia de Operaciones Mina.

Por lo cual, con el monitoreo semanal de disponibilidad de esta flota de equipos se busca que se cumplan con los porcentajes planificados, esta comparación se aprecia en el grafico 17

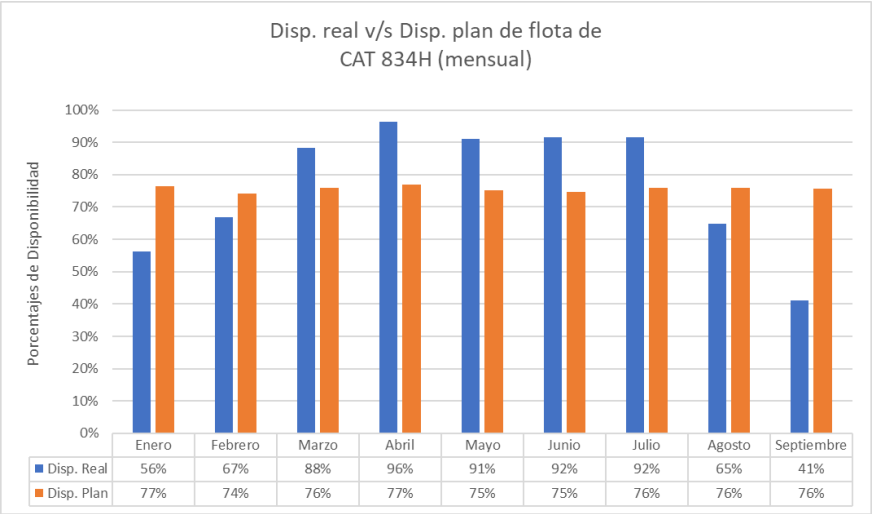


Gráfico 17: Comparación entre disponibilidad planificada y real de la flota de wheeldozers CAT 834H (2019).

FUENTE: Elaboración propia.

En relación a la utilización, al igual que la disponibilidad se controla semanalmente, con lo cual con los datos recolectados se procede a elaborar un gráfico comparativo mensual con los datos planificados para este año, con lo que se obtiene el grafico 18.

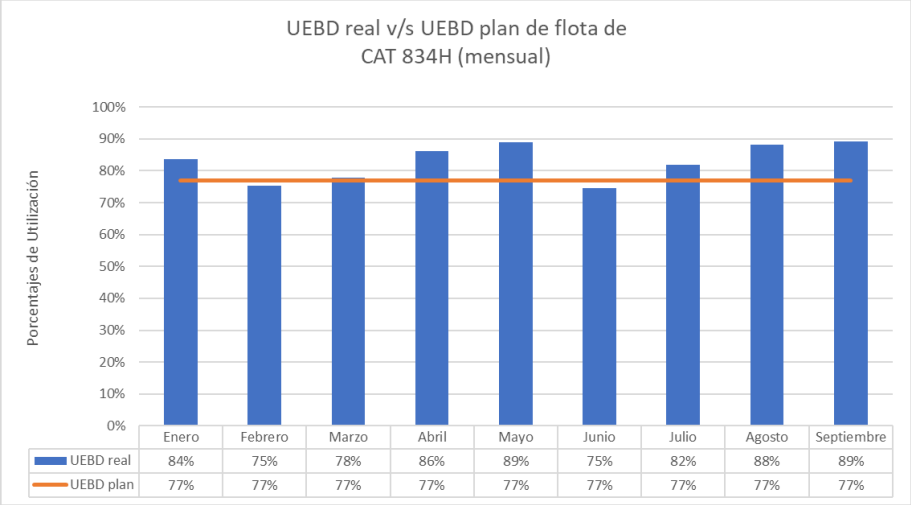


Gráfico 18:Comparación entre utilización planificada y real de la flota de wheeldozers CAT 834H (2019).

FUENTE: Elaboración propia.

En esta flota se observa que tanto para la disponibilidad, como para la utilización existen meses en los cuales no se lograron alcanzar los planificado, lo que significa que no se pudieron llevar a cabo las labores planificadas para ser desarrolladas por estos equipos.

La baja en los índices en comparación a lo planificado no tienen una influencia significativa en el total de alertas registradas en los primeros meses del año por lo que el alto número que se registró se debe principalmente a malas prácticas operacionales, ya que la tendencia de alarmas iba a la baja, mientras que los Wheeldozers no estaban disponibles para poder realizar las labores de limpieza.

En los meses finales del estudio, principalmente en agosto donde se aprecia un aumento del número de alertas del sistema RAC que se registraron, por lo cual se presume que este aumento se debió a la baja en los indicadores de disponibilidad y utilización de los Wheeldozers, por otra parte en septiembre vuelve a registrarse una baja en las alarmas RACK-BIAS-PITCH, aunque se cuente con una baja disponibilidad y UEBD de estos equipos en relación al plan, esto se es porque se abordó la problemática por parte de la gerencia mina; donde se redestinaron los recursos para poder cumplir con las debidas mantención de los caminos, ya que se modificó la forma de realizar las mantenciones de los caminos gracias a la inclusión de un planificador de caminos y el topógrafo de estos, logrando enfatizar los recursos en las zonas que presentan más alta problemática.

3.3.3 Estudio de Caminos.

Dado que uno de los principales factores que tienen un efecto negativo en la vida de los neumáticos, son las pistas de rodado, es decir, los caminos; es por aquello que es primordial abordar este tópico, para poder lograr mejoras en las condiciones de estos. Para aquello se procede a comparar el protocolo de construcción de Minera Centinela, con documentos de otras compañías del grupo AMSA, además de considerar el estudio realizado por la empresa Alta Vía, sobre la forma de construcción de los caminos.

En relación a la elaboración de caminos en minería, hay que considerar que son varios parámetros que se deben considerar para la construcción, los cuales distan de los considerados para la construcción de caminos viales tradicionales.

Los principales parámetros de diseño geométrico de un camino minero dependerán principalmente de las características de diseño y operación de la flota de camiones de extracción. De esta forma, siempre se debe considerar como criterio el vehículo más desfavorable (camión más grande) para definir el trazado del camino, con esto se podrá definir correctamente; el ancho del camino, la pendiente longitudinal máxima, el diseño de curvas horizontales y verticales, la pendiente transversal, entre otras; todos estos parámetros se observan en la figura 27.

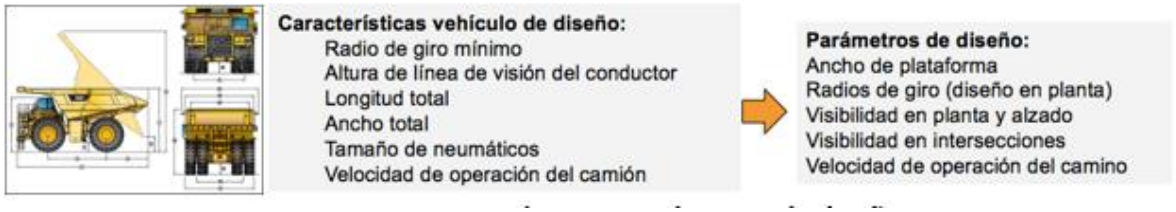


Figura 27: Esquematización de parámetros para el diseño de los caminos mineros.

FUENTE: Criterios de diseño. construcción y mantenimiento de caminos mineros Minera Centinela.

Por lo cual, al considerar todos estos parámetros antes mencionados, se toma la decisión junto al equipo de la Superintendencia de Servicios de actualizar el estándar de ruta (documento que determina como se construyen los caminos) existente en Minera Centinela, debido a que este documento no consideraba el diseño estructural de los caminos.

3.4 Practicas Operacionales.

Como resultado del análisis de bajas del año 2018 se obtuvo que el principal motivo de baja para los neumáticos es el tema operacional, debido a que principalmente estas bajas son ocasionadas por cortes en las bandas de rodado y lateral de los neumáticos. Por lo tanto, en este motivo de baja es en el cual se debe enfatizar, ya que estás bajas se pueden evitar mediante, el monitoreo Rack-Bias-Pitch Operadores y Camiones; el cual traerá como consecuencia una concientización en los operadores.

Dado la existencia del sistema RACK-BIAS-PITCH para los camiones Caterpillar, se hará uso de este para poder monitorear la manera de conducir los operadores, todo esto se realiza por Dispach, el cual forma parte de la superintendencia de Gestión operativa.

La función de la superintendencia de Gestión Operativa es monitorear las alertas que entregue el sistema; estas alertas contiene la información del operador, la ubicación, se analizan las alarmas para así determinar si están se generan por alguna anomalía en un sector en específico del camino o si estas se generan por malas prácticas operacionales. Para determinar el origen de la alerta el equipo encargado de monitorear este sistema genera una base con todos los operadores y se le asocian las alertas que ellos generan en los diferentes camiones que manejen.

La información que entrega el sistema, cuando se genera una alarma es la que encuentra en la siguiente lista:

- Fecha (día, hora)
- Nombre alarma.
- Duración alarma (segundos).
- Numero de equipo.
- Tipo de camión.
- Operador.
- Latitud.
- Longitud.
- Elevación.

Con la determinación de que se están generando alarmas por el tema operacional, se procede a elaborar una lista con los operadores que registren una mayor cantidad de alarmas por cada coordinación de turnos, se entrega esta información a los instructores, los que se encargan de realizar una re-instrucción a aquellos operadores que generan mayor cantidad de alarmas. Posterior a la re-instrucción, el operador está listo para poder volver a operar.

Con la base de datos que entrega la gente de la superintendencia de Gestión Operativa a los instructores sobre las alarmas generadas por los diferentes operadores, se procede a elaborar el gráfico 19 con el Top 10 de operadores con mayor número de alarmas durante el periodo de estudio (enero-septiembre).

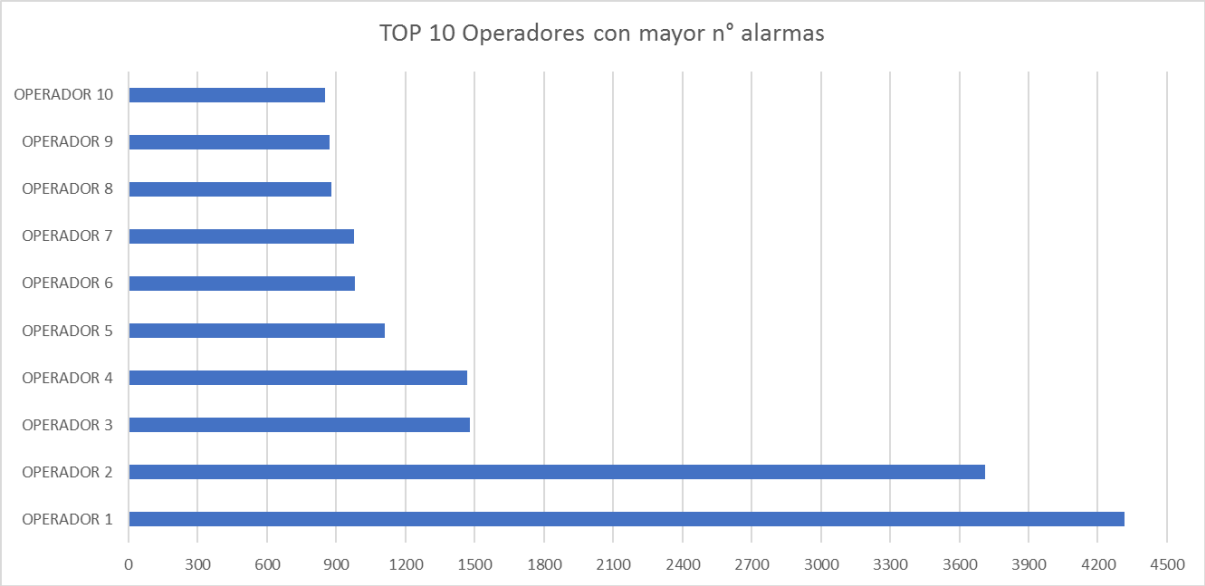
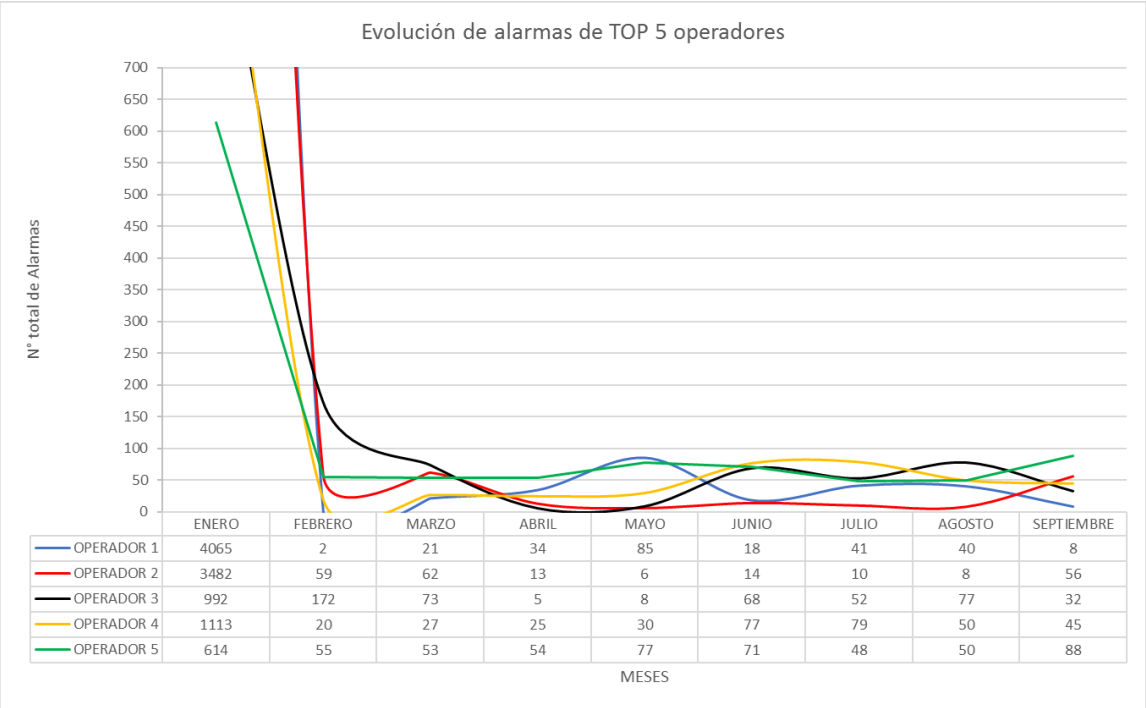


Gráfico 19: N° de alarmas para TOP 10 de los operadores con mayor número de eventos.

FUENTE: Elaboración propia.

Con los 5 operadores con mayor número de alertas globales se genera el gráfico 20 con la evolución del número de alarmas mensuales para el periodo estudiado.



	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
OPERADOR 1	4065	2	21	34	85	18	41	40	8
OPERADOR 2	3482	59	62	13	6	14	10	8	56
OPERADOR 3	992	172	73	5	8	68	52	77	32
OPERADOR 4	1113	20	27	25	30	77	79	50	45
OPERADOR 5	614	55	53	54	77	71	48	50	88

Gráfico 20: Evolución de alarmas para el TOP 5 de operadores con mayor número de estas.

FUENTE: Elaboración propia.

De las gráficas expuestas se puede observar que al realizar el desglose mensual para el Top 5 de operadores se aprecia que en el mes de enero es el periodo donde los operadores obtienen más del 50% de las alertas totales, esto es debido a que este fue el mes donde comenzó el uso de esta herramienta, por lo cual varios operadores estaban realizando una conducción deficiente, la cual estaba generando un efecto negativo en la vida del neumático. Con la estrategia de la re-instrucción de los operadores con una elevada cantidad de alertas, se logra una considerable disminución en el total de alertas en relación a los valores obtenidos durante enero.

Mediante la información entregada por el sistema RAC, se logra realizar un desglose de esta información de manera mensual con lo cual se obtienen los gráficos de barras 21, 22, 23 y 24 con la evolución del N° de alertas para las flotas CAT 797F, CAT 797B, CAT 793F y CAT 793C respectivamente.

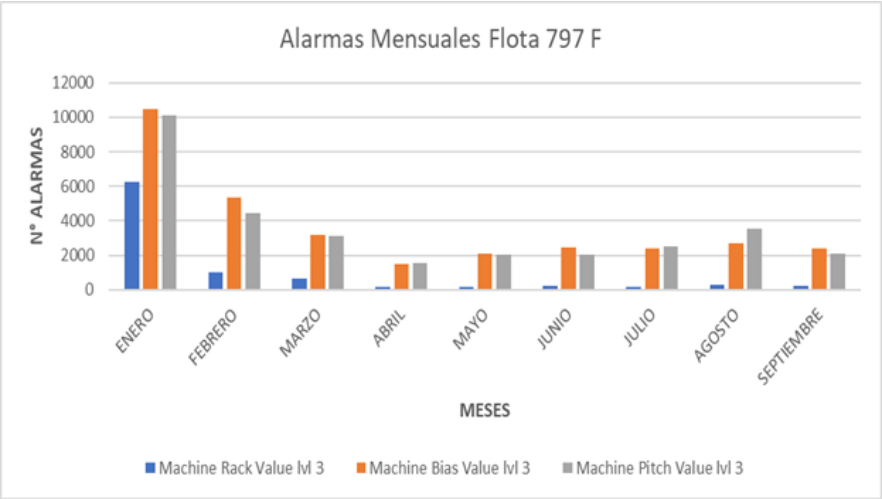


Gráfico 21: Evolución de alarmas RACK-BIAS-PITCH para flota CAT 797F.

FUENTE: Elaboración propia.

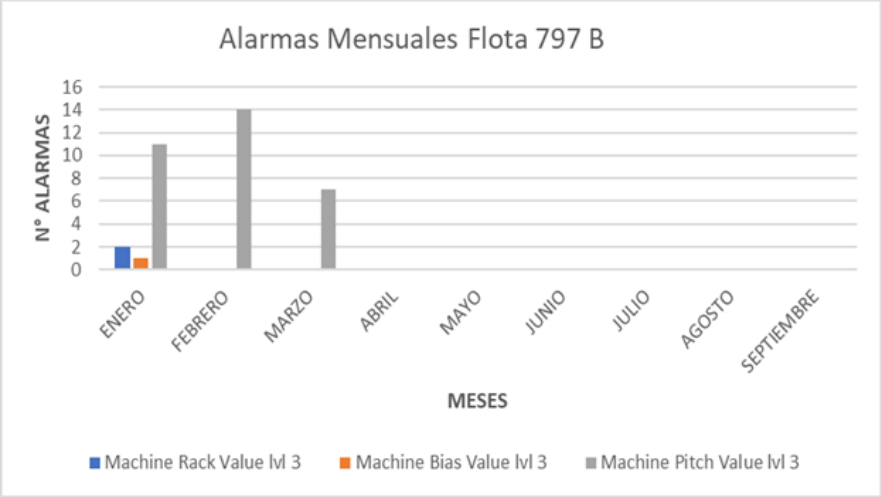


Gráfico 22: Evolución de alarmas RACK-BIAS-PITCH para flota CAT 797B.

FUENTE: Elaboración propia.

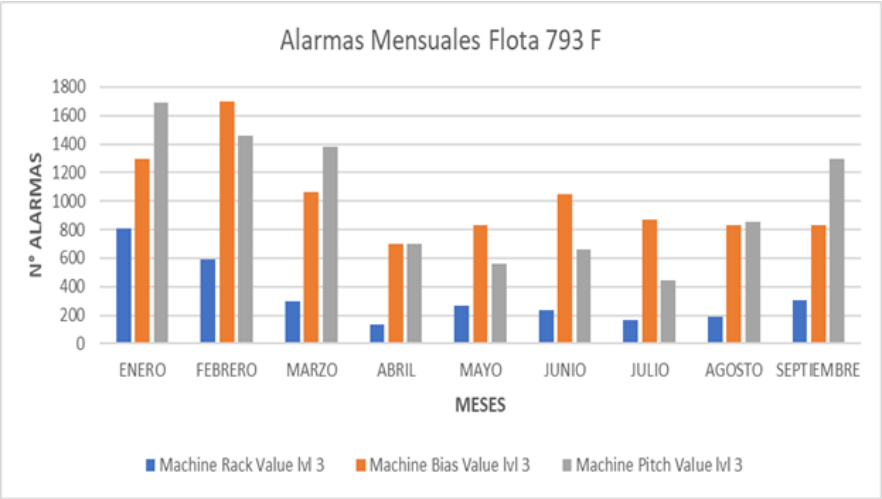


Gráfico 23: Evolución de alarmas RACK-BIAS-PITCH para flota CAT 793F.

FUENTE: Elaboración propia.

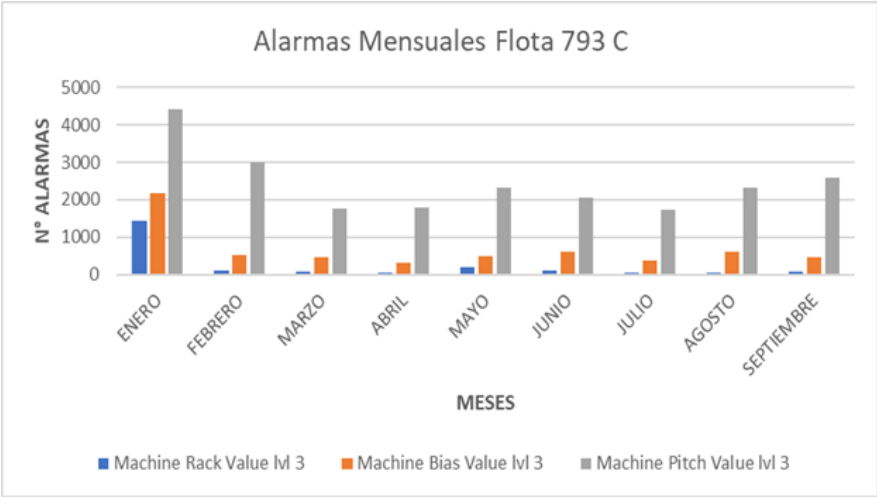


Gráfico 24:Evolución de alarmas RACK-BIAS-PITCH para flota CAT 793C.

FUENTE: Elaboración propia.

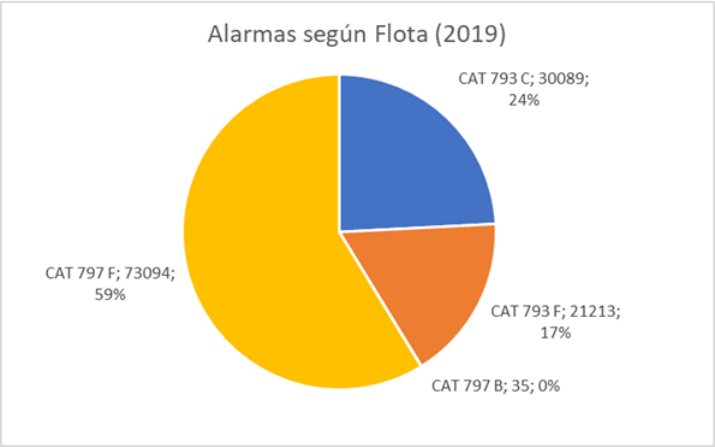


Gráfico 25 Porcentajes de alarmas según flotas.

FUENTE: Elaboración propia.

En las gráficas 21, 22, 23 y 24 del número de alarmas se refleja lo que se había interpretado en relación a las alarmas de los operadores, ya que se obtiene que el número de alertas fue mayor durante el mes de enero, para luego comenzar una tendencia a la baja de las alarmas, con algunas excepciones durante algunos meses.

En el grafico 25 se desprende que la principal flota que presenta problemas son los camiones CAT 797F, ya que en estos se concentra el 59% del total de las alertas, esto puede tener relación a que esta flota de camiones es la que cuenta con una mayor cifra de camiones en Minera Centinela.

3.5 Operación Neumáticos

Minera Centinela se cuenta con una flota de camiones mineros, compuesta por 5 diferentes modelos de estos, los cuales se pueden agrupar en 3 grandes grupos de flotas las cuales son los CAT 797, KOM 930E y CAT 793. Cada flota cuenta con neumáticos diferentes y por lo cual poseen características diferentes entre sí, además de que son sometidos a diferentes situaciones, por lo cual no se pueden homologar los datos de un tipo de neumáticos para las demás flotas; por lo cual es de suma relevancia realizar estudios sobre cada uno de los diferentes neumáticos que poseen los camiones en minera Centinela.

Como se aprecian en los gráficos 7, 8 y 9 del análisis de neumáticos dados de bajas, hay un tipo de motivo de baja el cual corresponde a las separaciones térmicas, este motivo tiene directa relación con el TKPH. Las bajas térmicas de los neumáticos suelen ocurrir durante la primera mitad de vida útil de los neumáticos, lo cual afecta considerablemente los promedios de vida útil, además del nivel de riesgo que presenta este motivo de baja, ya que cuando el neumático se encuentra con problemas de temperatura puede terminar derivando en una explosión del neumático. Por aquello se debe abordar esta problemática en Centinela mediante un estudio de TKPH de las rutas.

3.5.1 Estudio de TKPH de rutas

Tal como se mencionó anteriormente las separaciones térmicas de los neumáticos son uno de los motivos principales por la cual se dan de baja los neumáticos.

Este motivo de baja se puede controlar ya que para identificar condiciones en las cuales los neumáticos tienen una mayor probabilidad de ocurrencia de este fenómeno, debido a que existe una medición que entrega si los recorridos del camión están generando un aumento de la temperatura del neumático, por sobre las condiciones de diseño, este corresponde TKPH de las rutas, el cual se debe contrastar con el TKPH de diseño de los neumáticos.

Por ende, se entiende que cuando ocurra un exceso de TKPH operacional, aumentan considerablemente las probabilidades de que ocurra una separación térmica del neumático. En la figura 28 se aprecia una separación térmica.

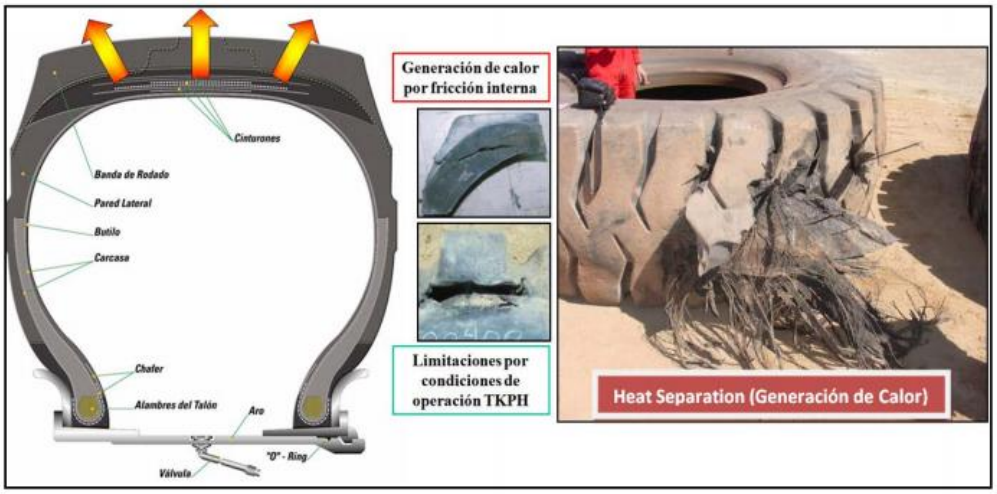


Figura 28: Esquema de separaciones térmicas.

FUENTE: Metodología del cambio de posiciones 1 y 6 de neumáticos gigantes 793-D. para incrementar la vida útil y reducir costos en SM. Cerro Verde-Arequipa (tesis).

Lo importante es tratar de detectar de manera temprana las separaciones térmicas, debido a que cuando se comienza a calentar el neumático se comienzan a generar, el caucho se comienza a quemar esto implica que se generan gases los cuales son considerados como combustibles, por lo cual, existe un gran riesgo que el neumático llegue a explotar; por ello es primordial realizar inspecciones de los neumáticos para revisar si existen separaciones o protuberancias, en caso de existir se debe comunicar de inmediato al supervisor.

Para el control del TKPH operacional se realiza mediante la obtención de los datos de Despacho, en específico del software Spotfire, para obtener los datos de las distancias de las rutas, los números de ciclos y los respectivos tiempos de ciclos, los tiempos de los ciclos de las respectivas rutas realizadas por las diferentes flotas de camiones, corresponden a todos los tiempos que se aprecian en la figura 29**.**

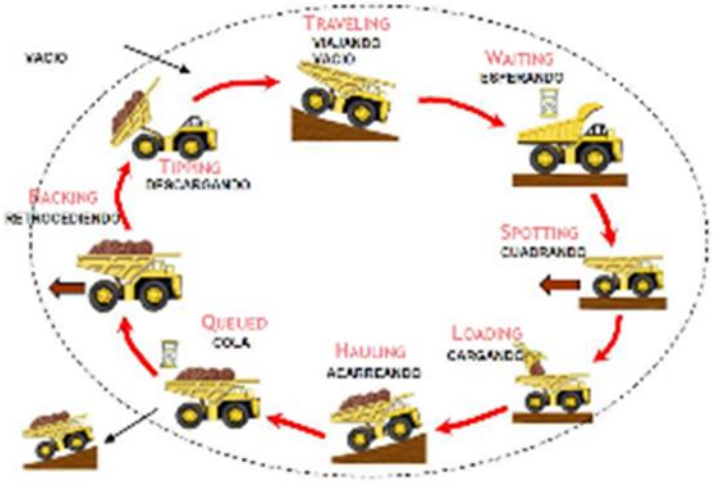


Figura 29: Etapas del ciclo del camión en Minera Centinela.

FUENTE: Gerencia de Operaciones de Minera Centinela.

En relación con los valores de cargas que se registran en los camiones y las respectivas distribuciones de estas en los dos ejes del camión, son obtenidos de pesajes realizados durante este año para las diferentes flotas.

Para el cálculo del TKPH operacional se debe realizar, mediante el uso de las ecuaciones 2,3 y 4; el valor del TKPH operacional se debe comparar con el valor de TKPH para el cual están diseñados los neumáticos.

3.5.1.1 *Flota 797 F.*

De acuerdo al pesaje realizado para este tipo de camión por parte de Bridgestone, las principales conclusiones que se obtuvieron son:

- Existen 4 tipos de tolvas para estos camiones, donde 3 de estas poseen un peso similar (tolvas A, C y D) cuyo peso del camión vacío 279,7 ton, a diferencia de las otras 3, la última (tolva B) posee un mayor peso del camión vacío, siendo este 283,6 ton.
- Los camiones de acuerdo con la tolva que poseen hacen que estos posean una diferente distribución de pesos sobre los diferentes neumáticos.
- Se obtuvieron diferentes valores de carga (payload).

Para determinar el TKPH de las rutas se debe realizar ocupando el caso más crítico de acuerdo a la combinación de tolvas con sus respectivas distribuciones de cargas.

Como se aprecia a simple vista la mayor cantidad de carga es recibida por el eje delantero, se debe poner énfasis para seleccionar la combinación más crítica.

Los porcentajes de distribución del peso para las diferentes tolvas se aprecias en las figuras 30 y 31.

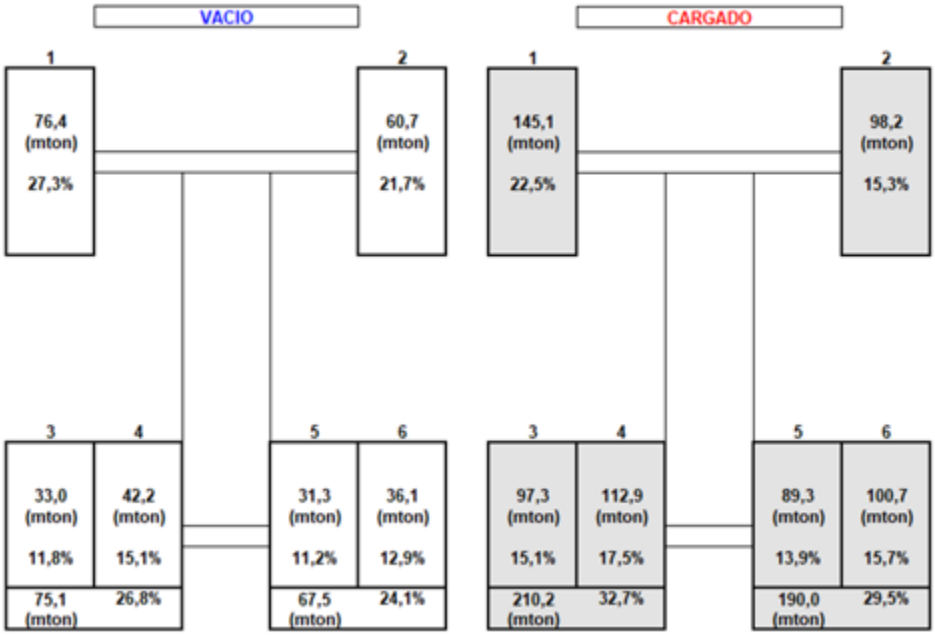


Figura 30: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797F con tolvas A, C y D. Vacío (izquierda) y cargado (derecha).

FUENTE: Reporte de pesaje 797F de 2019.

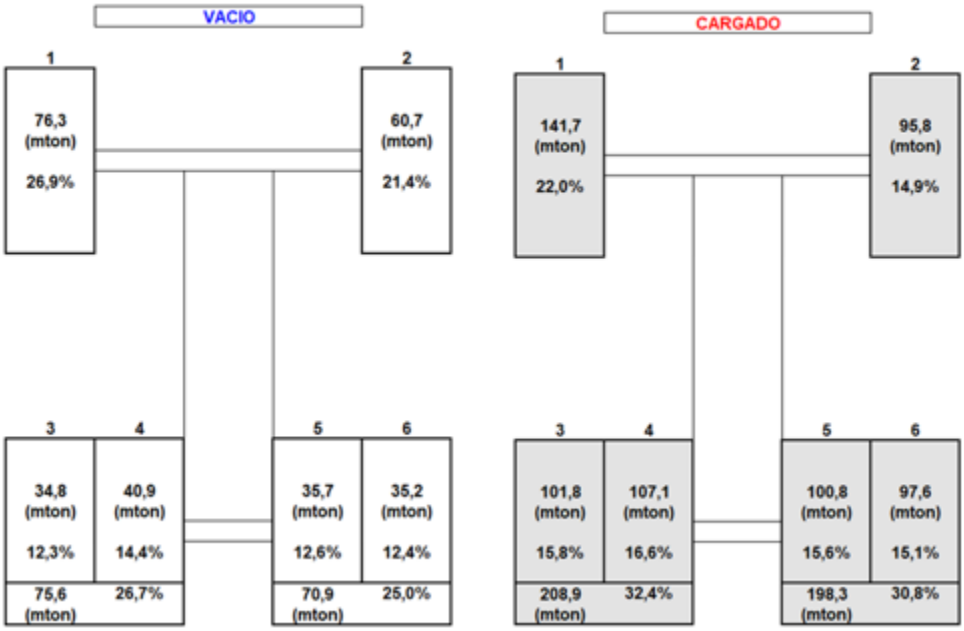


Figura 31: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797F con tolva B. Vacío (izquierda) y cargado (derecha).

FUENTE: Reporte de pesaje 797F de 2019.

De las figuras se aprecia que el neumático de la posición 1 es aquel que se encuentra sometido a un mayor peso. Solo falta determinar cuál es caso más crítico, es decir, con cual combinación de tolva el neumático es sometido a un mayor esfuerzo, para lo cual se debe determinar la carga promedio sobre el neumático de la posición 1 para ambas posibilidades.

Tabla 7: Cargas promedios sobre la posición 1 para camiones CAT 797F.

Tolvas	Cargas promedio sometida
A, C y D	110,75 ton
B	109,00 ton

FUENTE: Elaboración propia.

De la tabla 7 se obtiene que la combinación de los camiones con la tolva A, C y D son el caso más crítico por lo cual se deben utilizar para calcular el TKPH operacional para la flota de camiones CAT 797F, para ello se debe emplear las ecuaciones 2, 3 y 4.

Para el cálculo del TKPH se consideran todos los ciclos realizados por los camiones hasta septiembre y la consideración principal que se toma es, que para determinar la velocidad promedio del ciclo se debe considerar los tiempos de ciclos del camión el cual se desglosa de acuerdo con la figura 29.

El detalle de las rutas y los TKPH de manera mensual se encuentran desde la tabla 45 hasta la 53 de los anexos.

Para contrastar el TKPH operacional, se debe conocer el TPKH del neumático ocupado por esta flota corresponde a 1597, sin embargo, se agrega un factor de seguridad de un 3%, con lo cual el límite de TKPH de estos neumáticos queda en el valor de 1549. Con lo cual en la tabla 8 se aprecia la cantidad de rutas mensuales que registraron un TKPH operacional por sobre el del neumático.

Tabla 8: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones CAT 797F.

MESES	RUTAS SOBRE TKPH	RUTAS TOTALES	% RUTAS SOBRE TKPH	TKPH PROMEDIO	DESV. ESTANDAR
ENERO	7	26	27%	**1810**	365,7
FEBRERO	12	31	39%	**1738**	351,7
MARZO	6	23	26%	**1411**	388,6
ABRIL	2	29	7%	**1179**	276,4
MAYO	2	21	10%	**1143**	316,8
JUNIO	3	31	10%	**1061**	245,1
JULIO	0	28	0%	**1149**	223,3
AGOSTO	4	27	15%	**1250**	270,9
SEPTIEMBRE	2	25	8%	**1230**	238,1
GLOBAL	***10***	***68***	***15%***	***1340***	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 9: Resumen de rutas de camiones CAT 797F según extensiones de estas.

Conjunto	N° de rutas	Velocidad (km/hrs)	TKPH promedio
0 a 2 km	10	3,4	373
2 a 4 km	5	8,1	897
4 a 6 km	11	11,4	1266
6 a 8 km	6	9,1	1005
8 a 10 km	16	10,9	1202
10 a 12 km	14	13,2	1460
12 a 14 km	1	10,8	1196
14 o más km	5	16,5	1827
TOTAL, RUTAS	**68**	**12,11**	**1340**

FUENTE: Elaboración propia.

3.5.1.2 *CAT 797 B.*

De acuerdo con el pesaje realizado para este tipo de camión por parte de Bridgestone, las principales conclusiones que se obtuvieron son:

- Existen 3 tipos de tolvas para estos camiones, donde cada una de estas poseen pesos diferentes, donde para la tolva A cuyo peso del camión vacío 280,2 ton, para la tolva B el camión vacío tiene un peso de 274 ton y finalmente para la tolva C el peso del camión vacío es de 265 ton.
- Los camiones de acuerdo a la tolva que poseen hacen que estos posean una diferente distribución de pesos sobre los diferentes neumáticos.
- Se obtuvieron diferentes valores de carga (payload).

Para determinar el TKPH de las rutas se debe realizar ocupando el caso más crítico de acuerdo con la combinación de tolvas con sus respectivas distribuciones de cargas.

Como se aprecia a simple vista la mayor cantidad de carga es recibida por el eje delantero, se debe poner énfasis para seleccionar la combinación más crítica.

Los porcentajes de distribución del peso para las diferentes tolvas se aprecian en las figuras 32, 33 y 33.

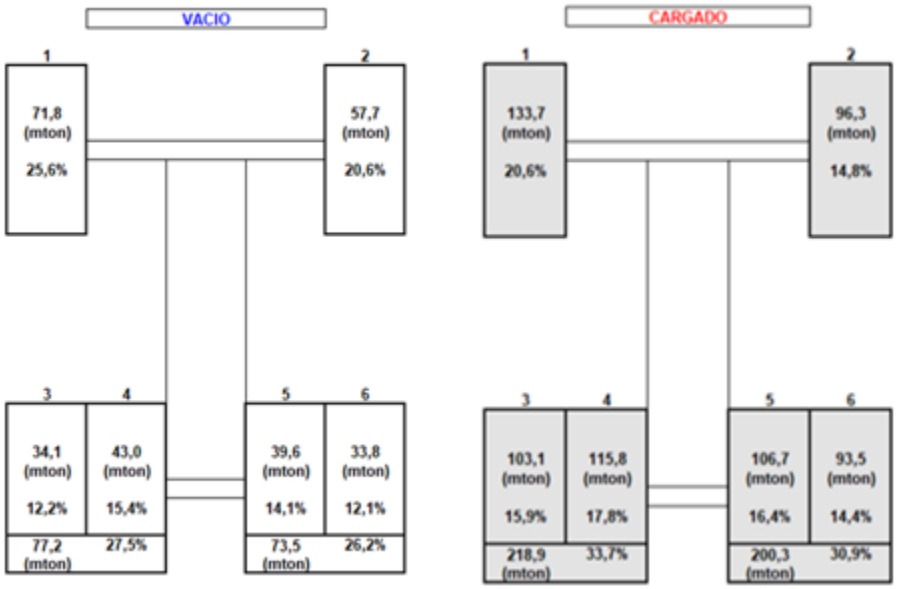


Figura 32: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797B con tolva A. Vacío (izquierda) y cargado (derecha).

FUENTE: Reporte de pesaje 797B de 2019.

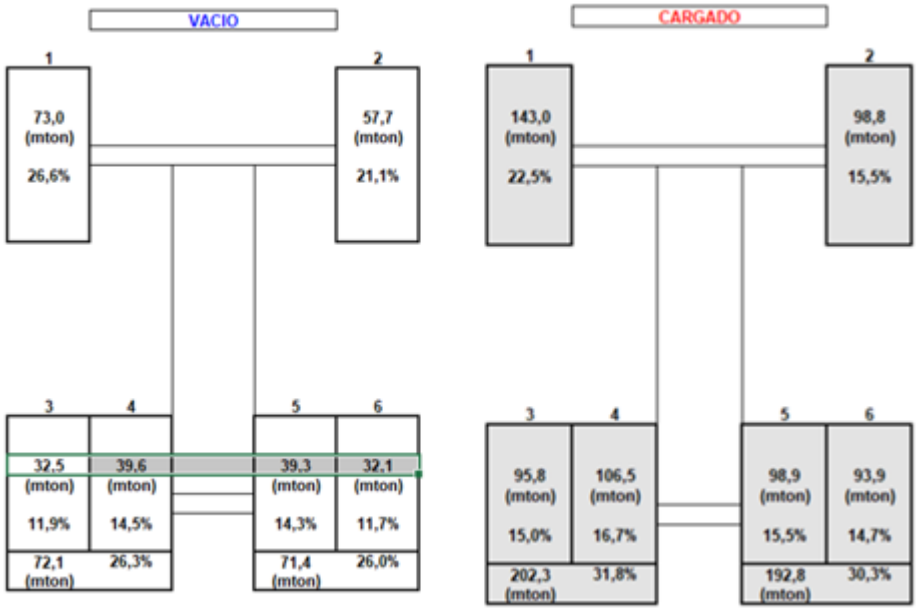


Figura 33: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797B con tolva B. Vacío (izquierda) y cargado (derecha).

FUENTE: Reporte de pesaje 797B de 2019.

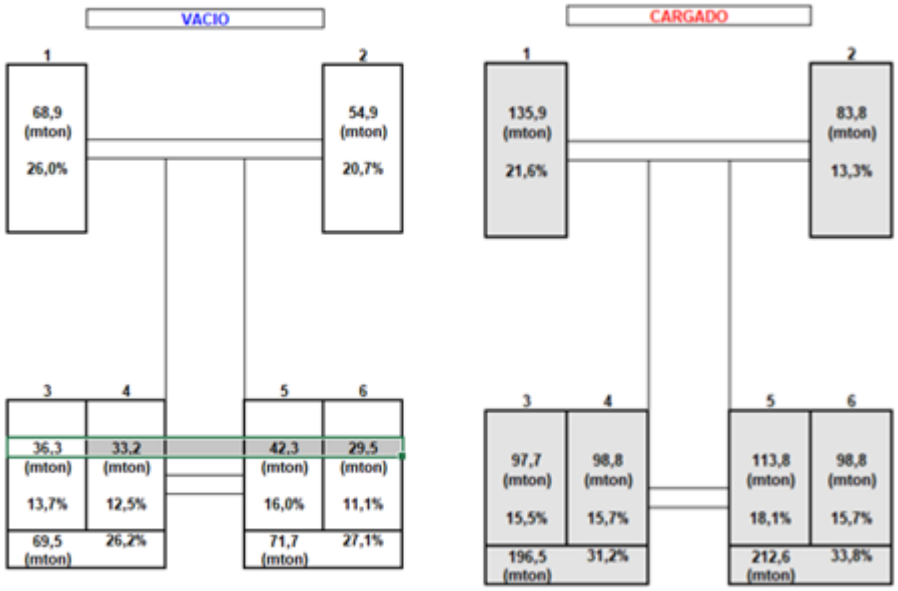


Figura 34: Distribución de pesos en neumáticos de flota CAT 797B con tolva C. Vacío (izquierda) y cargado (derecha).

FUENTE: Reporte de pesaje 797B de 2019.

De las figuras se aprecia que el neumático de la posición 1 es aquel que se encuentra sometido a una mayor carga. Solo falta determinar cuál es caso más crítico, es decir, con cual combinación de tolva el neumático es sometido a un mayor esfuerzo, para lo cual se debe determinar la carga promedio sobre el neumático de la posición 1.

Tabla 10: Cargas promedios sobre la posición 1 para camiones CAT 797B.

Tolvas	Cargas promedio sometida
A	102,75 ton
B	108,00 ton
C	102,40 ton

FUENTE: Elaboración propia.

De la tabla 10 se muestra que la condición más crítica corresponde a la tolva B, por lo cual se utilizan los datos del pesaje de esta tolva para la flota CAT 797B y así calcular el TKPH operacional, de igual que para los camiones 797F el TKPH del neumático es el mismo, debido a que ambos tipos de camiones utilizan el mismo neumático.

En los anexos se pueden apreciar las tablas mensuales desde la 54 a la 62 las rutas por estos camiones, con sus respectivos TKPH operacionales. La tabla 10 resume las cantidades de rutas que presentaron valores por sobre lo recomendado por el fabricante de neumáticos.

Tabla 11: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones CAT 797B.

MESES	RUTAS SOBRE TKPH	RUTAS TOTALES	% RUTAS SOBRE TKPH	TKPH PROMEDIO	DESV. ESTANDAR
ENERO	6	21	29%	**1719**	357,9
FEBRERO	10	28	36%	**1588**	423,6
MARZO	6	21	29%	**1348**	358,2
ABRIL	2	25	8%	**1217**	265,6
MAYO	1	22	5%	**1260**	275,7
JUNIO	1	27	4%	**1062**	255,6
JULIO	2	26	8%	**1176**	240,3
AGOSTO	1	27	4%	**1188**	237,5
SEPTIEMBRE	0	23	0%	**1171**	221,0
GLOBAL	***6***	***61***	***10%***	***1312***	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 12: Resumen de rutas de camiones CAT 797B según extensiones de estas.

Conjunto	Numero Rutas	Velocidad (km/hrs)	TKPH promedio
0-2 km	8	4,0	427
02-04 km	3	7,8	837
04-06 km	10	11,1	1201
06-08 km	8	8,8	955
08-10 km	20	11,4	1235
10-12 km	7	13,6	1468
12-14 km	1	8,6	929
14-más km	4	16,2	1745
TOTAL RUTAS	**61**	**12,5**	**1312**

FUENTE: Elaboración propia.

3.5.1.3 *KOM 930E.*

A diferencia que las flotas de los camiones 797, este tipo de camiones solo posee una combinación de tolva, por lo cual los datos obtenidos son el caso más crítico, Los valores obtenidos durante este pesaje en relación con las cargas y las distribuciones de esta sobre los 2 ejes, se aprecian en la tabla 13.

Tabla 13: Distribución de peso para los camiones KOM 930.

PARAMETRO	CAMIÓN VACIO	CAMIÓN CARGADO
PESO TOTAL (TON)	218	508
PESO EN EJE DELANTERO (%)	48,5	33,7
PESO EN EJE TRASERO (%)	51,5	66,3

FUENTE: Informe de estudio de pesajes 2019

Para seleccionar el neumático que es sometido a una mayor carga, se debe saber que todos los camiones mineros en el eje trasero poseen 4 ruedas en total, por ende, existe una distribución del peso sobre ese eje que hace que estos neumáticos reciban una menor carga en comparación al eje delantero. Los valores de carga media sobre neumáticos delanteros es 69,2 ton y para los neumáticos del eje trasero son sometidos en promedio a una carga de 56,1 ton; por lo cual se debe ocupar los datos del eje delantero para obtener los TKPH´s operacionales.

Todas las rutas mensuales realizadas por estos camiones, se aprecian desde las tablas 63 a la 71 de los anexos, desde todas aquellas tablas se construye la tabla 14, donde se aprecian la cantidad de rutas que registraron un TKPH operacional sobre lo que pueden soportar estos neumáticos, el cual corresponde a un valor de 1505, sin embargo, al igual que para el resto de las flotas se considera un factor de seguridad de 3% con lo cual el valor máximo de TKPH es 1460.

Tabla 14: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones KOM 930.

MESES	RUTAS SOBRE TKPH	RUTAS TOTALES	% RUTAS SOBRE TKPH	TKPH PROMEDIO	DESV. ESTANDAR
ENERO	4	28	14%	**1081**	293,4
FEBRERO	4	30	13%	**1039**	285,6
MARZO	0	23	0%	**904**	204,5
ABRIL	0	26	0%	**914**	230,9
MAYO	0	20	0%	**906**	202,6
JUNIO	0	29	0%	**761**	155,5
JULIO	0	26	0%	**921**	143,6
AGOSTO	0	26	0%	**874**	191,5
SEPTIEMBRE	0	23	0%	**851**	133,5
GLOBAL	***3***	***69***	***4%***	***912***	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 15: Resumen de rutas de camiones KOM 930 según extensiones de estas.

Conjuntos	N° de rutas	Velocidad (km/hrs)	TKPH promedio
0-2 km	5	3,5	**241**
02-04 km	8	8,6	**597**
04-06 km	11	12,3	**852**
06-08 km	8	9,6	**667**
08-10 km	12	14,6	**1009**
10-12 km	13	13,5	**934**
12-14 km	6	16,6	**1148**
14-más km	5	17,0	**1180**
TOTAL RUTAS	**69**	**13,19**	**912**

FUENTE: Elaboración propia.

3.5.1.4 *CAT 793 F.*

Los resultados obtenidos durante el pesaje realizado para este tipo de camión se pueden resumir en la tabla 16.

Tabla 16: Distribución de peso para los camiones CAT 793F.

PARAMETRO	CAMIÓN VACIO	CAMIÓN CARGADO
PESO TOTAL (TON)	166	398
PESO EN EJE DELANTERO (%)	47	34,2
PESO EN EJE TRASERO (%)	53	65,8

FUENTE: Informe de estudio de pesajes 2019

Como se ha hecho para todas las demás flotas, se debe seleccionar cuales son los neumáticos que son sometidos a una mayor carga media, con lo cual realizando los cálculos correspondientes se obtiene que los neumáticos del eje delantero se someten a una carga media de 53,5 ton, por el contrario, para los neumáticos del eje trasero son sometidos a una carga media de 43,7 ton

El registro de las rutas realizadas por estos camiones a lo largo de los meses, como los valores del TKPH operacional de cada una de estas se encuentran en las tablas desde la 72 a la 80 respectivamente, con toda aquella data se procede a construir la tabla 17 resumen.

Tabla 17: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones CAT 793F.

MESES	RUTAS SOBRE TKPH	RUTAS TOTALES	% RUTAS SOBRE TKPH	TKPH PROMEDIO	DESV. ESTANDAR
ENERO	3	27	11%	**648**	280,8
FEBRERO	3	26	12%	**624**	160,8
MARZO	0	21	0%	**486**	160,8
ABRIL	1	27	4%	**530**	242,3
MAYO	0	28	0%	**557**	240,2
JUNIO	0	30	0%	**507**	137,7
JULIO	0	24	0%	**550**	178,3
AGOSTO	0	25	0%	**578**	164,3
SEPTIEMBRE	1	24	4%	**573**	156,3
GLOBAL	***4***	***75***	***5%***	***563***	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 18: Resumen de rutas de camiones CAT 793F según extensiones de estas.

Conjuntos	N° de rutas	Velocidad (km/hrs)	TKPH promedio
0-2 km	7	3,0	160
02-04 km	11	8,3	445
04-06 km	15	11,2	599
06-08 km	13	10,7	574
08-10 km	18	12,5	671
10-12 km	3	11,7	629
12-14 km	3	15,4	825
14-más km	5	25,6	1367
TOTAL, RUTAS	**75**	**10,52**	**563**

FUENTE: Elaboración propia.

3.5.1.5 *CAT 793 C.*

De acuerdo con el pesaje realizado durante este año para esta flota, se obtuvieron los valores de la tabla 19.

Tabla 19: Distribución de peso para los camiones CAT 793 C.

PARAMETRO	CAMIÓN VACIO	CAMIÓN CARGADO
PESO TOTAL (TON)	156	386
PESO EN EJE DELANTERO (%)	47	33,4
PESO EN EJE TRASERO (%)	53	66,5

FUENTE: Informe de estudio de pesajes 2019

Para seleccionar que neumático es el que se somete a una mayor carga, se debe calcular la carga que recibe cada eje, para posterior calcular el peso que se ejerce en cada neumático de cada eje; con lo cual la carga que reciben los neumáticos del eje delantero son 50,6 ton, mientras tanto la carga a la cual son sometidas los neumáticos del eje trasero es de 42,5 ton. Con estos valores se aprecia que se deben utilizar los valores del eje delantero para el cálculo del TKPH operacional, ya que estos neumáticos son sometidos a una mayor carga media que los del eje trasero.

Todas las rutas que hicieron estos camiones de forma mensual están contenidas desde la tabla 81 hasta la 89 de los anexos con los valores de TKPH operacionales de cada una de estas. Con toda aquella información se elabora la tabla 20 donde están las rutas que registraron un valor de TKPH operacional sobre lo que pueden soportar estos neumáticos, a considerar que el TKPH máximo que soportan los neumáticos de estos camiones es 1080, pero al igual que para el resto de las flotas se considera un factor de seguridad de 3% con lo cual el valor máximo de TKPH es 1048.

Tabla 20: Rutas mensuales con problemas de TKPH para los camiones CAT 793C.

MESES	RUTAS SOBRE TKPH	RUTAS TOTALES	% RUTAS SOBRE TKPH	TKPH PROMEDIO	DESV. ESTANDAR
ENERO	2	19	11%	**556**	216,4
FEBRERO	1	20	5%	**549**	158,8
MARZO	1	17	6%	**424**	134,1
ABRIL	1	27	4%	**457**	227,5
MAYO	0	29	0%	**519**	184,3
JUNIO	0	28	0%	**465**	148,3
JULIO	0	24	0%	**475**	170,7
AGOSTO	1	25	4%	**491**	223,1
SEPTIEMBRE	1	24	4%	**500**	142,9
GLOBAL	***2***	***70***	***3%***	***471***	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 21: Resumen de rutas de camiones CAT 793C según extensiones de estas.

Conjuntos	N° de rutas	Velocidad (km/hrs)	TKPH promedio
0-2 km	8	3,2	**162**
02-04 km	12	8,2	**416**
04-06 km	13	8,6	**434**
06-08 km	8	9,0	**457**
08-10 km	14	11,6	**587**
10-12 km	8	12,8	**646**
12-14 km	4	14,8	**751**
14-más km	3	18,5	**934**
TOTAL, RUTAS	**70**	**9,30**	**471**

FUENTE: Elaboración propia.

3.6 Modelo de negocio.

En el marco de lograr el aumento en la vida útil de los neumáticos de la flota de camiones de extracción, en Minera Centinela se comenzaron a realizar pruebas con distintos tipos de neumáticos para ser más específico, son pruebas con neumáticos de la marca Michelin.

Las pruebas se realizan para las flotas Komatsu 930E y para la flota de Caterpillar 797, los cuales son los camiones de mayor tamaño y que según el diagnóstico son los más críticos.

3.6.1 Komatsu 930E.

Las pruebas para los KOM 930E consisten en dos test tire diferentes, donde el primero de estos fue realizado con neumáticos Michelin 53/80R63 XDR3 B E4, los cuales fueron montados durante el año 2018 en diferentes camiones, siendo un total de 8 unidades las montadas, donde estas a diferencia del neumático que normalmente se monta estos camiones (Bridgestone VRPS E3A) poseen características distintas, esto queda resumido en la siguiente tabla.

Tabla 22: Comparación de TKPH de neumáticos Bridgestone y Michelin de la flota KOM930.

Parámetros	Neumático Bridgestone	Neumático Michelin
TKPH	1505	2240

FUENTE: Elaboración propia.

Considerando que el principal motivo por el cual se realizan pruebas con los neumáticos Michelin es que estos poseen un valor de TKPH mayor al de los Bridgestone, por lo cual se realiza el estudio de rutas para estos neumáticos, desde donde se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 23: Resumen de rutas CAT 797F para Michelin.

Conjuntos	N° de rutas	Velocidad (km/hrs)	TKPH promedio
0-2 kms	5	3,5	178
02-04 kms	8	8,6	440
04-06 kms	11	12,3	631
06-08 kms	8	9,6	525
08-10 kms	12	14,6	823
10-12 kms	13	13,5	794
12-14 kms	6	16,6	1054
14-más kms	5	17,0	1120
TOTAL, RUTAS	**69**	**13,2**	**758**

FUENTE: Elaboración propia.

Para el caso de los neumáticos Michelin se obtiene que ninguna ruta, de acuerdo a los datos de Spotfire sobrepasa el TKPH de estos neumáticos, ya que la ruta con mayor valor de TKPH es la de Stock_Pirita2 a Stock_Fierros 1, cuyo valor es de 2215**.**

El resultado del primer Test tire con relación a las horas de rodado de los neumáticos fueron las que se aprecian en la tabla 24.

Tabla 24: Resultados del primer test tire de neumáticos Michelin para KOM930.

Descripción	Horas	Estado	Costo Horario Michelin	Costo horario Bridgestone
53/80R63 MIC XDR3 B E4 **	6833	Baja	5,86	6,39
53/80R63 MIC XDR3 B E4 **	5757	Baja	6,95	6,39
53/80R63 MIC XDR3 B E4 **	6653	Baja	6,02	6,39
53/80R63 MIC XDR3 B E4 **	6698	Baja	5,98	6,39
53/80R63 MIC XDR3 B E4 **	7281	Baja	5,50	6,39
53/80R63 MIC XDR3 B E4 **	6690	Baja	5,98	6,39
53/80R63 MIC XDR3 B E4 **	6070	Baja	6,60	6,39
53/80R63 MIC XDR3 B E4 **	6362	Baja	6,29	6,39

FUENTE: Resultado test tire Michelin.

En la actualidad se está realizando un segundo Test tire con neumáticos Michelin, los cuales en estos momentos los 8 neumáticos Michelin se encuentran montados en diferentes camiones, siendo los resultados preliminares los que se observan en la tabla 25.

Tabla 25: Resumen del estado de 2° test tire Michelin para KOM 930.

Camión	Posición	Fecha Instalación	Neumático	Hrs. Rodando	Estado
CAEX-56	6	02-05-2019	53/80R63 MIC XDR3 MB E4 **	2464	Instalado
CAEX-56	5	02-05-2019	53/80R63 MIC XDR3 MB E4 **	2464	Instalado
CAEX-53	3	09-05-2019	53/80R63 MIC XDR3 MB E4 **	2216	Instalado
CAEX-53	4	09-05-2019	53/80R63 MIC XDR3 MB E4 **	2216	Instalado
CAEX-59	4	01-05-2019	53/80R63 MIC XDR3 MB E4 **	2101	Instalado
CAEX-59	3	01-05-2019	53/80R63 MIC XDR3 MB E4 **	2101	Instalado
CAEX-61	3	14-04-2019	53/80R63 MIC XDR3 MB E4 **	2763	Instalado
CAEX-61	4	14-04-2019	53/80R63 MIC XDR3 MB E4 **	2763	Instalado

FUENTE: Resultado test tire Michelin.

3.6.2 Caterpillar 797.

Para el caso de los camiones CAT 797 se realiza un test tire con neumáticos Michelin 59/80R63 MIC XDR3 MC4 E4R, los cuales poseen características de TKPH distinto en comparación a los neumáticos Bridgestone, esto se ve reflejado en la tabla 26.

Tabla 26: Comparación de TKPH de neumáticos Bridgestone y Michelin de la flota CAT 797.

Parámetros	Neumático Bridgestone	Neumático Michelin
TKPH	1597	2240

FUENTE: Elaboración propia.

Se procede a realizar el estudio de TKPH para el caso de estos neumáticos, para así poder analizar si es que estos neumáticos obtendrán un mejor desempeño que los neumáticos que normalmente se usan en Centinela, es decir, que los Bridgestone. Con este análisis se obtiene los siguientes resultados, para las dos diferentes flotas.

Tabla 27: Resumen de rutas CAT 797F para Michelin.

Conjuntos	N° de rutas	Velocidad (km/hrs)	TKPH promedio
0-2 kms	10	3,4	281
02-04 kms	5	8,1	676
04-06 kms	11	11,4	968
06-08 kms	6	9,1	812
08-10 kms	16	10,9	1010
10-12 kms	14	13,2	1263
12-14 kms	1	10,8	1257
14-más kms	5	16,5	1724
TOTAL, RUTAS	**68**	**12,1**	**1140**

FUENTE: Elaboración propia.

Para el caso de la flota CAT 797F solo dos rutas registran valores de TKPH por sobre el valor de diseño del neumático Michelin, cuyas rutas son: Fase 6 a Stock SPL Dinámico y Fase 6 a Botadero Central.

Para el caso de los camiones CAT 797B los resultados del estudio de TKPH para los neumáticos Michelin son los que se muestran en la tabla 28.

Tabla 28: Resumen de rutas CAT 797B para Michelin.

Conjuntos	N° de rutas	Velocidad (km/hrs)	TKPH promedio
0-2 kms	8	4,0	323
02-04 kms	3	7,8	633
04-06 kms	10	11,1	921
06-08 kms	8	8,8	766
08-10 kms	20	11,4	1032
10-12 kms	7	13,6	1280
12-14 kms	1	8,6	834
14-más kms	4	16,2	1646
TOTAL, RUTAS	**61**	**12,1**	**1109**

FUENTE: Elaboración propia.

Para los camiones CAT 797B, con el estudio de rutas se obtiene que tan solo 1 ruta posee un TKPH por sobre el valor máximo permitido para el neumático, esta es desde Fase 6 a Botadero Central.

4 Resultados.

Con la investigación y el estudio realizado para los neumáticos de los camiones de extracción de Minera Centinela, se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación:

4.1 Practicas operacionales.

En relación a las practicas operacionales el principal resultado obtenido es la elaboración del *"Manual de Concientización de Neumáticos"*, el cual conto con la cooperación de todas las áreas que se ven involucradas de alguna manera en el tema neumáticos. Este manual será difundido en las llamadas reuniones del 3er día para los diferentes grupos de operadores, jefes de turnos, etc.

La principal característica de este manual es entrega información básica de las partes de como son los neumáticos de camiones de extracción, además aborda las malas prácticas operacionales de manera simple y explica cómo se deben realizar estas prácticas operacionales de manera adecuada; y muestra imágenes de neumáticos dados de baja por diversos motivos.

El "manual de concientización de neumáticos" se encuentra en su totalidad en los anexos, en específico en el anexo 3.

4.1.1 Daños operacionales.

Con la ayuda del manual de concientización de neumáticos, al igual que con el monitoreo continuo del RACK-BIAS-PITCH, se logra una disminución de los neumáticos dados de bajas por temas operacionales para las diferentes flotas, esto se ve reflejado en los gráficos 26, 27 y 28 para las flotas CAT 797, KOM 930 y CAT 793 respectivamente.

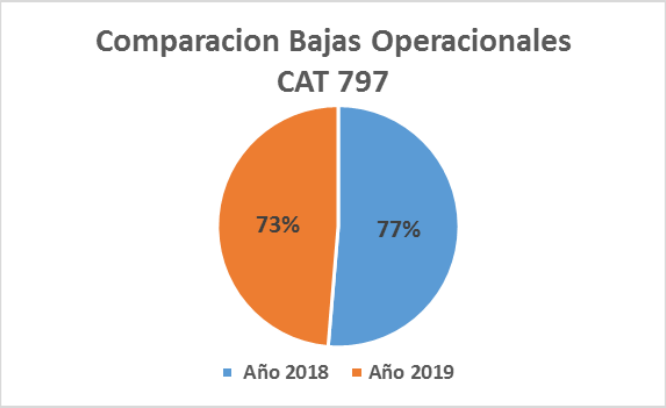


Gráfico 26: Comparación de daños operacionales de años 2018 y 2019 para flota CAT 797.

FUENTE: Elaboración propia.

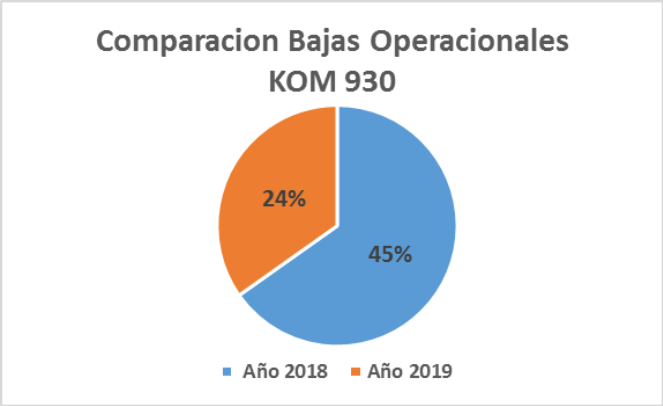


Gráfico 27: Comparación de daños operacionales de años 2018 y 2019 para flota KOM 930.

FUENTE: Elaboración propia.

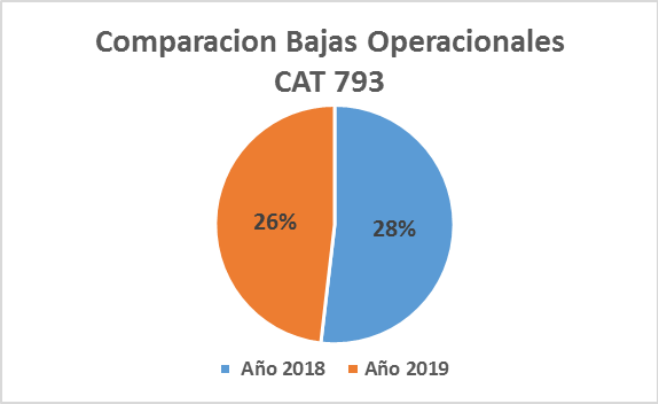


Gráfico 28: Comparación de daños operacionales de años 2018 y 2019 para flota CAT 793.

FUENTE: Elaboración propia.

4.2 Caminos

Para el caso los caminos ya existentes en Minera Centinela, se toma la decisión por parte de la Gerencia Mina de la inclusión de ingenieros planificadores de caminos, los cuales junto a la ayuda del topógrafo de caminos, como del sistema RACK-BIAS-PITCH. Se identifican los sectores de las diferentes rutas que requieran mantención, como también el nivel de mantención que estos sectores requieran, al igual que los recursos (equipos, operadores, tiempo) que se deberán destinar para llevar a cabo la mantención. Todo esto se realiza de manera semanal y esta planificación es considerado en el plan de producción semanal de la mina.

El plan de caminos de Minera Centinela del año 2018 solo hacía referencia en manera detallada a la construcción de los pretiles, el ancho de los caminos; sin embargo, no abordaba el principal tema de caminos que mayor influencia tiene en la vida de los neumáticos, como lo es el material con el que se construyen los caminos, los equipos y la manera de construcción de los caminos para poder eliminar los inconvenientes de la carpeta de rodado.

Por lo cual la principal modificación para el estándar de ruta de Minera Centinela para el segundo semestre del año 2019 es adición de estos temas, los cuales se aprecian a continuación.

4.2.1 Plan de caminos.

4.2.1.1 *Diseño estructural*

El diseño estructural de los caminos mineros constituye un desafío en el sentido de entregar soluciones que se adecuen al contexto, aprovechando las características in-situ de los materiales.

Normalmente las estructuras de los caminos están compuestas por capas de distintos materiales, los cuales son caracterizados de manera de definir la resistencia de estos. Comúnmente los caminos se construyen por 3 capas, las cuales son:

- **Subrasante:** Corresponde a la capa del material in-situ (no seleccionado), sobre el cual se construirá la capa estructural.
- **Base y Sub-base**: Corresponde a la capa de material seleccionado y que tiene como objetivo entregar la resistencia estructural al camino. Esta capa es la resultante del diseño estructural. Usualmente se recomienda utilizar un material grueso o roca fragmentada con poco contenido de fino (lastre tronado). Su tamaño máximo no deberá superar 2/3 del espesor de la capa estructural de diseño, la cual es normalmente entre 20 a 30 cm.
- **Carpeta de Rodado:** Corresponde a la capa superior del camino, y tiene como objetivo entregar una adecuada funcionalidad o desempeño del camino. Esta capa es la resultante del diseño funcional, está en promedio tiene un espesor de 20 cm. El material que forma la carpeta de rodado se detalla en el siguiente punto.

4.2.1.1.1 Criterio funcional para la selección de materiales de la carpeta de rodado.

El criterio para determinar si un material es adecuado, se logra a partir del cuadro de selección que se aprecia en la figura 48, el cual se basa en los parámetros que describen el material granular

- **Coeficiente de plasticidad (S_p):** Se refiere a la capacidad de deformar permanente e irreversible cuando se somete a tensiones. El cual considera el índice de plasticidad y cantidad de material pasante de la malla 40 (Partículas de 0,425 mm).

$$S_P = \frac{(0{,}5 * PI) * P_{0{,}425}}{100}$$

Ecuación 14: Coeficiente de plasticidad.

Donde:
PI: Índice de Plasticidad.
$P_{0,425}$: Porcentaje de partículas que pasa la malla 40 (0,425 mm).

Es evidente que no todos los suelos tienen la misma plasticidad; las arenas y los limos tienen una plasticidad baja o muy baja, mientras que suelos con alto contenido de arcillas tienen una plasticidad mayor. En línea general puede afirmarse que terrenos con un contenido de arcilla inferior al 15% no son plásticos.

- **Coeficiente granulométrico (G_C):** Corresponde a una relación ente el material grueso y fino.

$$G_C = \frac{(P_{25} - P_{2{,}36}) * P_{4{,}75}}{100}$$

Ecuación 15: Coeficiente granulométrico.

Con:
$P_{2,36}$: Porcentaje de partículas que pasa la malla 8 (2,36 mm).
$P_{4,75}$: Porcentaje de partículas que pasa la malla 4 (4,75 mm).
P_{25}: Porcentaje de partículas que pasa la malla 1 pulg. (25 mm).

Esto relaciona la correcta combinación de partículas gruesas (P_{25}), intermedias ($P_{4,75}$) y finas ($P_{2,36}$). El óptimo desempeño se verá favorecido si existe un porcentaje de finos en un rango de 12% a 20%.

Todo esto queda expresado en la figura 35.

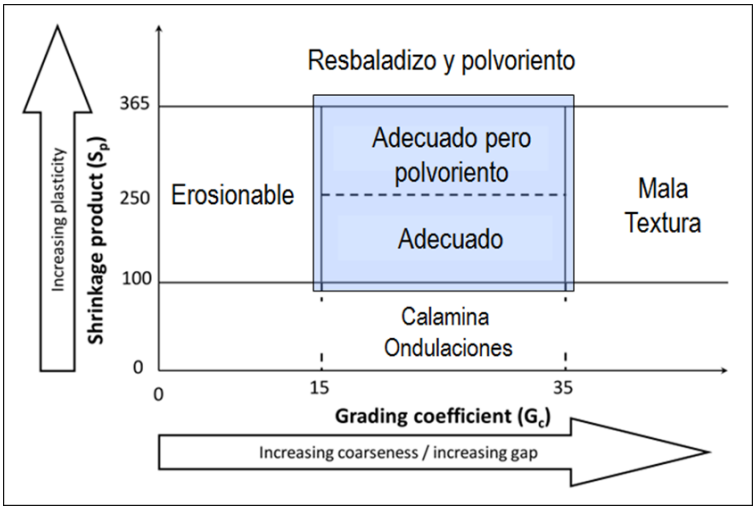


Figura 35: Clasificación de materiales para la construcción de carpeta de rodado.

FUENTE: Criterios de diseño. construcción y mantenimiento de caminos mineros Minera Centinela.

Cuyas clasificaciones se definen de la siguiente manera:

- **Erosionables:** Son típicamente de grano fino y tienen algo de plasticidad. Por lo general, funcionan bien cuando se usan en carreteras en terreno plano o en áreas de muy poca lluvia. En otras áreas, se erosionarán rápidamente durante la lluvia, dejando canales en el camino que son peligrosos y desagradables de manejar y costosos de mantener**.**

Figura 36: Camino construido con material erosionables.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Calamina / Ondulaciones:** Estos materiales generalmente están mal clasificados o con separación (ausencia o cantidades insuficientes de ciertos tamaños que conducen a un enclavamiento de agregado pobre) y carecen de finos y plasticidad. En consecuencia, las partículas no se unen entre sí, lo que lleva al lavado, al desmoronamiento y, en última instancia, a la pérdida de grava y, por lo tanto, a un desplazamiento pobre e inseguro en una superficie que requiere un mantenimiento regular. Estos materiales también son propensos a la erosión durante la lluvia.

Figura 37: Camino construido con material calamina / ondulaciones.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Mala textura:** Son aquellos materiales que tienen algo de plasticidad, pero están clasificados como “mala textura”. La presencia de arcilla generalmente limita la presencia de ondulaciones, pero no evita la mala textura.

Figura 38: Camino construido con material mala textura.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Resbaladizos y polvorientos:** Los materiales que son resbaladizos cuando están mojados y muy polvorientos cuando están secos generalmente tienen altos contenidos de finos y arcilla. El aumento del contenido de arcilla también da como resultado una disminución de la RBC (resistencia al esfuerzo constante), lo que lleva a una mala transitabilidad además de la resbaladiza.

Figura 39: Camino construido con material resbaladizos y polvorientos.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Adecuados pero polvorientos:** Los materiales bien calificados con contenido moderado de arcilla funcionarán bien, pero pueden tener polvo durante condiciones secas.

Figura 40: Camino construido con material adecuado pero polvoriento.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Adecuados:** Finalmente, los materiales bien clasificados con algo de arcilla funcionarán bien con un mínimo de mantenimiento.

Figura 41: Camino construido con material adecuado.

FUENTE: Elaboración propia.

La decisión de qué tipo de material si es que los materiales “adecuados” están fácilmente disponibles, se deberían usar sin ningún mayor problema. De no ser así se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Los materiales “erosionables” se pueden usar solo en áreas planas y áreas con poca lluvia o eventos de baja intensidad.
- Los materiales “Calamina y Ondulaciones” Se pueden usar en caminos con bajo volumen de tráfico que se transite a baja velocidad. También se pueden usar si se está dispuesto a realizar un mantenimiento constante, pero para esto se debería considerar si los costos del mantenimiento se comparan con la importación de material de mejor condición de otros sectores.
- Los materiales “resbaladizos” pueden considerarse en caminos con bajo tráfico, además de zonas de baja lluvia, dado que estos deben cerrarse cuando ocurran estos eventos climáticos.
- Se pueden usar materiales “adecuados pero polvorientos”, pero se deben fijar restricciones de velocidad o un paliativo método de supresión de polvo.

Por ende, los materiales que se deben elegir para la construcción de la carpeta de rodado, preferentemente deben ser los clasificados como “adecuados pero polvorientos” o los “adecuados”, para así evitar el desgaste prematuro de los caminos y con aquello disminuir las condiciones subestándares de los caminos que afectan a la duración de los neumáticos.

4.2.1.1.2 Equipos para la construcción de caminos.

Para la construcción de caminos se deben utilizar los siguientes equipos mineros:

- **Bulldozer:** Se utiliza principalmente para nivelar el material existente como sub-rasante, realizando el corte y relleno del terreno para llegar a las cotas definidas por el diseño geométrico. El bulldozer deberá ser capaz de cargar y nivelar la sub-base de material de roca estéril fragmentada, esparciendo el material vaciado por los camiones de extracción y removiendo las rocas de gran tamaño como parte del proceso de construcción.
- **Wheeldozer:** Este equipo es utilizado principalmente en la construcción de caminos para homogenizar el material de sub-base, también colocar y homogenizar los materiales seleccionados que serán usados como parte de la construcción de la carpeta de rodado; y realizar un perfilado preliminar de la carpeta de rodado.
- **Motoniveladora:** Este equipo es utilizado durante la construcción del camino para completar el perfilado o corte final de la superficie de rodado una vez que la compactación haya sido completada.
- **Camión aljibe:** Los camiones se utilizan para la construcción de los caminos mineros, especialmente durante la correcta homogenización de los materiales y la compactación de las capas. Se debe aplicar agua sobre el material suelto antes de perfilar, buscando una adecuada trabajabilidad del material (el cual se logra al llegar a una Humedad Óptima de Compactación (HOC). No es necesario utilizar el camión aljibe para aplicar agua a una base de material de roca estéril fragmentada durante la compactación**.**

4.2.1.2 *Metodología de construcción de caminos.*

4.2.1.2.1 Preparación de Sub-rasante.

Esta Sección se refiere a los trabajos requeridos para conformar la plataforma del camino a nivel de sub-rasante en sectores de terraplén y corte, dejándola en condiciones adecuadas para recibir las capas siguientes tales como sub-bases, bases, capas de rodadura. Se debe procurar cumplir con los perfiles y cotas definidas en el diseño geométrico. Se utilizará el material existente con la excepción de que se encuentre material tipo Chusca.

El material tipo Chusca deberá ser retirado con Bulldozers o Wheeldozers y llevado a botadero. La zona afectada deberá ser rellenada con el material seleccionado hasta un espesor tal que el material supere por al menos 2 cm el nivel de la superficie existente. A continuación, se escarificará la zona tratada en un espesor de a lo menos 10 cm, el material se mezclará utilizando motoniveladora y luego se aplicará una humedad, se compactará con equipos apropiados para alcanzar una capa superficialmente compactada.

4.2.1.2.2 Preparación de la Base y sub-base.

Esta Sección se refiere a los trabajos requeridos para conformar la plataforma del camino a nivel base o sub-base, dejándola en condiciones adecuadas para recibir la carpeta de rodado. Se debe procurar cumplir con los perfiles y cotas definidas en el diseño geométrico. Se utilizará el material seleccionado y definido por el diseño estructural. Tal como se definió en el capítulo anterior, se recomienda utilizar un material resistente, compuesto por roca fragmentada y bajo contenido de fino. Usualmente se utiliza el material grueso de lastre producido por la tronadura.

El material de sobre tamaño, deberá ser retirado y llevado a botadero. A continuación, se nivelará la zona siguiendo las cotas del proyecto y el material se mezclará utilizando Wheeldozers. En caso de que el material contenga una baja proporción de finos (menor al 10%) no se requiere que sea humedecido y se compactará principalmente utilizando los mismos equipos hasta alcanzar una capa compacta en todo su espesor.

4.2.1.2.3 Preparación de la carpeta de rodado.

En esta Sección se definen las operaciones requeridas para la provisión, homogenización, colocación, perfiladura y compactación de una capa de rodado. La capa se construirá sobre una base previamente preparada, conforme a los perfiles y cotas establecidas.

El material seleccionado deberá ser llevado y acordonado al costado de la plataforma con sucesivas pasadas de motoniveladora que se asegure una adecuada homogenización. Posteriormente se procederá a humectar el material con sucesivas pasadas del camión aljibe. Durante este proceso la motoniveladora deberá cortar parte del cordón de material y extenderlo sobre la superficie del camino de tal forma de que el camión aljibe pueda incorporar el agua requerida. Este procedimiento se realiza hasta mover completamente el cordón hacia el otro costado de la calzada. Dicho procedimiento debe repetirse hasta que se incorpore la totalidad del agua sobre el material. Posteriormente se debe seguir mezclando el material granular con el agua hasta lograr una adecuada homogenización de ambos. Durante todo el proceso el cordón debe moverse de lado a lado de la calzada al menos 5 veces, lo cual totaliza un número mínimo de 30 pasadas de motoniveladora. Una vez homogeneizado el material, se procede a extender y compactar.

Realizada la compactación, se procede a perfilar de acuerdo con las cotas de proyecto. Este proceso debe realizarse durante el mismo día en que se compacta la carpeta de rodado, de tal forma de garantizar que la base siga 100% trabajable. Dejar esto para el siguiente día, necesariamente implica que la superficie se deba humedecer para lograr la trabajabilidad requerida, con las consecuentes pérdidas de calidad. El material perfilado debe dejarse a un costado del camino y bajo ningún punto de vista debe ser utilizado para corregir posibles imperfecciones de la superficie.

4.2.1.3 *Equipos y metodología de mantención.*

Principalmente los equipos mineros encargados de la mantención de los caminos, en Minera Centinela son:

- **Motoniveladoras:** Las principales funciones de estos equipos es Escarificar (ripping-rasgado superficial) la superficie de rodado, el cual es comúnmente parte de la rehabilitación del camino donde la superficie de rodado original es traída hasta la superficie para reparar el camino de nuevo a sus especificaciones (el tráfico y un raspado y/o perfilado regular realizado a menudo da como resultado que con el tiempo se dé una acumulación de finos en los primeros 50mm de la parte superior de la superficie de rodado, lo que causa que la superficie de rodado se aparte significativamente de las especificaciones del diseño original). Otra de las funciones de este equipo es el perfilado de la carpeta de rodado, el cual corresponde al mantenimiento rutinario para nivelar la superficie de rodado de un camino, eliminado los defectos superficiales y corrigiendo el perfil trasversal.
- **Wheeldozer:** La principal función de estos equipos es la limpieza del camino, es decir, está encargado de retirar las rocas que pueden hallarse en el camino, producto de los derrames generados por los camiones de extracción, u otro equipo. También estos equipos se utilizan para la mantención de los pretiles y el retiro de posibles rodados que se generen de estos. Finalmente, estos equipos al igual que las motoniveladoras pueden ser utilizados para realizar el perfilado de la carpeta de rodado de un camino, eliminando los defectos superficiales que en esta pudiesen encontrarse.

Con estas recomendaciones de modificaciones realizadas, el estándar de ruta, ahora será un estándar más riguroso. Por lo cual los caminos nuevos para los rajos existentes en Minera Centinela deberán cumplir con un protocolo de construcción más riguroso, lo que se traducirá en que estos presentaran menores problemas para los neumáticos de los camiones, ya que se eliminaran las condiciones subestandares de los caminos, además de esto con una mejor construcción de los caminos, el camino tendrá un mayor tiempo de vida, antes de requerir mantenimiento.

4.3 Operación neumático.

Con relación a las rutas que presentan problemas de temperatura, según el seguimiento de rutas realizado durante el periodo de estudio se obtiene que las rutas que presentan un TKPH por sobre los valores de los neumáticos para las diferentes flotas CAT 797F, CAT 797B, KOM 930, CAT 793F y CAT 793C son las que se reflejan en las tablas 29, 30, 31, 32 y 33 respectivamente.

Tabla 29: Rutas de caex CAT 797F con TKPH sobre el TKPH del neumático.

Inicio	Fin	Distancia (km)	TKPH	TKPH Neumático.
FASE 6	BOT_CENTRAL	17,34	**2502**	1549
FASE 7	BOT-ESTE	9,78	**2170**	
FASE 8	BOT_INTEGRACION	8,17	**1871**	
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	14,42	**1838**	
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	9,9	**1827**	
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	16,25	**1661**	
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	9,33	**1572**	
FASE 8	BOT_RELAVE_ANDESITA	8,86	**1572**	
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	11,08	**1561**	
FASE 7	BOT_RELAVE_ANDESITA	7,16	**1561**	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 30: Rutas de caex CAT 797B con TKPH sobre el TKPH del neumático.

Inicio	Fin	Distancia (km)	TKPH	TKPH Neumático.
FASE 6	BOT_CENTRAL	16,67	**2408**	1549
FASE 8	BOT_INTEGRACION	11,31	**1933**	
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	14,11	**1750**	
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	9,3	**1706**	
FASE 7	BOT-ESTE	9,68	**1696**	
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	8,93	**1555**	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 31: Rutas de caex KOM 930 con TKPH sobre el TKPH del neumático.

Inicio	Fin	Distancia (km)	TKPH	TKPH Neumático
FASE 6	BOT_CENTRAL	17,26	**1716**	1459
STOCK_SPL	STOCK-FIERROS_1	10,76	**1509**	
STOCK_SME	STOCK_SAL_DIN	5,17	**1481**	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 32: Rutas de caex CAT 793F con TKPH sobre el TKPH del neumático.

Inicio	Fin	Distancia (km)	TKPH	TKPH Neumático
FASE 5	BOT_INTEGRACION	15,25	**1439**	1047
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	17,35	**1428**	
FASE 6	BOT_CENTRAL	19,4	**1161**	
FASE 7	BOT_RELAVE_ANDESITA	10,67	**1156**	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 33: Rutas de caex CAT 793C con TKPH sobre el TKPH del neumático.

Inicio	Fin	Distancia (km)	TKPH	TKPH Neumático
FASE 5	BOT_INTEGRACION	17,09	**1503**	1047
STOCK_SBL	STOCK_SBL_S-G605	3,93	**1093**	

FUENTE: Elaboración propia.

Con este análisis se aprecia que la flota de camiones CAT 797 es la que presentaba mayores problemas de TKPH con las rutas en relación con las demás flotas. Se le hace entrega de los resultados del estudio al área de Dispach, los cuales podrán conocer las rutas con problemas de temperatura, por lo cual al momento de asignar los camiones a las diferentes rutas teniendo a en conocimiento cuales son las rutas que poseen restricciones para ciertas flotas.

Los camiones no debiesen ser asignados de ser posible a aquellas rutas que tengan un TKPH por sobre el valor del TKPH del neumático, en caso de que esto no ocurra, se podrán asignar los camiones solo si se mantiene un monitoreo constante de la temperatura de los neumáticos del camión o se le restringe la velocidad del camión para obtener un TKPH menor.

4.4 Modelo de negocios.

Con los tres Test tire de Michelin que se realizan en Minera Centinela se logra apreciar que en relación a los neumáticos Bridgestone tienen un mejor desempeño en el tema del TKPH, lo cual es favorable para las futuras condiciones de Minera Centinela, puesto que durante los años venideros la mina presentara una caída de la ley y un aumento en los trayectos a recorrer los camiones; sin embargo, se debe considerar los costos de estos neumáticos ya que estos poseen un mayor costo en relación a los neumáticos Bridgestone.

Tabla 34: Comparativas de costos de neumáticos Bridgestone y Michelin.

Flota	Neumáticos Bridgestone	Neumáticos Michelin
CAT 797	39.500	46.891
KOM 930	34.500	40.034

FUENTE: Elaboración propia.

Considerando el target que se tiene establecido en Centinela para los neumáticos de KOM 930, para ser especifico 5400 hrs. lo que significa que el costo por hora del neumático es de 6,39 $US/hrs, por ende, para que los neumáticos Michelin al ser más costosos para que sean convenientes en comparación a los Bridgestone, deben tener un mayor número de horas de vida útil, precisamente deben durar a lo menos 6.266 hrs.

Dados los resultados del primer test tire realizado para la flota KOM 930, donde todos los neumáticos Michelin ya fueron dados de bajas se elabora el grafico 29 el cual hace la comparativa entre los costos horarios entre estos neumáticos y los Bridgestone.

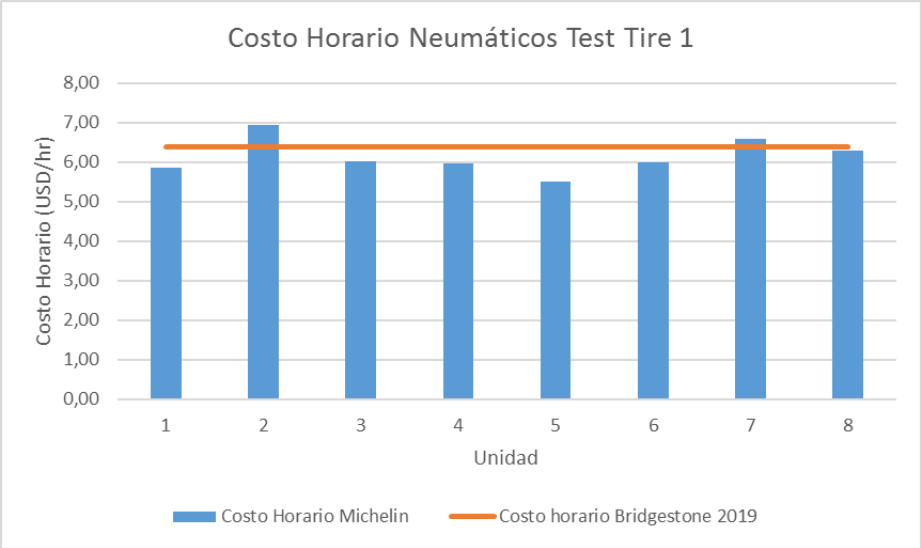


Gráfico 29: Costo horario de neumáticos Michelin del 1° test tire para KOM 930.

FUENTE: Elaboración propia.

Del grafico se aprecia que 6 de los 8 neumáticos Michelin presentaron un menor costo horario, lo cual indica que estos neumáticos son más convenientes que los neumáticos Bridgestone para la flota de camiones KOM 930, sin embargo, falta esperar los resultados del segundo test Tire realizado para la flota de camiones Komatsu.

En relación a la flota de camiones CAT 797 al considerar el target que se tiene establecido en Minera Centinela para los neumáticos de esta flota, el cual es de 5000 hrs. lo que se traduce en que el costo por hora del neumático es de 7,9 $US/hrs, por ende, para que los neumáticos Michelin cuyo costo es mayor a los Bridgestone, sean convenientes deben tener un mayor número de horas de vida útil, para ser más exacto deberían duran a lo menos 5936 hrs.

4.5 Resultados de bajas 2019.

Los resultados de las bajas del 2019 en comparación al año 2018 se obtiene un leve incremento en la vida útil promedio de los neumáticos para las diferentes flotas.

4.5.1 Caterpillar 797.

Los rendimientos de los neumáticos 59/80R63 de los camiones CAT 797 durante el año 2019 queda reflejado en el gráfico 30.

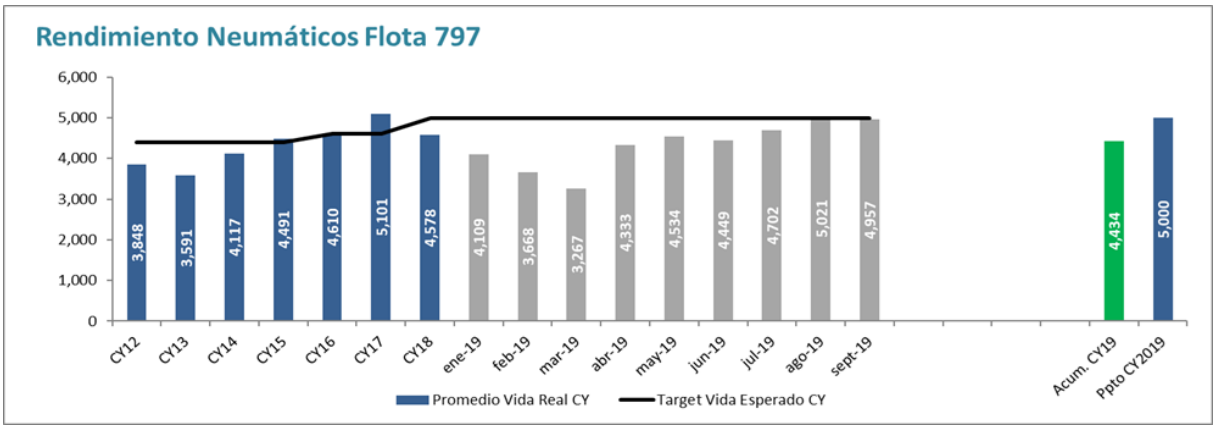


Gráfico 30: Rendimientos de vida útil de neumáticos CAT 797 (2019).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

La vida promedio de estos neumáticos durante el año 2019 fue de 4.434 hrs, lo que es un 3% menor a la vida promedio que se obtuvo durante el año 2018, esto se debe principalmente al bajo rendimiento de estos durante el primer trimestre del 2019. En los gráficos 31 y 32 se detalla la evolución de bajas durante el año 2019.

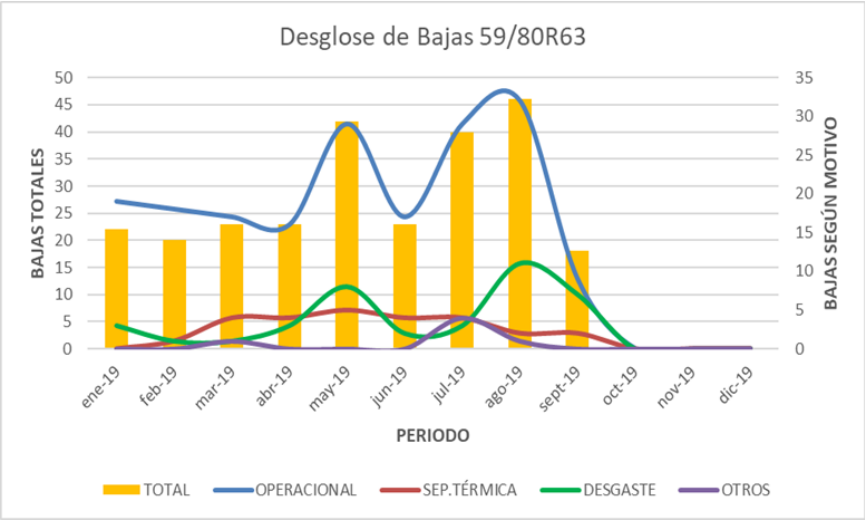


Gráfico 31: Desglose de tipos de bajas para flota CAT 797 de forma mensual (2019).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

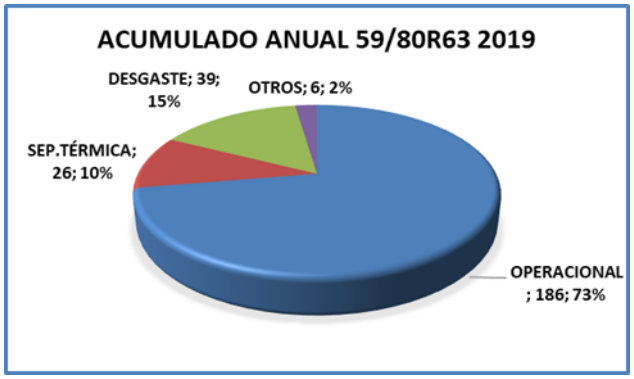


Gráfico 32:Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones CAT 797 (2019).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

Como se logra visualizar en el grafico 32 el principal motivo de baja durante el año 2019 sigue siendo el tema operacional, pero este motivo de baja se ve disminuido en un 4% en relación al año 2018; durante este año incrementaron las bajas térmicas en relación al año 2018 pasando de un 3% a un 10% en el año 2019, lo que puede explicar la disminución en la vida promedio de los neumáticos de la flota CAT 797 durante el año 2019.

4.5.2 Komatsu 930.

En relación a los rendimientos de los neumáticos 53/80R63 durante el año 2019 se aprecian en el gráfico 33.

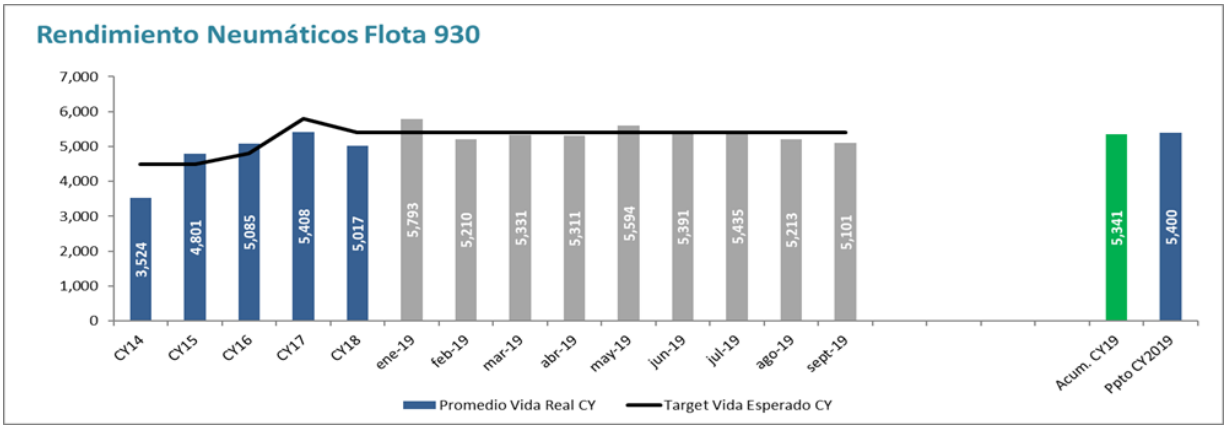


Gráfico 33: Rendimientos de vida útil de neumáticos KOM 930 (2019).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

El grafico se obtiene que el rendimiento de estos neumáticos durante el año 2019 fue de un 1% mejor que el del año 2018, sin embargo, solo se logra un 98% del target establecido por la compañía para estos. En los gráficos 34 y 35 se muestra la evolución de bajas durante el año 2019.

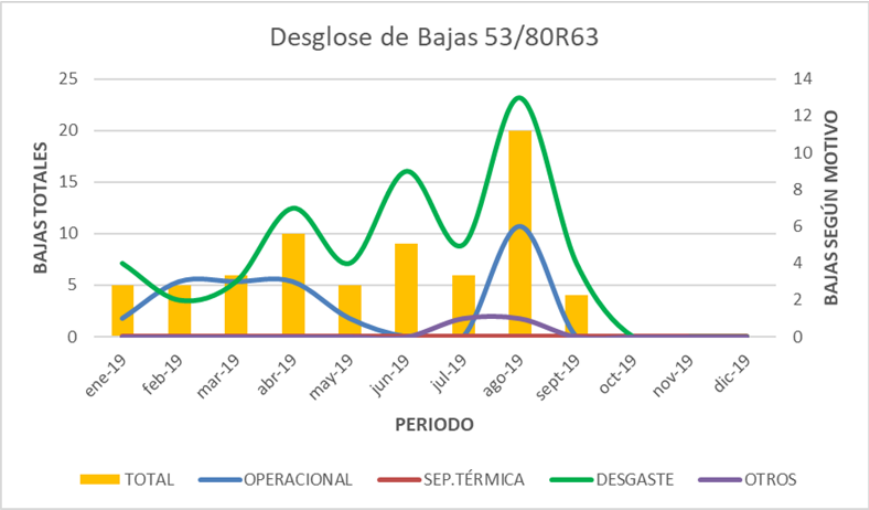


Gráfico 34: Desglose de tipos de bajas para flota KOM 930 de forma mensual (2019).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

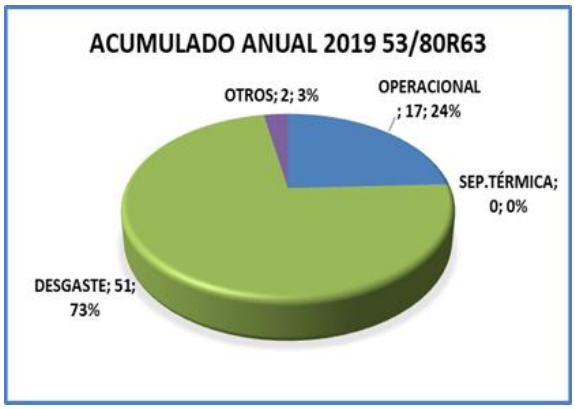


Gráfico 35: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones KOM 930 (2019).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

Como se observa de los gráficos 34 y 35 se ve que el principal motivo de baja de estos neumáticos son el desgaste, cuyo motivo es el normal que tiene todo neumático, sin embargo, todavía sigue existiendo un 17% de las bajas siguen siendo operacionales, aunque este sigue siendo un valor elevado, este es un 21% menor al del año 2018, lo que se tradujo en el aumento de la vida útil promedio de los neumáticos de la flota KOM 930.

4.5.3 Caterpillar 793

El desempeño de los neumáticos 46/90R57 de la flota CAT 793 durante el año 2019 se visualiza en el grafico 36.

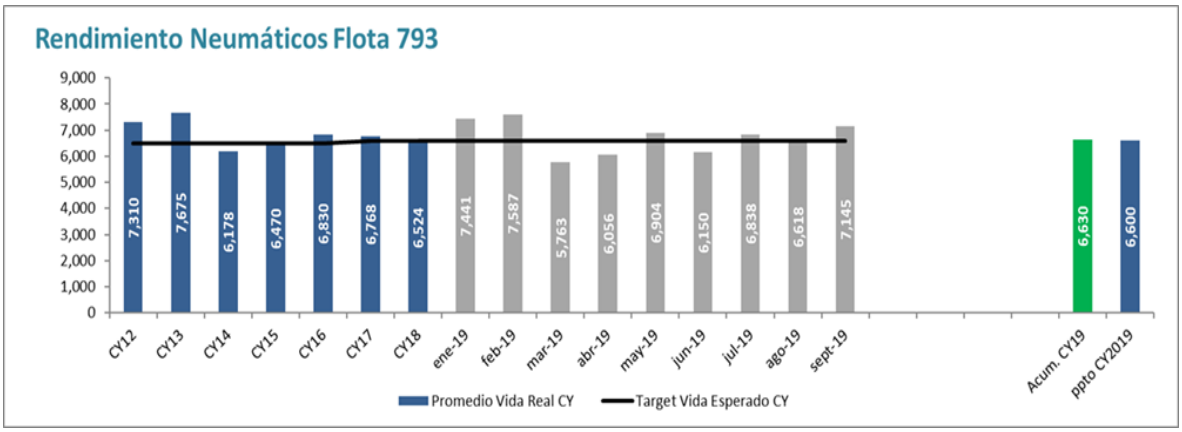


Gráfico 36: Rendimientos de vida útil de neumáticos CAT 793 (2019).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

Del grafico se desprende que durante el año 2019 se logra obtener un desempeño por sobre el target establecido por la compañía para este tipo de neumáticos, además de que este desempeño es un 6,5% superior al del año 2018, el desglose de los motivos de bajas durante el año se aprecia en los gráficos 37 y 38.

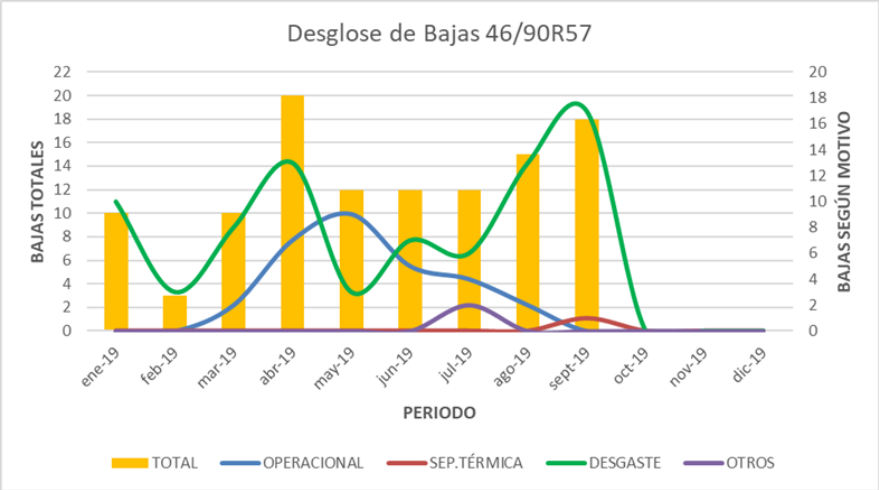


Gráfico 37: Desglose de tipos de bajas para flota KOM 930 de forma mensual (2019).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

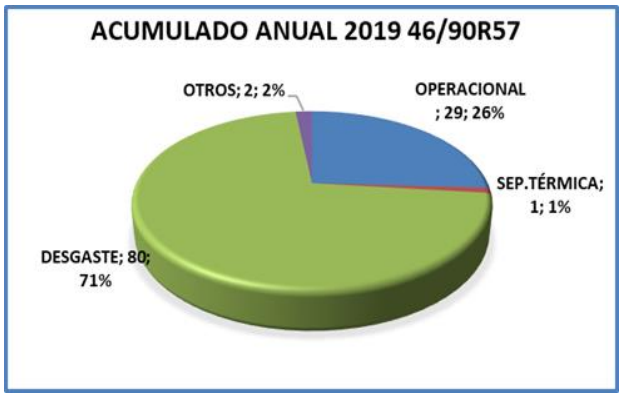


Gráfico 38: Porcentajes de bajas acumuladas de neumáticos de camiones CAT 793 (2019).

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

De los grafico se aprecia que el principal motivo de baja son el desgaste, lo cual hace que la vida útil de los neumáticos aumente, ya que cuando un neumático es dado de baja por este motivo, estos ya tienen una elevada vida útil, sin embargo, se registra un 26% de bajas operacionales, lo cual es menor al año 2018 en un 2%, lo que indica que se puede obtener un mejor desempeño para los años venideros.

4.6 Costos.

Dado que el principal objetivo de lograr el aumento de la vida útil de los neumáticos, son los elevados costos de estos insumos, todo este interés se ve aumentado debido a que, para los años venideros de Minera Centinela, la ley promedio de la Mina se verá disminuida, por lo cual se deberá aumentar la cantidad de material a mover para poder obtener el cobre, lo que se traduce en un aumento de los ciclos que tendrán que realizar los camiones para lograr el plan minero.

Finalmente, se debe comparar los costos del 2018 y 2019, para aquello se debe considerar que en Centinela se planificaron target de horas de vida de los neumáticos, las cuales indican en términos de dinero, si es que la inversión realizada en estos insumos se traducirá en una pérdida de dinero o se obtendrá un ahorro de dinero, todo esto relaciona al costo horario de los neumáticos (USD/hrs rodado).

Tomando el costo unitario de los neumáticos para las diferentes flotas, así como también los targets de vida útil de estos, se procede a obtener los costos horarios, los cuales se contrastarán con las cantidades de horas reales de vida de estos insumos, en la tabla 35 se muestran los costos unitarios de los neumáticos, los targets de horas y el costo horario de rodado de las diferentes flotas.

Tabla 35: Detalles de costos y target de horas para los neumáticos de los Caex's.

Flota.	Costo unitario (USD).	Target vida útil (hrs).	Costo horario (USD/hrs)
CAT 793	29.000	6.600	4,39
CAT 797	39.500	5.000	7,90
KOM 930	34.500	5.400	6,39

FUENTE: Reporte resumen de bajas neumáticos (octubre 2019).

Con estos datos, el número de bajas y la vida útil promedio de los neumáticos, tanto para el 2018, como para el 2019, se procede a realizar el ejercicio de obtener los costos de rodado y determinar si es que para los diferentes meses del estudio se obtiene una pérdida de la inversión o si se logra recuperar al completar la vida útil de los neumáticos. Finalmente, esto se ve reflejado en el valor global del dinero perdido o ganado para ambos años en cuestión, para todas las flotas de camiones.

4.6.1 Caterpillar 797

Los costos mensuales y globales de la flota para los años 2018 y 2019 se aprecia en las tablas 36 y 37 respectivamente.

Tabla 36: Costos mensuales de neumáticos de flota CAT 797 (2018).

PERIODO	N° Bajas	Vida útil promedio (hrs)	Dinero perdido (USD)
ene-18	15	4.710	**-34.373**
feb-18	10	3.948	**-83.148**
mar-18	31	4.719	**-68.904**
abr-18	25	4.683	**-62.671**
may-18	27	4.627	**-79.545**
jun-18	25	4.456	**-107.440**
jul-18	21	4.842	**-26.291**
ago-18	26	5.103	21.069
sept-18	20	4.370	**-99.564**
oct-18	30	4.426	**-136.125**
nov-18	31	4.305	**-170.134**
dic-18	16	4.395	**-76.456**
Acumulado	**277**	**4.578**	**-923.581**
Promedio mensual			**-76.965**

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 37: Costos mensuales de neumáticos de flota CAT 797 (2019).

PERIODO	N° Bajas	Vida útil promedio (hrs)	Dinero perdido (USD)
ene-19	22	4,109	**-154.777**
feb-19	20	3,668	**-210.488**
mar-19	23	3,267	**-314.902**
abr-19	23	4,333	**-121.241**
may-19	42	4,534	**-154.469**
jun-19	23	4,403	**-108.435**
jul-19	40	4,702	**-94.105**
ago-19	46	5,021	7.774
sept-19	18	4,957	**-6.154**
oct-19			
nov-19			
dic-19			
Acumulado	**257**	**4.430**	**-1.156.797**
Promedio mensual			**-128.533**

FUENTE: Elaboración propia.

Se desprende de las tablas presentadas que se logra aprecia que durante el año 2019 se lleva una pérdida de 233.216 USD mayor al año 2018.

4.6.2 Komatsu 930.

En las tablas 38 y 39 se visualiza los costos mensuales, como el acumulado para los periodos del año 2018 y 2019 respectivamente.

Tabla 38: Costos mensuales de neumáticos de flota KOM 930 (2018).

PERIODO	N° Bajas	Vida útil promedio (hrs)	Dinero perdido (USD)
ene-18	8	5.176	-11.474
feb-18	2	5.292	-1.386
mar-18	7	4.685	-31.996
abr-18	9	4.755	-37.113
may-18	6	5.126	-10.523
jun-18	7	5.138	-11.736
jul-18	3	5.175	-4.313
ago-18	9	5.178	-12.791
sept-18	9	5.263	-7.890
oct-18	9	4.876	-30.111
nov-18	9	4.934	-26.769
dic-18	12	4.954	-34.193
Acumulado	**90**	**5.017**	**-220.295**
Promedio mensual			**18.358**

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 39: Costos mensuales de neumáticos de flota KOM 930 (2019).

PERIODO	N° Bajas	Vida útil promedio (hrs)	Dinero perdido (USD)
ene-19	5	5.793	12.541
feb-19	5	5.210	-6.076
mar-19	6	5.331	-2.645
abr-19	10	5.311	-5.680
may-19	5	5.594	6.184
jun-19	9	5.391	-537
jul-19	6	5.435	1348
ago-19	20	5.213	-23.952
sept-19	4	5.101	-7.635
oct-19			
nov-19			
dic-19			
Acumulado	**70**	**5.341**	**-26.450**
Promedio mensual			**-2.939**

FUENTE: Elaboración propia.

Como se aprecia en los costos, que las pérdidas del año 2019 en los neumáticos para esta flota son tan solo un 12% del total de pérdidas del año 2018, esto es debido a que se logra una mejoría en la vida útil promedio de los neumáticos entre el año 2018 y 2019, sin embargo, todavía se están obteniendo perdidas, dado que no se ha logrado tener en promedio de vida útil de los neumáticos de los camiones KOM 930 igual o superior al target de vida útil establecido por Minera Centinela (5400 hrs.) para estos camiones.

4.6.3 Caterpillar 793.

Con relación a los costos de los neumáticos para la flota de camiones CAT 793 estos se desglosan en la tabla 40 para el año 2018 y la tabla 41 2019.

Tabla 40: Costos mensuales de neumáticos de flota CAT 793 (2018).

PERIODO	N° Bajas	Vida útil promedio (hrs)	Dinero perdido (USD)
ene-18	1	4.704	**-8.331**
feb-18	2	6.592	**-70**
mar-18	17	6.897	**22.172**
abr-18	5	6.947	**7.628**
may-18	6	6.146	**-11.978**
jun-18	2	4.606	**-17.527**
jul-18	11	6.965	**17.664**
ago-18	11	6.476	**-5.976**
sept-18	11	6.125	**-22.967**
oct-18	21	6.446	**-14.170**
nov-18	5	7.180	**12.751**
dic-18	5	6.128	**-10.361**
Acumulado	**97**	**6.527**	**-31.166**
Promedio mensual			**-2.597**

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 41: Costos mensuales de neumáticos de flota CAT 793 (2019).

PERIODO	N° Bajas	Vida útil promedio (hrs)	Dinero perdido (USD)
ene-19	10	7.441	**36.953**
feb-19	3	7.587	**13.010**
mar-19	10	5.763	**-36.773**
abr-19	20	6.056	**-47.824**
may-19	12	6.904	**16.047**
jun-19	12	6.150	**-23.736**
jul-19	12	6.838	**12.536**
ago-19	15	6.618	**1.160**
sept-19	18	7.145	**43.074**
oct-19			
nov-19			
dic-19			
Acumulado	**112**	**6.629**	**14.447**
Promedio mensual			**1.605**

FUENTE: Elaboración propia.

Se desprende de las tablas que para esta flota se logra una ganancia de dinero, esto además indica que se está obteniendo un mejor desempeño de estos neumáticos el año 2019 con relación al 2018, por lo cual se logra una ganancia acumulada de 14.447 dólares.

5 Conclusiones.

En relación a todo lo realizado dentro del marco de la memoria para el incremento de la vida útil de los neumáticos para la flota de camiones de extracción de Minera Centinela, se puede concluir que en relación a las medidas realizadas ha tenido un efecto positivo en la vida útil de los neumáticos de 2 de las 3 flotas existentes en Centinela.

Se tiene que mediante la implementación del sistema RACK-BIAS-PITCH, el número de alarmas desde enero hasta fines de septiembre, hubo una baja significativa del número de alarmas, lo cual quiere decir que tanto las condiciones de los caminos, como la mala distribuciones de carga y las malas prácticas operacionales se han visto disminuidas, debido a todas las medidas que se están implementando. Todo esto se ve apoyado con las capacitaciones de todos los operadores de Centinela, mediante la creación del manual de concientización de neumáticos creado, el cual recoge y establece practicas operacionales que tienen una significativa influencia para aumentar la vida útil de los neumáticos, donde este abarca tanto a los operadores de camiones de extracción, de equipos de carguío y equipos de servicios, como también a los supervisores, dado que aunque se logra una disminución en el porcentaje de bajas operaciones, están se pueden seguir disminuyendo con la ayuda del manual.

En relación a las condiciones de las pistas que es un factor clave para el correcto desempeño de los neumáticos, se propone un nuevo plan de construcción y mantenimiento de ellas, el cual considera todos los criterios de los caminos para evitar cualquier consideración subestandares en las rutas, por otro lado también con la implementación de un topógrafo de caminos y un programador de pistas, ha ayudado bastante ya que, ahora las actividades de mantenimiento de las rutas están siendo planificadas, lo que implica que se programen los recursos para poder realizar las actividades de la mejor manera posible, además con la implementación del topógrafo de caminos, se tiene que todas las actividades que se realicen habrán sido diseñadas por un experto en el tema y ya no quede esto a criterio de las personas. Esto también ha traído que se genere un aumento de la utilización de los principales equipos encargados tanto de la creación como del mantenimiento de los caminos, aunque este mayor uso de los equipos pudiese generar una mayor indisponibilidad de los equipos, esto no ha sido 100% así ya que según los valores de disponibilidad de los equipos ha estado casi en su totalidad números sobre lo que fue planificado para estos.

Finalmente, en relación al tema de neumáticos, gracias a la elaboración de un monitoreo del TKPH se logró poner en la palestra un tema que fue importante durante los primeros meses de este año, donde se registraron bajas de neumáticos

debido a separaciones térmicas y que además con la elaboración de estas tablas se pudo poner énfasis en las rutas que son las más que generaban mayor temperaturas y por ende que se debían poner mayor énfasis en el monitoreo de la temperaturas de los neumáticos de los camiones que realicen aquellas rutas, mediante el sistema TTT (monitoreo de T° y Presión) con el que cuenta Minera Centinela, gracias a esto se ha logrado obtener una disminución en el número de rutas que tenían un TKPH sobre lo admitido por los neumáticos, desde enero hasta fines de septiembre.

Por otra parte, en relación a las pruebas de neumáticos de la marca Michelin, solo se tienen los resultados del Test tire 1 para los camiones Komatsu 930E, donde se obtuvo que un 75% (6 de 8) estos neumáticos presentaron una mayor duración y por ende un menor costo horario, además al tener estos neumáticos un mayor valor de tolerancia de TKPH, termina favoreciendo el poder realizar un aumento de la velocidad de los camiones sin que se generen problemas de temperaturas. En relación a las pruebas para los camiones 797, los neumáticos fueron montados durante este año y hasta la fecha se encuentran rodando sin presentar grandes problemas, con lo cual se espere que puedan durar la mayor cantidad posible.

Con las medidas tomadas por Minera Centinela se ha registrado una leve mejora en los rendimientos de los neumáticos, en comparación al año 2018. Sin embargo, esto no ocurre para todas las flotas de camiones presentes en esta minera, siendo el caso de los camiones CAT 797, los cuales no registran hasta septiembre del 2019 un aumento de la vida útil en comparación al año 2018, pero en relación al ahorro de dinero global destinado a los neumáticos se logra un ahorro de 6.242 dólares durante el año 2019, lo cual indica que las medidas tomadas en conjunto con Minera Centinela están logrando los objetivos que se habían establecidos, sin embargo este ahorro puede seguir aumentando para los años venideros, debido a que las principales medidas tendrán su efecto durante el año 2020, ya que estas se fueron implementando gradualmente durante el 2019.

6 Bibliografía.

1. Blanco. J. 2016. “Incremento de la vida útil de neumáticos para reducir costos de operación en camiones Caterpillar 797F en Toromocho-Chinalco Perú”. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Mecánico. Huancayo. Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú.

2. Bridgestone. 2018. “Data Book. Off the Road Tires”. Pag 2-11. Japón.

3. Cajavilca. G. 2015 “Implementación del sistema Michelin earthmover management system evolution 2 en flota de volquetes Mina Cuajone”. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas. Arequipa. Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

4. Empresa Alta Vía. 2018. “Criterios de diseño. construcción y mantenimiento de caminos mineros Minera Centinela”. Informe de avance.

5. Felsh. W; Arroyo. C; Oliveira. V; Veira. P; Araújo. E. 2018 “Beneficios de la implementación de un sistema de telemetría para la gestión de las operaciones mineras”. [en línea] Rev. Interfaces Ed. n°11. pag. 87-102. Perú. (2018).

6. Gerencia Técnica de Minería.2017. Directriz de Reportabilidad de tiempos e índices para equipos mineros. Grupo Antofagasta Minerals.

7. Holman. P. 2006 “Caterpillar Haul Road Design and Management”. CAT. St. Charles. USA.

8. Kerr. C. 2017 “Load G-level as a Truck-Ground KPI”. Tesis para Máster Ciencia en Ingeniería en Minas. Alberta, Canada. Universidad de Alberta.

9. Michelin. 2016. “Technical Data Earthmover Tyres”. Edition N°31.

10. Olivares. C. 2019 “Control of road analysis Rack-Bias-Pitch” KalTire. Antofagasta. Chile.

11. Paredes. C. 2008 “Eficiencia en tiempo de vida de neumáticos con relación a rotación de posiciones uno y dos en volquetes Komatsu 930E-3”. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.

12. Peláez. P. 2013 “Incremento del performance de rendimiento de neumáticos de camiones CAT 785B&C y Komatsu 730E”. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.

13. Saavedra. A. 2015 “Construcción de caminos mineros. diseñando la ruta”. [en línea] Rev. Construcción Minera n° 13. pag. 6-15. Chile.

14. Tejada. A. 2014 “Metodología del cambio de posiciones 1 y 6 de neumáticos gigantes 793-D. para incrementar la vida útil y reducir costos en SM. Cerro Verde-Arequipa”. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

7 Anexos.

7.1 Anexos A: Factores de ajuste de TKPH.

Tabla 42: Factor de ajuste por temperatura ambiente de TKPH neumático Bridgestone.

T° promedio	Factor para diámetros menores a 27 pulg.	Factor para diámetros mayores a 30 pulg.
14	1,240	1,216
15	1,230	1,207
16	1,220	1,198
18	1,200	1,180
20	1,180	1,162
22	1,160	1,144
24	1,140	1,126
26	1,120	1,108
28	1,100	1,090
30	1,080	1,072
32	1,060	1,054
34	1,040	1,036
36	1,020	1,018
38	**1,000**	**1,000**
40	0.980	0,982
42	0,960	0,964
44	0,940	0,946
46	0,920	0,928
48	0,900	0,910
50	0,880	0,892

FUENTE: Data book Bridgestone (2019).

Tabla 43: Coeficiente de ajuste de TKPH para Michelin según largo del ciclo.

Largo del Ciclo (km)	Coeficiente K1
5	1,00
6	1,04
7	1,06
8	1,09
9	1,10
10	1,12
11	1,13
12	1,14
13	1,15
14	1,16
15	1,16
16	1,17
17	1,17
18	1,18
19	1,18
20	1,19
21	1,19
22	1,19
23	1,20
24	1,20
25	1,20
26	1,20
27	1,21
28	1,21
29	1,21
30	1,21
31	1,21
32	1,21

FUENTE: Technical Data Earthmover Tyres Michelin (2016).

Tabla 44: Coeficiente K2 del TKPH neumáticos Michelin.

V_{media} (Km/h)	Temperatura ambiente (°C)						
	20	22,5	25	27,5	30	35	38
1	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
2	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
3	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
4	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
5	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
6	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
7	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
8	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
9	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
10	0,690	0,721	0,755	0,792	0,833	0,930	1
11	0,708	0,739	0,771	0,807	0,845	0,936	1
12	0,727	0,756	0,787	0,821	0,857	0,941	1
13	0,742	0,769	0,799	0,832	0,866	0,945	1
14	0,757	0,783	0,812	0,842	0,875	0,949	1
15	0,768	0,794	0,821	0,851	0,882	0,952	1
16	0,780	0,805	0,831	0,859	0,889	0,955	1
17	0,790	0,814	0,839	0,866	0,895	0,958	1
18	0,800	0,823	0,847	0,873	0,900	0,960	1
19	0,808	0,830	0,853	0,879	0,905	0,963	1
20	0,816	0,838	0,86	0,884	0,909	0,964	1
21	0,824	0,844	0,866	0,889	0,913	0,966	1
22	0,830	0,850	0,871	0,893	0,917	0,967	1
23	0,836	0,855	0,876	0,897	0,920	0,969	1
24	0,842	0,861	0,881	0,901	0,923	0,970	1
25	0,847	0,865	0,885	0,905	0,926	0,971	1
26	0,852	0,870	0,889	0,908	0,929	0,972	1

FUENTE: Technical Data Earthmover Tyres Michelin (2016).

7.2 Anexos B: Detalles de TKPH de rutas.

7.2.1 Rutas de CAT 797F.

Tabla 45: Detalle de rutas de enero CAT 797F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	123	17,37	62,35	16,7	1849
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	753	11,8	67,24	10,5	1162
FASE 5	STOCK_PIRITA2	1	14,3	65,62	13,1	1450
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	69	9,74	61,96	9,4	1041
FASE 5	STOCK_SME	79	14,01	64,26	13,1	1450
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	10	12,28	72,12	10,2	1129
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	70	12,3	60,47	12,2	1351
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	1	13,78	65,63	12,6	1395
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	5635	12,58	42,87	17,6	1948
FASE 6	BOT_INTEGRACION	303	13,08	46,12	17	1882
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	80	8,1	38,5	12,6	1395
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	1829	15,33	47,19	19,5	2159
FASE 6	STOCK_SBL1	712	8,87	39,52	13,5	1494
FASE 6	STOCK_SPL_DIN	1	12,2	16,34	44,8	4959
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	3489	11,73	37,72	18,7	2070
FASE 7	BOT_INTEGRACION	1035	5,32	26,46	12,1	1339
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	68	10,18	39,25	15,6	1727
STOCK_PIRITA2	CHANCADO-SULFURO	15	4,24	30,23	8,4	930
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	37	1,37	21,87	3,8	421
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	111	3,69	24,84	8,9	985
STOCK_SME	STOCK_SPL_DIN	10	4,04	21,93	11	1218
STOCK_SME2	CHANCADO-SULFURO	277	4,35	28,58	9,1	1007
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	7	0,77	19,01	2,4	266
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	824	4,19	24,6	10,2	1129
STOCK_SPL	STOCK_SPL_DIN	3	2,27	27,42	5	554
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	26	1	21,65	2,8	310

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 46:Detalle de rutas de febrero CAT 797F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	279	18,55	71,15	15,6	1727
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	805	12,75	72,24	10,6	1173
FASE 5	STOCK_PIRITA2	34	15,77	78,38	12,1	1339
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	174	12,01	67,09	10,7	1184
FASE 5	STOCK_SME	19	13,5	72,39	11,2	1240
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	13	12,92	76,48	10,1	1118
FASE 5	STOCK_SPL	13	15,7	75,06	12,5	1384
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	29	13,76	69,31	11,9	1317
FASE 5	STOCK-FIERROS	3	15,34	71,79	12,8	1417
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	1	12,06	66	11	1218
FASE 6	BOT_CENTRAL	106	17,34	46,05	22,6	2502
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	5810	14	46,29	18,2	2015
FASE 6	BOT_FASE_6_INT	35	1,41	26,5	3,2	354
FASE 6	BOT_INTEGRACION	18	11,08	46,74	14,2	1572
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	24	10,88	43,87	14,9	1649
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	529	16,96	51,73	19,7	2181
FASE 6	BOT-ESTE	1	18,14	36,83	29,6	3277
FASE 6	STOCK_SBL1	1277	10,27	43,24	14,3	1583
FASE 6	STOCK_SME	40	10,98	46,43	14,2	1572
FASE 6	STOCK-FIERROS	1	8,62	40,79	12,7	1406
FASE 7	BOT_CENTRAL	38	6,82	32,24	12,7	1406
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	643	11,55	39,23	17,7	1959
FASE 7	BOT_FASE_7_INT	1	0,92	12,47	4,4	487
FASE 7	BOT_INTEGRACION	2803	6,01	27,07	13,3	1472
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	10	11,57	45,42	15,3	1694
FASE 7	BOT-ESTE	6	9,78	29,9	19,6	2170
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	55	1,64	19,77	5	554
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	497	3,49	23,39	9	996
STOCK_SME	STOCK_SPI2_DIN	1	4,64	48,51	5,7	631
STOCK_SME	STOCK_SPL_DIN	12	5,52	27,78	11,9	1317
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	2	0,77	35,53	1,3	144

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 47:Detalle de rutas de marzo CAT 797F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	266	16,48	60,17	16,4	1815
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	195	1,85	32,04	3,5	387
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	2213	10,25	69,61	8,8	974
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	440	10,69	66,46	9,7	1074
FASE 5	STOCK_SME	26	13,58	66,91	12,2	1351
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	2	8,15	66,33	7,4	819
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	256	11,33	67,02	10,1	1118
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	1	18,44	59,4	18,6	2059
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	3894	12,08	46,66	15,5	1716
FASE 6	BOT_FASE_6_INT	4	1,25	34,52	2,2	244
FASE 6	BOT_INTEGRACION	42	13,89	52,48	15,9	1760
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	1304	15,13	51,66	17,6	1948
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	43	8,41	53,75	9,4	1041
FASE 6	STOCK_SBL	3	8,99	66,35	8,1	897
FASE 6	STOCK_SBL1	1032	10,51	47,52	13,3	1472
FASE 6	STOCK_SME	3	7,85	38,03	12,4	1373
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	838	7,19	32,71	13,2	1461
FASE 7	BOT_INTEGRACION	1294	5,92	33,45	10,6	1173
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	1	6,38	21,02	18,2	2015
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	29	1,28	21,59	3,6	399
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	200	3,63	25,85	8,4	930
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	294	3,14	29,65	6,3	697
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	52	1,05	29,28	2,1	232

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 48:Detalle de rutas de abril CAT 797F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	178	11,54	64,56	10,7	1184
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	76	0,26	6,34	2,5	277
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	2413	9,99	69,53	8,6	952
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	552	10,28	64,53	9,6	1063
FASE 5	STOCK_SBL	7	11,79	71,46	9,9	1096
FASE 5	STOCK_SBL1	121	12,09	69,26	10,5	1162
FASE 5	STOCK_SME	236	11,82	69,28	10,2	1129
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	540	11,28	69,26	9,8	1085
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2663	8,17	46,67	10,5	1162
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	1	0,68	9,17	4,4	487
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	28	8,43	49,22	10,3	1140
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	1588	13,39	51,92	15,5	1716
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	159	7,18	47,53	9,1	1007
FASE 6	ROM	56	10,46	63,88	9,8	1085
FASE 6	STOCK_C-G6050	126	7,68	45,99	10	1107
FASE 6	STOCK_MIXTOS	15	10,46	48,17	13	1439
FASE 6	STOCK_SBL	139	9,14	52,97	10,4	1151
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	3	8,9	46,61	11,5	1273
FASE 6	STOCK_SBL1	773	8,83	44,45	11,9	1317
FASE 6	STOCK_SME	127	8,9	48,83	10,9	1207
FASE 6	STOCK_SME_S-G605	26	8,52	45,33	11,3	1251
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	1383	6,17	31,86	11,6	1284
FASE 7	BOT_INTEGRACION	75	5,4	23,36	13,9	1539
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	26	6,34	38,54	9,9	1096
FASE 7	BOT_RELAVE_ANDESITA	7	7,16	30,58	14,1	1561
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	66	0,77	20,42	2,3	255
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	387	2,99	25,8	7	775
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	18	2,75	40,35	4,1	454
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	82	0,66	17,96	2,2	244

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 49:Detalle de rutas de mayo CAT 797F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	283	0,78	11,34	4,1	454
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	3368	9,17	66,76	8,2	908
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	1501	9,84	62,42	9,5	1052
FASE 5	STOCK_SBL1	148	9,25	53,57	10,4	1151
FASE 5	STOCK_SME	123	10,21	64,68	9,5	1052
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	41	9,16	66,63	8,2	908
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	232	9,88	66,02	9	996
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	4469	9,9	47,67	12,5	1384
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	34	12,25	59,61	12,3	1362
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	14	9,91	41,58	14,3	1583
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	853	13,62	52,35	15,6	1727
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	90	5,58	48,35	6,9	764
FASE 6	ROM	80	8,36	53,51	9,4	1041
FASE 6	STOCK_SBL1	596	9,07	42,22	12,9	1428
FASE 6	STOCK_SME	53	7,87	50,68	9,3	1030
FASE 6	STOCK-MIXTOS	21	7,76	51,58	9	996
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	323	1,85	19,62	5,6	620
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	318	1,12	19,43	3,5	387
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	204	3,07	23,85	7,7	852
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	81	2,5	23,72	6,3	697
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	32	0,62	20,3	1,8	199

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 50: Detalle de rutas de junio CAT 797F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	2156	9,3	72,67	7,7	852
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	375	8,8	65,07	8,1	897
FASE 5	STOCK_SBL1	127	11,38	73,74	9,3	1030
FASE 5	STOCK_SME	2	8,24	71,8	6,9	764
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	545	8,06	68,57	7,1	786
FASE 5	STOCK_SPL	58	8,99	74,03	7,3	808
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	217	12,52	76,14	9,9	1096
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	2	7,92	60,81	7,8	863
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	10	11,49	70,53	9,8	1085
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	4229	8,77	49,48	10,6	1173
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	38	8,61	40,83	12,6	1395
FASE 6	BOT_FASE_8_INT	61	5,72	46,18	7,4	819
FASE 6	BOT_INTEGRACION	524	7,52	51,09	8,8	974
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	603	14,27	59,52	14,4	1594
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	105	6,55	47,19	8,3	919
FASE 6	RELLENO_STOCK_SAL	55	7,98	43,02	11,1	1229
FASE 6	ROM	214	12,12	54,67	13,3	1472
FASE 6	STOCK_SBL1	597	9,15	42,56	12,9	1428
FASE 6	STOCK-FIERROS_1	1	8,96	36,01	14,9	1649
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	1849	3,87	24,12	9,6	1063
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	41	3,62	20,98	10,4	1151
FASE 8	BOT_FASE_8_INT	8	0,65	20,01	1,9	210
FASE 8	BOT_PLATAFORMA	17	1,04	26,37	2,4	266
FASE 8	BOT_RELAVE_ANDESITA	1	8,86	37,46	14,2	1572
FASE 8	RELLENO_STOCK_SAL	121	1,41	15,7	5,4	598
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	276	1	20,67	2,9	321
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	219	4,18	26,28	9,5	1052
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	46	1,69	29,92	3,4	376
STOCK_SME_DIN	STOCK-FIERROS_1	12	3,66	26,8	8,2	908
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	60	0,79	19,01	2,5	277
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	125	4,69	34,71	8,1	897

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 51: Detalle de rutas de julio CAT 797F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	35	0,67	14,17	2,8	310
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	3145	9,37	69,23	8,1	897
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	392	9,84	68,98	8,6	952
FASE 5	STOCK_SME	2	11,13	75,09	8,9	985
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	526	9,82	66,93	8,8	974
FASE 5	STOCK_SPL	89	12,01	65,15	11,1	1229
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	157	11,11	70,23	9,5	1052
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	4	11,11	67,09	9,9	1096
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	3475	10,13	49,56	12,3	1362
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	40	10,17	54,81	11,1	1229
FASE 6	BOT_FASE_7_INT	15	5,94	34,45	10,4	1151
FASE 6	BOT_FASE_8_INT	1	8,94	46,27	11,6	1284
FASE 6	BOT_INTEGRACION	383	10,93	47,05	13,9	1539
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	160	14,08	63,02	13,4	1483
FASE 6	BOT-ESTE	18	9,27	50,42	11	1218
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	603	7,51	49,3	9,1	1007
FASE 6	ROM	4	13,76	98,42	8,4	930
FASE 6	STOCK_SBL1	1067	8,31	44,54	11,2	1240
FASE 6	STOCK_SME	123	7,97	42,4	11,3	1251
FASE 6	STOCK-FIERROS_1	5	9,28	55,97	10	1107
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	1648	4,41	23,85	11,1	1229
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	7	3,99	31,47	7,6	841
FASE 8	BOT-ESTE	132	4,25	23,06	11,1	1229
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	56	1,17	18,88	3,7	410
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	6	2,88	37,14	4,6	509
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	9	3,16	28,78	6,6	731
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	68	0,8	16,68	2,9	321
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	31	4,59	29,89	9,2	1018

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 52: Detalle de rutas de agosto CAT 797F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	2	2,99	44,27	4	443
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	2757	10,23	70,96	8,6	952
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	694	10,56	67,2	9,4	1041
FASE 5	STOCK_SME	1	10,68	68,56	9,3	1030
FASE 5	STOCK_SME_DIN	176	10,13	72,92	8,3	919
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	282	10,96	65,25	10,1	1118
FASE 5	STOCK_SPL	97	12,39	68,25	10,9	1207
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	1	16,56	65,79	15,1	1672
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1317	10,49	50,2	12,5	1384
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	24	11,41	56,84	12	1328
FASE 6	BOT_INTEGRACION	4158	10,99	47,11	14	1550
FASE 6	BOT-ESTE	5	10,37	53,76	11,6	1284
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	131	7,05	47,78	8,9	985
FASE 6	STOCK_C-G6050	56	10,34	45,42	13,7	1517
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	51	9,53	50,09	11,4	1262
FASE 6	STOCK_SBL1	633	8,62	42,17	12,3	1362
FASE 6	STOCK_SME	128	7,47	45,28	9,9	1096
FASE 6	STOCK_SME_DIN	67	8,2	40,25	12,2	1351
FASE 6	STOCK-FIERROS_1	7	11,01	63,57	10,4	1151
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	2390	4,27	22,64	11,3	1251
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	37	6,51	26,35	14,8	1638
FASE 8	BOT_INTEGRACION	13	8,68	30,28	17,2	1904
FASE 8	BOT-ESTE	297	3,61	24,34	8,9	985
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	154	0,97	17,78	3,3	365
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	197	3,88	27,21	8,6	952
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	106	0,8	17,76	2,7	299
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	68	2,93	30,66	5,7	631

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 53: Detalle de rutas de septiembre CAT 797F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	2039	10,18	73,42	8,3	919
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	336	9,86	67,37	8,8	974
FASE 5	STOCK_SME	97	11,2	75,84	8,9	985
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	1	5,8	63,73	5,5	609
FASE 5	STOCK_SPL	389	12,02	72,25	10	1107
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	5	14,72	83,07	10,6	1173
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	2	11,66	84,98	8,2	908
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1610	9,44	48,66	11,6	1284
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	30	9,7	50,34	11,6	1284
FASE 6	BOT_INTEGRACION	2621	9,38	47,27	11,9	1317
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	1380	13,33	54,92	14,6	1616
FASE 6	BOT-ESTE	3	5,89	51,07	6,9	764
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	434	6,69	51,79	7,7	852
FASE 6	STOCK_SBL1	461	8,12	46,81	10,4	1151
FASE 6	STOCK_SME	275	6,46	46,99	8,2	908
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	2979	4,26	20,41	12,5	1384
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	35	3,49	23,37	9	996
FASE 8	BOT_INTEGRACION	3	5,94	23,48	15,2	1683
FASE 8	BOT-ESTE	70	5,01	24,39	12,3	1362
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	46	1,12	23,8	2,8	310
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	132	3,37	24,59	8,2	908
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	213	2,77	24,03	6,9	764
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	8	0,97	22,22	2,6	288
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	77	3,33	28,16	7,1	786
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	9	6,16	34,74	10,6	1173

FUENTE: Elaboración propia.

7.2.2 Detalles de rutas de CAT 797B.

Tabla 54: Detalle de rutas de enero CAT 797B.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	22	16,75	70,54	14,2	1534
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	140	11,96	71,56	10	1080
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	9	9	75,59	7,1	767
FASE 5	STOCK_SME	18	13,6	66,93	12,2	1318
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	5	11,8	76,54	9,2	994
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	15	12,79	49,85	15,4	1663
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2300	12,63	43,77	17,3	1868
FASE 6	BOT_INTEGRACION	95	13,19	46,46	17	1836
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	37	8,2	41,85	11,8	1274
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	708	15,58	48,35	19,3	2084
FASE 6	STOCK_SBL1	319	9,06	39,94	13,6	1469
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	1363	11,74	38,08	18,5	1998
FASE 7	BOT_INTEGRACION	505	5,26	27,19	11,6	1253
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	40	9,39	35,68	15,8	1706
STOCK_PIRITA2	CHANCADO-SULFURO	4	4,25	37,97	6,7	724
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	37	3,68	26,09	8,5	918
STOCK_SME	STOCK_SPL_DIN	4	4,77	30,63	9,3	1004
STOCK_SME2	CHANCADO-SULFURO	114	4,35	30,5	8,6	929
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	689	4,31	24,8	10,4	1123
STOCK_SPL	STOCK_SME	1	1,36	21,45	3,8	410
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	7	0,9	24	2,3	248

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 55: Detalle de rutas de febrero CAT 797B.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	13	20,22	86,8	14	1512
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	62	12,52	76,46	9,8	1058
FASE 5	STOCK_PIRITA2	1	15,3	90,07	10,2	1102
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	18	12,02	64,01	11,3	1220
FASE 5	STOCK_SME	1	15,38	62,88	14,7	1588
FASE 5	STOCK_SPL	1	18,04	67,19	16,1	1739
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	2	13,6	80,31	10,2	1102
FASE 6	BOT_CENTRAL	42	16,67	44,83	22,3	2408
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2629	14,03	46,59	18,1	1955
FASE 6	BOT_FASE_6_INT	5	1,65	32,2	3,1	335
FASE 6	BOT_INTEGRACION	4	9,15	45,9	12	1296
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	12	10,82	43,51	14,9	1609
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	238	16,99	52,05	19,6	2117
FASE 6	BOT-ESTE	2	10,27	49,31	12,5	1350
FASE 6	STOCK_SBL1	498	10,3	44,09	14	1512
FASE 6	STOCK_SME	19	10,89	43,64	15	1620
FASE 7	BOT_CENTRAL	238	16,99	52,05	19,6	2117
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	2	10,27	49,31	12,5	1350
FASE 7	BOT_INTEGRACION	2006	5,8	26,3	13,2	1426
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	7	11,48	47,06	14,6	1577
FASE 7	BOT-ESTE	18	9,68	36,9	15,7	1696
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	94	1,68	19,32	5,2	562
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	495	3,28	23,53	8,4	907
STOCK_SME	STOCK_SPL_DIN	2	4,54	22,55	12,1	1307
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	24	0,77	20,37	2,3	248
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	495	3,28	23,53	8,4	907
STOCK_SPL	STOCK_SME	3	1,61	17,31	5,6	605
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	24	0,77	20,37	2,3	248

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 56: Detalle de rutas de marzo CAT 797B.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	59	15,64	64,18	14,6	1577
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	22	2,05	31,34	3,9	421
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	452	9,23	71,35	7,8	842
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	62	11,15	71,66	9,3	1004
FASE 5	STOCK_SME	8	14,45	64,35	13,5	1458
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	28	11,44	68,69	10	1080
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1796	11,38	46,06	14,8	1598
FASE 6	BOT_FASE_6_INT	8	1,05	21,98	2,9	313
FASE 6	BOT_INTEGRACION	16	13,66	50,48	16,2	1750
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	541	14,98	51,96	17,3	1868
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	18	8,26	50,5	9,8	1058
FASE 6	STOCK_SBL	3	11,38	37,71	18,1	1955
FASE 6	STOCK_SBL1	539	10,18	46,35	13,2	1426
FASE 6	STOCK_SME	4	8,5	39,46	12,9	1393
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	767	7,01	31,97	13,1	1415
FASE 7	BOT_INTEGRACION	799	5,82	34,11	10,2	1102
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	4	8,49	32,56	15,6	1685
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	15	0,82	39,2	1,3	140
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	206	3,28	26,89	7,3	788
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	285	3,21	28,73	6,7	724
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	41	0,96	33,96	1,7	184

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 57: Detalle de rutas de abril CAT 797B.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	56	12,15	66,94	10,9	1177
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	546	9,29	68,21	8,2	886
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	111	9,37	65,65	8,6	929
FASE 5	STOCK_SBL1	36	11,34	70,72	9,6	1037
FASE 5	STOCK_SME	47	11,94	66,86	10,7	1156
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	85	10,05	66,18	9,1	983
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1569	8,43	46,23	10,9	1177
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	17	8,85	42,91	12,4	1339
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	1087	13,19	51,69	15,3	1652
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	73	6,74	48,64	8,3	896
FASE 6	ROM	41	5,6	50,04	6,7	724
FASE 6	STOCK_C-G6050	63	8,43	48,22	10,5	1134
FASE 6	STOCK_MIXTOS	6	9,9	42,24	14,1	1523
FASE 6	STOCK_SBL	60	9,38	47,85	11,8	1274
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	3	11,99	46,6	15,4	1663
FASE 6	STOCK_SBL1	430	8,9	47,27	11,3	1220
FASE 6	STOCK_SME	61	8,17	46,2	10,6	1145
FASE 6	STOCK_SME_S-G605	20	8,61	50,03	10,3	1112
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	768	6,29	32,3	11,7	1264
FASE 7	BOT_INTEGRACION	137	3,76	27,16	8,3	896
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	18	7,02	37,62	11,2	1210
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	5	0,64	34,06	1,1	119
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	184	2,99	25,68	7	756
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	5	3,2	37,59	5,1	551
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	15	0,61	28,14	1,3	140

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 58: Detalle de rutas de mayo CAT 797B.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	16	1,7	13,37	7,6	821
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	393	8,83	67,38	7,9	853
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	147	9,56	64,33	8,9	961
FASE 5	STOCK_SBL1	10	10,7	61,88	10,4	1123
FASE 5	STOCK_SME	8	11,25	76,05	8,9	961
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	2	9,52	64,13	8,9	961
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	23	9,51	70,32	8,1	875
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	3355	9,73	47,49	12,3	1328
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	23	10,91	55,77	11,7	1264
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	24	9,1	44,54	12,3	1328
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	740	13,49	51,88	15,6	1685
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	25	4,65	45,74	6,1	659
FASE 6	ROM	74	7,3	52,23	8,4	907
FASE 6	STOCK_SBL1	326	8,99	42,94	12,6	1361
FASE 6	STOCK_SME	23	7,43	54,33	8,2	886
FASE 6	STOCK-MIXTOS	19	8,61	49,96	10,3	1112
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	80	5,08	23,82	12,8	1382
FASE 8	BOT-ESTE	1	4,8	25,88	11,1	1199
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	253	1,72	17,86	5,8	626
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	217	3,06	23,18	7,9	853
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	73	3,06	27,24	6,7	724
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	22	0,59	19,89	1,8	194

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 59: Detalle de rutas de junio CAT 797B.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	638	8,03	71,89	6,7	724
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	36	10,27	71,24	8,6	929
FASE 5	STOCK_SBL1	45	11,9	69,01	10,3	1112
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	161	7,5	69,64	6,5	702
FASE 5	STOCK_SPL	6	6,33	72,03	5,3	572
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	60	9,18	80,72	6,8	734
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	3	10,03	96,8	6,2	670
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2156	9,17	49,55	11,1	1199
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	15	7,58	51,39	8,9	961
FASE 6	BOT_FASE_8_INT	37	6,46	51,23	7,6	821
FASE 6	BOT_INTEGRACION	292	7,88	52,59	9	972
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	271	14,04	59,22	14,2	1534
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	36	5,88	45,44	7,8	842
FASE 6	RELLENO_STOCK_SAL	39	7,35	47,55	9,3	1004
FASE 6	ROM	97	13,47	55,9	14,5	1566
FASE 6	STOCK_SBL1	298	8,79	43,1	12,2	1318
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	1036	3,62	23,02	9,4	1015
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	18	4,36	24,61	10,6	1145
FASE 8	BOT_FASE_8_INT	29	1,22	15,43	4,8	518
FASE 8	BOT_PLATAFORMA	10	0,88	27,92	1,9	205
FASE 8	RELLENO_STOCK_SAL	22	1,89	17,76	6,4	691
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	105	0,76	21,25	2,1	227
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	196	3,98	24,63	9,7	1048
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	6	0,71	31,06	1,4	151
STOCK_SME_DIN	STOCK-FIERROS_1	2	4,9	35,75	8,2	886
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	23	1,32	24,94	3,2	346
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	29	4,34	41,92	6,2	670

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 60: Detalle de rutas de julio CAT 797B.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	782	8,57	69,69	7,4	799
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	78	8,78	67,96	7,7	832
FASE 5	STOCK_SME	1	4,06	60,51	4	432
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	182	8,62	70,9	7,3	788
FASE 5	STOCK_SPL	15	11,35	71,71	9,5	1026
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	38	9,88	73,23	8,1	875
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	2	15,6	69,64	13,4	1447
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2376	9,94	47,79	12,5	1350
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	14	11,09	65,78	10,1	1091
FASE 6	BOT_FASE_7_INT	6	7,52	35,81	12,6	1361
FASE 6	BOT_INTEGRACION	249	11	46,94	14,1	1523
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	64	14,58	59,79	14,6	1577
FASE 6	BOT-ESTE	16	8,47	48,82	10,4	1123
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	299	7,51	51,55	8,7	940
FASE 6	ROM	2	13,64	80,47	10,2	1102
FASE 6	STOCK_SBL1	607	8,28	44,79	11,1	1199
FASE 6	STOCK_SME	29	8,21	42,26	11,7	1264
FASE 6	STOCK-FIERROS_1	4	8,69	54,37	9,6	1037
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	943	4,37	23,92	11	1188
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	16	3,59	27,56	7,8	842
FASE 8	BOT_INTEGRACION	1	12,54	45,09	16,7	1804
FASE 8	BOT-ESTE	107	4,82	23,48	12,3	1328
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	26	1,09	17,73	3,7	400
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	3	1,84	38,24	2,9	313
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	73	1,2	16,48	4,4	475
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	31	4,5	34,9	7,7	832

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 61: Detalle de rutas de agosto CAT 797B.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	625	9,33	70,9	7,9	853
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	144	8,76	68,82	7,6	821
FASE 5	STOCK_SME_DIN	12	11,98	77,29	9,3	1004
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	48	10,45	78,84	8	864
FASE 5	STOCK_SPL	18	12,85	69,77	11,1	1199
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	819	9,66	46,71	12,4	1339
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	12	9,12	54,9	10	1080
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	2	7,04	52,38	8,1	875
FASE 6	BOT_INTEGRACION	2183	10,47	47,76	13,2	1426
FASE 6	BOT-ESTE	2	3,46	92,24	2,3	248
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	111	6,87	47,65	8,6	929
FASE 6	STOCK_C-G6050	17	10,24	42,94	14,3	1544
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	35	9,08	54,42	10	1080
FASE 6	STOCK_SBL1	392	8,18	46,01	10,7	1156
FASE 6	STOCK_SME	57	6,23	46,15	8,1	875
FASE 6	STOCK_SME_DIN	31	7,95	40,54	11,8	1274
FASE 6	STOCK-FIERROS_1	3	11,7	69,14	10,2	1102
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	1555	3,8	22,77	10	1080
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	20	5,83	26,23	13,3	1436
FASE 8	BOT_FASE_8_INT	1	4,38	22,99	11,4	1231
FASE 8	BOT_INTEGRACION	2	10,7	34,39	18,7	2020
FASE 8	BOT-ESTE	114	3,24	26,98	7,2	778
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	39	1	17,47	3,4	367
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	116	4,16	25,7	9,7	1048
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	4	1,38	24,11	3,4	367
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	43	0,78	15,39	3,1	335
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	22	3,1	27,38	6,8	734

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 62: Detalle de rutas de septiembre CAT 797B.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	652	8,98	71,99	7,5	810
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	98	8,89	68,96	7,7	832
FASE 5	STOCK_SME	34	9,99	78,96	7,6	821
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	1	14,24	70,19	12,2	1318
FASE 5	STOCK_SPL	84	10,78	75,5	8,6	929
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	1	14,18	65,15	13,1	1415
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	719	9,09	49,79	11	1188
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	12	9,95	54,46	11	1188
FASE 6	BOT_INTEGRACION	1170	8,82	47,66	11,1	1199
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	566	12,79	55,05	13,9	1501
FASE 6	BOT-ESTE	2	10,94	50,26	13,1	1415
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	187	6,81	52,08	7,8	842
FASE 6	STOCK_SBL1	214	8,1	48,32	10,1	1091
FASE 6	STOCK_SME	95	6,7	49,37	8,1	875
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	2397	4,24	21,02	12,1	1307
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	37	3,68	23,66	9,3	1004
FASE 8	BOT-ESTE	62	5,11	23,39	13,1	1415
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	49	1,05	17,9	3,5	378
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	101	3,45	24,32	8,5	918
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	175	2,79	24,87	6,7	724
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	4	1,37	21,52	3,8	410
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	43	3,58	28,65	7,5	810
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	1	5,06	40,85	7,4	799

FUENTE: Elaboración propia.

7.2.3 Detalles de rutas de KOM 930E.

Tabla 63: Detalle de rutas de enero KOM 930E.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	80	16,88	58,68	17,3	1197
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	933	12,9	60,62	12,8	886
FASE 5	STOCK_PIRITA2	1	14,3	67,9	12,6	872
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	22	10,93	59,57	11	761
FASE 5	STOCK_SME	110	14,24	56,61	15,1	1045
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	18	11,94	54,7	13,1	907
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	108	12,34	54,65	13,6	941
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	6	15,4	40,96	22,6	1564
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2008	12,53	41,01	18,3	1266
FASE 6	BOT_INTEGRACION	45	13,18	41,58	19	1315
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	43	8,36	36,48	13,7	948
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	874	15,42	44,87	20,6	1426
FASE 6	STOCK_SBL1	406	9,37	38,36	14,7	1017
FASE 6	STOCK-FIERROS_1	1	8,76	27,89	18,8	1301
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	1312	11,78	35,23	20,1	1391
FASE 7	BOT_INTEGRACION	367	5,14	25,64	12	830
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	22	10,77	36,52	17,7	1225
FASE 7	BOT_RELAVE_ANDESITA	2	16,39	42,19	23,3	1612
STOCK_PIRITA2	CHANCADO-SULFURO	82	4,36	38,99	6,7	464
STOCK_PIRITA2	STOCK-FIERROS_1	1	12,9	21,66	35,7	2470
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	14	1,31	19,69	4	277
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	120	3,66	22,63	9,7	671
STOCK_SME	STOCK_SPL_DIN	3	4,08	18,22	13,4	927
STOCK_SME2	CHANCADO-SULFURO	365	3,98	27,25	8,8	609
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	1255	4,4	25,65	10,3	713
STOCK_SPL	STOCK_SPL_DIN	5	4	29,56	8,1	561
STOCK_SPL	STOCK-FIERROS_1	2	10,76	29,61	21,8	1509
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	30	1,08	20,79	3,1	215

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 64: Detalle de rutas de febrero KOM 930E.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	114	18,37	64,16	17,2	1190
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	1153	12,84	65,43	11,8	817
FASE 5	STOCK_PIRITA2	35	15,51	67,75	13,7	948
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	311	12,07	59,59	12,1	837
FASE 5	STOCK_SME	30	14,75	64,77	13,7	948
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	28	12,98	59,88	13	900
FASE 5	STOCK_SPL	25	14,74	63,84	13,9	962
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	26	13,07	64,53	12,2	844
FASE 5	STOCK-FIERROS	2	8,27	51,01	9,7	671
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	29	20,77	60,81	20,5	1419
FASE 6	BOT_CENTRAL	44	17,26	41,81	24,8	1716
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2290	13,97	42,45	19,8	1370
FASE 6	BOT_FASE_6_INT	1	2,34	26,78	5,2	360
FASE 6	BOT_INTEGRACION	8	11,29	49,35	13,7	948
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	17	11,02	43,56	15,2	1052
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	143	16,79	46,74	21,6	1495
FASE 6	BOT-ESTE	1	18,14	33,84	32,2	2228
FASE 6	STOCK_SBL1	622	10,32	39,84	15,5	1073
FASE 6	STOCK_SME	30	11,9	39,78	18	1246
FASE 7	BOT_CENTRAL	24	7,26	31,66	13,8	955
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	265	10,97	36,61	18	1246
FASE 7	BOT_INTEGRACION	865	6,04	25,14	14,4	996
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	5	11,2	42,37	15,9	1100
FASE 7	BOT_RELAVE_ANDESITA	1	3,06	40,46	4,5	311
FASE 7	BOT-ESTE	5	11,06	31,63	21	1453
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	60	1,39	15,67	5,3	367
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	1314	3,68	23,78	9,3	644
STOCK_SME	STOCK_SAL_DIN	2	5,17	14,52	21,4	1481
STOCK_SME	STOCK_SPI2_DIN	92	4,7	19,53	14,4	996
STOCK_SME	STOCK_SPL_DIN	227	4,62	20,71	13,4	927

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 65: Detalle de rutas de marzo KOM 930E.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	137	17,5	60,13	17,5	1211
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	25	2,26	36,54	3,7	256
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	1390	10,75	64,53	10	692
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	252	11,03	63,69	10,4	720
FASE 5	STOCK_SME	42	13,73	56,76	14,5	1003
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	2	12,15	50,49	14,4	996
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	149	11,88	62,95	11,3	782
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	3	15,01	64,46	14	969
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2249	11,12	43,45	15,4	1066
FASE 6	BOT_INTEGRACION	10	14,6	44,59	19,6	1356
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	2	8,48	39,02	13	900
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	906	12,09	48,91	14,8	1024
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	21	9,01	47,83	11,3	782
FASE 6	STOCK_SBL	6	8,31	39,08	12,8	886
FASE 6	STOCK_SBL1	718	9,97	44,72	13,4	927
FASE 6	STOCK_SME	3	7,99	37,45	12,8	886
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	402	7,84	30,79	15,3	1059
FASE 7	BOT_FASE_7_INT	3	2,3	14,33	9,6	664
FASE 7	BOT_INTEGRACION	506	6,27	25,69	14,7	1017
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	28	0,87	40,3	1,3	90
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	161	3,42	25,3	8,1	561
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	460	3,23	26,21	7,4	512
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	28	1,18	42,7	1,7	118

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 66: Detalle de rutas de abril KOM 930E.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	94	12,15	60,98	12	830
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	603	10,18	65,01	9,4	650
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	169	10,88	62,28	10,5	727
FASE 5	STOCK_SBL1	44	13,04	57,13	13,7	948
FASE 5	STOCK_SME	75	12,88	64,58	12	830
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	152	10,82	63,42	10,2	706
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2022	9,27	43,07	12,9	893
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	25	9,03	38,77	14	969
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	2202	14,01	48,79	17,2	1190
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	61	7,33	47,77	9,2	637
FASE 6	ROM	45	7,63	54,31	8,4	581
FASE 6	STOCK_C-G6050	68	8,56	45,55	11,3	782
FASE 6	STOCK_MIXTOS	13	9,5	41,6	13,7	948
FASE 6	STOCK_SBL	73	9,11	46,27	11,8	817
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	2	13,49	39,04	20,7	1432
FASE 6	STOCK_SBL1	595	8,96	43,14	12,5	865
FASE 6	STOCK_SME	86	9,33	47,32	11,8	817
FASE 6	STOCK_SME_S-G605	17	10,56	46,71	13,6	941
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	568	6,33	29,73	12,8	886
FASE 7	BOT_INTEGRACION	34	5,79	34,41	10,1	699
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	2	5,42	23,58	13,8	955
FASE 7	BOT_RELAVE_ANDESITA	19	14,68	42,54	20,7	1432
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	102	0,73	19,29	2,3	159
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	188	3,14	28,15	6,7	464
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	38	2,98	30,82	5,8	401
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	67	0,83	25,52	2	138

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 67: Detalle de rutas de mayo KOM 930E.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	510	10,68	63,5	10,1	699
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	190	10,43	58	10,8	747
FASE 5	STOCK_SBL1	37	13,03	61,64	12,7	879
FASE 5	STOCK_SME	30	10,23	60,46	10,1	699
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	2	6,58	71,8	5,5	381
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	32	10,32	62,56	9,9	685
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	4982	9,99	44,33	13,5	934
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	13	9,63	62,32	9,3	644
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	25	9,52	41,33	13,8	955
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	1211	14,01	48,03	17,5	1211
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	48	6,35	46,57	8,2	567
FASE 6	ROM	110	7,91	48,91	9,7	671
FASE 6	STOCK_SBL1	466	9,63	41,18	14	969
FASE 6	STOCK_SME	43	8,31	46,61	10,7	740
FASE 6	STOCK-MIXTOS	54	9,47	46,9	12,1	837
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	207	5,8	23,47	14,8	1024
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	335	1,32	18,43	4,3	298
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	282	3,23	23,25	8,3	574
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	70	3,04	25,52	7,2	498
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	41	0,51	15,65	1,9	131

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 68: Detalle de rutas de junio KOM 930E.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	313	9,86	68,99	8,6	595
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	40	11,88	64,42	11,1	768
FASE 5	STOCK_SBL1	30	14,88	69,43	12,9	893
FASE 5	STOCK_SME	1	15,86	73,21	13	900
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	50	8,7	66,19	7,9	547
FASE 5	STOCK_SPL	7	13,14	69,71	11,3	782
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	26	13,15	68,23	11,6	803
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	3	5,81	65,76	5,3	367
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	3456	9,07	47,32	11,5	796
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	29	9,09	43,73	12,5	865
FASE 6	BOT_FASE_8_INT	34	6,03	45,93	7,9	547
FASE 6	BOT_INTEGRACION	385	6,63	46,62	8,5	588
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	326	14,44	56,15	15,4	1066
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	52	5,5	46,99	7	484
FASE 6	RELLENO_STOCK_SAL	65	6,62	42,72	9,3	644
FASE 6	ROM	144	12,43	49,04	15,2	1052
FASE 6	STOCK_SBL1	454	8,67	41,51	12,5	865
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	1208	4,29	22,39	11,5	796
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	51	4,47	21,18	12,7	879
FASE 8	BOT_FASE_8_INT	36	2,3	13,88	9,9	685
FASE 8	BOT_PLATAFORMA	13	0,98	18,25	3,2	221
FASE 8	RELLENO_STOCK_SAL	39	2,02	15,99	7,6	526
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	273	1,2	19,68	3,7	256
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	264	4,26	24,87	10,3	713
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	9	0,93	25,95	2,2	152
STOCK_SME_DIN	STOCK-FIERROS_1	9	4,27	29,05	8,8	609
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	37	0,66	17,37	2,3	159
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	49	5,27	35,04	9	623
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	2	0,78	20,03	2,3	159

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 69: Detalle de rutas de julio KOM 930E.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	397	10,34	65,62	9,5	657
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	31	9,3	64,99	8,6	595
FASE 5	STOCK_SME	1	13,42	66,09	12,2	844
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	88	9,98	64,19	9,3	644
FASE 5	STOCK_SPL	7	14,75	69,96	12,7	879
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	20	13,76	66,38	12,4	858
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	3584	10,58	44,48	14,3	990
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	35	6,99	43,01	9,7	671
FASE 6	BOT_FASE_7_INT	17	6,66	39,27	10,2	706
FASE 6	BOT_INTEGRACION	524	11,36	42,66	16	1107
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	72	15,75	71,65	13,2	913
FASE 6	BOT-ESTE	5	13,42	47,14	17,1	1183
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	403	7,72	48,23	9,6	664
FASE 6	ROM	4	14,71	93,67	9,4	650
FASE 6	STOCK_SBL1	1001	8,57	41,37	12,4	858
FASE 6	STOCK_SME	100	8,43	40,25	12,6	872
FASE 6	STOCK-FIERROS_1	3	9,28	52,49	10,6	734
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	1325	5,21	22,88	13,7	948
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	1	8,3	27,3	18,2	1259
FASE 8	BOT-ESTE	447	5,25	20,59	15,3	1059
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	20	1,55	16,23	5,7	394
STOCK_SAL_DIN	STOCK_SPI2_DIN	1	0,48	11,53	2,5	173
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	21	4,41	24,42	10,8	747
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	125	3,55	29,74	7,2	498
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	53	1,16	17,22	4	277
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	52	5,18	32,56	9,5	657

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 70: Detalle de rutas de agosto KOM 930E.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	425	11,42	66,25	10,3	713
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	137	12,14	63,49	11,5	796
FASE 5	STOCK_SME_DIN	22	11,51	72,77	9,5	657
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	76	12,7	63,09	12,1	837
FASE 5	STOCK_SPL	24	13,17	66,06	12	830
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	1	19,26	75,16	15,4	1066
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1460	10,74	43,57	14,8	1024
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	22	11,87	54,83	13	900
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	2	7,07	48,93	8,7	602
FASE 6	BOT_INTEGRACION	2873	11,53	44,86	15,4	1066
FASE 6	BOT-ESTE	3	10,27	41,2	15	1038
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	142	7,45	47,71	9,4	650
FASE 6	STOCK_C-G6050	17	10,39	45,75	13,6	941
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	30	10,8	51,68	12,5	865
FASE 6	STOCK_SBL1	526	8,95	42,84	12,5	865
FASE 6	STOCK_SME	99	6,09	43,26	8,4	581
FASE 6	STOCK_SME_DIN	46	8,25	37,16	13,3	920
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	2434	3,66	20,29	10,8	747
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	22	5,27	18,33	17,2	1190
FASE 8	BOT_INTEGRACION	34	9,89	28,94	20,5	1419
FASE 8	BOT-ESTE	1036	4,17	21,77	11,5	796
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	346	1,04	16,57	3,8	263
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	128	4,2	23,78	10,6	734
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	2	1,38	22,19	3,7	256
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	8	1,31	19,12	4,1	284
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	74	3,93	26,81	8,8	609

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 71: Detalle de rutas de septiembre KOM 930E.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	590	11,2	68,69	9,8	678
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	110	9,95	66,44	9	623
FASE 5	STOCK_SME	45	11,31	70,83	9,6	664
FASE 5	STOCK_SPL	107	12,71	66,91	11,4	789
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	2	14,94	77,64	11,5	796
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	1	14,78	58,02	15,3	1059
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1220	9,25	47,04	11,8	817
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	17	10,1	54,24	11,2	775
FASE 6	BOT_INTEGRACION	1535	9,42	44,86	12,6	872
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	982	13,23	51,83	15,3	1059
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	196	7,06	49,65	8,5	588
FASE 6	STOCK_SBL1	297	8,42	43,44	11,6	803
FASE 6	STOCK_SME	142	6,38	46,07	8,3	574
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	3086	4,15	19,01	13,1	907
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	6	4,74	27,82	10,2	706
FASE 8	BOT_INTEGRACION	1	3,58	42,59	5	346
FASE 8	BOT-ESTE	102	5,24	20,86	15,1	1045
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	46	1,23	19,06	3,9	270
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	214	4,15	23,12	10,8	747
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	178	3,07	25,07	7,4	512
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	5	1,12	19,99	3,4	235
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	79	3,17	26,86	7,1	491
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	4	4,36	31,28	8,4	581

FUENTE: Elaboración propia.

7.2.4 Detalles de rutas de CAT 793F.

Tabla 72: Detalle de rutas de enero CAT 793F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	56	17,78	30,53	35	1873
FASE 5	BOT_INTEGRACION	26	15,25	34,01	26,9	1439
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	140	12,75	59,58	12,8	685
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	5	10,78	58,17	11,1	594
FASE 5	STOCK_SBL1	3	9,11	58,24	9,4	503
FASE 5	STOCK_SME	17	14,51	50,61	17,2	920
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	1	11,8	49,8	14,2	760
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	14	13,76	41,2	20	1070
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	1	14,9	52,88	16,9	904
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	869	12,26	40,84	18	963
FASE 6	BOT_INTEGRACION	14	11,26	42,09	16	856
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	13	7,28	38,87	11,2	599
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	160	14,92	47,56	18,8	1006
FASE 6	STOCK_SBL1	74	9,5	44,74	12,7	679
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	576	11,24	36,61	18,4	984
FASE 7	BOT_INTEGRACION	441	4,92	23,52	12,5	669
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	5	10,4	38,03	16,4	877
STOCK_PIRITA2	CHANCADO-SULFURO	77	4,3	28,94	8,9	476
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	402	1,35	18,47	4,4	235
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	388	3,6	24,65	8,8	471
STOCK_SME	STOCK_SPL_DIN	122	4,12	20,4	12,1	647
STOCK_SME2	CHANCADO-SULFURO	510	4,03	27,59	8,8	471
STOCK_SME2	STOCK-FIERROS_1	1	5,86	34,78	10,1	540
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	76	0,79	18,64	2,6	139
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	1802	4,44	24,18	11	589
STOCK_SPL	STOCK_SPL_DIN	5	6,05	33,05	11	589
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	325	0,93	19,95	2,8	150

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 73: Detalle de rutas de febrero CAT 793F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	1	18,86	59,51	19	1017
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	35	12,55	79,56	9,5	508
FASE 5	STOCK_PIRITA2	2	15,31	108,3	8,5	455
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	23	11,17	67,16	10	535
FASE 5	STOCK_SME	1	13,02	67,92	11,5	615
FASE 5	STOCK_SPL	1	18,04	67,47	16	856
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	4	16,75	77,49	13	696
FASE 6	BOT_CENTRAL	6	19,4	53,57	21,7	1161
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	420	13,05	44,58	17,6	942
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	6	12,11	36,34	20	1070
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	9	16,15	42,66	22,7	1214
FASE 6	STOCK_SBL1	48	10,88	40,13	16,3	872
FASE 6	STOCK_SME	2	10,89	44,59	14,7	786
FASE 7	BOT_CENTRAL	33	7,02	29,03	14,5	776
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	237	11,09	36,65	18,2	974
FASE 7	BOT_INTEGRACION	978	5,53	24,94	13,3	712
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	2	10,95	38,61	17	910
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	236	1,54	18,69	4,9	262
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	2522	3,45	21,21	9,8	524
STOCK_SME	STOCK_SAL_DIN	1	5,7	37,17	9,2	492
STOCK_SME	STOCK_SPI2_DIN	17	4,61	24,03	11,5	615
STOCK_SME	STOCK_SPL_DIN	213	4,46	19,96	13,4	717
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	5	0,93	13,83	4	214
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	38	4,28	28,23	9,1	487
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	7	0,9	28,83	1,9	102
STOCK_FIERROS	STOCK-FIERROS_1	73	3,14	15,72	12	642

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 74: Detalle de rutas de marzo CAT 793F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	12	15,79	70,1	13,5	722
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	36	3,47	28,46	7,3	391
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	176	10,18	67,42	9,1	487
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	43	9,79	64,8	9,1	487
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	5	6,9	49,73	8,3	444
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	645	8,75	43,75	12	642
FASE 6	BOT_FASE_6_INT	6	1,67	19,72	5,1	273
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	252	10,68	53,9	11,9	637
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	2	7,48	50,77	8,8	471
FASE 6	STOCK_SBL	10	8,52	41,23	12,4	663
FASE 6	STOCK_SBL1	323	8,62	46,34	11,2	599
FASE 6	STOCK_SME	1	5,62	45,62	7,4	396
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	351	6,99	31,79	13,2	706
FASE 7	BOT_INTEGRACION	564	5,49	33,5	9,8	524
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	3	6,19	23,55	15,8	845
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	134	0,87	35,24	1,5	80
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	292	3,57	25,08	8,5	455
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	1291	3,05	26,24	7	375
STOCK_SME	STOCK-FIERROS_1	1	5,72	37,85	9,1	487
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	14	0,31	25,04	0,7	37
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	158	0,88	32,62	1,6	86

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 75: Detalle de rutas de abril CAT 793F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
BOT-ESTE-AUX	BOT_PLATAFORMA	1	4,62	31,02	8,9	476
BOT-ESTE-AUX	BOT-ESTE	40	4,1	22,63	10,9	583
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	3	15,08	65,22	13,9	744
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	86	9,24	66,7	8,3	444
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	20	9,68	58,1	10	535
FASE 5	STOCK_SBL1	4	14,4	60,71	14,2	760
FASE 5	STOCK_SME	18	11,45	63,05	10,9	583
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	4	13,34	76,14	10,5	562
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1164	8,34	45,11	11,1	594
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	1	9,58	44,08	13	696
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	782	13,28	48,81	16,3	872
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	32	6,7	46,37	8,7	465
FASE 6	ROM	14	8,7	54,47	9,6	514
FASE 6	STOCK_C-G6050	78	8,62	44,21	11,7	626
FASE 6	STOCK_MIXTOS	1	7,94	38,65	12,3	658
FASE 6	STOCK_SBL	35	9,39	55,72	10,1	540
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	9	7,05	51,17	8,3	444
FASE 6	STOCK_SBL1	303	8,93	41,45	12,9	690
FASE 6	STOCK_SME	77	7,93	48,37	9,8	524
FASE 6	STOCK_SME_S-G605	14	8,79	51,22	10,3	551
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	313	5,83	33,42	10,5	562
FASE 7	BOT_INTEGRACION	45	5,68	27,39	12,4	663
FASE 7	BOT_RELAVE_ANDESITA	8	10,67	29,67	21,6	1156
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	416	0,79	19,46	2,4	128
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	393	3,26	29,2	6,7	358
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	180	2,91	31,04	5,6	300
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	332	0,71	20,54	2,1	112

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 76: Detalle de rutas de mayo CAT 793F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	78	9,17	61,89	8,9	476
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	74	9,29	62,45	8,9	476
FASE 5	STOCK_SBL1	1	8,7	80	6,5	348
FASE 5	STOCK_SME	9	9,3	67,07	8,3	444
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	2	11,91	65,53	10,9	583
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	2209	9,87	44,92	13,2	706
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	5	12,48	67,57	11,1	594
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	41	1,67	21,6	4,6	246
FASE 6	BOT_FASE_6_INT	26	1,08	8,84	7,3	391
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	26	8,63	46,3	11,2	599
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	526	13,91	49,42	16,9	904
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	27	6,17	38,95	9,5	508
FASE 6	ROM	56	6,92	54,74	7,6	407
FASE 6	STOCK_SBL1	289	9,08	42,23	12,9	690
FASE 6	STOCK_SME	18	8,47	46,68	10,9	583
FASE 6	STOCK-MIXTOS	8	6,93	46,18	9	482
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	36	9,3	41,7	13,4	717
FASE 7	BOT_INTEGRACION	63	5,46	30,7	10,7	572
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	1	10,02	35,35	17	910
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	650	5,48	25,16	13,1	701
FASE 8	BOT_FASE_8_INT	4	2,35	19,36	7,3	391
FASE 8	BOT_PLATAFORMA	3	4,01	23,36	10,3	551
FASE 8	BOT-ESTE	20	6,75	31,85	12,7	679
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	843	0,84	19,07	2,6	139
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	653	3,24	25,55	7,6	407
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	271	3,19	26,32	7,3	391
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	267	0,79	19,37	2,4	128
STOCK_SPL_DIN	STOCK-FIERROS_1	3	2,65	20,67	7,7	412

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 77: Detalle de rutas de junio CAT 793F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	43	0,7	10,36	4,1	219
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	125	8,06	69,45	7	375
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	18	9,78	64,44	9,1	487
FASE 5	STOCK_SBL1	26	10,6	68,57	9,3	498
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	5	10,48	69,5	9	482
FASE 5	STOCK_SPL	3	10,39	68,88	9,1	487
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	10	11,66	68,58	10,2	546
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1768	8,86	49,16	10,8	578
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	14	8,78	41,39	12,7	679
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	12	2,42	28,22	5,1	273
FASE 6	BOT_FASE_8_INT	28	6,12	55,84	6,6	353
FASE 6	BOT_INTEGRACION	232	7,12	49,76	8,6	460
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	87	13,67	57,14	14,4	770
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	35	4,91	49,78	5,9	316
FASE 6	RELLENO_STOCK_SAL	40	6,56	43,49	9	482
FASE 6	ROM	38	14,29	50,48	17	910
FASE 6	STOCK_SBL1	203	8,45	43,17	11,7	626
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	565	4,05	26,03	9,3	498
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	3	2,7	23,72	6,8	364
FASE 8	BOT_FASE_8_INT	25	1,1	18,94	3,5	187
FASE 8	BOT_INTEGRACION	10	6,31	31,49	12	642
FASE 8	BOT_PLATAFORMA	13	1,11	22,45	3	161
FASE 8	RELLENO_STOCK_SAL	9	2,15	17,55	7,3	391
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	146	1,15	19,16	3,6	193
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	304	4,08	25,94	9,4	503
STOCK_SBL1	STOCK-FIERROS_1	4	6,59	25,96	15,2	813
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	21	2,66	30,1	5,3	284
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	204	1,11	19,72	3,4	182
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	1	3,92	84,57	2,8	150
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	2	0,31	21,8	0,9	48

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 78: Detalle de rutas de julio CAT 793F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	3	0,73	34,16	1,3	70
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	117	7,99	68,53	7	375
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	8	7,14	70,48	6,1	326
FASE 5	STOCK_SME	5	12,75	64	12	642
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	58	9,3	68,43	8,2	439
FASE 5	STOCK_SPL	1	4,26	50,39	5,1	273
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	14	8,19	70,37	7	375
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1588	10,25	48,74	12,6	674
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	6	10,65	55,96	11,4	610
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	36	2	22,01	5,5	294
FASE 6	BOT_FASE_7_INT	26	6,85	39,86	10,3	551
FASE 6	BOT_INTEGRACION	284	10,85	43,67	14,9	797
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	13	14,49	65,08	13,4	717
FASE 6	BOT-ESTE	2	5,76	66,63	5,2	278
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	125	7,72	48,39	9,6	514
FASE 6	STOCK_SBL1	337	8,24	42,87	11,5	615
FASE 6	STOCK_SME	35	8,23	38,76	12,7	679
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	798	4,08	22,37	11	589
FASE 8	BOT-ESTE	39	4,39	24,33	10,8	578
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	145	1,14	15,43	4,4	235
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	380	3,49	26,2	8	428
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	66	2,31	27,42	5	268
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	442	0,99	19	3,1	166
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	19	5,17	33,09	9,4	503

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 79: Detalle de rutas de agosto CAT 793F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	11	10,66	70,98	9	482
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	2	6,06	73,35	5	268
FASE 5	STOCK_SME_DIN	2	2,66	74,95	2,1	112
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	691	10,03	49,52	12,2	653
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	9	7,95	66,94	7,1	380
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	13	4,01	46,33	5,2	278
FASE 6	BOT_INTEGRACION	1510	10,6	46,46	13,7	733
FASE 6	BOT-ESTE	5	5,79	40,76	8,5	455
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	52	7,67	47,82	9,6	514
FASE 6	STOCK_C-G6050	6	11,15	50,78	13,2	706
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	8	9,68	52,6	11	589
FASE 6	STOCK_SBL1	243	8,17	44,48	11	589
FASE 6	STOCK_SME	25	7,44	46,35	9,6	514
FASE 6	STOCK_SME_DIN	31	8,14	38,7	12,6	674
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	552	3,28	20,75	9,5	508
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	1	1,86	17,09	6,5	348
FASE 8	BOT_INTEGRACION	4	7,61	36,21	12,6	674
FASE 8	BOT-ESTE	159	3,9	24,52	9,5	508
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	186	1	17,94	3,4	182
STOCK_SBL	CHANCADO-SULFURO	11	4,64	31,09	9	482
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	433	3,78	24,27	9,3	498
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	101	3,57	33,66	6,4	342
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	161	0,84	16,55	3,1	166
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	153	3,3	27,87	7,1	380
STOCK_SPL	STOCK_SAL_DIN	1	0,74	27,53	1,6	86

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 80: Detalle de rutas de septiembre CAT 793F.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	4	8,45	70,68	7,2	385
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	2	8,33	71,83	7	375
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	674	8,92	49,09	10,9	583
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	28	3,06	23,69	7,8	417
FASE 6	BOT_INTEGRACION	794	9,03	47,99	11,3	605
FASE 6	BOT_INTEGRACION_TES	24	3,42	19,83	10,3	551
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	429	12,08	52,6	13,8	738
FASE 6	BOT-ESTE	1	11,54	46,05	15	803
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	143	7,39	50,79	8,7	465
FASE 6	STOCK_SBL1	217	8,19	45,48	10,8	578
FASE 6	STOCK_SME	39	7,11	44,69	9,5	508
FASE 6	STOCK-FIERROS_1	1	9,52	42,64	13,4	717
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	1472	4,45	19,4	13,8	738
FASE 8	BOT_INTEGRACION	3	10,73	30,73	20,9	1118
FASE 8	BOT-ESTE	11	5,1	24,83	12,3	658
STOCK_C-G6050	CHANCADO-SULFURO	42	3,85	29,81	7,7	412
STOCK_PIRITA2	CHANCADO-SULFURO	19	4,81	32,79	8,8	471
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	269	1,02	17,31	3,5	187
STOCK_SBL_S-G605	CHANCADO-SULFURO	2	3,06	39,21	4,7	251
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	535	3,8	23,37	9,8	524
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	523	3	23,3	7,7	412
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	81	0,96	21,7	2,7	144
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	345	3,6	28,71	7,5	401
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	47	3,82	30,73	7,5	401

FUENTE: Elaboración propia.

7.2.5 Detalles de rutas de CAT 793C.

Tabla 81: Detalle de rutas de enero CAT 793C.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	1	16,88	24,5	41,3	2090
FASE 5	BOT_INTEGRACION	5	17,09	34,48	29,7	1503
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	41	12,05	64,11	11,3	572
FASE 5	STOCK_SME	8	12,92	54,38	14,3	724
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	6	11,21	38,71	17,4	880
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	230	11,19	44,5	15,1	764
FASE 6	BOT_INTEGRACION	9	13,79	49,15	16,8	850
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	3	10,5	37,87	16,6	840
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	65	14,69	48,78	18,1	916
FASE 6	STOCK_SBL1	39	9,18	45,05	12,2	617
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	263	11,43	38,69	17,7	896
FASE 7	BOT_INTEGRACION	128	4,75	26,49	10,7	541
STOCK_PIRITA2	CHANCADO-SULFURO	13	4,59	22,04	12,5	633
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	204	1,35	18,52	4,4	223
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	168	3,43	25,66	8	405
STOCK_SME2	CHANCADO-SULFURO	140	4,83	27,16	10,7	541
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	32	0,84	22,47	2,2	111
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	1059	4,63	24,76	11,2	567
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	192	0,95	18,63	3	152

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 82: Detalle de rutas de febrero CAT 793C.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	6	18,4	72,81	15,2	769
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	14	12,53	76,03	9,9	501
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	15	11,54	67,87	10,2	516
FASE 5	STOCK_SME	4	14,14	68,9	12,3	622
FASE 5	STOCK_SPL	2	17,62	64,91	16,3	825
FASE 5	STOCK-FIERROS_1	4	21,68	67,23	19,3	977
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	87	14,36	46,41	18,6	941
FASE 6	BOT_INTEGRACION	1	13,79	22,13	37,4	1892
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	5	16,22	62,31	15,6	789
FASE 6	STOCK_SBL1	3	10,45	43,05	14,6	739
FASE 7	BOT_CENTRAL	13	3,64	23,88	9,1	460
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	99	11,4	36,56	18,7	946
FASE 7	BOT_INTEGRACION	631	5,33	25,39	12,6	638
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	147	1,51	18,96	4,8	243
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	1285	3,61	22,96	9,4	476
STOCK_SME	STOCK_SPI2_DIN	13	4,52	25,53	10,6	536
STOCK_SME	STOCK_SPL_DIN	100	4,38	20,38	12,9	653
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	5	1,22	13,68	5,3	268
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	3	4,09	35,29	7	354
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	11	0,9	22,67	2,4	121

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 83: Detalle de rutas de marzo CAT 793C.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	5	15,26	69,17	13,2	668
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	67	10,35	71,71	8,7	440
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	14	11,42	59,79	11,5	582
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	356	7,72	44,36	10,4	526
FASE 6	BOT_INTEGRACION	1	12,52	42,8	17,6	891
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	150	10,02	54,98	10,9	552
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	3	9,35	39,6	14,2	719
FASE 6	STOCK_SBL	13	7,54	42,67	10,6	536
FASE 6	STOCK_SBL1	226	8,66	49,04	10,6	536
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	193	7,16	32,19	13,3	673
FASE 7	BOT_INTEGRACION	390	5,12	38,17	8,1	410
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	101	0,95	29,46	1,9	96
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	313	3,63	26,11	8,3	420
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	939	3,1	25,48	7,3	369
STOCK_SME	STOCK-FIERROS_1	1	13,9	28,73	29	1467
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	9	0,38	20,53	1,1	56
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	130	0,85	26,4	1,9	96

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 84: Detalle de rutas de abril CAT 793C.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
BOT-ESTE-AUX	BOT_PLATAFORMA	1	7,98	30,51	15,7	794
BOT-ESTE-AUX	BOT-ESTE	38	4,4	18,53	14,3	724
FASE 5	BOT_CENTRAL_SUR	2	8,72	63,42	8,3	420
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	26	10,17	79,22	7,7	390
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	5	8	64,91	7,4	374
FASE 5	STOCK_SME	6	13,4	66,69	12,1	612
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	5	11,79	67,33	10,5	531
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	736	8,37	46,84	10,7	541
FASE 6	BOT_INTEGRACION	1	8,12	13,03	37,4	1892
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	7	9,5	41,49	13,7	693
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	581	13,6	51,47	15,9	805
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	19	7,38	48,72	9,1	460
FASE 6	ROM	4	3,31	44,18	4,5	228
FASE 6	STOCK_C-G6050	78	8,03	48,64	9,9	501
FASE 6	STOCK_MIXTOS	2	6,38	43,45	8,8	445
FASE 6	STOCK_SBL	21	9,58	51,67	11,1	562
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	4	8,88	53,29	10	506
FASE 6	STOCK_SBL1	325	8,79	43,55	12,1	612
FASE 6	STOCK_SME	44	9,1	50,78	10,8	546
FASE 6	STOCK_SME_S-G605	12	7,83	55,24	8,5	430
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	365	5,71	36,7	9,3	471
FASE 7	BOT_INTEGRACION	46	5,73	28	12,3	622
FASE 7	BOT_RELAVE_ANDESITA	2	11,79	35,91	19,7	997
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	379	0,79	21,23	2,2	111
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	498	3,26	28,96	6,8	344
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	201	3,05	32,42	5,7	288
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	361	0,68	20,36	2	101

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 85: Detalle de rutas de mayo CAT 793C.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	22	9,74	67,08	8,7	440
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	20	8,53	67,85	7,5	380
FASE 5	STOCK_SBL1	1	14,38	93,27	9,3	471
FASE 5	STOCK_SME	1	11,38	54,66	12,5	633
FASE 5	STOCK_SPL_DIN	2	9,1	77,47	7	354
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1308	9,92	47,38	12,6	638
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	1	14,28	69,99	12,2	617
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	19	3,06	20,36	9	455
FASE 6	BOT_PLATAFORMA	29	7,52	44,07	10,2	516
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	310	14,05	52,83	16	810
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	13	7,3	46,02	9,5	481
FASE 6	ROM	42	9,84	56,09	10,5	531
FASE 6	STOCK_SBL1	160	9,08	44,64	12,2	617
FASE 6	STOCK_SME	17	8,46	44,99	11,3	572
FASE 6	STOCK-FIERROS_1	1	5,8	80,45	4,3	218
FASE 6	STOCK-MIXTOS	7	9,78	50,48	11,6	587
FASE 7	BOT_CENTRAL_SUR	12	9,37	39,61	14,2	719
FASE 7	BOT_INTEGRACION	74	5,91	28,35	12,5	633
FASE 7	BOT_PLATAFORMA	2	10,92	48,81	13,4	678
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	632	5,69	25,38	13,5	683
FASE 8	BOT_FASE_8_INT	15	1,85	20,35	5,5	278
FASE 8	BOT_PLATAFORMA	1	3,48	18,93	11	557
FASE 8	BOT-ESTE	21	7,04	29,65	14,2	719
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	636	1,44	17,29	5	253
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	835	3,29	24,29	8,1	410
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	261	3,07	25,34	7,3	369
STOCK_SME	STOCK-FIERROS_1	1	3,98	26,32	9,1	460
STOCK_SPL_DIN	CHANCADO-SULFURO	178	0,79	20,29	2,3	116
STOCK_SPL_DIN	STOCK-FIERROS_1	3	3	20,78	8,7	440

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 86: Detalle de rutas de junio CAT 793C.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	106	8,6	71,48	7,2	364
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	8	10	73,2	8,2	415
FASE 5	STOCK_SBL1	17	12,96	73,48	10,6	536
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	2	9,52	78,52	7,3	369
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	7	15,17	80,88	11,3	572
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1893	9,24	51,82	10,7	541
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	15	10,67	44,75	14,3	724
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	5	2,38	38,15	3,7	187
FASE 6	BOT_FASE_8_INT	30	7,3	49,68	8,8	445
FASE 6	BOT_INTEGRACION	242	7,58	50,35	9	455
FASE 6	BOT_INTEGRACION_TES	1	4,48	45,43	5,9	299
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	119	14,39	58,91	14,7	744
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	42	5,45	52,29	6,3	319
FASE 6	RELLENO_STOCK_SAL	66	6,87	45,54	9,1	460
FASE 6	ROM	50	12,88	54,1	14,3	724
FASE 6	STOCK_SBL1	268	8,92	44,09	12,1	612
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	1008	4,39	26,37	10	506
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR_INF	9	3,83	26,21	8,8	445
FASE 8	BOT_FASE_8_INT	34	1,18	20,13	3,5	177
FASE 8	BOT_INTEGRACION	9	6	26,25	13,7	693
FASE 8	BOT_PLATAFORMA	13	1,39	18,84	4,4	223
FASE 8	RELLENO_STOCK_SAL	18	0,63	16,4	2,3	116
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	217	0,8	19,83	2,4	121
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	632	4,02	24,83	9,7	491
STOCK_SBL1	STOCK-FIERROS_1	4	6,6	25,3	15,7	794
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	38	2,38	31,36	4,6	233
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	570	1,07	19,37	3,3	167
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	38	5,01	30,8	9,8	496

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 87: Detalle de rutas de julio CAT 793C.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	BOT_FASE_5_INT	6	3,98	43,72	5,5	278
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	133	7,61	69,03	6,6	334
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	8	6,7	77,67	5,2	263
FASE 5	STOCK_SME	7	9,54	66,52	8,6	435
FASE 5	STOCK_SPI2_DIN	56	8,53	75,62	6,8	344
FASE 5	STOCK_SPL_ACOPIO	8	10,53	85,56	7,4	374
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	1635	10,06	49,01	12,3	622
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	8	9,54	64,58	8,9	450
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	8	2,45	40,05	3,7	187
FASE 6	BOT_FASE_7_INT	25	5,31	39,99	8	405
FASE 6	BOT_INTEGRACION	281	11,24	48,27	14	708
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	10	18,96	90,18	12,6	638
FASE 6	BOT-ESTE	2	2,78	70,34	2,4	121
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	151	7,6	50,11	9,1	460
FASE 6	STOCK_SBL1	365	8	45,08	10,6	536
FASE 6	STOCK_SME	46	7,93	41,15	11,6	587
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	906	3,95	22,54	10,5	531
FASE 8	BOT-ESTE	32	3,94	24,69	9,6	486
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	393	1	16,73	3,6	182
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	593	3,59	25,82	8,3	420
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	69	2,52	26,88	5,6	283
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	610	1,05	18,79	3,3	167
STOCK_SPI2_DIN	STOCK-FIERROS_1	1	1,38	23,92	3,5	177
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	34	4,84	32,97	8,8	445

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 88: Detalle de rutas de agosto CAT 793C.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	27	7,92	63,81	7,5	380
FASE 5	STOCK_SAL_DIN	2	5,64	73,55	4,6	233
FASE 5	STOCK_SME_DIN	3	10,97	88,71	7,4	374
FASE 5	STOCK_SPL	1	1,24	96,8	0,8	40
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	734	10,19	50,54	12,1	612
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	3	10,37	49,96	12,5	633
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	10	4,45	39,58	6,7	339
FASE 6	BOT_INTEGRACION	1708	10,99	48,01	13,7	693
FASE 6	BOT-ESTE	3	6,87	36,97	11,2	567
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	36	7,39	47,77	9,3	471
FASE 6	STOCK_C-G6050	19	9,87	53,72	11	557
FASE 6	STOCK_SBL_S-G605	15	10,2	54	11,3	572
FASE 6	STOCK_SBL1	219	8,73	44,15	11,9	602
FASE 6	STOCK_SME	3	8,66	45,08	11,5	582
FASE 6	STOCK_SME_DIN	11	8,44	39,35	12,9	653
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	723	3,19	93,72	2	101
FASE 8	BOT_INTEGRACION	10	8,48	36,45	14	708
FASE 8	BOT-ESTE	96	4,48	28,81	9,3	471
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	278	0,98	18,26	3,2	162
STOCK_SBL	CHANCADO-SULFURO	3	3,56	25,21	8,5	430
STOCK_SBL	STOCK_SBL_S-G605	8	3,93	10,94	21,6	1093
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	627	3,85	24,93	9,3	471
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	84	3,2	33,96	5,7	288
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	97	1,05	18,93	3,3	167
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	212	3,28	27,27	7,2	364

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 89: Detalle de rutas de septiembre CAT 793C.

Inicio	Fin	N° Ciclos	Distancia (km)	Tiempo (min.)	Velocidad (km/hrs)	TKPH
FASE 5	CHANCADO-SULFURO	5	7,48	87,28	5,1	258
FASE 5	STOCK_SPL	1	5,92	35,66	10	506
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR	562	8,86	50,53	10,5	531
FASE 6	BOT_CENTRAL_SUR_INF	1	4,48	64,33	4,2	213
FASE 6	BOT_FASE_5_INT	7	2,99	29,86	6	304
FASE 6	BOT_FASE_6_INT	6	1,18	13,46	5,2	263
FASE 6	BOT_INTEGRACION	500	8,88	48,78	10,9	552
FASE 6	BOT_RELAVE_ANDESITA	273	12,46	53,92	13,9	703
FASE 6	BOT-ESTE	2	6,19	47,18	7,9	400
FASE 6	CHANCADO-SULFURO	112	7,18	51,2	8,4	425
FASE 6	STOCK_SBL1	132	8,62	47,79	10,8	546
FASE 6	STOCK_SME	46	7,37	47,28	9,4	476
FASE 8	BOT_CENTRAL_SUR	1070	4,09	19,21	12,8	648
FASE 8	BOT_INTEGRACION	3	11,03	26,53	25	1265
FASE 8	BOT-ESTE	6	5,66	30,44	11,2	567
STOCK_C-G6050	CHANCADO-SULFURO	78	3,93	27,44	8,6	435
STOCK_PIRITA2	CHANCADO-SULFURO	48	3,01	28,14	6,4	324
STOCK_SAL_DIN	CHANCADO-SULFURO	266	1,06	19,35	3,3	167
STOCK_SBL_S-G605	CHANCADO-SULFURO	2	2,11	33,71	3,8	192
STOCK_SBL1	CHANCADO-SULFURO	460	3,5	23,47	9	455
STOCK_SME	CHANCADO-SULFURO	472	2,93	22,69	7,8	395
STOCK_SPI2_DIN	CHANCADO-SULFURO	79	0,85	19,84	2,6	132
STOCK_SPL	CHANCADO-SULFURO	449	3,57	27,49	7,8	395
STOCK_SPL_ACOPIO	CHANCADO-SULFURO	25	3,95	32,76	7,2	364

FUENTE: Elaboración propia.

7.3 Anexo C: Manual de concientización de neumáticos.

Partes de un neumático.

En la imagen se pueden observar las principales partes de un neumático, las cuales son:

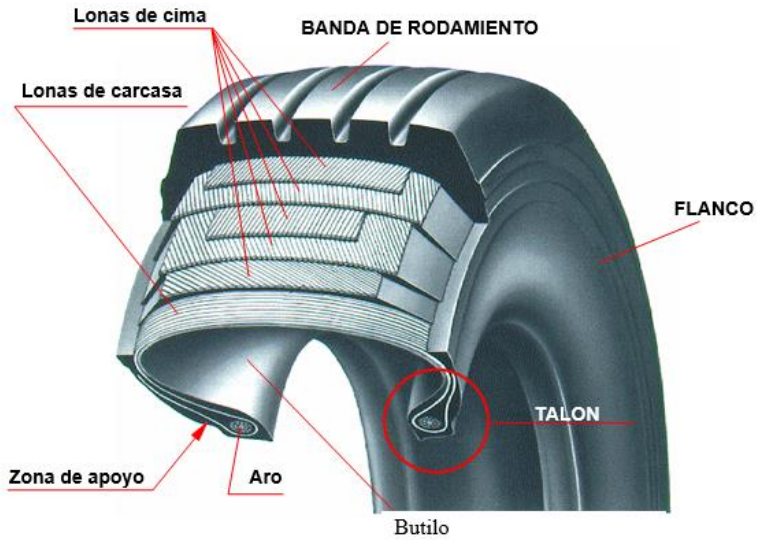


Figura 42: Partes de un neumático.

FUENTE: Eficiencia en tiempo de vida de neumáticos con relación a rotación de posiciones uno y dos en volquetes Komatsu 930 E-3 (tesis).

- **Butilo:** Su principal función es hacer de cámara de aire, es decir, permitir la hermeticidad.
- **Carcaza:** Es básicamente el esqueleto del neumático, es la responsable de la resistencia estructural del neumático.
- **Lonas de Cima:** Protege la lona carcaza, absorber los golpes y agresiones del camino.
- **Flanco (Banda Lateral):** Soporta la carga y participa en las distintas flexiones mecánicas.
- **Talón:** Permite la unión con el conjunto rodante, debe mantener completa hermeticidad para soportar las distintas fuerzas de aceleración y frenado.
- **Banda de Rodamiento:** Es la zona que está en contacto con el suelo, permite la adherencia y direccionalidad del equipo

El esquema muestra a un aro de 5 piezas y sus principales componentes, el cual es comúnmente utilizado por los equipos mineros.

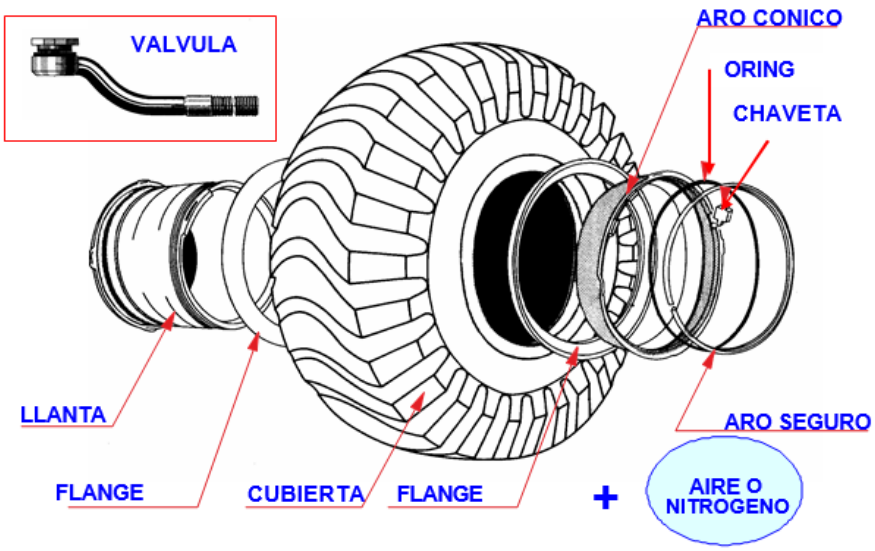


Figura 43: Esquema de una llanta.

FUENTE: Eficiencia en tiempo de vida de neumáticos con relación a rotación de posiciones uno y dos en volquetes Komatsu 930 E-3 (tesis).

Lineamientos

Operador de camión.

A) Aculatamiento en frentes de carguío, chancadores y botaderos.

- Asegúrese que, en el frente de carguío, chancado y botaderos estén libres de peligros para los neumáticos, antes de comenzar a aculatarse.
- Muchas veces los camiones al aculatarse tanto en los frentes de carguío y/o botaderos quedan sobre el pretil, esto genera cortes e impactos en los neumáticos traseros y además se produce un traspaso de carga hacia el eje delantero.

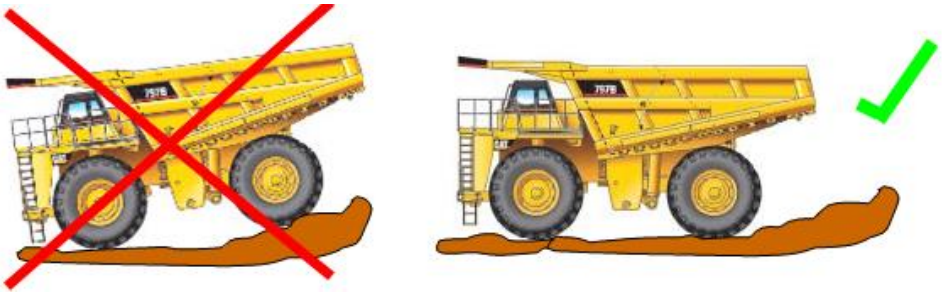


Figura 44: Representación de como aculatarse en frentes de carguío y botaderos.

FUENTE: Capacitación Concientización neumáticos KalTire.

- También se debe mantener la dirección de los neumáticos de manera frontal, antes de salir con la carga desde un frente de carguío, puesto que la exigencia será mucho mayor al girar la dirección.
- Evitar maniobrar la dirección con el equipo detenido para evitar cortes en la banda de rodado.

B) Trayecto del camión.

- Durante el trayecto de los camiones evitar pasar sobre rocas, ya que estas producen serios cortes en las bandas de rodados, provocando serios daños al neumático y muchas veces esto puede generar la baja inmediata del neumático. Por ende, si observa derrames en los caminos reportes los derrames para que sean retirados.

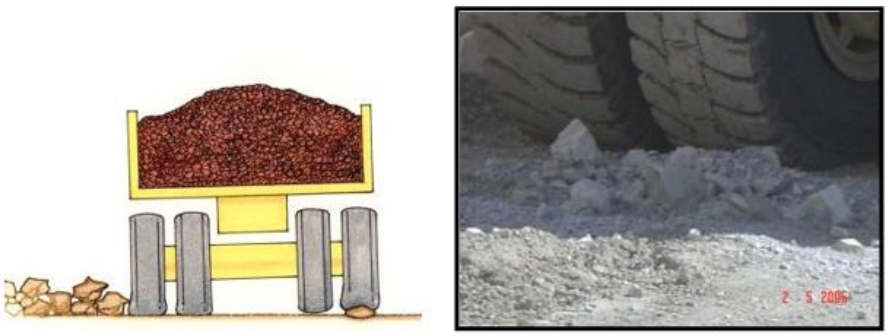


Figura 45: Muestra de derrames en las pistas.

FUENTE: Capacitación Concientización neumáticos KalTire.

- En caso de caminos con condiciones adversas, tales como lodo, nieve/hielo, agua y caminos agrestes, reduzca la velocidad del camión.
- No provocar frenazos o patinaje en el neumático, debido a que el deslizamiento produce un desgate irregular en la banda de rodado.

Figura 46: Efecto de un frenazo brusco de los camiones.

FUENTE: Capacitación Concientización neumáticos KalTire.

- Se debe realizar una programación de la marcha de los camiones antes de iniciar una rampa, para evitar los derrames del material, ya que al no hacerlo el camión continuamente bascula y provocara derrames.

Figura 47: Demostración de una mala programación de marchas en rampas.

FUENTE: Capacitación Concientización neumáticos KalTire.

- Evitar el transito cercano a los pretiles, ya que estos podrían tener rocas filosas y provocaran daños en los neumáticos en las bandas laterales de estos.

Figura 48: Pretil construido de mala manera.

FUENTE: Elaboración propia.

- Respetar las velocidades en las curvas, respecto a los radios de giro, dado que, si se toman curvas a alta velocidad, el neumático se dañará en su estructura por la separación de sus componentes internos.

Figura 49: Camión al no respetar la velocidad en las curvas.

FUENTE: Capacitación Concientización neumáticos KalTire.

- En caso de presencia de baches en la vía, disminuir la velocidad, debido a se generarán sobrecargas dinámicas en el camión.

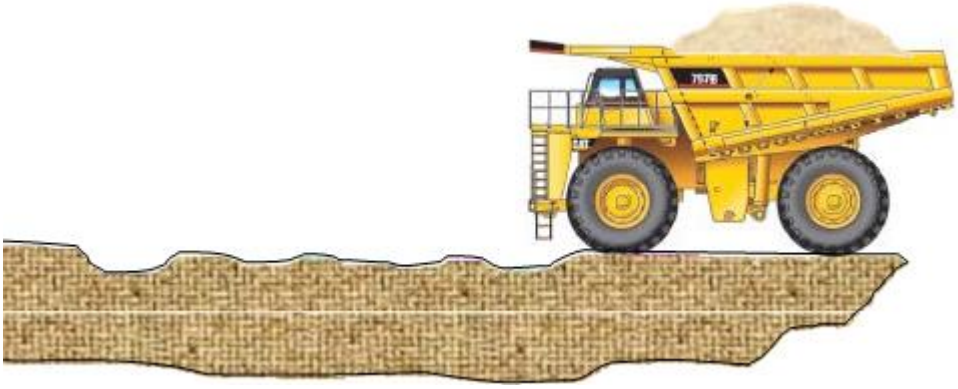


Figura 50: Muestra de caminos con presencia de baches en las vías.

FUENTE: Capacitación Concientización neumáticos KalTire.

C) Operador de equipos de carguío.

- La responsabilidad del operador del equipo de carguío, asegurar que el camión se posicione correctamente para que sea cargado, debido a es importante la consideración entre el CAEX con respecto al equipo de carguío, ya que una mala distancia entre ambos equipos puede provocar derrames en el frente de carguío en el momento de cargar el camión.

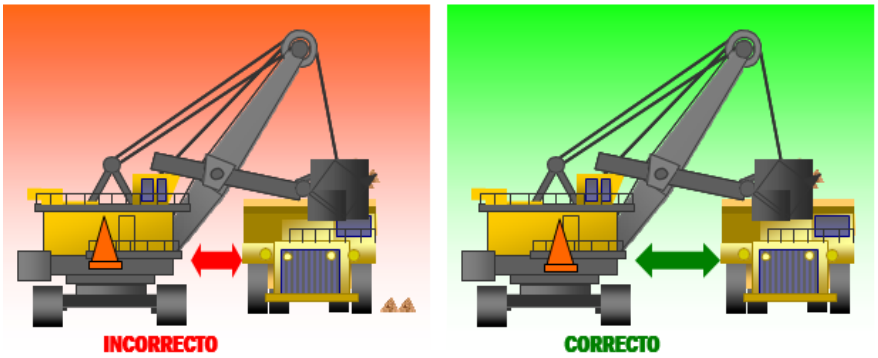


Figura 51: Demostración de ubicación del camión al ser cargado.

FUENTE: Capacitación Concientización neumáticos KalTire.

- Asegúrese que la carga quede centrada en la tolva del camión, debido a que una correcta disposición de la carga en el camión genera transferencias importantes de peso entre los neumáticos influyendo directamente en el rendimiento de estos.

INCORRECTO CORRECTO

Figura 52: Distribuciones de carga en las tolvas de los camiones.

FUENTE: Elaboración propia.

- Todo neumático tiene un límite de carga definido por su fabricante, cuando este se sobrepasa su capacidad este incide directamente sobre el TKPH del neumático, generando un aumento de las temperaturas en este y puede provocar la baja prematura de estos. Por ende, evite sobrecargar los camiones.
- Limpie si es posible los derrames o de lo contrario reporte la existencia de estos para que sean limpiados por los equipos de servicios.
- Cuando no se logra una granulometría de acuerdo a lo planificado, se obtienen rocas de gran tamaño, las que al ser depositadas en el camión gran parte del tiempo se alojan a uno de los costados de la tolva provocando una sobrecarga, por lo tanto, evite cargar con bolones los camiones.

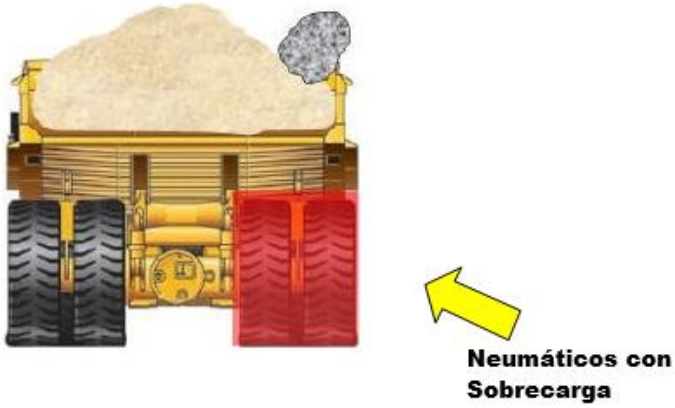


Figura 53: Camión con presencia de rocas de gran tamaño.

FUENTE: Capacitación Concientización neumáticos KalTire.

D) Operadores de equipos de servicios.

- El rol de estos equipos es fundamental para la limpieza de sectores que presentan problemas para la durabilidad de los neumáticos.
- Un equipo de limpieza “Bulldozers o Wheeldozers” debería estar idealmente disponible en cada frente de carguío, para limpiar los derrames, dado que la gran mayoría de los daños se originan en estos sectores.
- Las motoniveladoras se deberían priorizar para el mantenimiento de los caminos mineros, ya sea limpiándolos y eliminado cualquier condición subestandares en la ruta.
- Al momento de generar limpiezas de caminos con Motoniveladoras evite dejar un “cordón” de material tanto en medio de la vía o en los bordes de los pretiles ya que estos afectan en la vida del neumático, tanto dejando un camino con desniveles o disminuyendo el ancho de los caminos.
- Al momento de construir o mantener los pretiles, no deben tener piedras y rocas filosas, estas provocan daños serios a los neumáticos.

Figura 54: Muestra de pretil construido según estándar de ruta.

FUENTE: Elaboración propia.

- Limpie lo más rápido posible cualquier derrame que visualice o que sea informado vía radial en las rutas, para evitar que los CAEX transiten sobre estos.

E) Supervisores Mina.

- Visite e inspeccione las rutas y los frentes de carguío a lo largo del turno para identificar posibles problemas que puedan existir y generar daños a los neumáticos de los camiones de extracción.
- Dirija todas aquellas labores de mantenimiento mayor en las pistas.
- Discuta posibles cambios planeados a las vías, junto a todo el equipo.
- Cuando una Pala carga flotas distintas, como por ejemplo CAT 793 y CAT 797, se producen derrames de material al cargar el camión más pequeño, para este ejemplo CAT 793, que dañaran los neumáticos de los equipos de menor mayor tamaño, en este caso los CAT 797.

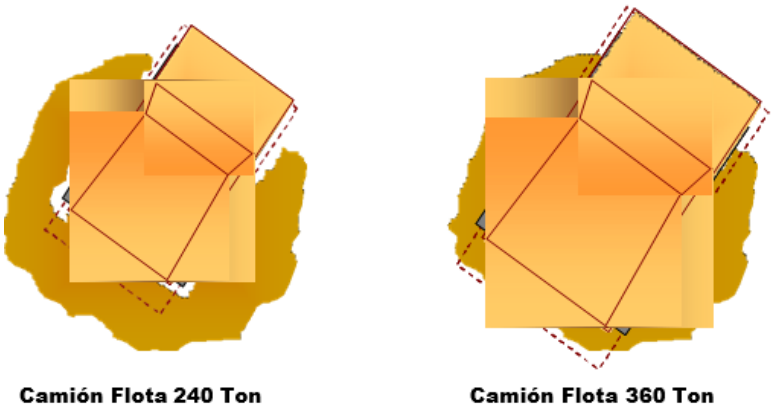


Figura 55: Efectos de cargar camiones de diferentes tamaños en un mismo punto de carguío.

FUENTE: Capacitación Concientización neumáticos KalTire.

F) Construcción de pistas.

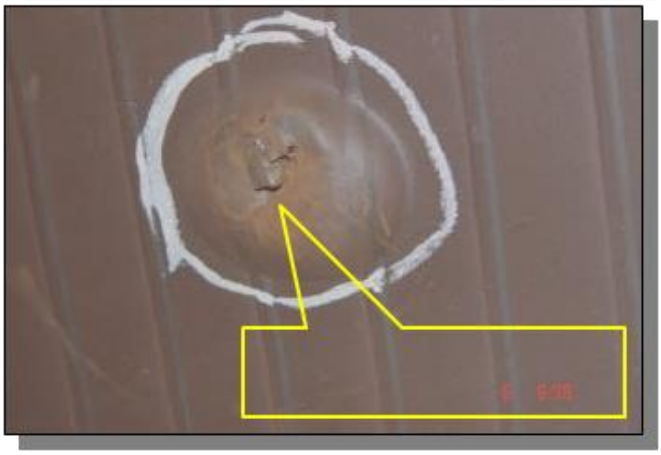
- El diseño de las pistas debe tener un efecto positivo en la duración de la vida de los neumáticos.
- Se deben tener curvar largas y peraltadas, para facilitar el tránsito de los camiones evitando daños en sus neumáticos, debido a cambios bruscos de velocidad, tránsitos muy cerca de los pretiles.
- Maximice los anchos de las pistas para evitar que lo camiones transiten cerca de los pretiles y por ende puedan tener daños en las bandas laterales.

- Las pendientes máximas permitidas en la mina son de un 10%, pendientes mayores a esto son perjudiciales para los neumáticos principalmente en bajada en carga. Además, se recomienda que la pendiente longitudinal sea uniforme y sostenida por un largo tramo y no una combinación de secciones con pendientes variables. Un excesivo cambio de transmisión en el recorrido cargado (debido a los cambios de grado de inclinación) reducirá la vida efectiva del motor, del tren de transmisión, de las llantas y los neumáticos; y en el recorrido de regreso, podría ocurrir sobrecalentamiento.

Identificación de daños en neumáticos.

Descripción: Corte en banda de rodado.

Causa (s) Probable: Penetración de un objeto extraño pasado o no.



Descripción: Corte pasado en Banda de rodado.

Causa (s) Probable: Penetración de un objeto extraño.

Descripción: Impacto en Banda de rodado.

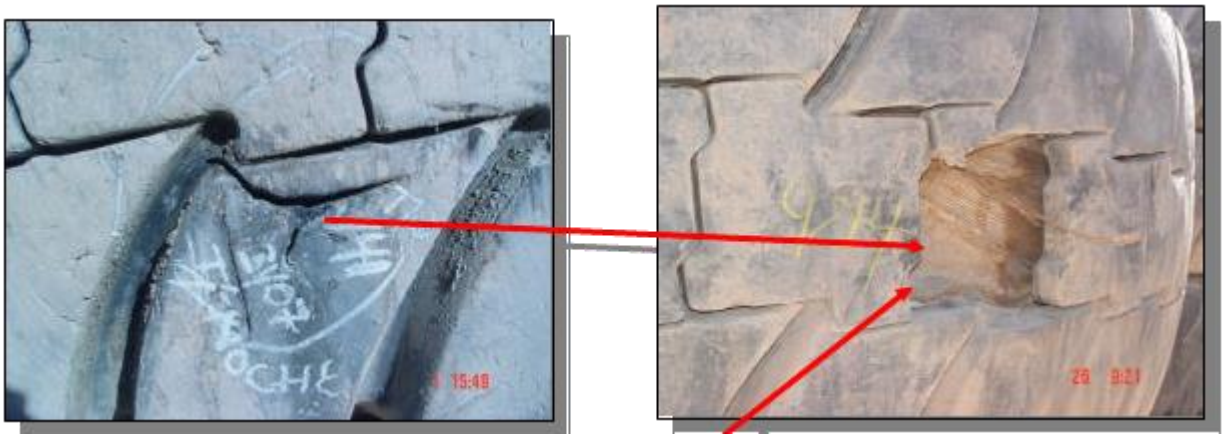
Causa (s) Probable: Impacto instantáneo con un objeto extraño.

Descripción: Impacto en Banda de rodado.

Causa (s) Probable: Impacto instantáneo con un objeto extraño por desgaste excesivo de la banda de rodado.

Descripción: Impacto por piedra redonda

Causa (s) Probable: Impacto con un objeto extraño con o sin evidencia externa (corte). Paso a alta velocidad por un bache.



Descripción: Separación por Corte

Causa (s) Probable: Corte (s) agravado por la infiltración de agua (oxidación).

Descripción: Arrancamientos de escultura.

Causa (s) Probable: Patinaje sobre terreno agresivo, exceso de presión de inflado.

Descripción: Desgaste normal.

Causa (s) Probable: Perdida de la escultura de la banda de rodado a causa de un desgaste excesivo.

Descripción: Desgaste asimétrico

Causa (s) Probable: Problemas de suspensión y/o paralelismo del equipo.

Descripción: Separación Mecánica.

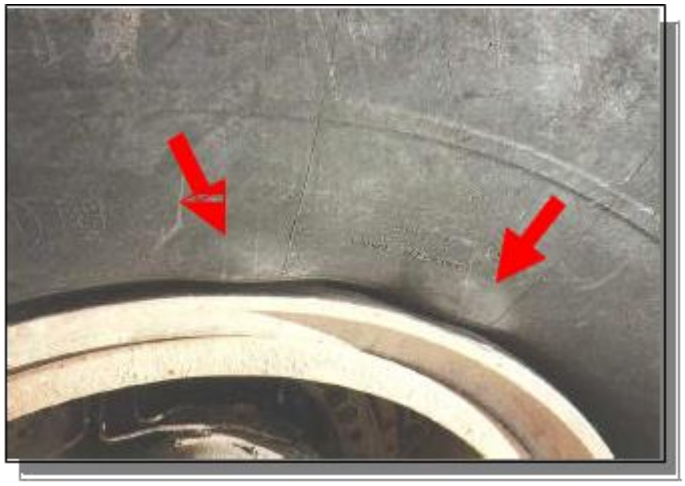
Causa (s) Probable: Virajes a altas velocidades en radios de giro angostos. (Fuerte olor a quemado).

Descripción: Corteen Banda lateral (Flanco).

Causa (s) Probable: Impacto instantáneo con un objeto extraño

Descripción: Burbujas en la banda lateral (Flanco). Separación entre componentes internos del neumático.

Causa (s) Probable: Sobrecarga del equipo baja presión, posible daño estructural en el proceso de fabricación.



Descripción: Burbujas en la zona baja de la banda lateral. Separación entre gomas internas del neumático.

Causa (s) Probable: Sobrecarga del equipo, baja presión de inflado.