

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

**INCREMENTO DE LA VIDA ÚTIL DE NEUMÁTICOS PARA
REDUCIR COSTOS DE OPERACIÓN EN CAMIONES
CATERPILLAR 797F EN TOROMOCHO - CHINALCO PERÚ**

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

JOHN ROBERT BLANCO HINOSTROZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

HUANCAYO – PERÚ

2016

ASESOR

Dr. RICARDO AGUIRRE PARRA

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a la Jefatura de Mantenimiento Mina de Chinalco Perú - Toromocho, quienes nos dieron todo el apoyo desinteresado para llevar a cabo este trabajo de investigación.

A los ingenieros Wilmer Moreno Moreno (Ingeniero Residente de Neuma Perú S.A.), por su asesoramiento y apoyo incondicional para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Finalmente agradezco de manera especial a nuestros docentes de la facultad de Ingeniería Mecánica que nos impartieron sus conocimientos durante nuestra permanencia en la Universidad Nacional del Centro del Perú, brindándonos una integra formación universitaria.

*A Jehová Dios, por perdonarme cada día,
comprenderme y llenarme cada día de luz y
esperanza; y por darme la serenidad e
inteligencia en los momentos más
adversos de mi vida.*

*A mis padres, Pascual Blanco Guerra y
Susana Teodosia Hinostroza Landeon con
todo mi amor, por enseñarme a perseverar en
la vida, a lograr mis objetivos; por su
incondicional apoyo y por todos sus
sacrificados esfuerzos para llegar a concluir
mi carrera.*

*A Gloria, y el resto de mis hermanos
mayores por lo mucho que significan para
mí, por su apoyo incondicional en el camino
de lograr mis metas espirituales y
profesionales y por entender con madurez lo
poco sencillo que es éste largo recorrido por
lograr nuestra felicidad.*

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudió la influencia de incrementar la vida útil de los neumáticos en un camión minero 797F Caterpillar para reducir el costo de operación en la empresa Minera Chinalco Perú, Unidad Minera “Toromocho”. Ubicada en el departamento de Junín.

La recopilación de datos y análisis de los factores y estrategias se realizaron con ayuda del área de planeamiento y confiabilidad de Mantenimiento mina de Chinalco Perú y la empresa Neuma Perú S.A. Con pruebas MENSUALES, a través de este año y comparando con años anteriores, tomando como variable independiente incrementar la vida útil de los neumáticos originales, mediante la rotación de posiciones, teniendo como constantes, las presiones de inflado de los neumáticos, la sobrecarga de material en el volquete, la temperatura del neumático y la operatividad del equipo; estos detalles son muy importantes en la vida útil de los neumáticos. Además, se tomó como variable dependiente la reducción del costo operativo promedio del año 2016 tomando en cuenta solo en neumáticos que fueron retirados por desgaste o arrancamiento de banda.

Finalmente, el análisis estadístico descriptivo (cálculo de la media, mediana, moda, varianza y desviación estándar) nos demuestra que hubo un incremento en la vida útil comparándola con años anteriores. Las horas finales por desgaste y arrancamiento de banda se incrementaron aproximadamente a 5500 horas como se demostrará en los capítulos que a continuación se detallan y por ende fue posible una reducción de costos operativos.

Palabras claves: incrementar, vida útil, costo de operación, neumáticos, análisis estadístico descriptivo, horas de rotación.

ABSTRAC

This study investigated the influence of increasing the useful life of tires in a Caterpillar 797F mining truck to reduce the cost of operation at the company Minera Chinalco Peru, "Toromocho" Mining Unit. Located in the department of Junín.

Data collection and analysis of factors and strategies were carried out with the help of the planning and reliability area of Mantenimiento Mina de Chinalco Perú and the company Neuma Perú S.A. With MONTHLY tests, through this year and comparing with previous years, taking as an independent variable to increase the useful life of the original tires, by rotating positions, having as constants, the inflation pressures of the tires, the material overload On the tipper, the temperature of the tire and the operation of the equipment; These details are very important in the life of the tires. In addition, the reduction of the average operating cost of 2016 was taken as the dependent variable, taking into account only tires that were removed due to wear or stripping.

Finally, descriptive statistical analysis (calculation of mean, median, mode, variance and standard deviation) shows that there was an increase in the useful life compared to previous years. The final hours for wear and tear were increased to approximately 5500 hours as will be demonstrated in the chapters that are detailed below and therefore a reduction in operating costs was possible.

Key words: increase, useful life, cost of operation, tires, descriptive statistical analysis, hours of rotation.

INDICE GENERAL

	Página
Asesor	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Resumen	v
Abstrac	vi
Índice general	vii
Índice de figuras o ilustraciones	xi
Índice de cuadros o tablas	xii
Introducción	1

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Fundamentación del problema	3
1.2 Formulación del problema	5
1.2.1 Problema General	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.3 Objetivos de la investigación	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 Justificación	6
1.5 Limitaciones del estudio	7

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación	8
--------------------------------------	---

2.2 Bases teóricas	11
2.2.1 Generalidades	11
2.2.2 Camión minero 797f Caterpillar	12
2.2.3 Neumatico	13
2.2.4consideraciones para elegir el neumático apropiado	16
2.2.5¿cómo se calcula el TKPH neumático o TMPH neumático?	19
2.2.6Neumaticos nuevos seleccionados	23
2.2.7Distintas construcciones de neumáticos	24
2.2.8Las grandes familias de neumáticos	27
2.2.9Tipos de gomas	28
2.2.10Distintas profundidades de cocada	29
2.2.11Parametros que influyen en la duración de neumáticos	30
2.2.12Funcionamiento de un neumático	31
2.2.13Limite de utilización económica del neumático	32
2.2.14Descripcion de las principales causas de deterioro	33
2.2.15Factores que influyen en la duración de la vida útil	34
2.2.16Importancia de la presión de inflado	39
2.2.17Metodos de inflado	41
2.2.18Elementos que componen un neumático	44
2.2.19Terminología del neumático	46
2.3 Bases conceptuales	47
2.3.1 Incremento de la vida útil del neumatico	47
2.3.2 Reducción de costos operacionales	47
2.3.3 Neumaticos retirados a scrap	47
2.4 Hipótesis	48

2.5 Operacionalización de variables	49
-------------------------------------	----

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método de investigación	50
3.2 Tipo de investigación	50
3.3 Nivel de investigación	51
3.4. Diseño de investigación	51
3.5 Población, muestra o unidad de observación	51
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	52
3.7 Procedimiento de recolección de datos	52

CAPITULO IV

ANALISIS DE FACTORES INTERNOS, EXTERNOS Y ESTRATEGIAS

4.1 FACTORES INTERNOS	54
4.1.1 Presion de inflado del neumático	54
4.1.2 Temperatura del neumático	54
4.2 FACTORES EXTERNOS	55
4.2.1 Vías de transporte de la mina	55
4.2.2 Ciclo de transporte	55
4.2.3 Clima	55
4.2.4 Carga excesiva de mineral o desmonte	56
4.2.5 Operatividad del equipo	56
4.3 Estrategias y/o controles	57
4.3.1 Rotación de neumáticos	57
4.3.2 Inflado de neumático	59
4.3.3 Inspección, seguimiento y control de neumáticos	68
4.3.4 Mantenimiento de vías	76

4.3.5 Operatividad del equipo	76
4.3.6 Carga distribuida	77
4.3.7 Mantenimiento mecánico del equipo	77
4.3.8 Reparación de neumáticos	78
4.3.9 Medida de temperatura	78

CAPITULO V

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Presentación de resultados	79
5.1.1 Consideración de tablas	79
5.1.2 graficos	81
5.2 Análisis estadístico de los resultados	84
5.3 Discusión e interpretación de resultados	89
5.4 Aportes y aplicaciones	91

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Camión 797F en toromocho	12
Figura 2.2: Dist. De Posición del neumático	13
Figura 2.3: partes del neumático	15
Figura 2.4: Profundidad/cocada de neumáticos	18
Figura 2.5: Diagrama de tipos de neumáticos según TKPH vs PISTA	18
Figura 2.6: Nomenclatura de un neumático	23
<i>Figura 2.7: Serie 100</i>	27
<i>Figura 2.8: Serie 80</i>	27
<i>Figura 2.9: serie 65</i>	28
<i>Figura 2.10: profundidades de cocada</i>	30
<i>Figura 2.11: Diagrama de funcionamiento del neumático</i>	31
<i>Figura 2.12: Influencia de la presión en el neumático</i>	35
<i>Figura 2.13: Elementos del neumático</i>	44
<i>Figura 2.14: Terminología del neumático</i>	46
Figura 2.15: Marcajes de Neumático	46
Figura 4.1: Rotación de neumáticos en Chinalco	58
Figura 4.2: Precauciones en el Inflado	59
Figura 4.3: montaje correcto e incorrecto	60
Figura 4.4: montaje incorrecto del talon	61
Figura 4.5: montaje con manipulador de llantas	65
Figura 4.6: medida de presión	71
Figura 4.7: medición correcta de la cocada	72
Figura 4.8: ejemplo de control de datos de cocada	73
Figura 4.9: ejemplos de cómo identificar daños en neumático	74
Figura 4.10: correcta descripción de observaciones	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: especificación Bridgestone VRPS	24
Tabla 2.2: especificación Michelin XDR²	24
Tabla 2.3: tipo de goma según Bridgestone	29
Tabla 2.4: Códigos de identificación normalizados según Michelin	30
Tabla 2.5: Operacionalización de la variable dependiente	49
Tabla 2.6: Operacionalización de la variable independiente	49
Tabla 3.1: Técnicas de recolección de datos	52
Tabla 3.2: Instrumentos de recolección de datos	52
Tabla 3.3: Procedimientos de recolección de datos	53
Tabla 5.1: rendimiento mensual todas las marcas	79
Tabla 5.2: rendimiento mensual desgaste y arrancamiento de BR	80
Tabla 5.3: Costo promedio mensual del neumático	81
<i>Tabla 5.4: rendimiento considerando solo desgaste y arranc</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 5.5: ordenamiento de tabla 5.3</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 5.6: clases e intervalos</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 5.7: calculo manual de frecuencia absoluta por intervalo</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 5.8: cuadro de datos para tendencia central</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 5.9: cuadro de datos para medida de dispersión</i>	<i>87</i>

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 5.1: por todo tipo de motivo	81
Grafico 5.2: Rendimiento todas las marcas todos los motivos	82
Grafico 5.3: Rendimiento por desgaste y arrancamiento de banda	82
Grafico 5.4: rendimiento por año según marca	83
Grafico 5.5: rendimiento por año todos los motivos	83
Grafico 5.6: frecuencias absolutas	86
Grafico 5.7: frecuencia de rendimientos	88
Grafico 5.8: frecuencia de rendimientos solo por desgaste	89

INTRODUCCIÓN

Los volquetes llevan 6 llantas, 2 en la parte delantera (eje 1) y 4 en la parte trasera (eje 2) las posiciones de la llanta en los ejes se identifican con números del 1 al 6. En la mina Toromocho, la posición 1 es la llanta delantera izquierda, la posición 2 es la delantera derecha, la posición 3 es la Izquierda trasera externa, la 4 es la izquierda trasera interna, la posición 5 es la derecha trasera interna y la posición 6 es la izquierda trasera externa.

La mina Toromocho, tiene en contra la temporada de lluvias, lo cual no beneficia al cuidado de los neumáticos donde se tiene que colocar lastre a las vías de acarreo (aún no hay un programa para colocar lastre, solo se usa a veces según lo amerite la necesidad), entonces el contacto neumático – piso aumenta Incrementando el desgaste prematuro del neumático.

La Mina, tiene gradientes de trabajo entre 8 y 20%, las velocidades de los volquetes están ceteadas a 28 mph (45 km/h) para vías en recta con volquete vacío y 28 mph (45 km/h) para volquete con carga en recta. Cuando existe acarreo en rampas, según los procedimientos, el volquete va a 7.5 mph (12 km/h) con el objetivo de no dañar los neumáticos.

Todos los camiones Caterpillar 797F, tienen un sistema llamado payload system dentro de la cabina del operador, este es un sistema que se utiliza para conocer cuánto peso está cargando el volquete en el momento, y evitar las sobrecargas que causan separación en las llantas por exceso de carga.

Además, tienen una pantalla en el exterior de la cabina que muestra la carga que está llevando el camión.

Las presiones de los neumáticos se chequean a diario por personal de Neuma Perú S.A. Al igual que los cortes de neumáticos, enviando de inmediato al taller si se tiene un neumático con corte o presión que pueda dañar tanto al operador, al equipo, al neumático o a la producción de la mina.

El autor

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

Minera Chinalco Perú, el plan de operaciones contempla la extracción de mineral de una mina a tajo abierto utilizando métodos convencionales de explotación, es decir, usando palas y camiones para el transporte del mineral y/o desmonte.

Dentro de la flota de camiones mineros, el camión rígido Caterpillar 797F es el principal medio de transporte de mineral; estos camiones llevan 6 Neumáticos del tipo 59/80R63, [2 en la parte delantera (eje 1) y 4 en la parte trasera (eje 2)]. Este tipo de neumáticos pesan alrededor de 5 toneladas y su diámetro mide aproximadamente 4 mts y de ancho 1.5 mts.

Al cierre de diciembre de 2016 la flota 797F contaba con 23 camiones rodando (con un total de 138 neumáticos al piso), se tiene la participación de 2 marcas: BRIDGESTONE VRPS E2A y VRF E1A, MICHELIN XDR2 B4. Neuma Peru (2016, p14)

En el mundo tenemos escasez de neumáticos OTR por consiguiente un

alto precio en el mercado. En el ciclo de minado el transporte de mineral o desmonte significa un alto porcentaje en el costo de producción y los neumáticos significan en el transporte la base del ciclo de minado, por lo que en todas las minas en la actualidad hay una obligación en el cuidado de los neumáticos, por eso se están formando en diversas empresas mineras departamentos de seguimientos de los mismos. Diario Gestion (2016, parr 1)

El costo de un neumático para estos camiones en minera Chinalco Peru en el año 2014 en promedio estuvo alrededor de 61000 dolares, debe notarse que este costo va variando en función del alza de los metales como por ejemplo: el cobre, y al tipo de neumaticos que se elija. entonces para el año 2014 con 96 neumáticos rodando, el precio total rodando sobre el piso fue aproximadamente de 5'856,000 dólares, si el ciclo de vida promedio de cada neumatico retirado solo por desgaste fue de 3722 hrs entonces el costo operativo de cada neumatico fue de 16.4 dolares por hora. Ahora bien, para el año 2016 se tuvo 138 neumáticos rodando y el precio de un neumatico para el año 2016 fue de 65000 dolares en promedio entonces el costo total rodando seria de 8'970,000 dólares. Mantenimiento Mina Chinalco (comunicación personal, 06 de enero, 2017)

Según estos datos se puede visualizar que los costos en neumáticos son altos y vale la pena reducir dichos costos para el año 2016. Adicionando a esto, El precio del cobre ha afectado en el consumo de neumáticos, en lo que va del año 2016, ha caído en 1.9%, el cobre no cuenta con las mejores perspectivas debido a un superávit de ofertas la cual va a persistir probablemente hasta el próximo año, esto indica que aproximadamente en el año 2018 recién se comenzaría a ver una recuperación mucho más sólida en el precio del cobre. Colocando en primera línea la necesidad de mantenerlos en buenas condiciones para ampliar su vida útil de tal modo que en mayor porcentaje solo se retire el neumático a scrap por desgaste y así reducir los costos que conlleva el

uso de estos neumáticos OTR (road tire off). Para ello, es necesario saber qué factores influyen en el desgaste de los neumáticos y que estrategias se debe seguir para su control según la realidad que dispone la mina toromocho. Diario Gestion (2016, parr 3)

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo incrementar la vida útil para reducir costos de operación de neumáticos de camiones mineros 797F- CAT en Minera Chinalco Perú?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué factores internos influyen en el desgaste acelerado de los neumáticos de un camión minero Caterpillar 797F de Minera Chinalco Perú?
- ¿Qué factores externos influyen en el desgaste acelerado de los neumáticos de un camión minero Caterpillar 797F de Minera Chinalco Perú?
- ¿Qué estrategias o controles se debe realizar para controlar, minimizar o eliminar los factores internos y externos que influyen en el desgaste de los neumáticos de un camión minero Caterpillar 797F de minera Chinalco Perú?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

- ❖ Incrementar la vida útil del neumático para reducir costos de operación en camiones mineros Caterpillar 797F de minera Chinalco Perú.

1.3.1 Objetivos específicos

- ❖ Determinar los factores internos que influyen en el acelerado desgaste de los neumáticos de un camión minero Caterpillar 797F de minera Chinalco Perú.
- ❖ Determinar los factores externos que influyen en el acelerado desgaste de los neumáticos de un camión minero Caterpillar 797F de minera Chinalco Perú.
- ❖ Determinar estrategias o controles para controlar, minimizar o eliminar los factores internos y externos que influyen en el desgaste de los neumáticos de un camión minero Caterpillar 797F de minera Chinalco Perú.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 Razones que motivan la investigación

Este trabajo de investigación se justifica por las siguientes razones:

- Minera Chinalco Perú, Toromocho, es una mina joven por lo que aún no tiene un plan de mantenimiento adecuado para los neumáticos SEGÚN SU REALIDAD (clima severo, mantenimiento de vías insuficiente en épocas de lluvia, la distancia de traslado es distinta a cada momento, la carga que traslada, etc.) *la cual acelera el desgaste del neumático y aumenta los costos de operación.*
- AHORRAR COSTOS, como se evidenció en el planteamiento del problema el costo de 01 neumáticos es aproximadamente 27000 dolares y en una flota de 96 camiones Caterpillar 797F para el año 2014 estaban rodando 2'592,000 dolares. Hoy esta realidad ha cambiado pues la flota de camiones ha aumentado en total tenemos 29 camiones de los cuales 23 están rodando y 6 están en stand by.

- LA DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO. Si el neumático no cumple con sus horas de servicio esperadas y se daña rápidamente entonces esto afectará la disponibilidad ya que el equipo tendrá que parar más tiempo de lo que se esperaba para cambiar de neumáticos.

1.4.1 Importancia del tema de investigación

- . Incrementar la vida útil de los neumáticos es importante por lo siguiente:
 - ❖ Principalmente, para reducir costos operativos en neumáticos y aumentar la disponibilidad de estos camiones según la realidad de la mina Toromocho.
 - ❖ Ayudará a mejorar los estándares en la operatividad de los camiones Caterpillar 797F con respecto a la velocidad de traslado, la cantidad y ubicación de carga en la tolva del camión, frenado del camión en superficie lineal o rampas.

1.5 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- ❖ No se dispone de mucha información en el área de operaciones mina y mantenimiento mina, referente a las vías de acceso, al costo de neumáticos, la operatividad del camión.
- ❖ Debido a que la información de costos es información privada se necesita de permisos especiales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- ❖ ***A.1 Eficiencia en tiempo de vida de neumáticos con relación a rotación de posiciones uno y dos en volquetes Komatsu 930 E-3, presentado por Cesar Homero Paredes Sánchez. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú, 2008.***

En esta tesis se estudió la influencia de la rotación de neumáticos en las posiciones uno y dos en la vida final de los neumáticos en la empresa Minera Southern Copper – Southern Perú, Unidad Minera “Toquepala”. Ubicada en el departamento de Tacna, El desarrollo de las pruebas y análisis que se realizaron con ayuda de la empresa Neuma Perú S.A. un total de 15 pruebas, tomando una variable independiente como es la rotación de los neumáticos posición uno y dos, teniendo como constantes las vías de acarreo en buenas condiciones, las presiones de inflado de los neumáticos, la sobrecarga de material en el volquete, la

temperatura del neumático; estos detalles son muy importantes en la vida de los neumáticos. Toromocho es una mina de tajo abierto, aplica la gran minería al igual que Toquepala, tiene camiones mineros gigantes de distinto tonelaje, marca y modelos, esta tesis es muy valiosa en su aporte para esta investigación en primer lugar hace visualizar distintas realidades que viven las mineras, por ejemplo, en Toquepala la vías se toman como una constante debido a que están bien mantenidas y no hay presencia de lluvias, en cambio, en Toromocho las vías son difíciles de mantenerlas especialmente en temporadas de lluvia. Además, estudia la rotación de las posiciones 1 y 2 para incrementar la vida de los neumáticos, objetivo que esta investigación persigue.

❖ ***A.2 Primera etapa lanzamiento (productos) masseygroup en Latinoamérica. Evaluación estrategia de entrada Greenfiel a la industria minera en Chile. Presentado por Luis Javier Venegas Núñez, tesis para optar el grado de Magister en gestión y globalización en la universidad de Chile, Santiago de Chile, 2010.***

El objetivo de este trabajo es realizar una evaluación estratégica y económica del proyecto “Lanzamiento de los productos MasseysPvt. Ltd en Latinoamérica a través de la modalidad Greenfield”. En la primera sección de este trabajo, se definió a Chile como el país de idónea entrada al mercado, principalmente por su desarrollo minero, estabilidad económica y política. Posteriormente, se realizó una descripción y análisis del entorno chileno y de la industria de neumáticos mineros, detectándose que existe una oportunidad real de entrada al mercado nacional. En la realización del plan de entrada al Mercado en modalidad “Greenfield”, se optó por minimizar el monto de inversiones, para lo cual se decidió no adquirir una Compañía ya existente en el Mercado local. El plan de marketing definió como segmentos estratégicos: Gran Minería y a las Empresas Contratistas. El mix de productos fue definido en base a los neumáticos más populares utilizados en cada segmento estratégico.

La inclusión de los productos será gradual, considerando un horizonte de 10 años. El posicionamiento estratégico se basa en la oferta de una solución de compromiso entre calidad y precio, con una mayor disponibilidad. La estimación de ventas consideró una penetración de hasta el 60% de la demanda actual y proyectada de los neumáticos consumidos en el segmento Contratistas, y de hasta el 15% del segmento Gran Minería. La evaluación económica mostró que realizar un Greenfield no resulta muy conveniente, con un VAN de US\$ - 23.000, descontado al 20%, y una TIR de 17%. Finalmente, se recomienda la opción de entrada en modalidad Exportación Directa, por entregar la mejor combinación de rentabilidad y control del proceso de entrada al Mercado local. Este trabajo me ayuda a visualizar como es el mercado de neumáticos en gran minería.

❖ ***A.3 Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto. Presentado por Manuel Arturo Vidal Loli, tesis para optar el título de Ingeniero de Minas en la pontificia universidad católica del Perú, Lima-Perú, 2010***

Esta tesis evidencia que en toda operación minera la parte del transporte del mineral y del desmonte hacia la planta de procesamiento y botadero respectivamente es crítica, ya que durante los años que dure el proyecto estas distancias (a planta y botadero) van a variar muy fuertemente. Es entonces, que gracias al planeamiento de minado enfocado al transporte en mina se pueden hacer cálculos y tener estimaciones como la cantidad de material que se espera mover año a año durante el tiempo de vida del proyecto, y que por lo tanto, ayuda a calcular el dimensionamiento de la flota que se hará cargo de este transporte, el cual se calcula que para el primer año es de 18 camiones, y se obtiene mediante el uso de parámetros de la operación como: tiempos de carguío de las palas, distancias a recorrer, factor de llenado, resistencia a rodadura, tiempos de descargue, pendientes de las vías, etc. contribuyendo como

información de entrada a un sistema que mediante variables y operaciones llega al cálculo óptimo de la flota y que se podrá apreciar con más detenimiento a lo largo del desarrollo de la tesis. Esta tesis amplía el conocimiento en cuanto a algunos factores que influyen en el desgaste de un neumático en este caso en un camión Caterpillar 797F de minera chinalco Perú.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 GENERALIDADES

Toromocho es una mina joven de tajo abierto, ubicada en la ciudad de Morococha (ver anexo 03). Según Minera Chinalco Perú S.A. [MCP] (parr1, 2009) “Cuenta con una planta concentradora que procesa aproximadamente 117,200 toneladas diarias de mineral y producirá, durante los 36 años de vida de la operación, un promedio de 1838 toneladas diarias de concentrado de cobre y 25.7 toneladas diarias de óxido de molibdeno”.

(...)Las exploraciones geológicas y el planeamiento de mina han determinado que el depósito Toromocho contiene una reserva de 1 526 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de cobre de 0,48%, una ley promedio de molibdeno de 0,019% y una ley promedio de plata de 6,88 gramos por tonelada, basado en una ley de corte de aproximadamente 0,37% de cobre(...) El plan de operaciones del Proyecto contempla la extracción mineral de una mina a tajo abierto utilizando métodos convencionales de explotación, usando palas y camiones para el transporte del mineral y/o desmonte. Knight Piésold Consultores S.A. (2009, P1)

Los camiones que se utilizan en minera Chinalco actualmente para el transporte del mineral y/o desmonte, son los modelos 797F, 777F y 777G de la marca Caterpillar, siendo los de mayor capacidad de tonelaje el modelo 797F. Todos estos camiones tienen la misma estructura de neumáticos 02 en el eje delantero y 04 en el eje posterior, sumado un total de 06 neumáticos por camión.

2.2.2 CAMION MINERO 797F CATERPILLAR

Según Caterpillar [CAT] (2012) El camión minero modelo 797F de la marca Caterpillar es el más nuevo y más grande de los camiones de la empresa Caterpillar para minería. Este modelo es la quinta generación del 797 con un nuevo motor potente y permite cargar hasta 363 toneladas métricas (400 ton. EE.UU.) y alcanzar una velocidad máxima de más de 67 Km/h con 7 marchas cargado. Se utiliza en minas de cobre, carbón, oro o mineral de hierro. Tiene una longitud de más de 15 metros, 9 metros de ancho y una altura de 7 metros con un peso de 600 toneladas, solo los neumáticos pesan 5 toneladas cada uno. Por tal razón se entiende que en Toromocho se eligió este camión como el principal vehículo de transporte de mineral y/o desmonte.



Figura 2.1: Camión 797F en toromocho

Según las especificaciones técnicas referente a neumáticos el fabricante recomienda neumáticos con tamaño estándar de 59/80R63 de marca Michelin o Bridgestone.

La distribución de neumáticos es la misma que el resto de camiones mineros, las posiciones de la llanta en los ejes se identifican con números del 1 al 6. En la mina Toromocho, la posición 1 es la llanta delantera izquierda, la posición 2 es la delantera derecha, la posición 3 es la Izquierda trasera externa, la 4 es la izquierda trasera interna, la posición 5 es la derecha trasera interna y la posición 6 es la izquierda trasera externa, la identificación numérica de las posiciones de los neumáticos es clave para realizar la rotación de neumáticos, para llevar un control de presiones, control de temperatura, y vida útil del neumático. *Según opina, Neuma Perú (comunicación personal, 05 de noviembre, 2016)*

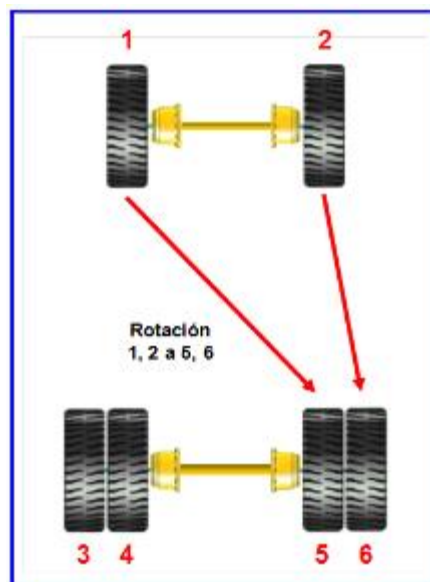


Figura 2.2: Dist. De Posición del neumático

2.2.3 NEUMATICO

De acuerdo al diccionario de la Real Academia de la Lengua (2016, parr1):

neumático: Pieza de caucho con cámara de aire o sin ella, que se monta sobre la llanta de una rueda.

Llanta:

1. f. Cerco metálico exterior de las ruedas de los coches de caballos y carros.
2. f. Pieza de hierro mucho más ancha que gruesa.
3. f. Pieza metálica central de una rueda, sobre la que se monta el neumático.
4. f. Am. **neumático**.

Un neumático (del griego *πνευματικός*, «relativo al pulmón», por el aire que lleva), también denominado cubierta, llanta (en américa), caucho o goma en algunas regiones, es una pieza toroidal de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía. La parte de caucho blando que se infla y llena de aire es la *cámara* (tubo con forma toroidal que se infla y va entre el neumático y la llanta o rin, es una cámara de aire). Hay neumáticos que no llevan cámara, es decir, que el aire a presión está contenido directamente por el neumático y la llanta. Wikipedia (2016, parr1)

Constituye el único punto de contacto del vehículo con el suelo y, por tanto, del neumático depende en buena medida 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. Pero para que eso sea posible, **el estado del neumático debe ser correcto**, sin cortes, grietas o deformaciones, y su presión de inflado debe ser la adecuada.

Una de las características básicas del neumático es la **elasticidad**, que es la responsable de que el neumático pueda soportar los enormes esfuerzos que le exige nuestra conducción diaria. También la **durabilidad**, que garantice que el neumático será capaz de realizar sus funciones durante una dilatada vida útil. Además, su agarre debe ser correcto sobre seco y sobre mojado. Circulaseguro (2016, parr 4)

PARTES DE UN NEUMÁTICO

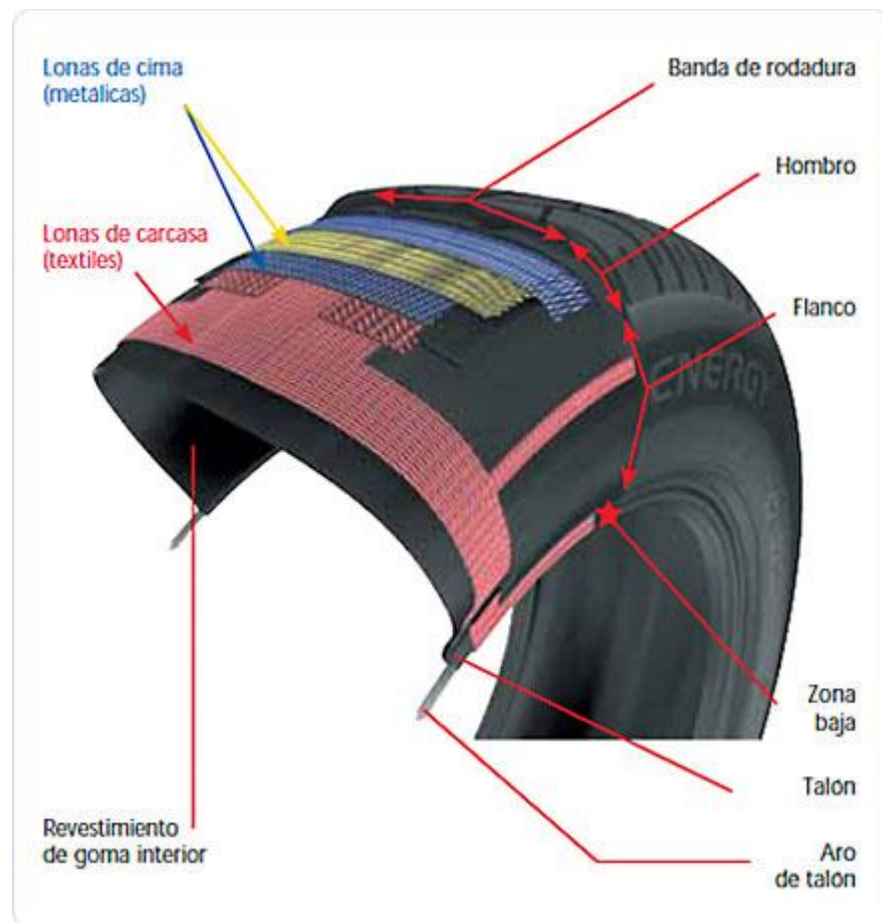


Figura 2.3: partes del neumático

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.

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 carretera.

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.

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.

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.

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.

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. Euromaster (2016, parr 2 - 9)

2.2.4 Consideraciones para elegir el neumático adecuado:

La comisión nacional de ahorro de energía [CONAE] y Michelin (p 4 - 6):

La elección de neumáticos no es trivial. En el mercado existen una variedad de fabricantes que ofrecen neumáticos OTR (off the road tires) para minería de tajo abierto. Sin embargo, si se desconocen

los factores básicos para elegir la llanta adecuada, a menudo se cometen errores que atentan contra la seguridad y la economía.

Saber elegir bien - según MICHELIN - los neumáticos fuera de carretera es fundamental para la obtención del máximo potencial de vida útil. A continuación se mencionan las etapas que se debe seguir según MICHELIN:

Etapas 1: Definir su uso

La clasificación internacional define 4 tipos de uso. La clasificación de su uso se indica en su flanco.

C: Compactadora

G: Grader (Motoniveladora)

E: Earthmoving (transporte)

L: Loader and bulldozer (cargadora y bulldozer)

Etapas 2: Analizar las condiciones de utilización y la naturaleza del suelo

Existen profundidades y formas de escultura diferentes. La selección del tipo de escultura depende básicamente del tipo de suelo y de las condiciones de utilización: adherencia, riesgos de corte, desgaste rápido. El rendimiento óptimo depende en gran medida de una correcta selección del neumático. La solución - según MICHELIN- más adecuada variará según su entorno.

1: Línea (profundidad de escultura o diseño de piso normal)

2: Tracción (profundidad de escultura normal)

3: Normal (profundidad de escultura normal)

4: Profunda (escultura profunda)

5: Muy profunda (escultura muy profunda)

7: Flotación (escultura normal)



Figura 2.4: Profundidad/cocada de neumáticos

Etapas 3: Conocer su TKPH



Figura 2.5: Diagrama de tipos de neumáticos según TKPH vs PISTA

Para seleccionar el neumático correcto, debe saber cuál es su TKPH. La TKPH (Tonelada-Kilómetro por Hora) es, en efecto, una característica esencial de la capacidad de trabajo de los neumáticos. Para una misma dimensión y una misma escultura, pueden existir varios tipos de goma, cada uno asociado a un TKPH diferente. Los valores de TKPH y TMPH figuran entre 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.

2.2.5 ¿COMO SE CALCULA EL TKPH neumático o TMPH neumático?

Según paredes (2008, p53-56) El TKPH neumático (o TMPH neumático) depende de la concepción de los neumáticos 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 (millas) permitidos a la hora por tipo de neumático y están dados para una temperatura ambiente normalizada de 38 °C (100 °F).

La relación que permite pasar de TKPH a TMPH es:

$$TMPH = TKPH \times 0,685$$

Para el cálculo del TMPH se emplea la “**tonelada corta**” que corresponde a 2000 lbs, es decir 907 kg.

TKPH explotación de base o TMPH explotación de base

Define la necesidad específica de la explotación y se obtiene por la relación:

$$TKPH (TMPH) \text{ explotación de base} = Q_m \times V_m$$

Dónde:

- Q_m = Carga media por neumático.
- V_m = Velocidad media de un ciclo en kilómetros (o en millas).

Carga media por neumático (Q_m)

Se obtiene por la relación

$$Q_m = \frac{(Q_c + Q_v)}{2}$$

Dónde:

- Q_c = peso por neumático, vehículo en carga, expresado en toneladas (TKPH) o en “tonelada corta” (TMPH).

- Q_v = peso por neumático, vehículo en vacío, expresado en toneladas (TKPH) o en “tonelada corta” (TMPH).

El cálculo de Q_m deberá efectuarse teóricamente *para cada neumático*. En la práctica se supondrá, ante la ausencia de medidas, que cada neumático de un mismo eje lleva la misma carga. En consecuencia el cálculo será efectuado tanto para el eje delantero como para el eje trasero. Utilizaremos en definitiva el valor del **Q_m** más elevado (p54).

En la mayoría de los casos, para los dumpers de dos ejes el reparto del peso total en carga (peso en vacío + carga útil) es del 33,3% para el eje delantero en sencillo y del 66,7% para el eje trasero en gemelo. En vacío es el eje delantero el más pesado. En consecuencia **Q_m** afectará casi siempre la posición delantera.

En definitiva, el estudio de la cantera (o las informaciones obtenidas), las pesadas, las características del constructor, serán los elementos de base que permitirán definir y validar las cargas por cubierta.

Velocidad media del ciclo de referencia (V_m). (p54)

Se obtiene por la relación:

$$V_m = L/H$$

Dónde:

- L = longitud del ciclo en kilómetros (TKPH) o en millas (TMPH), el ciclo de referencia debe ser aquel donde la velocidad media es la más elevada.
- H = duración del ciclo de referencia en horas.

TKPH real explotación o TMPH real explotación

Con la fórmula $Q_m \times V_m$, obtendremos el TKPH (o TMPH) explotación de referencia. Para obtener el TKPH (o TMPH) real en la explotación, debemos tener en cuenta otros dos parámetros:

- La longitud de los ciclos superiores a 5 km (o 3 millas),
- La temperatura ambiente.

Longitud del ciclo (L)

Para los ciclos > a 5 km (o 3 millas), aplicar al TKPH (TMPH) explotación de base el coeficiente “K1”. Estos valores están calculados en las tablas del Anexo 01.

Temperatura ambiente en la explotación (TA).

Para una misma velocidad, una temperatura ambiente en la explotación superior a 38°C (100 °F) aumenta el TKPH explotación. Inversamente, una temperatura inferior a 38 °C (100 °F) disminuye el TKPH (TMPH) real explotación.

El coeficiente “K2” a aplicar al TKPH (TMPH) explotación de base es:

Dónde:

$$K2 = \frac{V_m + [0.25 \times (TA - TR)]}{V_m}$$

- V_m = Velocidad media del ciclo del explotación.
- TA = Temperatura ambiente.
- TR = Temperatura referencia (38° C o 100° F). (*: Utilizar 0,086 para el cálculo del TMPH).

La temperatura ambiente explotación (TA) a tener en cuenta es «la temperatura máxima a cubierto» durante el transcurso de la jornada más calurosa.

- Para las temperaturas $T_A \geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($59\text{ }^{\circ}\text{F}$), ver tabla de coeficiente K2 en la tabla anexo 01 (**Tabla A.2**).
- Para las temperaturas inferiores a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (59°F), ver los coeficientes K2 en la tabla anexo 01 (**Tabla A.2**).

En resumen, para el cálculo del TKPH (TMPH) real explotación, actuar de la forma siguiente:

- Cálculo del TKPH (TMPH) explotación de base.
- Corrección para la longitud del ciclo $> 5\text{ km}$ (3 millas) con la ayuda del coeficiente K1.
- Corrección para la temperatura ambiente diferente a $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ (100°F) con la ayuda del coeficiente K2.

Es decir:

$$\text{TKPH (TMPH) real explotación} = \text{TKPH (TMPH) explotación de base} \times K1 \times K2.$$

Comparación TKPH (TMPH) neumático y TKPH (TMPH) real explotación:

(p56) Puesto que en la visita a la explotación, la elección de la escultura debe ser en función de la necesidad de tracción, protección y velocidad, se pueden dar dos casos:

- a) $\text{TKPH (TMPH) neumático} > \text{TKPH (TMPH) real explotación}$, el neumático conviene.
- b) $\text{TKPH (TMPH) neumático} < \text{TKPH (TMPH) real explotación}$: el neumático no conviene.

En este caso:

- Ver si puede ser compatible otra escultura o tipo.
- Analizar si puede llevarse a cabo una modificación de las condiciones de rodaje (Disminución de la carga y/o de la velocidad).

La llanta es térmicamente adaptada a uso si:

- ***TKPH llanta > TKPH real obra***
- ***Capacidad de trabajo de la llanta > trabajo solicitado en la obra***

2.2.6 NEUMATICOS NUEVOS SELECCIONADOS

Actualmente en Toromocho se está utilizando neumáticos nuevos originales de las marcas *Bridgestone*, *Michelin* y *Titán* y otras marcas que quedaron del año pasado, siendo las más utilizadas las 2 primeras marcas mencionadas. En cualquiera de las marcas se usa la misma medida de neumático recomendado por el fabricante del camión minero, el cual es **59/80R63**. Neuma Peru (2016, p4)

EJEMPLO DE NOMENCLATURA

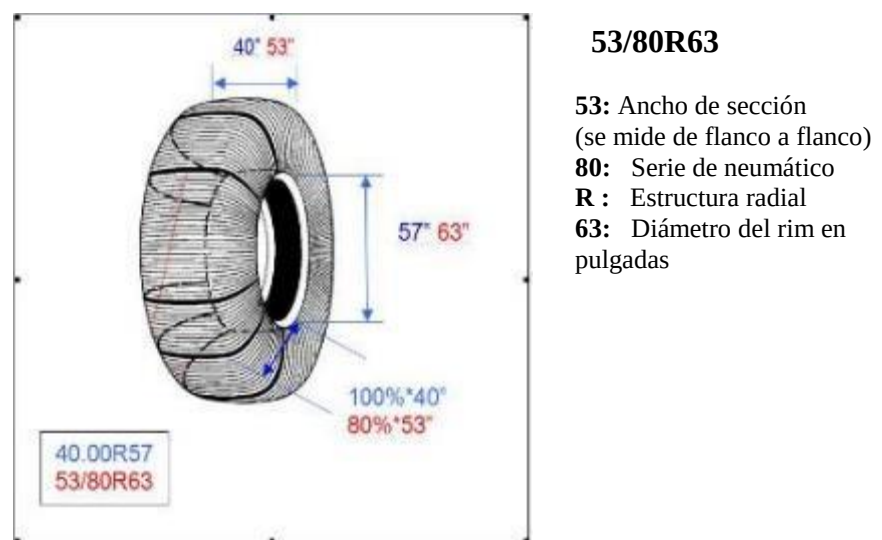


Figura 2.6: Nomenclatura de un neumático

BRIDGESTONE

En la marca Bridgestone se ha seleccionado los neumáticos VRPS (V-STEEL ROCK PREMIUM SERVICE) el cual es un neumático especialmente recomendado para trabajos en minas de cobre, hierro, oro y otros metales además tiene protección adicional contra el desgaste, los cortes y la perforación del neumático. (p8)

Tabla 2.1: especificación Bridgestone VRPS

Dimensiones	Tipo	Número de estrellas	Profundidad original de la banda de rodadura (mm)	Clasificación de la banda de rodadura del neumático
59/80 R 63	TL	2	116	E4

MICHELIN

En la marca Michelin el neumático seleccionado más utilizado en minera Chinalco Perú es el XDR² que tiene 3 características principales (p8):

- mayor duración del neumático
- resistencia superior a los cortes y agresiones
- sostenibilidad medioambiental mejorada

Tabla 2.2: especificación Michelin XDR²

DIMENSION	COMPUESTO
59/80 R 63 E4R TL **	B4, B, C4

EJEMPLO DE MARCAJE MICHELIN

MICHELIN 53 / 80 R 63 XDR E4R B4 TL

53 : Ancho de sección (se mide de flanco a flanco)
 80 : Serie de neumático
 R : Estructura radial
 63 : Diámetro en talones en pulgadas
 X : Radial MICHELIN
 DR : Forma de la escultura
 E4 : Referencia internacional
 R : Roca
 B4 : Material de la goma
 TL : Sin cámara, O TUBELESS.

2.2.7 Distintas construcciones de neumáticos

El neumático macizo

En las carretillas elevadoras, se utiliza el bandaje macizo desde

hace tiempo. Consta de un apilado de gomas con distintas propiedades con objeto de dotarle de la adherencia y la tracción necesaria. Se han podido ver sus limitaciones en una utilización intensiva: rápido desgaste, debido, tanto al importante calentamiento de la goma, como a riesgos de deterioro al paso de obstáculos. El neumático macizo se “rompe”. Paredes (2008, p25).

El neumático convencional

Un neumático convencional de estructura diagonal consta de capas textiles de nylon o de rayón, cruzadas unas con otras y unidas entre sí por una mezcla de gomas. El número de capas aumenta con la capacidad de carga exigida al neumático. En un neumático diagonal, las fricciones entre las capas provocan calentamientos perjudiciales, mientras que se observa una deformación de la superficie de contacto con el suelo, debido a una fuerte unión flanco / cima. De ello se desprende un desgaste más rápido y una menor adherencia. Este tipo de estructura presenta, asimismo, una mayor sensibilidad a las perforaciones. Paredes (2008, p25).

El neumático radial

Lo ideal era disociar el trabajo de los flancos y de la cima del neumático, y especializar cada una de sus partes, para que presenten mejores prestaciones. Asocia capas metálicas o textiles, que van de un talón al otro, a una cintura de lonas de acero indeformable que refuerza la cima del neumático. En resumen, la arquitectura 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. Paredes (2008, p25).

La carcasa del neumático radial está integrada por una o más

capas metálicas que van de un talón al otro. Está ceñida por tres o cuatro capas en la cima de acero indeformable. 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. (p26)

Es por ello que el neumático radial permite obtener mayor adherencia minimizando el deslizamiento, reduciendo, de este modo, le velocidad de desgaste. La cima del neumático radial cinturada resiste mejor a las agresiones y perforaciones. Su gran espesor de goma le asegura una mayor longevidad. Sus flancos, más flexibles, proporcionan mayor confort, sin que ello vaya en detrimento de la estabilidad, lo que aporta una mayor seguridad. (p26)

El neumático radial tubeless

Un neumático radial tubeless es un neumático que 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 tubetype (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 (butyl) garantiza su estanqueidad total. Paredes (2008, p26).

Las ventajas son muchas:

- 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 da tiempo a veces a llegar al taller de reparación). dado que el conjunto es perfectamente estanco, no hay riesgo de oxidación interior de la llanta.

2.2.8 Las grandes familias de neumáticos

Hay varias familias de neumáticos de Ingeniería, caracterizados por su relación de aspecto **H / S** (relación entre la altura del flanco y la anchura de sección del neumático) Paredes (2008, p26)..

Neumáticos estándar (serie 100)

La relación **H/S** es sensiblemente igual a **1**.

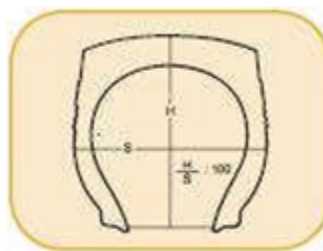


Figura 2.7: Serie 100

El ancho de sección se expresa en número entero de pulgadas.

Neumáticos anchos (serie 80)

La relación **H/S** es sensiblemente igual a **0,80**.

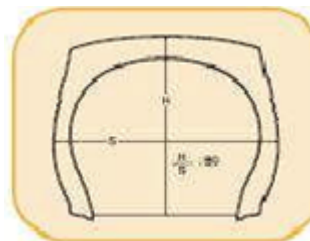


Figura 2.8: Serie 80

El ancho de sección se expresa: Bien en número entero de pulgadas y fracción de pulgadas.

Neumáticos anchos (serie <80)

Ejemplo: **serie 65**

La relación **H/S** es sensiblemente igual a **0,65**.

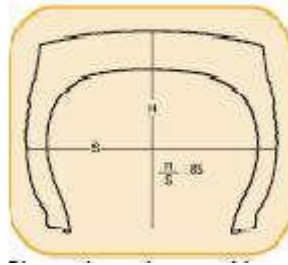


Figura 2.9: serie 65

El ancho de sección se expresa en número entero en pulgadas o en número entero en milímetros, seguido del número 65.

2.2.9 Tipos de Gomas

Según Michelin (2016, parr 3) y Paredes (2008, p28).:

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 sobresuelos 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.

Según Bridgestone:

Tabla 2.3: tipo de goma según Bridgestone

Servicio	Código Bridgestone	Estructura
Movimiento de tierras	1 A	Estándar
	2 A	Resistencia al Corte
	3 A	Resistencia al Calor
Grader	1 A	Estándar
	2 A	Resistencia al Corte
Cargadores y Dozer	2 A	Resistencia al Corte
	2 V*	Resistencia al corte especial (Tipo "V")
	2 Z*	Resistencia al corte especial (Tipo "Z")
Industrial		Estándar

Ejemplo:

Código Bridgestone significa:



2.2.10 Distintas profundidades de cocada

Se distinguen cuatro grandes categorías de neumáticos de Ingeniería, caracterizados por su profundidad de dibujo (o altura de banda de rodadura) diferente, y que se eligen con arreglo a

los usos y a las naturalezas del suelo.



Figura 2.10: profundidades de cocada

Tabla 2.4 Códigos de identificación normalizados según Michelin

Código de identificación normalizado			Dibujos MICHELIN que pueden asimilarse a las señales consideradas y que garantizan un servicio correspondiente
Índice	Dibujo	Utilización	
C1	LISO	COMPACTADOR	X LC
E1	REIBBED (rayado)	TRANSPORTE	X RIB
E2	TRACCIÓN		XGC - XHC - XLB - XMP - XS - XSNPLUS Índice E - XVC
E3	ROCA		XAD G5 - XADN - XHAD - XKB - XMS - XTS - XRB - XRDN
E4	ROCA (dibujo profundo)		XADT - XDC - XDM - XDT - XDR - XHD1 - X HAUL - X-QUARRY (S) - XKD1 - XRS - XZH
E7	"FLOTACIÓN"		X RIB - XS
G1	REIBBED (rayado)	NIVELADORA	XGLA2 - XMPS - XSNPLUS - XTLA
G2	TRACCIÓN		XHA - XHAD - XHF - XLD - XR - XRDN
G3	ROCA		XLDD1 - XRD1
G4	ROCA (dibujo profundo)		XLDD2
G5	ROCA (dibujo muy profundo)		
L2	TRACCIÓN	CARGADORAS BULLDOZER	XGLA2 - XM27 - XMPS - XSNPLUS - XTLA
L3	ROCA		XHA - XHAD - XHF - XLD - XKA - XRA - XRDN
L4	ROCA (dibujo profundo)		XZSL - STABIL'X XZSL
L5	ROCA (dibujo muy profundo)		XKD1 - XLDD1 - XMINE1 - XRD1
L3S	LISO		XLDD2 - XMINE2 - XRD2
L4S	LISO (dibujo grueso)		XSMDN
L5S	LISO (dibujo muy grueso)		XSMD1 XSMD2 - XSMD2+

2.2.11 Parámetros que influyen en la duración de los neumáticos

A un neumático se le exigen muchas cualidades, entre las que figuran:

- Resistencia al desgaste.
- Resistencia a los choques y a los cortes.
- Confort.
- Adherencia.
- Flotación.
- Tracción.
- Estabilidad.
- Baja resistencia a la rodadura.
- Que se pueda reencauchar.
- Que se pueda reparar.
- Resistencia al calentamiento.
- Resistencia a la carga.
- Resistencia a la velocidad.

2.2.12 Funcionamiento de un neumático

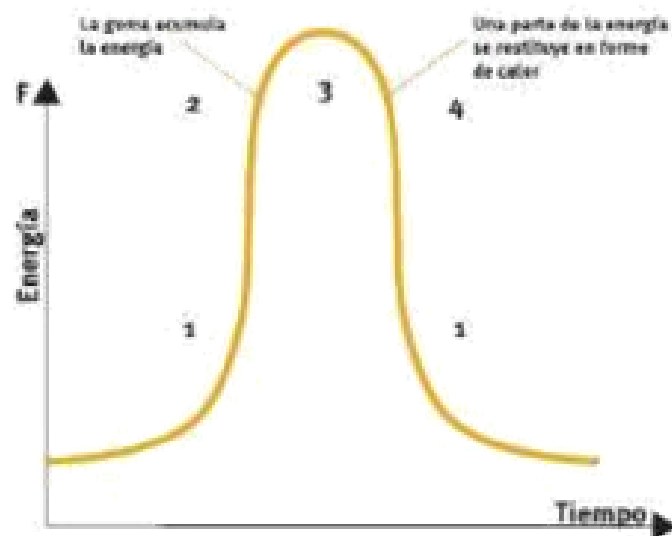


Figura 2.11: Diagrama de funcionamiento del neumático

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 (2008, p31).

Si la acción descrita más arriba es demasiado rápida, se puede superar la temperatura óptima de funcionamiento del neumático, lo que provoca una degradación del neumático.

El neumático, inflado con aire (o con nitrógeno), es el órgano de contacto entre el suelo y la máquina. Está sometido a numerosas tensiones:

- La presión.
- La carga.
- La velocidad.
- La temperatura
- La naturaleza de los suelos.
- El estado de las pistas.

El tipo de neumático más adecuado será el que permita reducir el conjunto de dichas tensiones sin favorecer a ninguna. Se trata, por tanto, de encontrar el mejor compromiso posible.

2.2.13 Límite de utilización económica del neumático

Es el límite por encima del cual ya no es óptima la utilización del neumático. Es el resultado de la combinación carga / presión que permite un uso económico del neumático dentro de los siguientes límites. Paredes (2008, p31):

- Carga máxima para un rendimiento óptimo.
- Mejor resistencia a las agresiones (choques, cortes, desgastes, etc.).

Se puede utilizar neumáticos por encima del límite de utilización económica del neumático (cumpliendo los valores indicados en las tablas carga / presión sin sobrepasarlos); pero ello provocará una disminución en la duración de vida del neumático y una

disminución de la resistencia a las agresiones.

Con objeto de poder trabajar en las mejores condiciones, se debe realizar lo siguiente:

- Pesar las máquinas por ejes, en trabajo.
- No sobrepasar nunca la distancia máxima que puede recorrer el neumático en una hora.

2.2.14 Descripción de las principales causas de deterioro

Un gran número de neumáticos para uso de Ingeniería se deterioran como consecuencia de Neuma Peru (2016, parr4 - 8) y Michelin (2016, p16):

Un 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 rodamiento, y una mayor sensibilidad a los choques y a los cortes.

Sobrecarga

Desgaste prematuro de la banda de rodamiento, sensibilización 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 rodamiento.

Pueden influir también estos dos factores:

- ✓ Choques importantes o combinación de los elementos anteriores.

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

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

Siempre es preocupante una separación entre elementos de los neumáticos. Por lo general, es consecuencia de un calentamiento excesivo debido a una de las causas enumeradas más arriba.

2.2.15 Factores que influyen en la duración de vida de los Neumáticos

La temperatura interna de funcionamiento

Cuando un neumático rueda, se calienta 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).

Como consecuencia, conviene comprobar si dicha elevación de temperatura no es tal que perjudique excesivamente al neumático. Paredes (2008, p33).

Influencia de la presión en la duración de un neumático

La presión es uno de los factores esenciales para la duración de vida de un neumático.

Presión insuficiente: Una presión insuficiente produce valores más elevados de compresión de la estructura del neumático, un aumento del rozamiento de los elementos internos y (a igual velocidad y carga) sobrecalentamiento de todo el neumático. A causa un neumático desinflado, el sobrecalentamiento puede alcanzar valores tales de provocar hasta un colapso completo de la estructura del neumático provocando condiciones de grave peligro. La presión insuficiente produce a su vez un desgaste más rápido e irregular, ya que la distribución de la presión específica en el suelo, bajo el área de impresión de la banda de rodamiento cambia. Una presión insuficiente modifica también la capacidad de la estructura del neumático de oponerse a las fuerzas externas que tienden a alterar la trayectoria definida, haciendo que el control del vehículo sea más difícil. Neuma peru (2016, p5)

Presión excesiva: Una presión de inflado excesiva provoca también un desgaste rápido e irregular, con mecanismos análogos al caso de la presión insuficiente, pero no produce sobrecalentamiento. El exceso de presión, además de ser fuente de un menor confort, puede influir en el control del vehículo modificando la capacidad del neumático de absorber las asperezas de la vía y reduciendo la adherencia, como producto de la reducción de la impresión en tierra de la banda de rodamiento. Neuma peru (2016, p5)

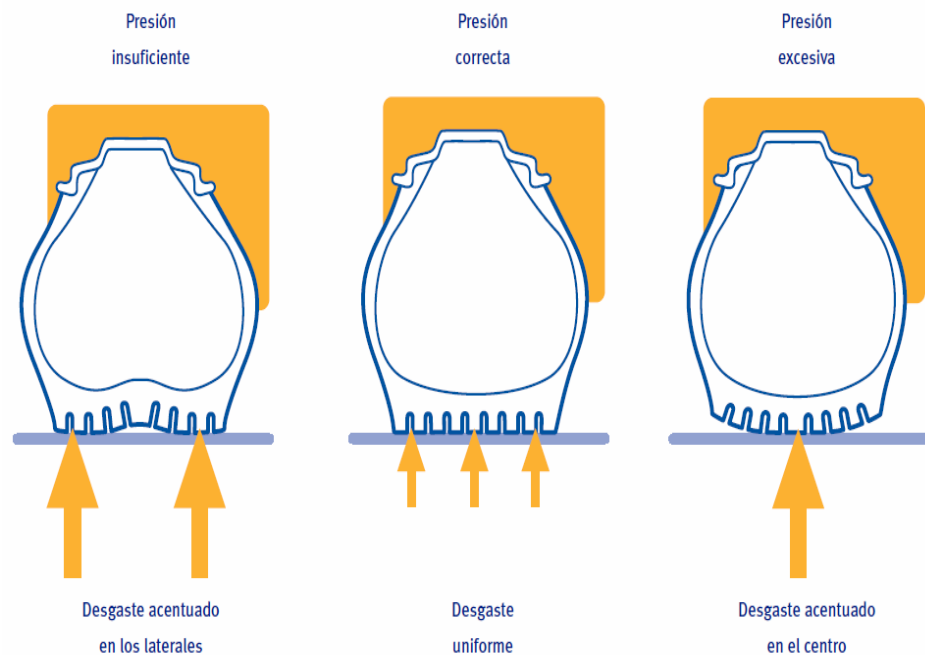


Figura 2.12: Influencia de la presión en el neumático

A título indicativo

- ❖ Un inflado insuficiente en un 10% reduce la duración del neumático en un 10%.
- ❖ Un inflado insuficiente en un 20% reduce la duración del neumático en un 25%.
- ❖ Un inflado insuficiente en un 30% reduce la duración del neumático en un 50%.
- ❖ Un sobre inflado de un 10% reduce la duración del neumático en un 5%.
- ❖ Un sobre inflado de un 20% reduce la duración del neumático en un 10%.
- ❖ Un sobre inflado de un 30% reduce la duración del neumático en un 20%.

Observación: Una reducción de la duración en un 50% significa una duplicación del consumo en neumáticos y, por consiguiente, un presupuesto en neumáticos multiplicado por dos.

Influencia de las condiciones climáticas

Dependiendo de que la temperatura sea más o menos elevada o

de que el clima sea seco o húmedo, el neumático soportará las consecuencias.

Posición de los neumáticos en el vehículo

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 (2008, p36)

Diferencia ente los diámetros de los neumáticos montados sobre el vehículo

Un diámetro diferente (desgaste diferente, neumáticos de tipos o de marcas distintas) entre dos neumáticos de un conjunto de ruedas gemelas (máquinas de transporte) o entre eje delantero y eje posterior (cargadoras) genera un desgaste más rápido e irregular del conjunto de los neumáticos. Paredes (2008, p36)

La sobrecarga

A veces encontramos una sobrecarga en los neumáticos, sobrecarga que se debe, a veces, a la naturaleza y al estado del material transportado, así como a la forma en que se efectúa la carga. Paredes (2008, p36)

La conducción de la máquina

La manera de conducir la máquina influirá en la duración de los neumáticos. Paredes (2008, p36). En efecto, la frecuencia:

- De los frenazos brutales y repetitivos.
- De las bruscas aceleraciones.
- De las curvas tomadas a gran velocidad (aumento excesivo del calentamiento).
- Del patinazo de las ruedas motrices (caso de los scrapers durante la carga).

- De la mala conducción de una cargadora durante la carga (patinazo de las ruedas) se reduce de forma espectacular la vida de los neumáticos.

La duración y la longitud de los ciclos

Unos ciclos largos, sobre todo en pistas acondicionadas, favorecen velocidades elevadas y, por tanto, importantes elevaciones de la temperatura en el interior de los neumáticos.

Lo mismo ocurre cuando es importante el tiempo de rodaje en comparación con el tiempo de reposo del vehículo. Paredes (2008, p37)

El mantenimiento mecánico de los vehículos

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

- Unos frenos defectuosos, hacen que se calienten excesivamente las ruedas metálicas y, por tanto, los neumáticos.
- Un paralelismo incorrecto de las ruedas directrices de una máquina de transporte.
- Holgura en las manguetas, rótulas, pivote, etc.

En estos dos últimos casos, el neumático se desgastará de una forma anormalmente rápida. Para simplificar, los neumáticos de un mismo eje ya no estarán en paralelo y no rodarán sobre el suelo, sino que resbalarán por encima. Paredes (2008, p37)

El trazado y el mantenimiento de las pistas

Según Paredes (2008, p37, 38). El perfil de las pistas, longitudinal y transversal, la forma y el trazado de las curvas, así como la importancia de las pendientes, tienen una importancia significativa en la sobrecarga dinámica (en el caso de subida o bajada con carga) y en el ripado de los neumáticos, favoreciendo la

separación de la banda de rodamiento de la carcasa.

Una pendiente en descenso (descenso con carga de una máquina de transporte) incrementará la carga sobre el eje anterior con el valor de la pendiente.

Una pista inclinada, en línea recta, o en curva con peralte incrementara de forma significativa la carga soportada por los neumáticos situados en el lado contrario al peralte.

Un mantenimiento regular de las pistas, la limpieza de las áreas de carga y la retirada de cualquier obstáculo (rocas caídas durante el transporte, residuos, etc.) preservan los neumáticos de accidentes tales como choques, cortes, perforaciones, etc.

La determinación de la presión y el asegurar su conservación son vitales para optimizar el servicio prestado por el neumático y la longevidad del mismo.

En una obra, las agresiones de todo tipo para el neumático son permanentes. Pero cualquier cambio en las condiciones de explotación, naturaleza del suelo, longitud de los ciclos y perfil de las pistas puede hacer inadecuado a un neumático que había dado Resultados plenamente satisfactorios hasta entonces. Por lo general, es necesario volver a hacer un estudio de la obra.

2.2.16 Importancia de la presión de inflado

Según Paredes (2008, p40). Tenemos la costumbre de presentar el aire como uno de los constituyentes del neumático.

En efecto, la presión de inflado adecuada es de una importancia vital para:

- El buen comportamiento del conjunto máquina neumático.
- El buen rendimiento de los neumáticos.

El aire a presión, en cantidad suficiente, permite al neumático soportar la carga en buenas condiciones. La justa presión da la cantidad de aire necesaria para un funcionamiento óptimo del neumático.

LA PRESION JUSTA

Según Paredes (2008, p40). **Los elementos necesarios para determinar la presión justa**

La actuación más rigurosa consiste en pesar, neumático por neumático, o bien, eje por eje, los vehículos con carga, y en consultar las documentaciones técnicas de los neumáticos de que se trate.

A falta de elementos reales conocidos para determinar una presión (resultados de los pesajes, condiciones de rodaje, etc.), podemos indicar, habida cuenta de las condiciones de empleo previstas por los fabricantes, presiones básicas para la mayoría de las máquinas.

Factores que pueden provocar una corrección de las presiones básicas

Unas condiciones particulares de utilización pueden conducir a adaptar el consejo de presión básica. Entre los factores que pueden originar una corrección, conviene distinguir:

- **Necesidad de “flotación”**

Es decir, mejora de la aptitud para rodar por suelos inconsistentes. En este caso, se puede corregir la presión a la baja, quedando, no obstante, dentro de los límites de las escalas carga / presión de la documentación técnica.

- **Riesgos de cortes y arrancamiento**

Para utilizaciones con riesgo de corte, una presión demasiado elevada acrecienta la sensibilidad de la carcasa y banda de rodamiento a los choques, cortes y arrancamientos. También en este caso, se puede corregir la presión a la baja,

permaneciendo, no obstante, dentro de los límites de las escalas carga / presión de la documentación técnica.

- **Diferencia de temperatura entre el lugar donde se inflan los neumáticos**

(local de mantenimiento, por ejemplo) y el lugar de utilización de estos neumáticos. No obstante, hay una excepción, cuando existen diferencias a la temperatura ambiente en el momento del inflado y la temperatura ambiente en el momento de la utilización, conviene hacer algunas correcciones.

Presión de los neumáticos en frío: es la presión con la que se inflan los neumáticos, pero en campo las mediciones de dichas presiones se realizan en caliente, para eso debemos de tener en cuenta que las presiones en caliente son aproximadamente el 20% más.

Presión de los neumáticos en caliente: 20% más de la presión en frío.

2.2.17 Métodos de inflado

El inflado con aire

Es el medio más corrientemente utilizado. La utilización del aire ambiente para inflar los neumáticos es ideal en la gran mayoría de usos. No obstante, conviene destacar dos precauciones: el caudal del compresor ha de ser suficiente (43 m³/h para una presión de 12 bar mínimo) y el tamaño del depósito, adecuado a la dimensión de los neumáticos. Paredes (2008, p41).

El inflado con nitrógeno

¿Por qué inflar con nitrógeno?

El nitrógeno puede utilizarse para el inflado de neumáticos con vistas a eliminar el riesgo de combustión interna del neumático, con el riesgo asociado de una explosión. El inflado con nitrógeno suprime dicho riesgo, al eliminar el oxígeno que es necesario para la combustión y la explosión. Paredes (2008, p41).

Observación: cuando la temperatura es anormalmente elevada (del orden de 250°C), el caucho entra en combustión interna, fenómeno que se denomina pirolisis.

Las consecuencias del fenómeno de pirolisis son dobles:

- Emanaciones de vapores inflamables (metano e hidrógeno).
- Aceleración de la elevación de la temperatura dentro del neumático.

En determinadas condiciones, la temperatura dentro del neumático puede alcanzar el punto de auto inflamación de la mezcla gaseosa de la pirolisis del caucho. El resultado es la explosión del neumático, cuyos efectos son mucho más devastadores que un pinchazo instantáneo, conocido con el nombre de reventón. Paredes (2008, p42).

Nota: las temperaturas excepcionales mencionadas más arriba sólo pueden alcanzarse con una aportación externa de energía:

- Vehículo alcanzado por un rayo.
- Vehículo atravesado por un arco eléctrico (al pasar demasiado cerca de una línea eléctrica).
- Soldadura junto a un neumático.
- Calentamiento excesivo de órganos mecánicos (transmisión motores eléctricos y frenos, por ejemplo, o incluso cuando se calientan las tuercas de apriete de las ruedas).
- Ambiente caliente, como el de una acería.
- Recalentamiento del neumático provocado por un inflado insuficiente, una sobrecarga, el sobrepasar el límite de

velocidad del neumático o una asociación de estas tres situaciones.

Ventajas

Como menciona Paredes (2008, p42). El nitrógeno es un gas neutro no combustible. El inflado de los neumáticos con nitrógeno refuerza la seguridad. Aporta un mejor mantenimiento de la presión de inflado en el tiempo. El nitrógeno, gas neutro, se difunde más despacio que el oxígeno a través de las gomas. Inflado con nitrógeno, el neumático pierde su presión más lentamente que si está inflado con aire.

El inflado con nitrógeno limita los riesgos de oxidación de los constituyentes del neumático (gomas, cables, etc.) y del material de hierro (llantas).

¿En qué casos aconsejar el inflado con nitrógeno?

Por motivos evidentes de seguridad, este inflado se aconseja sistemáticamente en los siguientes usos:

- Trabajo en atmósfera con riesgos de explosión.
- Trabajo sobre o junto a materias incandescentes (fundiciones, acerías, fábricas de vidrio).
- Trabajo con riesgos de que se produzcan arcos eléctricos (proximidad de líneas o cables de alta tensión, rayo).
- Trabajo que pueda originar un importante calentamiento de los neumáticos, como consecuencia de: rodaje intensivo (velocidad, distancia, intensidad de los ciclos), transmisión importante de calor del motor, de los cubos de rueda, de los frenos.

Conclusión

Según Paredes (2008, p43). El inflado de un neumático con nitrógeno previene el riesgo de explosión, al suprimir o reducir la

proporción de oxígeno (el O₂ es un gas necesario para la combustión de un cuerpo) en el interior del neumático. El inflado con nitrógeno reduce los efectos de la pirolisis de los neumáticos, pero no suprime las causas de la misma.

El inflado con nitrógeno (con todo rigor deberíamos hablar de desoxigenación de la mezcla de inflado) ha de fomentarse, en especial, para las utilizaciones extremas.

Para los demás casos, dependiendo de las condiciones de utilización y de mantenimiento, un estudio particular permitirá determinar el método de inflado más adecuado.

2.2.18 Elementos que componen un neumático

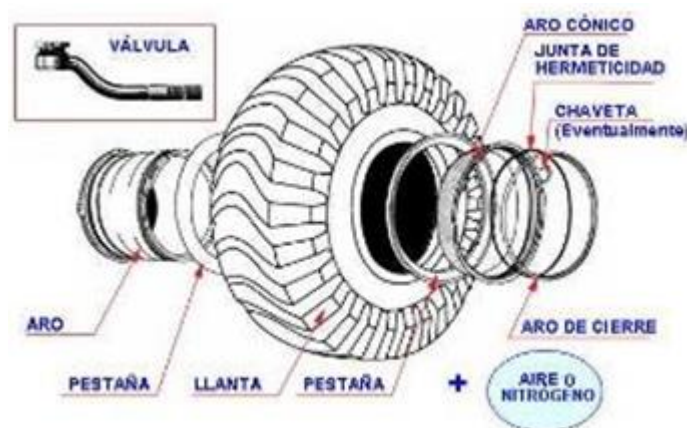


Figura 2.13: Elementos del neumático

➤ **Válvula:** llamada también pitón, se compone de:

Base: es la parte que se fija sobre el aro, en el orificio de generalmente 20.0 mm (3/4pulgada) previsto en el aro.

La hermeticidad con el aro se debe a una junta de caucho, la cual es necesaria lubricarla. La base se fija con una tuerca, la cual se tiene que torquear con una llave hexagonal o plana, NO con una llave “inglesa” cuya palanca es demasiado larga. Paredes (2008, p45).

Dependiendo del fabricante del aro, su **base** puede ser un **niple**, lo que es bien diferente, ya que el niple se coloca con TEFLON, como medio hermético entre el aro y el mismo. (p45)

- **Interior de Válvula (aguja)**, es la pieza equipada con un resorte, roscada dentro del cuerpo de la válvula, impidiendo la salida del aire por el “tubo” o cuerpo de la válvula. (p46)
- **Tapón**, llamado “tapa”, asegura entre otras cosas, la hermeticidad en caso de ligera fuga por el interior de válvula, ya que bien puesta, la arandela de caucho en su interior impide toda fuga. (p46)

NOTA: Todos los o’ring o jebes de caucho interiores o exteriores a las válvulas, alargaderas, etc. se lubrican antes de roscarlas.

- **Aro:** llamado también “rim” (influencia USA) es el conjunto base (“cilindro”) +2 pestañas o “flanges” + anillo cónico (corbata - aro cónico) + seguro de cierre. (p46)
 - **Aro de cierre:** aro metálico abierto que tiene como misión sujetar el aro cónico; es una especie de gran “clip”.
 - **Aro cónico:** parte metálica móvil de una llanta multipiezas, que tiene como función sujetar el neumático sobre la llanta.
- **Chaveta:** Pieza metálica, generalmente en cruz, introducida entre otras dos piezas soladas a los aros cónico y lateral con el fin de hacerlas solidarias en rotación. La chaveta se utiliza para hacer solidarios en rotación el aro lateral y la llanta, con objeto de evitar todo tipo de rotación respecto a la llanta. Es una pieza metálica que se coloca en los aros de los cargadores y toritos, para evitar los movimientos, desplazamientos, del anillo cónico sobre el aro. (p46)

2.2.19 Terminología del neumático

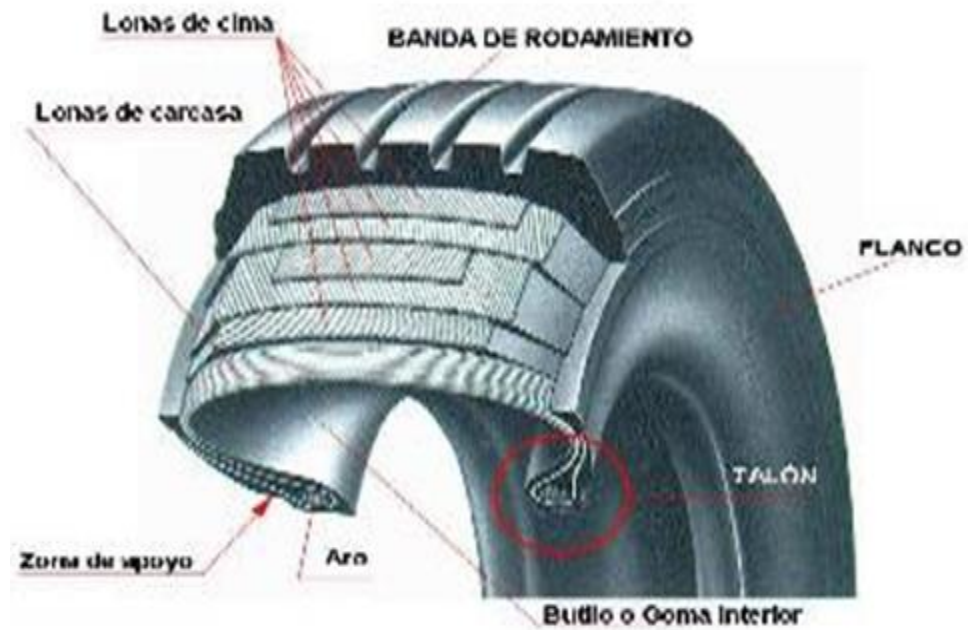


Figura 2.14: Terminología del neumático

Marcajes

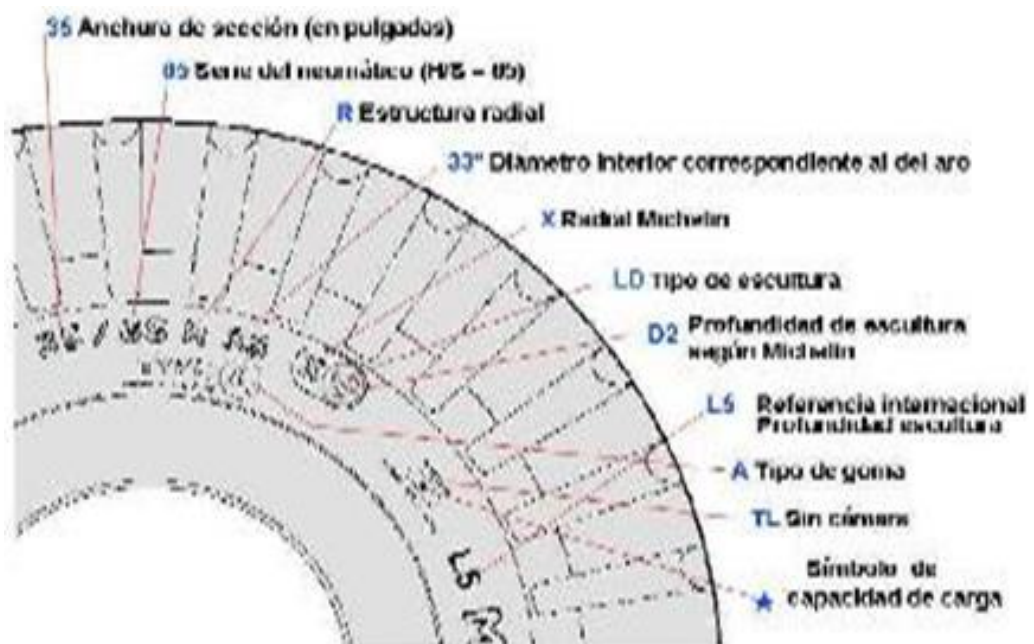


Figura 2.15: Marcajes de Neumático

2.3 BASES CONCEPTUALES

2.3.1 Incremento de la vida útil del Neumatico

La **vida útil** del neumático del camión 797F es la duración estimada que dicho neumático puede tener, cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creado. Por lo que al incrementarla alargamos su duración estimada y por lo tanto el costo operativo se reduce, Sus dimensiones son: horas de duración.

En el año 2014 la vida útil del neumático retirado solo por desgaste fue de 3722 horas y en el año 2015 la vida útil del neumático retirado solo por desgaste fue de 4688 horas. Para el año 2016 se tubo como meta llegar a 5500 horas.

2.3.2 Reduccion de costos operacionales

Los **costos** de operación son los gastos que están relacionados con el funcionamiento del neumático. Ellos son el **costo** de los recursos utilizados por minera Chinalco Peru gerencia de mantenimiento y operaciones mina sólo para mantener su existencia. Sus dimensiones son: dolares por hora

Este costo de operación toma en cuenta los siguientes gastos:

- costo del neumático original
- costo de traslado desde Lima a la mina Toromocho
- costo de instalación y seguimiento por Neuma Peru
- costo de reparación
- costo de reencauchado

En esta investigación solo se está tomando en cuenta el costo del neumático original más su traslado e instalación.

2.3.3 Neumaticos retirados a scrap

Scrap: se refiere a que un neumático es descartado/desechado como si se enviara a la chatarra.

En minera Chinalco Peru – Toromocho los neumaticos pueden ser enviados a scrap por diferentes motivos: desgaste, impacto, corte, etc. pero lo que interesa es que en mayor porcentaje los neumaticos deben ser retirados por desgaste normal despues de lograr incrementar su vida util para asi reducir costos, sus dimensiones son: en porcentaje.

2.4HIPÓTESIS

2.4.1 Hipótesis general

Si Incrementamos de la vida útil de neumáticos podemos reducir costos de operación en camiones Caterpillar 797F en Toromocho - Chinalco Perú a través de análisis de los factores internos y externos.

2.4.2 Hipótesis específicas

- ❖ Si determinamos los factores internos podemos reducir el acelerado desgaste de los neumáticos de un camión minero Caterpillar 797F de minera Chinalco Perú.
- ❖ Si determinamos los factores externos podemos reducir el acelerado desgaste de los neumáticos de un camión minero Caterpillar 797F de minera Chinalco Perú.
- ❖ Si determinamos las estrategias o controles para minimizar, controlar o eliminar el desgaste podremos incrementar la vida útil de los neumáticos de un camión minero Caterpillar 797F de minera Chinalco Perú.

2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2.5 Operacionalización de la variable dependiente

Variable Dependiente: Reducción de costos de operación de neumáticos de camión 797F		
Definición conceptual	Dimensión	Indicador
Los costos de operación de neumáticos en un camión 797F son los gastos necesarios para mantener un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto. Entonces una reducción de costos de operación de neumáticos aumentará dicho beneficio.	Neumático nuevo original 59/80R63 - Michelin o Bridgestone	No exceder el consumo planeado de neumáticos original durante el año 2016 NO debe EXCEDER de 15 \$/hora

Tabla 2.6: Operacionalización de la variable independiente

Variable Independiente: incrementar la vida útil		
Definición conceptual	Dimensión	Indicador
La vida útil es la duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado. Normalmente se calcula en horas de duración, por lo tanto incrementar la vida útil del neumático de un camión 797F CAT significa alargar las horas de duración de dicho neumático	Horas de un Neumático nuevo original 59/80R63 - Michelin o Bridgestone	Incrementar a 5500 hrs
Fuente: elaboración propia.		

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizará el método Descriptivo debido a que en base a los datos obtenidos responderemos a la pregunta ¿Cómo incrementaremos la vida útil de los neumáticos en camiones 797F en minera Chinalco Perú?

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se realizará una investigación básica porque se ampliará el conocimiento científico para solucionar el problema de desgates en los neumáticos de camiones CAT tomando en cuenta las variables que satisface el buen uso de los mismos, que conlleva reducir costos de operación.

3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Se realizará una investigación descriptiva porque describiremos los objetos tal como se comportan en los neumáticos en las carreteras de minera chinalco.

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se realiza mediante una evaluación técnica, porque se está evaluando técnicamente el desgaste de los neumáticos para dar solución al problema de incremento de costos de operación.

Diagrama:

EE	X	O1
EC	x	O2

Dónde:

EE: desgaste de los neumáticos en condiciones nuevos.

EC: desgaste de neumáticos sin control de los factores internos y externos.

X: transporte de carga con camiones 797F Cat.

O1: Observación de neumáticos con desgaste normal

O2: Observación de neumáticos con desgaste anormal

3.4 POBLACIÓN, MUESTRA O UNIDAD DE OBSERVACIÓN

3.4.1 POBLACION

La población objeto de la investigación estará constituida por todos los camiones 797F Caterpillar existentes en la mina Toromocho, Chinalco Perú, de acuerdo al terreno de trabajo y la carga aplicada.

3.4.2 MUESTRA

Para efectos de recolección de la información se tomará en cuenta como muestra los neumáticos de los camiones Caterpillar 797F *rodando*. El tamaño de la muestra ha sido estimado a partir de los registros de Minera Chinalco Perú y su colaborador Neuma Perú.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Técnicas de recolección de datos.

Tabla 3.1: Técnicas de recolección de datos

Enfoques De investigación	Métodos de contacto	Plan de muestreo	Instrumentos De investigación
Observación	Teléfono	Unidad de muestreo	Cuestionario
Encuesta	personal	Tamaño de muestra	Instrumentos
Otros	Correo	Muestreo	Instrumentos

FUENTE: Libro de Metodología de Investigación Tecnológica

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Tabla 3.2: Instrumentos de recolección de datos

Instrumentos De investigación
Internet
Apuntes
Instrumentos
computadora
USB

3.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

El análisis a seguir para trabajar los datos, se puede optar por diferentes opciones, no existiendo una forma ideal de realizar. Por ejemplo, se puede optar la siguiente técnica:

Tabla 3.3: Procedimiento de recolección de datos

Método	Estrategia de análisis	Propuestas	Objetivo de análisis
Técnica	Análisis estructural	Neumático Camión minero 797F CAT	Identificar el material
Científica	Análisis de variables	Calculo de la media aritmética	Identificar ecuaciones

FUENTE: Libro de Metodología de Investigación Tecnológica

CAPÍTULO IV

ANALISIS DE FACTORES INTERNOS, EXTERNOS Y ESTRATEGIAS

4.1 DETERMINACION DE FACTORES INTERNOS

4.1.1 PRESION DE INFLADO DEL NEUMATICO

En minera Chinalco se da una considerable importancia a la presión de inflado del neumático, ya que es clave para incrementar la vida útil del neumático del camión minero Cat 797F.

4.1.2 TEMPERATURA DEL NEUMATICO

Los neumáticos de los camiones 797F Cat, miden 4,3 metros de diámetro y soportan una carga superior a 100.000 kilos cada uno. Dado que estos neumáticos están en constante movimiento y fricción con distintas superficies bajo presiones extremas, dichas condiciones provocan un aumento de temperatura en su interior, lo cual afecta directamente su rendimiento. Además, una presión de inflado insuficiente conlleva **una elevación anormal de la temperatura de funcionamiento**, lo que puede provocar una degradación irreversible de los componentes internos y provocar la destrucción del neumático con un desinflado rápido.

4.2 DETERMINACION DE FACTORES EXTERNOS

4.2.1 VIAS DE TRANSPORTE DE LA MINA

En minera Chinalco Perú el estado de vías por donde se traslada el camión 797F Cat es *crítica e inestable* debido a que en la zona el clima es variado. Especialmente en épocas de lluvia las vías se deterioran con rapidez formándose baches e irregularidades que disminuyen la vida del neumático. Los charcos de lodo que se forman imposibilitan la visibilidad de baches y rocas, generando el riesgo de impactos y cortes.

4.2.2 CICLO DE TRANSPORTE

El tajo en la mina Toromocho, va cambiando constantemente esto genera que los ciclos de traslado del mineral también cambien y se extiendan los kilómetros que tiene que recorrer el camión minero 797F, este fenómeno afecta a la vida del neumático, el desgaste es más acelerado debido a incrementos de temperatura por el largo trayecto.

El tajo en estos 3 años de operación ha crecido a pasos agigantados, sin embargo, aún se podría decir que la mina es joven y los ciclos de transporte son menores comparando con otras minas como Cerro verde, Toquepala, etc.

4.2.3 CLIMA

El clima en minera Chinalco Perú, es cambiante. Como se puede visualizar en el mapa de ubicación de la mina en el anexo 03, la ubicación de la mina está cerca de Ticlio, lugar conocido por sus heladas, nieve, granizo y lluvias copiosas acompañadas de rayos y truenos, en época de invierno entre diciembre y marzo las lluvias son más continuas.

Este tipo de clima afecta directamente al estado de las vías y por ende a los neumáticos que se trasladan por ahí.

4.2.4 CARGA EXCESIVA DE MINERAL O DESMONTE

La capacidad de carga útil de mineral o desmonte que puede trasladar según las especificaciones del fabricante del camión 797F es de 363 Toneladas métricas.

En la mina Toromocho se observa que los camiones llevan cargas mayores a 400 toneladas, algunas veces se observó que las cargas no estaban distribuidas homogéneamente, el cual genera un desgaste no uniforme del neumático y perjudica el control que lleva el especialista concerniente al desgaste del neumático según sus posiciones.

4.2.5 OPERATIVIDAD DEL EQUIPO

4.2.5.1 VELOCIDAD

Según especificación del fabricante el camión 797F puede trasladarse hasta 67.6 km/h. sin embargo, teniendo en cuenta la geología de la mina y el constante cambio del tajo donde hay terreno recto, rampas y curvas, adicional a esto se debe tomar en cuenta cuando el camión va con carga o sin carga y el estado del clima.

Si no se respeta el procedimiento establecido referente a velocidad se corre el riesgo de que la banda de rodamiento del neumático del camión minero 797F se desgaste con celeridad o se desprenda, que la temperatura interna del neumático aumente.

4.2.5.2 FRENADO Y PATINAJE DE NEUMATICOS

Estos camiones están fabricados para trasladar grandes toneladas de material. Por tal motivo, si se frena constantemente o de manera abrupta se corre el riesgo que el neumático eleve su temperatura interna y pueda explotar e incendiarse

Por otro lado, si el operador del camión realiza una mala maniobra y hace patinar los neumáticos esto generara que el neumático acorte su vida útil.

4.3 ESTABLECIENDO ESTRATEGIAS Y/O CONTROLES

4.3.1 ROTACION DE NEUMATICOS

Esta estrategia tiene como objetivo asegurar que los cambios de neumáticos se realicen por desgaste y relacionarlo con horas de trabajo, así como también generar el abastecimiento de neumáticos en base a proyecciones de consumo que resulten del modelo de rotación de neumáticos por tal motivo generar suficiente stock de neumáticos para evitar el uso de neumáticos nuevos en posiciones penalizantes.

Por lo tanto para los camiones CATERPILLAR 797F el procedimiento que se sigue es el que se detalla a continuación:

- Cambiar los neumáticos delanteros, posiciones 1 y 2, cuando estos se desgasten en 30% o más. Si estos se encuentran en buen estado, pueden permanecer en posiciones delanteras hasta el 50% de desgaste. En su reemplazo colocar neumáticos nuevos. Para temporadas de lluvia la rotación debe realizarse al 30% de desgaste.
- Los neumáticos que salen de posiciones 1 y 2 se instalarán en posiciones 5 y 6, y permanecerán allí hasta el 60% de desgaste, luego se rotarán a las posiciones 3, 4 y permanecerán en esas posiciones hasta el final de su vida por desgaste (aproximadamente 80 - 90% de desgaste). El diagrama general de rotaciones para los camiones rígidos se resume en la siguiente gráfica:

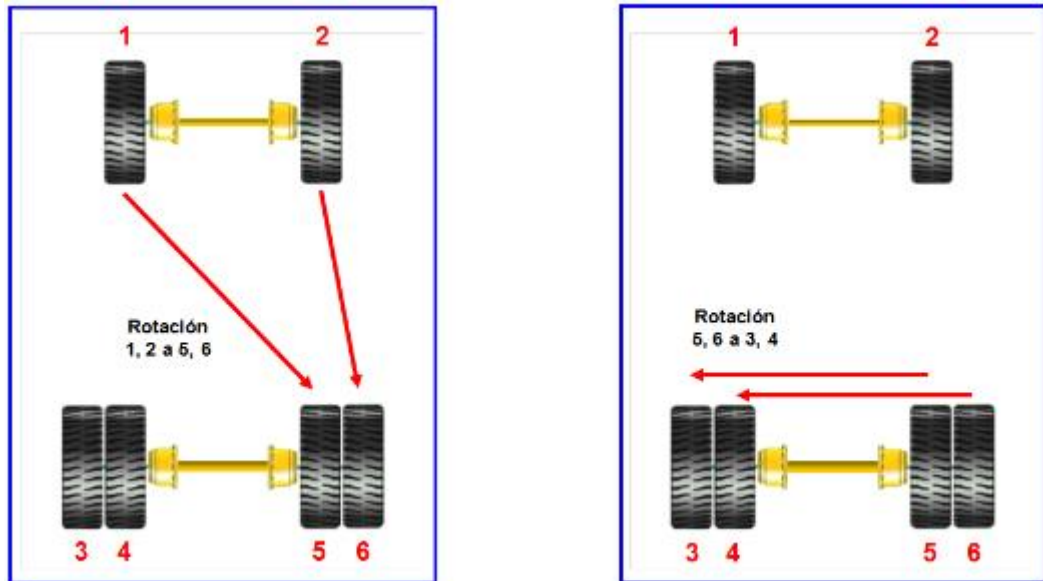


Figura 4.1: Rotación de neumáticos en Chinalco

- **Neumáticos nuevos originales** no deben ir montados en posiciones delanteras, estos solo se instalarán en posiciones posteriores.
- En las posiciones 3 y 4 se instalarán los neumáticos más desgastados por estar más propensos a impactarse por su estado y por encontrarse al lado de la berma o talud de las vías.
- Realizar la medición de cocadas a los neumáticos de los equipos semanalmente. Anotar datos de horómetros, hora y datos relevantes de los neumáticos; elaborar el inventario activo.
- Realizar el inventario de todos los neumáticos de stock (nuevos, usados, reparados, reencauchados) y elaborar el inventario de neumáticos disponibles.
- Programar trabajo con mina y efectuar el cambio de neumáticos.
- Llenar en el formato de **Cambio de neumáticos** culminado cada trabajo de enllante.
- Alimentar el sistema de control de neumáticos (Klinge).
- Elaborar proyecciones de consumo.

4.3.2 INFLADO DE NEUMATICO

Esta estrategia tiene como objetivo realizar con seguridad las tareas relacionadas al inflado de neumáticos para toda clase de medidas y aplicaciones, radiales y convencionales, mediante uso de aire, mediante prácticas seguras de inflado de neumáticos, haciendo uso de las barreras o mecanismos de control existentes para evitar accidentes y/o daños a los equipos y la propiedad. Asimismo comprender la necesidad de situarse fuera de la trayectoria de cualquier pieza o elemento de la llanta durante el inflado o desinflado.

Precauciones durante el inflado: El correcto inflado de los neumáticos es un factor primordial, no solo desde la optimización de las prestaciones del neumático, sino sobre todo por la SEGURIDAD. Es imprescindible para el buen comportamiento del vehículo (estabilidad, frenada) así como para el mantenimiento de la integridad del neumático. Utilizar solamente las instalaciones de inflado preparadas para tal fin y equipadas con un limitador de presión. Nadie debe permanecer en las inmediaciones del conjunto para quedar fuera de la trayectoria de los materiales proyectados en caso de una explosión.



Figura 4.2: Precauciones en el Inflado

Recomendaciones de montaje en neumáticos 59/80R63:

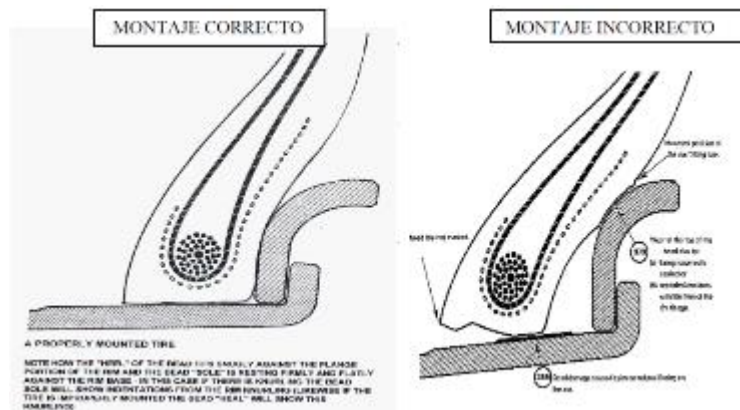


Figura 4.3: montaje correcto e incorrecto

A continuación se lista las recomendaciones para evitar mal posicionamiento del talón y daños posteriores:

- ✓ Realizar montajes horizontales evitar sobrecargar un lado del talón durante el montaje.
- ✓ PREINFLADO: INFLAR AL INICIO A 120 PSI PARA ACOMODAR LOS TALONES CONTRA EL FLANGE. Con esto evitamos la posibilidad de un mal montaje y la posición incorrecta del talón respecto al conjunto armado.
- ✓ Posteriormente se baja la presión al valor recomendado por Michelin en cada operación.
- ✓ Como regla general se colocara un 20% más de la presión base para asegurar el montaje y posicionamiento en el preinflado.
- ✓ Si el talón no pega completamente, siendo la carga la misma, tendremos menos área de contacto que soportara más presión. Bajo este escenario la formación de la grieta y rotura del talón es inminente.

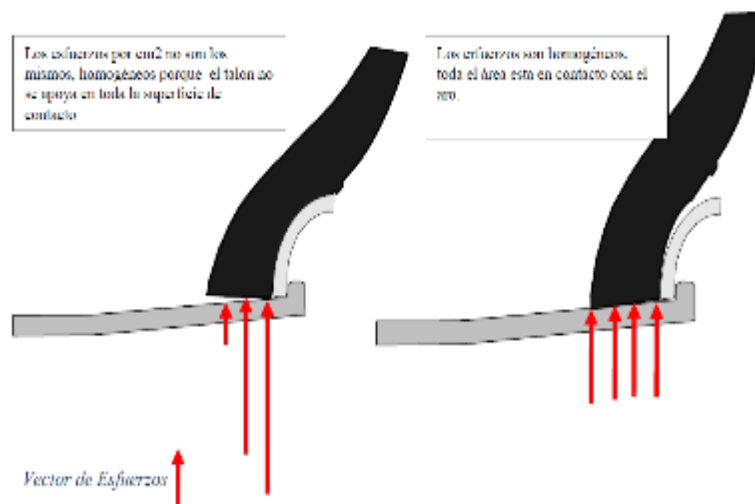


Figura 4.4: montaje incorrecto del talón

- ✓ Para evitar posibilidad de mal asentamiento del talón en la dimensión 59/80R63, el pre inflado debe ser aplicado obligatoriamente.
- ✓ El pre inflado tendrá un valor de 20% más que la presión de recomendación en base fría, como mínimo. Ejemplo, si la presión recomendada es 100 psi, el pre inflado se hará con 120 psi, luego de unos minutos (10 a 15) se procede a bajar la presión al valor recomendado.
- ✓ Los montajes horizontales son los más recomendados porque no ejercen una presión excesiva en el talón al momento de las maniobras sobre el aro.

LINEAMIENTOS, CONSIDERACIONES Y RESTRICCIONES

- ✓ El inflado de neumáticos debe ser realizado únicamente por personal capacitado y calificado.
- ✓ Nunca montar aros dañados. Todos los aros y sus componentes deben ser inspeccionados antes del montaje.
- ✓ Nunca montar e inflar neumáticos con daños estructurales.
- ✓ Cuando sea posible, los neumáticos que requieren ser inflados a más de 60 psi deben ser inflados en jaulas y/o asegurados por cadenas.

- ✓ Durante el inflado de una llanta en el interior de una jaula de seguridad es recomendable mantenerse alejado de la misma, principalmente en la dirección de las caras (flancos) de la misma. Por medida de seguridad se recomienda que el manómetro no sea instalado próximo a la jaula justamente para evitar esta aproximación.
- ✓ Mientras se asientan los talones y se inflan las llantas se deben mantener alejados los brazos, manos y el cuerpo entero.
- ✓ Nunca exceder los 40 psi para asentar los talones.
- ✓ El aire comprimido puede resultar en peligro si no se utiliza correctamente.
- ✓ Las líneas de inflado deben estar en buenas condiciones y permanecer guardadas sobre el piso, deberán contar con cables anti latigazo en las conexiones.
- ✓ Las líneas utilizadas para inflar los neumáticos / llantas deben venir equipadas con un botón de empuje manual situado por lo menos a 3 metros del enchufe donde se acopla la válvula para llantas de aros menores a 25". Para llantas de aros mayores o iguales a 25" de diámetro las válvulas y manómetros de control deben situarse al menos a 5 metros.
- ✓ Todo los manómetros de presión deben verificarse y revisarse regularmente comparados con un manómetro de presión de referencia.
- ✓ No debe usarse aire húmedo o contaminado en la operación de inflado.
- ✓ Nunca reparar aros dañados soldando partes mientras el neumático continúa montado en el aro, incluso desinflado. El incumplimiento de esta recomendación puede provocar el riesgo de una explosión fatal.
- ✓ No dejar sin vigilancia una llanta mientras está siendo inflada.
- ✓ El uso de una sustancia volátil o inflamable (éter, gasolina) para facilitar el asentamiento de los talones podría provocar

un aumento descontrolado de la presión de la llanta, con el consiguiente riesgo de explosión. La separación explosiva del neumático y el aro podría ocurrir durante el asentamiento, el inflado o inclusive más tarde, en el camino, con la probable pérdida del dominio del vehículo y las posibles lesiones personales e incluso la muerte. Para el asentamiento, utilice solamente dispositivos mecánicos o neumáticos aprobados.

- ✓ El asentador de talones (bead seater) siempre debe transportarse con la válvula de descarga abierta (sin presión).

Excesiva presión en el asentador de talones (bead seater) puede causar la falla o fractura del tanque. Siempre referirse a las instrucciones de uso del equipo.

INFLADO EN PLATAFORMA

Presión recomendada por Michelin es 105 PSI y por Bridgestone 116 PSI.

- ❖ Trasladar la llanta montada (conjunto neumático – aro) a la plataforma.
- ❖ Asegurar y despejar de personal ajeno a la tarea el área de trabajo con conos, cinta y/o cercos de seguridad.
- ❖ Colocar la manguera de inflado del máster automático al adaptador y acople al pitón de la llanta junto con los estrobos de seguridad.
- ❖ Ajustar el máster de inflado a la presión recomendada por el fabricante del neumático. Revisar tabla de presiones. Para neumáticos de medida 59/80R63 ajustar el máster hasta un 20% más de la presión recomendada por el fabricante, con el objetivo de asegurar el correcto asentamiento de los talones.
- ❖ Permitir el paso de aire abriendo la válvula de paso. Al inicio del inflado (antes de alcanzar 5 psi) asegurar el correcto acople del seguro de cierre aplicando golpes suaves al seguro usando una comba de bronce. Verificar también el correcto centrado tomando como referencia el relieve guía del flanco y

la pestaña del aro. En caso de no lograr el correcto posicionamiento del seguro, liberar toda la presión, desmontar llanta, corregir situación, volver a montar y repetir los pasos anteriores.

- ❖ Posicionarse al menos a 5 metros de la llanta a inflar.
- ❖ Luego, inflar hasta la presión recomendada. Para neumáticos de medida 59/80R63, inflar inicialmente un 20% más de la presión recomendada.
- ❖ Verificar constantemente la presión con el manómetro ubicado al menos a 5 metros de la llanta, y cuando esta llegue a la presión recomendada detener el paso de aire cerrando la válvula de la línea de ingreso.
- ❖ Verificar posibles fugas de aire en la base del pitón, codo, spud, manguera, válvula, o-ring, cordones de soldadura del aro, etc. Usar solución espumosa para tal fin.
- ❖ Para neumáticos de medida 59/80R63, luego de 10 a 15 minutos, bajar a la presión recomendada.
- ❖ La llanta se encuentra lista para su instalación en equipo, según corresponda.

INFLADO EN MONTAJES VERTICALES

- ❖ Asegurar y despejar de personal ajeno a la tarea el área de trabajo con conos de seguridad.
- ❖ Colocar la manguera de inflado del master automático al adaptador y acople al pitón de la llanta junto con los estrobos de seguridad.
- ❖ Ajustar el master de inflado a la presión recomendada por el fabricante del neumático. Revisar tabla de presiones. Para neumáticos de medida 59/80R63 ajustar el máster hasta un 20% más de la presión recomendada por el fabricante, con el objetivo de asegurar el correcto asentamiento de los talones con el flange.

- ❖ Con el manipulador de llantas sostener una llanta usada y ubicarla a 1,5 metros frente a la llanta a inflar. Esta debe estar en posición vertical a manera de escudo en caso se produzca la liberación violenta de los componentes.



Figura 4.5: montaje con manipulador de llantas

- ❖ Permitir el paso de aire abriendo la válvula de paso. Al inicio del inflado (antes de alcanzar 5 psi) asegurar el correcto acople del seguro de cierre aplicando golpes suaves al seguro usando una comba de bronce. Verificar también el correcto centrado tomando como referencia el relieve guía del flanco y la pestaña del aro. En caso de no lograr el correcto posicionamiento del seguro, liberar toda la presión, desmontar llanta, corregir situación, volver a montar y repetir los pasos anteriores.
- ❖ Posicionarse al menos a 5 metros de la llanta a inflar.
- ❖ Luego, inflar hasta la presión recomendada. Para neumáticos de medida 59/80R63, inflar inicialmente un 20% más de la presión recomendada.
- ❖ Verificar constantemente la presión con el manómetro ubicado al menos a 5 metros de la llanta, y cuando esta llegue a la presión recomendada detener el paso de aire cerrando la válvula de la línea de ingreso.
- ❖ Verificar posibles fugas de aire en la base del pitón, codo, spud, manguera, válvula, o-ring, cordones de soldadura del

aro, etc. Usar solución espumosa para tal fin (agua jabonosa, grasa Tigre, Rimex, etc).

- ❖ Para neumáticos de medida 59/80R63, luego de 10 a 15 minutos, bajar a la presión recomendada.
- ❖ Retirar líneas de inflado, acoples y adaptador.
- ❖ Retirar el manipulador de llantas.

NIVELACIÓN DE PRESIONES

- ❖ Medir presión de la llanta y compararla con la presión de operación indicada por el fabricante (presión esperada en el momento de la medición). Para el caso de equipos de mina, realizar la medición en taller, grifo o aprovechando paradas en campo.
- ❖ Si la diferencia es mayor al 20% de la presión de operación no nivelar hasta conocer la causa de la diferencia y programar / coordinar corrección de la pérdida de presión.
- ❖ Si la diferencia es menor al 20% de la presión de operación programar / coordinar la nivelación de presión.
- ❖ Colocar la manguera de inflado de la compresora al adaptador y acople al pitón de la llanta junto con los estrobos de seguridad. Si es necesario usar escaleras.
- ❖ Despejar el área frente al flanco de la llanta a nivelar o colocar alguna barrera.
- ❖ Permitir el paso de aire abriendo la válvula de paso. Posicionarse 3 metros para llantas de aros menores a 25" y 5 metros para llantas de aros mayores a 25".
- ❖ Si la nivelación se realiza en caliente, inflar la llanta de menor presión hasta la mitad de la diferencia de presiones comparada con la pareja o gemela. Por ejemplo, si se encuentra una llanta en 90 psi y la pareja o gemela se encuentra en 100 psi, aumentar la presión a la llanta mas baja hasta 95 psi. En el contar con algún dispositivo o sistema que

mida presión y temperatura, nivelar la presión a los valores que correspondan a la temperatura sensada.

- ❖ Si la nivelación se realiza en frío, aumentar la presión de la llanta(s) hasta la presión en frío recomendada por el fabricante. Es recomendable que toda nivelación se realice en frío.
- ❖ Durante la nivelación verificar la presión con el manómetro y cuando esta llegue a la presión recomendada detener el paso de aire cerrando la válvula de la línea de ingreso.
- ❖ Verificar posibles fugas en la base del pitón, codo, spud, manguera, válvula, o-ring, cordones de soldadura del aro, etc. Usar solución espumosa para tal fin.
- ❖ Retirar líneas de inflado, acoples y adaptador.

NOTA: Nunca purgar o “sangrar” una llanta en caliente.

DESINFLADO DE NEUMÁTICOS

- ❖ Despejar el área frente al flanco de la llanta a desinflar. Delimitar el área con conos de seguridad.
- ❖ Indicar a todo el personal cercano a la zona de trabajo usar protección auditiva.
- ❖ Con el extractor de válvulas remover la aguja o núcleo de la válvula del pitón. Mantener el rostro fuera de la trayectoria de partículas que pueden salir despedidas.
- ❖ Al culminar salida del aire o nitrógeno de la llanta introducir una varilla dentro del pitón para asegurarse que en el pitón no quedó estancada alguna partícula.
- ❖ Para neumáticos de medida 59/80R63 se tiene implementado silenciadores de ruido, que cuentan con adaptadores en su extremo para la fácil conexión al pitón de la llanta, una vez conectado se abre la llave de paso del adaptador, verificar que la manguera de aire este tendida.

4.3.3 INSPECCION, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE NEUMATICOS

El objetivo es estandarizar los procesos de inspección, seguimiento y control de neumáticos OTR, que eviten su pérdida prematura e incidentes con ellos; informando, reportando anomalías y daños producidos durante la operación, tomando acciones inmediatas, programar cambio de neumáticos; actuando con responsabilidad en cada paso, encaminados a no generar actos o condiciones subestándares.

Consideraciones y/o restricciones

Consideraciones

- ✓ La inspección y control de neumáticos se puede dar de las siguientes maneras:
 - ❖ **Diariamente:** Presiones y estado de los neumáticos (cortes, daños, separaciones, arrancamientos, rocas incrustadas, etc.) en grifo, taller y campo.
 - ❖ **Semanal/quincenalmente:** Profundidad de cocadas en grifo, taller y campo. Inspección de vías y frentes de carga.
- ✓ La presión en caliente puede incrementarse en un máximo de 20% respecto a la presión en frío, bajo condiciones normales de operación, un mayor incremento puede causar daños a los neumáticos, por lo que debe reportarse de forma inmediata.
- ✓ Como referencia, la diferencia de profundidad de cocada en un mismo neumático (izquierda y derecha) no debe ser mayor al 10% de su cocada original.
- ✓ Comprobar los manómetros de presión en el máster a una presión de 100 psi, de modo que los medidores se encuentren calibrados.
- ✓ Inspeccionar posibles fugas de aceite de suspensión, ruedas y/o mandos finales, correcta fijación de la rueda sobre el equipo, espárragos, pernos, tuercas, componentes del aro y cualquier otra condición del equipo relacionada con los neumáticos e informar cualquier anomalía.

- ✓ El supervisor entregará al personal los formatos para la inspección.
- ✓ La inspección de neumáticos en los equipos se puede realizar regularmente en la(s) bahía(s) del Taller de Mantenimiento, previa autorización del Supervisor de Mantto y líder de trabajo, ello cada vez que ingresa un equipo a PM o trabajos correctivos; también en la Estación de combustible cada vez que el equipo ingresa a abastecer o durante su abastecimiento en campo. Adicionalmente, las inspecciones podrán ser realizadas a solicitud del Supervisor de Operaciones, como del mismo Operador cuando se considere necesario. Para ello es importante tener en cuenta lo siguiente:
 - ❖ En campo, identificar una zona amplia de parqueo (o aquellas designadas) para el equipo, que no interfiera con el tránsito de otros equipos. Comunicarse con el operador por radio para ubicar/parquear. Tenga cuidado con aplastamientos, verifique el área antes de ingresar. Estacionar la camioneta al lado visible lateral del equipo y a no menos de 20 metros de distancia. En caso que el procedimiento de la empresa minera indique distancias mayores, se debe cumplir con ello. Verificar la distancia y estado de los taludes adyacente en precaución a golpes por rocas que caigan durante la inspección, de ser necesario coordinar con el operador para alejar el equipo del talud. Mantenga una posición adecuada para evitar golpes y caídas. Ubicado el equipo a inspeccionar, comunicar al operador del camión o equipo, pedir que apague el equipo – cuando no sea una inspección rápida – y que descienda del equipo para la realización de la inspección. Seguidamente se procederá a bloquear la transmisión – cuando sea una inspección rápida y el equipo está encendido – siguiendo los pasos de bloqueo y etiquetado, se bloqueará el interruptor principal cuando el equipo este apagado; asimismo se

colocarán los respectivos tacos de seguridad. Realizar inicialmente inspección visual de los neumáticos de acuerdo al requerimiento o necesidad.

- ❖ En grifo o durante el abastecimiento de combustible, se bloquea solo el sistema de transmisión, ya que el equipo permanece encendido. En el grifo truckshop se cuenta con 3 gibas que evitan movimientos inesperados del equipo; comunicar al operador del camión o equipo de la realización de la inspección de los neumáticos, pedir que descienda del equipo para la realización de la inspección. Seguidamente se realizará el bloqueo de la traba de transmisión. Realizar la inspección visual de los neumáticos de acuerdo al requerimiento o necesidad. En grifo truckshop la inspección se puede realizar en dos fases, en cada fase se inspecciona el 50% de la circunferencia de cada neumático, siendo posible la inspección total de cada neumático. Para la inspección del 50% faltante del neumático después del abastecimiento de combustible se realizará teniendo en cuenta los siguiente controles: El equipo se re energizará para mover el equipo, teniendo vigías Se bloqueara el equipo y realizara la inspección del 50% faltante del neumático Terminada la inspección se procederá a desbloquear y re energizara el equipo.
- ✓ Si se encuentra un equipo estacionado sin operador, se procederá a realizar el bloqueo y señalización, asimismo se colocarán 2 tacos de seguridad a los neumáticos del equipo.

Restricciones

- ✓ Los trabajos de inspección no se realizarán con equipo cargado, ni con tolva levantada, salvo en este último caso se hayan tomado las medidas de seguridad correspondientes.
- ✓ El personal debe exigir que el operador baje del equipo, caso contrario NO se realiza la inspección, se debe reportar ello a la supervisión.

- ✓ Ningún personal de Neuma Perú ingresará a inspeccionar un equipo, sin antes haber bloqueado y etiquetado.

MEDICIÓN DE PRESIONES

1. Remover la tapa de válvula. De ser necesario, se debe utilizar una escalera para alcanzar la ubicación de la válvula. En caso de no encontrar la tapa, se debe limpiar el área retirando toda contaminación que pudiera haberse adherido, luego de tomar la presión del neumático se debe reponer otra tapa de válvula.
2. Con el extractor de válvulas, presionar ligeramente la aguja del pitón para eliminar restos de barro adherido. Alejar el rostro de la trayectoria de las partículas.
3. Medir la presión con el manómetro y anotar la lectura en el formato correspondiente.



Figura 4.6: medida de presión

4. Aplicar solución jabonosa en la base y el conjunto del pitón para descartar pérdidas de presión. En caso de pérdidas por la válvula, remover la aguja con el extractor de válvulas y reemplazarla por una nueva. Si la fuga es por la base del pitón, comunicar al supervisor, para que solicite el equipo al taller de enllante y realizar el cambio respectivo. Cuando sea posible, se puede realizar la tarea de inspección o cambio del pitón en campo.
5. Verificar nuevamente posibles fugas después de los cambios realizados.
6. Colocar tapa de válvula.
7. Presentar formatos debidamente llenados al supervisor.

MEDICIÓN DE COCADAS

1. Ubicarse en una posición cómoda y segura para medir cocadas. Verificar que no existan restos de barro adheridos en la tolva o chasis que puedan desprenderse y golpear al personal.
2. Verificar que las zonas indicadas por el fabricante para la medición de cocadas se encuentren limpias y libres de barro, en temporada de lluvia se debe tener una espátula para la limpieza.
3. Medir la profundidad de la cocada en milímetros en los hombros exterior e interior (referencia: parte posterior del neumático) utilizando el profundímetro en la zona indicada por el fabricante y anotar lectura en el formato correspondiente. La lectura en todas las posiciones del equipo es en el hombro de izquierda a derecha, en orden según las posiciones del equipo, como ejemplo para el 797F se tiene:



Figura 4.7: medición correcta de la cocada

Nº	CM	MARCA	CAT	
	105	TPD	797F	
Posición	Nº Interno	Nº de Serie	COCADA	
1	6412	DVX2021A3Y	90	85
2	0541	AVX2045A1Y	89	86
3	1112	BVX1001A1Y	74	79
4	1714	BVD3067B3Y	82	74
5	0110	B2R520021	68	73
6	7144	B2S520005	75	70

Figura 4.8: ejemplo de control de datos de cocada

4. Anotar el horómetro, fecha y hora de inspección, a solicitud del supervisor se debe llenar los datos del neumático: descripción del neumático, número de serie y número interno (de contar con ello) en el registro.
5. Presentar formatos debidamente llenados al supervisor.
6. En caso se requiera, el supervisor solicitará la toma de datos en diferentes puntos en un mismo neumático, para la programación de su retiro, cambio. Ello suele suceder cuando se desea confirmar que existe diferencia límite por desgaste irregular para programar la inversión/intercambio, como también cuando un neumático se encuentra en el límite para su retiro a scrap.
7. Anotar el horómetro, fecha y hora de inspección, a solicitud del supervisor se debe llenar los datos del neumático: descripción del neumático, número de serie y número interno (de contar con ello) en el registro.
8. Presentar formatos debidamente llenados al supervisor. En caso se requiera, el supervisor solicitará la toma de datos en diferentes puntos en un mismo neumático, para la programación de su retiro, cambio. Ello suele suceder cuando se desea confirmar que existe diferencia límite por desgaste irregular para programar la inversión/intercambio, como también cuando un neumático se encuentra en el límite para su retiro a scrap.

ESTADO DE NEUMÁTICOS

1. Identificar daños o anomalías en la banda de rodamiento, flanco, hombro y talón, tales como, cortes, separaciones, desgastes irregulares, pinchaduras, deformaciones, etc.



Figura 4.9: ejemplos de cómo identificar daños en neumático

2. Remover las rocas y objetos extraños incrustados en los cortes, diseño o dibujo de la banda de rodamiento, separaciones, utilizando el destornillador pro-golpe y la barretilla. Este paso se puede realizar en neumáticos retirados de los trabajos de enllante, para minimizar los cortes progresivos por la incrustación de rocas.
3. Si el corte llega a las cuerdas de acero, informar al supervisor para programar al equipo para su respectivo cambio y reparación del neumático.
4. Describir los daños encontrados en el campo de observaciones en el formato de remanentes, anotando las medidas y presentarlos debidamente llenados al supervisor. De todas las inspecciones, dependiendo de la importancia, criticidad, se elaborarán informes que serán presentados a la supervisión y jefatura de la empresa minera para las acciones del caso. En estos casos se tomarán fotografías en campo, consignando lo siguiente:

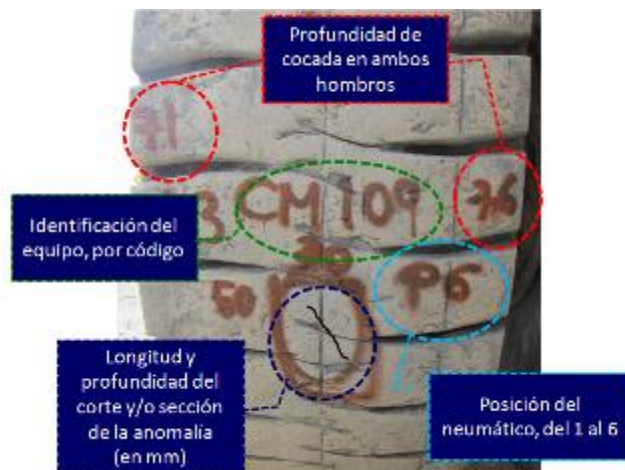


Figura 4.10: correcta descripción de observaciones

5. Si el neumático presenta condiciones de riesgo, se coordinará el cambio inmediato.
6. Terminada la inspección, el mecánico retirará su bloqueo, tacos y comunicará al operador, de ser el caso, para el retiro del equipo manteniendo contacto visual.
7. Para inspecciones en campo, al haber salido del radio de trabajo del equipo el personal confirmará vía radio para que el operador pueda iniciar el movimiento del equipo. A la vez se comunicará a Control Mina y/o O1 la operatividad del equipo por radio, cuando éste haya sido solicitado por el operador, de modo que sea cambiado la disposición a operativo, se informará adicionalmente y de forma inmediata al supervisor de Mantto.

SEGUIMIENTO Y CONTROL

1. Cruzar, contrastar periódicamente información entre las nuevas inspecciones y los informes anteriormente enviados.
2. Realizar seguimiento con mayor frecuencia a los neumáticos que presenten daños mayores o hayan evolucionado por observaciones desatendidas a informes pasados. Elaborar un informe de esta situación y presentarlo a las jefaturas de MCP y Gerencias de Neuma Perú.

3. Llevar un control de los neumáticos mediante estadísticas, que muestren su comportamiento en el tiempo

4.3.4 MANTENIMIENTO DE VIAS

La mantención de las vías, tiene como objetivo mejorar el rendimiento de la flota de camiones, obtener mayor duración de los neumáticos, suspensiones y estructura. En Minera Chinalco Perú, no hay un programa de lastreo solo se lastrea cuando se ve conveniente realizarlo.

Pero si hay equipos auxiliares como Motoniveladoras, tractor sobre oruga y tractor sobre ruedas. Específicamente las motoniveladoras modelo 24M están constantemente limpiando las vías.

4.3.5 OPERATIVIDAD DEL EQUIPO

4.3.5.1 VELOCIDAD DE OPERACIÓN

Para el cuidado de los neumáticos es necesario que el operador del camión realice un trabajo bien hecho de acuerdo a las prácticas operacionales aprendidas durante su instrucción y capacitación, respetando los estándares.

LIMITES DE VELOCIDAD EN EL TAJO MINA TOROMOCHO

- **EN NEBLINA**, velocidad máxima es de 20 km/h
- **EN LLUVIA**, velocidad máxima es de 30 km/h
- **EN CONDICIONES FAVORABLES**, subida y bajada vacíos a 35 km/h; bajada cargado a 25 km/h; subida cargado a 12 km/h; planos y/o travesías vacíos o cargados a 45 km/h

4.3.5.2 FRENADO

Para no dañar o acelerar el desgaste de neumáticos los operadores del camión deben respetar los estándares:

- En vías resbaladizas no aplique el freno de servicio y mueva la dirección en sentido contrario al

patinaje y utilice el retardador manual gradualmente

- Al acercarse al área de carguío, reducir gradualmente la velocidad a un máximo de 8 km/h, usando el retardador, a los 7 km/h se usa el pedal de freno de servicio para luego detener completamente el equipo.
- No realizar pisadas abruptas del freno en el trayecto, se debe respetar y estar atento a las distancias de equipo a equipo y al canal de radio de operaciones y al estado de las vías.

4.3.6 CARGA DISTRIBUIDA

Distribuir la carga está directamente relacionado con el desgaste uniforme y planificado de neumáticos por lo que se realizó el siguiente procedimiento en minera Chinalco:

- El operador de la pala eléctrica o cargador frontal debe de distribuir de manera homogénea la carga sobre el camión minero, no debiendo exceder su capacidad de carga de los camiones de carga.
- En caso de sobrecarga excesiva al camión se procederá a descargar en el mismo frente de carguío previa coordinación con el jefe de guardia y operador de pala, descargar solo el exceso, en caso de que la carga no este centrada el operador del camión avisara al operador de la pala para que centre la carga.
- Los operadores de camión deberán de controlar su carga con ayuda del advisor

4.3.7 MANTENIMIENTO MECANICO DEL EQUIPO

Un buen mantenimiento del camión contribuirá a mantener e incrementar la vida útil del neumático, por lo que con una buena comunicación entre personal de Minera y Neuma Perú se proceda:

- realizar la Calibración de la balanza que tiene el camión para determinar cuanta carga lleva el camión de manera precisa mediante software cat ET.
- Realizar un mantenimiento preventivo para que funcionen bien todos los sistemas del camión.

4.3.8 REPARACION DE NEUMATICOS

Existe un plan para tener un stock de neumáticos reparados, dicho plan está a cargo de la empresa Neuma Perú en coordinación con Minera Chinalco.

Se viene realizando las reparaciones de neumáticos OTR en el Taller de la plataforma AK15 de manera permanente. Se ha dado mayor fluidez a la generación de las OR (Orden de reparación), que está permitiendo reparaciones continuas con el objetivo de contar con neumáticos en stock de forma permanente, que aporten a extender la vida de los neumáticos. Se viene coordinando con la supervisión de Mantto para el apoyo periódico con un cama baja que permita el traslado de neumáticos reparados, por reparar de la plataforma AK15 hacia la plataforma AK11 y viceversa, que contribuyen al mejor cuidado del manipulador de llantas, pues el tramo tiene un aproximado de 3 Km.

4.3.9 MEDIDA DE TEMPERATURA

No hay un programa establecido de control de temperatura, solo se controla midiendo la presión de inflado, verificando la cocada del neumático, controlando la velocidad de traslado y la carga normal distribuida homogéneamente

4.3.10 NEUMATICOS REENCAUCHADOS

Este año no se realizaron reencauche de neumáticos para camiones 797F

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1.1 Tablas

- El rendimiento mensual obtenido considerando todas las marcas:

Tabla 5.1: rendimiento mensual todas las marcas

	Promedio de Rendimiento	Cantidad
59/80R63, BS, VRPS E2A, **	5426	131
ENERO	4567	7
FEBRERO	5625	14
MARZO	4748	13
ABRIL	5192	10
MAYO	5686	10
JUNIO	5557	11
JULIO	5580	7
AGOSTO	5712	3
SETIEMBRE	5492	13
OCTUBRE	5420	19
NOVIEMBRE	5876	10
DICIEMBRE	5647	14
59/80R63, MICH, XDR2 B4, **	4823	27
FEBRERO	3290	1
MARZO	4979	3
ABRIL	4531	1

JUNIO	5359	6
AGOSTO	5536	1
SETIEMBRE	3632	3
OCTUBRE	5825	3
NOVIEMBRE	4952	3
DICIEMBRE	4422	6
Promedio Ponderado General	5125	158

- Considerando el desgaste y arrancamiento en BR como motivos de uso final del neumático.

Tabla 5.2: rendimiento mensual desgaste y arrancamiento de BR

	Promedio de Rendimiento	Cantidad
59/80R63, BS, VRPS E2A, **	5656	92
ENERO	5422	2
FEBRERO	5625	14
MARZO	5014	9
ABRIL	5625	5
MAYO	5662	7
JUNIO	5722	7
JULIO	5870	5
AGOSTO	6490	2
SETIEMBRE	5470	9
OCTUBRE	5711	15
NOVIEMBRE	6072	7
DICIEMBRE	5811	10
59/80R63, MICH, XDR2 B4, **	5330	15
MARZO	4979	3
JUNIO	5349	5
OCTUBRE	6223	2
NOVIEMBRE	5366	2
DICIEMBRE	5033	3
Promedio Ponderado General	5493	107

- Considerando que la compra de neumaticos por mes para el año 2016 varia según el costo de cada neumatico por marca y la cantidad requerida, se tiene la siguiente tabla de costos promedio mensual

Tabla 5.3: Costo promedio mensual del neumático

Material	Equipo	MES	COSTO PROMEDIO (\$)
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	ENERO	63,000
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	FEBRERO	63,807.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	MARZO	60,712.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	ABRIL	54,813.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	MAYO	56,913.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	JUNIO	48,623.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	JULIO	46,673.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	AGOSTO	46,050.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	SETIEMBRE	45,816.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	OCTUBRE	45,816.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	NOVIEMBRE	45,816.00
NEUMATICO;59/80R63	CAT 797F	DICIEMBRE	45,816.00

5.1.2 Gráficos

- Los **158 neumáticos** 59/80R63 enviados a scrap, presentan diversos motivos de retiro, que se resumen en el siguiente gráfico:

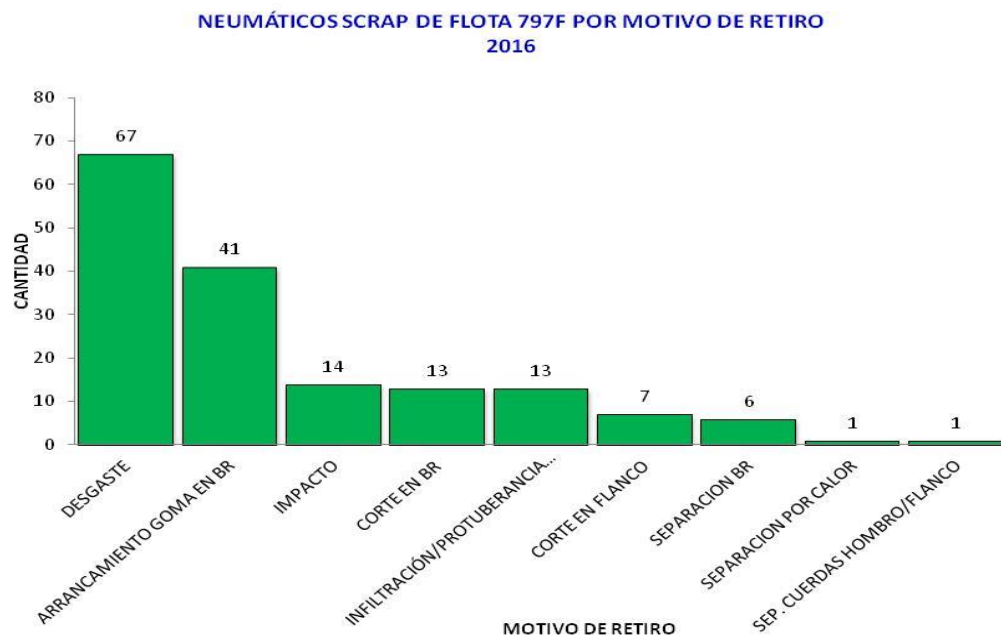


Grafico 5.1: por todo tipo de motivo

- rendimiento mensual obtenido, considerando todas las marcas y todos los motivos de retiro en el 2016.

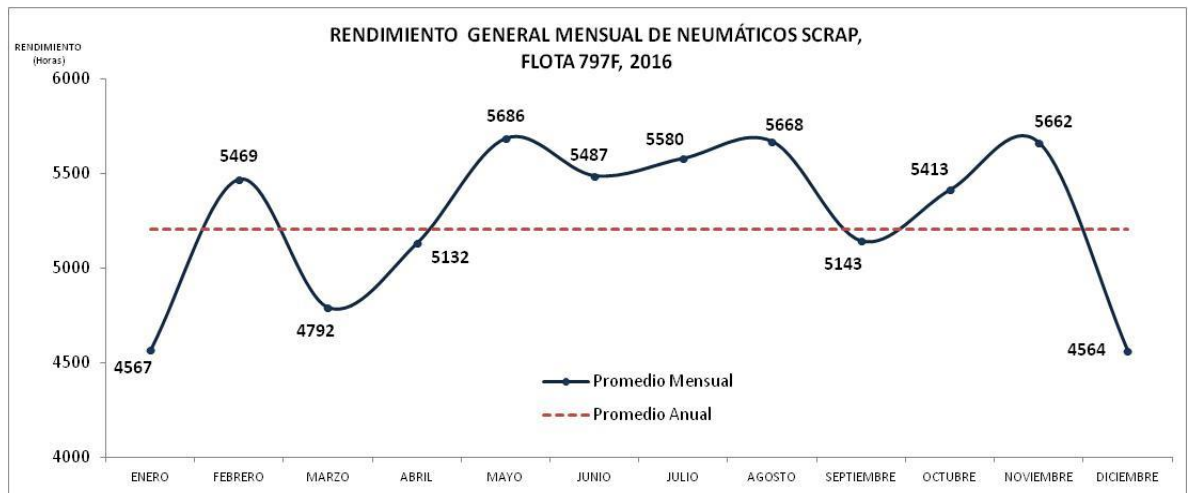


Grafico 5.2: Rendimiento todas las marcas todos los motivos

- resume el rendimiento mensual durante el 2016, para los neumáticos scrap retirados por desgaste y arrancamiento en BR, para ambas marcas

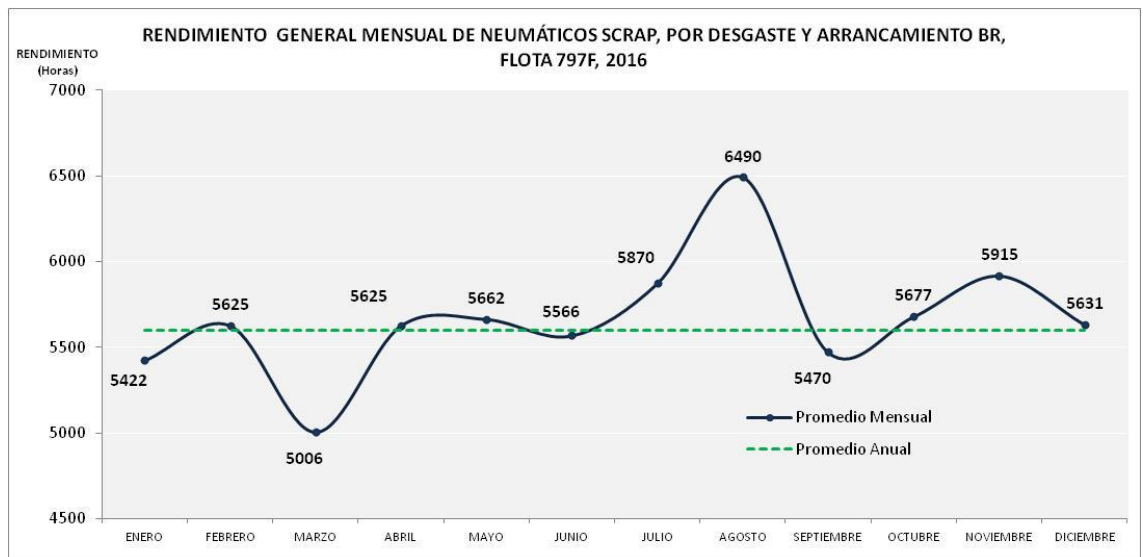


Grafico 5.3: Rendimiento por desgaste y arrancamiento de banda

- comparación de rendimientos por año según marca de neumáticos retirados solo por desgaste o arrancamiento de banda de rodamiento.

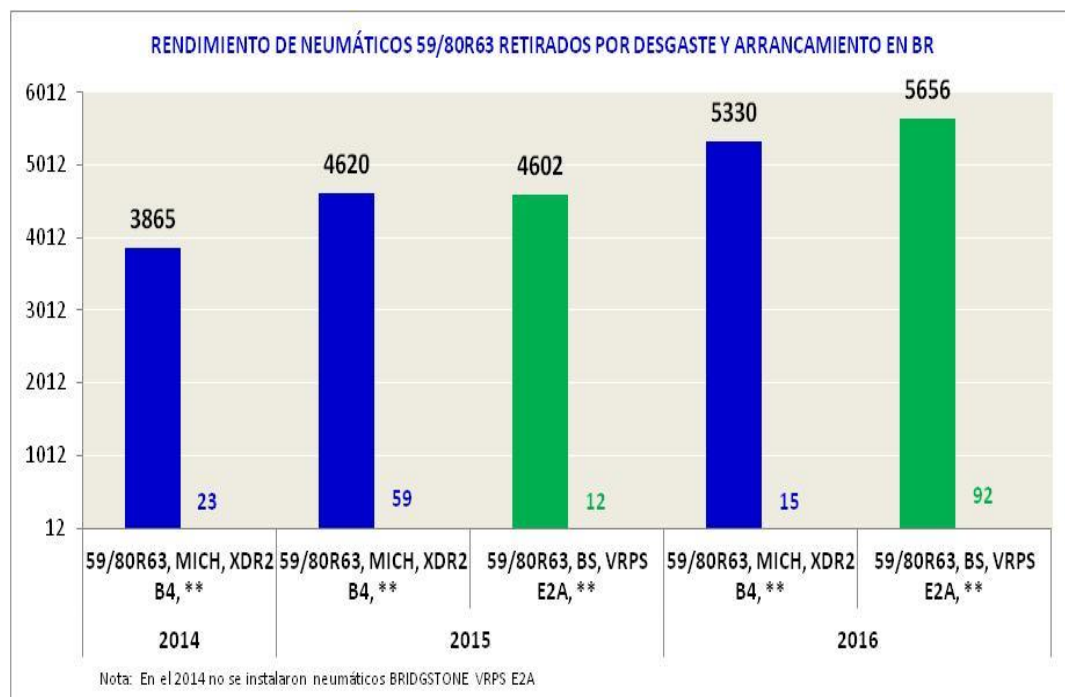


Grafico 5.4: rendimiento por año según marca

- comparación de rendimientos por año según marca de neumáticos considerando todos los motivos de retiro

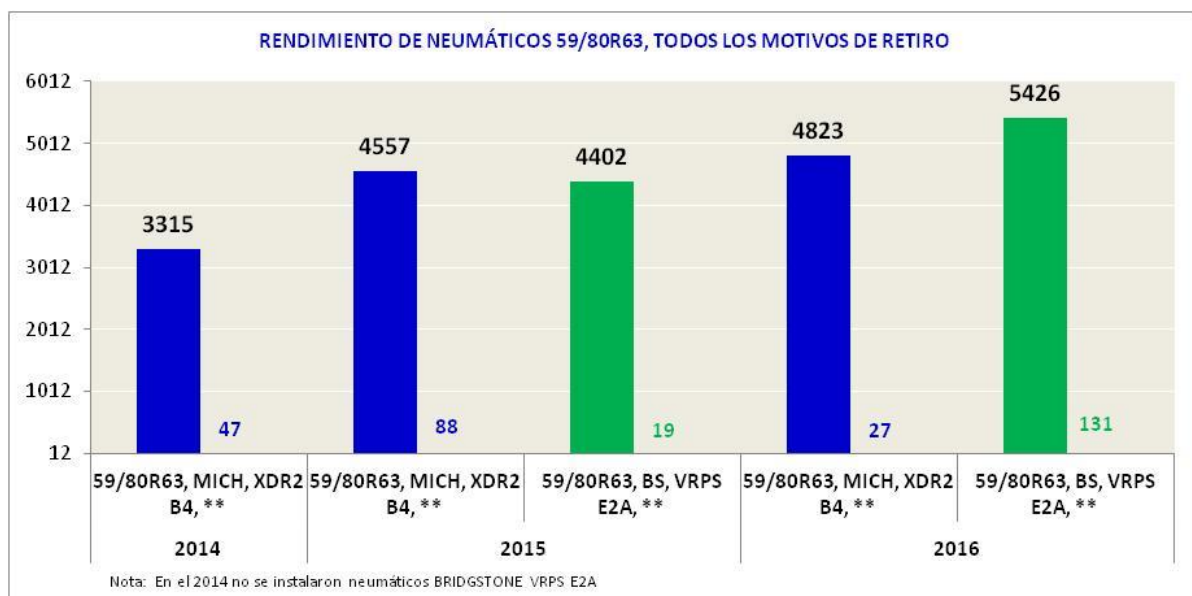


Grafico 5.5: rendimiento por año todos los motivos

5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Considerando solo el desgaste y arrancamiento en BR (Banda de rodamiento) como motivos de uso final del neumático, se tienen los siguientes rendimientos para los 107 neumáticos retirados por estos dos motivos a lo largo del año 2016 (Michelin y Bridgestone)

Tabla 5.4: rendimiento considerando solo desgaste y arrancamiento de BR

5422	5422	5625	5625	5625	5625	5625	5625	5625	5625
5625	5625	5625	5625	5625	5625	5014	5014	5014	5014
5014	5014	5014	5014	5014	4979	4979	4979	5625	5625
5625	5625	5625	5662	5662	5662	5662	5662	5662	5662
5722	5722	5722	5722	5722	5722	5722	5349	5349	5349
5349	5349	5870	5870	5870	5870	5870	6490	6490	5470
5470	5470	5470	5470	5470	5470	5470	5470	5711	5711
5711	5711	5711	5711	5711	5711	5711	5711	5711	5711
5711	5711	5711	6223	6223	6072	6072	6072	6072	6072
6072	6072	5366	5366	5811	5811	5811	5811	5811	5811
5811	5811	5811	5811	5033	5033	5033			

Ordenamiento De Datos

Tabla 5.5: ordenamiento de tabla 5.3

4979	4979	4979	5014	5014	5014	5014	5014	5014	5014
5014	5014	5033	5033	5033	5349	5349	5349	5349	5349
5366	5366	5422	5422	5470	5470	5470	5470	5470	5470
5470	5470	5470	5625	5625	5625	5625	5625	5625	5625
5625	5625	5625	5625	5625	5625	5625	5625	5625	5625
5625	5625	5662	5662	5662	5662	5662	5662	5662	5711
5711	5711	5711	5711	5711	5711	5711	5711	5711	5711
5711	5711	5711	5711	5722	5722	5722	5722	5722	5722
5722	5811	5811	5811	5811	5811	5811	5811	5811	5811
5811	5870	5870	5870	5870	5870	6072	6072	6072	6072
6072	6072	6072	6223	6223	6490	6490			

Clasificación de datos

Estimando el Rango (R)

$$R = 6490 - 4979$$

$$R = 1511$$

Determinando el número de clases o grupos (K) Según la regla de sturges

$$K = 1 + 3.3\log_{10} 7$$

$$K = 7.7$$

Redondeando; $K = 8$

Determinando la amplitud del intervalo de clase (W)

$$W = 1511/8$$

$$W = 188.9$$

Redondeando; $W = 189$

Clasificando datos

Tabla 5.6: clases e intervalos

K	W
1	4979 5168
2	5169 5358
3	5359 5548
4	5549 5738
5	5739 5928
6	5929 6118
7	6119 6308
8	6309 6498

Tabulacion de datos

Tabla 5.7: calculo manual de frecuencia absoluta por intervalo

K	W	TABULACION MANUAL	FRECUENCIA ABSOLUTA (fi)
1	4979 5168	\\\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\\\\\	15
2	5169 5358	\\\\\\\\	5
3	5359 5548	\\\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\	13
4	5549 5738	\\\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\	48
5	5739 5928	\\\\\\\\ - \\\\\\\ - \\\\\\\	15
6	5929 6118	\\\\\\\\ - \\\	7
7	6119 6308	\\	2
8	6309 6498	\\	2
Σfi			107

Grafica de datos

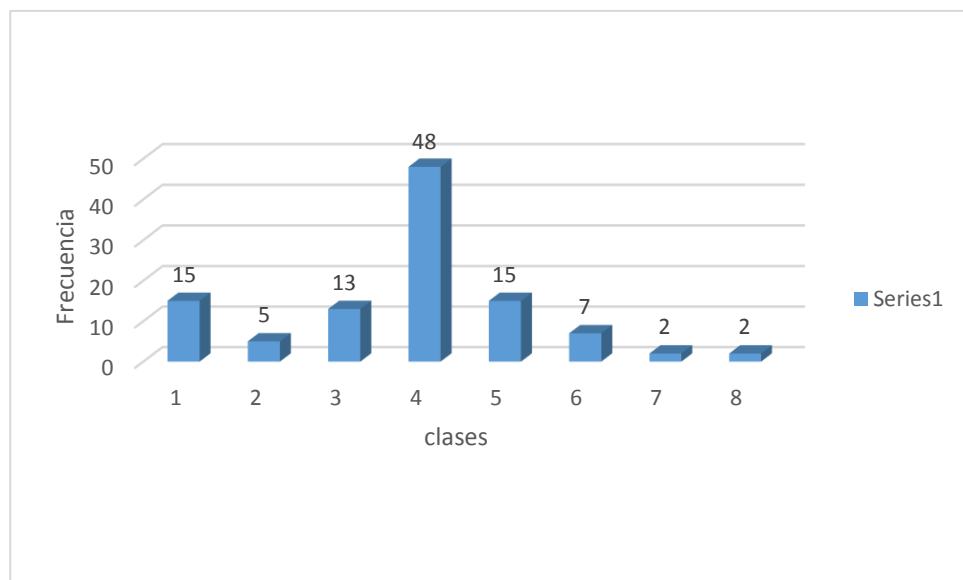


Grafico 5.6: frecuencias absolutas

REDUCCION DE DATOS

Medidas de tendencia central

Tabla 5.8: cuadro de datos para tendencia central

CLASES K	INTERVALOS W	MARCA DE CLASE Xi	FRECUENCIAS fi	PRODUCTO fixi
1	4979 5168	5073.5	15	76102.5
2	5169 5358	5263.5	5	26317.5
3	5359 5548	5453.5	13	70895.5
4	5549 5738	5643.5	48	270888
5	5739 5928	5833.5	15	87502.5
6	5929 6118	6023.5	7	42164.5
7	6119 6308	6213.5	2	12427
8	6309 6498	6403.5	2	12807
$\Sigma fiXi$				599104.5

Según la tabla superior, calcularemos la media, mediana y moda

- Media Aritmética ($\bar{X}$)

$$X = \frac{599104.5}{107} = 5599.1$$

Redondeando:

$$X = 5599$$

- Mediana (Me)

$$Me = 5552$$

- Moda (Mo)

$$Mo = 5459$$

Medidas de dispersión

Tabla 5.9: cuadro de datos para medida de dispersión

CLASES K	INTERVALOS W	MARCA DE CLASE Xi	FRECUENCIAS fi	$Xi - X$	$(Xi - X)^2$	$fi.(Xi - X)^2$
1	4979 5168	5073.5	15	-525.5	276150.25	4142253.75
2	5169 5358	5263.5	5	-335.5	112560.25	562801.25
3	5359 5548	5453.5	13	-145.5	21170.25	275213.25
4	5549 5738	5643.5	48	44.5	1980.25	95052
5	5739 5928	5833.5	15	234.5	54990.25	824853.75
6	5929 6118	6023.5	7	424.5	180200.25	1261401.75
7	6119 6308	6213.5	2	614.5	377610.25	755220.5
8	6309 6498	6403.5	2	804.5	647220.25	1294440.5
Σ						9211236.75

Según la tabla superior, calcularemos la varianza y la desviación estándar

- Varianza (σ^2)

$$\sigma^2 = \frac{9211236.75}{107}$$

$$\sigma^2 = 86086.3$$

redondeando:

$$\sigma^2 = 86086$$

- Desviación estándar (σ)

$$\sigma = 293.4$$

si hallamos la frecuencia de rendimientos (cantidad de neumáticos) en intervalos cada 500 horas de los 158 neumáticos, es decir, considerando *todos los motivos de retiro*, muestra que el **67%** de los neumáticos tuvieron un rendimiento en un intervalo comprendido entre 5000 y 6500 horas.

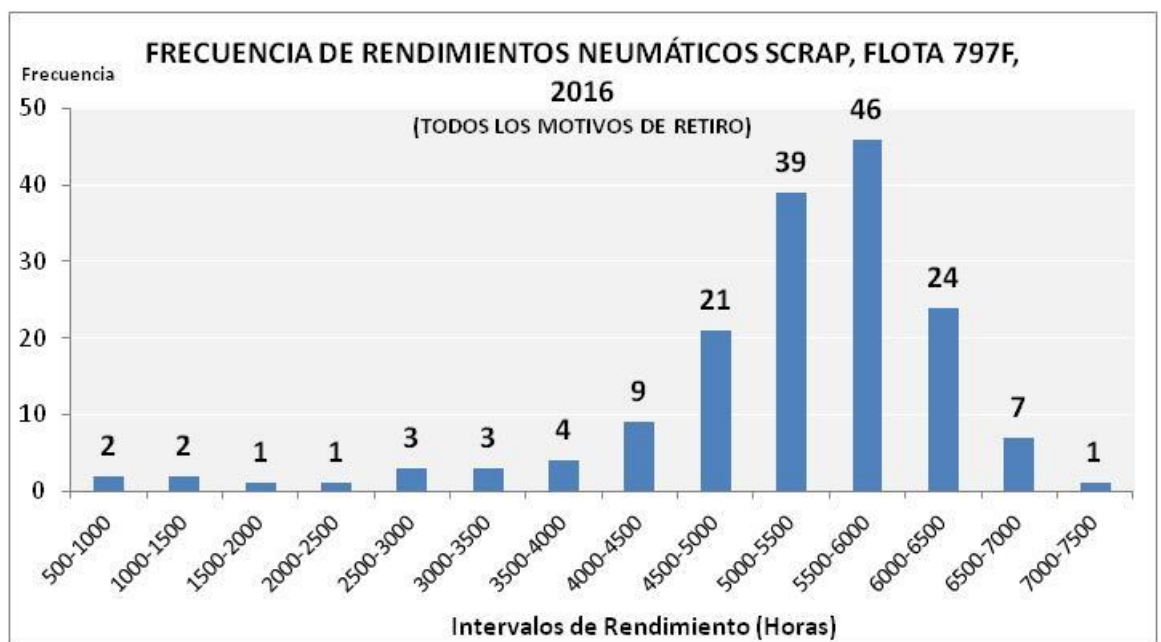


Grafico 5.7: frecuencia de rendimientos

Ahora, considerando solo el desgaste y arrancamiento en BR, con frecuencia en intervalos cada 500 horas del rendimiento logrado, muestra

que un 33% de los neumáticos tuvo un rendimiento comprendido entre 5500 y 6000 horas.

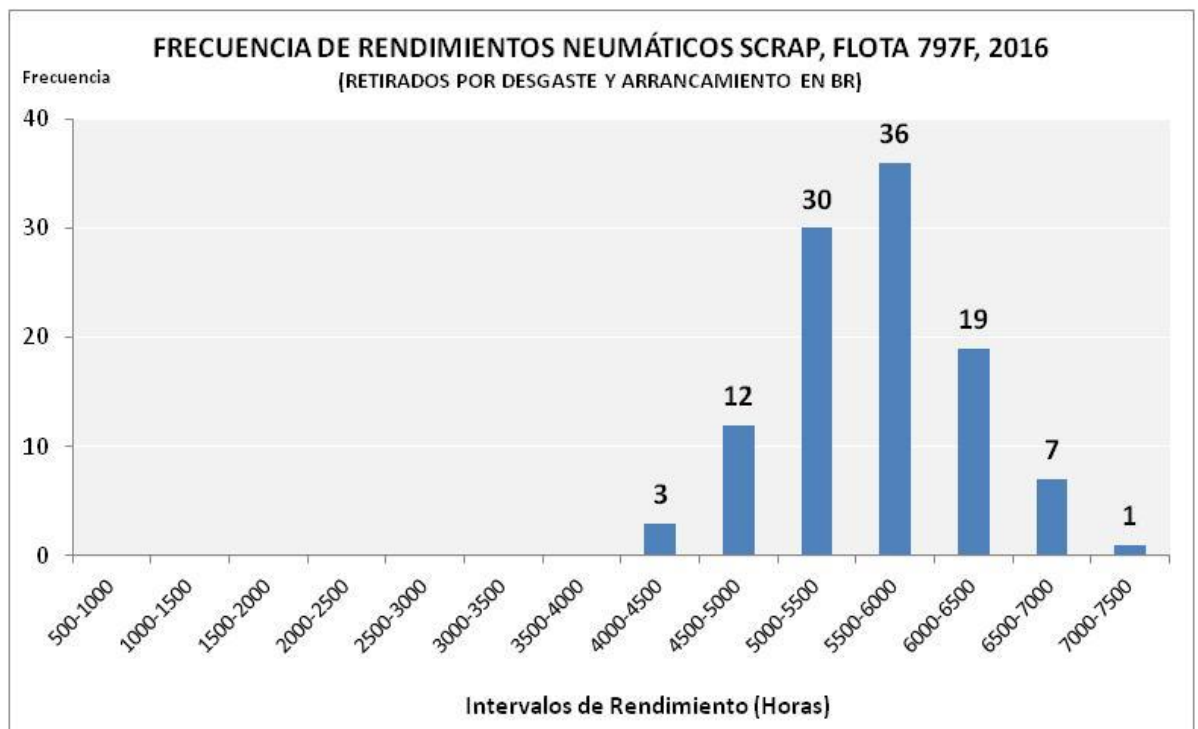


Grafico 5.8: frecuencia de rendimientos solo por desgaste

COSTO DE OPERACIÓN 2016 (CO)

Teniendo como datos:

- Rendimiento promedio final de cada neumático en el año 2016:
5599 hrs
- Costo operación promedio de cada neumático para cualquier marca Según tabla 5.3 es: **\$ 51,988**
-

Entonces el costo de operación es

$$CO = \frac{51,988}{5599}$$

$$CO = 9.3 \text{ \$/Hra}$$

5.3 DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- el costo de operación PROMEDIO para cada neumatico según los datos que hemos podido obtener nos sale a 9.3 \$/Hra. Este valor nos indica que cada neumatico cuesta por hora 9.3 dolares, comparando con los años 2015 y 2014 en la cual el costo operativo llego a 15.6 \$/Hra se puede visualizar que ha existido una reduccion de costos de operación.
- Tanto la media aritmética, la mediana y la moda muestran que el promedio de horas final es superior a 5500 horas, comparando con los años 2014 y 2015 por marca se puede evidenciar que La marca Michelin ha tenido un incremento del **15%** en su rendimiento, con respecto al 2015 y de un **38%**, con respecto al 2014. De la misma manera, Bridgestone tuvo un incremento del **23%**, con respecto al 2015 como se puede visualizar en los gráficos 5.4 y 5.5.
- la desviación estándar de 293 horas nos indica que, en el año 2016 los neumaticos retirados solo por desgaste han llegado a 5892 horas por encima del promedio de 5599 horas y a 5306 horas por debajo del promedio.
- El grafico 5.8, muestra que el desgaste en BR junto al arrancamiento en BR representa el **67%** del motivo de retiro que predomina en el 2016.
- Según el grafico 5.7 si consideramos todos los motivos de retiro para ambas marcas, tenemos los rendimientos anuales resumidos en el gráfico 5.5; que muestran un incremento del 6% para Michelin y 23% para Bridgestone, respecto al 2015.

5.5 APORTES Y APLICACIONES

Se realizó la entrega a la empresa especialista una herramienta especial para medir la temperatura diaria de los neumáticos en coordinación con la minera Chinalco, *falta aplicarlo*.

Se conversó con el área de operaciones mina para crear un plan de lastreo, pero aún no hay respuesta. Sin embargo ya se está realizando un control por parte de la empresa Neuma Perú acerca de cómo están las vías de la mina y se reporta constantemente al área de operaciones para que puedan corregirlo.

Se viene coordinando con la supervisión de Mantto para el apoyo periódico con un camabaja que permita el traslado de neumáticos reparados, por reparar del AK15 al AK11 y viceversa, que contribuyen al mejor cuidado del manipulador de llantas, pues el tramo tiene un aprox de 3 Km.

CONCLUSIONES

1. Según la interpretación de resultados podemos ver que si hubo un incremento de la vida útil del neumático. Esto se visualizó al comparar con los años 2014 y 2015. Por lo que se concluye que hubo una reducción de costos
2. Este incremento se dio gracias a que el personal de Neuma viene inspeccionando los daños de los neumáticos, generando reportes diarios que ayudan a la planificación de los trabajos de enllante, contribuyendo a que los trabajos sean programados, la mayoría de ellos contempla el uso de neumáticos reparados y el retiro de neumáticos para reparación.
3. Los factores internos tales como la presión y temperatura influyen de manera significativa en el desgaste de los neumáticos.
4. Los factores externos tales como operatividad del equipo, mantenimiento del equipo y mantenimiento de vías, etc. También afectan significativamente en la vida útil del neumático.
5. Al determinar estrategias para controlar los factores internos y externos se logró el objetivo principal de incrementar la vida útil para reducir costos de operación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda empezar a realizar la toma diaria de temperatura de los neumáticos de la flota de camiones, con la herramienta que se proporcionó de parte de la Minera, para lograr reducir mas los costos al incrementar la vida útil del neumático.
2. Se debe crear un plan de mantenimiento de vías referente a lastreo de vías.
3. Se recomienda el apoyo del área de operaciones para cumplir con los estándares en cuanto a velocidad, distribución de carga, etc.
4. Se recomienda el apoyo del área de mantenimiento para tener más facilidades en el mantenimiento de los neumáticos por parte de Neuma Peru.
5. Seguir realizando las inspecciones diarias en el grifo, en campo y en talleres referentes a cortes, presiones, cocada, etc.

BIBLIOGRAFÍA

1. Castro León, E. Z (2016). Teoría y práctica de la investigación científica. Huancayo, Perú.
2. Espinoza Montes, C. A. (2014). *Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas* (Segunda ed.). Huancayo, Perú: Soluciones Gráficas S.A.C.
3. Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (1996). *Metodología y diseños en la investigación científica* (Segunda ed.). Lima, Perú: Gráfica Los Jazmines.
4. Cesar Homero Paredes Sánchez. (2008). tesis “Eficiencia en tiempo de vida de neumáticos con relación a rotación de posiciones uno y dos en volquetes Komatsu 930 E-3”, Lima, Perú.
5. Luis Javier Venegas Núñez. (2010). Tesis “Primera etapa lanzamiento (productos) masseysgroup en Latinoamérica. Evaluación estrategia de entrada Greenfiel a la industria minera en Chile”, Santiago, Chile.
6. Manuel Arturo Vidal Loli. (2010). Tesis “Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto”. Lima, Perú.
7. Minera Chinalco Peru. (2009) Desarrollamos nuestros proyectos con altos estándares internacionales. Consultado el 28 de octubre de 2016, de <http://www.chinalco.com.pe/es/la-mina>
8. Knight Piésold Consultores S.A. (2009) “Estudio de Impacto Ambiental”. Lima, Peru.
9. Ñaupas, Mejia, Novoa y Villagomez (2014) “Metodologia de la investigacion” (4ta edicion) Bogota, Colombia.
10. Real academia de la lengua. (2016) consultado el 14 de enero de 2017, de <http://www.rae.es/>

ANEXOS

ANEXO 01

Coeficiente K 1 calculado														
L (km)	L (ml)	K 1	L (km)	L (ml)	K 1	L (km)	L (ml)	K 1	L (km)	L (ml)	K 1	L (km)	L (ml)	K 1
5	3.1	1.00	11	6.8	1.13	21	13	1.19	31	19.3	1.21	41	25.5	1.23
			12	7.4	1.14	22	13.7	1.19	32	19.9	1.21	42	26.1	1.23
			13	8	1.15	23	14.3	1.20	33	20.5	1.22	43	26.7	1.23
			14	8.7	1.16	24	14.9	1.20	34	21.1	1.22	44	27.3	1.23
			15	9.3	1.16	25	15.5	1.20	35	21.7	1.22	45	28	1.23
			16	9.9	1.17	26	16.2	1.20	36	22.4	1.22	46	28.6	1.23
			17	10.6	1.17	27	16.8	1.21	37	23	1.22	47	29.2	1.23
6	3.7	1.04	18	11.2	1.18	28	17.4	1.21	38	23.6	1.22	48	29.8	1.23
7	4.3	1.06	19	11.8	1.18	29	18	1.21	39	24.2	1.22	49	30.4	1.23
8	5	1.09	20	12.4	1.19	30	18.6	1.21	40	25	1.22	50	31	1.23

L = Longitud del ciclo en kilómetros y en millas.

Coeficiente K 2 calculado														
Vm Km (millas)	Temperatura ambiente													
	<15 °C <59 °F	15 °C 59 °F	17.5 °C 63.5 °F	20 °C 68 °F	22.5 °C 72.5 °F	25 °C 77 °F	27.5 °C 81.5 °F	30 °C 86 °F	32.5 °C 90.5 °F	35 °C 95 °F	37.5 °C 99.5 °F	40 °C 104 °F	42.5 °C 108.5 °F	45 °C 113 °F
10 (6)	0.400	0.425	0.488	0.550	0.613	0.675	0.738	0.800	0.863	0.925	0.988	1.050	1.113	1.175
12 (7)	0.500	0.521	0.573	0.625	0.677	0.729	0.781	0.833	0.885	0.938	0.990	1.042	1.094	1.148
14 (9)	0.571	0.589	0.634	0.679	0.723	0.766	0.813	0.857	0.902	0.946	0.991	1.036	1.080	1.125
16 (10)	0.625	0.641	0.680	0.719	0.758	0.797	0.836	0.875	0.914	0.953	0.992	1.031	1.070	1.109
18 (11)	0.666	0.681	0.715	0.750	0.785	0.819	0.854	0.889	0.924	0.958	0.993	1.028	1.063	1.097
20 (12.5)	0.700	0.713	0.744	0.775	0.806	0.838	0.869	0.900	0.931	0.963	0.994	1.025	1.056	1.088
22 (14)	0.727	0.739	0.767	0.795	0.824	0.852	0.881	0.909	0.938	0.966	0.994	1.023	1.051	1.080
24 (15)	0.750	0.760	0.786	0.813	0.839	0.865	0.891	0.917	0.943	0.969	0.995	1.021	1.047	1.073
26 (16)	0.769	0.779	0.803	0.827	0.851	0.875	0.899	0.923	0.947	0.971	0.995	1.019	1.043	1.067
28 (17)	0.785	0.795	0.817	0.839	0.862	0.884	0.906	0.929	0.951	0.973	0.996	1.018	1.040	1.063
30 (19)	0.800	0.808	0.829	0.850	0.871	0.892	0.913	0.933	0.954	0.975	0.996	1.017	1.038	1.058
32 (20)	0.812	0.820	0.840	0.859	0.879	0.898	0.918	0.938	0.957	0.977	0.996	1.016	1.035	1.055
34 (21)	0.823	0.831	0.849	0.868	0.886	0.904	0.923	0.941	0.960	0.978	0.996	1.015	1.033	1.051
36 (22)	0.833	0.840	0.858	0.875	0.892	0.910	0.927	0.944	0.962	0.979	0.997	1.014	1.031	1.049
38 (24)	0.842	0.849	0.865	0.882	0.898	0.914	0.931	0.947	0.964	0.980	0.997	1.013	1.030	1.046
40 (25)	0.850	0.856	0.872	0.888	0.903	0.919	0.934	0.950	0.966	0.981	0.997	1.013	1.028	1.044
42 (26)	0.857	0.863	0.878	0.893	0.908	0.923	0.938	0.952	0.967	0.982	0.997	1.012	1.027	1.042
44 (27)	0.864	0.869	0.884	0.898	0.912	0.926	0.940	0.955	0.969	0.983	0.997	1.011	1.026	1.040
46 (28)	0.869	0.875	0.889	0.902	0.916	0.929	0.943	0.957	0.970	0.984	0.997	1.011	1.024	1.038
48 (29)	0.875	0.880	0.893	0.906	0.919	0.932	0.945	0.958	0.971	0.984	0.997	1.010	1.023	1.036
50 (31)	0.880	0.885	0.898	0.910	0.923	0.935	0.948	0.960	0.973	0.985	0.998	1.010	1.023	1.035

Vm = velocidad media per hora de um ciclo en kilómetros (o en millas)

Se permite la interpolación entre la temperatura mostrada en los encabezamientos de columna

ANEXO 02

