

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y
METALÚRGICA**



**“INCREMENTO DEL PERFORMANCE DE RENDIMIENTO
DE NEUMÁTICOS DE CAMIONES CAT 785B&C Y
KOMATSU 730E”**

INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

ELABORADO POR:

PEDRO HERNÁN PELÁEZ VERA

ASESOR:

ING. AUGUSTO TEVES ROJAS

LIMA – PERÚ

2013

AGRADECIMIENTO

A los ingenieros de las empresas mineras Barrick Misquichilca y Southern Copper
por la formación y enseñanza en mi desarrollo profesional.

A mis compañeros de trabajo y el personal de Neuma Perú por prestar su apoyo
para este fin.

A los profesores de la Universidad Nacional de Ingeniería, de la Especialidad de
Ingeniería de Minas que me brindaron su valioso apoyo en mi formación
universitaria.

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres y hermanos por permitirme lograr este sueño anhelado.

A Mariesis mi esposa por motivarme y tenerme paciencia.

A mi hija Sophia por ser la inspiración de mi trabajo.

RESUMEN

El proyecto del CI Team de Neumáticos tiene como objetivo el incremento del performance de los neumáticos de los camiones Caterpillar 785 B&C y Komatsu 730E, prolongando la vida final de los neumáticos mineros OTR de una empresa minera en el departamento de Ancash.

Para el logro del proyecto se tomo como principal factor el recurso humano contando con el compromiso y profesionalismo tanto del personal de la empresa minera como también el apoyo de la contratista Neuma Perú.

Para tal efecto se usaron variables independientes como la rotación de neumáticos en posición 1 y 2, 3 y 4, a la vez variables constantes como las vías de acarreo, la presión de inflado de los neumáticos, la sobrecarga de material en los camiones, la temperatura del neumático, condiciones de operación como (pendientes, curvas, velocidad de desplazamiento), estos factores son primordiales para incrementar la vida útil del neumático.

Finalmente el incremento del performance de los neumáticos mineros OTR genera un ahorro económico para la empresa disminuyendo la compra de neumáticos nuevos, adicionalmente nos permitirá contar con stock y aumentar la producción.

ABSTRACT

The project of the CI Team of Tires has as an aim the increase of performance of tires for Caterpillar 785 B&C and Komatsu 730E trucks, increasing the final life of OTR mining tires in a mining company working in Peruvian Andes.

For the achievement of the project I take the human resource is a principal factor possessing the commitment and professionalism so much as the personnel of the mining company and last but not least the support of the Neuma Perú contractor.

For such an effect independent variables used as the rotation of tires in position 1 and 2, 3 and 4, simultaneously constant variables as the routes of transportation, inflation pressure of tires, the overload of material in the trucks, the temperature of the tire, conditions of operation (grades, length of hauls, speed of displacement), these factors are basic to increases the useful life of tires.

Finally the increase of performance for OTR mining tires generates an economic saving for the company reducing the purchase of new tires; additionally it will allow us to keep a just in time stock and to increase the production.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I – ASPECTOS GENERALES	
1.1. Antecedentes	17
1.2. Ubicación y acceso	18
1.3. Clima, topografía y vegetación	19
1.4. Unidad minera: Visión y Valores	20
CAPITULO II – GEOLOGIA	
2.1. Geología regional	22
2.2. Geología local	23
2.3. Geología estructural	24
2.4. Litología	26
2.5. Alteraciones	28
2.6. Mineralización	30
CAPITULO III – PLANEAMIENTO Y PROCESOS OPERATIVOS	
3.1. Planeamiento de minado	31
3.2. Proceso de minado	32
3.2.1. Operaciones mina	32
3.2.2. Equipos de producción	33
3.3. Procesos metalúrgicos	34

3.2.1. Trituración o chancado	34
3.3.2. Lixiviación en pilas	34

**CAPITULO IV – NEUMÁTICOS OTR PARA CAMIONES CATERPILLAR
785B&C Y KOMATSU 730E**

4.1. Neumáticos OTR para minería	36
4.1.1. Neumático	36
4.1.2. Funciones y estructura de los neumático	37
4.1.3. Equipos de minería y clasificación de neumático	38
4.2. Distintas construcciones de neumáticos	39
4.2.1. El neumático macizo	39
4.2.2. El neumático convencional	39
4.2.3. El neumático radial	40
4.2.4. El neumático radial tubeless	41
4.3. Tipos de goma	42
4.3.1. Goma michelin	42
4.3.2. Goma Bridgestone	43
4.4. Profundidades de escultura	43
4.5. Marcaje de neumáticos OTR	44
4.6. Parámetros que influyen en la duración de los neumáticos OTR	45
4.6.1. Funcionamiento del neumático	45
4.6.2. Limite de utilización económica del neumático	47
4.7. Descripción de las principales causas de deterioro	48
4.7.1. Inflado insuficiente	48
4.7.2. Sobre inflado	48

4.7.3. Sobre carga	48
4.7.4. Velocidad excesiva	48
4.8. Factores que influyen en la vida de los neumáticos	49
4.8.1. La temperatura interna de funcionamiento	49
4.8.2. Influencia de la presión en la vida del neumático	50
4.8.3. Influencia del TKPH operacional	51
4.8.4. Influencia de las condiciones climáticas	54
4.8.5. La sobre carga	54
4.8.6. Posición de los neumáticos en el vehículo	55
4.8.7. La conducción del camión	55
4.8.8. La duración y la longitud de los ciclos	55
4.8.9. El mantenimiento mecánico de los camiones	55
4.8.10. El trazado y mantenimiento de las vías	56

CAPITULO V – PERFORMANCE DE RENDIMIENTO DE NEUMATICOS DE CAMIONES CATERPILLAR 785B&C Y KOMATSU 730E

5.1. Gestión de control de neumáticos	63
5.1.1. Declaración del problema	63
5.1.2. Línea de referencia	63
5.1.3. Metas	64
5.1.4. Alcance	64
5.1.5. Beneficios	64
5.2. Análisis histórico de neumáticos	65
5.2.1. Diagrama de Pareto – incidencia de eventos de cortes en neumáticos	65

5.2.2. Estadística de neumáticos dados de baja – 2008, 2009	66
5.2.3. Rendimiento de neumáticos – 2008 y 2009	68
5.2.4. Estadística de neumáticos reparados – 2008 y 2009	72
5.3. Identificación de causa - efecto	73
5.4. Resultado del diagrama Ishikawa	76

CAPITULO VI – INCREMENTO DEL PERFORMANCE DE RENDIMIENTO DE NEUMATICOS

6.1. Gestión de control de insumos	77
6.1.1. Control, medición y reporte de eventos de corte en neumáticos	77
6.1.2. Seguimiento del TKPH operacional	86
6.1.3. Estudio de pesaje para control de carga en camiones	89
6.1.4. Estudio de vías de acarreo	91
6.1.5. Reporte diarios y mensuales de rendimiento de los neumáticos	93
6.1.6. Soporte Bridgestone, Michelin y Renova	94
6.1.7. Operaciones mina	94
6.1.8. Capacitación	96
6.2. Rendimiento actual de los neumáticos (datos aproximados)	97
6.2.1. Rendimiento de neumáticos camiones Caterpillar 785B&C	97
6.2.2. Rendimiento de neumáticos camiones komatsu 730E	100
6.3. Análisis de costo y beneficio de neumáticos	104
6.3.1. Análisis de costo beneficio (aproximado)	106

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1	Distancias de Recorrido hacia la Mina	19
TABLA 4.1	Clasificación TRA de Neumáticos OTR - Bridgestone	39
TABLA 4.2	Tipo de Goma Bridgestone	43
TABLA 4.3	Ancho de Vía para Camiones	57
TABLA 4.4	Radio de Curva para diseño de vías	59
TABLA 4.5	Relación entre Radio, Velocidad y Peralte	60
TABLA 5.1	Neumáticos dados de baja Flota Caterpillar y Komatsu 2008,2009	67
TABLA 5.2	Incidencia por Tipo de Corte de Neumáticos 2008 y 2009	67
TABLA 5.3	Rendimiento de Neumáticos Flota Caterpillar 2008 y 2009	70
TABLA 5.4	Rendimiento de Neumáticos Flota Komatsu 2008 y 2009	71
TABLA 5.5	Neumáticos Reparados del 2008 y 2009	73
TABLA 6.1	Reporte de Presiones	83
TABLA 6.2	Característica del Neumático por Tamaño	84
TABLA 6.3	Rendimiento de Neumático Radial Flota Caterpillar 785B&C	97
TABLA 6.4	Rendimiento de Neumático Convencional Flota Caterpillar 785B&C	98
TABLA 6.5	Rendimiento de Neumático Recap – Flota Caterpillar 785B&C	99
TABLA 6.6	Rendimiento de Neumático Radial – Flota Komatsu 730E	101
TABLA 6.7	Rendimiento de Neumático Convencional – Flota Komatsu 730E	102
TABLA 6.8	Rendimiento de Neumático Recap – Flota Komatsu 730E	102
TABLA 6.9	Costo y Beneficio por Tipo de Neumático	106

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	Mapa de Ubicación de la Mina	18
FIGURA 2.1	Plano de Geología Estructural – Plegamiento y Fracturamiento	26
FIGURA 2.2	Plano de Litología	28
FIGURA 4.1	Partes de un Neumático OTR para Minería	37
FIGURA 4.2	Ventajas del Neumático Radial	41
FIGURA 4.3	Profundidad de Escultura Michelin	43
FIGURA 4.4	Profundidad de Escultura Bridgestone	44
FIGURA 4.5	Simbología de Neumáticos OTR	44
FIGURA 4.6	Funcionamiento del Neumático	46
FIGURA 4.7	Neumáticos Off The Road Bridgestone usados en Minería	47
FIGURA 4.8	Ancho de vía para camiones de gran tonelaje	57
FIGURA 4.9	Efecto de la Superficie de la Vía en el Rendimiento Horario	57
FIGURA 4.10	Pendiente Transversal en dos Direcciones de Ancho de Vía	58
FIGURA 4.11	Índice de Desgaste por Radio de Curva	59
FIGURA 4.12	Nivel de Pendientes para Mina	61
FIGURA 4.13	Rendimiento Económico de los Caminos	62
FIGURA 5.1	Diagrama de Pareto Eventos de Cortes 2008 y 2009	65
FIGURA 5.2	Cantidad de Bajas por Eventos en meses	66
FIGURA 5.3	Cantidad de Bajas por Posición	66
FIGURA 5.4	Porcentaje de Incidencia por Tipo de Corte	68

FIGURA 5.5	Rendimiento Flota Caterpillar 2008 y 2009	68
FIGURA 5.6	Rendimiento Flota Komatsu 2008 y 2009	69
FIGURA 5.7	Costos de reparación de Neumáticos 2008 y 2009	72
FIGURA 5.8	Diagrama de Causa Raíz - Ishikawa	74
FIGURA 5.9	Diagrama de Afinidad	75
FIGURA 5.10	Diagrama de Relación	75
FIGURA 6.1	Factores que afectan la duración del Neumático	77
FIGURA 6.2	Averías del Neumático debido al Exceso de Velocidad	78
FIGURA 6.3	Neumáticos con Eventos de Corte en Banda de Rodamiento	78
FIGURA 6.4	Eventos de Corte en la Zona de Carguío	79
FIGURA 6.5	Neumáticos con Eventos de Corte en Hombro y Flanco	79
FIGURA 6.6	Averías del Neumático debido al Exceso de Carga	80
FIGURA 6.7	Reparaciones Preventivas y Correctivas	80
FIGURA 6.8	Formato de Auditorias de Inspección de Neumáticos	81
FIGURA 6.9	Formato de Inspección de Vías, Accesos, Zonas de Carguío y Botaderos	81
FIGURA 6.10	Averías del Neumático debido a Baja Presión	82
FIGURA 6.11	Averías del Neumático debido a Sobre Presión	82
FIGURA 6.12	Influencia de la Presión en el Rendimiento del Neumático	83
FIGURA 6.13	Medición externa de Temperatura con Termocuplas	84
FIGURA 6.14	Reporte de Medición de Temperatura de Neumáticos	85
FIGURA 6.15	Separación de Calor debido al Exceso de TKPH	86
FIGURA 6.16	Reporte de TKPH flota Caterpillar y Komatsu	87

FIGURA 6.17	Reporte de Estudio de vías y ciclos - TKPH Neuma Perú	88
FIGURA 6.18	Reporte de TKPH Bridgestone 2011	88
FIGURA 6.19	Influencia de la Carga en el Rendimiento del Neumático	89
FIGURA 6.20	Pesaje de Camiones Komatsu y Caterpillar	90
FIGURA 6.21	Reporte de Pesaje de Camiones Komatsu y Caterpillar	90
FIGURA 6.22	Estudio de Vías y Ciclos - VBOX	91
FIGURA 6.23	Estudio de Condiciones de Vías FPO - Ferreyros	92
FIGURA 6.24	Reporte de Rendimiento de Neumáticos Neuma Perú	93
FIGURA 6.25	Mejoramiento de las Zonas de Carguío	95
FIGURA 6.26	Mejoramiento de las Vías Principales de Acarreo	95
FIGURA 6.27	Rendimiento de Neumático Radial Flota Caterpillar 785B&C	97
FIGURA 6.28	Rendimiento de Neumático Convencional Flota Caterpillar 785B&C	98
FIGURA 6.29	Rendimiento de Neumático Recap Flota Caterpillar 785B&C	99
FIGURA 6.30	Cantidad de Neumáticos Scrap Flota Caterpillar 785B&C	99
FIGURA 6.31	Cantidad de Neumático Scrap Flota Caterpillar	100
FIGURA 6.32	Rendimiento de Neumático Radial Flota Komatsu 730E	100
FIGURA 6.33	Rendimiento de Neumático Convencional Flota Komatsu 730E	101
FIGURA 6.34	Rendimiento de Neumático Recap Flota Komatsu 730E	102
FIGURA 6.35	Cantidad de Neumáticos Scrap Flota Komatsu 730E	103
FIGURA 6.36	Cantidad de Neumático Scrap Flota Komatsu	103
FIGURA 6.37	Análisis de Incidencia de Costo de Neumáticos Mineros OTR	104
FIGURA 6.38	Análisis de Bajas Desgaste vs Eventos de Cortes e Impactos	104

FIGURA 6.39	Incidencia de Desgaste de Neumáticos Flota Caterpillar 785B&C	105
FIGURA 6.40	Incidencia de Desgaste de Neumáticos Flota Komatsu 730E	105
FIGURA 6.41	Incidencia de Costo de Reparación de Neumáticos 2008 al 2011	107
FIGURA 6.42	Costo (US\$ / t) de Neumáticos OTR	108

INTRODUCCION

En la actualidad la forma de desarrollar minería esta paralela al avance tecnológico que nos permite administrar sistemas altamente desarrollados para el control de los procesos. La minería a nivel nacional y mundial ha tenido un incremento exponencial en la extracción de sus recursos, lo que ha generado un consumo mayor de bienes y servicios asociados a este negocio.

En minería a gran escala; en la cual se tienen que mover diariamente grandes volúmenes de material, la actividad del transporte es la que genera un alto porcentaje en el costo de producción, en donde una de las partidas son los insumos de neumáticos; lo cual es crítico para las operaciones. Actualmente la oferta de neumáticos mineros OTR está siendo superado por la demanda teniendo escasez, por consiguiente un alto precio en el mercado.

REALIDAD PROBLEMÁTICA

A nivel mundial se ha incrementado la demanda de neumáticos mineros OTR, situación que se relaciona directamente con el aumento de las flotas de equipos en todas las categorías, “camiones, cargadores y equipo de apoyo”, debido a la apertura y creciente actividad de operaciones de extracción fuertemente influenciada por China y el consecuente aumento en el precio de materias prima

como el caucho natural, sintético y el acero. Ante ello, es que en todas las compañías mineras es una obligación el cuidado de los neumáticos, para lo cual se están formando departamentos y equipos de trabajo enfocados a reducir al máximo el potencial de riesgo de carencia de neumáticos mineros.

En minera Barrick Misquichilca se tiene un buen cuidado de los neumáticos, estos son considerados insumos claves para la operación y están sometidos a altas exigencias de producción, que ponen a prueba su resistencia y durabilidad; pero es necesario reducir el consumo y extender la vida útil de los neumáticos mineros OTR; con el objetivo de minimizar los costos operativos y evitar la escasez que puedan presentarse ante su creciente demanda en el mercado.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Antecedentes

La mina "Pierina" es la unidad minera de Barrick Misquichilca S.A. (MBM), empresa peruana de la corporación Barrick Gold Corporation fue inicialmente adquirida y explotada por Acuarios Minera y Exploradora S.A. una compañía peruana que se fusiono en 1996 con Minera Barrick Misquichilca S.A.

Hitos importantes en la vida de Pierina:

- Barrick adquiere la propiedad en Agosto de 1996.
- Se completa el programa de exploración y se define el proyecto como una mina a tajo abierto y lixiviación en pilas (Abril 1997).
- El directorio de Barrick aprueba el plan de desarrollo de Pierina (Setiembre 1997).
- Se aprueba el estudio de impacto ambiental y se otorga la Licencia de Construcción del Proyecto (Octubre 1997).
- Se inicia la producción en prueba (Noviembre 1998).
- Se inaugura oficialmente la Unidad Minera Pierina (Abril 1999).
- Se produce 837,000 oz. de oro superando lo programado (Diciembre 1999).

1.2. Ubicación y Acceso

La mina Pierina, se encuentra ubicada a 10 Km al Nor - Oeste de la ciudad de Huaraz, distrito de Jangas, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, Región de Chavín. Está ubicada entre las coordenadas UTM:

211 300E – 218 200E

8948 700N – 8956 500N

Las coordenadas geográficas son:

Longitud Oeste 77° 35´

Latitud Sur 9° 26.5´

El yacimiento se encuentra a una altitud de 3700 - 4200 m.s.n.m. en la Cordillera Negra, que se encuentran en las laderas occidentales del Río Santa. Las instalaciones del yacimiento se encuentran en las cuencas del Río Llanca, la Quebrada Cuncashca, Quebrada Pacchac y la Quebrada Puca Uran, las cuales drenan al Río Santa.

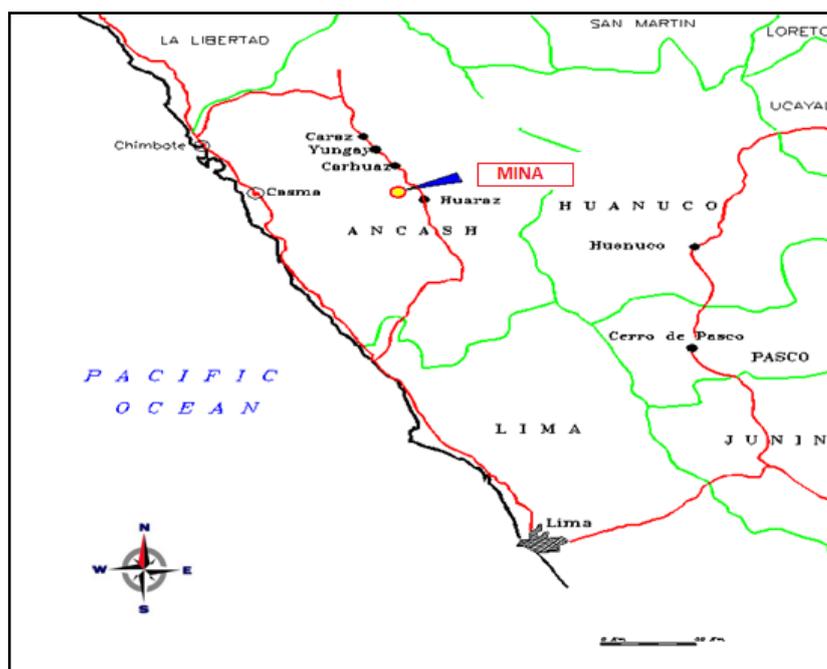


Figura 1.1: Mapa de Ubicación de la mina [14]

El acceso a la mina desde la ciudad de Lima es por la Carretera Panamericana Norte hasta Pativilca, donde se toma un desvío que se dirige a la ciudad de Huaraz, y desde Huaraz por la carretera que va a Carhuaz hasta llegar a Jangas; luego se toma un desvío con dirección Nor-Oeste que nos conduce a la mina.

Tabla 1.1. Distancias de Recorrido hacia la mina

Tramo	Carretera	Distancia	Tiempo
Lima - Pativilca	Panamericana Norte	206 Km	4.0 Hr
Pativilca - Huaraz	Carretera Pativilca - Huaraz	201 Km	3.0 Hr
Huaraz - Jangas	Carretera Huaraz - Carhuaz	15 Km	0.5 Hr
Jangas - Pierina	Carretera Jangas - Pierina	18 Km	0.5 Hr
Lima - Pierina		440 Km	8.0 Hr

Fuente: Unidad Minera

También es accesible desde Huaraz por las siguientes rutas:

Huaraz – Mina Santo Toribio – Tinyash _____ 23 Km.

Huaraz – Mina Santo Toribio – Cuncashca _____ 21 Km.

1.3. Clima, Topografía y Vegetación

La topografía de la zona es accidentada, presenta numerosas quebradas y cerros con pendientes de hasta 40°, el yacimiento se encuentra entre los 3200 y 4200 msnm en donde se encuentran dos regiones climáticas: la de clima frío entre los 3200 a los 3500 msnm.(En la que llueve esporádicamente) y la de clima seco entre los 3800 y 4200 msnm. Se registra la mayor temporada de lluvias entre los meses de Noviembre y Abril teniendo presentación pluvial: 1200 – 1400 mm/año.

La mayoría de las plantas de la zona forman semillas. Casi un quinto de las especies forman esporas. Las especies alimenticias que se cultivan en la zona son

la papa, el maíz, la cebada, el trigo, el haba, la arveja y el tarwi. En las áreas remediadas se siembran plantas de la zona que han sido cultivadas en un vivero.

Los suelos en la mina son llamados TOP SOIL, son de tierra vegetal arcillosa y de tierra vegetal arcillosa arenosa con gravas. El espesor del suelo varía entre 15 a 90 cm., estos suelos son de origen lutáceo o volcánicos de procesos aluviales y coluviales. Son usados para la remediación del medio ambiente.

1.4. Unidad Minera: Visión y Valores

La Unidad Pierina es en la actualidad una Mina a tajo abierto, la cual explota Oro y Plata y forma parte de Barrick Gold Corporation que es la minera multinacional dedicada a la extracción de oro más grande del mundo. Su sede principal está ubicada en la ciudad de Toronto, Canadá. Posee más de 26 minas operativas en varios países: Estados Unidos, Canadá, Australia, Perú, Chile, Argentina y Tanzania.

Barrick, tiene varios proyectos en diferentes etapas de exploración y desarrollo, contando más de 15 países alrededor del mundo entre sus proyectos.

Visión: Ser la mejor compañía productora de oro del mundo, a través de la exploración, adquisición, desarrollo y producción de reservas de oro de calidad, de manera segura, rentable y socialmente responsable.

Valores:

Comportarse como dueños. Aceptamos la responsabilidad de nuestras acciones y de sus resultados. Manejamos los activos de la compañía como propios. Somos emprendedores y buscamos oportunidades para hacer crecer a nuestra empresa.

Actuamos con integridad operando según la letra y el espíritu de la ley y el Código de Ética de Barrick.

Actuar con un sentido de urgencia. Somos decididos, nos hacemos cargo de la iniciativa y tomamos decisiones difíciles cuando son necesarias. Fijamos las prioridades y actuamos según ellas.

Ser un miembro del equipo. Trabajamos siguiendo las prácticas de seguridad de la empresa en todo momento. Respetamos a nuestros colegas y a aquellos con quienes nos relacionamos fuera de nuestra organización. Escuchamos a otros para entender y pedimos ayuda. Construimos confianza y celebramos nuestros éxitos. Ayudamos a otros para que mejoren su eficiencia. Promovemos la seguridad y la confianza mutua en nuestras capacidades.

Mejorar continuamente. Siempre estamos comprometidos a mejorar. Construimos en base a buenas ideas, aprendemos de nuestros errores y desafiamos el status quo. Pensamos con amplitud y deseamos tener éxito y agregar valor a nuestro trabajo.

Entregar resultados. Tenemos una visión clara hacia dónde vamos y de cómo llegar allí. Enfocamos nuestros recursos para lograr nuestros objetivos. Prestamos mucha atención al detalle y mantenemos nuestros compromisos. Entregamos resultados.

CAPITULO II

GEOLOGÍA

2.1. Geología Regional

El valle del río Santa se ubica en la base de un inmenso graben regional que separa a la Cordillera Negra de la Blanca, ubicada al oeste y al este respectivamente. La Cordillera Blanca es un gran batolito de granodiorita de edad Terciaria Superior, limitada por sedimentos del Cretáceo y por depósitos de morrenas glaciares del pleistoceno. Localmente, la Cordillera Blanca está cubierta por sedimentos más antiguos y por rocas volcánicas de la formación Calipuy.

Pierina exhibe tres tipos de litología que son cronológica y petrográficamente distintas: Rocas Sedimentarias, Rocas Volcánicas, Rocas Intrusivas Porfíricas.

Las Rocas Sedimentarias son las más antiguas y corresponden al cretáceo, pertenecen al denominado Grupo Goyllarisca, que está subdividido por las formaciones: Chimú, Santa, Carhuaz-Farrat y Pariahuanca, estas formaciones afloran principalmente en la quebrada Cuncashca y son principalmente areniscas, calizas y lutitas.

Las Rocas Volcánicas se encuentran sobre yaciendo las rocas cretácicas, las rocas y el depósito está hospedado en estas. Estas rocas están comprendidas

por tobas y andesitas. Estas rocas se originaron en el Terciario y son las que alojan los principales contenidos de Au y Ag.

2.2 Geología Local

El yacimiento Pierina es algo singular en el área, por tratarse de un depósito de oro en un sistema sulfato ácido, previamente desconocidos en la región. La geología de la zona alrededor de Pierina son Rocas Sedimentarias que afloran en el valle de Cuncashca. Al oeste del yacimiento mineral de Pierina. La mayor parte del área de la mina está constituido por las lavas básicas andesíticas de la formación Calipuy. En la proximidad del yacimiento, tobas riodacíticas pomáceas y líticas sobre yacen a la andesita. Las estructuras dominantes en el área muestran una tendencia norte a nor-oeste, oeste a nor-oeste y nor-oeste.

La mineralización se presenta preferentemente en la toba pomácea. Aproximadamente el 70 por ciento del yacimiento de Pierina está expuesto a la superficie o se encuentran debajo de una capa delgada de cubierta. La base del yacimiento coincide con el contacto entre la toba pomácea y una andesita basal. En el extremo sur del yacimiento, el mineral yace debajo de una toba lítica gruesa.

La mineralización de Pierina fue el resultado de cinco eventos geológicos:

1. Deposición de una fuerte alteración de cuarzo-alunita, probablemente seguida de una lixiviación ácida de la toba pomácea.
2. Fuerte mineralización de pirita-enargita-covelita y azufre nativo con pequeñas cantidades de oro en la toba lixiviada.
3. Formación de vetillas de cuarzo-pirita-oro.

4. Oxidación hipógena, en que la mineralización aurífera estuvo acompañada por la formación de anillos de hematita y covelita alrededor de las zonas de relictos de mineralización de sulfuros.
5. Formación de vetillas de baritina y oro.

La mineralización aurífera se presenta albergada principalmente en la toba pomácea riodacíticas. La mineralización se caracteriza por la presencia de sílice porosa, rodeada de alteración cuarzo-alunítica e íltica externa (arcilla). En la toba sobre yacente se observa la presencia de una alteración similar, que excluye la sílice porosa, y que presenta una mineralización en forma de vetillas cuyo espesor varía entre la capa del subsuelo y algunas micras y un centímetro. La andesita basal se caracteriza por presentar una alteración de caolinita-pirita, también confinada en vetillas.

La mineralización aurífera ocurre en la toba pomácea en intervalos verticales de más de 260 m. se estima que el área mineralizada tiene aproximadamente 300 m de ancho y 900 m de largo. El contenido más elevado de oro y plata (más de 8 g/t de Au y hasta 30 g/t de plata) se presenta en cereal en las rocas ubicadas en el extremo norte del yacimiento. La ley promedio de las reservas minables del depósito es de 2.71 g/t de Au y 21.34 g/t de Ag.

2.3 Geología Estructural

La Geología Estructural de la mina presenta 2 sistemas de fallas principales (Tinyash y Antuaran).

El sistema Antuaran con orientación NE se origino a partir de la formación de Graben del Callejón de Haylas. Dentro de Graben ocurre otro evento posterior que viene a ser el sistema Tinyash.

La alteración de las rocas existentes en el depósito presenta zonas muy definidas, con minerales y características geométricas particulares como se ve en la Figura 1.2 donde muestra la Geología Estructural.

Las alteraciones son las siguientes:

- **Vuggy Sílica:** Es el cuerpo central del yacimiento que alberga los principales valores de Au-Ag, esta área presenta abundante “sílice cavernosa”.
- **Argílica Avanzada:** Es un halo que rodea a la vuggy sílica, está compuesto principalmente de sílice y cuarzo, esta área también contiene cantidades minables de Au pero en menor cantidad que la vuggy sílica.
- **Argílica:** Es un área externa a la argílica avanzada, caracterizada por tener abundantes arcillas esta zona generalmente es estéril (no presenta leyes minables). A veces presenta gran cantidad de sulfuros.
- **Propilítico:** Es un tipo de alteración que casi no es evidente dentro del tajo solo se presenta en zonas donde existe andesita y sus leyes de Au-Ag son muy bajas.

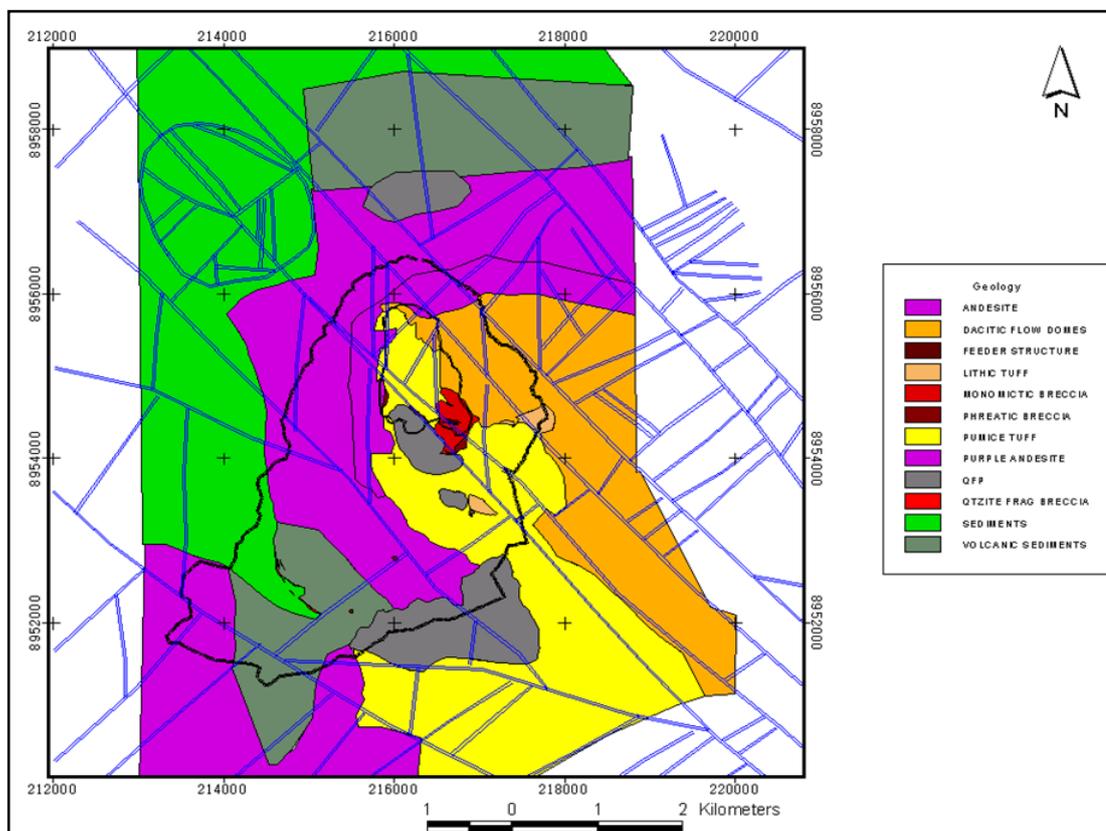


Figura 2.1: Plano de Geología Estructural – Plegamiento y Fracturamiento [14]

2.4. Litología

Las rocas más comunes están representadas en la Figura 1.3 Plano de Litología y son las siguientes:

- **Andesita.-** Se observa desde la parte central hacia el NW, posee una textura porfirítica y una matriz afanítica, presenta feldespatos los cuales se alteran a arcillas, actuando como base a la secuencia de flujos piro clástico.
- **Brecha Hidrotermal.-** Conformada por fragmentos heterolíticos, de forma sub angulosas y sub redondeadas. Englobados en sílice criptocristalina, que presentan silicificación en forma de venillas.

- **Tobas.-** Encontrándose desde la parte central hacia el sur de la mina:

Tobas Líticas.- Secuencias piro clástica en algunos sectores se encuentra después de la base andesita, estas tobas son de composición andesítica con fragmentos líticos, este tipo de roca está dominado por estructuras de alteración (cuarzo alunita, vuggy sílica) de pocos metros a decenas de metros de espesor.

Tobas Pómez.- Secuencia piroclástica, este tipo de tobas son de composición mayormente dacíticas posee en algunos sectores líticos, en algunos sectores se encuentra después de la base andesítica, es el tipo de roca más importante del yacimiento, este tipo de roca sobre la alteración y mineralización está dominado por cuerpos y posee la mayor concentración de ley.

Tobas de Cristales.- Secuencia piro clástica, este tipo de tobas son de composición mayormente dacíticas, este tipo de roca sobre la alteración y mineralización está dominado por cuerpos.

QFP-FP (Domo Cuarzo Feldespato Porfirítico).- Se encuentra en la parte sur de la mina, roca de textura Porfiríticas intruye a la secuencias de tobas, en este tipo de roca es dominada por estructuras alteración (cuarzo alunita, vuggy sílica) que puede variar de pocos metros hasta decenas de metros, se presenta también en pequeños cuerpos.

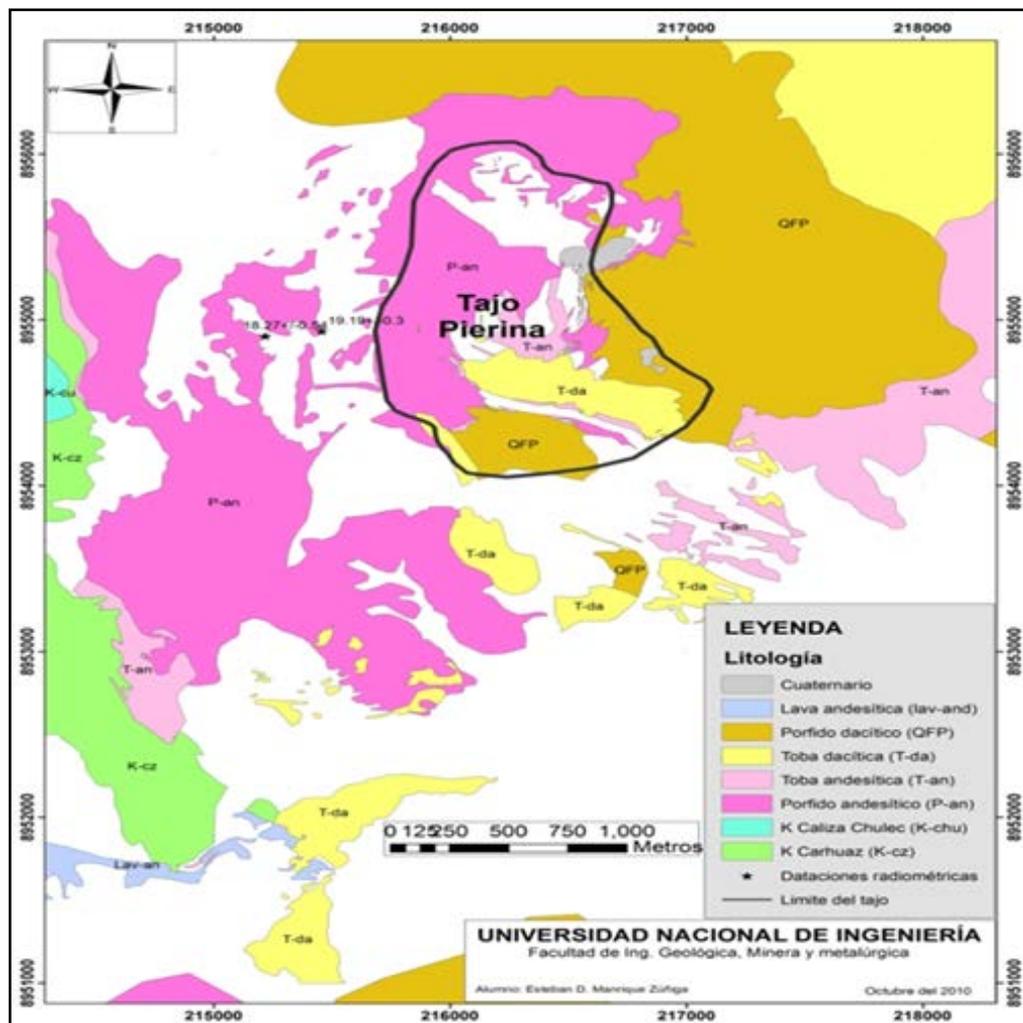


Figura 2.2: Plano de Litología [14]

2.5 Alteraciones

Las características físico – química de los fluidos magnaticos ácidos con un PH < 2, rico en volátiles predomina el SO₂ por lo tanto el azufre (S) está en un estado de oxidación (+4) y la temperatura es superior a los 300°C. Estos fluidos provocan una lixiviación de la roca caja cuando se alejan de la fuente van alejándose disminuyendo su acidez y de esa forma generan un zonamiento de alteraciones. Las que indican a continuación:

Vuggy Sílica: Es el cuerpo central del yacimiento que alberga las más altas leyes de Au – Ag la que proviene de la lixiviación acida de las tobas y en menor proporción en las andesitas, quedando sílice residual.

Cuarzo Alunita: Es otro tipo de alteración muy importante en este yacimiento por tener contenidos considerables de mineralización controlados por estructuras, presenta un ensamble de cuarzo alunita, dikita. La matriz se encuentra silicificada.

Alunita Arcilla: Esta alteración actualmente considerada como mineral está siendo de mucha importancia para el yacimiento la asociación característica de esta alteración es la siguiente: Alunita, Pirofilita (rellenando fracturas) y en oquedades a profundidad.

Argílica: Ha sido mapeado en los horizontes de las andesitas que están en contacto con el tufo pómez, en afloramiento de los mismos y en zonas donde se presentan intrusivos. En el reemplazamiento de los feldespatos por arcilla predominando (illita, caolín, sericita). Generalmente contienen pirita, son plásticas e incompetentes.

Propilítico: Se presentan principalmente en las andesitas y presenta una asociación característica de (clorita, carbonatos, epidota).

2.6 Mineralización

El oro en Pierina es de granulometría muy fina, este ha sido descrito en las muestras metalúrgicas relacionado con minerales de óxido de hierro en fracturas.

Múltiples eventos de oro han ocurrido en Pierina, los cuales indudablemente fueron factores importantes en la creación de un gran cuerpo mineralizado de alta ley (para depósitos epitermales de HS).

Al sur del cuerpo mineral de Pierina, la esfalerita diseminada ocurre con alteraciones de sericita en unidades de tobas pumiceas.

El 95% de la mineralización en Pierina está oxidada, diseminada en VS, QA y AA en menor proporción. En las partes inferiores del yacimiento se tiene ensambles de sulfuros: pirita-enargita-covelita-azufre nativo.

La evolución de las fases de mineralización en Pierina está dada por las seis secuencias: el primero prepara el ambiente para la mineralización y el sexto es debido a vapores calientes en los últimos eventos.

CAPITULO III

PLANEAMIENTO Y PROCESOS OPERATIVOS

3.1. Planeamiento de Minado

- **Planeamiento Estratégico**
 - Capacidad de sistema de chancado
 - Equipos de Mina
 - High grading
- **Planeamiento de Mediano y Largo Plazo**
 - Criterios de Planificación
 - Tipos de material
 - Avance Vertical
- **Planeamiento a Corto Plazo**
 - Control de Mineral
 - Avance Vertical
- **Control de Producción**
 - Sistema de despacho – Dispatch
 - Integración de información

El planeamiento Semanal / Mensual involucra lo siguiente:

- Plan de perforación y disparo
- Plan de pilas de lixiviación

- Plan de botadero
- Plan de construcción, remediación, drenajes, etc.

3.2 Proceso de Minado

Principales operaciones son:

- Perforación
- Disparo
- Carguío
- acarreo

3.2.1. Operaciones Mina

Fuerza Laboral	
Administración	100
Operaciones Mina	250
Operación de Procesamiento	150
Total	500

Parámetros Operativos

- Días operativos por año 365
- Guardias 2 de 12 hr
- Gradiente de rampa 8%
- Rampa apertura de banco 45 m
- Malla de perforación Mineral 5.6 x 6.5 m (triangular)
- Malla de perforación desmonte 6.1 x 7.0 m (triangular)
- Longitud de perforación 10.5 m
- Altura de Banco 10 m
- Diámetro del taladro 7 7/8 in

3.2.2. Equipos de Producción:

Equipos de Carguío:

- Cargador Komatsu WA1200 02 unidades
- Cargador Caterpillar 994 02 unidades
- Cargador Caterpillar 992 02 unidades

Equipos de Acarreo:

- Camión Komatsu 730E 06 unidades
- Camión Caterpillar 785B 03 unidades
- Camión Caterpillar 785C 13 unidades

Equipo Auxiliar:

- Tractor Cat D10R 03 unidades
- Tractor Cat D8R 02 unidad
- Cargador Cat 980G 01 unidad
- Tractor de ruedas Cat 834 04 unidades
- Motoniveladora Cat 16H 03 unidades
- Excavadora Cat 330 02 unidades
- Excavadora Cat 336 01 unidad
- Cisterna Kenworth 02 unidades
- Retroexcavadora Cat 416 01 unidad

Equipo de Perforación:

- Perforadora IR DMM2 (7 7/8") 03 unidades

3.3. Procesos Metalúrgicos

- Chancadora primaria
- Chancadora secundaria
- Lixiviación en pilas (tecnología de relleno de valle)
- Recuperación de oro y plata (Proceso Merrill-Crowe)
- fundición

3.3.1. Trituración o Chancado

Las instalaciones de la planta de chancado han sido diseñadas para procesar 29000 t/día pero actualmente se puede procesar más de 40000 t/día.

En el chancado primario, el tamaño del mineral es reducido desde aproximadamente 34 pulgadas hasta un tamaño de 6 pulgadas.

En el chancado secundario, el tamaño del mineral es reducido hasta aproximadamente 1.5 pulgadas.

3.3.2. Lixiviación en Pilas

El proceso de lixiviación, consiste en hacer pasar una solución acida diluida de sodio (NaCN) a través de la pila de mineral chancado para permitir que el cianuro pueda hacer contacto con las partículas de oro y plata y disolverlas.

- Geomenbrana: 80 mils (2.0 mm)
- Características de la celda
 - Altura: 10 metros
 - Angulo de reposo de mineral: 2,5:1
 - Tiempo de llenado: 5 – 7 días (180,000 – 200,000 toneladas)
 - Tiempo de lixiviación: 60 días
 - Densidad de riego: 10 litros/m²/hora

- Concentración de CN: 500 ppm (0.2 kg/t)
- Ph:10.5
- Consumo de Cal hidratada: 1kg/t
- Sistema de riego Aspersores:
 - Fog nozzles (alta evaporación)
 - Spray nozzle (baja evaporación)
 - Wobblers (evaporación nula)
- Extracción:
 - Au: 80% en 60 días
 - Ag: 30% en 240 días

CAPITULO IV
NEUMÁTICOS OTR PARA CAMIONES CATERPILLAR 785B&C Y
KOMATSU 730E

4.1. Neumáticos OTR (Off The Road) para minería

En la industria de los neumáticos mineros se está viendo avances tecnológicos acordes a la demanda de contar con máquinas cada vez más grandes y de mayor capacidad. En la minería peruana para lograr un uso eficiente de los neumáticos debemos seleccionar correctamente el neumático de acuerdo al tipo de camión destinado y a las condiciones de operación. En este sentido, la mantención de las presiones adecuadas, reparaciones preventivas, cuidados de los operadores, además de operaciones en condiciones ideales de velocidad y carga, forman factores fundamentales para lograr una mayor vida útil del neumático.

4.1.1. Neumático

El neumático es un componente de seguridad y único elemento de unión entre el suelo y el vehículo y afecta los costos de mantenimiento y productividad de la máquina.

4.1.2. Funciones y Estructura de los Neumáticos

Las funciones principales que cumple un neumático son las siguientes:

- Soporta la carga
- Transfiere la tracción y la fuerza de frenado a la superficie del terreno
- Absorbe golpes y vibraciones del suelo
- Provee la capacidad de dirección del viaje de la maquina
- Participa en la suspensión y confort
- Participa en la estabilidad

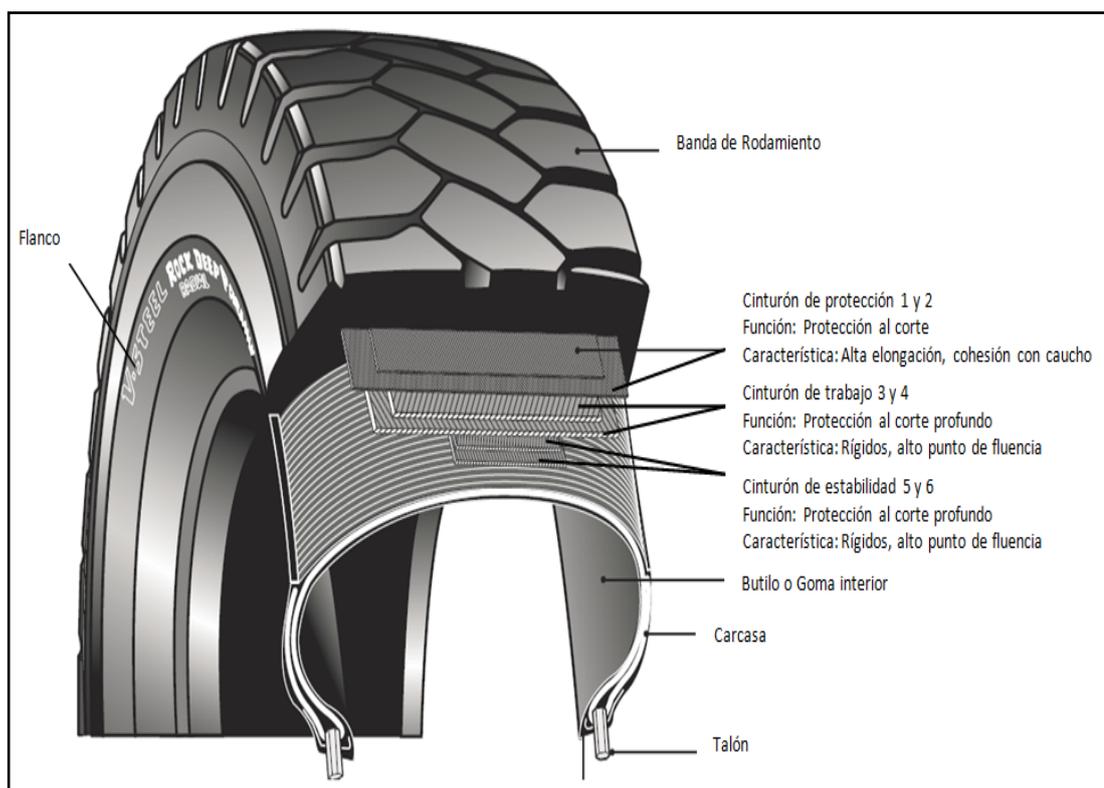


Figura 4.1: Partes de un Neumático OTR para Minería [4]

Existen tres organizaciones o asociaciones que clasifican los tipos de neumáticos de acuerdo a las necesidades de los clientes:

- European Tyre Rim Technical Organization (E.T.R.T.O.)
- Tyre Rim Association (T.R.A.)
- Associação Latino Americana de Pneus e Aros (A.L.A.P.A.)

4.1.3. Equipos de Minería y Clasificación de Neumáticos

A. Equipos de transporte o movimiento de tierra – Earthmover (E2/E3/E4)

- Dumper rígidos
- Dumper articulados
- Camiones
- Grúas

B. Equipos de carga – Loader (L2/L3/L4/L5/L5s), empuje – Grader (G2/G3/G4/G5)

- Cargadores
- Motoniveladora
- Bulldozer
- Retroexcavadora

Clasificación TRA y los correspondientes Neumáticos OTR

Los neumáticos fuera de carretera (OTR) son clasificados por la TRA de la siguiente forma y se describen los nombres de los diseños de bandas de rodadura de los correspondientes neumáticos OTR de Bridgestone.

Tabla 4.1: Clasificación TRA de Neumáticos OTR – Bridgestone

TRA Classification	Tread Type	Bridgestone Tread Pattern	
		Radial	Bias
E= Earthmover (Haulage Service)			
E-2	Traction	VHS VSB VGT VUT VKT VFT VHB VSW	
E-3	Rock	VEL VRL VRD VLT VMT VJT	WL RL VL2
E-4	Rock Deep	VLTS VSNT L317 VMTS VMTP VZTS VELSL VELS VRLS VRDP VRQP VZTP	RLS ELS2
E-7	Flotation	VSJ	AL SCP2
G=Grader			
G-1	Rib		RG
G-2	Traction	VUT VKT VSW	GL FG
G-3	Rock		RL
L=Loader & Dozer (Slow Speed Service)			
L-2	Traction Regular	VUT VKT VSW	FG GL
L-3	Rock Regular	VTS VLT VMT VJT	RL VL2
L-4	Rock Deep	VLTS VSNT VSNL	RLS NL
L-5	Rock Extra-Deep	VSDT VSDL	DL
L-5S	Smooth Extra-Deep	VSMS	STMS

Fuente: Fuente: Data Book OTR - Bridgestone

4.2. Distintas Construcciones de Neumáticos

4.2.1. El Neumático Macizo

Consta de un apilado de gomas con distintas propiedades con objeto de dotarle de la adherencia y la tracción necesaria. En las carretillas elevadoras se utiliza el bandaje macizo desde hace mucho tiempo.

Se han podido ver sus limitaciones en una utilización intensiva: rápido desgaste, debido al importante calentamiento de la goma, como a riesgos de deterioro al paso de obstáculos. El neumático macizo se “rompe”.

4.2.2. 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.

4.2.3. El Neumático Radial

Cada parte del neumático, flancos y banda de rodamiento, trabajan independientemente. Las flexiones del flanco no se transmiten a la banda de rodamiento. 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 a 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. Es por ello que el neumático radial permite obtener mayor adherencia minimizando el deslizamiento, reduciendo la velocidad de desgaste. La cima del neumático radial cinturada resiste mejor las agresiones y perforaciones. Su espesor de goma le asegura una mayor longevidad.

Sus flancos más flexibles, proporcionan mayor confort, sin que ello vaya a perjudicar la estabilidad, lo que aporta una mayor seguridad.

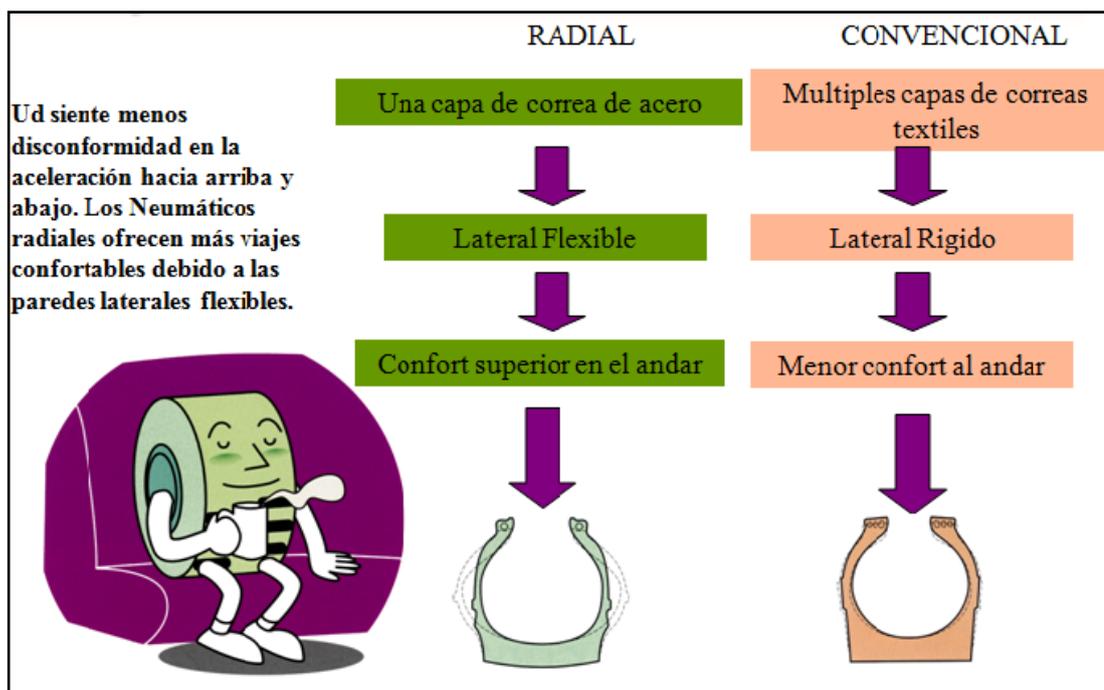


Figura 4.2: Ventajas del Neumático Radial [4]

4.2.4. 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 se da tiempo a veces de llevar al taller de reparación).
- Dado que el conjunto es perfectamente estanco, no hay riesgo de oxidación al interior del neumático.

4.3. Tipos de Gomas

4.3.1. Goma 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.

4.3.2. Goma Bridgestone:

Tabla 4.2 Tipo de Goma 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")

Fuente: Data Book OTR - Bridgestone

4.4. Profundidades de Escultura

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

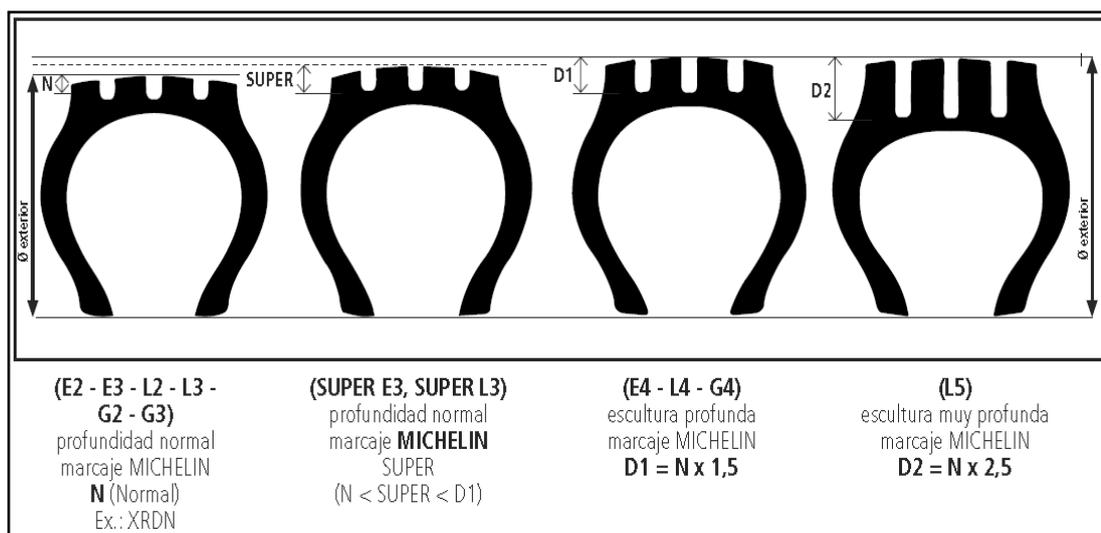


Figura 4.3: Profundidad de Escultura Michelin [3]

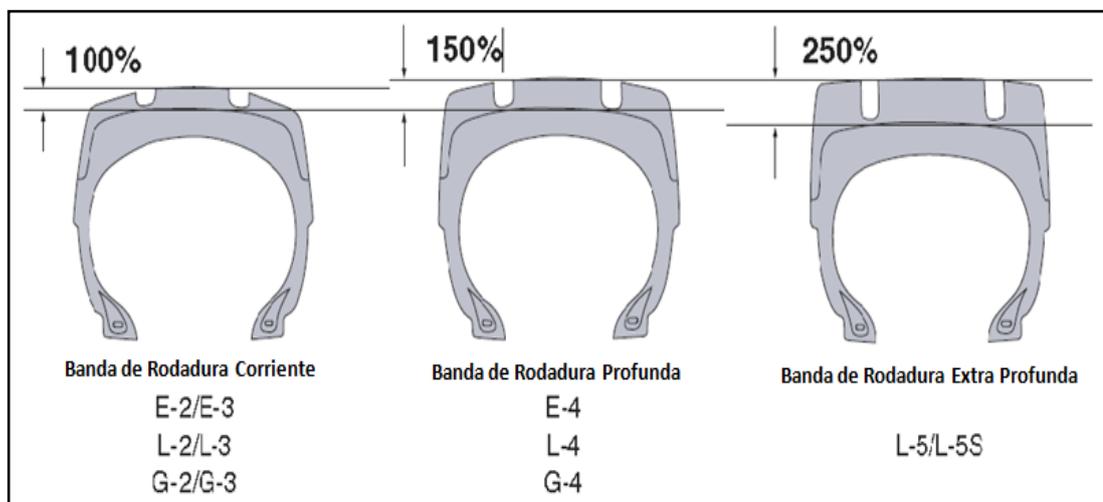


Figura 4.4: Profundidad de Escultura Bridgestone [2]

4.5. Marcaje de Neumáticos OTR

Ejemplo de marcaje Michelin: **750/65R25 XAD 65-1 SUPER E3T TL 190B**

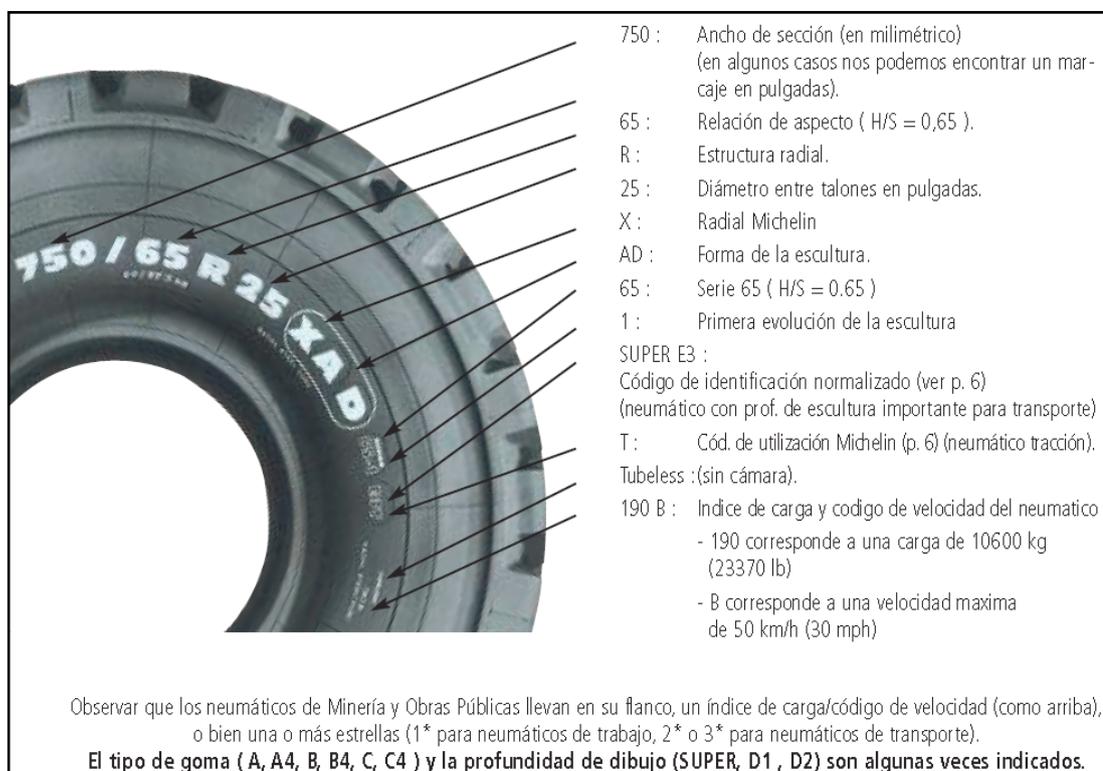


Figura 4.5: Simbología de Neumáticos OTR [5]

Neumático utilizado en lo camiones:

Komatsu 730E - (42/90R57 & 37.00R57) significa:

- 42: Longitud transversal de la banda de rodamiento (pulgadas).
- 90: Aspect ratio (90% longitud de la banda de rodamiento).
- 57: Longitud radial del aro (de talón a talón).

4.6. Parámetros que influyen en la Duración de los Neumáticos OTR

4.6.1. Funcionamiento del Neumático

Preámbulo

A un neumático OTR se le exige muchas cualidades, entre las que destacan:

- Resistencia al desgaste
- Resistencia a los choques y a los cortes
- Confort
- Adherencia
- Tracción
- Estabilidad
- Baja resistencia a la rodadura
- Factible a reencauchar
- Factible a reparar
- Resistencia al calentamiento
- Resistencia a la carga
- Resistencia a la velocidad

Funcionamiento de un Neumático:

El neumático se encuentra en reposo (posición 1), a medida que le neumático gira (posición 2), los flancos se comprimen, 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).

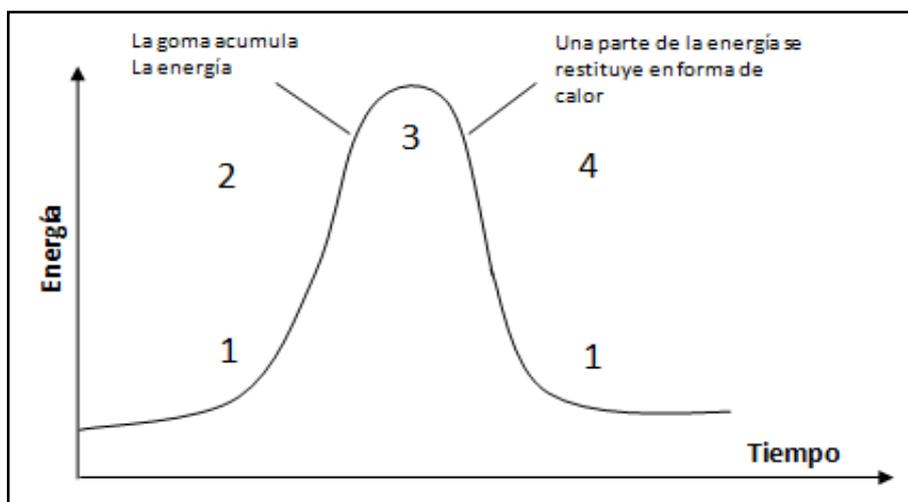


Figura 4.6: Funcionamiento del neumático [4]

Si la acción descrita arriba es demasiado rápida, se puede superar la temperatura óptima del 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 vías

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.

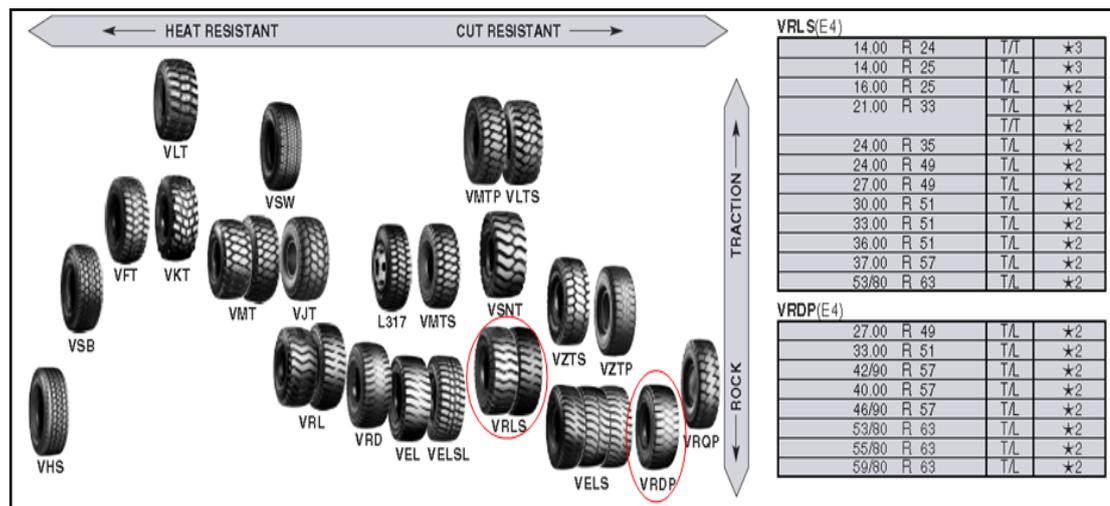


Figura 4.7: Neumáticos Off The Road Bridgestone usados en Minería [2]

4.6.2. 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, frenadas bruscas, 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 provocara una disminución en la duración de la vida del neumático y una disminución de la resistencia a las agresiones.

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

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

4.7. Descripción de las principales causas de deterioro

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

4.7.1. Inflado insuficiente

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

4.7.2. Sobre inflado

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

4.7.3. Sobre carga

Desgaste prematuro de la banda de rodamiento, sensibilización de los flancos e incremento de la flexión del neumático, lo que origina aumento de la temperatura dentro del neumático.

4.7.4. Velocidad excesiva

Aumento de la temperatura dentro del neumático y desgaste prematuro de la banda de rodamiento.

Así mismo pueden influir 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 en pésimas condiciones.
- Martilleo debido al estado ondulante de las vías.

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

4.8. Factores que Influyen en la vida de los Neumáticos

4.8.1. La Temperatura Interna de Funcionamiento

Cuando un neumático rueda, se calienta debido:

- 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 efectuar dicha comprobación

Una forma es según la ley física de Mariotee, 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):

$$R = \frac{(P_o x V_o + 1)}{273 + t_o}$$

- En caliente (neumáticos que han rodado):

$$R = \frac{(P_1 x V_1 + 1)}{273 + t_1}$$

Aunque el volumen interno dentro del neumático no ha cambiado ($V_o = V_1$), los parámetros de presión y temperatura 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.

$$t_1 = \frac{[(P_1+1)x(t_o+273)]}{(P_o+1)} - 273$$

4.8.2. Influencia de la Presión en la vida del Neumático

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

A título indicativo:

- Un inflado insuficiente en 10%, reduce en un 10% la duración.
- Un inflado insuficiente en 20%, reduce en un 25% la duración.
- Un inflado insuficiente en 30%, reduce en un 50% la duración.
- Un sobre inflado en 10%, reduce en un 5% la duración.
- Un sobre inflado en 20%, reduce en un 10% la duración.
- Un sobre inflado en 30%, reduce en un 20% la duración.

4.8.3. Influencia del TKPH Operacional**Definición de TKPH ó TMPH**

TKPH (Tonelada Kilometro 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 del neumático que es la temperatura máxima admisible de funcionamiento.

TKPH neumático

El TKPH neumático depende de la concepción de los neumáticos y varía según los tipos de cubierta 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 Kilómetros ó (millas) permitidos a la hora por tipo de neumático y están dados para una temperatura ambiente normalizada de 38°C (100°F).

Relación entre TKPH y TMPH:

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

Para el cálculo del TMPH se emplea la (tonelada corta) que corresponde a 2000 lb, es decir 907 kg.

TKPH operación de base

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

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

Donde:

- Q_m = Carga media por neumático.
- V_m = Velocidad media de un ciclo en Kilómetros ó Millas

Carga media por neumático (Q_m)

Se obtiene de la relación:

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

Donde:

- Q_c = peso por neumático, vehículo cargado, expresado en toneladas
- Q_v = peso por neumático, vehículo vacío, expresado en toneladas

En la práctica 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. Se utilizara en definitiva el valor de Q_m más elevado.

Velocidad media del ciclo de referencia (V_m)

Se obtiene de la relación:

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

Donde:

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

TKPH operación real

Con la formula $Q_m \times V_m$, se obtiene el TKPH ó TMPH operación de referencia.

Para obtener el TKPH real operacional, debemos tener en cuenta otros dos parámetros:

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

Longitud del ciclo (L)

Para los ciclos $>$ a 5 km (3 millas), aplicar al TKPH operación de base el coeficiente "K1". Estos valores están calculados en las tablas del Anexo (Tabla A1).

Temperatura ambiente en la explotación (TA)

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

El coeficiente "K2" a aplicar el TKPH operación de base es:

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

Donde:

- V_m = velocidad media del ciclo de operación.
- TA = temperatura ambiente.

- TR = temperatura referencial (38°C ó 100°F).

(*: Utilizar 0,086 para el cálculo del TMPH)

La temperatura ambiente de operación (TA) a tener en cuenta es la “temperatura máxima a cubierto” durante el transcurso de la jornada más calurosa. Estos valores están calculados en las tablas del Anexo (Tabla A2).

En resumen:

$$\text{TKPH real operacional} = \text{TKPH operación base} \times K1 \times K2$$

Puesto que en la elección de la escultura debe de ser en función de la necesidad de tracción, protección y velocidad. El neumático es técnicamente adaptada al uso si:

- TKPH neumático > TKPH real operacional
- Capacidad de trabajo del neumático > trabajo solicitado en la operación.

4.8.4. 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 soportara las consecuencias en el rendimiento.

4.8.5. La Sobrecarga

Hay ocasiones en que se encuentra un camión con sobrecarga afectando los neumáticos, sobre carga que a veces se debe a la naturaleza y al estado del material transportado, así como también a la forma en que se afecta el carguío.

A título indicativo:

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

4.8.6. 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.

4.8.7. La Conducción del Camión

La manera de conducir un camión 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).

4.8.8. La duración y la Longitud de los Ciclos

Tener ciclos largos, sobre todo en pistas acondicionadas, favorecen velocidades elevadas, por tanto, importantes elevaciones de la temperatura en el interior del neumático.

4.8.9. El Mantenimiento Mecánico de los Camiones

El mal estado mecánico de un camión puede influir en la duración de la vida del neumático.

- Unos frenos defectuosos, hacen que se calienten excesivamente las ruedas metálicas, por tanto, los neumáticos.
- Un paralelismo incorrecto de las ruedas directrices.
- Malas calibraciones en las suspensiones.
- El sobre peso en las tolvas producto de reparaciones.

4.8.10. El Trazado y Mantenimiento de las Vías

El perfil de las pistas, longitudinal y transversal, la forma y el trazado de las curvas, así como la consideración 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 vía 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 vías, la limpieza de las áreas de carguío y descarga así como el retiro de rocas caídas durante el acarreo preservara los neumáticos de accidentes tales como choques, impactos, perforaciones, etc.

En el minado, 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 vías pueden hacer inadecuado a un neumático que había dado resultados plenamente satisfactorios hasta entonces. Por lo general, es necesario volver a hacer un estudio de TKPH real operacional.

Construcción de las pistas

Ancho de Vía.- Dependerá del número de carriles y el ancho del camión más grande en la mina. En el Perú para la gran minería solo se utilizan 2 carriles para el ancho de vía. En curvas, el ancho mínimo debe de ser de 3 camiones y medio a 4 camiones.

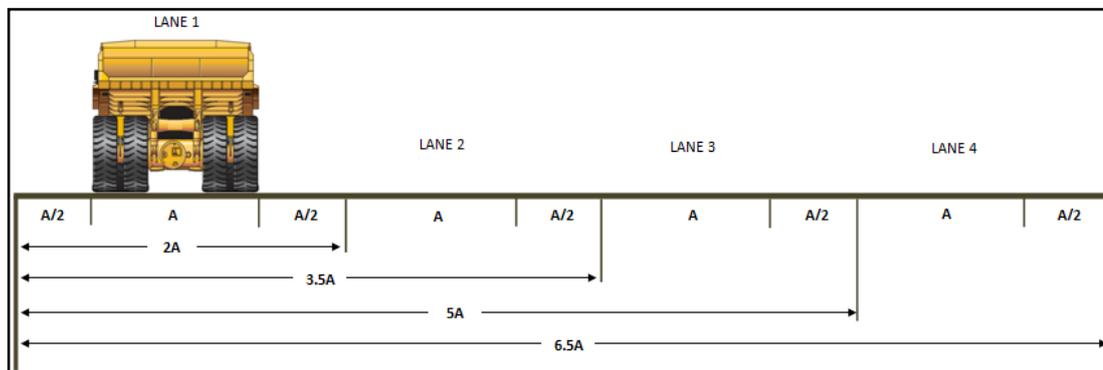


Figura 4.8: Ancho de Vía para camiones de gran tonelaje [12]

Tabla 4.3 Ancho de Vía para camiones

ANCHO DEL CAMION	TONELADAS (t)	1 CARRIL (m)	2 CARRILES (m)
6.68	95	13.36	23.38
6.74	140	13.48	23.59
8.4	185	16.80	29.40
9.75	400	19.50	34.13

Fuente: Diseño de Pistas de Transporte en Minería

Insuficiente ancho de carril produce:

1. Parada y comienzo provoca reducción de velocidad, pérdida de eficiencia, mayor consumo de combustible.
2. Deslizamiento de material provoca Cortes, accidentes de camiones.

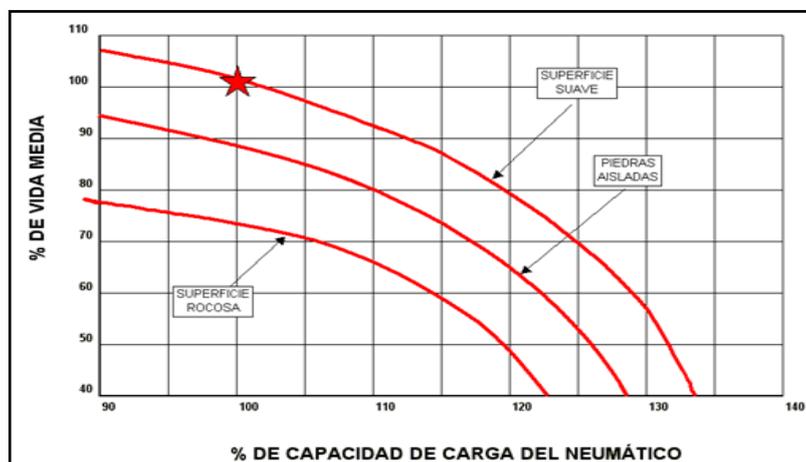


Figura 4.9: Efecto de la Superficie de la Vía en el Rendimiento Horario [4]

Pendientes Transversales:

En Llanos:

- Mantener una mínima pendiente para el drenaje.
- Utilizar una pendiente transversal constante de 2 a 3% en toda la vía de acarreo.
- Si no se mantiene una pendiente transversal constante, realice una pendiente de ángulo pequeño en los bordes del camino.
- La pendiente debe de tener una inclinación suficiente para que la lluvia máxima esperada corra, para que no se formen charcos ni baches y para evitar que el agua entre en el subsuelo del camino.

En pendientes:

- Se requiere una pendiente transversal mínima, a menos que llueva mucho.

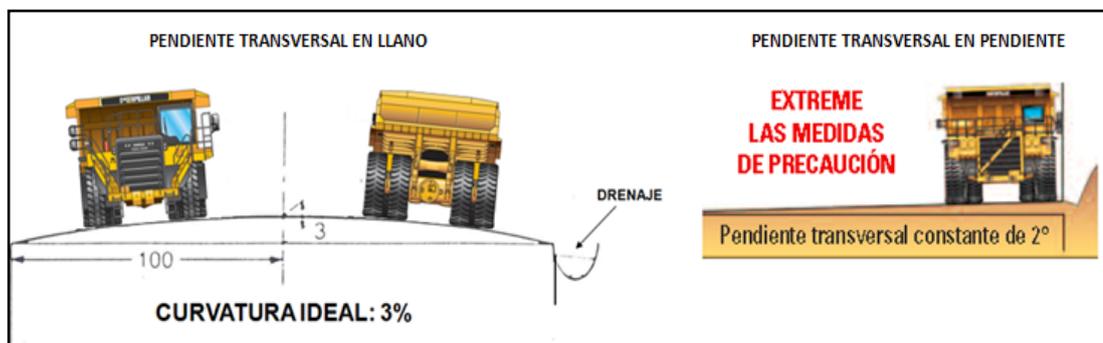


Figura 4.10: Pendiente Transversal en dos Direcciones de Ancho de Vía [13]

Peralte (sobre elevación).- Se construye para compensar las fuerzas centrífugas producidas en una Vía con curvatura que dependen de la velocidad y el peso del camión.

- Utilizarlo, si la velocidad supera los 15km/h (10mph).
- Una sobre elevación superior al 8% debe de utilizarse con precaución.

Radio:

- Utilizar el radio practico máximo
- Realizar transiciones constantes y suaves.

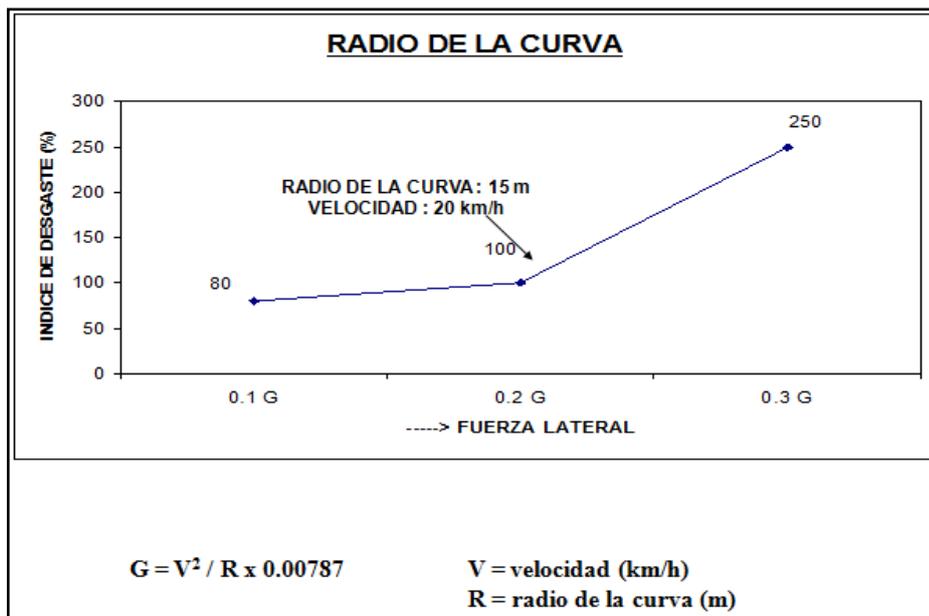


Figura 4.11: Índice de Desgaste por Radio de Curva [4]

Tabla 4.4 Radio de Curva para Diseño de Vías

KM/h \ RADIO(m)	10	20	30	40	50
20	0,04	0,16	0,35	0,63	1,42
30	0,03	0,10	0,23	0,42	0,66
40	0,02	0,08	0,18	0,31	0,49
50	0,016	0,06	0,14	0,25	0,39
60	0,013	0,05	0,12	0,21	0,33
70	0,011	0,045	0,10	0,17	0,28
80	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25
90	0,009	0,035	0,08	0,14	0,22
100	0,008	0,03	0,07	0,13	0,2
150	0,005	0,02	0,05	0,08	0,13

↑

ZONA DE SEGURIDAD

RADIO MAYOR

↓

MENOR "G"

↓

MENOR DESGASTE

- POR DEBAJO DE 0.15G : NIVEL SEGURO
- ALREDEDOR DE 0.30G: VELOCIDAD MAXIMA SIN DESLIZAMIENTO
- POR ENCIMA DE 0.45G: DESLIZAMIENTO

Fuente: Diseño de Pistas de Transporte en Minería

Tabla 4.5: Relación entre Radio, Velocidad y Peralte

Radius		Speed MPH (Km/h)							
Feet	Meters	10 (16)	15 (24)	20 (32)	25 (40)	30 (48)	35 (56)	40 (64)	45 (72)
75	23	8,5 %	20 %						
100	30	6,5 %	15 %						
150	46	4 %	10 %	17,5 %					
200	61	3 %	7,5 %	13,5 %	21 %				
250	76	2,5 %	6 %	10,5 %	16,5 %				
300	91	2 %	5 %	9 %	13,5 %	20 %			
350	107	1,5 %	4 %	7,5 %	12 %	17 %			
400	122		4 %	6,5 %	10 %	15 %	20 %		
450	137		3,5 %	6 %	9 %	13 %	18 %		
500	152		3 %	5 %	8 %	12 %	16 %	21 %	
600	183		2,5 %	4,5 %	7 %	10 %	13,5 %	17,5 %	22 %
700	213		2 %	3,5 %	6 %	8,5 %	11,5 %	15 %	19 %
800	244		2 %	3 %	5 %	7,5 %	10 %	13 %	16,5 %
900	274		1,5 %	3 %	4,5 %	6,5 %	9 %	12 %	15 %
1000	305			2,5 %	4 %	6 %	8 %	10,5 %	13,5 %
1200	366			2 %	3,5 %	5 %	7 %	9 %	11 %
1400	427			2 %	3 %	4 %	6 %	7,5 %	9,5 %
1600	488			1,5 %	2,5 %	3,5 %	5 %	6,5 %	8,5 %

Fuente: Diseño de Pistas de Transporte en Minería

Pendientes.- Las pendientes en minería a gran escala varían de 8% a 10%, siendo el caso de la mina Pierina de 8%.

- Se recomienda que las pendientes no superen el 10%, para obtener una duración máxima de los neumáticos.
- Se debe de mantener pendientes constantes:
 - ✓ Minimice los cambios de velocidades
 - ✓ Mantenga una velocidad promedio alta
 - ✓ Permita un esfuerzo de frenado constante en los retornos
- Una pendiente en descenso (descenso con carga de un camión) incrementara la carga sobre el eje anterior con el valor de la pendiente.

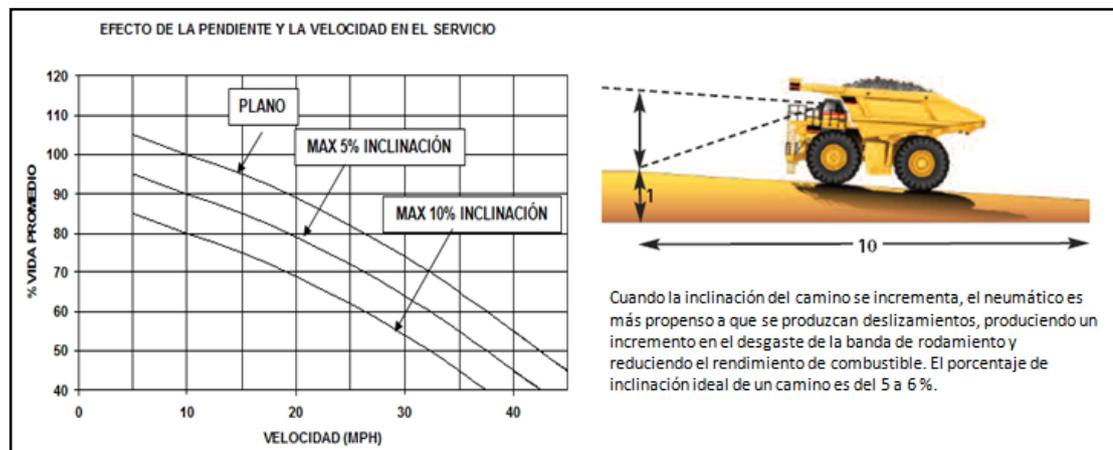


Figura 4.12: Nivel de Pendientes para Mina [4]

Berma de Seguridad.- La altura de las bermas están dados según el DS- 055 MEM en una altura de $\frac{3}{4}$ partes del neumático más grande de los vehículos que circulan por la vía. Para la mina la altura de la berma es de 2 metros.

Resistencia a la Rodadura.- Para neumáticos con cubierta radial de camiones de obra, la resistencia de rodadura mínima debe de ser la siguiente:

- 1.5% en caminos duros, bien mantenidos y permanentes.
- 3% en caminos bien mantenidos y con poca resistencia a la flexión.
- 4% en caminos con una resistencia a la penetración de los neumáticos de 25 mm (1 pulgadas).
- 5% en caminos con una resistencia a la penetración de los neumáticos de 50 mm (2 pulgadas).
- 8% en caminos con una resistencia a la penetración de los neumáticos de 100 mm (4 pulgadas).
- 14% en caminos con una resistencia a la penetración de los neumáticos de 200 mm (8 pulgadas).

En la práctica un aumento del 5% de la resistencia de rodadura puede provocar una disminución del 10% de la producción y un aumento del 35% de los costos de producción.

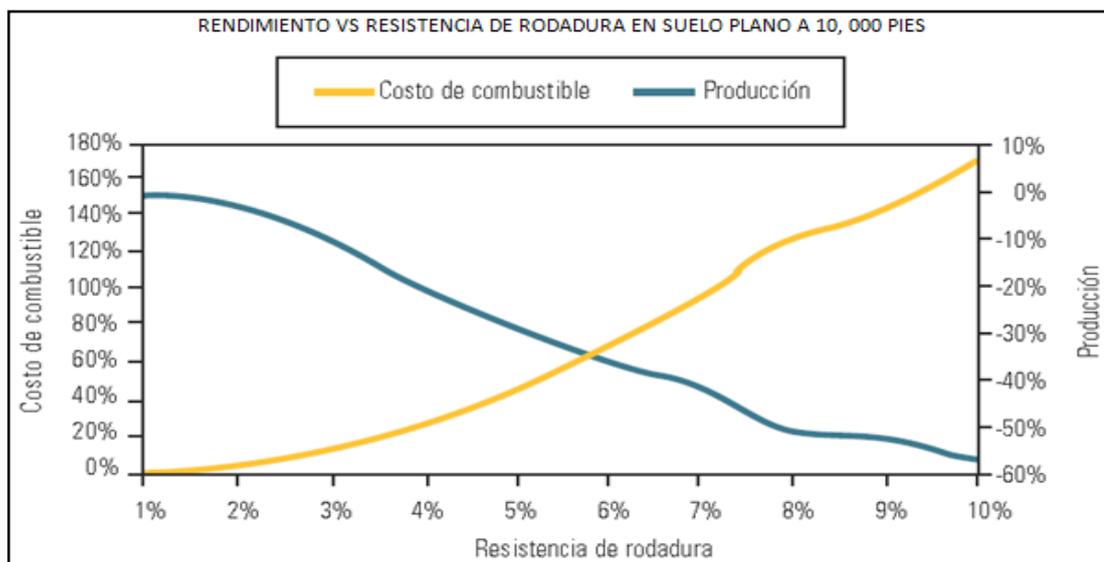


Figura 4.13: Rendimiento Económico de los Caminos [13]

Tabla 4.5: Resistencia de Rodado y Productividad

RR%	Ave. Speed	Cycle Time	Production	Lost Production	Cost/Ton
2	8.6 mph	8.62	1,188,000	—	45¢
3	8.1 mph	9.00	1,138,000	50,000	47¢
4	7.9 mph	9.20	1,114,000	74,000	48¢
5	7.3 mph	9.82	1,044,000	144,000	51¢
7	7.1 mph	10.10	1,014,000	174,000	53¢
9	6.2 mph	11.32	906,000	282,000	59¢

999=2x773B's 3000 ft. one way haul 25 mph speed limit 547 ton payload

Fuente: Diseño de Pistas de Transporte en Minería

CAPITULO V
PERFORMANCE DE RENDIMIENTO DE NEUMATICOS DE CAMIONES
CATERPILLAR 785B&C Y KOMATSU 730E

5.1. Gestión de Control de Neumáticos

5.1.1. Declaración del Problema

De la realización del CI Team de Neumáticos se tuvo el proyecto de desarrollar un plan para optimizar la vida útil de los neumáticos de los camiones Caterpillar 785B&C y Komatsu 730E, de los cuales se trazó como meta los KPI:

- El rendimiento en horas para neumáticos radiales, llegar a 5,200 horas de vida útil promedio.
- El rendimiento en horas para neumáticos convencionales y reencauchados (recap), llegar a 2,500 horas de vida útil promedio.
- El consumo de neumáticos nuevos, disminuir en 15%.
- La tasa de eventos de corte e impacto, disminuir en 20%.
- Disminuir los costos generados por reparación de neumáticos en 10%.

5.1.2. Línea de referencia

Flota camiones Caterpillar 785B&C:

- 23 mm de RTD de 133 neumáticos - Scrap 2008 de los cuales:
 - 58 neumáticos radiales 33.00R51 – 22 RTD
 - 75 neumáticos convencionales 33.00X51 – 24 RTD

Flota camiones Komatsu 730E:

- 25 mm de RTD (mm) de 52 neumáticos – Scrap 2008 de los cuales:
 - 17 neumáticos radiales 37.00R57 – 23 RTD.
 - 35 neumáticos convencionales 40.00X57 – 30 RTD.

RTD (mm): profundidad en milímetros del remanente de la banda de rodamiento del neumático (remaining tread depth).

5.1.3. Metas

- Reducir el RDT a 20 mm en los neumáticos 33.00R51 y 33.00X51
- Reducir el RDT a 22 mm en los neumáticos 37.00R57, 42/90R57 y 40.00X57.
- Reducir los eventos de cortes en los neumáticos.
- Reducir la cantidad de neumáticos enviados a reparar.

5.1.4. Alcance

La disminución del remanente de cocada – RTD aumentara el rendimiento de la vida útil del neumático y disminuirá el consumo de neumáticos nuevos.

Al aminorar la cantidad de neumáticos enviados a reparar, disminuirá el costo de remanente y aumentara la vida útil del neumático para la flota de camiones Caterpillar y Komatsu.

5.1.5. Beneficios

Al llegar al objetivo del proyecto, se obtendrá la reducción de costos totales en la cantidad de neumáticos y se obtendrá un mejor stock de neumáticos lo que conlleva:

- Mayor disponibilidad de la flota de camiones.

- Incrementar el tonelaje de acarreo.
- Menor demanda de neumáticos nuevos.

5.2. Análisis Histórico de Neumáticos

5.2.1. Diagrama de Pareto – Incidencia de eventos de Cortes en Neumáticos

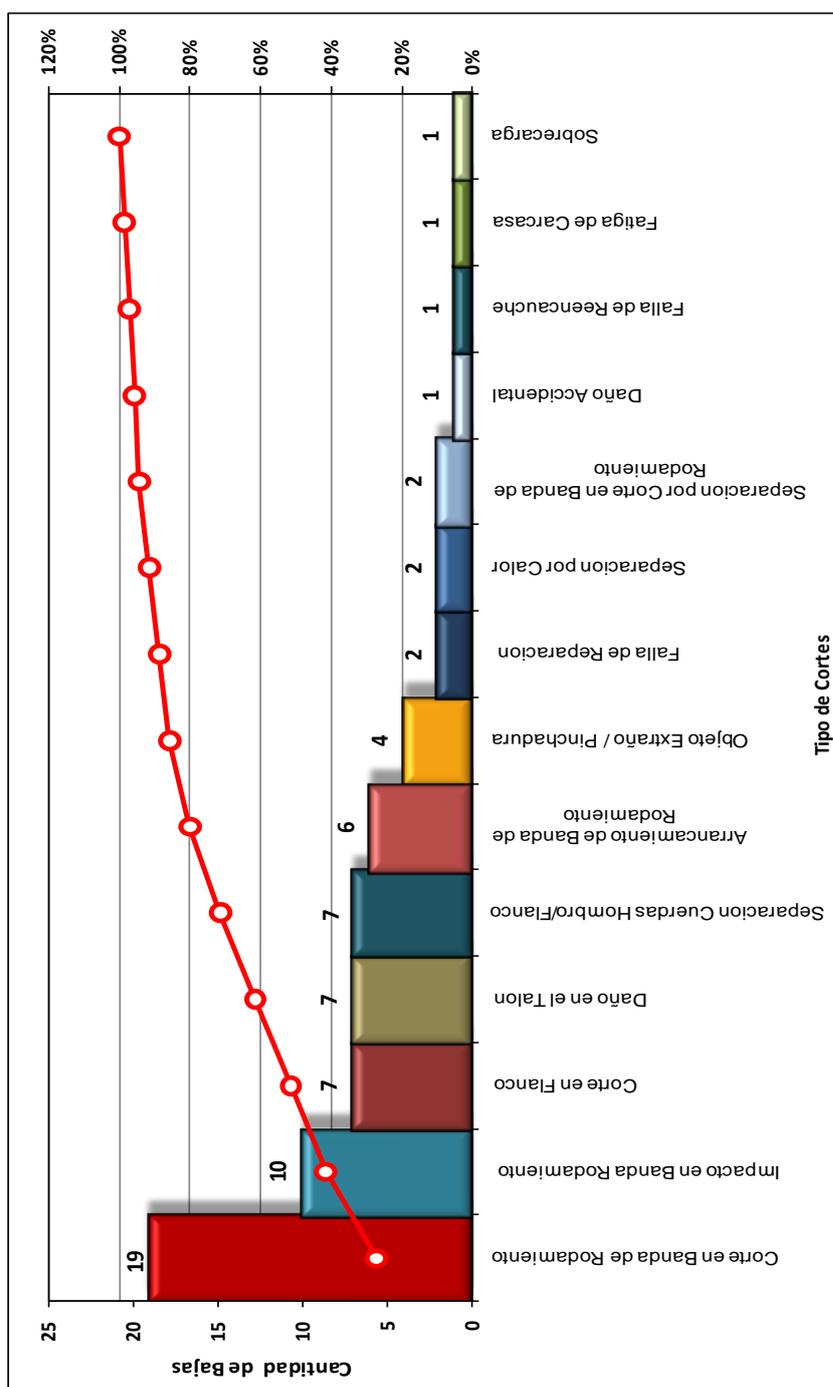


Figura 5.1: Diagrama de Pareto Evento de Cortes 2008 y 2009 [15]

5.2.2. Estadística de neumáticos dados de baja – 2008, 2009

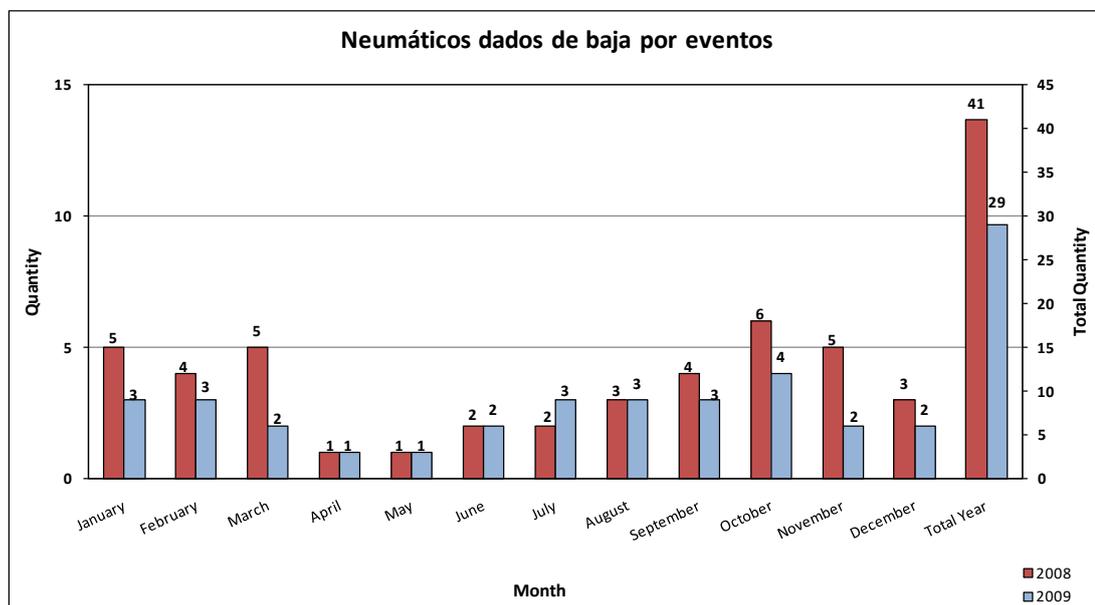


Figura 5.2: Cantidad de bajas por Eventos en Meses [1]

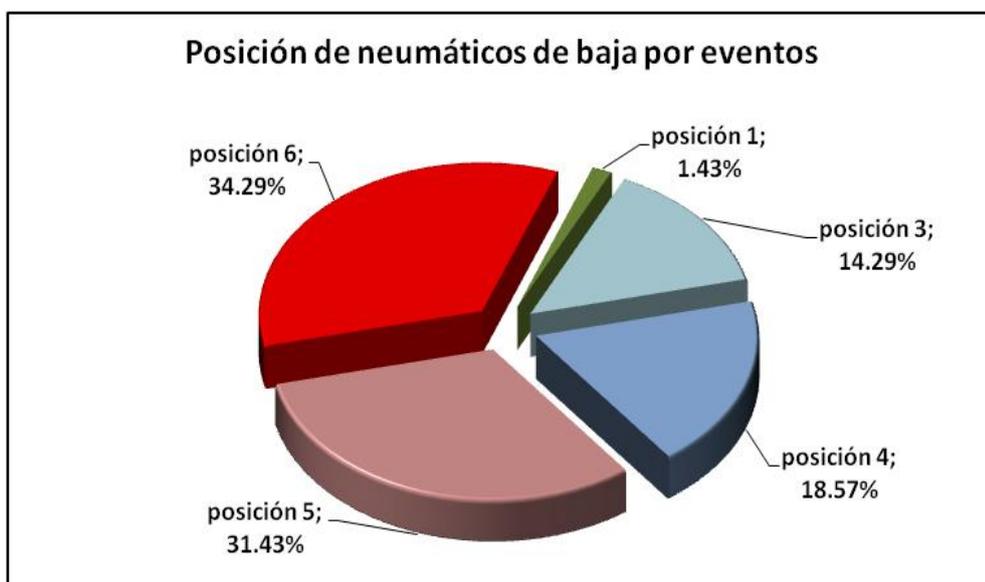


Figura 5.3: Porcentaje de Bajas por Posición [1]

Tabla 5.1 Neumáticos dados de Baja – Flota Caterpillar y Komatsu 2008 y 2009

Tipo	Neumático Radial - Year 2008			Neumático Radial - Year 2009		
	Cantidad	RTD (mm)	Horas	Cantidad	RTD (mm)	Horas
Desgaste Final	67	21	5,185	70	21	5,210
Corte Banda de Rodamiento	3	36	4,584	2	36	4,627
Corte en el Flanco	1	27	5,073	3	37	4,726
Accidente	1	71	2,471			
Impacto en la Banda de Rodamiento	1	56	1,587			
Objeto Extraño / Pinchadura	1	23	7,104			
Separacion por Corte en Banda de Rodamiento	1	25	5,642			
Arrancamiento de Banda de Rodamiento				2	21	5,682
Separacion de Cuerdas Hombro/Flanco				1	28	5,001
Total General	75	37	4,521	78	29	5,049

Tipo	Neumático Convencional - Year 2008			Neumático Convencional - Year 2009		
	Cantidad	RTD (mm)	Horas	Cantidad	RTD (mm)	Horas
Desgaste Final	98	24	2,269	94	21	2,319
Corte Banda de Rodamiento	3	46	1,895	3	39	1,917
Corte en el Flanco	1	29	3,569			
Impacto en la Banda de Rodamiento	3	49	1,500	6	50	1,614
Objeto Extraño / Pinchadura				1	25	2,471
Arrancamiento de Banda de Rodamiento	1	40	2,477	3	32	2,502
Separacion de Cuerdas Hombro/Flanco	1	24	1,423	1	31	2,735
Falla de Reparacion	2	35	3,811			
Sobrecarga	1	50	1,250			
Separacion por Calor				2	29	2,462
Total General	110	37	2,274	110	32	2,289

Tipo	Neumático Reencauchado - Year 2008			Neumático Reencauchado - Year 2009		
	Cantidad	RTD (mm)	Horas	Cantidad	RTD (mm)	Horas
Desgaste Final	54	12	2,099	24	9	2,303
Corte Banda de Rodamiento	8	28	1,363			
Corte en el Flanco	2	19	2,069			
Objeto Extraño / Pinchadura	1	18	2,769	1	30	2,425
Arrancamiento de Banda de Rodamiento				1	11	3,058
Separacion de Cuerdas Hombro/Flanco	2	34	839	2	17	2,007
Daño en el Talon	6	29	2,639	1	19	2,321
Falla de Reencauche	1	35	774			
Fatiga de Carcasa	1	19	1,269			
Total General	75	24	1,728	29	17	2,423

Fuente: Data de Reporte Neuma Perú

Tabla 5.2 Incidencia por Tipo de Corte de Neumáticos 2008 a 2009

Tipo	RTD (mm)	Cantidad	Porcentaje
Corte Banda de Rodamiento	30	25	35.71%
TKPH	29	18	25.71%
Impacto	50	17	24.29%
Corte en Flanco	29	7	10.00%
Falla de neumático	35	3	4.29%
Total General	35	70	100%

Fuente: Data de Reporte Neuma Perú

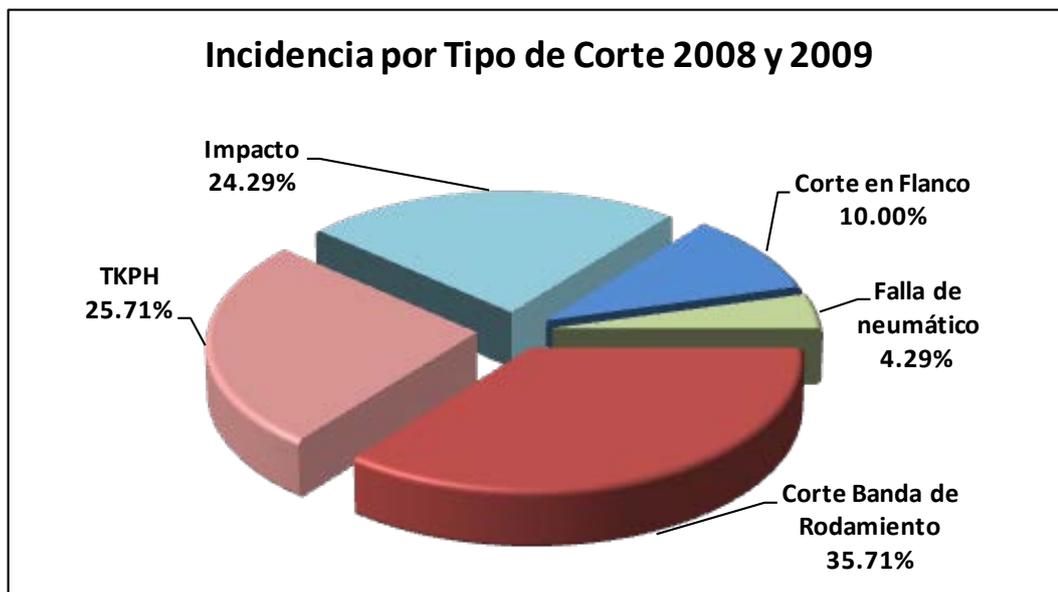


Figura 5.4: Porcentaje de Incidencia por Tipo de Corte [1]

5.2.3. Rendimiento de neumáticos – 2008 y 2009

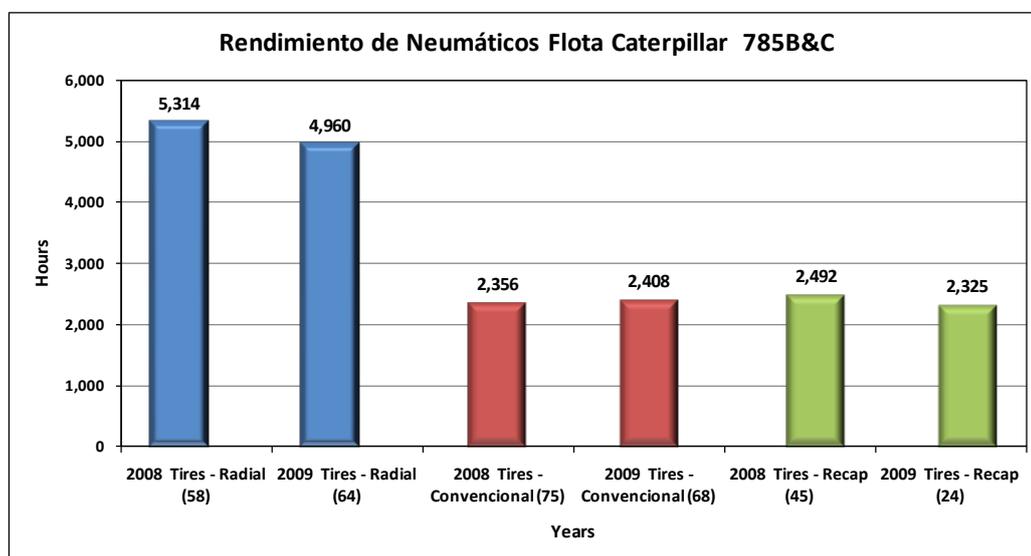


Figura 5.5: Rendimiento Flota Caterpillar – 2008 y 2009 [1]

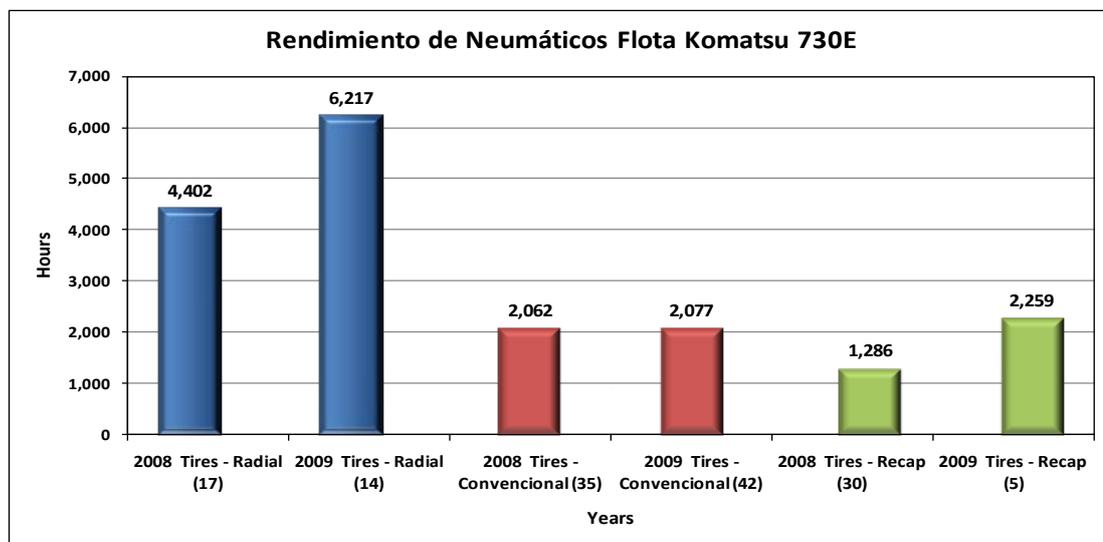


Figura 5.6: Rendimiento Flota Komatsu – 2008 y 2009 [1]

Tabla 5.3 Rendimiento de Neumáticos - Flota Caterpillar 785 B&C 2008 y 2009

Caterpillar 785 B&C	Tires Radial - year 2008			Tires Radial - year 2009		
Month	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours
January	6	23	5,380	13	24	5,040
February	5	24	5,302	8	23	4,361
March	4	28	4,975	6	19	4,517
April	7	23	5,059	3	23	4,411
May	-	-	-	7	22	4,366
June	3	24	5,482	2	28	4,534
July	2	25	4,347	3	17	5,605
August	5	18	7,154	2	18	6,631
September	2	51	3,291	3	14	6,464
October	10	21	5,834	5	14	5,909
November	10	27	5,106	4	18	4,932
December	4	24	4,303	8	24	4,794
Total General	58	24	5,314	64	21	4,960

Caterpillar 785 B&C	Tires Convencional - year 2008			Tires Convencional - year 2009		
Month	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours
January	9	26	2,626	7	24	2,480
February	16	24	2,270	5	24	2,184
March	10	25	1,870	10	20	2,176
April	9	21	1,516	9	19	1,885
May	2	26	3,450	9	19	1,950
June	1	14	1,821	2	17	2,939
July	6	23	2,488	6	24	2,547
August	3	21	2,550	1	27	3,348
September	1	30	4,772	2	23	2,643
October	10	22	3,316	10	23	3,180
November	7	27	2,025	4	24	2,795
December	1	56	981	3	19	2,144
Total General	75	24	2,356	68	21	2,408

Caterpillar 785 B&C	Tires Recap - year 2008			Tires Recap - year 2009		
Month	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours
January	4	11	3,056	-	-	-
February	5	9	2,509	2	9	2,030
March	7	13	1,832	4	10	2,227
April	5	17	1,216			
May	2	5	1,613	4	9	1,918
June	2	8	2,339	-	-	-
July	-	-	-	1	20	2,321
August	4	16	2,714	2	19	2,427
September	6	20	3,123	5	13	2,753
October	10	21	3,097	2	12	2,926
November	-	-	-	-	-	-
December	-	-	-	4	11	2,093
Total General	45	15	2,492	24	13	2,325

Fuente: Data de Reporte Neuma Perú

Tabla 5.4 Rendimiento de Neumáticos - Flota Komatsu 730E 2008 y 2009

Komatsu 730E	Tires Radial - year 2008			Tires Radial - year 2009		
Month	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours
January	3	17	3,802	-	-	-
February	4	18	4,700	2	28	6,715
March	5	18	4,448	-	-	-
April	5	19	4,477	3	24	5,884
May	-	-	-	-	-	-
June	-	-	-	-	-	-
July	-	-	-	-	-	-
August	-	-	-	-	-	-
September	-	-	-	2	31	5,735
October	-	-	-	1	25	4,971
November	-	-	-	5	25	6,705
December	-	-	-	1	20	5,991
Total General	17	18	4,402	14	25	6,217

Komatsu 730E	Tires Convencional - year 2008			Tires Convencional - year 2009		
Month	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours
January	14	28	2,364	11	27	1,787
February	-	-	-	3	42	1,853
March	-	-	-	2	24	1,474
April	8	33	1,132	-	-	-
May	-	-	-	1	29	1,822
June	-	-	-	4	29	2,392
July	-	-	-	-	-	-
August	-	-	-	2	35	2,139
September	-	-	-	4	27	2,754
October	-	-	-	5	21	2,881
November	5	29	2,299	6	29	1,982
December	8	29	2,315	4	27	1,525
Total General	35	30	2,062	42	28	2,077

Komatsu 730E	Tires Recap - year 2008			Tires Recap - year 2009		
Month	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours	Quantity of Tires	RTD (mm)	Hours
January	5	11	1,118	-	-	-
February	-	-	-	-	-	-
March	5	23	866	2	11	1,539
April	4	11	801	-	-	-
May	2	17	1,338	-	-	-
June	5	28	1,203	-	-	-
July	4	17	1,753	-	-	-
August	-	-	-	-	-	-
September	-	-	-	-	-	-
October	3	15	2,196	1	5	1,761
November	-	-	-	-	-	-
December	2	14	1,579	2	6	3,228
Total General	30	18	1,286	5	8	2,259

Fuente: Data de Reporte Neuma Perú

5.2.4. Estadística de neumáticos reparados 2008 y 2009

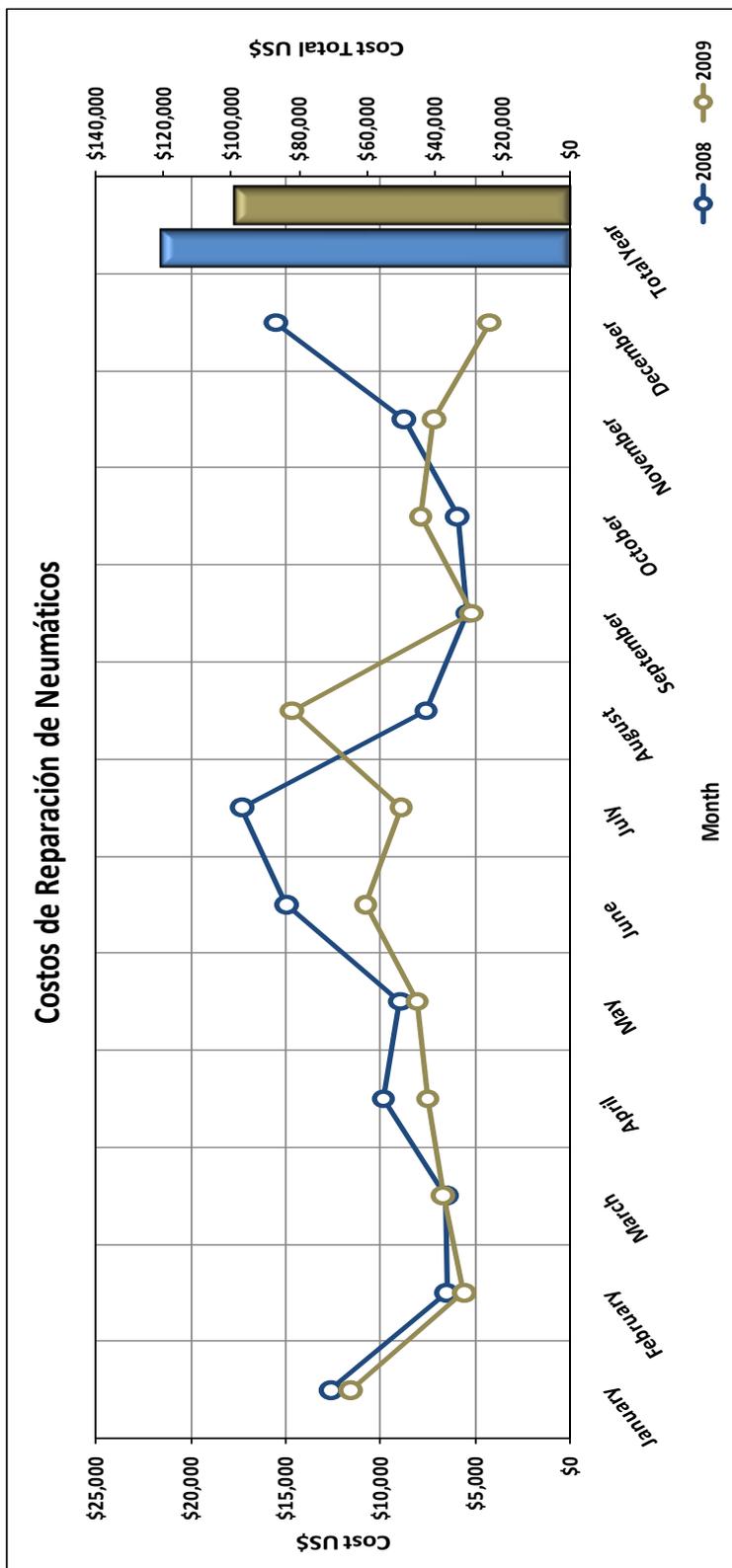


Figura 5.7: Costo de Reparación de Neumáticos 2008 y 2009 [1]

Tabla 5.5 Neumáticos Reparados del 2008 y 2009

Year	Month	Quantity	RTD (mm)	Cost of repair (US\$)
2008	January	18	82	\$ 12,610
	February	10	76	\$ 6,490
	March	9	72	\$ 6,530
	April	12	68	\$ 9,830
	May	13	65	\$ 8,980
	June	18	62	\$ 14,960
	July	21	59	\$ 17,320
	August	10	72	\$ 7,600
	September	7	66	\$ 5,420
	October	8	73	\$ 5,950
	November	10	80	\$ 8,750
	December	20	74	\$ 15,520
	Total General		156	71
Year	Month	Quantity	RTD (mm)	Cost of repair (US\$)
2009	January	14	79	\$ 11,550
	February	7	72	\$ 5,600
	March	8	65	\$ 6,700
	April	8	65	\$ 7,490
	May	12	61	\$ 8,070
	June	14	59	\$ 10,780
	July	10	57	\$ 8,900
	August	17	73	\$ 14,650
	September	7	75	\$ 5,180
	October	10	72	\$ 7,880
	November	9	78	\$ 7,200
	December	4	81	\$ 4,250
	Total General		120	69
Total General 2008 - 2009		276	70	\$ 218,210

Fuente: Data de Reporte Neuma Perú

5.3. Identificación de Causa - Efecto

Realizado el Brainstorming (tormenta de ideas) y completado la matriz para la realización del diagrama de causa y efecto (diagrama de Ishikawa) se obtuvo:

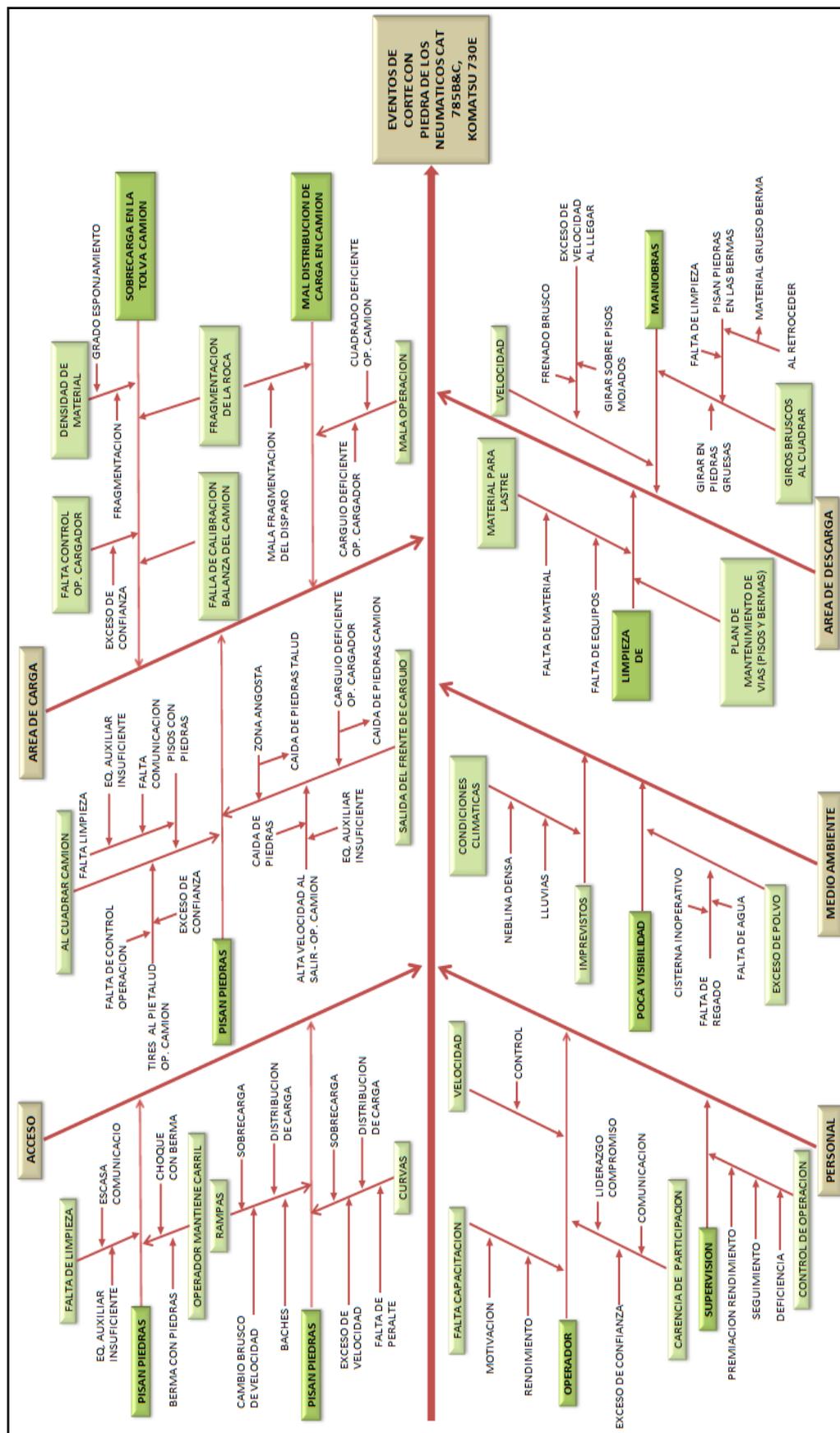


Figura 5.8: Diagrama de Causa Raiz – Ishikawa [15]

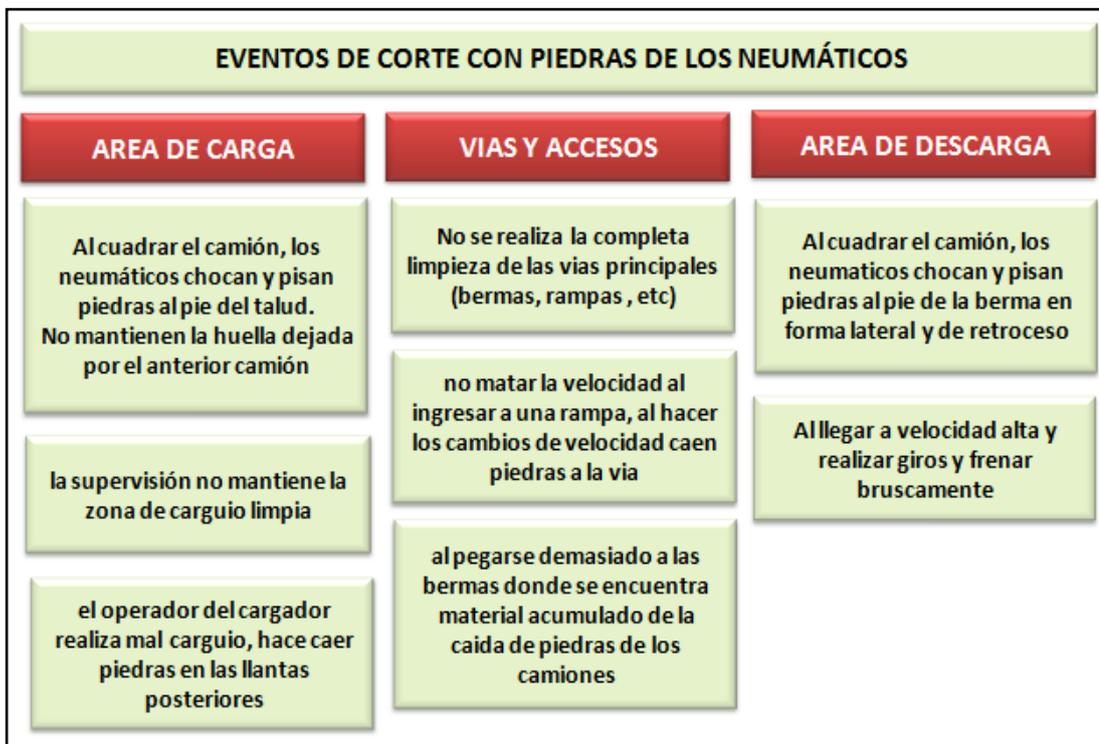


Figura 5.9: Diagrama de Afinidad [15]

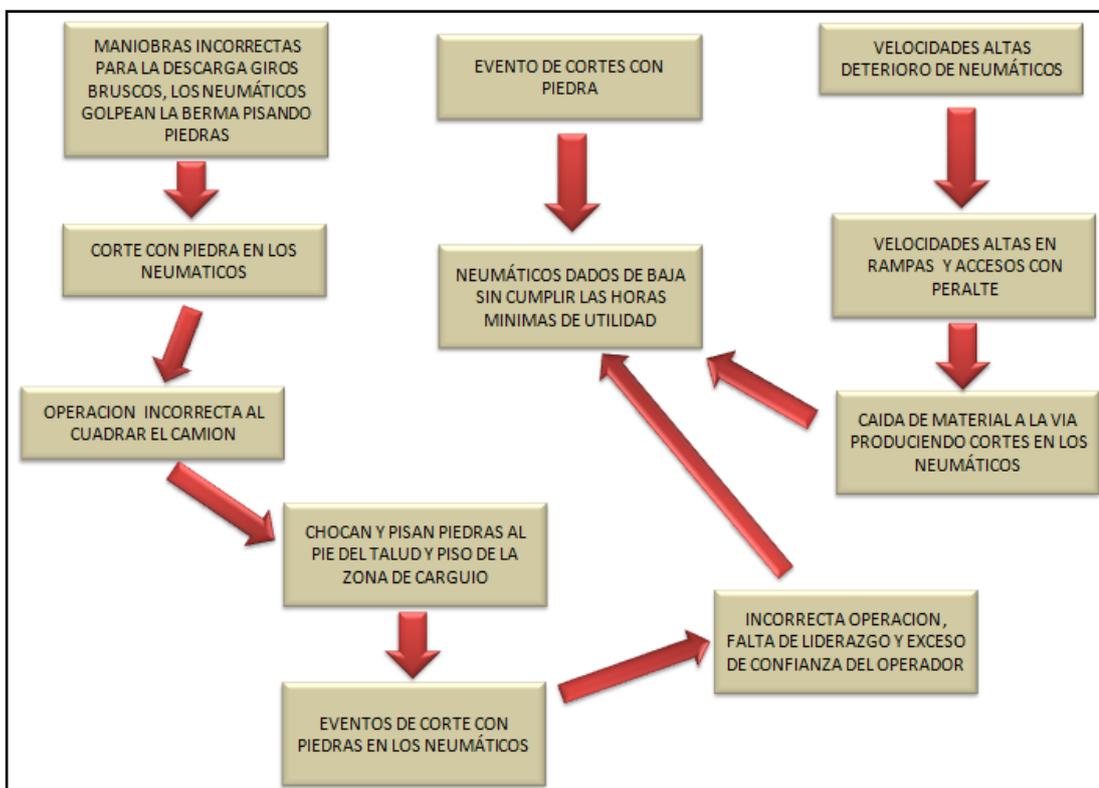


Figura 5.10: Diagrama de Relación [15]

5.4. Resultado del diagrama Ishikawa

Del análisis de causa raíz de Ishikawa se identificaron oportunidades para mejorar el rendimiento de los neumáticos:

- Mejorar los puntos de carguío
- Mejorar los accesos y rampas (caída de rocas)
- Mejorar los puntos de descarga
- Mejorar el control de inspección de los neumáticos diariamente en campo
- Capacitación en el cuidado de neumáticos a los operadores y supervisión
- Realizar el control de TKPH
- Realizar estudio de pesaje de camiones
- Realizar estudio de temperaturas
- Realizar estudio de estado de vías - FPO
- Mejora en la calibración de sensores de camiones
- Contar con equipo auxiliar perenne en las vías de acarreo

CAPITULO VI

INCREMENTO DEL PERFORMANCE DE RENDIMIENTO DE NEUMATICOS

6.1. Gestión de Control de Insumos

6.1.1. Control, Medición y Reporte de Eventos de Corte en Neumáticos

Principales factores que influyen en el rendimiento de los neumáticos.



Figura 6.1: Factores que afectan la duración del Neumático [4]

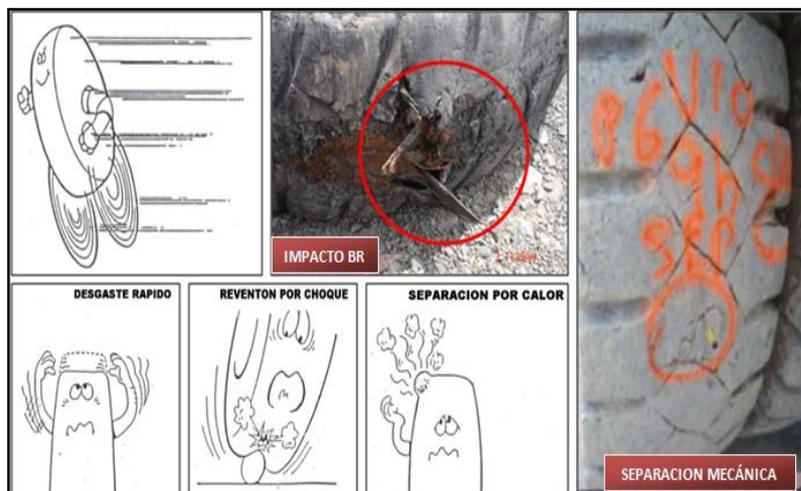


Figura 6.2: Averías del Neumático debido al Exceso de Velocidad [1]

Inspección de los neumáticos en campo.

<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>VK55</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>7506</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>90/88</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRPDY</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>CBR en Pos1 de 45x90mm a las 9hrs, hace seguimiento, si daño incrementa sus dimensiones retirar para reparación</p>	Equipo	VK55	N° Interno	7506	Cocada:	90/88	Marca	Bridgestone VRPDY	Observación:			<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>VK51</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>7501</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>77/78</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRPDY</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>Pos 1 Corte en la Banda de Rodamiento de 90x145mm a las 6hrs retirar para reparación</p>	Equipo	VK51	N° Interno	7501	Cocada:	77/78	Marca	Bridgestone VRPDY	Observación:		
Equipo	VK55																						
N° Interno	7506																						
Cocada:	90/88																						
Marca	Bridgestone VRPDY																						
Observación:																							
Equipo	VK51																						
N° Interno	7501																						
Cocada:	77/78																						
Marca	Bridgestone VRPDY																						
Observación:																							
<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>VK54</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>7505</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>80/81</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRPDZ</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>CBR en Pos2 de 80x100mm a las 5hrs, hacer seguimiento, si el daño incrementa sus dimensiones retirar para reparación</p>	Equipo	VK54	N° Interno	7505	Cocada:	80/81	Marca	Bridgestone VRPDZ	Observación:			<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>VK56</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>7504</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>75/72</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRPDY</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>Corte en seguimiento en Pos 2 de 72x107mm a las 6hrs, retirar para reparación</p>	Equipo	VK56	N° Interno	7504	Cocada:	75/72	Marca	Bridgestone VRPDY	Observación:		
Equipo	VK54																						
N° Interno	7505																						
Cocada:	80/81																						
Marca	Bridgestone VRPDZ																						
Observación:																							
Equipo	VK56																						
N° Interno	7504																						
Cocada:	75/72																						
Marca	Bridgestone VRPDY																						
Observación:																							
<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>MD704</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>3827</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>52/53</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRPDY</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>CBR en Pos3 de 110x82mm a las 5hr, retirar para reparación</p>	Equipo	MD704	N° Interno	3827	Cocada:	52/53	Marca	Bridgestone VRPDY	Observación:			<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>MD706</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>3850</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>57/55</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRPDY</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>CBR en Pos4 de 100x95mm, retirar para reparación</p>	Equipo	MD706	N° Interno	3850	Cocada:	57/55	Marca	Bridgestone VRPDY	Observación:		
Equipo	MD704																						
N° Interno	3827																						
Cocada:	52/53																						
Marca	Bridgestone VRPDY																						
Observación:																							
Equipo	MD706																						
N° Interno	3850																						
Cocada:	57/55																						
Marca	Bridgestone VRPDY																						
Observación:																							

Figura 6.3: Neumáticos con Eventos de corte en Banda de Rodamiento [1]

Daños en los neumáticos debido a caída de material

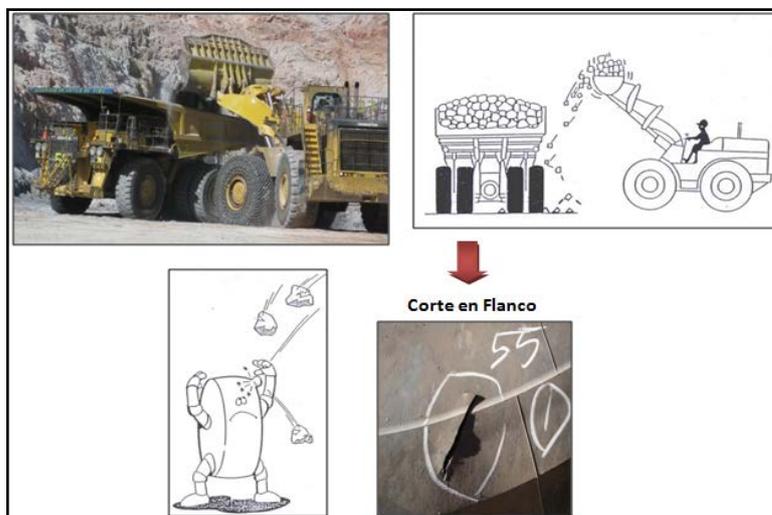


Figura 6.4: Eventos de Corte en la Zona de Carguío [1]

Daño de neumáticos con corte en el hombro y flanco

<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>VK55</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>7486</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>40/35</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRDPZ</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>Corte en el Hombro en Pos. 4 de 220x120mm a las 1hr, seguimiento para reparación</p>	Equipo	VK55	N° Interno	7486	Cocada:	40/35	Marca	Bridgestone VRDPZ	Observación:			<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>MD723</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>3830</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>36/35</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>Desprendimiento de HO en Pos. 06 a 11 Hrs, realizar seguimiento.</p>	Equipo	MD723	N° Interno	3830	Cocada:	36/35	Marca	Bridgestone	Observación:		
Equipo	VK55																						
N° Interno	7486																						
Cocada:	40/35																						
Marca	Bridgestone VRDPZ																						
Observación:																							
Equipo	MD723																						
N° Interno	3830																						
Cocada:	36/35																						
Marca	Bridgestone																						
Observación:																							
<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>MD701</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>3866</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>30/25</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>CFL en pos.06 de 300x60 mm a las 7 horas, seguimiento.</p>	Equipo	MD701	N° Interno	3866	Cocada:	30/25	Marca	Bridgestone	Observación:			<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>MD704</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>3859</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>25/21</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>CFL en pos.06 a las 16 horas, seguimiento.</p>	Equipo	MD704	N° Interno	3859	Cocada:	25/21	Marca	Bridgestone	Observación:		
Equipo	MD701																						
N° Interno	3866																						
Cocada:	30/25																						
Marca	Bridgestone																						
Observación:																							
Equipo	MD704																						
N° Interno	3859																						
Cocada:	25/21																						
Marca	Bridgestone																						
Observación:																							
<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>MD710</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>3846</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>37/41</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone Recap</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>Desgaste en Talon en pos.06, en seguimiento</p>	Equipo	MD710	N° Interno	3846	Cocada:	37/41	Marca	Bridgestone Recap	Observación:			<table border="1"> <tr><td>Equipo</td><td>MD706</td></tr> <tr><td>N° Interno</td><td>3855</td></tr> <tr><td>Cocada:</td><td>14/10</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone</td></tr> <tr><td>Observación:</td><td></td></tr> </table> <p>CPHO en pos.06</p>	Equipo	MD706	N° Interno	3855	Cocada:	14/10	Marca	Bridgestone	Observación:		
Equipo	MD710																						
N° Interno	3846																						
Cocada:	37/41																						
Marca	Bridgestone Recap																						
Observación:																							
Equipo	MD706																						
N° Interno	3855																						
Cocada:	14/10																						
Marca	Bridgestone																						
Observación:																							

Figura 6.5: Neumáticos con Eventos de Corte en el Hombro y Flanco [1]

Daño en los neumáticos debido a mala distribución y exceso de carga

El exceso de carga y la mala distribución provocan fatiga en zonas del hombro y talón, sobrecalentamiento en el neumático y la caída de material produce mayor impacto de choque y cortes en la banda de rodamiento, es responsabilidad netamente del operador de cargador realizar el buen carguío.

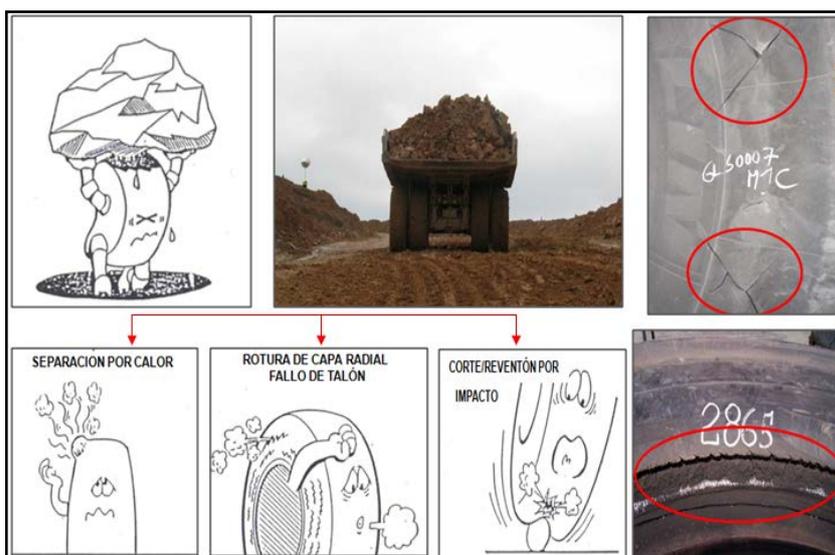


Figura 6.6: Averías del Neumático debido al Exceso de Carga [1]



Figura 6.7: Reparaciones Preventivas y Correctivas [1]

Auditoria de inspección de neumáticos

La inspección planeada de neumáticos se realiza diariamente para las flotas de camiones y también a los cargadores.

AUDITORIA DE INSPECCION DE NEUMÁTICOS																																																																																			
Fecha: <u>15/07/2011</u>				Inspectores: <u>Pedro Peláez</u>																																																																															
Hora: <u>08:40 a.m.</u>				<u>Leocadio Inouye (Neuma Peru)</u>																																																																															
Lugar de Inspección: <u>grifo de abastecimiento</u>																																																																																			
Camión: <u>MD704</u>																																																																																			
Medidas: <u>31.00R51</u>																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tire Code</td><td>3871</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Michelin XDR</td></tr> <tr><td>Hour</td><td>1920</td></tr> <tr><td>RTD (mm)</td><td>79/76</td></tr> <tr><td>State</td><td></td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">1</td></tr> </table>		Tire Code	3871	Marca	Michelin XDR	Hour	1920	RTD (mm)	79/76	State		1		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tire Code</td><td>3891</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Michelin XDR</td></tr> <tr><td>Hour</td><td>1830</td></tr> <tr><td>RTD (mm)</td><td>76/78</td></tr> <tr><td>State</td><td>CBR, 110x100 mm a las 3 hr</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">2</td></tr> </table>		Tire Code	3891	Marca	Michelin XDR	Hour	1830	RTD (mm)	76/78	State	CBR, 110x100 mm a las 3 hr	2		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tire Code</td><td>3827</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRDPV</td></tr> <tr><td>Hour</td><td>2688</td></tr> <tr><td>RTD (mm)</td><td>62/53</td></tr> <tr><td>State</td><td>CBR, 110x82 mm a las 5hr</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">3</td></tr> </table>		Tire Code	3827	Marca	Bridgestone VRDPV	Hour	2688	RTD (mm)	62/53	State	CBR, 110x82 mm a las 5hr	3		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tire Code</td><td>3829</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRDPV</td></tr> <tr><td>Hour</td><td>2687</td></tr> <tr><td>RTD (mm)</td><td>50/52</td></tr> <tr><td>State</td><td></td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">4</td></tr> </table>		Tire Code	3829	Marca	Bridgestone VRDPV	Hour	2687	RTD (mm)	50/52	State		4		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tire Code</td><td>3836</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRDPV</td></tr> <tr><td>Hour</td><td>3620</td></tr> <tr><td>RTD (mm)</td><td>45/47</td></tr> <tr><td>State</td><td>CBR, 140x90 mm a las 9hr</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">5</td></tr> </table>		Tire Code	3836	Marca	Bridgestone VRDPV	Hour	3620	RTD (mm)	45/47	State	CBR, 140x90 mm a las 9hr	5		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tire Code</td><td>3839</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>Bridgestone VRDPV</td></tr> <tr><td>Hour</td><td>3632</td></tr> <tr><td>RTD (mm)</td><td>46/47</td></tr> <tr><td>State</td><td></td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">6</td></tr> </table>		Tire Code	3839	Marca	Bridgestone VRDPV	Hour	3632	RTD (mm)	46/47	State		6	
Tire Code	3871																																																																																		
Marca	Michelin XDR																																																																																		
Hour	1920																																																																																		
RTD (mm)	79/76																																																																																		
State																																																																																			
1																																																																																			
Tire Code	3891																																																																																		
Marca	Michelin XDR																																																																																		
Hour	1830																																																																																		
RTD (mm)	76/78																																																																																		
State	CBR, 110x100 mm a las 3 hr																																																																																		
2																																																																																			
Tire Code	3827																																																																																		
Marca	Bridgestone VRDPV																																																																																		
Hour	2688																																																																																		
RTD (mm)	62/53																																																																																		
State	CBR, 110x82 mm a las 5hr																																																																																		
3																																																																																			
Tire Code	3829																																																																																		
Marca	Bridgestone VRDPV																																																																																		
Hour	2687																																																																																		
RTD (mm)	50/52																																																																																		
State																																																																																			
4																																																																																			
Tire Code	3836																																																																																		
Marca	Bridgestone VRDPV																																																																																		
Hour	3620																																																																																		
RTD (mm)	45/47																																																																																		
State	CBR, 140x90 mm a las 9hr																																																																																		
5																																																																																			
Tire Code	3839																																																																																		
Marca	Bridgestone VRDPV																																																																																		
Hour	3632																																																																																		
RTD (mm)	46/47																																																																																		
State																																																																																			
6																																																																																			
																																																																																			
<p>CBR en Pos3 de 110x82mm a las 5hr, retirar para reparación</p>		<p>CBR en Pos2 de 110x100mm a las 3hrs, hacer seguimiento, si el daño incrementa sus dimensiones retirar para reparación</p>		<p>CBR en Pos5 de 140x90mm a las 9hrs, antes de retirar inspeccionar para reparación.</p>																																																																															

Figura 6.8: Formato de Auditoria de Inspección de Neumáticos [1]

INSPECCION DE ESTADO DE VIAS, ACCESOS, ZONAS DE CARGUIO Y DESCARGA							
Fecha: <u>17/04/2011</u>				Inspectores: <u>Pedro Peláez</u>			
Hora: <u>09:20 a.m.</u>				<u>Leocadio Inouye (Neuma Peru)</u>			
Lugar de Inspección: <u>Inspeccion de vias</u>							
Partida: <u>Nv.3890 carguio de desmonte</u>							
Final: <u>Botadero de desmonte</u>							
							
<p>En la zona de carguio se observa que el MD 705 esta muy pegado a la bermá. Se pueden originar daños en los neumáticos.</p>		<p>Salida de Nivel 3890 se observo equipo auxiliar realizando limpieza en la vía</p>		<p>Se observo la carga del VK57 descentrada hacia el lado izquierdo.</p>		<p>Curva de acceso a rampa de nivel 4110 se observa lodos en la vía.</p>	
							
<p>Rampa pasando cruce de ingreso a grifo, equipo auxiliar realizando limpieza en vía</p>		<p>Vía de ex-típico, se observo ondulación ligera.</p>		<p>1ª curva antes de llegar a botadero, se observa lodos acumulado en le lado derecho y falta de cunetas.</p>		<p>Botadero, se observo ligeros desniveles de la zona.</p>	

Figura 6.9: Formato de Inspección de vías, Accesos, Zonas de Carguío y Botaderos [1]

Control de la presión

El control de presión de los neumáticos se realiza diariamente tanto en campo como en el taller, llevando un registro mensual.

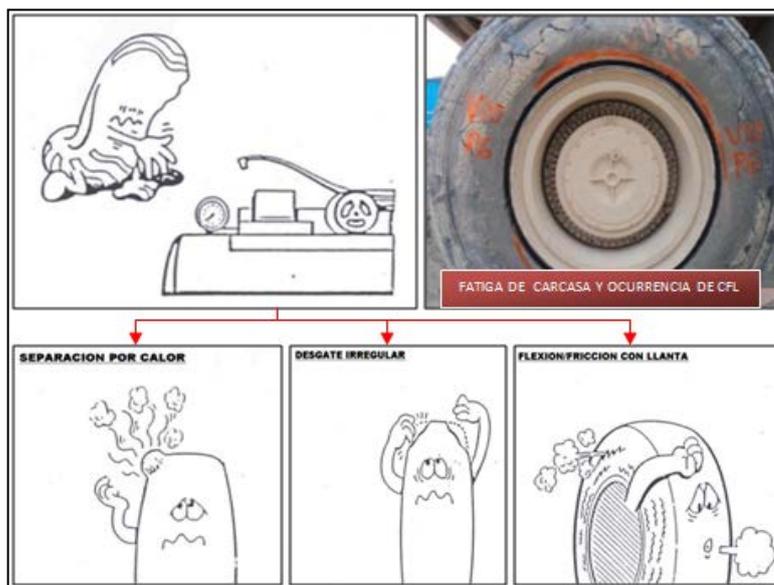


Figura 6.10: Averías del Neumático debido a Baja Presión [1]

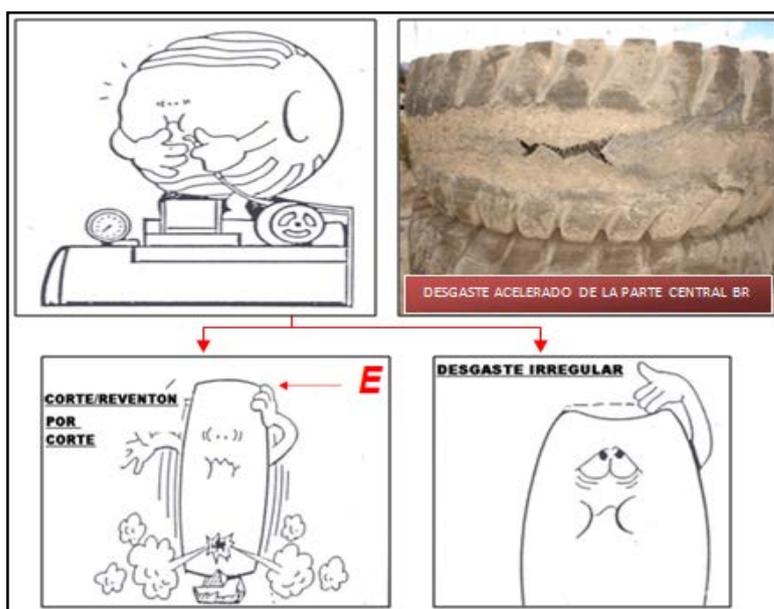


Figura 6.11: Averías del neumático debido a la sobrepresión [1]

El control de la presión es un factor fundamental que afecta directamente al rendimiento del neumático.

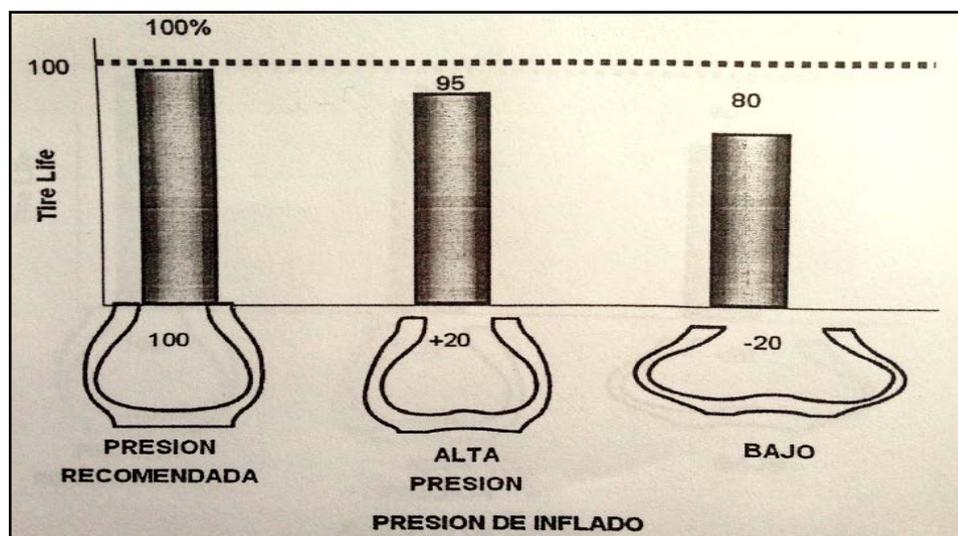


Figura 6.12: Influencia de la Presión en el Rendimiento del Neumático [4]

Tabla 6.1 Reporte de Presiones

REPORTES DE PRESIONES 27-04-11												
PRESIONES DE EQUIPOS												
	Pos. 1		Pos. 2		Pos. 3		Pos. 4		Pos. 5		Pos. 6	
	Caliente	Frio										
CK06	119		104		69		72					
MB942	105		105		63		68					
CK07	110		110		68		68					
MB941	110		106		76		76					
VK55	120		117		115		107		107		105	
MD706	120		110		110		107		115		113	
MD705	110		118		120		115		110		108	
MD701	122		123		115		115		110		108	
MD711	120		123		122		107		107		112	
MD702	115		115		125		124		113		117	
MD722	119		122		108		110		105		110	
VK51	117		117		121		123		122		119	
MD721	120		120		115		117		115		110	
VK56	120		117		122		118		122		120	

Presión Frio ■
 Nivelar Presión ■

Fuente: Data de Reporte Neuma Perú

Control de la temperatura

El control de temperatura en los neumáticos se realiza con dos métodos:

- Medición de la temperatura externa mediante un termómetro laser.
- Medición por termocuplas



Figura 6.13: Medición externa de Temperatura con Termocuplas [6]

Tabla 6.2 Características del Neumático por Tamaño

Medida	Marca	Presión Frio (PSI)	Capacidad de Carga (TM)	Temperatura Externa (°C)	TKPH
33.00R51	Michelin XDR B4,2*	95	42	60°C - 65°C	620
33.00R51	Bridgestone VRLS 2A,2*	100	42	60°C - 65°C	658
33.00R51	Bridgestone VRPDY 2A,2*	105	42	60°C - 65°C	658
33.00R51	Recap (Renova) - Michelin	95	37	60°C - 65°C	620
33.00R51	Recap (Renova) - Bridgestone	105	37	60°C - 65°C	620
37.00R57	Michelin XDR B4,2*	105	55	65°C - 70°C	848
42/90R57	Bridgestone VRPDZ 2A,2*	105	55	65°C - 70°C	844
37.00R57	Recap (Renova) - Michelin	110	53	65°C - 70°C	848

Fuente: Data de Reporte Neuma Perú

RELACIONES ENTRE MAYOR TEMPERATURA INTERIOR Y TEMPERATURAS EXTERIORES

- Se comparó la temperatura interior del centro de la banda de rodamiento (por ser la mayor) con todas las temperaturas exteriores medidas con el termómetro laser a distancia.

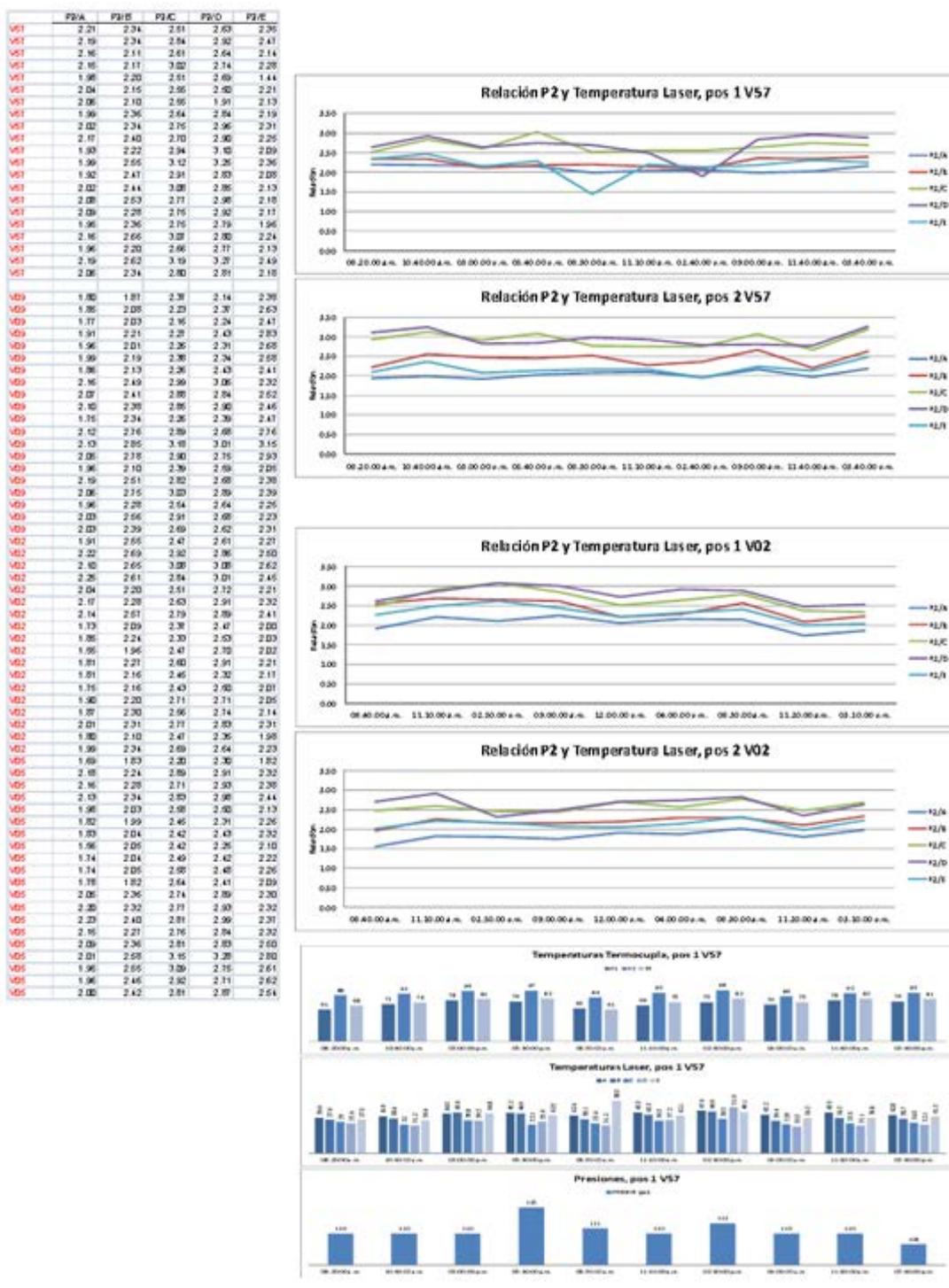


Figura 6.14: Reporte de Medición de Temperatura de Neumáticos [6]

6.1.2. Seguimiento de TKPH operacional

Las separaciones en los neumáticos son producidas por la falta de:

- Control de velocidad (TKPH)
- Control de carga (TKPH)
- Control de presiones

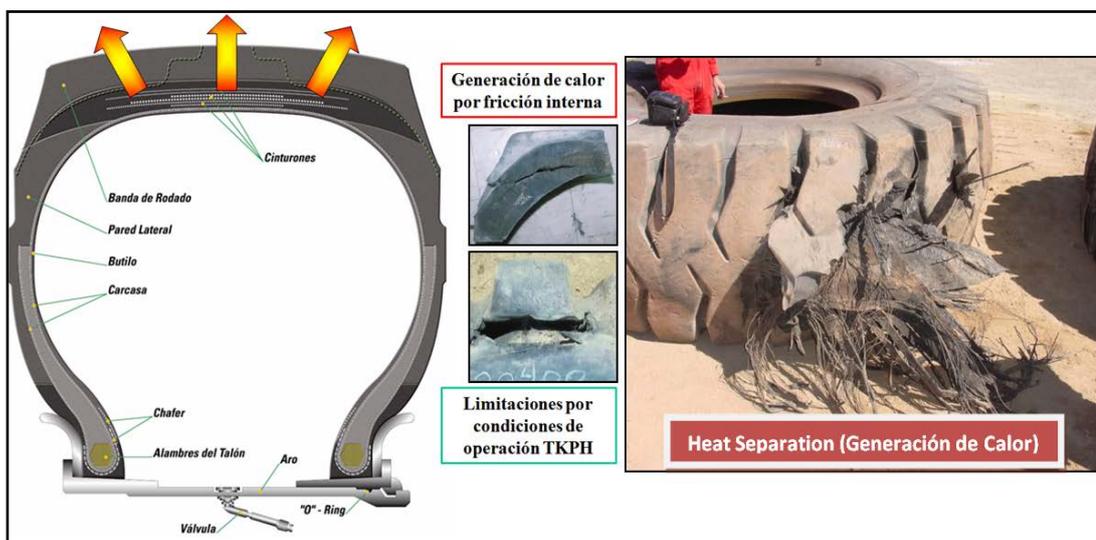


Figura 6.15: Separación de Calor debido al Exceso de TKPH [4]

Las formas de detectar las separaciones por calor:

- Las separaciones por calor despiden gases volátiles, los cuales son muy característicos. Aprenda su olor y comunicar si lo detecta en su equipo.
- Los gases del caucho quemado o derretido son combustibles, tome precauciones.
- Si detecta separaciones o protuberancias en el neumático, comunique inmediatamente a su supervisor, antes de utilizar el equipo.

El control del TKPH operacional se realiza de dos maneras:

- Datos de campo del TKPH
- Control del TKPH mediante el Dispatch

El TKPH se define de la siguiente manera:

$$TKPH = Qm \times Vm$$

- Qm = Carga media por neumático.
- Vm = Velocidad media de un ciclo en Kilómetros ó Millas

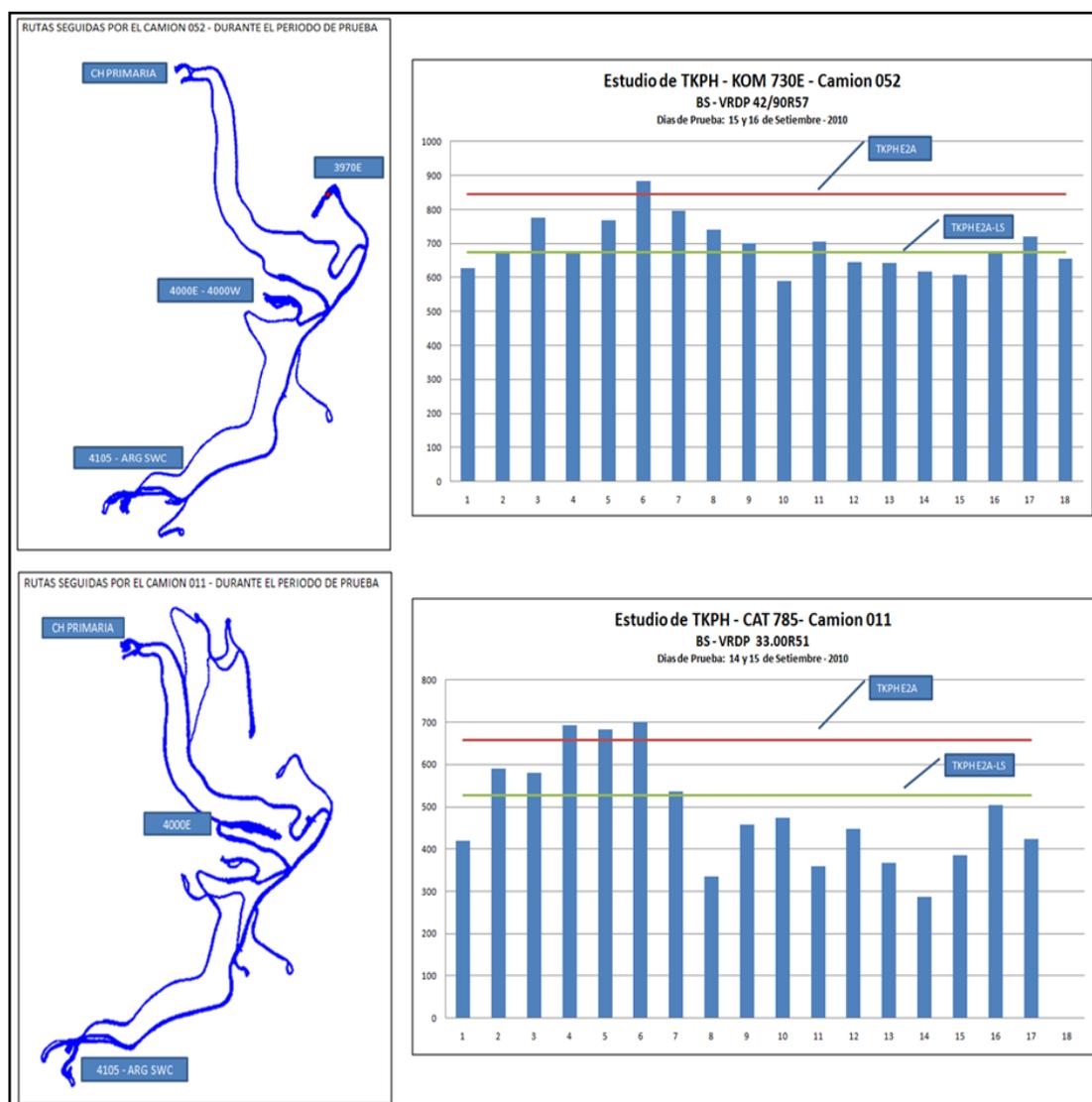


Figura 6.16: Reporte de TKPH flota Caterpillar y Komatsu [7]

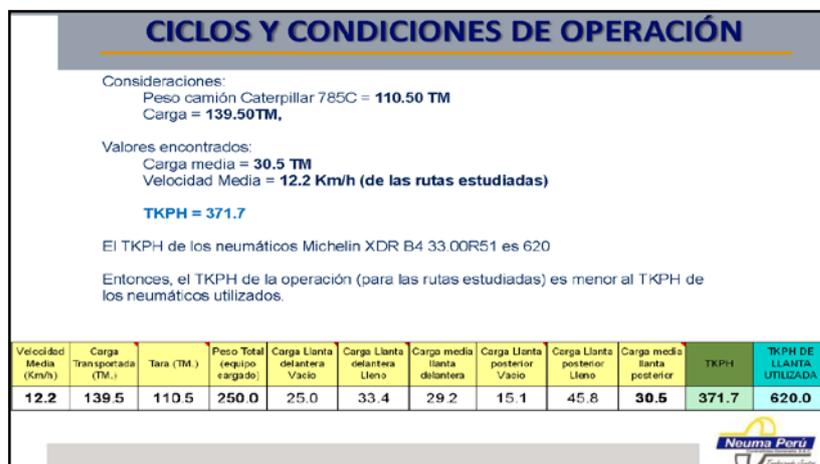


Figura 6.17: Reporte de Estudio de vías y ciclos - TKPH Neuma Perú [8]

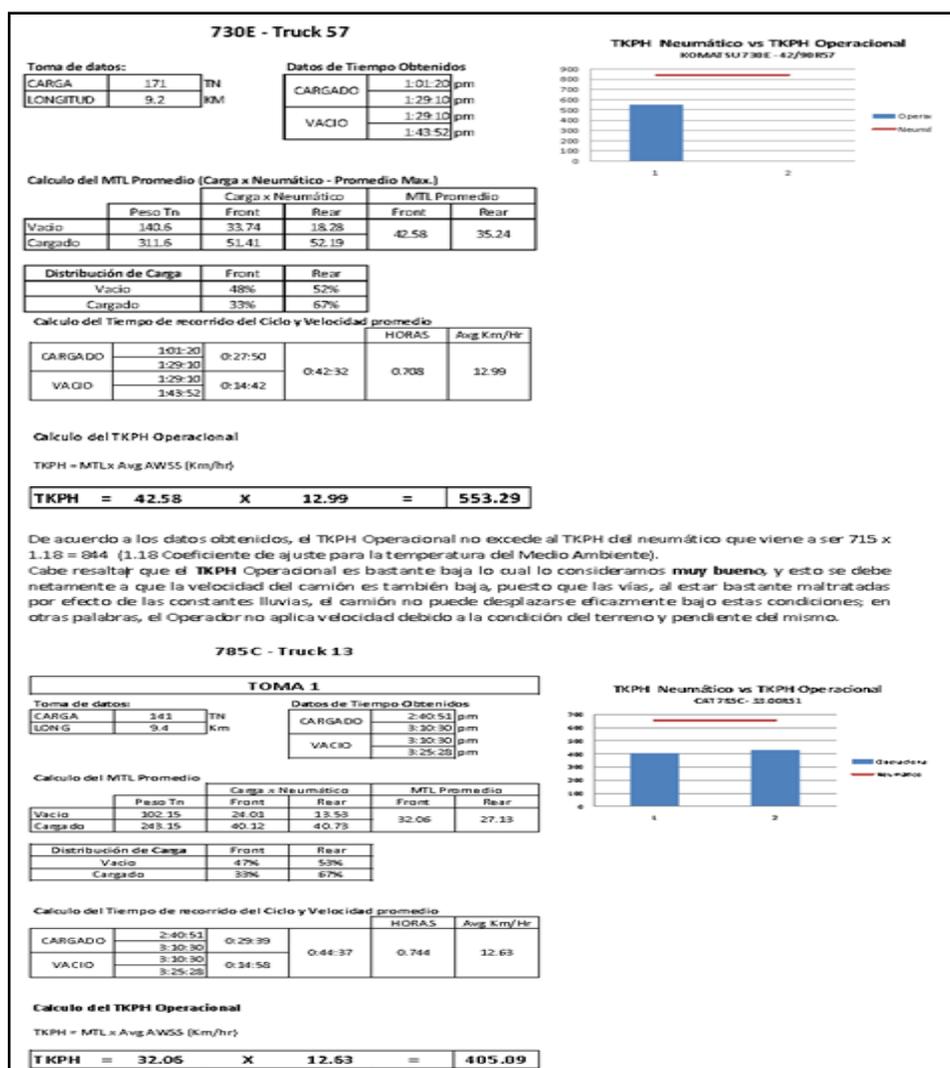


Figura 6.18: Reporte de TKPH Bridgestone 2011 [9]

6.1.3. Estudio de Pesaje para control de carga en camiones

El estudio de pesaje se realiza con el objetivo:

1. Determinar la desviación de la carga en el camión a través de la distribución porcentual de las cargas el cual debe de mantenerse de acuerdo a los límites descritos del fabricante.
2. Obtener una carga máxima por cada neumático, de acuerdo a la tabla de carga-presión y determinar la carga admisible por tipo de neumático (tamaño y compuesto).
3. Verificar los posibles problemas de sobre peso (reparaciones de tolvas) los cuales derivan en daños prematuros en los neumáticos disminuyendo su vida útil.

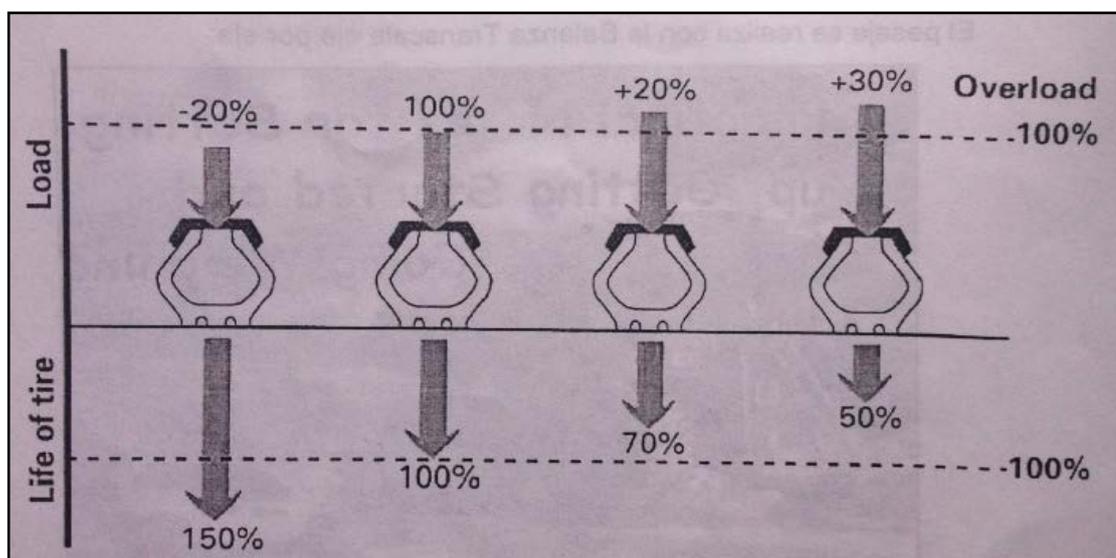


Figura 6.19: Influencia de la Carga en el Rendimiento del Neumático [4]

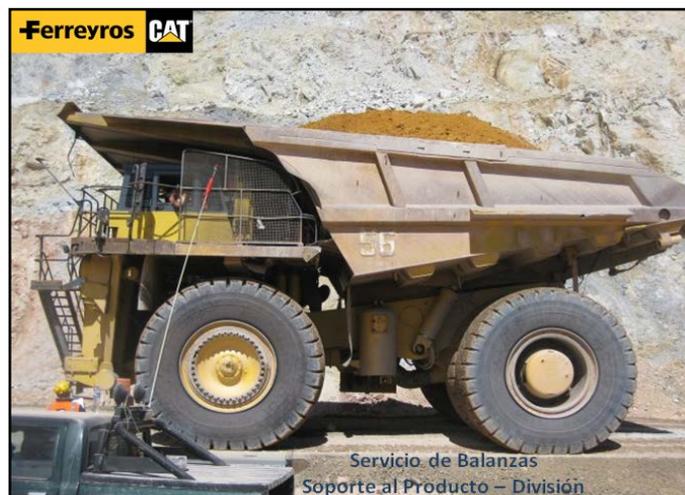


Figura 6.20: Pesaje de Camiones Komatsu y Caterpillar [10]

Flota Komatsu 730E:
Flota de Camiones Komatsu 730E de Minera Barrick Misquichilca

Cantidad : 06
Modelo : 730E

Valores según Guía de Rendimiento	
Peso Bruto Máximo (TM)	324.31 Kg

N° Camión	Promedio de Peso Vacío (TM)	Cargas Promedios Detectadas (TM)	Target Carga (TM)	% Error Promedio PM/Balanza
51	134.55	195.19	189.76	6.18
52	140.45	171.55	183.86	1.12
54	140.75	180.97	183.56	4.21
55	141.70	193.30	182.61	5.99
56	136.10	180.33	188.21	2.43
57	137.95	176.98	186.36	-0.57
Promedios	138.58	183.05	185.73	3.23

Nota : Los promedios de porcentaje Error son los resultados de lo medido por el Payloadmeter del Camión en comparación a los valores obtenidos por la Balanza Patrón.

La Flota de Komatsu 730E, tiene las siguientes características generales como Flota:

Peso Bruto Vehicular Máximo	324.31 TM
Peso Vacío (Promedio)	138.58 TM
Promedio de Capacidad de Carga Máxima recomendada (Target calculado)	185.73 TM

Flota de Camiones Caterpillar 785B de Minera Barrick Misquichilca :

Cantidad : 03
Modelo : 785B

Flota según Guía de Rendimiento de Caterpillar

Valores según Guía de Rendimiento	
Peso Bruto Máximo (TM)	249,480 Kg.

Aplicación Regla 10-10-20 Caterpillar Flota de Camiones OHT 785B

N° Camión	Promedio de Peso Vacío (TM)	Cargas Promedios Detectadas (TM)	Target Cargas (TM)	110% (TM)	120%(TM)	% Error Promedio VMS/Balanza
21	117.90	132.90	131.58	144.65	157.80	1.49
22	118.60	117.50	130.88	143.96	157.04	Fuera Serv.
23	123.90	151.07	125.58	138.13	150.68	3.34
Promedio	120.13	133.82	129.35	142.25	155.17	2.42

Figura 6.21: Reporte de Pesaje de Camiones Komatsu y Caterpillar [10]

6.1.4. Estudio de Vías de Acarreo

Se realizaron estudio de condiciones de vías de acarreo:

- Estudio de monitoreo de condiciones de vías (FPO – Ferreyros)
- Estudio de vías y ciclos (VBOX - Neuma Perú)

Con la finalidad de contar con condiciones óptimas en diseño para el cuidado de los equipos y neumáticos.

El estudio de vías y ciclos se realizó instalando el equipo VBOX en el camión Caterpillar 785B - #09.

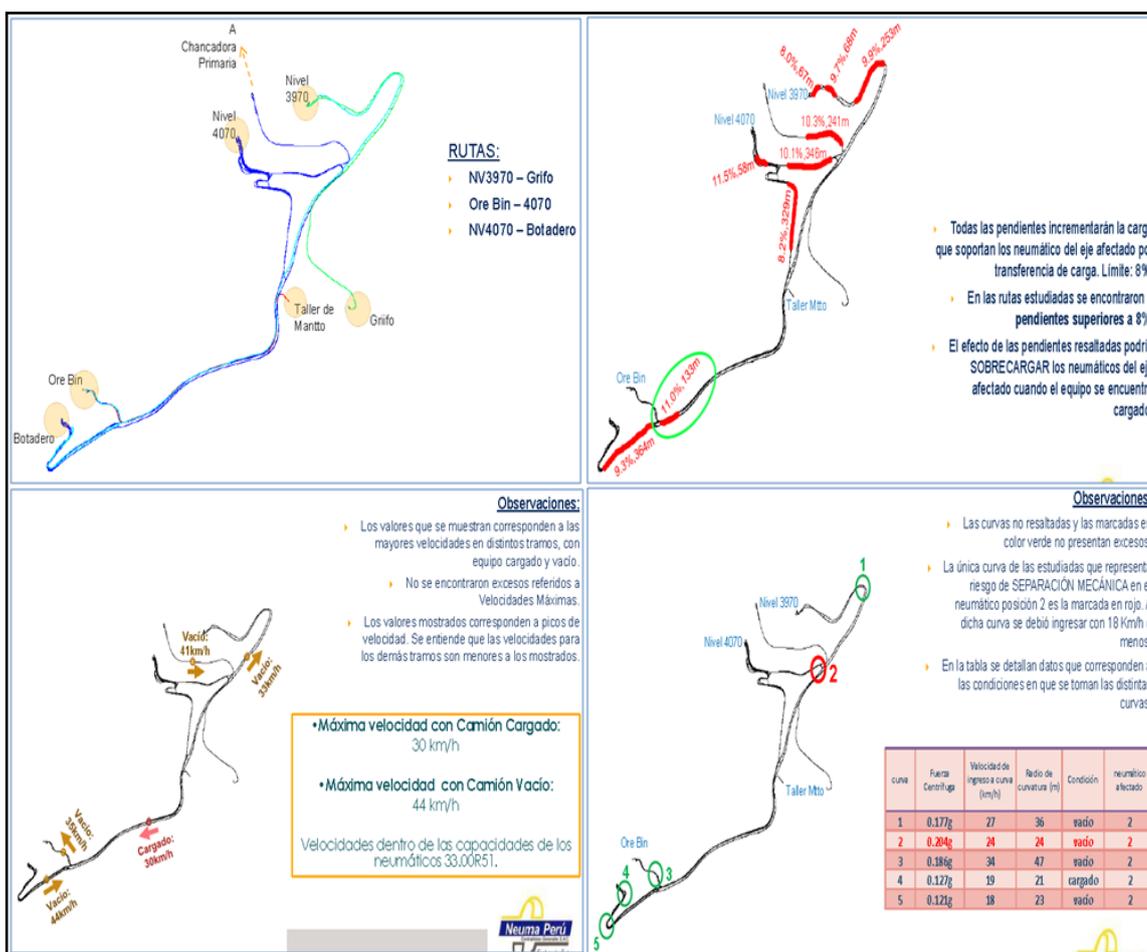


Figura 6.22: Estudio de Vías y Ciclos – VBOX [8]

El Estudio de Monitoreo de Condiciones de Vías (FPO)

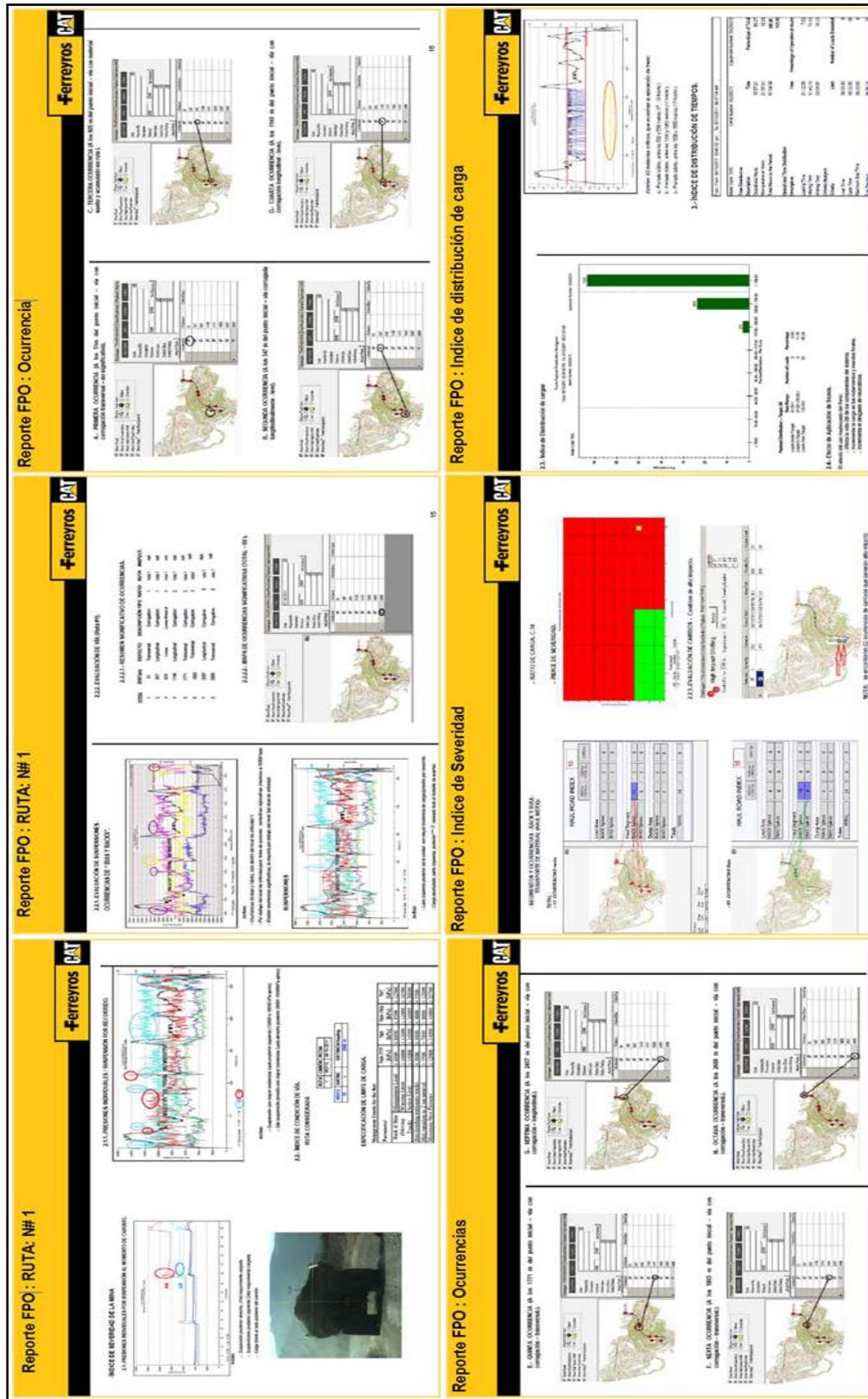


Figura 6.23: Estudio de condiciones de vías FPO – Ferreyros [11]

6.1.5. Reportes Diarios y Mensuales de Rendimiento de los Neumáticos

Los reportes comprenden:

- Rendimiento de neumáticos por tipo (marca, compuesto, tamaño).
- Cantidad de neumáticos dados de baja en el mes.
- Consumo y rendimiento acumulado.
- Cantidad de neumáticos enviados a reparar.
- Desempeño de reparaciones en neumáticos.
- Historial de cortes nuevos
- Incidencia de cortes de neumáticos y zonas críticas de evento.
- Incidencia de cortes por turno, supervisor, despachador y operador.
- Cortes críticos en neumáticos.
- Tiempo de inactividad por reparaciones y cambios de neumáticos.
- Desgaste irregular, gemelado y rotación de neumáticos.
- Reporte de presión y temperatura de neumáticos.
- Reporte de TKPH por tipo de neumáticos de camiones.

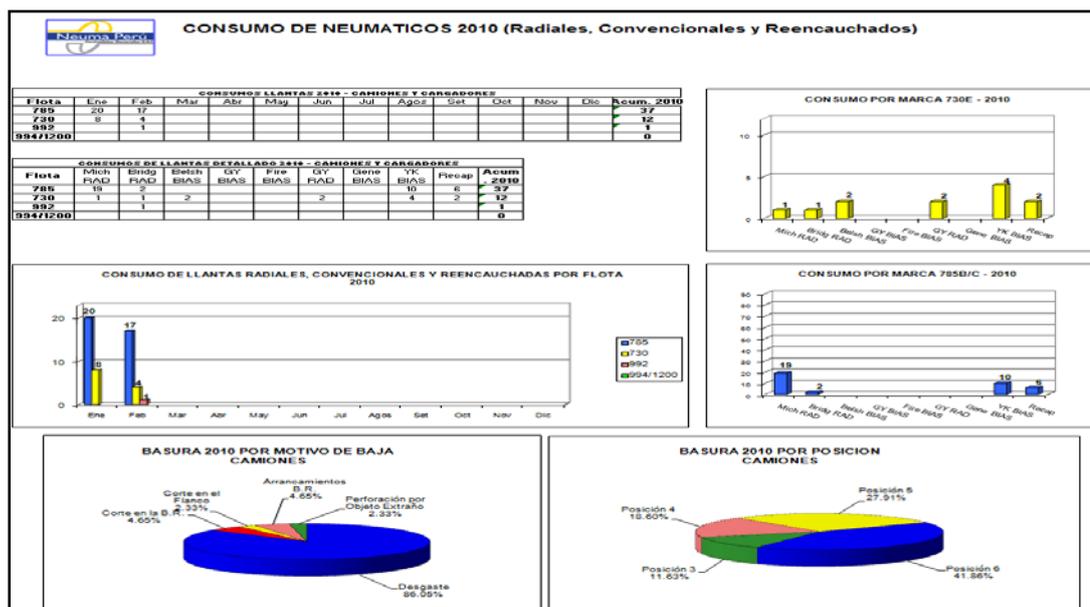


Figura 6.24: Reporte de Rendimiento de Neumáticos Neuma Perú [1]

6.1.6. Soporte Bridgestone, Michelin, Renova

Bridgestone

- Inspección de los neumáticos nuevos que llegan a mina.
- Control de temperatura del neumático (termocuplas).
- Estudio de TKPH.

Michelin

- Inspección de neumáticos nuevos que llegan a mina.
- Estudio de pesaje de camiones.
- Estudio de TKPH.

Renova

- Inspección de neumáticos reencauchados en operación.
- Control de temperatura de neumáticos.
- Inspección de neumáticos Scrap para reencauche.

6.1.7. Operaciones Mina

El área de operaciones mina comprometidos con el Ci Team de neumáticos para el logro de la meta en incrementar la vida útil de los neumáticos de camiones, a realizado mejoramiento en la parte operativa (centrado y control de carga), así como mejoras de las vías de acarreo (peraltes, rampas, intercepción de vías, etc.); zonas de carguío y descarga (limpieza permanente).



Figura 6.25: Mejoramiento de las Zonas de Carguío [1]



Figura 6.26: Mejoramiento de las Vías Principales de Acarreo [1]

6.1.8. Capacitación

- Se realiza capacitaciones en tema del cuidado de neumáticos al personal de operadores nuevos por parte de operaciones mina – ingeniero control de insumos.
- Se realiza retroalimentación continua al personal de operadores (uso de Barretilla y tiza para marcar y llenado de reporte de corte de neumáticos reportando inmediatamente los nuevos cortes a inicio de cada turno – face to face).
- Capacitaciones mensuales sobre los eventos de corte, rendimientos y pérdidas.

6.2. Rendimiento Actual de los Neumáticos (Datos aproximados)

6.2.1. Rendimiento de Neumáticos Camiones Caterpillar 785B&C

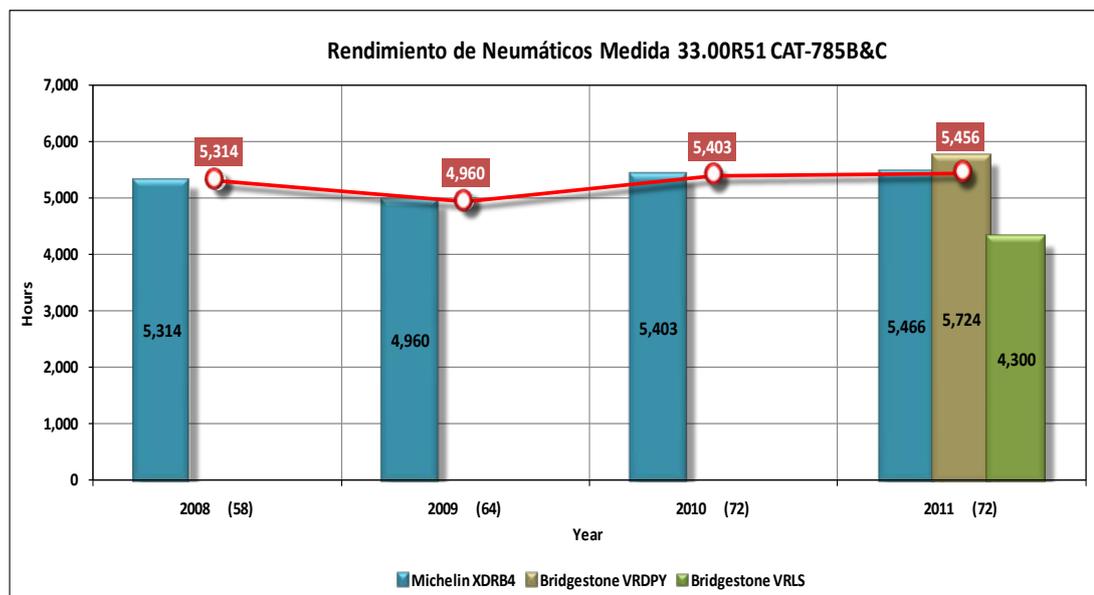


Figura 6.27: Rendimiento de Neumático Radial Flota Caterpillar 785B&C [1]

Tabla 6.3 Rendimiento de Neumático Radial - Flota Caterpillar 785B&C

Year	Tires Life (Hr)	RTD (mm)	Quantity of Tires
2008	5,314	22	58
MICH, XDR B4	5,314	22	58
2009	4,960	24	64
MICH, XDR B4	4,960	23	64
2010	5,403	18	72
MICH, XDR B4	5,403	18	72
2011	5,456	16	72
BS, VRDPY 2A	5,724	15	38
BS, VRLS 2A	4,300	14	9
MICH, XDR B4	5,466	17	25
Total General	5,292	19	266

Fuente: Data Reporte Neuma Perú

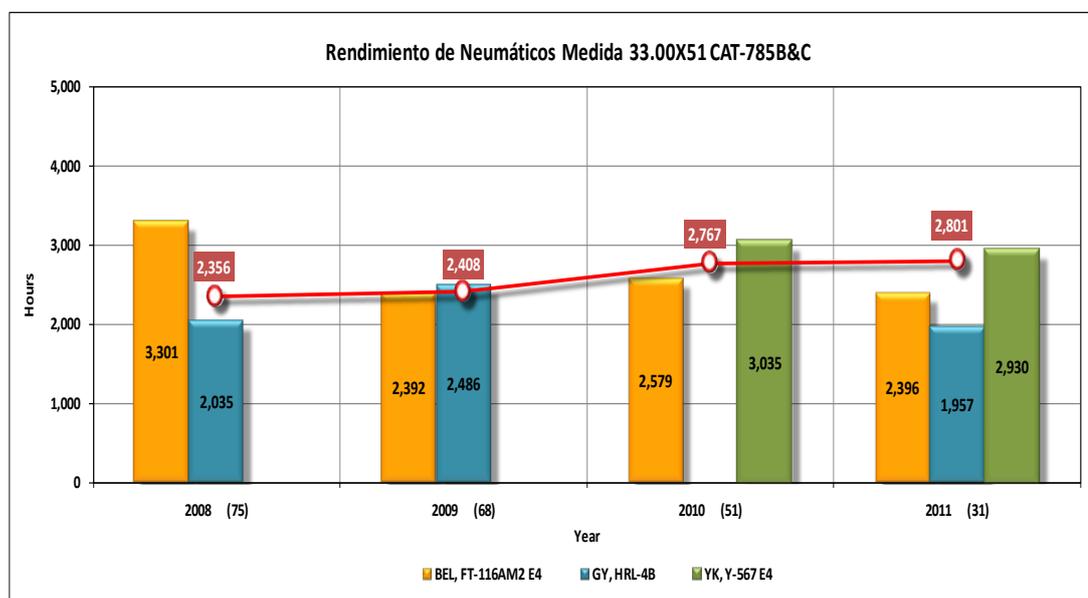


Figura 6.28: Rendimiento de Neumático Convencional Flota Caterpillar 785B&C [1]

Tabla 6.4 Rendimiento de Neumático Convencional - Flota Caterpillar 785B&C

Year	Tires Life (Hr)	RTD (mm)	Quantity of Tires
2008	2,356	24	75
BEL, FT-116AM2 E4	3,301	24	19
GY, HRL-4B	2,035	23	56
2009	2,408	21	68
BEL, FT-116AM2 E4	2,392	22	56
GY, HRL-4B	2,486	20	12
2010	2,767	21	51
BEL, FT-116AM2 E4	2,579	22	30
YK, Y-567 E4	3,035	21	21
2011	2,801	22	31
BEL, FT-116AM2 E4	2,396	23	2
GY, HRL-4B	1,957	25	3
YK, Y-567 E4	2,930	21	26
Total General	2,526	23	225

Fuente: Data Reporte Neuma Perú

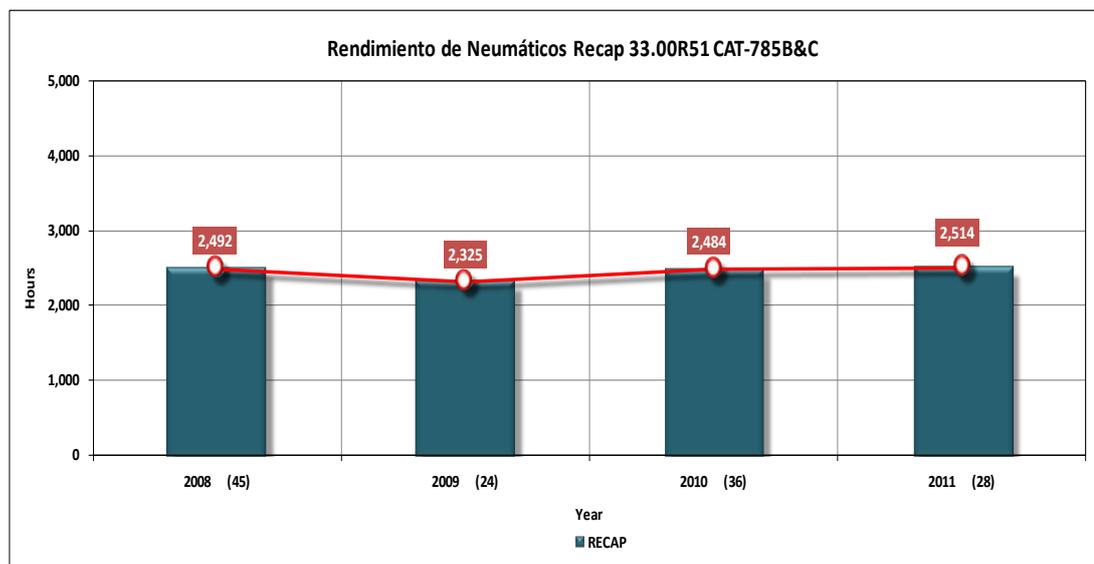


Figura 6.29: Rendimiento de Neumático Recap Flota Caterpillar 785B&C [1]

Tabla 6.5 Rendimiento de Neumático Recap - Flota Caterpillar 785B&C

Year	Tires Life (Hr)	RTD (mm)	Quantity of Tires
2008	2,492	16	45
2009	2,325	13	24
2010	2,484	13	36
2011	2,514	13	28
Total general	2,432	14	133

Fuente: Data Reporte Neuma Perú

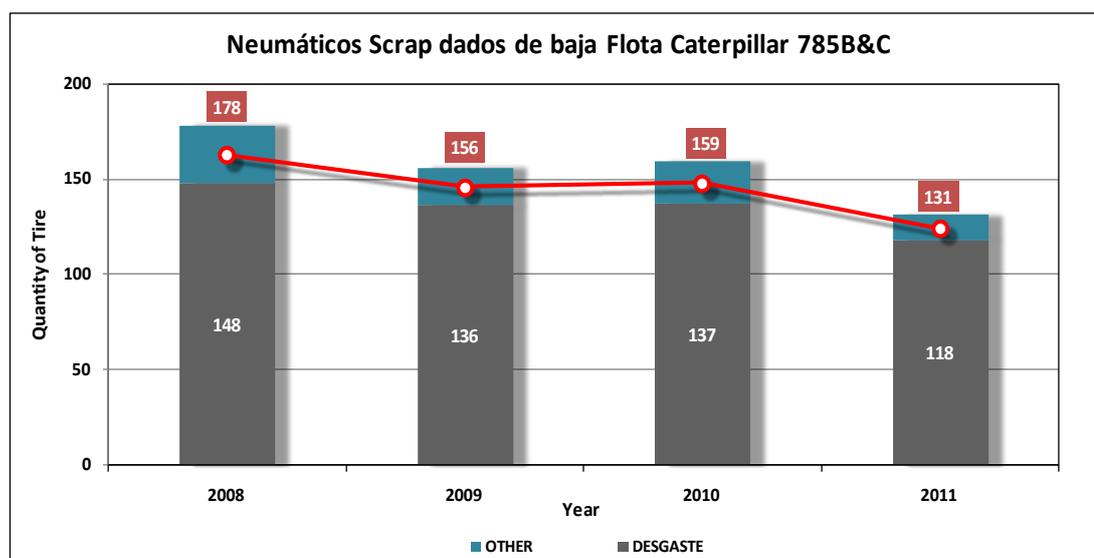


Figura 6.30: Cantidad de Neumáticos Scrap Flota Caterpillar 785B&C [1]

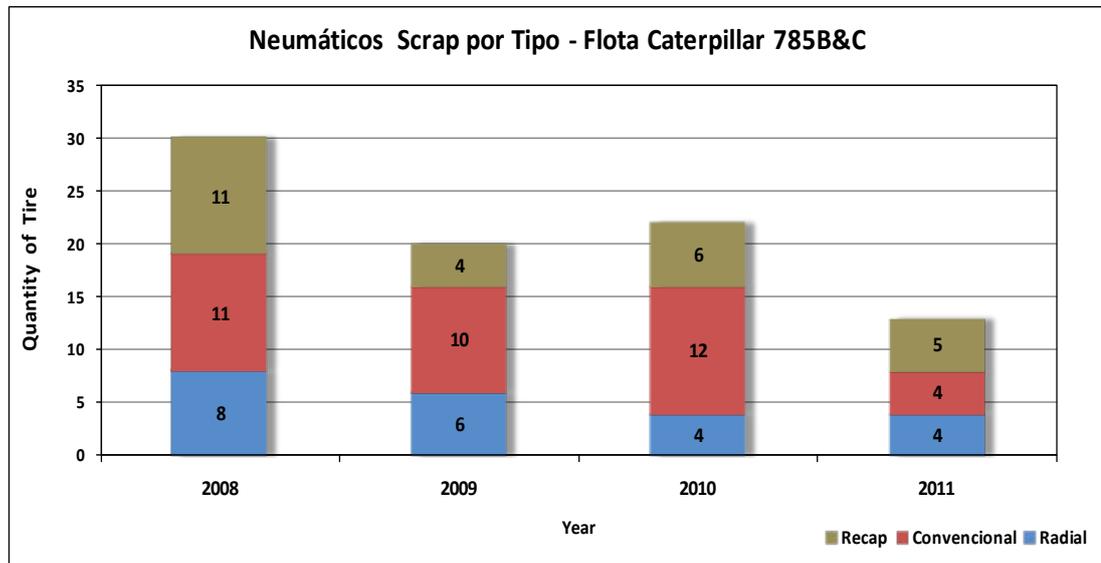


Figura 6.31: Cantidad de Neumáticos Scrap por tipo - Flota Caterpillar 785B&C [1]

6.2.2. Rendimiento de Neumáticos Camiones Komatsu 730E

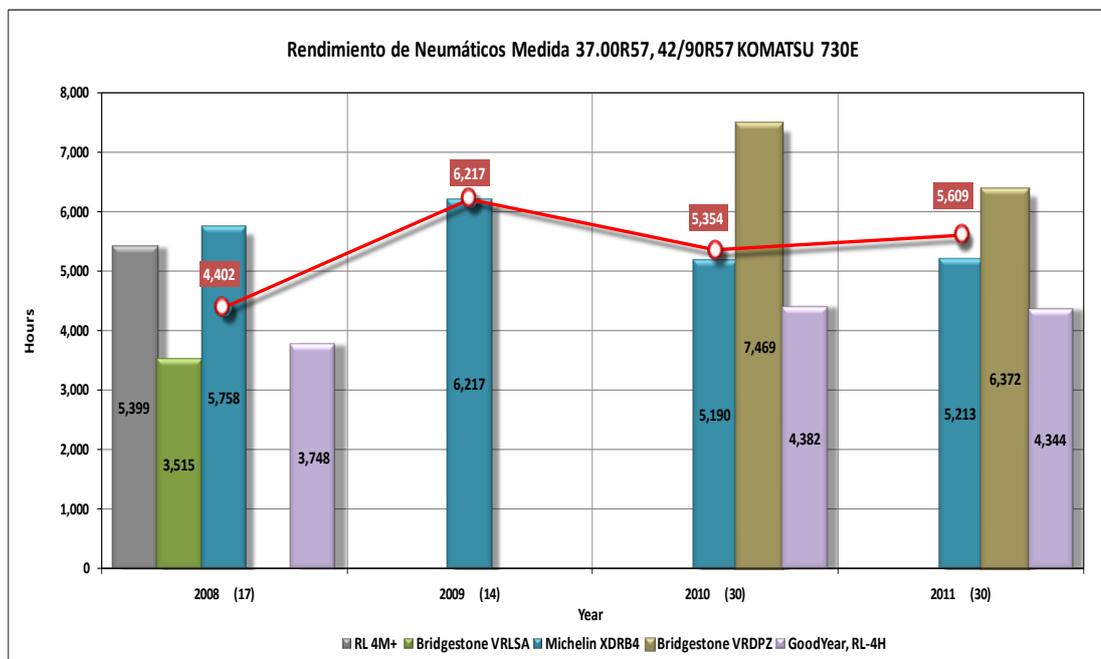


Figura 6.32: Rendimiento de Neumático Radial Flota Komatsu 730E [1]

Tabla 6.6 Rendimiento de Neumático Radial - Flota Komatsu 730E

Year	Tires Life (Hr)	RTD (mm)	Quantity of Tires
2008	4,402	23	17
BS, VRLSA	3,515	25	1
GY, RL-4H	3,748	25	10
MICH, XDR B4	5,758	20	4
RL 4M+	5,399	23	2
2009	6,217	19	14
MICH, XDR B4	6,217	19	14
2010	5,354	21	30
BS, VRDPZ	7,469	19	5
GY, RL-4H	4,382	22	8
MICH, XDR B4	5,190	22	17
2011	5,609	20	30
BS, VRDPZ	6,372	19	17
GY, RL-4H	4,344	21	9
MICH, XDR B4	5,213	21	4
Total General	5,393	22	91

Fuente: Data Reporte Neuma Perú

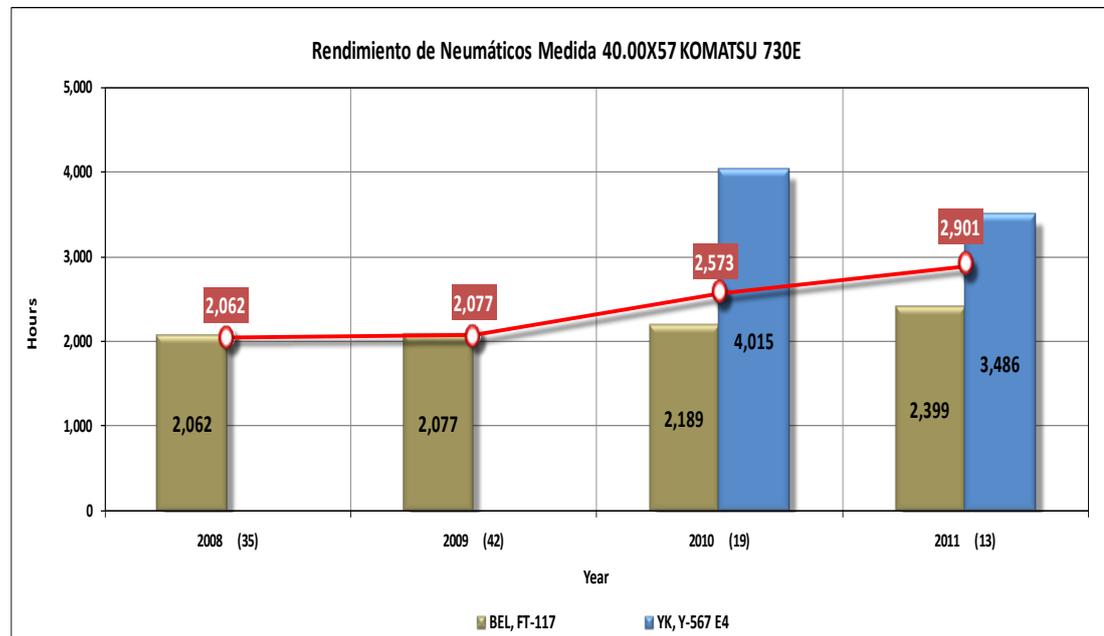


Figura 6.33: Rendimiento de Neumático Convencional Flota Komatsu 730E [1]

Tabla 6.7 Rendimiento de Neumático Convencional - Flota Komatsu 730E

Year	Tires Life (Hr)	RTD (mm)	Quantity of Tires
2008	2,062	30	35
BEL, FT-117	2,062	30	35
2009	2,077	28	42
BEL, FT-117	2,077	28	42
2010	2,573	26	19
BEL, FT-117	2,189	26	15
YK, Y-567	4,015	26	4
2011	2,901	25	13
BEL, FT-117	2,399	23	7
YK, Y-567	3,486	27	6
Total General	2,257	27	109

Fuente: Data Reporte Neuma Perú

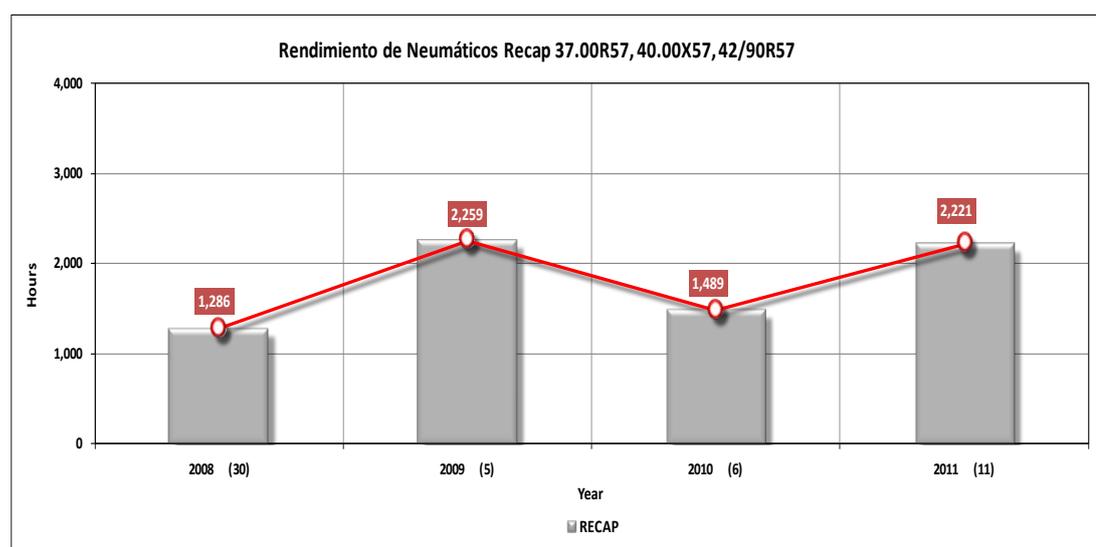


Figura 6.34: Rendimiento de Neumático Recap Flota Komatsu 730E [1]

Tabla 6.8 Rendimiento de Neumático Recap - Flota Komatsu 730E

Year	Tires Life (Hr)	RTD (mm)	Quantity of Tires
2008	1,286	19	30
2009	2,259	12	5
2010	1,489	15	6
2011	2,221	12	11
Total general	1,600	14	52

Fuente: Data Reporte Neuma Perú

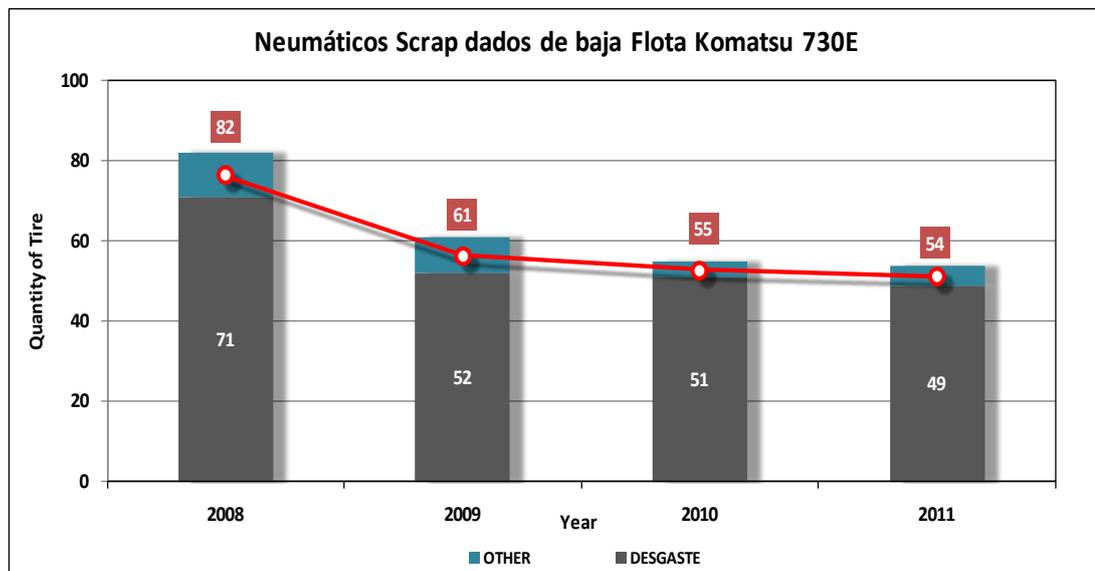


Figura 6.35: Cantidad de Neumáticos Scrap Flota Komatsu 730E [1]

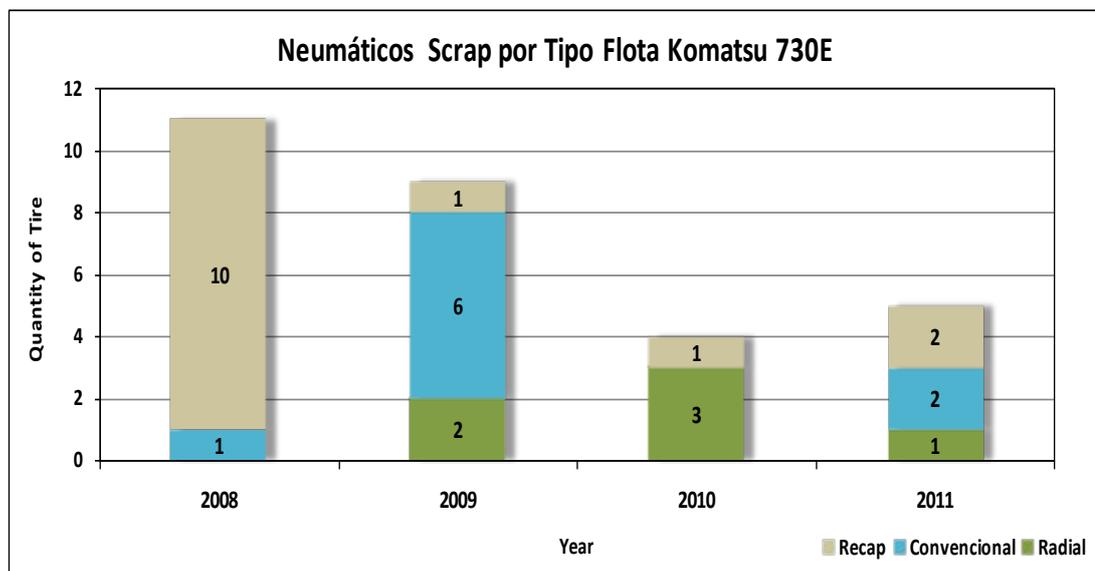


Figura 6.36: Cantidad de Neumáticos Scrap por tipo - Flota Komatsu 730E [1]

6.3. Análisis de Costo y Beneficio de Neumáticos

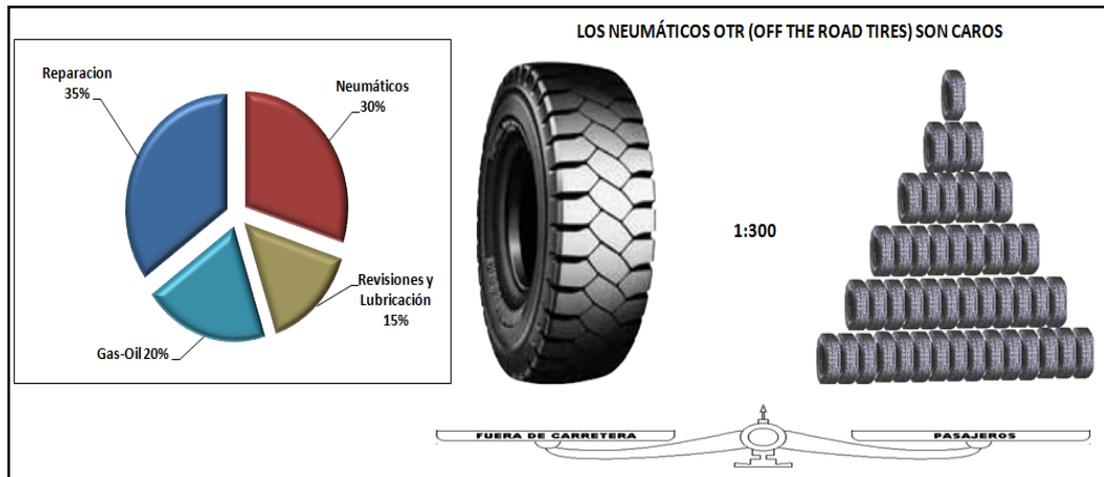


Figura 6.37: Análisis de Incidencia de Costo de Neumáticos Mineros OTR [4]

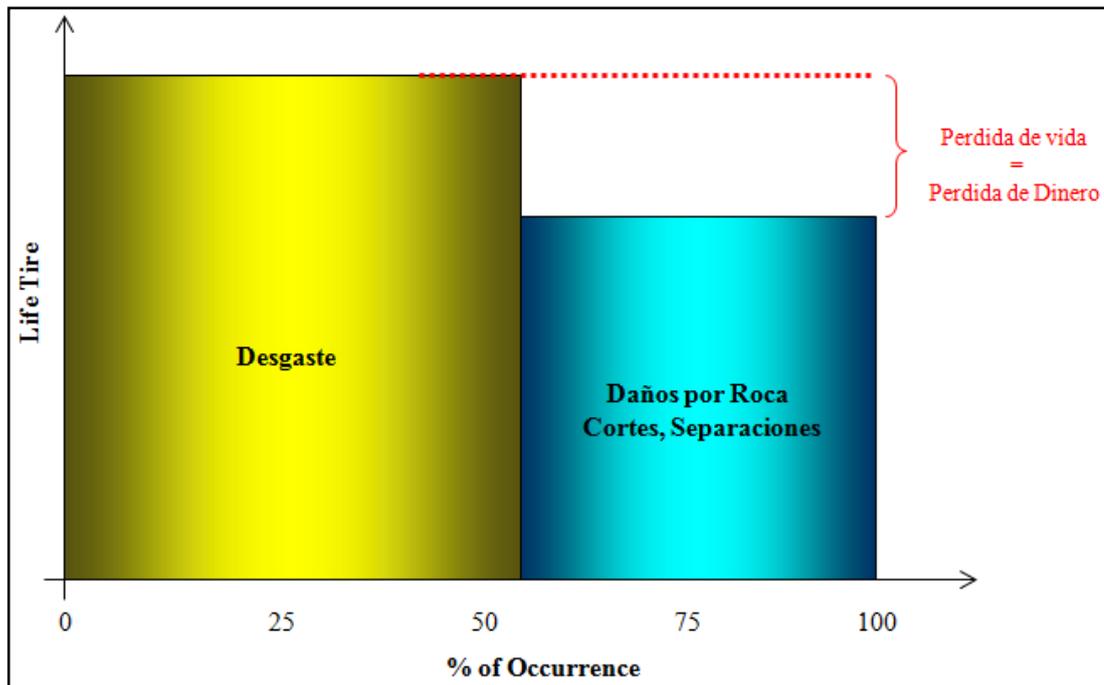


Figura 6.38: Análisis de Bajas Desgaste vs Eventos de Cortes e Impactos [4]

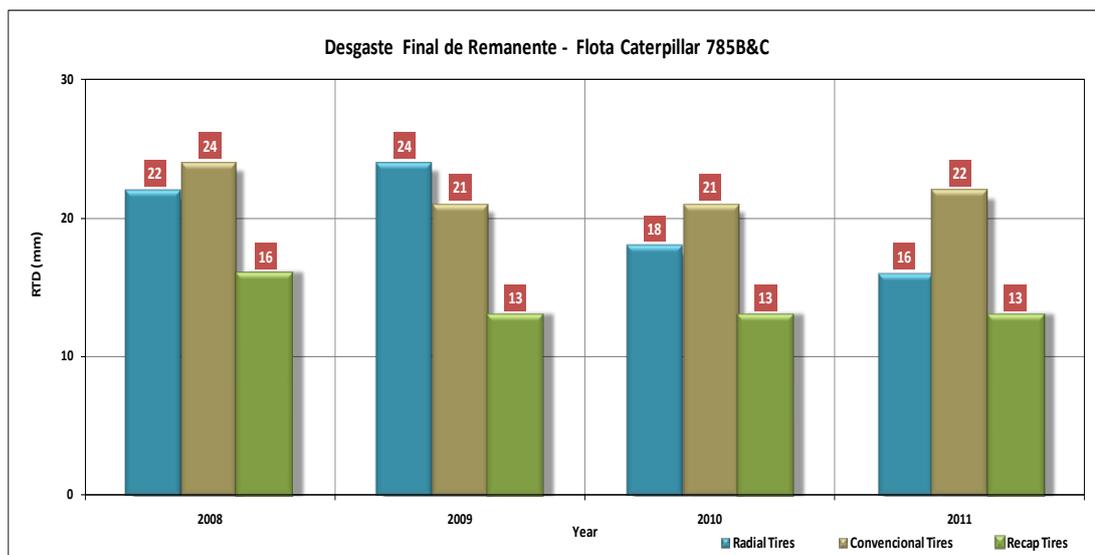


Figura 6.39: Incidencia de Desgaste de Neumáticos Flota Caterpillar 785B&C [1]

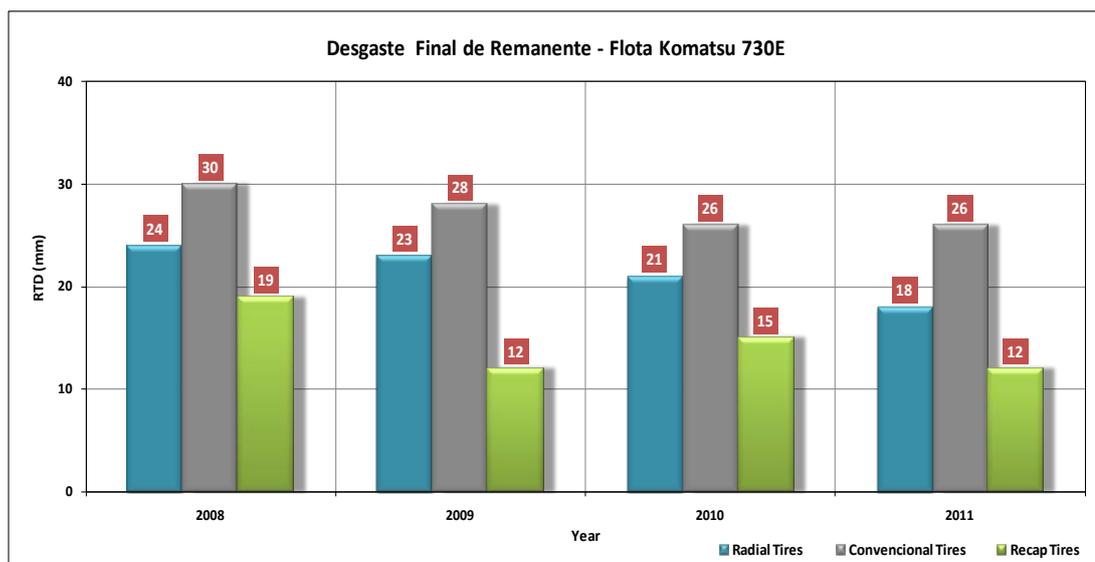


Figura 6.40: Incidencia de Desgaste de Neumáticos Flota Komatsu 730E [1]

6.3.1. Análisis de Costo Beneficio (Aproximado)

Tabla 6.9 Costo y Beneficio por Tipo de Neumático

Year	Quantity of Tires	RTD (mm)	Objetivo de RTD (mm)	Cost (US\$/mm)	Tires Life (Hr)	dinero perdido	US\$/Hr
2008	58	22	20	\$ 188	5,314	-\$ 21,750	\$ 3.11
2009	64	24	20	\$ 188	4,960	-\$ 48,000	\$ 3.33
2010	72	18	20	\$ 188	5,403	\$ 28,313	\$ 3.05
2011	72	16	20	\$ 188	5,456	\$ 60,750	\$ 3.02
Total General Radial Tires (2008, 2009)					5,128	-\$ 69,750	\$ 3.22
Total General Radial Tires (2010, 2011)					5,430	\$ 89,063	\$ 3.04
Year	Quantity of Tires	RTD (mm)	Objetivo de RTD (mm)	Cost (US\$/mm)	Tires Life (Hr)	dinero perdido	US\$/Hr
2008	75	24	20	\$ 202	2,356	-\$ 60,674	\$ 7.64
2009	68	21	20	\$ 202	2,408	-\$ 13,753	\$ 7.48
2010	51	21	20	\$ 202	2,767	-\$ 10,315	\$ 6.51
2011	31	22	20	\$ 202	2,801	-\$ 12,539	\$ 6.43
Total General Convencional Tires (2008, 2009)					2,381	-\$ 74,427	\$ 7.56
Total General Convencional Tires (2010, 2011)					2,780	-\$ 22,854	\$ 6.47
Year	Quantity of Tires	RTD (mm)	Objetivo de RTD (mm)	Cost (US\$/mm)	Tires Life (Hr)	dinero perdido	US\$/Hr
2008	45	16	20	\$ 116	2,492	\$ 22,368	\$ 3.31
2009	24	13	20	\$ 116	2,325	\$ 19,521	\$ 3.55
2010	36	13	20	\$ 116	2,484	\$ 29,224	\$ 3.32
2011	28	13	20	\$ 116	2,514	\$ 22,775	\$ 3.28
Total General Recap Tires (2008, 2009)					2,434	\$ 41,889	\$ 3.39
Total General Recap Tires (2010, 2011)					2,500	\$ 51,998	\$ 3.30
TOTAL COST TIRES FLOTA CATERPILLAR 785B&C						\$118,207	
Year	Quantity of Tires	RTD (mm)	Objetivo de RTD (mm)	Cost (US\$/mm)	Tires Life (Hr)	dinero perdido	US\$/Hr
2008	17	23	22	\$ 301	4,402	-\$ 5,117	\$ 6.70
2009	14	19	22	\$ 301	6,217	\$ 12,643	\$ 4.75
2010	30	21	22	\$ 301	5,354	\$ 9,031	\$ 5.51
2011	30	20	22	\$ 301	5,609	\$ 18,061	\$ 5.26
Total General Radial Tires (2008, 2009)					5,221	\$ 7,526	\$ 5.65
Total General Radial Tires (2010, 2011)					5,482	\$ 27,092	\$ 5.38
Year	Quantity of Tires	RTD (mm)	Objetivo de RTD (mm)	Cost (US\$/mm)	Tires Life (Hr)	dinero perdido	US\$/Hr
2008	35	30	22	\$ 612	2,062	-\$ 171,429	\$ 36.61
2009	42	28	22	\$ 612	2,077	-\$ 154,286	\$ 36.35
2010	19	26	22	\$ 612	2,573	-\$ 46,531	\$ 29.34
2011	13	25	22	\$ 612	2,901	-\$ 23,878	\$ 26.03
Total General Convencional Tires (2008, 2009)					2,070	-\$ 325,714	\$ 36.47
Total General Convencional Tires (2010, 2011)					2,706	-\$ 70,408	\$ 27.90
Year	Quantity of Tires	RTD (mm)	Objetivo de RTD (mm)	Cost (US\$/mm)	Tires Life (Hr)	dinero perdido	US\$/Hr
2008	30	19	20	\$ 164	1,286	\$ 6,883	\$ 9.18
2009	5	12	20	\$ 164	2,259	\$ 6,556	\$ 5.22
2010	6	15	20	\$ 164	1,489	\$ 4,917	\$ 7.92
2011	11	12	20	\$ 164	2,221	\$ 14,422	\$ 5.31
Total General Recap Tires (2008, 2009)					1,425	\$ 13,439	\$ 8.28
Total General Recap Tires (2010, 2011)					1,962	\$ 19,339	\$ 6.01
TOTAL COST TIRES FLOTA KOMATSU 730E						-\$ 23,977	
TOTAL COST TIRES 2010, 2011						\$ 94,229	

Fuente: Elaboración Propia

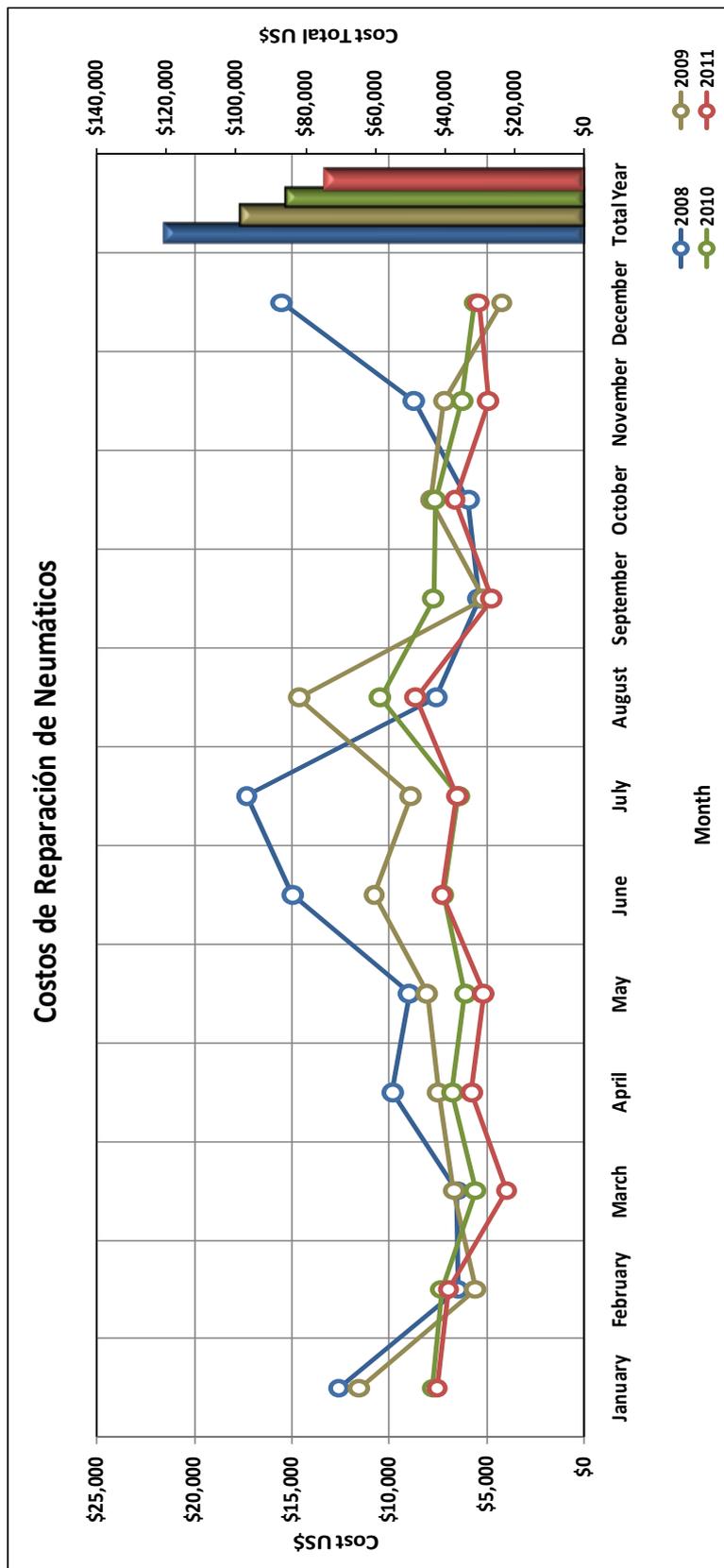


Figura 6.421 Incidencia de Costo de Reparación de Neumáticos 2008 al 2011 [1]

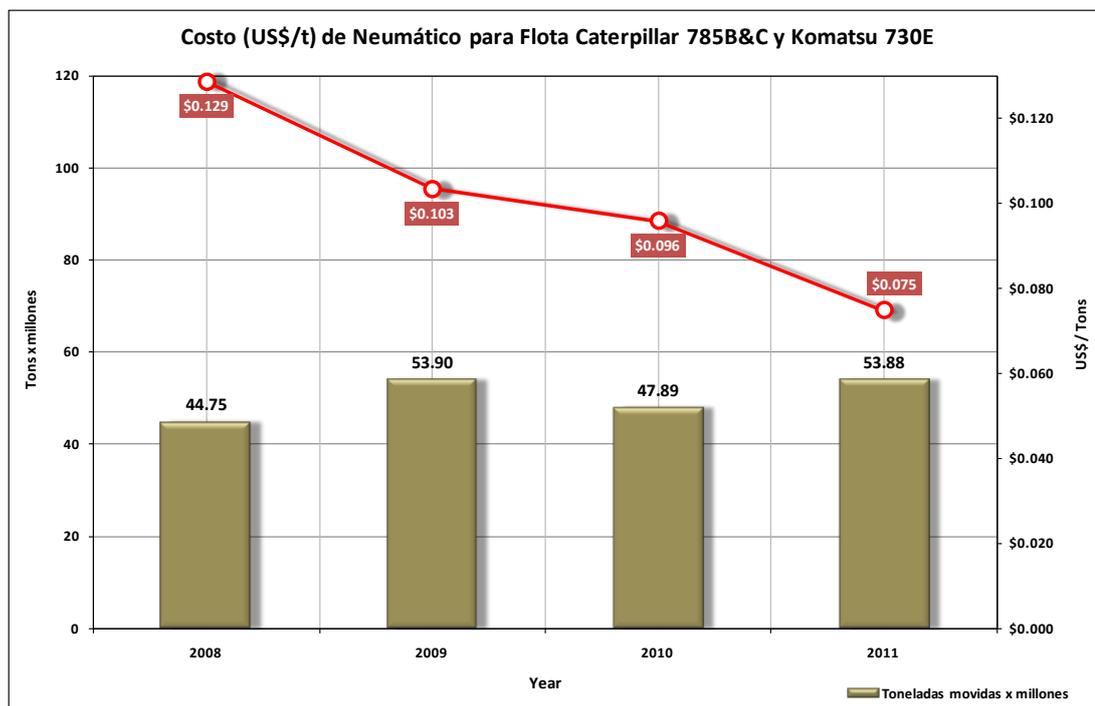


Figura 6.42: Costo (US\$/t) de Neumáticos OTR

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. Del proyecto realizado para el incremento del performance de rendimientos de neumáticos para la flota de Camiones Caterpillar 785B&C y Komatsu 730E podemos concluir que hay una mejora significativa en los años 2010 y 2011 respecto a los años anteriores en cuanto a la vida útil.
 - Flota de camiones Caterpillar 785B&C:
 - Incremento del 10% de vida útil de los neumáticos radiales superando el KPI proyectado (5,200 horas).
 - Incremento del 15% de vida útil de los neumáticos convencionales superando el KPI proyectado (2,500 horas).
 - La vida útil de los neumáticos recap mantuvieron las horas de garantía (2,500 horas).

 - Flota de camiones Komatsu 730E:
 - Incremento del 20% de vida útil de los neumáticos radiales superando el KPI proyectado (5,200 horas).
 - Incremento del 20% de vida útil de los neumáticos convencionales superando el KPI proyectado (2,500 horas).
 - La vida útil de los neumáticos recap se mantuvieron en 1,850 horas promedio.

2. Respecto al costo del remanente RTD (US\$) en el 2010 y 2011:

- Se obtuvo un margen de US\$ 141,061 para la flota de camiones Caterpillar 785B&C (neumáticos radial y recap) respecto a US\$ - 27,861 (2008 y 2009).
- Se obtuvo una margen de US\$ 46,431 para la flota de camiones Komatsu 730E (neumáticos radial y recap) respecto a US\$ 20,964 (2008 y 2009).
- Cabe resaltar que se obtuvo una disminución considerable en el costo del remanente respecto al 2008 y 2009 para los neumáticos convencionales disminuyendo su pérdida de RTD:
30.7 % para neumáticos convencionales – camiones Caterpillar.
21.6 % para neumáticos convencionales – camiones Komatsu.
- Del balance Total de Costo de remanente RTD se obtuvo una ganancia de US\$ 94,229 para la flota de camiones Caterpillar y Komatsu.

3. Respecto al costo horario (US\$/hr) se obtuvo una disminución considerable en el año 2010 y 2011 debido al incremento de la vida útil por neumático:

Truck	Tires	Tires Life (Hr)	Lost Money	US\$/Hr
Caterpillar 785B&C	Radial Tires (2008, 2009)	5,128	-\$ 69,750.00	3.22
	Convencional Tires (2008, 2009)	2,381	-\$ 74,426.97	7.56
	Recap Tires (2008, 2009)	2,434	\$ 41,889.08	3.39
	Radial Tires (2010, 2011)	5,430	\$ 89,062.50	3.04
	Convencional Tires (2010, 2011)	2,780	-\$ 22,853.93	6.47
	RecapTires (2010, 2011)	2,500	\$ 51,998.24	3.30

Truck	Tires	Tires Life (Hr)	Lost Money	US\$/Hr
Komatsu 730E	Radial Tires (2008, 2009)	5,221	\$ 7,525.51	5.65
	Convencional Tires (2008, 2009)	2,070	-\$ 325,714.29	36.47
	Recap Tires (2008, 2009)	1,425	\$ 13,438.89	8.28
	Radial Tires (2010, 2011)	5,482	\$ 27,091.84	5.38
	Convencional Tires (2010, 2011)	2,706	-\$ 70,408.16	27.90
	Recap Tires (2010, 2011)	1,962	\$ 19,338.89	6.01

4. El Costo de neumático OTR por tonelada en el año 2011 fue de \$ 0.075 (US\$/t) siendo este menor al de los años precedentes:

Año	Toneladas movidas al año	(US\$/t) Tire
2008	44,752,878	\$0.129
2009	53,900,360	\$0.103
2010	47,891,580	\$0.096
2011	53,878,027	\$0.075

5. La cantidad de neumáticos totales usados en el año 2011 es inferior que los años precedentes:

Year	Total Tire New	Recap Aro 51	Recap Aro 57	Total Tire
2008	185	45	30	260
2009	188	24	5	217
2010	172	36	6	214
2011	146	28	11	185

6. Respecto al consumo de neumáticos nuevos en el año 2011 para la flota de camiones Caterpillar 785B&C y Komatsu 730E:

- Se consumieron 39 neumáticos menos (21%) respecto al 2008.
- Se consumieron 42 neumáticos menos (22%) respecto al 2009.
- Se consumieron 26 neumáticos menos (15%) respecto al 2010.

7. La cantidad de neumáticos radiales aptos para reencauche (recap) de la flota de camiones están en 40% de total en el 2010 y 2011, de los cuales los de aro 51 cuentan con mayor cantidad y rendimiento de vida útil.

8. En el año 2010 y 2011 se disminuyó el índice de eventos de corte en un 25.7 %, con lo cual se obtuvo un ahorro de 30% en los costos de reparación (preventiva y correctiva), el cual arroja un margen de US\$ 59,420 respecto del 2008 y 2009.

9. La justificación del incremento del performance de rendimiento de los neumáticos debido al cuidado de estos son:
 - El principal factor es el recurso humano, el cual está comprometido poniendo como valor de la empresa el comportarse como dueños el cual se ve reflejado en el cuidado de los neumáticos.
 - El mantenimiento de vías, zonas de carguío y botaderos; son factores primordiales, el mantenerlos en excelentes condiciones en todo momento (mantener superficies planas y parejas, sin presencia de ondulaciones y con material adecuado.
 - Rediseñar las zonas problemáticas en la mina como son curvas demasiado cerradas, peraltes, ancho de la vía, presencia de ondulaciones y otras condiciones desfavorables para los neumáticos usando software FPO, VBOX u otro.
 - Controlar las cargas del camión y su posicionamiento en forma central, esto mejorara la vida útil del neumático así mismo reducirá los derrames de material en la vía.
 - Monitoreo del TKPH operacional de los neumáticos a través del Dispatch para maximizar la vida útil y no tener eventos por este tipo.
 - Capacitaciones en temas de cuidado de neumáticos así como premiaciones a los mejores operadores.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con el mejoramiento del performance de neumáticos mineros OTR en operaciones mina teniendo como objetivo llegar a un desgaste promedio menor a 20 mm (RTD) el cual incrementara la vida útil del neumático.
2. Continuar con las capacitaciones al personal nuevo y retroalimentación a los operadores creando una cultura de sensibilización en el cuidado de los neumáticos mineros y el impacto en las operaciones mineras. Así mismo coordinar la asignación de dos operadores por camión con el objetivo de llevar un mejor control en el cuidado de los neumáticos.
3. Supervisar el control de los neumáticos con desgaste final de banda para su posible reencauche.
4. Continuar con el constante apoyo de equipo auxiliar (tractor sobre ruedas, motoniveladora) perenne en las vías principales para la limpieza y eliminación del material que cae de la tolva.
5. Realizar monitoreo de vías con el FPO, VBOX u otro; por lo menos una vez al año así como un estudio de pesaje de camiones.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Neuma Perú, Reporte Mensual y Anual de Estadísticas de Neumáticos, 2008 – 2011, Mina Pierina.
- [2] Bridgestone Corporation, Data Book off The Road Tires, 2011, Off-The-Road Tire Sale Department, Tokyo, Japan.
- [3] Michelin, Technical Data Earthmover, Edition N°28, 2012.
- [4] Bridgestone Corporation, Seminario de Neumáticos Bridgestone - Off the Road Tire Latin America, 2009.
- [5] Michelin, Informaciones Técnicas: Obras Públicas y Minería, Edición 2, 2006.
- [6] Neuma Perú, Estudio de Temperatura de Neumáticos de Camiones Komatsu 730E y Caterpillar 785 B&C, 2011, Mina Pierina.
- [7] Operaciones Mina Pierina, Estudio de TKPH, 2010, Mina Pierina.

- [8] Neuma Perú, Estudio de Vías y Ciclos, 2011, Mina Pierina.
- [9] Bridgestone, Reporte de Inspección de Vías y Estudio de TKPH, 2011, Mina Pierina.
- [10] Ferreyros, "Informe de Servicio de Balanza a la flota de Camiones Caterpillar 785B&C, Cisterna 777 y Komatsu 730E", 2011, Mina Pierina.
- [11] Ferreyros, "Reporte de Monitoreo de Condiciones Operación Barrick Pierina", 2011.
- [12] Intercade Consultancy & Training, "Diseño de Pistas de Transporte en Minería", 2011.
- [13] Caterpillar Global Mining, Guía de Referencia para Aplicaciones de Maquinarias de Minería, 2007.
- [14] Departamento de Geología, Geología en Mina Pierina, 2006, Minera Barrick Misquichilca.
- [15] Operaciones Mina, Ci Team de Neumáticos OTR, 2010, Mina Pierina.
- www.bridgestone.com. (Consulta: Agosto 2013)
 - www.michelinearthmover.com (Consulta: Agosto 2013)
 - Software de neumáticos Klinge.

ANEXOS

**Neumáticos para máquinas de transporte coeficientes K calculados para el
método TKPH (TMPH)**

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.

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)

Fuente: Technical Data EARTHMOVER Tyres Michelin