

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



**EFICIENCIA EN TIEMPO DE VIDA DE NEUMATICOS CON
RELACION A ROTACION DE POSICIONES UNO Y DOS EN
VOLQUETES KOMATSU 930 E-3**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADA POR :

CESAR HOMERO PAREDES SANCHEZ

LIMA – PERÚ

2008

*A Dios, por 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, Zunilda Sánchez y Segundo
Paredes con todo el amor del mundo, 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 Abner y Leonor, mis hermanos mayores
por lo mucho que significan para mi, por hacerme
reír y jugar, y por entender con madurez lo poco
sencillo que es éste largo recorrido por lograr
nuestra felicidad.*

César Homero Paredes Sánchez.

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a los Ingenieros Mauricio Piedra Carpio, Superintendente de Mina y Luís Ticona Condori, Gerente de operaciones Mina de Southern Copper – Southern Peru, Unidad Minera “Toquepala”, quienes nos dieron todo el apoyo desinteresado para llevar a cabo este trabajo de investigación.

A los ingenieros Martín Rojas, César Álvarez, Luís Figueroa, Germán Valenzuela y Rene Ramos (Ingeniero Residente de Neuma Perú S.A.), por su asesoramiento y apoyo incondicional para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Finalmente agradecemos de manera especial a nuestros docentes de ingeniería de minas que nos impartieron sus conocimientos durante nuestra permanencia en la Universidad, brindándonos una integral formación universitaria.

El Autor

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación 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 Peru, Unidad Minera “Toquepala”. Ubicada en el departamento de Tacna.

El desarrollo de las pruebas y análisis se realizaron con ayuda de la empresa Neuma Perú S.A. Con 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. Además, se tomo como variable independiente horas de rotación de 1550 horas promedio y 1800 horas promedio en posiciones uno y dos.

Finalmente el análisis de varianza nos demuestra la influencia significativa de la rotación de neumáticos a las 1800 horas en la vida final de los neumáticos como se demostrará en los capítulos que a continuación se detallan.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
INDICE	iv
LISTADO DE TABLAS	ix
LISTADO DE FIGURAS	x
LISTADO DE GRÁFICAS	x
LISTADO DE FOTOS	xi
NOMENCLATURA	xi

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

Realidad problemática	2
I. Generalidades	3
I.1. Información básica	3
I.1.1. Diseño de mina	3
I.1.2. Perforación y disparos	3
I.1.3. Carguío y acarreo	4
I.1.4. Trenes	4
I.1.5. Comunicaciones	4
I.1.6. Equipo auxiliar	4
I.1.7. Misceláneos	5
I.1.8. Instalaciones de la mina Toquepala	6
I.1.9. Operaciones (ciclo de minado)	7
I.1.9.1. Diagrama de operación Mina Toquepala	7
I.1.10. Geología del yacimiento del tajo Toquepala	7
I.2. Camiones que se usan en minería	11
I.3. Distintas construcciones de neumáticos	11
I.3.1. Neumático macizo	11
I.3.2. Neumático convencional	11
I.3.3. Neumático radial	11
I.3.4. Neumático radial tubeless	12
I.4. Las grandes familias de neumáticos	12
I.4.1. Neumático estándar (serie 100)	13
I.4.2. Neumáticos anchos (serie 80)	13
I.4.3. Neumáticos anchos (serie < 80)	13
I.5. Tipos de gomas	14
I.5.1. Marca Michelin	14
I.5.2. Marca Bridgestone	14
I.6. Distintas profundidades de cocada	15
I.7. Códigos de identificación normalizada según Michelin	15

I.8. Parámetros que influyen en la duración de los neumáticos	16
I.8.1. Funcionamiento del neumático	16
I.8.2. Funcionamiento de un neumático	16
I.8.3. Limite de utilización económica del neumático	17
I.9. Descripción de las principales causas de deterioro	18
I.9.1. Inflado insuficiente	18
I.9.2. Sobre inflado	18
I.9.3. Sobre carga	18
I.9.4. Velocidad excesiva	18
I.10. Diagrama de los factores y efectos que afectan a la duración de la vida de los neumáticos	19
I.11. Factores que influyen en la duración de vida de los neumáticos	19
I.11.1. Temperatura interna de funcionamiento	19
I.11.2. Influencia de la presión	21
I.11.3. Influencia de las condiciones climáticas	22
I.11.4. Posición de los neumáticos en el vehículo	22
I.11.5. Diferencia entre los diámetros de los neumáticos montados sobre el vehículo	22
I.11.6. La sobrecarga	22
I.11.7. La conducción de la maquina	22
I.11.8. La duración y la longitud de los ciclos	23
I.11.9. El mantenimiento mecánico de los vehículos	23
I.11.10. El trazado y mantenimiento de las pistas	23
I.12. Para asegurar una presión adecuada	24
I.13. Sobrecarga	24
I.13.1. Sobrecarga permanente	24
I.13.2. Sobrecarga puntual	24
I.14. Conducción de la maquina	25
I.15. Construcción de pistas	25
I.16. Importancia en la presión de inflado	26
I.16.1. La presión justa	26
I.16.1.1. Elementos para determinar la presión justa	26
I.16.2. Factores que pueden provocar una corrección de las presiones básicas	26

I.16.2.1. Necesidad de flotación	26
I.16.2.2. Riesgos de corte y arrancamiento	27
I.16.2.3. Diferencia de temperatura donde se inflan los neumáticos	27
I.16.3. Métodos de inflado	27
I.16.3.1. El inflado con aire	27
I.16.3.2. El inflado con nitrógeno	27
I.16.3.3. Ventajas	28
I.16.3.4. Conclusión	29
I.17. Característica de los neumáticos	29
I.18. Lectura de la escala carga/presión	30
I.19. Límite máximo de utilización económica del neumático	30
I.20. Transporte	30
I.21. Elementos que componen un neumático	31
I.21.1. Válvula	31
I.21.2. Aro	32
I.21.3. Aro de cierre	32
I.21.4. Aro cónico	32
I.21.5. Chaveta	32
I.22. Terminología del neumático	33
I.23. Marcajes	33
I.24. Partes del neumático que producen calor	34
I.25. Neumáticos a reencauche	35
I.26. Interpretación del tamaño del neumático	35
I.27. Distribución del peso del volquete Komatsu 930E	36
I.28. Mecanismo de protección de neumáticos – Botapiedras	37
I.29. Neumáticos para máquinas de transporte – método de TKPH (TMPH)	38
I.29.1. Criterios a tener en cuenta para elegir el neumático más adaptado	38
I.29.1.1. La maquina	38
I.29.1.2. La cantera	38
I.29.1.3. Utilización de la maquina en la cantera	38
I.29.1.4. Problemas que se presentan	38
I.29.1.5. Comportamiento de los neumáticos	38
I.29.1.6. Elección del neumático	38

I.29.2. Definición del TKPH (TMPH)	39
I.29.3. TKPH neumático o TMPH neumático	39
I.29.4. TKPH explotación de base o TMPH explotación de base	39
I.29.4.1. Carga media por neumático (Qm)	39
I.29.4.2. Velocidad media del ciclo de referencia (Vm)	40
I.29.5. TKPH real de explotación o TMPH real de explotación	40
I.29.5.1. Longitud del ciclo (L)	41
I.29.5.2. Temperatura ambiente en la explotación (TA)	41
I.29.6. Comparación TKPH (TMPH) neumático y TKPH (TMPH) real explotación	42
I.30. Motivos de desecho de un neumático	43
I.30.1. Cortes	43
I.30.2. Separaciones	43
I.30.2.1. Separación por corte	43
I.30.2.2. Separación por calor	44
I.30.2.3. Separación por esfuerzo (separación mecánica)	44
I.30.3. Presión de inflado	45
I.30.3.1. Sobre inflado	45
I.30.3.2. Inflado insuficiente	46
I.31. Resumen	47
I.32. Zonas de carguío – Vías de acarreo – Botaderos	48
I.33. Presión de inflado real en la mina Toquepala	49
I.33.1. Presión del neumático en frío	49
I.33.2. Presión del neumático en caliente	49
I.33.3. Datos de presiones de inflado en frío de los neumáticos de los diferentes volquetes en la mina Toquepala	49
I.34. Problema	50
I.35. Hipótesis	50
I.36. Importancia	50
I.37. Objetivos	50
I.37.1. Objetivo general	50
I.37.2. Objetivo específico	50

Capitulo II
MATERIALES Y MÉTODOS

II.1. Material de estudio	51
II.1.1. Población	51
II.1.2. Muestra	51
II.1.3. Equipos	52
II.1.4. Instrumentos	52
II.2. Métodos y técnicas	52
II.2.1. diseño experimental	52
II.3. Ordenamiento de datos	53
II.4. Definición operacional de las variables	54
II.5. Procedimiento experimental	54

Capitulo III
RESULTADOS

III.1. Comparación entre horas de rotación y horas de duración del neumático	57
III.2. Análisis estadístico	57
III.2.1. Estadística descriptiva por variable	58

Capitulo IV
ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

IV.1. Análisis y discusión de resultados	61
------------------------------------------	----

Capitulo V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1. Conclusiones	63
V.2. Recomendaciones	64

Capitulo VI
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

VI.1. Referencias bibliográficas	
----------------------------------	--

ANEXOS

A.1. Neumáticos para maquinas de transporte (coeficiente K1 y K2 calculados)	68
A.2. Procedimiento de trabajo seguro para retiro e instalación de neumáticos	69
A.3. Clasificación de los neumáticos según los códigos normalizados (ISO - ETRTO - TRA - JATMA)	70

LISTA DE TABLAS, FIGURAS, GRÁFICAS Y FOTOS

TABLAS

Capítulo I

Tabla 1.1 Tipos de gomas (Bridgestone)	14
Tabla 1.2 Relación entre radio, velocidad y peralte para deriva cero	25
Tabla 1.3 Rodaje en curva no peraltada	25
Tabla 1.4 Carga nominal de volquetes	35
Tabla 1.5 Costo de reparación de neumáticos según el tamaño del aro	36
Tabla 1.6 Distribución de peso: Volquete Komatsu 930E	36
Tabla 1.7 Datos de presiones de inflado en frío de los neumáticos	49

Capítulo II

Tabla 2.1 Ordenamiento de datos	53
---------------------------------	----

Capítulo III

Tabla 3.1 Análisis de varianza	56
Tabla 3.2 Estadística descriptiva	58
Tabla 3.3 <i>Case processing summary</i>	58
Tabla 3.4 Análisis de varianza por variable (1550 horas)	59
Tabla 3.5 Análisis de varianza por variable (1800 horas)	60

FIGURAS

Capítulo I

Figura 1.1 Neumático estándar (serie 100)	13
Figura 1.2 Neumático estándar (serie 80)	13

Figura 1.3 Neumático estándar (serie < 80)	13
Figura 1.4 Distintas profundidades de cocada	15
Figura 1.5 Códigos de identificación normalizados según Michelin	15
Figura 1.6 Funcionamiento de un neumático	17
Figura 1.7 Factores que influyen en la duración de vida de los neumáticos	19
Figura 1.8 Influencia de la presión en la duración de un neumático	21
Figura 1.9 Características de los neumáticos	29
Figura 1.10 Elementos que componen un neumático	31
Figura 1.11 Terminología del neumático	33
Figura 1.12 Marcajes	33
Figura 1.13 Partes del neumático que producen calor	34
Figura 1.14 ¿Cuales son las partes del neumático que se calientan?	34
Figura 1.15 <i>Rock ejector installation</i>	37
Figura 1.16 <i>Rock ejector mounting bracket (Detail view)</i>	37
Figura 1.17 <i>Rock ejector installation</i>	37
Figura 1.18 <i>Rock ejector mounting bracket</i>	37
Figura 1.19 Daños en el talón por el Tamaño del flange	47

GRAFICAS

Capítulo III

Gráfica 3.1 Comparación entre horas de rotación y horas de duración del neumático	57
Gráfica 3.2 Gráfica de desgaste promedio del lado izquierdo del neumático por hora	57
Gráfica 3.3 Gráfica de desgaste promedio del lado derecho del neumático por hora	58
Gráfica 3.4 Histograma de horas finales (1550 horas)	59
Gráfica 3.5 Histograma de horas finales (1800 horas)	60

FOTOS

Capítulo I

Foto 1.1 Cortes de neumáticos	43
Foto 1.2 Separación por corte	44
Foto 1.3 Separación por calor	44
Foto 1.4 Carga mal centrada en el volquete	45
Foto 1.5 Rocas demasiado grandes en el volquete	45
Foto 1.6 Sobre inflado	45

Foto 1.7 Inflado insuficiente	46
Foto 1.8 Inflado insuficiente	46
Foto 1.9 Daños en el talón del neumático	46
Foto 1.10 Daños en el talón por el Tamaño del flange	47
Foto 1.11 Zona de Carguío	48
Foto 1.12 Zona de Descarga (Botadero)	48
Foto 1.13 Vía de Acarreo	48

NOMENCLATURA

mph	: Millas por hora
km/h	: Kilómetros por hora
km	: Kilómetros
TMPH	: Toneladas millas por hora
TMPH	: Toneladas kilómetros por hora
m	: metros
%	: Porcentaje
TM	: Toneladas métricas
c/u	: Cada uno
gpm	: Galones por minuto
KV	: Kilo voltio
V	: Voltio
MTC	: Millones de Toneladas Cortas
H/S	: Relación entre el flanco y la banda de rodamiento de un neumático.
kPa	: Kilo Pascal
L	: Litros
°K	: Grados Kelvin
°C	: Grados Centígrados
°F	: Grado Fahrenheit
ft	: Pies
Yd3	: Yarda Cúbica
m3/h	: Metros cúbicos por hora
mm	: milímetros

lbs	: libras
kg	: Kilogramos
psi	: Libras por pulgada cuadrada
lbs/pie	: Libras por pie

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los volquetes llevan 6 llantas, 2 en la parte delantera (eje 1) y 4 en la parte trasera (eje 2) la posición de la llanta en los ejes se identifican con números del 1 al 6, 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.

Comenzamos este trabajo de investigación con una premisa:

“El mantenimiento de las maquinas y de de los caminos puede afectar el potencial de vida de las llantas mas que el diseño de las llantas”

La mina Toquepala, tiene a su favor algo que lo hace diferente de otras minas, es la escasa temporada de lluvias, lo cual beneficia al cuidado de los neumáticos donde en lugar de colocar lastre a las vías de acarreo se coloca arcilla, entonces el contacto neumático – piso disminuye evitando el desgaste prematuro.

La Mina, tiene gradientes de trabajo entre 8 y 10%, las velocidades de los volquetes están ceteadas a 24 mph (38,6 km/h) para vías en recta con volquete vacío y 19 mph (30.5 km/h) para volquete con carga en recta, cuando existe acarreo en rampas, según los procedimientos, el volquete va a 14mph (22.5 km/h) con el objetivo de no dañar los neumáticos.

Todos los volquetes Komatsu 930E3-4, tienen un sistema creado por MITSUI llamado PAYLOAD METER, este es un sistema que se utiliza para conocer cuanto de peso esta cargando el volquete en el momento, y evitar las sobrecargas que causan separación en las llantas por exceso de carga.

La presión y la temperatura de los neumáticos se chequean a diario por personal de Neuma Perú SA. 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 neumático o a la producción de la mina, esto se detalla con mayor énfasis en los capítulos posteriores.

Realidad problemática

En el mundo tenemos escasez de neumáticos por consiguiente un alto precio en el mercado teniendo en cuenta que en el ciclo de minado el transporte significa un alto porcentaje en el costo de producción, los neumáticos significan en el transporte la base del ciclo de minado, en todas las minas en la actualidad hay una obligación en el cuidado de los neumáticos, por eso que se están formando en diversas empresas mineras departamentos de seguimientos de los mismos; los precios de los neumáticos se incrementaron ante la apertura de muchas minas en el mundo por el alto precio de los metales.

En la mina Toquepala, se tiene un buen cuidado de neumáticos pero se necesita obtener un tiempo de vida mayor con el objetivo de minimizar los costos y evitar la escasez que pueden tener las empresas que distribuyen los neumáticos ante las demanda en el mercado.

I. Generalidades

Mina Toquepala

Entre los años 1956 y 1960, la construcción de la mina Toquepala, ubicada en el departamento de Tacna, demandó una inversión de 216 millones de dólares, monto que en la actualidad representa más de 2500 millones de dólares, por entonces, la mayor inversión realizada en Minería en América Latina. Fue inaugurada oficialmente el 9 de febrero de 1960.

En la actualidad, el tajo de la mina mide 2000 metros de largo por 1800 metros de ancho y tiene una profundidad de casi 1 Km. Toquepala con mas de 50 años de producción, gracias a los avances tecnológicos se proyecta para 30 años más, con una reserva de 640 millones de TM de mineral con una ley promedio de 0.74% de Cobre, ley promedio de Molibdeno de 0.024% a 0.028% y 1732 millones de TM de cobre lixiviable con una ley promedio de 0.19% de cobre.

I.1. Información Básica

I.1.1. Diseño de Mina

- Ángulo Final : Variable (38° - 48°).
- Rampas de Volquete : 8% - 10 %.
- Altura de Banco : 15 m.

I.1.2. Perforación y Disparos

Equipo

- 01 Perforadora P&H 120 A.
- 02 Perforadoras P&H 100 XP.
- 02 Perforadoras BE 49R-III.

Diseño de Perforación

- Diámetro del taladro: 11 pulgadas.
- Tipo de diseño de Malla: Triangular.
- Malla de Producción: (7 x 7 m a 12 x 12 m).
- Malla en Control de Pared Final (4.0 m).

Explosivos Usados

- ANFO.
- HEAVY ANFO.

I.1.3. Carguío y Acarreo

- Carguío

Equipo

- 03 Palas P&H 4100A, 56 yrd3 de Capacidad.
- 03 Palas P&H 2100BL, 15 yrd3 de Capacidad.
- 01 Pala BE 495BI, 56 yrd3 de Capacidad.

- Acarreo

Equipo

- 18 Volquetes Komatsu 830E, 218 TM de Capacidad.
- 18 Volquetes Komatsu 930E, 290 TM de Capacidad.
- 05 Volquetes Caterpillar 793C, 230 TM de Capacidad.

- Tolvas

- 02 Tolvas, de 2000 TM de capacidad cada una.

I.1.4. Trenes

- 06 Trenes : 04 Locomotora (a control remoto), con 18 Carros de 68 TM de capacidad c/u y 02 locomotoras de 16 Carros de 68 TM c/u.

I.1.5. Comunicaciones

Control de producción

- Radio Voz : Todos los Equipos
- Despacho de Volquetes : Sistema Automatizado, Alta Precisión
GPS - Palas y Perforadoras y Baja Precisión GPS – Volquetes.
- Despacho de Trenes : Control de Tráfico Centralizado – CTC.

I.1.6. Equipo Auxiliar

- 07 Tractores de Oruga: 3 x D10-N, 2 x D10-R, 1 x D375A, 1 D11-R.
- 03 Moto niveladora : 1 x 16-H, 2 x 24-H.
- 02 Cargador Frontal : 992D y Letearnou 1400L.

- 06 Tractores sobre Llantas: 1x 824-C, 1x 834B, 3 x 844B.
- 03 Tanques para Regadío: (20,000 Galones.).

I.1.7. Miscelaneos

- Fuerza Laboral : 250 Operaciones / Ingeniería/ Geología.
- Días Trabajados : 365 días/año - 3 guardias / día.
- Drenaje : Bombeo del fondo de Mina (120 gpm).
- Energía : 138 kV Alta tensión – Ilo.
69 kV & 11 kV Media tensión – Mina.
4,160 V & 7,200 V Baja tensión – Mina.

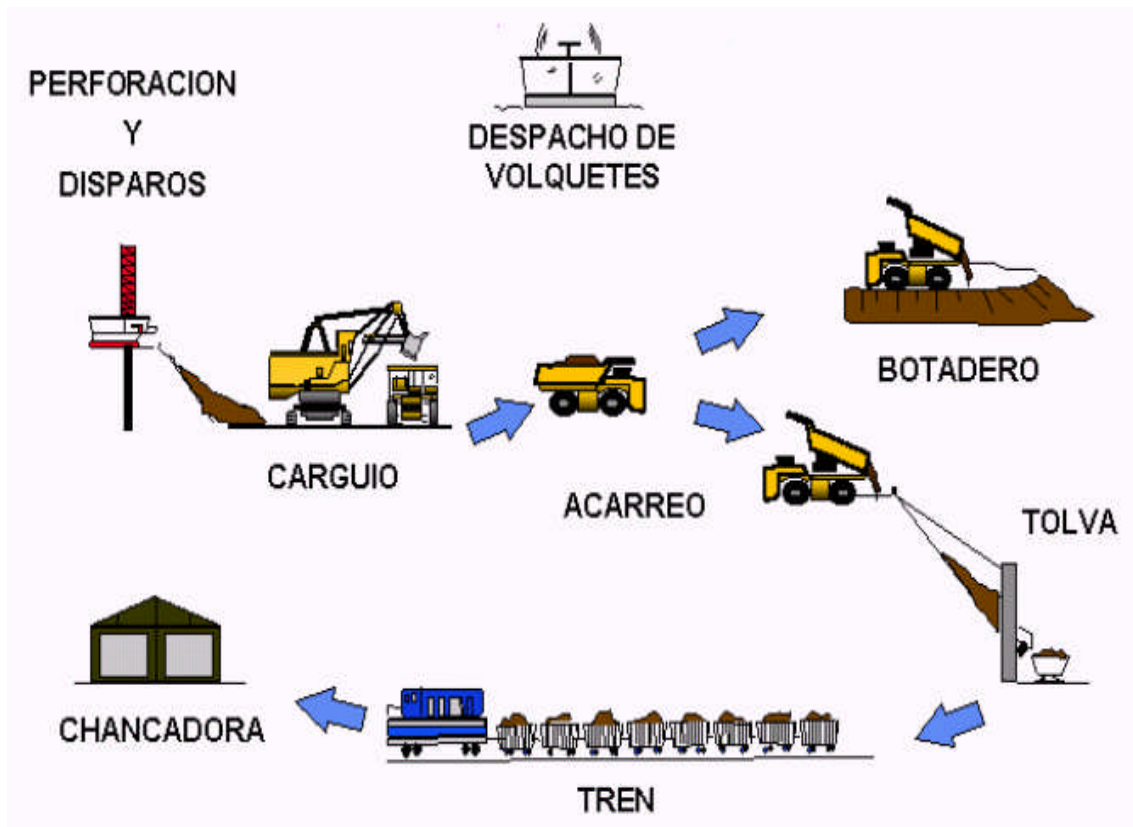
I.1.8. Instalaciones de la mina Toquepala

INSTALACIONES DE TOQUEPALA



I.1.9. Operaciones (ciclo de minado)

I.1.9.1. Diagrama de la operación de la mina Toquepala

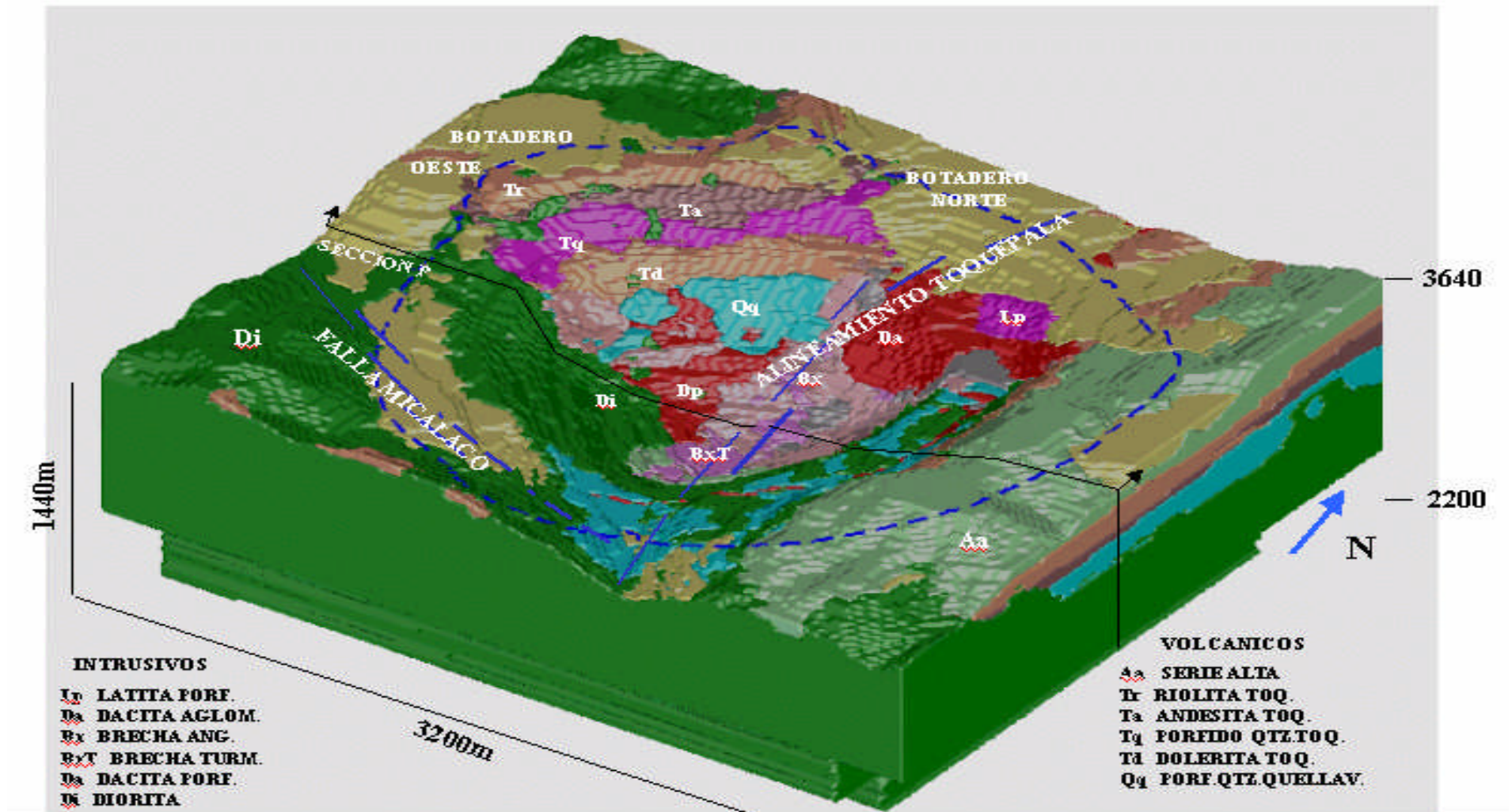


I.1.10. Geología del yacimiento del tajo Toquepala

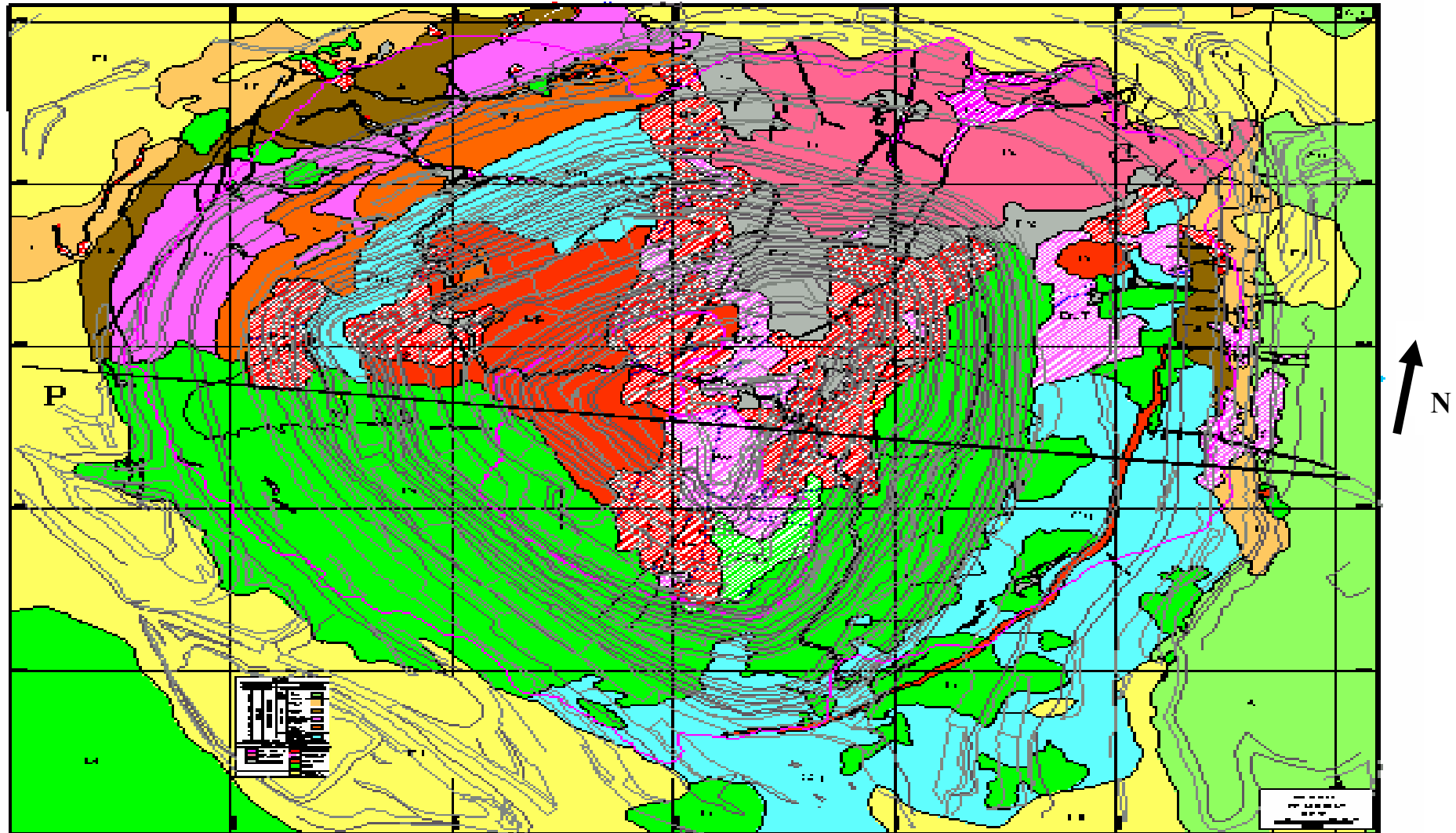
- De forma exterior cónica y de paredes verticales.
- Pórfido de Cobre subordinado a una chimenea de brecha y pórfido dacítico.
- Ha sufrido procesos de erosión, oxidación y enriquecimiento secundario.
- Su sobrecarga estéril esta compuesta aproximadamente por 150 m de material lixiviado. Antes de iniciarse la explotación se calculó en más de 150 MTC.
- Sus reservas publicadas son 770 MTC con 0.74% Cu y 0.04% Molibdeno.
- Explotable a bajo costo y en gran escala, por el sistema de tajo a cielo abierto.

Algunas de las características de los ambientes de formación de estos depósitos son la presencia de: chimeneas de brechas angulares y redondeadas, diques tabulares de pórfido de latita y brecha de guijarros; todos ellos aunados al callamiento jugaron un papel importante en su formación.

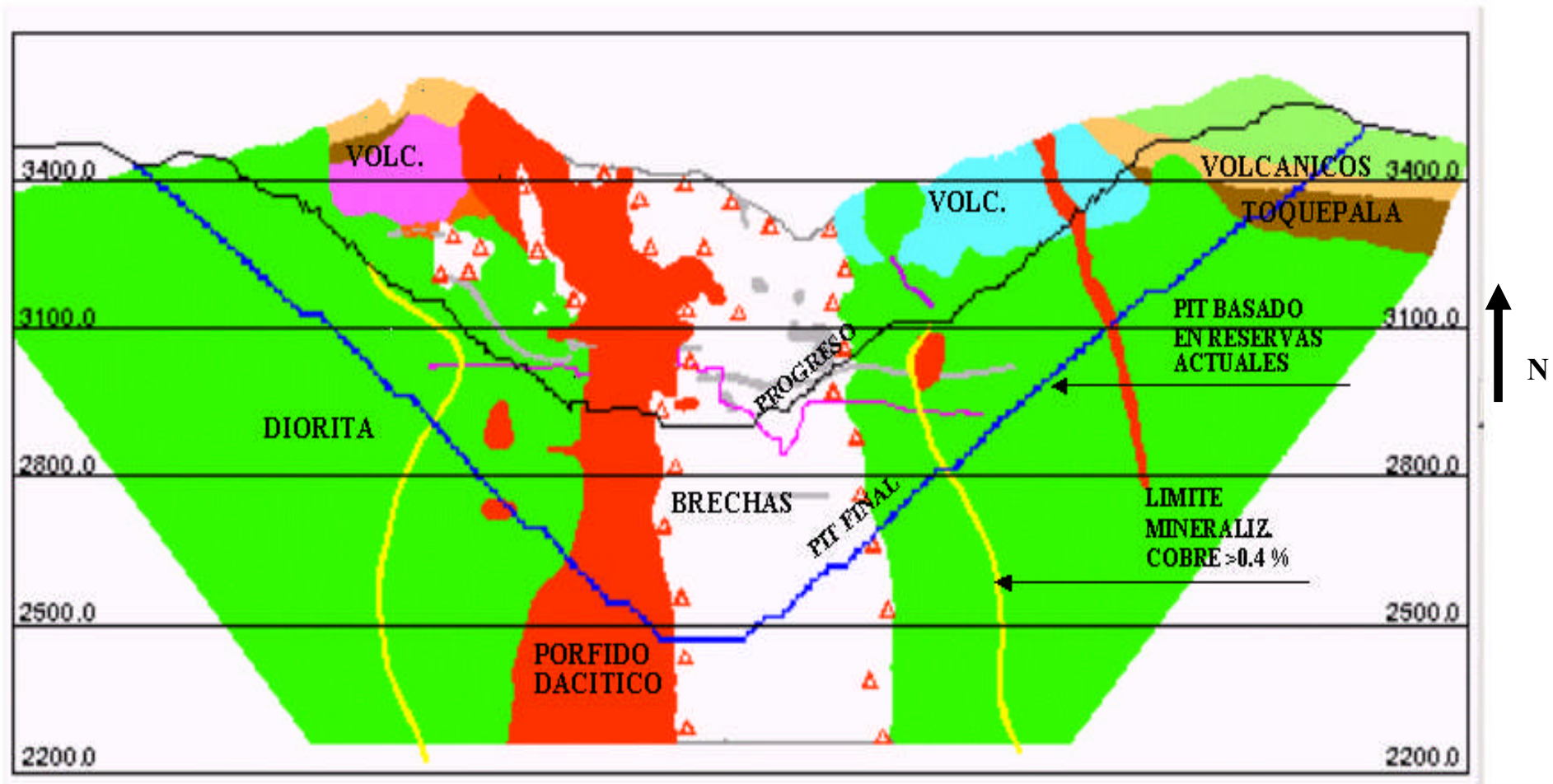
GEOLOGIA TOQUEPALA



PLANO GEOLOGICO



SECCION GEOLOGICA - P



I.2. Camiones que se usan en minería

Son camiones de dos ejes con caja basculante. El eje trasero, motriz, lleva, por lo general, ruedas gemelas.

El eje delantero, directriz, lleva, por lo general, dos ruedas en sencillo.

I.3. Distintas construcciones de neumáticos

I.3.1. 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”.

I.3.2. 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.

I.3.3. 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.

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 dissociar el trabajo de la cima con el de los flancos. La separación de las funciones proporciona al neumático mayores prestaciones.

Es por ello que el neumático radial permite obtener mayor adherencia minimizando el deslizamiento, reduciendo, de este modo, la 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.

I.3.4. 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 tube type (montaje con cámara de aire).

Su fabricación es idéntica desde el punto de vista arquitectónico; pero, por dentro de la cubierta, una capa de goma especial (butyl) garantiza su estanqueidad total.

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 pérdida 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.

I.4. 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).

I.4.1. Neumáticos estándar (serie 100)

La relación H/S es sensiblemente igual a 1.

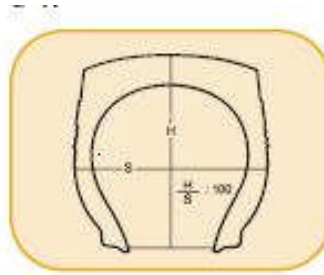


Figura 1.1

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

I.4.2. Neumáticos anchos (serie 80)

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

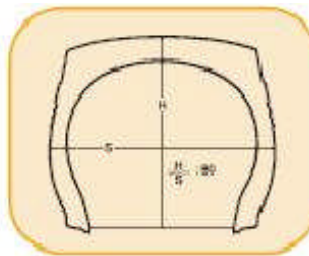


Figura 1.2

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

I.4.3. Neumáticos anchos (serie <80)

Ejemplo: serie 65

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

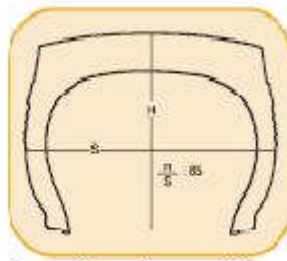


Figura 1.3

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

I.5. Tipos de Gomas

I.5.1. Michelin:

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

I.5.2. 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

Tabla 1.1

Ejemplo:

Código Bridgestone significa:



I.6. Distintas profundidades de cocada

Se distinguen cuatro grandes categorías de neumáticos de Ingeniería, caracterizados por su profundidad de dibujo (o altura de banda de rodamiento) diferente, y que se eligen con arreglo a los usos y a las naturalezas del suelo.

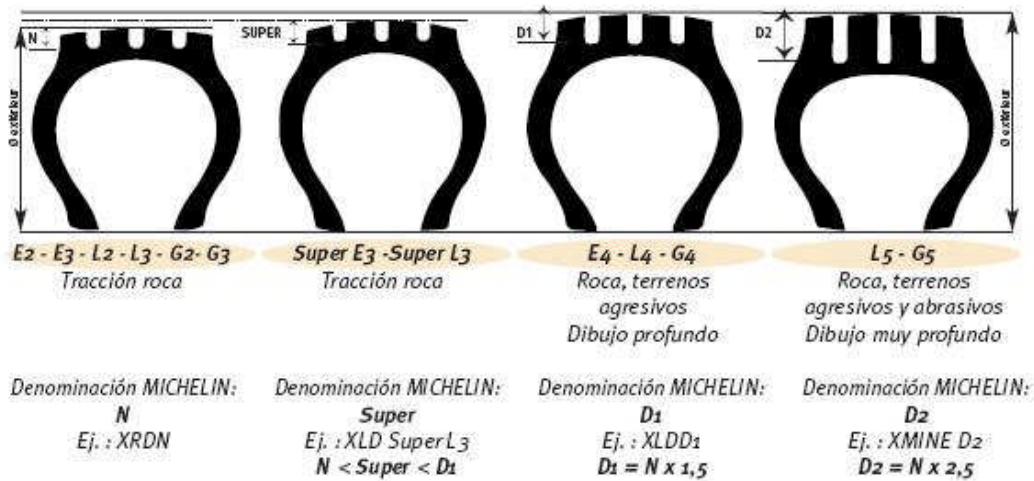


Figura 1.4

I.7. 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
Indice	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 65 - 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 - XMINED1 - XRD1
L3S	LISO		XLDD2 - XMINED2 - XRD2
L4S	LISO (dibujo grueso)		XSMDN
L5S	LISO (dibujo muy grueso)		XSMD1
			XSMD2 - XSMD2+

Figura 1.5

I.8. Parámetros que influyen en la duración de los neumáticos

I.8.1. Funcionamiento del neumático

Preámbulo

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.

Por otra parte, la compra de los neumáticos siempre supone un presupuesto significativo. Ahora bien, la aplicación de normas sencillas permite utilizar los neumáticos a su mejor potencial e incrementar, de este modo, la productividad del centro de explotación.

I.8.2. Funcionamiento de un 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).

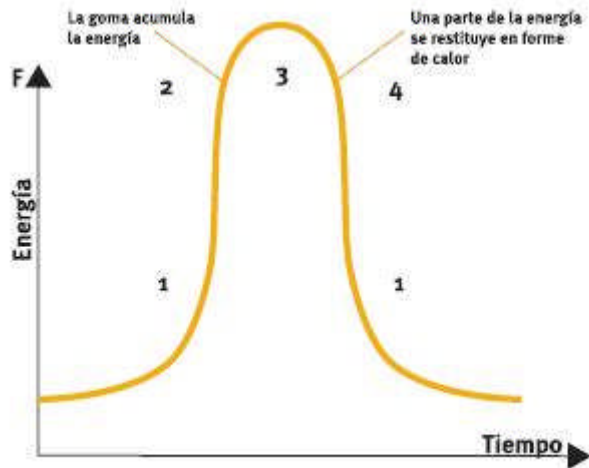


Figura 1.6

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.

1.8.3. 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:

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

Se puede utilizar nuestros 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.

I.9. Descripción de las principales causas de deterioro

Un gran número de neumáticos para uso de Ingeniería se deterioran como consecuencia de:

I.9.1. Un inflado insuficiente:

(Incremento de la flexión del neumático, de donde se deriva el incremento de la temperatura dentro del neumático).

I.9.2. Sobre inflado

(Desgaste prematuro de la banda de rodamiento, y una mayor sensibilidad a los choques y a los cortes).

I.9.3. 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).

I.9.4. 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.

I.10.

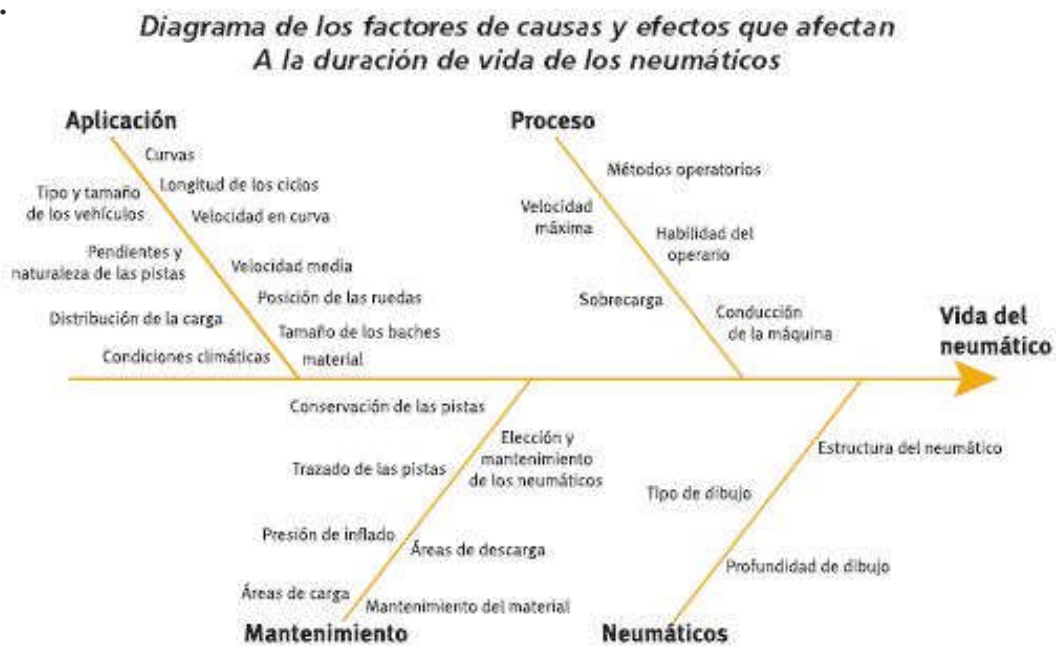


Figura 1.7

I.11. Factores que influyen en la duración de vida de los neumáticos

I.11.1. La temperatura interna de funcionamiento

Cuando un neumático rueda, se calienta debido ha:

- 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.

¿Cómo efectuar dicha comprobación?

Según la ley física de Mariotte, donde:

- P = Presión absoluta (en kPa).
- V = Volumen interno del neumático (en L).
- T = Temperatura absoluta (en °K) ó 273 + t (en ° C).

La relación = $\frac{(PxV)}{T}$ es una constante R.

- En frío (neumáticos que no han rodado):

$$R = \frac{(Po \times Vo + 1)}{273 + to}$$

- En caliente (neumáticos que han rodado):

$$R = \frac{(P1 \times V1 + 1)}{273 + t1}$$

Aunque el volumen interno del neumático no ha cambiado ($V_o = V_1$), la temperatura y la presión han cambiado. Se mide la presión de los neumáticos en caliente (respetando las consignas de seguridad) con el manómetro utilizado para medir la presión en frío, y se determina de este modo la temperatura interior del neumático según la operación.

$$t1 = \frac{[(P1 + 1) \times (to + 273)]}{(Po + 1)} - 273$$

I.11.2. 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.

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.

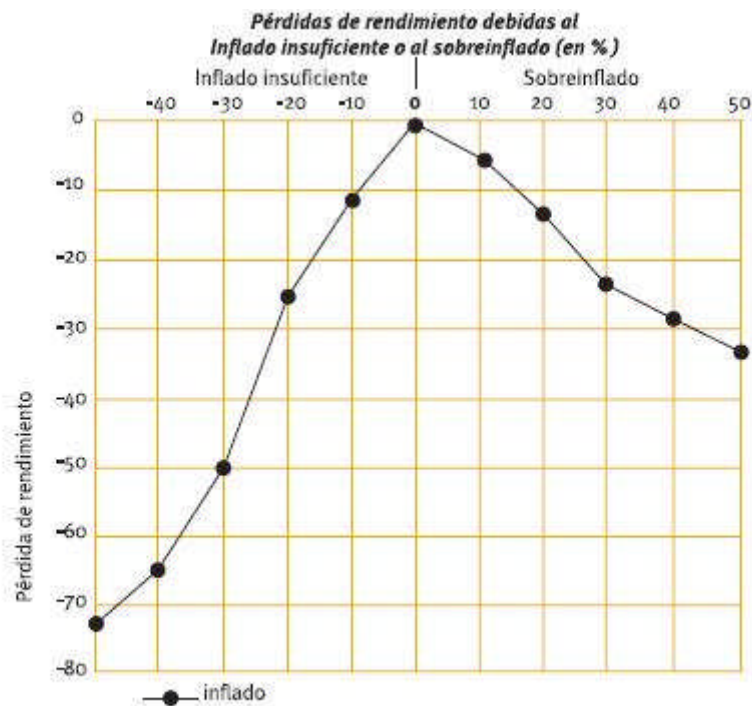


Figura 1.8

Datos Obtenidos: Guía de Mantenimiento de los Neumáticos – Obras Públicas y Minería

I.11.3. 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 (ver a este respecto el capítulo “Inflado de los neumáticos”).

I.11.4. 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.

I.11.5. 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.

I.11.6. 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.

A título indicativo

- Una sobrecarga del 10% reduce la duración del neumático en un 15%.
- Una sobrecarga del 20% reduce la duración del neumático en un 30%.
- Una sobrecarga del 30% reduce la duración del neumático en un 50%.

I.11.7. La conducción de la máquina

La manera de conducir la máquina influirá en la duración de los neumáticos.

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.

I.11.8. 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.

I.11.9. 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 rodaran sobre el suelo, sino que resbalarán por encima.

I.11.10. El trazado y el mantenimiento de las pistas

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.

I.12. Para asegurar una presión adecuada:

- Comprobar de forma regular la presión.
- Regular la presión en caso de necesidad.
- Comprobar la carga y su centrado (este punto se aborda más adelante).
- Comprobar la velocidad real de explotación.
- Comprobar los ciclos de desplazamiento.
- Comprobar los órganos de frenado del vehículo.
- Limpiar las pistas con objeto de eliminar los obstáculos al máximo.

I.13. Sobrecargas

I.13.1. Sobrecarga permanente

Es preciso cargar menos la máquina. El material con el que se trabaja puede tener una densidad más elevada que de costumbre.

I.13.2. Sobrecarga puntual

Va unida, las más de las veces, a una carga incorrecta, que hace que la mayor parte de la carga se apoye sobre un eje, un lado, un neumático.

I.14. Conducción de la máquina

Es preciso que el operario:

- Modere su conducción.
- La adapte al lugar.
- Optimice el posicionamiento de las distintas máquinas durante la carga en el frente.

I.15. Construcción de las pistas

Cuando se construyan las pistas, hay que hacer un correcto trazado de las curvas y circular a velocidades compatibles con los radios y la inclinación de las curvas.

Relación entre radio, velocidad y peralte para deriva cero													
Radio		Velocidad											
		km/h	15	20	25	30	35	40	45	50	55	65	
		mph	9	12	15	20	22	25	28	31	35	40	
(m)	(ft)	Peralte											
50	165		3,5	6	10								
60	195		3	5	8	12							
70	230		2,5	4,5	7	10							
80	260		2	4	6	9	12						
90	295		2	3,5	5,5	8	10,5						
100	330		1,5	3	5	7	9,5						
125	410			2,5	3,5	5,5	7,5	10					
150	490			2	3	5	6,5	8,5	10,5				
175	575				2,5	4	5,5	7	9	11			
200	655					3,5	5	6	8	10	12		
250	820						4	5	7	8	10		
300	985							3	4	5	6	8	10

Tabla 1.2

Para un rodaje en curva no peraltada, seguir las siguientes indicaciones.

Radio mínimo		Velocidad máxima	
15 m	50 ft	8 km/h	5 mph
25 m	80 ft	10 km/h	6 mph
50 m	165 ft	15 km/h	9 mph
75 m	245 ft	20 km/h	12 mph
100 m	330 ft	25 km/h	15 mph
200 m	655 ft	30 km/h	20 mph

Tabla 1.3: Rodaje en curva no peraltada

Debemos tener en cuenta que: Un daño ocasionado a un neumático puede también provocar un daño al vehículo o un daño corporal.

El hecho de proponerse reducir los daños ocasionados a un neumático preserva la vida de la máquina y también la de los operarios.

I.16. Importancia de la presión de inflado

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.

I.16.1. La presión justa

I.16.1.1. 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.

I.16.2. 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:

I.16.2.1. 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.

I.16.2.2. 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.

I.16.2.3. 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.

I.16.3. Métodos de inflado

I.16.3.1. 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.

I.16.3.2. 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.

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.

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.

I.16.3.3. Ventajas

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.

I.16.3.4. Conclusión

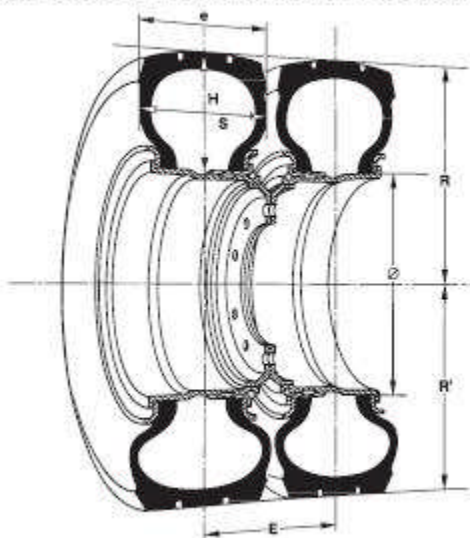
El inflado de un neumático con nitrógeno previene el riesgo de explosión, al suprimir o reducir la proporción de oxígeno (el O₂ es un gas necesario para la combustión de un cuerpo) en el interior del neumático. El inflado con nitrógeno reduce los efectos de la pirolisis de los neumáticos, pero no suprime 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.

I.17. Características de los neumáticos

EXPLICACIÓN DE LAS DIFERENTES CARACTERÍSTICAS



- e = ancho transversal
- D = diámetro exterior del neumático nuevo ($R \times 2$)
- D = diámetro del seat (diámetro interior del neumático) ; diámetro de la llanta
- S = anchura de la sección sobre la llanta de medición (esta llanta está indicada en negritas)
- E = distancia de gemelado (mínima recomendada sobre la llanta de medición)
- H = altura de la sección
- R = radio sin carga ($2R = D$)
- R' = radio con carga en estático
- CdR = circunferencia de rodamiento
- Prof. Dibujo = profundidad de dibujo del neumático en mm. (altura de goma que puede gastarse sin peligro de dañar las lonas).
- Cap. = Capacidad interior del neumático (permite determinar la cantidad de nitrógeno necesaria en el caso de inflado con este gas, o la cantidad de líquido necesaria en el caso de lastrado).

Figura 1.9

Las cotas dimensionales dadas en las tablas de esta documentación corresponden a las indicaciones aquí adjuntas, y están conformes a las diferentes normas (E.T.R.T.O.) dichas normas se encuentran en la hoja ANEXO, capítulo A.3.

I.18. Lectura de la escala carga / presión

Advertencia: La presión adecuada aplicable a la máquina (para un emplazamiento y un trabajo dado) está en función de las condiciones de trabajo en las que es utilizada, siendo precisa su determinación «in situ» (mediante cálculo con la ayuda de las informaciones técnicas de la máquina, o por pesada de sus ejes).

Con el fin de poder trabajar en las mejores condiciones, es aconsejable:

- Pesar las máquinas por eje, en el trabajo.
- No sobrepasar la distancia máxima que el neumático pueda recorrer a la hora.

I.19. Límite máximo de utilización económica del neumático.

Es el resultado en el que la combinación carga/presión permite una utilización económica del neumático.

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

Está representado, este límite, en los cuadros escala Carga/Presión, en fondo algo oscurecido.

Generalmente éstas son las condiciones nominales de los neumáticos definidas en las normas internacionales:

I.20. Transporte:

Es la escala que se utilizará cuando se trabaje a velocidad máxima de desplazamiento comprendida entre 30 y 50 km/h.

Uso específico

En caso de utilización de neumáticos a bajas velocidades (< 30 km/h), o cuando los ciclos de trabajo serán cortos (< 3 km), se podrá disminuir la presión de un 10 %, a la

misma carga, con el fin de mejorar la vida útil y la resistencia a las agresiones del neumático.

En caso de gran sollicitación (bajada en carga, frenado, curvas cerradas, etc.), se puede aumentar la presión un 10 %, en el eje delantero de los dumpers rígidos, y en los scrapers pero sin sobrepasar por encima la presión máxima indicada.

Cuando el neumático se somete a fuerzas dinámicas importantes (por ejemplo para desplazamientos in situ a velocidades máximas superiores a 50 km/h) la carga se reducirá progresivamente en función de la velocidad máxima alcanzada por el vehículo en todo del ciclo de trabajo sin cambio de presión. Todo rebasamiento implicará una reducción de la duración de vida del neumático y una disminución de la resistencia a las agresiones.

I.21. Elementos que componen un neumático

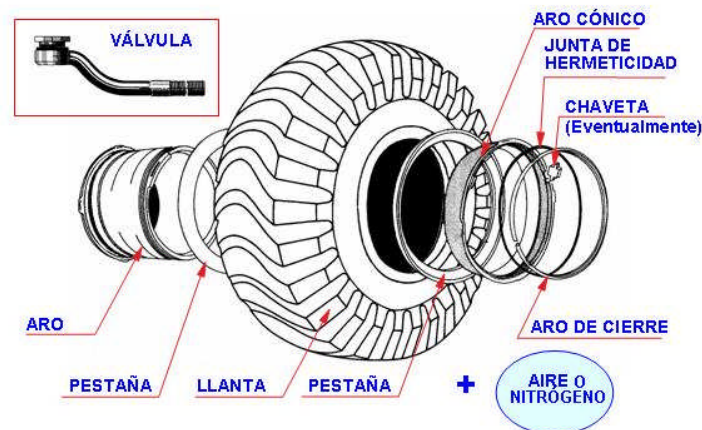


Figura 1.10

I.21.1. 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 (3/4 pulgada) 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.

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.

- **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.
- **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.

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

I.21.2. Aro: llamado también “rim” (influencia USA) es el conjunto base (“cilindro”) + 2 pestañas o “flanges” + anillo cónico (corbata - aro cónico) + seguro de cierre.

I.21.3. Aro de cierre: aro metálico abierto que tiene como misión sujetar el aro cónico; es una especie de gran “clip”.

I.21.4. Aro cónico: parte metálica móvil de una llanta multipiezas, que tiene como función sujetar el neumático sobre la llanta.

I.21.5. 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.

I.22. Terminología del neumático

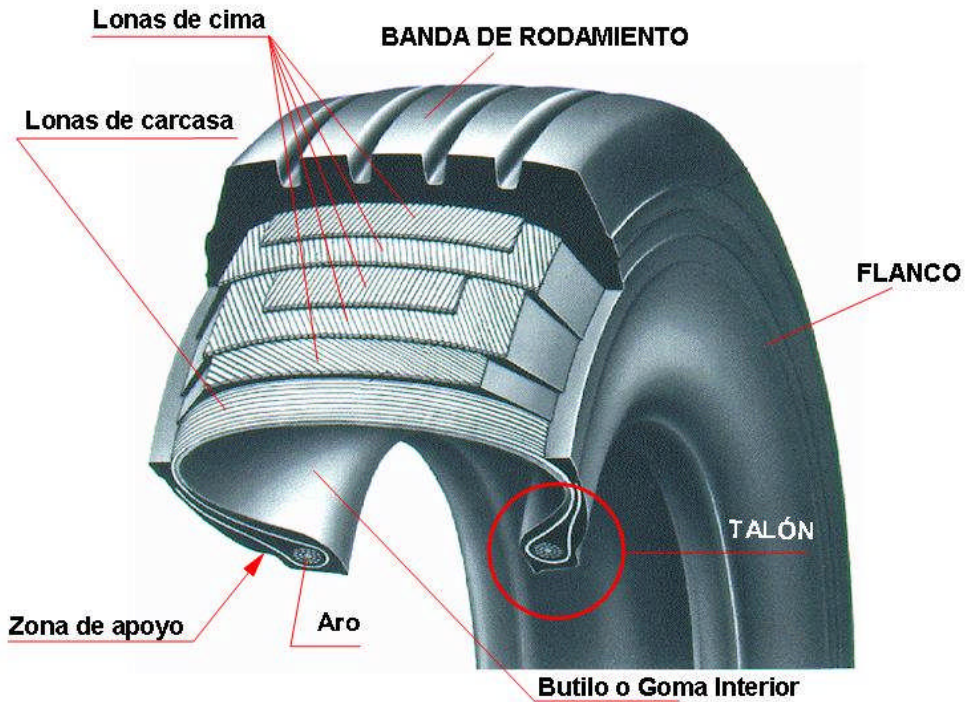


Figura 1.11

I.23. Marcajes

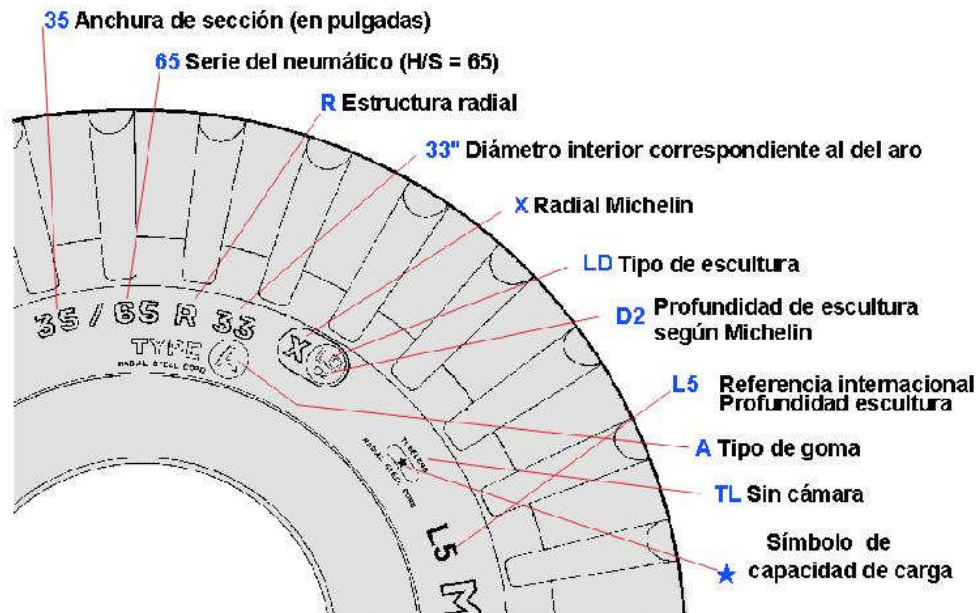


Figura 1.12

I.24. Partes del neumático que producen calor

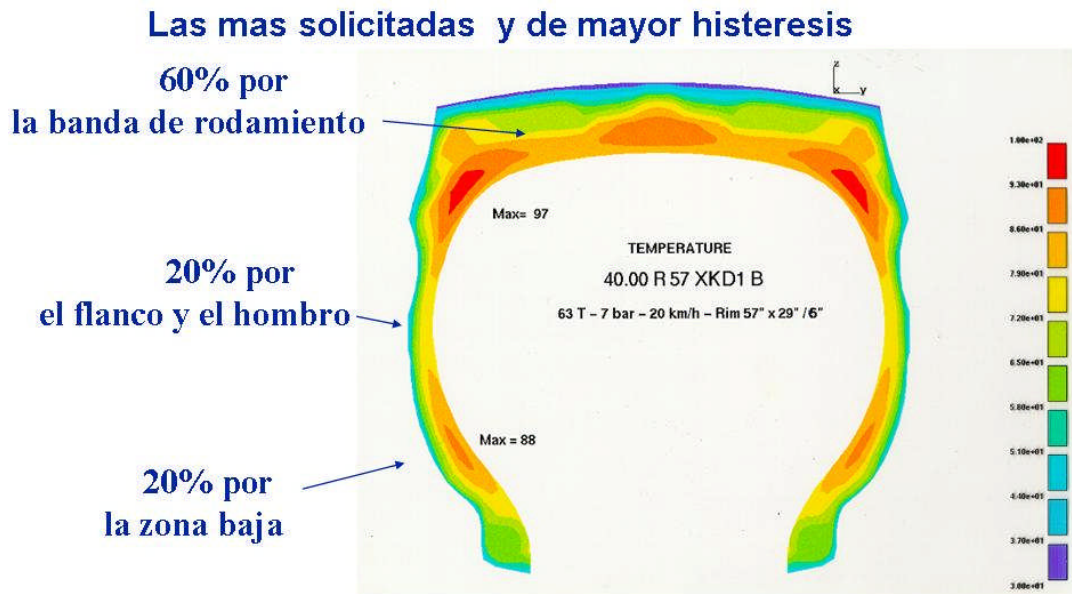


Figura 1.13

¿Cuales son las partes del neumático que se calientan?

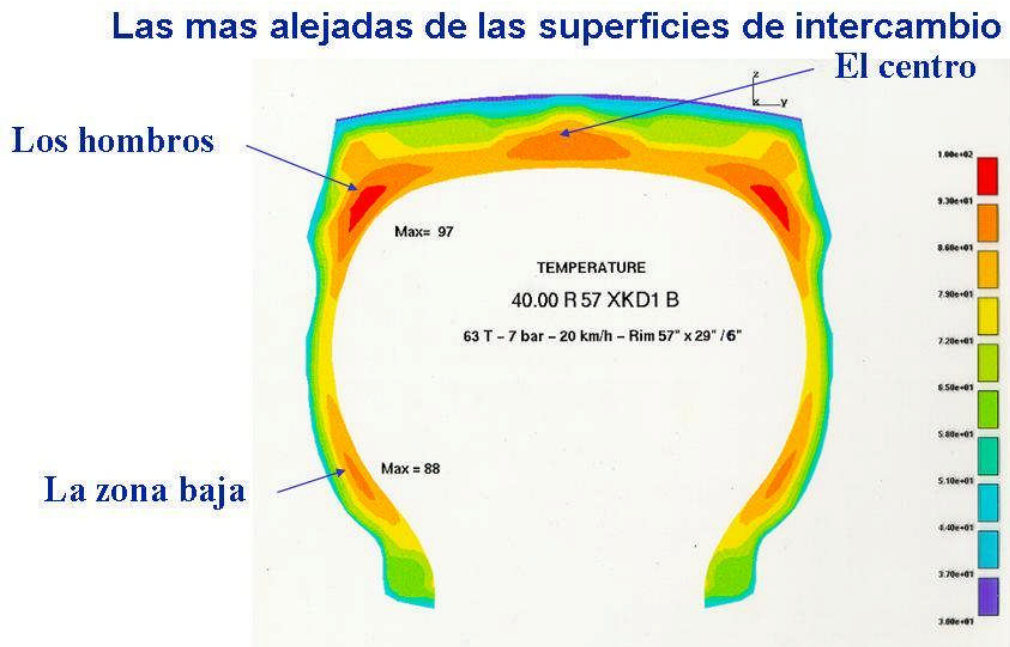


Figura 1.14

Datos proporcionados por Taller Enllante - Neuma Perú

I.25. Neumáticos a reencauche:

Un neumático se envía a reencauche cuando tiene la cocada necesaria y no tenga cortes pasantes a las lonas de protección, en caso de Toquepala la cocada necesaria es de 30 - 40 /32° avos de cocada.

I.26. Interpretación del tamaño de neumáticos:

Neumático utilizado en volquete Komatsu 930 E3-4:

53/80 R63 significa:

- 53: Longitud transversal de la Banda de Rodamiento (pulgadas)
- 80: longitud transversal del Flanco (80% longitud de la banda de rodamiento).
- R: Neumático radial
- 63: Longitud radial del aro (de talón a talón).

La separación mecánica se produce bien por carguío excesivo del Volquete combinado con una excesiva velocidad (mayor a 41 km/h, dato proporcionado por el fabricante de neumáticos (Michelin)).

En ciclo de carguío en rampas, los neumáticos delanteros sufren mas que los neumáticos traseros por la distribución de carga del volquete, son en las maniobras que se realizan en rampas donde se producen las separaciones en neumáticos, estas separaciones no se notan hasta que se realiza una inversión en el neumático o se realiza un cambio de posición (de las posiciones delanteras hacia las posiciones traseras).

Además, la carga nominal de los volquetes que circulan en la mina Toquepala son:

Volquetes	Toneladas Métricas
Cat 793 C	230
Komatsu 830	218
Komatsu 930 E	290

Tabla 1.4: Carga Nominal de Volquetes

La reparación de los neumáticos dañados por cortes son de acuerdo al número del aro y estos costos son:

Aro (Pulgadas)	Costo (\$)
57	1235
63	1425

Tabla 1.5: Costo de reparación de neumáticos según el tamaño del aro

Efecto deriva: Es el acto de girar o voltear una curva cerrada a alta velocidad produciendo desgaste en los hombros con un alto potencial de Separación cuando se realiza el cambio habitual del neumático de posiciones delanteras a traseras.

I.27. Distribución de peso: Volquete Komatsu 930E

VACIO	LIBRAS	KILOGRAMOS
Eje Delantero (48.3%)	213,518	96 852
Eje Trasero (51.7%)	228,699	103 737
Total (50% Fuel)	446,034	200 589

CARGADO	LIBRAS	KILOGRAMOS
Eje Delantero (33.4%)	367,140	166 532
Eje Trasero (66.6%)	732,860	332 425
Total	1,100,000	498 960

NEUMATICOS	
Llanta radial (Standard)	53/80R63

NOTA: No exceder 1,100,000 lbs. (498 960 Kg), incluyendo fuel y carga.

Tabla 1.6

I.29. Mecanismos de protección de neumáticos – Bota piedras neumáticos posteriores.

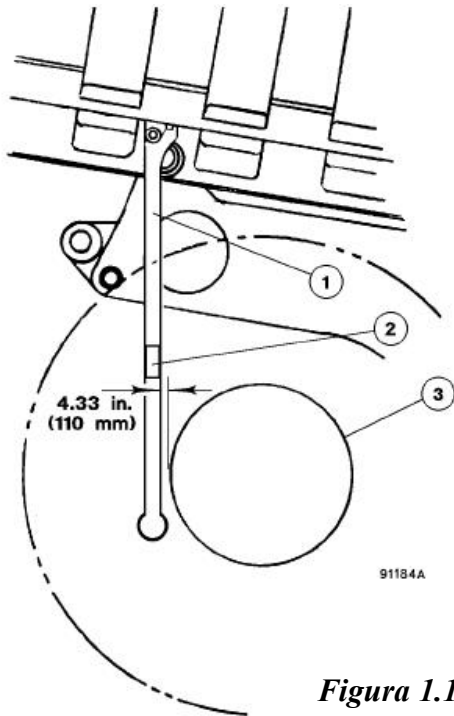


Figura 1.15

FIGURE 3-7. ROCK EJECTOR INSTALLATION

- 1. Rock Ejector Arm
- 2. Wear Plate
- 3. Rear Wheel Spacer Ring

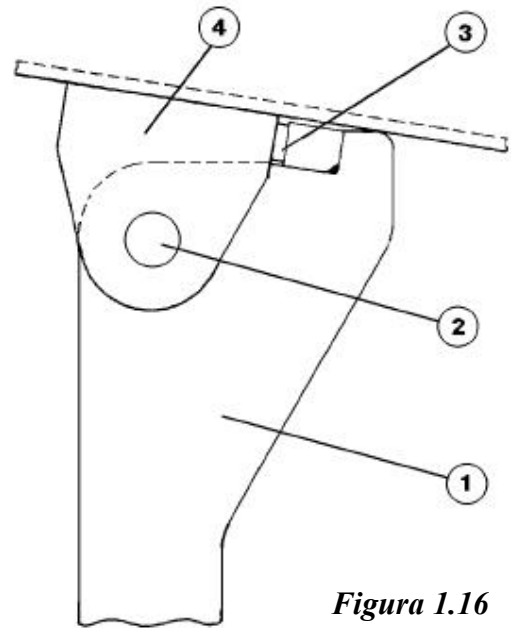


Figura 1.16

FIGURE 3-8. ROCK EJECTOR MOUNTING BRACKET (Detail View)

- 1. Rock Ejector Arm
- 2. Pin
- 3. Stop Block
- 4. Mounting Br

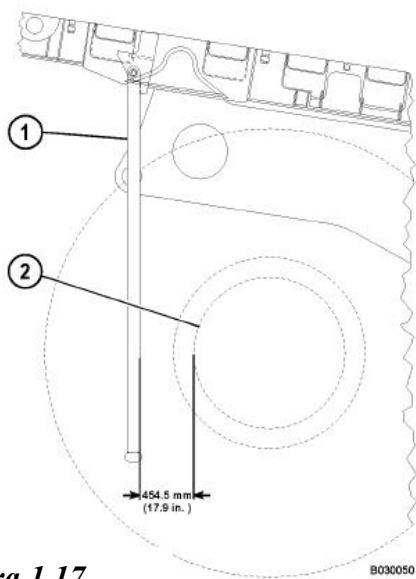


Figura 1.17

FIGURE 3-10. ROCK EJECTOR INSTALLATION

- 1. Rock Ejector Arm
- 2. Wheel Housing

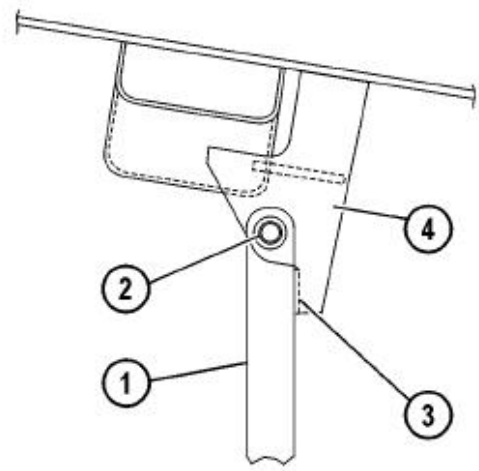


Figura 1.18

FIGURE 3-9. ROCK EJECTOR MOUNTING BRACKET

- 1. Rock Ejector
- 2. Pin
- 3. Stop Block
- 4. Mounting Bracket

I.29. Neumáticos para máquinas de transporte: Método de TKPH (TMPH)

I.29.1. Criterios a tener en cuenta para elegir el neumático más adaptado:

I.29.1.1. La máquina

- Su equipo de origen.
- La carga soportada por el neumático, máquina en vacío y máquina en carga.

I.29.1.2. La cantera

- Naturaleza del suelo, estado y perfil de las pistas.
- Naturaleza y estado de las zonas de carga y descarga.

I.29.1.3. Utilización de la máquina en la cantera

- Longitud del ciclo (trayecto de ida en carga y vuelta en vacío).
- Número máximo de ciclos por relevo.
- Duración de cada relevo y el número de relevos por día.

I.29.1.4. Problemas que se presentan

- Comportamiento del conjunto máquina/neumáticos (por ejemplo, problemas de adherencia).

I.29.1.5. Comportamiento de los neumáticos

- ¿Cómo se gastan?
- ¿Cuáles son las causas principales de desmontaje?
- ¿se trata de problemas de los flancos, de la cima?

I.29.1.6. Elección del neumático

Se tendrán en cuenta:

- Las posibilidades de montas indicadas por el constructor.
- Las condiciones de utilización de la máquina en la explotación (carga, velocidad, naturaleza del terreno, etc.).

I.29.2. Definición del TKPH (o del TMPH)

El TKPH (Toneladas Kilómetro por Hora) o TMPH (Tonelada Milla por Hora) es una característica de la capacidad de trabajo de un neumático. Esta característica tiene en cuenta un factor muy importante en la vida de un neumático que es la temperatura máxima admisible de funcionamiento.

I.29.3. TKPH neumático o TMPH neumático

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 nuestros neumáticos.

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:

$$\text{TMPH} = \text{TKPH} \times 0,685$$

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

I.29.4. TKPH explotación de base o TMPH explotación de base

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

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

Donde:

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

I.29.4.1. Carga media por neumático (Q_m)

Se obtiene por la relación:

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

Donde:

- 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.

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.

I.29.4.2. Velocidad media del ciclo de referencia (V_m).

Se obtiene por la relación:

$$V_m = \frac{L}{H}$$

Donde:

- 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.

I.29.5. 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.

I.29.5.1. 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 (**Tabla A.1**).

I.29.5.2. 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:

$$K2 = Vm + \frac{[0.25 * x(TA - TR)]}{Vm}$$

Donde:

- Vm = 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 $TA \geq 15$ °C (59 °F), ver tabla de coeficiente K2 en la tabla anexo (**Tabla A.2**).
- Para las temperaturas inferiores a 15 °C (59°F), ver los coeficientes K2 en la tabla anexo (**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 km (3 millas) con la ayuda del coeficiente K1.
- Corrección para la temperatura ambiente diferente a 38 °C (100°F) con la ayuda del coeficiente K2.

Es decir:

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

I.29.6. Comparación TKPH (TMPH) neumático y TKPH (TMPH) real explotación:

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:

- TKPH (TMPH) neumático > TKPH (TMPH) real explotación, el neumático conviene.
- TKPH (TMPH) neumático < 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 al uso si:

- | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • TKPH llanta > TKPH real obra • Capacidad de trabajo de la llanta > trabajo solicitado en la obra |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

I.30. Motivos de desecho de un neumático

I.30.1. Cortes

Este motivo de desecho de neumáticos es uno de los más frecuentes en la mina Toquepala, el 80% de los cortes se producen en la Banda de Rodamiento mientras que el 20% restante se producen en Flanco y Hombro. Esto incrementa las separaciones por cortes de los neumáticos pero también envía a *scrap* muchos neumáticos que aun no han alcanzado su vida útil (con alta cocada), en la Foto 1.1 se muestra un neumático con corte en flanco.



Foto 1.1: Cortes de neumáticos

I.30.2. Separaciones

Existen básicamente tres tipos de separaciones en neumáticos, las cuales son:

- Separación por corte (corte en banda de rodamiento, flanco).
- Separación por calor (exceso de velocidad del volquete).
- Separación mecánica (esfuerzo al hombro del neumático por sobrecarga).

I.30.2.1. Separación por corte

Generalmente en banda de rodamiento ocasionada por rocas que abren la banda de rodamiento permitiendo el ingreso de agua, polvo, etc. Oxidando los cables de acero internos del neumático y separando la banda de rodamiento, en un inicio esta separación es localizada, pero con el rodaje se puede separar grandes secciones del neumático en la banda de rodamiento, como se muestra en la Foto 1.2.



Foto 1.2: Separaciones por cortes

I.30.2.2. Separación por calor:

Ocasionado por exceso de velocidad del equipo la cual el neumático no puede soportar. Los neumáticos de minería son diseñados para soportar carga más no velocidad, los retornos en vacío del equipo no deben exceder los 40 km/h para no perjudicar la capacidad de disipación del calor de los neumáticos; esto se manifiesta con olor a quemado y separación de la banda de rodamiento, como se muestra en la Foto 1.3.



Foto 1.3: Separación por calor

I.30.2.3. Separación por esfuerzo (separación mecánica):

Ocasionada por sobrecarga, cargas descentradas y/o maniobras penalizantes como curvas cerradas o ingresos a botaderos a alta velocidad. Esto origina que el neumático no pueda soportar las toneladas que sobre ella se aplican rompiéndose los cables

internos de acero a la altura del hombro del neumático creando protuberancias visibles, este es el motivo por la cual se pierden muchos neumáticos con alta cocada sin alcanzar su vida útil.

Para obtener un buen carguío y por lo cual cargas centradas entonces debemos tener una buena fragmentación en el corte, recomendando no cargar rocas demasiado grandes a los volquetes como se muestra en la fotografía adjunta (Foto 1.5).



Foto 1.4: Carga descentrada



Foto 1.5: Rocas demasiado grandes en el volquete

En la fotografía de la izquierda (Foto 1.4), el peso descentrado del volquete castiga los neumáticos posiciones 3 y 4.

I.30.3. Presión de inflado:

I.30.3.1. Sobre inflado:

Las presiones de inflado alto generan desgaste prematuro en la banda de rodamiento enviando al neumático prematuramente a desecho (*scrap*), como se muestra en la fotografía adjunta (Foto 1.6).



Foto 1.6: Sobreinflado

I.30.3.2. Inflado insuficiente:

Los neumáticos con demasiada carga y baja presión de inflado están propensos a demasiada deflexión y por consiguiente a un mayor número de cortes como se muestra en las fotografías adjuntas (Foto 1.7 y Foto 1.8).



Foto 1.7



Foto 1.8

La demasiada deflexión ocasiona daños en el talón, es debido a sobrepasar la carga nominal de la cubierta con baja presión de inflado del neumático, se muestra los daños ocasionados en la siguiente fotografía (Foto 1.9).



Foto 1.9: Daños en el talón del neumático

Cuando el flange es demasiado estrecho ocasionan daños en talón, dicho flange hace contacto con el neumático cortando el talón, se debe tener un ancho adecuado como se

muestra en el grafico (Figura 1.19), los daños que se producen en el neumático se notan en la Foto 1.10.

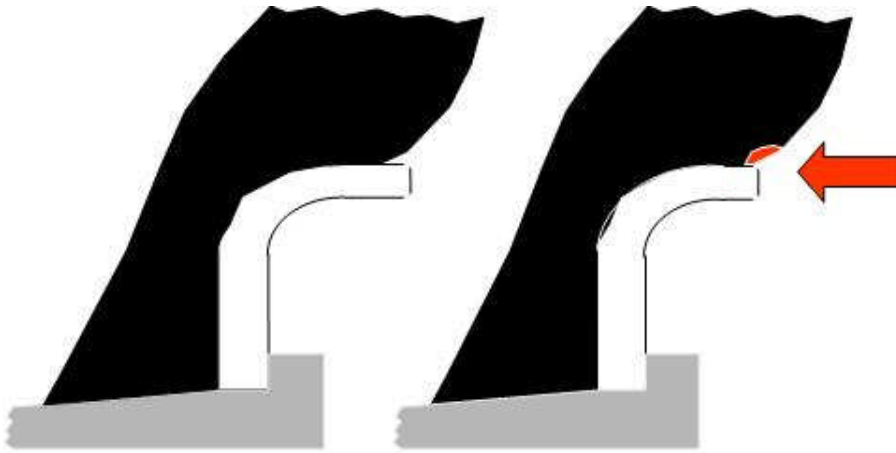


Figura 1.19: Daños en el talón por el Tamaño del flange



Foto 1.10: Daños en el talón por el Tamaño del flange

I.31. Resumen

El mantenimiento de la presión de inflado es importante porque:

- El neumático es una estructura “pre-stressed”.
- Los daños en el zona baja aumentan cuando la presión de inflado disminuye.
- Los daños en la banda de rodamiento aumentan cuando la presión de inflado aumenta.

- La velocidad de desgaste esta optimizada por la presión recomendada.

I.32. ZONAS DE CARGUÍO - VIAS DE ACARREO - BOTADEROS:

Las zonas de carguío son vitales para la producción, entonces por consiguiente tienen que estar en perfectas condiciones para el cuidado de los neumáticos, es aquí donde se produce el mayor número de cortes en los neumáticos al igual que en botaderos.

Por lo tanto; los lugares de carguío deben estar libres de rocas sueltas manteniendo siempre un equipo de limpieza en dicho lugar, en este caso un torito 834H.

Los botaderos al igual que las vías de acarreo están en perfectas condiciones de mantenimiento como se muestran en las fotos posteriores, evitando el corte de neumáticos.



Foto 1.11: (Zona de Carguío)



Foto 1.12: Zona de Descarga (Botadero)



Foto 1.13: Vía de Acarreo

I.33. Presión de inflado real de neumáticos en la mina Toquepala

I.33.1. 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.

I.33.2. Presión de los neumáticos en caliente: 20% más de la presión en frío.

I.33.3. Datos de presiones de inflado en frío de los neumáticos de los diferentes volquetes en la mina Toquepala

CAT 793C		
	ADELANTE	ATRÁS
Michelín	44/80R57	
XDR B	95 psi	90 psi
XKD1 B	95 psi	90 psi
Bridgestone	46/90R57	
VRDPZ 1A	110 psi	110 psi
KOMATSU 830E		
	ADELANTE	ATRÁS
Michelín	40.00R57	
XDR B	100 psi	95 psi
XKD1 B	100 psi	95 psi
KOMATSU 930E		
	ADELANTE	ATRÁS
Michelín	53/80R63	
XDR B	105 psi	105 psi
Bridgestone	53/80R63	
VRDPZ 1A	105 psi	105 psi

Tabla 1.7

Datos proporcionados por Taller Enllante (Neuma – Perú)

I.34. Problema

¿En qué medida la rotación de los neumáticos de las posiciones uno y dos influye en la vida de neumáticos gigantes en la mina Southern Copper – Unidad Minera “Toquepala”?

I.35. Hipótesis

A medida que aumentamos las horas de recorrido en las posiciones uno y dos (1550- y 1750 - 1800 horas promedio) aumenta la vida total de los neumáticos gigantes.

I.36. Importancia

Este trabajo de investigación es importante debido a que permitirá una mejor rotación de neumáticos encontrando una mayor eficiencia en el tiempo de vida de los neumáticos. La ineficiente rotación de los neumáticos gigantes produce altos costos para la empresa minera por la escasez y el precio elevado del neumático en el mercado actualmente.

I.37. Objetivos

I.37.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la rotación de los neumáticos en las posiciones uno y dos sobre la vida de dichos neumáticos en el proceso de carguío y transporte en Southern Copper - Unidad Minera Toquepala con la finalidad de obtener una mejora en la vida de los neumáticos.

I.37.2. Objetivo específico

a. Determinar los rangos de tiempo en la cual se puede rotar los neumáticos gigantes en las posiciones uno y dos con el fin de obtener la mayor vida posible, en volquetes Komatsu 930E3 y Komatsu 930E4).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

II.1. Material de estudio

II.1.1. Población

La población de esta investigación son los neumáticos gigantes de la serie 10714001 hasta 10714015, de los Volquetes Komatsu 930E3 y 930 E4.

II.1.2. Muestra

Las muestras a las cuales se les hará el seguimiento son neumáticos gigantes, se les tomará el tiempo de recorrido diario y una toma del tamaño de cocada cada quince días o cuando realicen la rotación de posiciones.

II.1.3. Equipos

- Control Dispatch.

II.1.4. Instrumentos

- Medidor de Cocada (Escala 1/32 avos de pulgada).

II.2. Métodos y técnicas

II.2.1. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizará en esta investigación para contrastar nuestra hipótesis será el diseño estadístico para variables discretas, cuyas variables independientes serán las horas de rotación de los neumáticos y la variable dependiente que se considerará son las horas finales de rendimiento del neumático.

Se le asignara dos niveles a las variables independientes en función de las horas y estas serán las siguientes: 1550 horas y 1800 horas promedio para los neumáticos que se tomaron para realizar este trabajo de investigación.

II.3. Ordenamiento de datos

Serie Neumático	Horas Rotación	Cocada Rotación	Horas Final	Cocada Final	Marca	tipo	Numero de Neumático	Posición Rotación	Posición Inicial
10714001	1872	106/107	5639	47/48	BRIDGESTONE	VRDPZ1A	53/80R63	4	1
10714002	1872	106/106	5742	45/46	BRIDGESTONE	VRDPZ1A	53/80R63	3	2
10714003	1621	103/101	5210	44/46	MICHELIN	XDRB	53/80R63	4	1
10714004	1789	100/100	5693	35/37	MICHELIN	XDRB	53/80R63	3	2
10714005	1537	102/101	5061	38/39	MICHELIN	XDRB	53/80R63	4	1
10714006	1537	100/98	5061	37/36	MICHELIN	XDRB	53/80R63	3	2
10714007	1709	103/102	5749	33/34	MICHELIN	XDRB	53/80R63	4	1
10714008	1709	101/101	5749	34/36	MICHELIN	XDRB	53/80R63	3	2
10714009	1803	99/98	5812	34/35	MICHELIN	XDRB	53/80R63	3	1
10714010	1803	96/96	5812	33/34	MICHELIN	XDRB	53/80R63	4	2
10714011	1652	102/101	4788	49/51	MICHELIN	XDRB	53/80R63	4	1
10714012	1736	101/100	5604	37/38	MICHELIN	XDRB	53/80R63	3	1
10714013	1736	100/100	5604	36/38	MICHELIN	XDRB	53/80R63	4	2
10714014	1508	101/100	5233	39/41	MICHELIN	XDRB	53/80R63	4	1
10714015	1508	102/101	5233	40/41	MICHELIN	XDRB	53/80R63	3	2

Tabla 2.1

- La cocada se mide en 32 avos de pulgada.

II.4. Definición operacional de las variables

Las horas de rotación del neumático es una variable independiente del proceso, cuya forma de medición es directa, se mide por horas y la escala que le asignamos será de 1550 y 1800 horas.

Las horas finales del neumático es una variable dependiente, cuya forma de medición es indirecta, se mide por horas y dependerá del tiempo de rotación del neumático.

II.5. Procedimiento experimental

- El punto de partida es la toma de datos de los neumáticos al momento de ensamblarlos en el eje directriz de los volquetes Komatsu 930 E3-4 posiciones uno y dos, tomando los siguientes datos de referencia: fecha de ensamblaje, tamaño de cocada, presión de inflado.
- Revisiones del estado de las vías de acarreo, zonas de carguío y zonas de descarga (tolvas o botaderos), generalmente las vías de acarreo se encuentran en perfecto estado al igual que las zonas de carguío y zonas de descarga (siempre existen equipos de limpieza presentes en estas zonas).
- Charlas con los operadores de volquetes cada quince días por parte de Neuma Perú SA, sobre el cuidado de los neumáticos, realizando capacitaciones a los operadores sobre el manejo de los volquetes Komatsu 930E3-4 por parte de Mitsui.
- Charla de cinco minutos todos los días a los operadores de los equipos pesados sobre el cuidado de los neumáticos.
- Revisiones diarias de presión, temperatura y cortes de roca de los neumáticos en los grifos de abastecimiento de combustible.
- Muestreo quincenal de todos los neumáticos con el motivo de revisar en forma general la cocada residual, la presión del neumático, la temperatura, los cortes del neumático y realizar una estadística que nos ayude a seguir una historia del neumático.
- Cuando el neumático alcanza las horas de rotación, entonces colocamos los neumáticos en el eje motriz, revisando el desgaste del neumático, a las posiciones traseras que corresponda, generalmente los neumáticos extraídos se ensamblan en

otro volquete, siguiendo los procedimientos de seguridad de cambio de neumáticos que se encuentran en la hoja anexa.

- Luego de haber tomado nota de los datos de acuerdo a los pasos anteriores, pasamos a realizar trabajo de gabinete.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

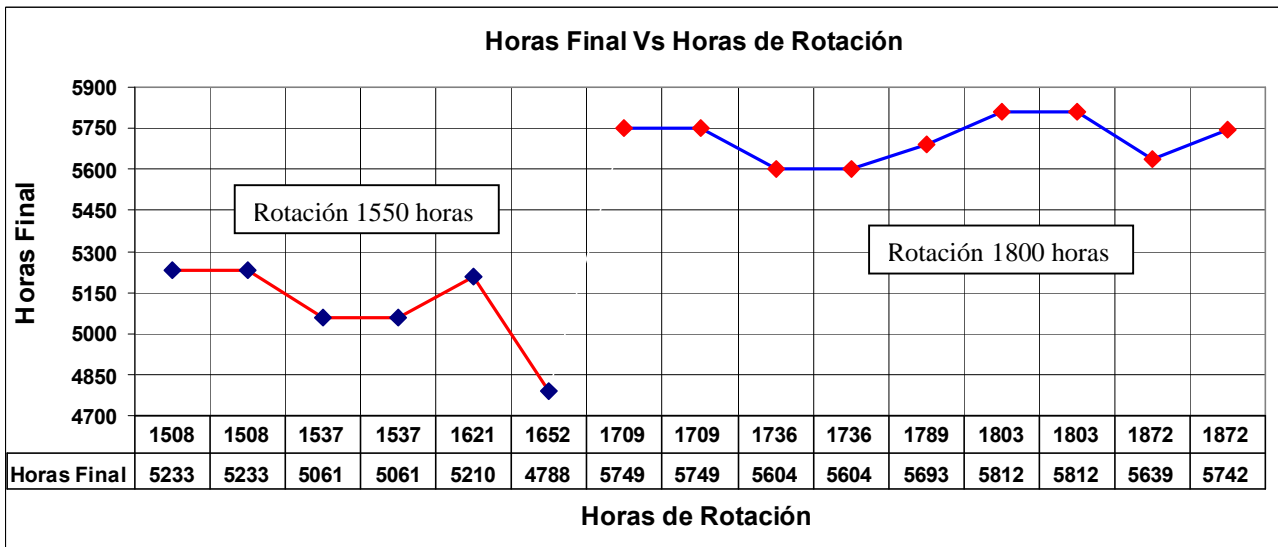
De las pruebas experimentales de rotación de neumáticos en posiciones uno y dos y de sus respectivos análisis, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se muestran en la Tabla 3.1 y Tabla 3.2

Se muestra en este cuadro de datos un análisis de varianzas con respecto a las horas finales del neumático.

Horas de rotación	Promedio	Mediana	Desviación estándar	Suma de cuadrados	Error típico
1550	5097.67	5135.5	171.948442	156065064	146.419405
1800	5711.56	5742	81.1281565	293649456	86.1528687

Tabla 3.1: Análisis de varianza

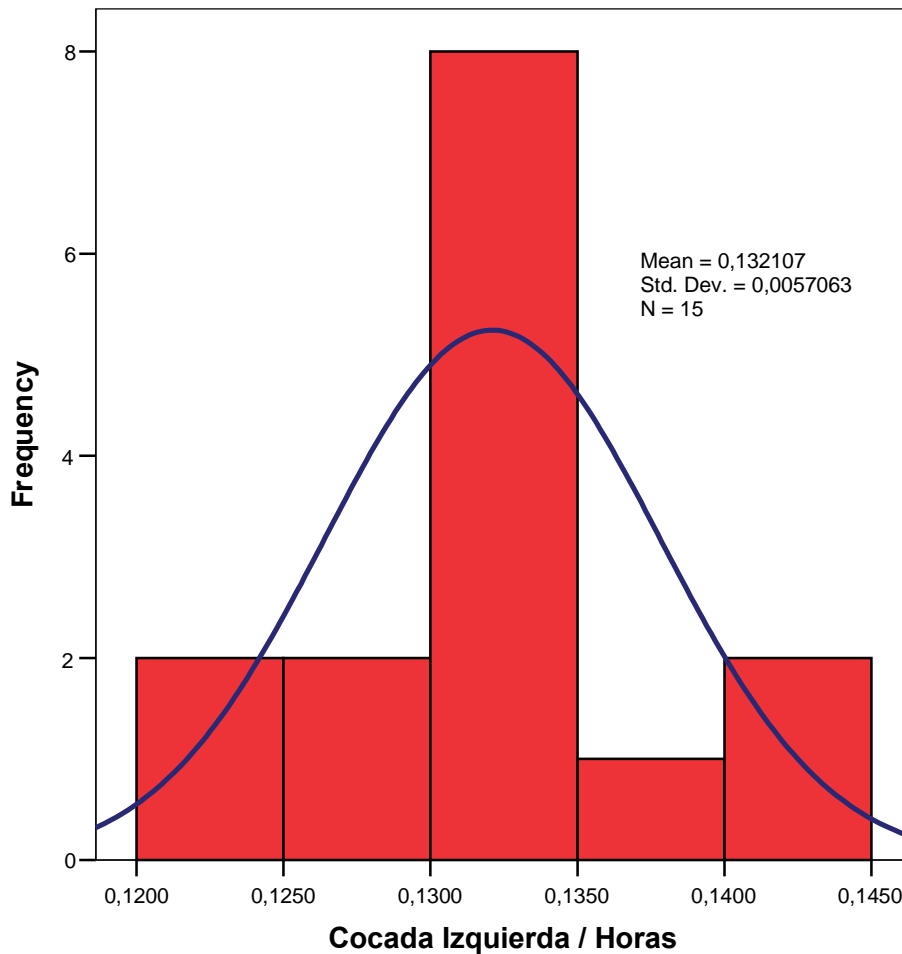
III.1. Comparación entre horas de rotación y horas de duración del neumático



Gráfica 3.1

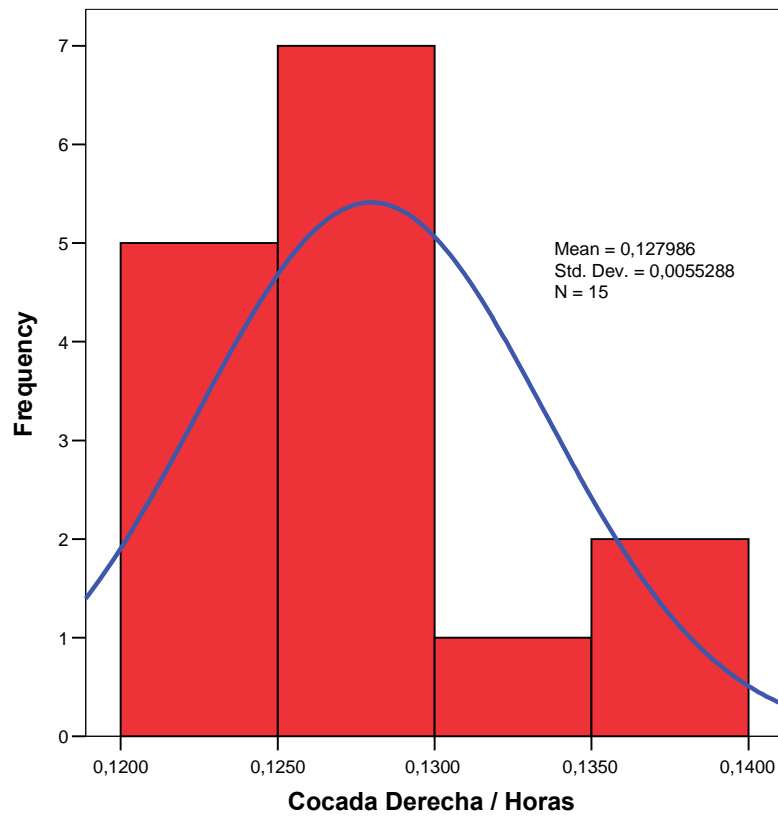
III.2. Análisis estadístico:

Gráfica de desgaste promedio del lado izquierdo del neumático por hora



Gráfica 3.2

Gráfica de desgaste promedio del lado derecho del neumático por hora



Gráfica 3.3

III.2.1. Estadística descriptiva por variable:

Estadística Descriptiva

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
horas rotacion (1550)	6	1508	1652	1560.50	61.073
horas final(1550)	6	4788	5233	5097.67	171.948
horasrotación(1800)	9	1709	1872	1781.00	63.257
horas final (1800)	9	5604	5812	5711.56	81.128

Tabla 3.2

Case Processing Summary

VARIABLES	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
horas final (1550) * horas rotación (1550)	6	40.0%	9	60.0%	15	100.0%
horas final (1800) * horas rotación (1800)	9	60.0%	6	40.0%	15	100.0%

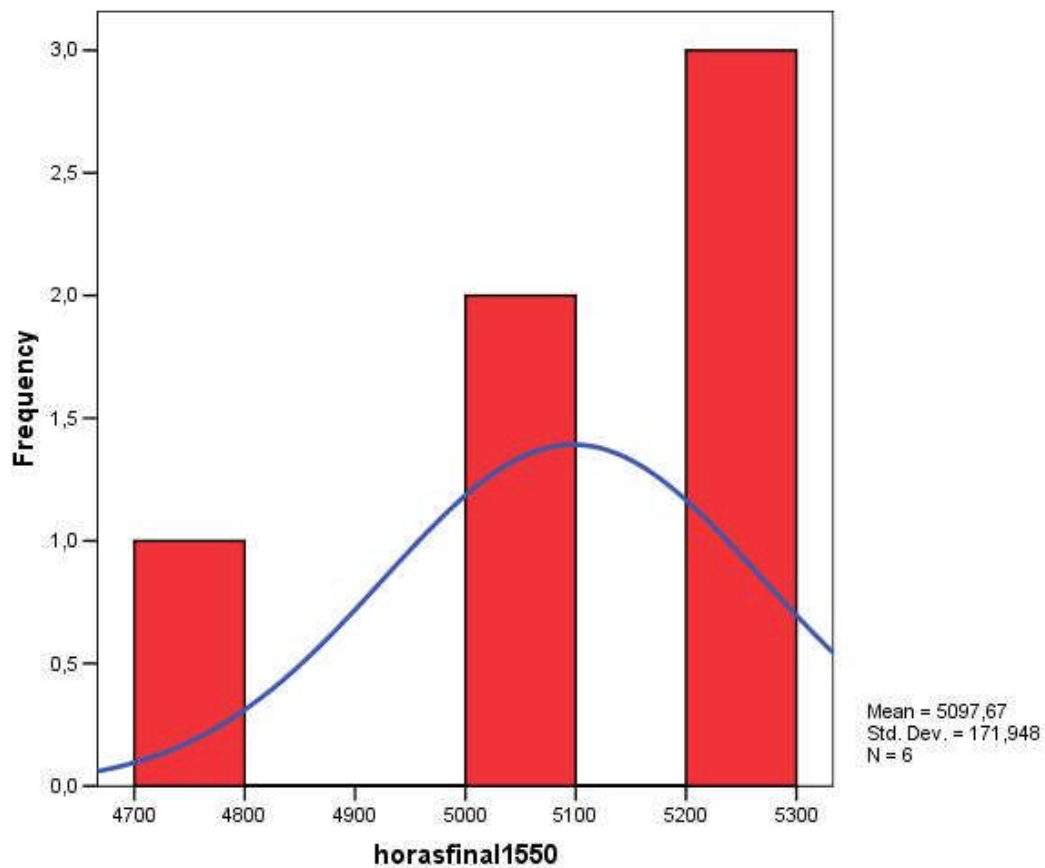
Tabla 3.3

En esta tabla (Tabla 3.4), se muestra la desviación estándar, el promedio y el número de datos por variable y por datos totales:

horas final (1550) * horas rotación (1550)

horas rotación (1550)		horas final (1550)
1508	Mean	5233.00
	N	2
	Std. Deviation	.000
1537	Mean	5061.00
	N	2
	Std. Deviation	.000
1621	Mean	5210.00
	N	1
	Std. Deviation	.
1652	Mean	4788.00
	N	1
	Std. Deviation	.
Total	Mean	5097.67
	N	6
	Std. Deviation	171.948

Tabla 3.4: Análisis de varianza por variable (1550 horas)



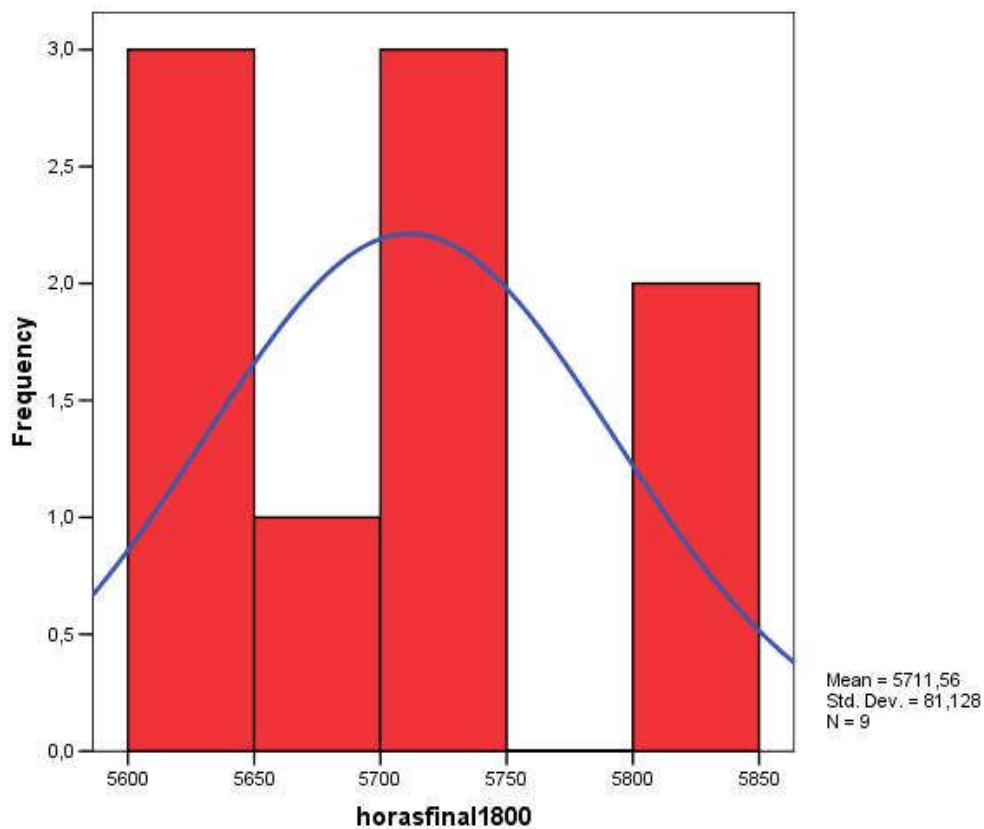
Gráfica 3.4: Histograma de horas finales (1550 horas)

En esta tabla (Tabla 3.5), se muestra la desviación estándar, el promedio y el número de datos por variable y por datos totales:

horas final (1800) * horas rotación (1800)

horas rotación (1800)		horas final (1800)
1709	Mean	5749.00
	N	2
	Std. Deviation	.000
1736	Mean	5604.00
	N	2
	Std. Deviation	.000
1789	Mean	5693.00
	N	1
	Std. Deviation	.
1803	Mean	5812.00
	N	2
	Std. Deviation	.000
1872	Mean	5690.50
	N	2
	Std. Deviation	72.832
Total	Mean	5711.56
	N	9
	Std. Deviation	81.128

Tabla 3.5: Análisis de varianza por variable (1800 horas)



Gráfica 3.5: Histograma de horas finales (1800 horas)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al analizar el efecto de la rotación en la vida final de los neumáticos notamos en el Gráfico 3.1, lo siguiente: La influencia de la rotación de los neumáticos con 1550 horas de la posición uno y dos a las posiciones traseras es poco significativa con respecto a la influencia que ejerce la rotación de los neumáticos uno y dos con 1800 horas a las posiciones traseras, esto se nota en la Tabla 3.1 donde se encuentra que la vida de los neumáticos con rotación de 1800 horas promedio proporcionan mayor vida final.

Notamos el desgaste de la cocada con respecto a las horas de vida del neumático en la Gráfica 3.2 y Gráfica 3.3, resultando mediana de 0.1316 (mm/h) y desviación estándar

promedio de 0.0057063 (mm/h) en el lado izquierdo del neumático, mediana 0.1272 (mm/h) y desviación estándar de 0.0055288 (mm/h) en el lado derecho del neumático. El desgaste en el lado derecho e izquierdo es similar, evitando la inversión del neumático en el mismo eje y evitando el costo en tiempo en la parada del equipo.

Notamos en la Tabla 3.1 y en la Tabla 3.2, que las horas finales de los neumáticos tienen una influencia positiva cuando se rota el neumático a las 1800 horas con respecto a la rotación a las 1550 horas promedio. Se tiene una mediana de 5135.5 horas y desviación estándar de 171.948442 horas cuando se realiza una rotación de 1550 horas promedio en posición uno y dos, una mediana de 5742 horas y desviación estándar de 81.1281565 horas cuando se realiza una rotación de 1800 horas promedio en posición uno y dos. La vida final del neumático cuando la rotación se realiza a 1800 horas promedio es mayor a cuando se realiza a 1550 horas promedio.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1. Conclusiones

- ✚ De los datos obtenidos se concluye, que tenemos una influencia significativa positiva en relación con la vida de los neumáticos cuando rotamos a un promedio de 1800 horas que cuando rotamos a 1550 horas promedio como podemos deducir de los gráficos anteriores que se encuentran en el capítulo III.

- ✚ Analizando los datos obtenidos, se nota claramente que rotando los neumáticos con 1800 horas promedio obtenemos el 10,75% de incremento en la vida de los neumáticos con relación a rotar los neumáticos a 1550 horas promedio, esto nos proporciona un ahorro significativo con relación al precio del neumático y a la escasez de esta en el mercado.

V.2. Recomendaciones

- ✚ Se debe seguir con este trabajo de investigación con 2000 horas de rotación promedio con el fin de evaluar si encontramos un pico máximo o la vida final de los neumáticos disminuye con relación a 1800 horas promedio.
- ✚ Crear un departamento de seguimiento de neumáticos gigantes en todas las minas con el fin de realizar estudios y obtener mejores resultados de vida final de los neumáticos ante la escasez de estos en el mercado y al costo que significan en el ciclo de minado (transporte).

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Informaciones técnicas: Obras Públicas y Minería
Edición N° 21 – 2004

- Guía de mantenimiento de los neumáticos obras publicas y minería por Michelin
Edición - Créditos fotográficos
Manufacture Française du Pneumatique Michelin
Place des Carmes Déchaux
63040 Clermont-Ferrand cédex 9
Editado en abril de 2004
Impreso en Francia
Depósito Legal 2004 - abril
N° ISBN 2-06-710182-X

- Manual de Operación Volquete Komatsu 930 E3.
Global Mining Division, Komatsu America Internacional Company
2300 N.E. Adam Street Peoria, IL 61639

Printed in USA

Edición N° 33 – 2005

- *Technical data: off the road tires*

2002 Off the Road Tire Sales Department, Bridgestone Corporation

Tokyo, Japan

All Right Reserved

- Data de Neuma Peru SA.

Unidad minera: Toquepala

Ingeniero Residente: Rene Ramos Rejas.

www.metabusca.com

www.google.com

ANEXOS

A.1. Neumáticos para maquinas de transporte coeficientes k calculados

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
			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
5	3.1	1.00	15	9.3	1.16	25	15.5	1.20	35	21.7	1.22	45	28	1.23
6	3.7	1.04	16	9.9	1.17	26	16.2	1.20	36	22.4	1.22	46	28.6	1.23
7	4.3	1.06	17	10.6	1.17	27	16.8	1.21	37	23	1.22	47	29.2	1.23
8	5	1.09	18	11.2	1.18	28	17.4	1.21	38	23.6	1.22	48	29.8	1.23
9	5.6	1.10	19	11.8	1.18	29	18	1.21	39	24.2	1.22	49	30.4	1.23
10	6.2	1.12	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.

Tabla A.1

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 un ciclo en kilómetros (o en millas)

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

Tabla A.2

Datos obtenidos: INFORMACIONES TECNICAS OBRAS
PUBLICAS Y MINERIA
EDICION 2006
MICHELIN

A.2. Procedimiento de trabajo seguro para retiro e instalación de neumáticos

Pasos	Etapas de Trabajo	Riesgos Potenciales	Procedimiento Seguro
1	Parqueo de la unidad en retroceso.	Deslizamiento de la unidad.	Colocar cuñas.
2	Levantar la unidad utilizando una gata hidroneumática.	Falla de la gata, caída de la unidad.	Colocar soporte.
3	Desinflar el aire de llantas que van a ser retiradas.	Por presión de aire pueden salir despedidos los componentes de la llanta.	Retirar válvula del pitón.
4	Soltar chupones de sujeción con llave neumática RAD e Impacto.	Golpe en el cuerpo de alguna persona al retirar los chupones.	Tomar precaución al retirar los chupones.
5	Retirar llanta exterior y sujetar correctamente el bota piedra.	Puede causar daño al pitón de la llanta interior.	Guiar maniobra.
6	Empujar con los brazos del manipulador la llanta interior hasta encontrar libre la zona del o'ring y seguro de cierre.	Ladear el vehículo por exceso de fuerza de los brazos del manipulador.	Guiar maniobra.
7	Retirar o'ring y seguro de cierre con las palancas adecuadas.	Puede ocasionar golpe en la persona que realiza el trabajo.	Usar sogas para manipular el seguro de cierre.
8	Destalonar parte interior de la llanta 5 antes de retirarla.	Puede ocasionar voladura de la gata destalonadora.	Retirarse del lugar donde no haya peligro de golpearse.
9	Retirar llanta interior.	Rozamiento con el mando final.	Guía de maniobra.
10	Verificar el estado del aro de la llanta interior.	Daño en el aro por uso o por impacto con roca.	Realizar la limpieza del aro quitándole todo el óxido, limpiando la ranura del o'ring y del anillo de cierre.
11	Verificar el estado de los espárragos y el ajuste de las tuercas de la llanta interior.	Daño en los espárragos por el uso o escape de las tuercas por falta de ajuste.	Inspeccionar los espárragos y terquear de acuerdo a la recomendación: 1200 lbs-pie.
12	Instalar la llanta interior empujándola con los brazos del manipulador hasta que se encuentre libre la zona del o'ring y seguro de cierre.	Ladear el vehículo por exceso de fuerza de los brazos del manipulador.	Guía de maniobra.

13	Colocar o´ring y seguro de cierre con ayuda de las palancas adecuadas.	Puede ocasionar golpes en la persona que realiza el trabajo.	Utilizar sogas para poder manipular el seguro de cierre.
14	Inflar la llanta y soltar el bota piedra.	Puede ocasionar voladura de los componentes.	Acodar el seguro de cierre en su canal.
15	Instalar la llanta exterior.	Puede ocasionar daño en el pitón de la llanta interior.	Guía de maniobra.
16	Ajustar con llave de impacto y neumática RAD.	Ocasionar demasiada torsión y quebrar los esprregos.	Usar presión de torque recomendada: 1200 lbs/pie.
17	Retirar el soporte y bajar la gata hidroneumática.	Falla de la gata.	Tomar precaución al bajar la gata.
18	Retirar cuñas.	Deslizamiento de la unidad.	Retirar las cuñas con palancas para no estar muy cerca del lugar de peligro.

A.3. Clasificación de los neumáticos según los códigos normalizados

(ISO - ETRTO - TRA - JATMA)

Todos los neumáticos de Ingeniería y obras públicas están codificados y deben llevar en su flanco el siguiente código, compuesto por:

1. Una letra que indica el uso:
 - C: Compactor (compactador).
 - G: Grader (niveladora).
 - E: Earthmoving (transporte).
 - L: Loader and Bulldozer (cargadora y empujador).

2. Un número que indica el grado de altura de dibujo:
 - 1: liso, rayado (fácil rodaje).
 - 2: acanalado, tracción (normal).

- 3: roca (normal).
- 4: roca (importante altura de goma).
- 5: roca (altura de goma muy importante).
- 7: “flotación” (trabajo en terreno blando).

3. y, a veces, otra letra:

- S: indica que la banda de rodadura es “smooth”, es decir, lisa (para mina, terreno muy duro).

4. Los neumáticos Michelin llevan, además, una letra complementaria, lo que afina su utilización:

- T = Tracción.
- R = Roca.
- V = Velocidad.
- F = Flotación.
- P = Polivalente.
- S/R = Liso / Roca.

Ejemplo: L3T, neumático de cargadora en roca (L3: código de identificación normalizado) y tracción (T: código Michelin).