



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:

**OPTIMIZACIÓN DEL CARGUÍO Y ACARREO
MEDIANTE LA MEJORA DE EFICIENCIA DEL
TIEMPO DE VIDA DE LOS NEUMÁTICOS DE LOS
EQUIPOS EMPLEADOS EN LA EMPRESA
S.M.R.L. DIVINA REVELACIÓN, CAJAMARCA,
2018**

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

Presentado por el Bachiller:

IDROGO ZAMORA, ABNER

CAJAMARCA - PERÚ

- 2018 -

DEDICATORIA

En la vida nada es posible alcanzarlo sin la bendición de Dios, y si uno no aprende a fortalecer los cimientos del conocimiento, más aún los valores que guían nuestras vidas pues no todos tenemos la habilidad de transitar estos conocimientos tan valiosos para la formación de nuestros modelos que a futuro hagan la diferencia, por ello dedico este proyecto de tesis a mis padres Segundo Santiago y Elida, las personas más importantes en mi vida, quienes siempre estuvieron a mi lado y nunca dejaron de confiar en mí.

Como olvidarme de mis docentes quienes me inculcaron sus sabios conocimientos para ser mejor persona cada día y a mis amigos por sus muestras de amistad en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Esta tesis de ingeniería pudo ser realizada gracias a cada uno de los que forman parte de mi familia, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A mis docentes quien a lo quienes a lo largo de mi carrera han puesto a prueba mis capacidades y conocimientos en el desarrollo de esta tesis.

Por último, a mis compañeros, amigos y a todos los que estuvieron vinculados de alguna manera en la culminación de esta tesis.

RECONOCIMIENTO

A mi alma mater la Universidad Alas Peruanas – Sede Cajamarca, por acogerme en sus aulas a lo largo del desarrollo de mis estudios profesionales, por brindarme docentes de calidad que con sus enseñanzas me convirtieron en un profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RECONOCIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial	2
1.2.2. Delimitación social	2
1.2.3. Delimitación temporal	3
1.2.4. Delimitación conceptual	3
1.3. Problemas de investigación.....	3
1.3.1. Problema principal	3
1.3.2. Problemas secundarios	3
1.4. Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis y variables de la investigación	4
1.5.1. Hipótesis general	4

	Pág.
1.5.2. Hipótesis secundarias	5
1.5.3. Variables.....	5
1.5.4. Operacionalización de las Variables	6
1.6. Metodología de la investigación	6
1.6.1. Tipo y nivel de investigación	6
1.6.2. Método y diseño de la investigación	7
1.6.3. Población y muestra de la investigación	7
1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	8
1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes de la investigación	11
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	11
2.1.2. Antecedentes Nacionales	13
2.1.3. Antecedentes Locales.....	15
2.2. Bases teóricas	17
2.2.1. Carguío y acarreo	17
2.2.2. Tiempo de vida de neumáticos	19
2.3. Definición de términos básicos	29
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	30
3.1. Ubicación.....	30
3.2. Equipos empleados en el carguío y acarreo	31
3.2.1. Volquetones de 30 Toneladas. Mercedes Benz, scania volvo	31
3.2.2. Retroexcavadoras CAT320.....	32
3.2.3. Volquete de 15 Metros Cúbicos	33
3.2.4. Volquetes de 2 Metros Cúbicos Forlan	34
3.2.5. Camionetas 4X4	35

	Pág.
3.3. Resistencia a la rodadura	35
3.3.1. Del volquetón	36
3.3.2. De la retroexcavadora.....	36
3.3.3. Del volquete 15 m ³	36
3.3.4. Del volquete 2 m ³	37
3.3.5. De la camioneta 4x4	37
3.4. Identificación de factores que influyen en la vida de los neumáticos. .	38
3.4.1. La temperatura interna de funcionamiento	38
3.4.2. Influencia de la presión en la duración de un neumático	38
3.4.3. Diferencia ente los neumáticos montados sobre el vehículo .	39
3.4.4. La sobrecarga	39
3.4.5. La conducción de la máquina	40
3.4.6. La duración y la longitud de los ciclos.....	40
3.4.7. El mantenimiento mecánico de los vehículos	40
3.4.8. El trazado y el mantenimiento de las pistas.....	41
3.5. Medidas para mejorar el tiempo de vida de los neumáticos.....	42
3.5.1. Asegurar una presión adecuada	42
3.5.2. Sobrecargas.....	42
3.5.3. Conducción de la máquina.....	43
3.5.4. Construcción de las pistas	43
3.5.5. Métodos de inflado.....	44
3.6. Capacidad de trabajo de un neumático	45
3.6.1. Carga media por neumático (Qm).....	45
3.6.2. Velocidad media del ciclo de referencia (Vm).....	46
3.6.3. TKPH explotación de base o TMPH explotación de base.....	49
3.7. Motivos de desecho de un neumático	50

	Pág.
3.7.1. Cortes	50
3.7.2. Excesivo Calor	50
3.7.3. Sobreesfuerzo (separación mecánica):	51
3.7.4. Sobre inflado:.....	52
3.7.5. Inflado insuficiente:	53
3.8. Identificación zonas de carguío, vías de acarreo y entrega de cal	53
3.8.1. Plataforma de Chancado de Caliza:	54
3.8.2. Hornos de Calcinación:	54
3.8.3. Carguío de Cal Granada	54
3.8.4. Silo:	54
3.8.5. Desmontera de Cantera.....	55
3.8.6. Vías dentro de la concesión.....	55
3.8.7. Vía de Cajamarca a Minera Yanacocha	55
3.8.8. Vías dentro de Minera Yanacocha.....	55
3.9. Plan de mantenimiento.....	56
3.9.1. Estimación del tiempo de mantenimiento	62
3.10. Optimización del carguío y acarreo.....	68
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	69
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS	75
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	76
Anexo 2: Instrumento: Ficha para hallar el índice de carga de neumáticos	77
Anexo 3: Instrumento de Investigación: Ficha de toma de datos para la tesis. 77	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Neumático estándar.....	22
Figura 2: Neumáticos anchos.....	23
Figura 3: Neumáticos anchos.....	23
Figura 4: Profundidades de cocada.	25
Figura 5: Ubicación de la concesión minera Divina Revelación.....	30
Figura 6: Volquete de 30 toneladas para la empresa Divina Revelación.....	32
Figura 7: Retroexcavadora de la empresa en acarreo de desmonte.	33
Figura 8: Volquete de S.M.R.L. Divina Revelación.	34
Figura 9: Pérdida de rendimiento de neumáticos en Divina Revelación..	39
Figura 10: Cortes en los neumáticos.....	50
Figura 11: Deformación por calor en velocidad de los neumáticos.	51
Figura 12: Rocas muy grandes cargadas en volquetes.	52
Figura 13: Llantas sobreinfladas.	52
Figura 14: Llantas con poco inflado.	53
Figura 15: Zona de chancado de caliza.	54
Figura 16: Vía de Cajamarca a Minera Yanacocha.....	55
Figura 17: Vía dentro de Minera Yanacocha.....	56
Figura 18: Proceso de mantenimiento preventivo.	58
Figura 19: Proceso de creación de presupuesto.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Coordenadas de concesión Divina Revelación (UTM-PSAD 56).....	2
Tabla 2 Operacionalización de las variables.	6
Tabla 3 Principales equipos de carguío y su clasificación.	19
Tabla 4 Gomas bridgestone.....	24
Tabla 5 Características de la camioneta 4x4.	35
Tabla 6 Indicaciones para relación radio, velocidad y peralte deriva cero.	43
Tabla 7 Indicaciones para rodaje en curva no peraltada.	44
Tabla 8 Formato Inspección diaria para retroexcavadora.....	60
Tabla 9 Formato solicitud de mantenimiento.	62
Tabla 10 Plan motor retro cargador 3c y 214E.	64
Tabla 11 Plan transmisión, puente y dirección retro cargador 3c.	65
Tabla 12 Plan sistema hidráulico retro cargador 3c.....	66
Tabla 13 Plan frenos retro cargador 3c.	66
Tabla 14 Plan sistema eléctrico retrocargador.....	67
Tabla 15 Plan carrocería y cabina retro cargador 3c.	67
Tabla 16 Optimización en costos de carguío y acarreo.	68
Tabla 17 Ficha para determinar el índice de carga de neumáticos.	77
Tabla 18 Ficha de toma de datos para la tesis.	77

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo optimizar el carguío y acarreo mediante la mejora de eficiencia del tiempo de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018; mediante la determinación del promedio de vida de los neumáticos de los equipos empleados, la identificación de los indicadores de desgaste de los neumáticos y el planteamiento de soluciones para evitar el desgaste masivo.

Se concluyó de a los resultados obtenidos que los volquetones de 30 toneladas tienen un promedio de vida determinado de 225.06 toneladas kilometro por hora. Para los volquetes de 15 toneladas es de 141.9 Ton Km/h. La retroexcavadora tiene un tiempo de vida de 18.26 Ton Km/h. Para el volquete de 2 toneladas es de 36.9 Ton Km/h. Y para las camionetas es de 13.71 Ton Km/h. Los indicadores de desgaste de los neumáticos de los equipos empleados en el carguío y acarreo de la empresa minera S.M.R.L. Divina Revelación son los cortes con rocas dentro de cantera y trochas, excesivo calor generado por altas velocidades, el sobre cargado de los volquetes, sobreinflado de neumáticos, inflado insuficiente de neumáticos, Mal carguío de roca en los volquetes. Para evitar el desgaste masivo de los neumáticos de los equipos empleados en el carguío y acarreo de la empresa minera S.M.R.L. Divina Revelación se sugiere asegurar la presión adecuada en el inflado, evitar sobrecargas de material transportado, moderar la conducción de los equipos, adaptar el equipo al lugar, optimizar el posicionamiento de las distintas máquinas durante la carga en el frente. Asimismo, es necesario un adecuado mantenimiento de equipos y de vías de carguío y transporte.

Palabras Clave: Tiempo de vida de neumáticos, equipos de carguío y acarreo, Optimización, desgaste de neumáticos.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to optimize the loading and hauling by improving the efficiency of the life of the tires of the equipment used in the company S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018; by determining the average life of the tires of the equipment used, the identification of tire wear indicators and the approach of solutions to avoid massive wear.

It was concluded from the results obtained that the volquetones of 30 tons have a determined average life of 225.06 tons per hour. For the 15 ton dump trucks it is 141.9 Ton Km / h. The backhoe has a lifetime of 18.26 Ton Km / h. For the 2 ton dump truck it is 36.9 Ton Km / h. And for the trucks it is 13.71 Ton Km / h. The wear indicators of the tires of the equipment used in the loading and hauling of the mining company S.M.R.L. Divine Revelation are the cuts with rocks inside quarry and trails, excessive heat generated by high speeds, the loaded envelope of the dump trucks, overinflation of tires, insufficient tire inflation, bad load of rock in the dump trucks. To avoid the massive wear of the tires of the equipment used in the loading and hauling of the mining company S.M.R.L. Divine Revelation is suggested to ensure adequate pressure in the inflation, avoid overloading of transported material, moderate the driving of the equipment, adapt the equipment to the site, optimize the positioning of the different machines during loading in the front. Likewise, it is necessary an adequate maintenance of equipment and of loading and transport routes.

Key words: Tire life time, loading and hauling equipment, Optimization, tire wear.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación, se busca determinar el tiempo de vida de los neumáticos de los equipos empleados en el carguío y transporte de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación.

En la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, el deterioro en las llantas de equipos de acarreo, tienen especial importancia debido a que estas presentan constantes daños, por tanto, pueden llegar a producir fallas y accidentes que afectarían la productividad del proceso de acarreo en la mina ocasionando importantes pérdidas económicas. El daño de estas llantas puede ocurrir por diversos motivos tales como: fallas en su fabricación, altas presiones de las llantas debido a sobrecarga del equipo o mal distribución de la carga en la tolva, el tipo de llanta no es el adecuado, el tiempo de vida útil llega a su fin, las condiciones de las vías por donde se desplazan los equipos no son adecuadas, entre otros.

De los motivos mencionados, uno de los factores más importantes de daño lo constituye las condiciones de las vías de acarreo, debido a que en estas existe un frecuente tráfico de equipos pesados al transportar material estéril y carbón, las cuales pueden presentar pérdida de bombeo, peraltes invertidos, ondulaciones y/o baches, por tanto, los camiones pueden sufrir sobre-presiones y deformaciones en sus llantas. Igualmente, el tráfico de estos equipos aumenta la presencia de rocas en la vía que caen cuando los camiones suben rampas, atraviesan baches y/o ondulaciones, que al ser pisadas provocan cortes y debilitamiento de la estructura de las llantas.

En el capítulo I, se describió la problemática que acarrea el mal uso de los neumáticos en los costos de carguío y acarreo, se delimitó la investigación, asimismo se elaboraron los problemas, objetivos, las hipótesis y se describió la metodología de la investigación.

En el capítulo II, se realizó el marco teórico, mediante la elaboración de antecedentes internacionales, nacionales y locales, las bases teóricas y se definieron de términos básicos.

En el capítulo III, se presentaron los equipos empleados en el carguío y acarreo de mina, se determinó la resistencia a la rodadura, se identificaron los factores que influyen en la duración de vida de los neumáticos, se propusieron medidas para mejorar la eficiencia, se identificó la capacidad de trabajo de los neumáticos, se identificaron los motivos de desecho de un neumático, se identificaron las zonas de carguío, vías de acarreo y entrega; finalmente se propuso un plan de mantenimiento para mejorar la optimización del carguío y acarreo.

En el capítulo IV, se realizó la discusión de resultados, donde se ha comparado con un antecedente.

Finalmente se elaboraron las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos que abarcan la matriz de consistencia, los instrumentos de investigación y el juicio de expertos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática

Actualmente en el mundo se considera que en el ciclo de minado el transporte significa un alto porcentaje en el costo de producción, los neumáticos significan en el transporte la base del ciclo de minado, en todas las minas en la actualidad hay una obligación en el cuidado de los neumáticos, por eso que se están formando en diversas empresas mineras departamentos de seguimientos de los mismos, para optimizar los costos de operaciones minas, el seguimiento de los reportes de los costos de operaciones minas lo realiza el ingeniero de minas encargado del planeamiento de minado.

La utilización de los neumáticos es tan importante en la minería que resulta necesario llevar una gestión adecuada de ellos, si bien es cierto es labor del ingeniero mecánico realizar el mantenimiento y evaluar los neumáticos, el ingeniero de minas interviene ya que si un neumático está en mal estado puede provocar daños en las personas y en el vehículo. Por ello es necesario llevar a cabo un control periódico en busca de eventuales averías como una perforación, corte o deformación, y medir el nivel de desgaste. Determinar la eficiencia de los neumáticos le permitirá al ingeniero de minas evitar posibles pérdidas a la empresa, tanto económicas como humanas, lo cual terminaría afectando la productividad en el carguío y acarreo.

Para controlar los daños que pueden sufrir los neumáticos el ingeniero de minas debe optimizar el diseño de los caminos de transporte. Las mejores rutas cuentan con tramos rectos con sección transversal abombada, curvas peraltadas, bermas de seguridad y zanjas de drenaje a ambos lados. Hay que tener en cuenta que tomar curvas puede generar grandes fuerzas laterales en las llantas, lo cual contribuye a un elevado desgaste y a la separación de las capas del neumático.

En la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, se debe tener un buen cuidado de neumáticos, para ello se necesita obtener un tiempo de vida mayor con el objetivo de minimizar los costos y evitar la escasez que pueden tener las empresas que distribuyen los neumáticos ante las demandas en el mercado.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevó a cabo en la concesión minera Divina Revelación, que abarca 900 hectáreas, ubicada en el distrito de Magdalena, provincia de Cajamarca, región Cajamarca.

Tabla 1
Coordenadas de concesión Divina Revelación (UTM-PSAD 56)

Vértice	Norte	Este
1	9 201 000	772 000
2	9 198 000	772 000
3	9 198 000	769 000
4	9 201 000	769 000

1.2.2. Delimitación social

En la investigación se contó con los trabajadores de S.M.R.L. Divina Revelación.

1.2.3. Delimitación temporal

El estudio se llevó a cabo durante el año 2018, entre los meses de Mayo hasta Agosto del 2018.

1.2.4. Delimitación conceptual

- Tiempo de vida de los neumáticos
- Carguío y acarreo
- Cantera

1.3. Problemas de investigación

1.3.1. Problema principal

¿Cómo optimizar el carguío y acarreo mediante la mejora de eficiencia del tiempo de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018?

1.3.2. Problemas secundarios

- ¿Cómo mejorar el carguío y acarreo determinando el promedio de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018?
- ¿Cómo optimar el carguío y acarreo determinando los indicadores de desgaste de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018?
- ¿Cómo mejorar el carguío y acarreo proponiendo las soluciones para evitar el desgaste masivo de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Optimizar el carguío y acarreo mediante la mejora de eficiencia del tiempo de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018.

1.4.2. Objetivos específicos

- Mejorar las actividades de carguío y acarreo determinando el promedio de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018.
- Optimizar el carguío y acarreo determinando los indicadores de desgaste de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018.
- Mejorar el carguío y acarreo proponiendo las soluciones para evitar el desgaste masivo de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018.

1.5. Hipótesis y variables de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

Si se optimiza el carguío y acarreo mediante la mejora de eficiencia del tiempo de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, se reducirán los costos en el área de planeamiento de minado.

1.5.2. Hipótesis secundarias

- La mejora de las actividades de carguío y acarreo se dará al determinar el promedio de vida de los neumáticos de los equipos empleados y se reflejará en la reducción de costos de operaciones mina de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018.
- Se optimiza el carguío y acarreo si se determinan los indicadores de desgaste de los neumáticos de los equipos empleados, mediante propuestas de mejoras de vías de acarreo en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018.
- Se mejora el carguío y acarreo cuando se proponen las soluciones para evitar el desgaste masivo de los neumáticos de los equipos empleados, lo cual implica reducción de costos en operaciones mina y mayor seguridad en pérdidas humanas y vehiculares en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018.

1.5.3. Variables

1.5.3.1. Variable Independiente:

Optimización del carguío y acarreo.

1.5.3.2. Variable Dependiente:

Eficiencia de equipos.

1.5.4. Operacionalización de las Variables

Tabla 2
Operacionalización de las variables.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Optimización del Carguío y Acarreo	Independiente	Análisis del proceso de carguío y acarreo	Evaluación de situación actual de equipos en carguío y acarreo
		Mejora del proceso de carguío y acarreo	Programa de mejora de la productividad
Eficiencia de equipos	Dependiente	Planificación de mantenimientos	% de cumplimiento de la planificación
		Organización para verificar eficiencia de neumáticos de los equipos	Eficiencia de Equipos= Disponibilidad* Rendimiento* Calidad
		Ejecución de propuestas para mejorar la eficiencia de los neumáticos	Plan de mantenimiento de vías y equipos
		Control de vías para mejora de eficiencia de neumáticos	Rendimiento = N° Total Unidades / (Tiempo de Operación x Velocidad Máxima)

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1. Tipo y nivel de investigación

a) Tipo de investigación

La investigación fue Descriptiva, ya que se describieron las características de los neumáticos y las causas de su desgaste.

b) Nivel de investigación

El nivel de investigación es correlacional, la cual tiene por finalidad determinar el grado de relación existente entre las variables de investigación, es decir la determinación de la eficiencia de los neumáticos nos ayudará a optimizar costos en carguío y acarreo.

1.6.2. Método y diseño de la investigación

a) Método de investigación

Se utilizó el método analítico ya que consiste en evaluar cada variable para observar las causas, la naturaleza y los efectos.

b) Diseño de la investigación

La investigación Cuasiexperimental ya que carecen de un control experimental absoluto de la variable independiente en la selección aleatoria de neumáticos.

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a) Población

En esta investigación se trabajó con los trabajadores de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación.

b) Muestra

Se trabajó con los siguientes equipos empleados en el carguío y acarreo:

- 4 Volquetones de 30 Toneladas.
- 2 Retroexcavadoras CAT320.
- 1 Volquete de 15 Metros Cúbicos.

- 2 Volquetes de 2 Metros Cúbicos.
- 3 Camionetas 4X4.

1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Técnicas

El objetivo de cualquier ciencia es de adquirir conocimientos, y es por tanto fundamental la elección del método adecuado que permite conocer la realidad de nuestro entorno.

Para esta tesis se define la utilización de la técnica de investigación cuantitativa a través de un instrumento estructurado o ficha de seguimiento que se realizó a los equipos empleados en el carguío y acarreo de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018.

b) Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se emplearon para la elaboración de esta tesis son:

- Ficha para determinar el índice de carga de neumáticos.
- Ficha de toma de datos para la tesis.

1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

a) Justificación

En esta investigación se busca determinar el tiempo de vida de los neumáticos de los equipos para optimizar el proceso de carguío y acarreo, esto se realizará mediante la determinación de la resistencia a la rodadura e identificación de factores que influyen en la duración de vida de los neumáticos.

Asimismo, esta investigación se realiza porque se desea optimizar las actividades de carguío y acarreo mediante la mejora de eficiencia de los neumáticos.

Esta tesis se realiza para que se permita una mejor rotación de neumáticos encontrando una mayor eficiencia en el tiempo de vida de los neumáticos.

Esta tesis beneficia a la empresa S.M.R.L. Divina Revelación ya que la ineficiente rotación de los neumáticos de los equipos pesados produce altos costos para la empresa por la escasez y el precio elevado del neumático en el mercado actualmente.

b) Importancia

Este proyecto es importante para optimizar las actividades de carguío y acarreo mediante el control de desgaste de neumáticos.

Al identificar los indicadores de desgaste de los neumáticos de los equipos empleados en el carguío y acarreo se propondrán soluciones para evitar el desgaste masivo lo cual implica ahorro en costos.

Asimismo, este proyecto es importante ya que es la base de la elaboración de tesis para la obtención del título de ingeniero de minas.

c) Limitaciones

- No se cuenta con reportes de velocidad por lo tanto se miden las velocidades durante el tiempo de estudio de esta tesis lo cual implicó el incremento de tiempo de estudio.

- Las empresas dedicadas al transporte de carguío y acarreo no comparten su información referente a eficiencia de neumáticos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- Bahamóndez (2017), presentó su Tesis para obtener obtención del Título de Ingeniero de Minas, titulada: *“Implementación Sistema de Gestión para Reducción de Costos Optimizando el Desempeño por Componente en Equipos Mineros”* a la Universidad de Chile, Santiago. Con respecto a las mejoras implementadas para disminuir la cantidad de eventos generados, estas se realizaron en tres etapas. La primera, se enfocó en generar información oportuna y a tiempo (en línea), la segunda, tuvo como objetivo mantener informada a la organización de los eventos ocurridos, y finalmente, la tercera etapa, se basó en un plan de acciones enfocados en reforzamientos operacionales sobre buenas prácticas. A partir de estas mejoras se logró disminuir en un 52% la cantidad de eventos operacionales generados mensualmente en los camiones y en un 20% la cantidad de eventos operacionales generados mensualmente en las palas, lo que implicó un aumento en promedio, en un periodo de 4 meses (agosto, septiembre, octubre y noviembre de 2016), de un 5% en la vida útil por cable utilizado y de un 26% en la vida útil por balde utilizado. Esto significó un beneficio económico estimado para

Minera Escondida de 2.96 millones de dólares en cuanto a la reducción de uso de éstos componentes.

- Escamilla (2014), presentó su trabajo de investigación en el curso de tecnología minera, titulada: *“Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Fierro a Cielo Abierto”* al Instituto Tecnológico de Colima – México. El presente estudio de productividad fue realizado por personal y alumnos del departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Colima, en una mina de mineral de fierro a cielo abierto ubicada en el municipio de Aquila, Michoacán a petición de la propia empresa; se orientó hacia el equipo de carga (dos cargadores frontales de llantas Caterpillar 992) utilizados para cargar mineral y material estéril producto del tumble, con el objetivo de determinar su utilización neta, su productividad, los factores que las afectan y proporcionar alternativas para su mejora. Los resultados obtenidos muestran que el equipo de carga tiene en promedio una utilización neta de 4.27 horas y una productividad de 673 tph (toneladas por hora) por turno de trabajo; que resultan bajas respecto a los indicadores meta de la empresa. Por otra parte, la interrupción que más afecta a este equipo es la falta de camiones para el acarreo, tanto en tiempo como en frecuencia con 1.65 horas y 10 eventos en promedio por turno de trabajo.
- Rodríguez (2013), presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas, titulada: *“Modelo Analítico para el Dimensionamiento de Flota de Transporte en Minería a Cielo Abierto: Análisis de Prioridades de Atención Según Rendimiento”* a la Pontificia Universidad Católica de Chile. El modelo analítico estima la solución de mínimo costo en términos de tiempos perdidos por conceptos de espera en cola, bajo una restricción de rendimiento del sistema de transporte.

Adicionalmente, el modelo permite encontrar soluciones que involucren composiciones de flotas homogéneas y heterogéneas, como también, permite analizar dos políticas de atención de carga: de tipo FCFS “first come-first served” y de prioridades sin interrupción para una clase determinada de camión. En relación a la composición óptima de la flota (homogénea o heterogénea) depende de los tipos de camiones disponibles y de los diversos factores que componen el ciclo de carguío y transporte. En relación a las prioridades de atención, el modelo analítico permite concluir que la utilización de prioridades de atención genera beneficios positivos cuando la flota es heterogénea. En esta investigación se obtienen beneficios en el rendimiento en torno a un 2% a 3% en promedio. Finalmente, al resolver el problema de dimensionamiento a través de un enfoque de sistema, es decir para todos los ciclos de forma simultánea, se pueden generar beneficios de un 19,6% en promedio en términos de tiempos perdidos por espera.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- Paredes (2013), presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas, titulada: *“Eficiencia en Tiempo de Vida de Neumáticos con Relación a Rotación de Posiciones uno y dos en Volquetes Komatsu 930 E-3”* a la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, De los datos obtenidos se concluyó, que tenemos una influencia significativa positiva en relación con la vida de los neumáticos cuando rotamos a un promedio de 1800 horas que cuando rotamos a 1550 horas promedio como podemos deducir de los gráficos anteriores que se encuentran en el capítulo III. Analizando los datos obtenidos, se nota claramente que rotando los neumáticos con 1800 horas promedio obtenemos el 10,75% de incremento en la vida de los neumáticos con relación a rotar los neumáticos a 1550 horas

promedio, esto nos proporciona un ahorro significativo con relación al precio del neumático y a la escasez de esta en el mercado.

- Vargas y Hermoza (2014), presentaron su Trabajo de Investigación, titulada: *“Sistema de Información para Monitoreo de neumáticos del área de despacho (Dispatch), en una Compañía Minera”* a la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima - Perú, En el presente trabajo se ha definido un problema concreto dentro de una organización real, y se ha planteado una solución al problema, en base a la definición de requerimientos. Después de la instalación de hardware y software, se observa un funcionamiento estable del sistema, y las fallas más frecuentes son de componentes dañados, producidas por condiciones propias de la operación. El despachador puede monitorear satisfactoriamente vía red las alertas del sistema en tiempo real, esto permite tomar acción inmediata en la atención de un neumático. Se pretende como trabajo futuro lograr administrar en tiempo real información no solo de neumáticos sino de la operación minera diaria, como la adecuada distribución de camiones en palas para evitar filas de espera, monitoreo de interfaces de signos vitales.
- Marca (2014), presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas titulada: *“Análisis de la Disponibilidad y Rendimiento de los Equipos de Carguío y Transporte en la Empresa Contratista SMCGSA, Mina Colquijirca de SMBSA”* a la Universidad Nacional Jorge Basadre, Tacna, concluyó que los equipos de carguío compuesto por RE- 18, RE- 79AL, RE- 86AL y CH-01 arrojaron una producción promedio de: Ruta 01 (53,71 m³ /h), Ruta 02 (53,18 m³ /h), Ruta 03 (31,79 m³ /h), y Ruta 04 (85,92 m³ /h), demostrando que en el mes de Setiembre hubo problemas de bajo rendimiento en la Ruta 03. Los equipos de

transporte compuesto por camiones Volvo FM 12 (8x4) de 20 m³ y camiones Komatsu de 40 m³, dio como producción de 100% de lo programado, demostrando deficiencia en los meses Agosto y Setiembre, donde la Ruta 01 falto en cumplir lo calculado en un 22% y 27%. (Marca, 2014)

2.1.3. Antecedentes Locales

- Marín (2015), presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas, titulada: *“Incremento de la Productividad en el Carguío y Acarreo en Frentes que Presentan Altos Contenidos de Arcillas al Utilizar un Diseño de Lastre Adecuado, Minera Yanacocha, Perú, 2015”* a la Universidad Privada del Norte – Cajamarca – Perú. Para poder realizar las pruebas en el frente de carguío fue necesario: Hacer que en el planeamiento a corto plazo incluya tener un stock con material de lastre adecuado; Capacitar al operador de tractor en el uso eficiente del equipo; tener una comunicación directa, clara y continua con el operador de pala; comunicar al supervisor de Dispatch, que cantidad de lastre se va a necesitar y el tiempo que se tomará en la tarea de lastrado para restringir los camiones si es necesario en esa pala. Para determinar la productividad se hizo observaciones de tiempo de carguío en frentes con diferentes condiciones de trabajo, se pudo determinar diferencias importantes en productividad del equipo de carguío en frentes donde se planificó el lastre; por ejemplo, en las Palas Hitachi 5500 4 y 7 se incrementó la productividad de 69 a 91%; además de demostrar que la planificación del lastre genera ahorros y más importante la oportunidad de producir más onzas con la misma flota. Se estimó una mayor producción en oz para la pala 4 y 7, lo que significa alrededor de 1 millón de dólares por pala por día.
- Martínez (2015), presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas titulada: *“Proponer una gestión de*

mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria a Minera Yanacocha” a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Lima. Se concluye que la empresa carece de un sistema integral de mantenimiento. Para esto se propuso herramientas específicas como: Reorganización de organigrama, para definir las actividades; Check List, para recolección de datos; Historial de mantenimientos, para hacer seguimiento a las máquinas y lo que interactúa con ellas. Con estas herramientas estamos seguros que la integración de las gestiones de abastecimiento de insumos/repuestos conjunto con las gestiones de Mantenimiento: preventivo, correctivo y predictivo, van a poder integrarse e interactuar dentro de la “Gestión de Mantenimiento”.

- Chau (2013), presentó su Tesis para obtener el título de Magister en Minería, titulada: *“Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras de una empresa Cajamarquina dedicada a la Minería”* a la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú. Se concluyó que la solución a través de software de sistemas integrados tiene que enfocarse a mejorar la gestión administrativa y operativa de activo fijo, mantenimiento, almacenes, compras, finanzas y contabilidad, buscando implementar las mejores prácticas en los procesos propios del software, permitiendo que se tenga la información y procesos con las siguientes características:
 - Unificados (en un solo sistema).
 - Estandarizados (en un mismo formato).
 - Detallados (que puede llegar al nivel de detalle que se requiera).
 - Disponibles (en cualquier momento y lugar y por el usuario indicado a quien pueda requerir).
 - En línea (información actual).
 - Base para análisis y oportuna toma de decisiones.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Carguío y acarreo

a. Proceso de selección de equipos

Los pasos básicos de selección de equipos de carguío y transporte son los siguientes:

- **Calcular tiempo de ciclo.**

El tiempo de ciclo para una operación unitaria puede dividirse en dos componentes principales. La primera componente la constituyen todas aquellas operaciones que tienen una duración relativamente constante de una aplicación a la próxima: virar, cambiar de posición, descargar y cargar. Valores estimados del tiempo necesario para realizar cada una de estas funciones pueden obtenerse generalmente de la documentación del fabricante del equipo. La componente variable del ciclo, está asociada con el tiempo de viaje para equipos móviles y con el tiempo de giro en el caso de equipos de base fija. (Cusquisibán, 2014)

- **Calcular capacidad.**

La relación general entre tasa de producción, duración del ciclo y capacidad es bastante simple y puede establecerse como:

$$\text{Tasa de producción} = \text{capacidad} \times \left(\frac{\text{no. de ciclos}}{\text{unidad de tiempo}} \right)$$

Cuando se han considerado todos los factores de eficiencia:

$$\text{Productividad} = \text{tasa de producción} \times \text{factores de eficiencia}$$

El cálculo de la capacidad requerida es bastante directo cuando los requerimientos de producción han sido establecidos y se han estimado los tiempos de ciclo y los factores de eficiencia. Es importante recordar que los equipos están diseñados para manejar un cierto peso, por lo que en los cálculos finales se debe considerar la densidad del material, así como su esponjamiento, para asegurarse de que tiene la capacidad de manejar el material requerido. (Flores, 2013)

b. Cálculos de producción de carguío y transporte

Algunos conceptos de desglose de tiempo importantes para calcular las productividades de los equipos en cada una de las operaciones unitarias son (Flores, 2013):

- Tiempo nominal: corresponde al tiempo total considerado en el periodo de producción. Por ejemplo, el tiempo nominal en un turno es la duración del mismo (8 o 12 horas).
- Tiempo disponible: corresponde a la fracción del tiempo nominal en que el equipo está disponible para ser operado, es decir, se debe descontar al tiempo nominal todos aquellos tiempos en que el equipo esté sujeto a mantenimiento y reparaciones.

$$T_{\text{disponible}} = T_{\text{nominal}} - T_{\text{mant\&rep}}$$

- Tiempo operativo: corresponde al tiempo en que el equipo está entregado a su operador y en condiciones de realizar la labor programada. Este tiempo se divide en:
 - Tiempo efectivo: corresponde al tiempo en que el equipo está desarrollando sin inconvenientes la labor programada.

- Tiempo de pérdidas operacionales: corresponde al tiempo en que el equipo, estando operativo, realiza otras labores, tales como traslados, esperas de equipo complementario, etc.
- Tiempo de reserva: corresponde al tiempo en que el equipo, estando en condiciones de realizar la labor productiva, no es utilizado, ya sea porque no hay un operador disponible, o bien, simplemente porque no se ha considerado su operación en los programas de producción para el período actual.

$$T_{\text{disponible}} = T_{\text{operativo}} + T_{\text{reserva}} = T_{\text{efectivo}} + T_{\text{pérdidas}} + T_{\text{reserva}}$$

La clasificación de equipos de carguío se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3
Principales equipos de carguío y su clasificación.

	Sin acarreo	Acarreo mínimo
Unidad Discreta	<ul style="list-style-type: none"> • Pala eléctrica • Retroexcavadora • Pala hidráulica • Pala neumática 	<ul style="list-style-type: none"> • Cargador frontal • LHD
Flujo Continuo	<ul style="list-style-type: none"> • Excavador de baldes • Dragadora 	

Fuente: (Cusquisibán, 2014).

2.2.2. Tiempo de vida de neumáticos

a. Neumáticos que se usan en minería

Son camiones de dos ejes con caja basculante. El eje trasero, motriz, lleva, por lo general, ruedas gemelas. El eje delantero, directriz, lleva, por lo general, dos ruedas en sencillo. (Cusquisibán, 2014)

- **Distintas construcciones de neumáticos**

- El neumático macizo

En las carretillas elevadoras, se utiliza el bandaje macizo desde hace tiempo. Consta de un apilado de gomas con distintas propiedades con objeto de dotarle de la adherencia y la tracción necesaria. Se han podido ver sus limitaciones en una utilización intensiva: rápido desgaste, debido, tanto al importante calentamiento de la goma, como a riesgos de deterioro al paso de obstáculos. El neumático macizo se “rompe”. (Cusquisibán, 2014)

- 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. (Cusquisibán, 2014)

- El neumático radial

Lo ideal era disociar el trabajo de los flancos y de la cima del neumático, y especializar cada una de sus partes, para que presenten mejores prestaciones. Asocia capas metálicas o textiles, que van de un talón

al otro, a una cintura de lonas de acero indeformable que refuerza la cima del neumático. En resumen, la arquitectura radial reduce el roce y el consumo de energía. Mejora la adherencia y reduce el desgaste, mientras que su cintura de acero resiste mejor a las perforaciones.

La carcasa del neumático radial está integrada por una o más capas metálicas que van de un talón al otro. Está ceñida por tres o cuatro capas en la cima de acero indeformable. Esta estructura radial permite dissociar el trabajo de la cima con el de los flancos. La separación de las funciones proporciona al neumático mayores prestaciones. Es por ello que el neumático radial permite obtener mayor adherencia minimizando el deslizamiento, reduciendo, de este modo, la velocidad de desgaste. La cima del neumático radial cinturada resiste mejor a las agresiones y perforaciones. Su gran espesor de goma le asegura una mayor longevidad. Sus flancos, más flexibles, proporcionan mayor confort, sin que ello vaya en detrimento de la estabilidad, lo que aporta una mayor seguridad. (Cusquisibán, 2014)

- 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. (Cusquisibán, 2014)

Las ventajas son muchas:

- Desaparece el riesgo de pellizcar la cámara.
- No queda aire aprisionado entre el neumático y la cámara.
- Eliminación de un desinflado brutal (la pérdida de aire es lenta y no hace falta hacer la reparación in situ, ya que da tiempo a veces a llegar al taller de reparación), dado que el conjunto es perfectamente estanco, no hay riesgo de oxidación interior de la llanta. (Cusquisibán, 2014)

- **Las grandes familias de neumáticos**

Hay varias familias de neumáticos de Ingeniería, caracterizados por su relación de aspecto H / S (relación entre la altura del flanco y la anchura de sección del neumático). (Flores, 2013)

- Neumáticos estándar (serie 100)

La relación H/S es sensiblemente igual a 1.

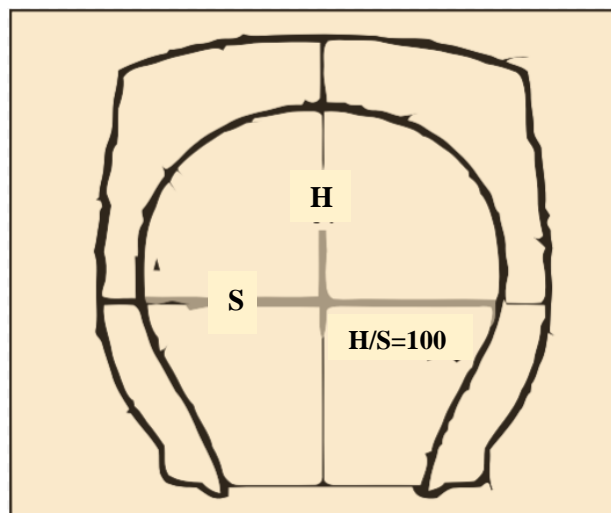


Figura 1: Neumático estándar.

Fuente: (Flores, 2013).

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

- Neumáticos anchos (serie 80)

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

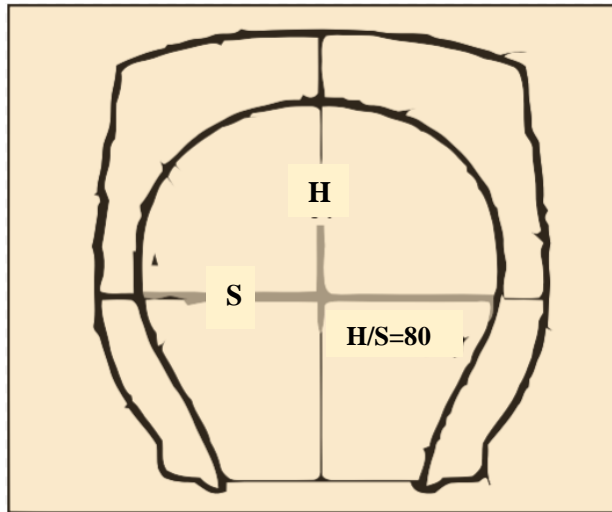


Figura 2: Neumáticos anchos.

Fuente: (Flores, 2013).

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

- Neumáticos anchos (serie <80)

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

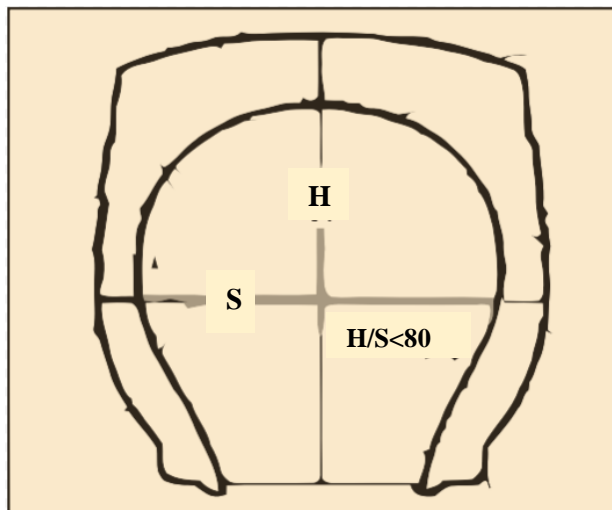


Figura 3: Neumáticos anchos.

Fuente: (Flores, 2013).

El ancho de sección se expresa en número entero en pulgadas o en número entero en milímetros, seguido del número 65. (Flores, 2013)

b. Tipos de Gomas

- 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. (Huamán, 2015)

- Bridgestone:

Tabla 4

Gomas bridgestone.

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

Fuente: (Huamán, 2015).

c. Distintas profundidades de cocada

Se distinguen cuatro grandes categorías de neumáticos de Ingeniería, caracterizados por su profundidad de dibujo (o altura

de banda de rodamiento) diferente, y que se eligen con arreglo a los usos y a las naturalezas del suelo. (Huamán, 2015)

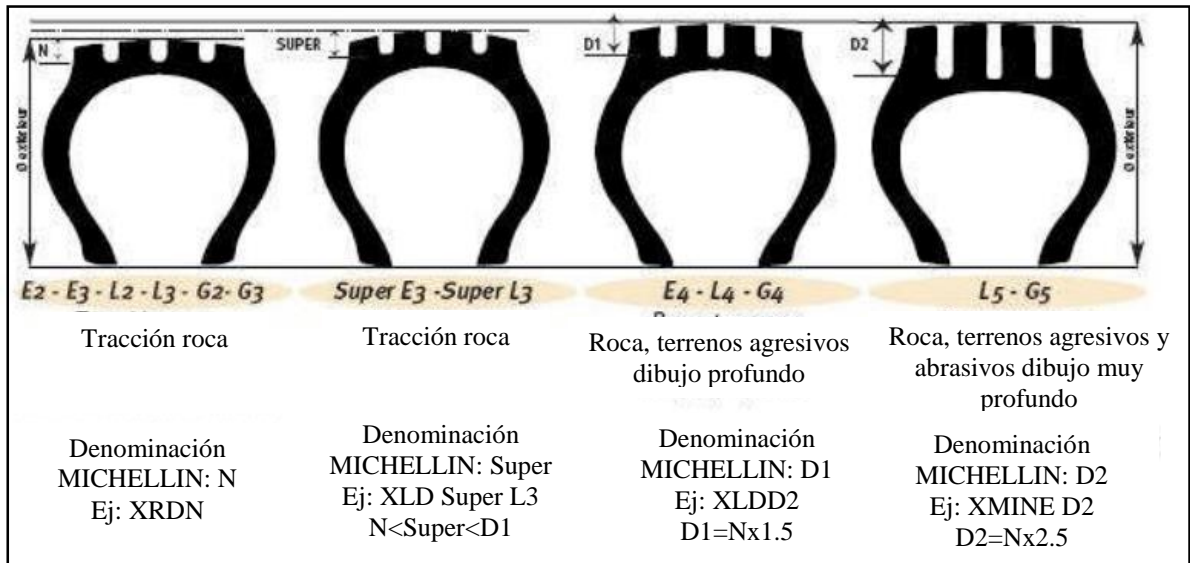


Figura 4: Profundidades de cocada.
Fuente: (Huamán, 2015).

d. Parámetros que influyen en la duración de los neumáticos

- Funcionamiento del neumático Preámbulo

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

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

Por otra parte, la compra de los neumáticos siempre supone un presupuesto significativo. Ahora bien, la aplicación de normas sencillas permite utilizar los neumáticos a su mejor potencial e incrementar, de este modo, la productividad del centro de explotación. (Marinovich, 2016)

- **Funcionamiento de un neumático**

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

Si la acción descrita más arriba es demasiado rápida, se puede superar la temperatura óptima de funcionamiento del neumático, lo que provoca una degradación del neumático. El neumático, inflado con aire (o con nitrógeno), es el órgano de contacto entre el suelo y la máquina. Está sometido a numerosas tensiones:

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

El tipo de neumático más adecuado será el que permita reducir el conjunto de dichas tensiones sin favorecer a ninguna. Se trata, por tanto, de encontrar el mejor compromiso posible. (Marinovich, 2016)

- **Límite de utilización económica del neumático**

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

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

Se puede utilizar nuestros neumáticos por encima del límite de utilización económica del neumático (cumpliendo los valores indicados en las tablas carga / presión sin sobrepasarlos); pero ello provocará una disminución en la duración de vida del neumático y una disminución de la resistencia a las agresiones. Con objeto de poder trabajar en las mejores condiciones, se debe realizar lo siguiente:

- Pesar las máquinas por ejes, en trabajo.
- No sobrepasar nunca la distancia máxima que puede recorrer el neumático en una hora. (Marinovich, 2016)

e. Descripción de las principales causas de deterioro

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

- **Un inflado insuficiente:**

Incremento de la flexión del neumático, de donde se deriva el incremento de la temperatura dentro del neumático. (Marinovich, 2016)

- **Sobre inflado:**

Desgaste prematuro de la banda de rodamiento, y una mayor sensibilidad a los choques y a los cortes. (Marinovich, 2016)

- **Sobrecarga:**

Desgaste prematuro de la banda de rodamiento, sensibilización de los flancos e incremento de la flexión del neumático, lo que origina un aumento de la temperatura dentro del neumático. (Marinovich, 2016)

- **Velocidad excesiva:**

Aumento de la temperatura dentro del neumático y desgaste prematuro de la banda de rodamiento. (Marinovich, 2016)

- **Pueden influir también estos dos factores:**

Choques importantes o combinación de los elementos anteriores. (Marinovich, 2016)

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

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

Siempre es preocupante una separación entre elementos de los neumáticos. Por lo general, es consecuencia de un calentamiento excesivo debido a una de las causas enumeradas más arriba. (Marinovich, 2016)

2.3. Definición de términos básicos

- **Llanta Usada o Neumático Fuera de Uso:** Toda llanta que ha finalizado su vida útil y se ha convertido en residuo sólido y potencial de materia prima para el reciclaje-NFU. (Flores, 2013)
- **Aprovechamiento de Llantas Usadas:** Es la recuperación y transformación de las llantas, con el objeto de descomponerlas en sus principales componentes para incorporarlas nuevamente en los procesos productivos mediante métodos como el reciclaje. (Cusquisibán, 2014)
- **Caucho:** Sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica. El caucho sintético se prepara a partir de reacciones químicas, conocidas como condensación o polimerización, a partir de determinados hidrocarburos insaturados. (Marinovich, 2016)
- **Granulo de Caucho Reciclado- GCR:** Este proceso consiste en la trituración de la llanta separando sus diferentes componentes como el caucho, el acero y las fibras textiles. El caucho es triturado en varias fases hasta obtener un grano de caucho de diferentes tamaños. (Cusquisibán, 2014)

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Ubicación

El proyecto minero de la concesión minera no metálica Divina Revelación, se ubica al Nor-Oeste del Perú, en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, Distrito de Magdalena.



Figura 5: Ubicación de la concesión minera Divina Revelación.

El área de la concesión es de 900 hectáreas:

3.2. Equipos empleados en el carguío y acarreo

3.2.1. Volquetones de 30 Toneladas. Mercedes Benz, scania volvo foton

En la mina se cuenta con 4 de estas unidades.

- Modelo: Actros 4144K 8x4 (Volquete Minero)
- Marca: Mercedes-Benz
- Tracción: 8x4
- Tipo: 6 Cilindros en V, Turbo compresor e Intercooler con Freno de motor
- Transmisión: MB G240 de 16 velocidades con doble overdrive + 02 de reversa
- Motor: 11,946 cc
- Potencia: 435
- Tipo de Potencia: CV
- PBV: 50,000 kg
- Distancia entre ejes: 4,500 mm
- Capacidad de carga: 38,712 kg
- Largo Carrozable: 5,849 mm
- Capacidad eje delantero: 18,000 kg
- Capacidad eje trasero: 32,000 kg



Figura 6: Volquete de 30 toneladas para la empresa S.M.R.L. Divina Revelación.

3.2.2. Retroexcavadoras CAT320

En la mina se cuenta con 1 de estas unidades.

-	Peso operativo	21.5 t
-	Fabricante del motor	Caterpillar
-	Tipo de motor	C6.4Acert
-	Dimensiones de equipos.	largo/ancho/ancho
	8,96x2,98x3,12 m	
-	Energía del motor	103 KW
-	Capacidad del balde	1 m ³
-	Anchura de la zapata	600 mm
-	Pluma	MB
-	Displacement	6.4 l
-	Revoluciones al máximo torque	1800 min-1
-	Alcance horizontal	9.83 m
-	Profundidad de dragado	6.65 m
-	Bucket Breakout forcé	106 kN
-	Ancho del balde	1 m



Figura 7: Retroexcavadora de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación trabajando en acarreo de desmonte.

3.2.3. Volquete de 15 Metros Cúbicos

En la mina se cuenta con 2 de estas unidades.

- Motor: Volvo D13A 440
- Potencia: 440HP
- Torque: 2200N.m
- Caja: VT2514B (14 cambios)
- Freno Motor: VEB
- Tolva: Semiroquera RMB Sateci 20m³
- PBV: 50 toneladas
- Horómetros: 21,300 horas.



Figura 8: Volquete de S.M.R.L. Divina Revelación.

3.2.4. Volquetes de 2 Metros Cúbicos Forlan

En la mina se cuenta con 2 de estas unidades.

- Modelo: BJ3052V3PBB-A1
- Potencia: Diesel
- Norma de emisión: Euro 2
- Capacidad del motor: <4L Caballos de fuerza: 115
- Certificación de neumático: ECE, GCC, ISO, DOT
- Tipo de descarga: Front Lifting Style
- Dimensiones (L x A x H) : 5955 x 2223 x 2730
- Foton Cabina: Unilateral y media fila
- Neumático de la cabina: 12.00r20
- Marca: FOTON FORLAND camión volqueta
- Tipo de caja de cambios: Manual Capacidad de carga: 1-10t
- Rueda motriz: 4 x 2
- Asientos: ≤5
- Tipo de neumático: Neumático Sólido Diseño del neumático: Radial
- Tipo de conducción: 4X2

- Transmisión: Wly5-45hf 5 velocidades
- Dirección: Asistencia de potencia

3.2.5. Camionetas 4X4

En la mina se cuenta con 3 de estas unidades.

Tabla 5
Características de la camioneta 4x4.

Combustible:	Diésel
Cilindrada:	2500 cc
Potencia:	142/ No disponible cv/rpm
Torque:	325/ No disponible N·m/rpm
Alimentación:	inyección directa common rail turbo intercooler
Cilindros:	4 en línea
Válvulas:	16
Catalítico:	Sí
Sistema start / stop:	N/D
Motor - tracción:	delantero - integral permanente
Transmisión:	manual 5 velocidades
Neumáticos:	205/R16
Frenos (del. - tras.):	discos ventilados – tambor
Suspensión delantera:	horquilla doble con barra de torsión
Suspensión trasera:	eje rígido

3.3. Resistencia a la rodadura

Se define como la capacidad de carga sin perder su forma de la vía por donde el camión rueda sus neumáticos y penetra la rodadura. Ésta se expresa de la siguiente manera:

$$RR (\%) = Pequipo (0.02+(0.006)(Cpenetracion))$$

Donde:

RR = Resistencia a la rodadura

Pequipo = Peso de equipo

Cpenetración = Centímetros de penetración

3.3.1. Del volquetón

$$RR (\%) = 50 \text{ Toneladas } (0.02+(0.006)(10))$$

$$RR (\%) = 50 \text{ Toneladas } (0.08)$$

$$RR (\%) = 4\%$$

Donde:

RR = Resistencia a la rodadura

Pequipo = 50 Toneladas

Cpenetración = 10 Cm (debido a que su recorrido implica trochas)

3.3.2. De la retroexcavadora

$$RR (\%) = 35 \text{ Toneladas } (0.02+(0.006)(15))$$

$$RR (\%) = 50 \text{ Toneladas } (0.11)$$

$$RR (\%) = 3.85\%$$

Donde:

RR = Resistencia a la rodadura

Pequipo = 35 Toneladas

Cpenetración = 15 Cm (debido a que su recorrido es solo en cantera)

3.3.3. Del volquete 15 m³

$$RR (\%) = 41 \text{ Toneladas } (0.02+(0.006)(10))$$

$$RR (\%) = 50 \text{ Toneladas } (0.08)$$

$$RR (\%) = 3.28\%$$

Donde:

RR = Resistencia a la rodadura

Pequipo = 41 Toneladas

Cpenetración = 10 Cm (debido a que su recorrido incluye trocha)

3.3.4. Del volquete 2 m³

$$RR (\%) = 13.5 \text{ Toneladas } (0.02+(0.006)(10))$$

$$RR (\%) = 13.5 \text{ Toneladas } (0.08)$$

$$RR (\%) = 1.08\%$$

Donde:

RR = Resistencia a la rodadura

Pequipo = 13.5 Toneladas

Cpenetración = 10 Cm (debido a que su recorrido incluye trocha)

3.3.5. De la camioneta 4x4

$$RR (\%) = 2.840 \text{ Toneladas } (0.02+(0.006)(10))$$

$$RR (\%) = 2.84 \text{ Toneladas } (0.08)$$

$$RR (\%) = 0.23\%$$

Donde:

RR = Resistencia a la rodadura

Pequipo = 2.84 Toneladas

Cpenetración = 10 Cm (debido a que su recorrido incluye trocha).

3.4. Identificación de factores que influyen en la duración de vida de los neumáticos en S.M.R.L. Divina Revelación.

3.4.1. La temperatura interna de funcionamiento

En la empresa se ha detectado que cuando un neumático rueda, se calienta debido a:

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

3.4.2. Influencia de la presión en la duración de un neumático

De acuerdo a las consultas realizadas a los mecánicos de empresa se determinó que:

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

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

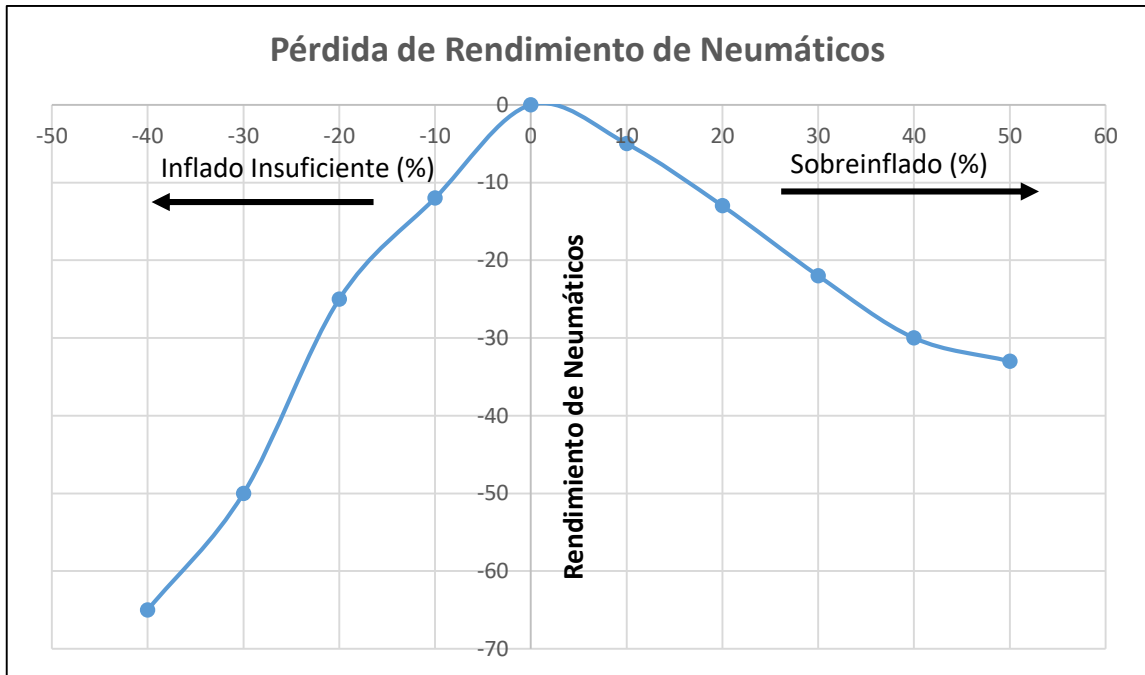


Figura 9: Pérdida de rendimiento de neumáticos en S.M.R.L. Divina Revelación..

3.4.3. Diferencia ente los diámetros de los neumáticos montados sobre el vehículo

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

3.4.4. La sobrecarga

A veces encontramos una sobrecarga en los neumáticos, sobrecarga que se debe, a veces, a la naturaleza y al estado del material transportado, por ejemplo, en el volquete de 15 m³ que transporta roca caliza, así como a la forma en que se efectúa la carga.

Con la adecuada consulta a los mecánicos de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación se determinó que:

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

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

3.4.5. La conducción de la máquina

De acuerdo a la evaluación por parte de los mecánicos de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, y las consultas realizadas a los conductores de los equipos empleados en el carguío y acarreo se determinó que las causas que del desgaste de los neumáticos se deben a las fallas realizadas por los conductores:

- De los frenazos brutales y repetitivos.
- De las bruscas aceleraciones.
- De las curvas tomadas a gran velocidad (aumento excesivo del calentamiento).
- Del patinazo de las ruedas motrices.
- De la mala conducción de una cargadora durante la carga (patinazo de las ruedas) se reduce de forma espectacular la vida de los neumáticos.

3.4.6. La duración y la longitud de los ciclos

Unos ciclos largos, sobre todo en la pista desde Cajamarca a Minera Yanacocha, favorecen velocidades elevadas y, por tanto, importantes elevaciones de la temperatura en el interior de los neumáticos. Lo mismo ocurre cuando es importante el tiempo de rodaje en comparación con el tiempo de reposo del vehículo.

3.4.7. El mantenimiento mecánico de los vehículos

Existen equipos de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación encargados del acarreo que no se encuentran en muy buen estado mecánico de una máquina e influye en la duración de vida de los neumáticos.

- En el caso de la retroexcavadora los frenos están defectuosos, y hacen que se calienten excesivamente las ruedas metálicas y, por tanto, los neumáticos.
- Un paralelismo incorrecto de las ruedas directrices de las camionetas.
- Holgura en las manguetas, rótulas, pivote, etc.

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

3.4.8. El trazado y el mantenimiento de las pistas

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

- Pendientes en descenso: se encuentran dentro de la concesión Divina Revelación y en la trocha carrozable de Cajamarca a Magdalena (Operaciones Divina Revelación), en el caso de los volquetes y volquetones se incrementará la carga sobre el eje anterior con el valor de la pendiente.
- La pista inclinada, en línea recta, o en curva con peralte que se presenta desde Cajamarca a Minera Yanacocha, incrementarán de forma significativa la carga de los volquetones con cal soportada por los neumáticos situados en el lado contrario al peralte.

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

tales como choques, cortes, perforaciones, etc. La determinación de la presión y el asegurar su conservación son vitales para optimizar el servicio prestado por el neumático y la longevidad del mismo. En la concesión Divina Revelación, las agresiones de todo tipo para el neumático son permanentes. Pero cualquier cambio en las condiciones de explotación, naturaleza del suelo, longitud de los ciclos y perfil de las pistas puede hacer inadecuado a un neumático que había dado resultados plenamente satisfactorios hasta entonces.

3.5. Medidas para mejorar la eficiencia del tiempo de vida de los neumáticos

3.5.1. Asegurar una presión adecuada

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

3.5.2. Sobrecargas

a. Sobrecarga permanente

Es preciso cargar el equipo con la cantidad recomendada sin ser excedida.

El material con el que se trabaja puede tener una densidad más elevada que de costumbre.

b. Sobrecarga puntual

El volquete volvo de 15 metros cúbicos específicamente carga roca caliza que la mayoría de las veces, se vincula con una carga incorrecta, que hace que la mayor parte de la carga se apoye sobre un eje, un lado, un neumático. Por tanto, se recomienda tanto al operador de la excavadora como al de la retroexcavadora realizar el cargado uniformemente.

3.5.3. Conducción de la máquina

Es preciso que el operario de los volquetes, volquetones, camionetas y retroexcavadoras, tome las siguientes medidas:

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

3.5.4. Construcción de las pistas

Cuando se construyan los accesos dentro de la cantera o concesión Divina Revelación, hay que hacer un correcto trazado de las curvas y circular a velocidades compatibles con los radios y la inclinación de las curvas.

Tabla 6

Indicaciones para relación entre radio, velocidad y peralte para deriva cero.

Radio		Velocidad										
		Km/h	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
		mph	9	12	15	20	22	25	28	31	35	40
M	Ft	Peralte										
50	165	3.5	6	10								
60	195	3	5	8	12							
70	230	2.5	4.5	7	10							
80	260	2	4	6	9	12						
90	295	2	3.5	5.5	8	10.5						
100	330	1.5	3	5	7	9.5						
125	410		2.5	3.5	5.5	7.5	10					
150	490		2	3	5	6.5	8.5	10.5				
175	575			2.5	4	5.5	7	9	11			
200	655				3.5	5	6	8	10	12		
250	820					4	5	7	8	10		
300	985						3	4	5	6	8	10

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

Tabla 7

Indicaciones para rodaje en curva no peraltada.

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

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

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

3.5.5. Métodos de inflado

c. El inflado con aire

En caso de que los neumáticos de los equipos de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación. Se recomienda lo siguiente:

- El caudal del compresor ha de ser suficiente (43 m³/h para una presión de 12 bar mínimo) y el tamaño del depósito, adecuado a la dimensión de los neumáticos.

d. El inflado con nitrógeno

¿Por qué inflar con nitrógeno para los equipos de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación?

El nitrógeno puede utilizarse para el inflado de neumáticos con vistas a eliminar el riesgo de combustión interna del neumático, con el riesgo asociado de una explosión. El inflado con nitrógeno

suprime dicho riesgo, al eliminar el oxígeno que es necesario para la combustión y la explosión.

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

3.6. Capacidad de trabajo de un neumático

3.6.1. Carga media por neumático (Q_m)

Se obtiene por la relación:

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

Donde:

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

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

a. Para Volquetones (30 toneladas)

Q_c = 80 toneladas / 4 ejes = 20 toneladas.

Q_v = 50 toneladas / 4 ejes = 12.5 toneladas.

$$Q_m = \frac{20 + 12.5}{2} = 16.25 \text{ Ton.}$$

b. Para Volquetes (15 m³)

Q_c = 56 toneladas / 4 ejes = 14 toneladas.

Q_v = 41 toneladas / 4 ejes = 10.25 toneladas.

$$Q_m = \frac{14 + 10.25}{2} = 12.13 \text{ Ton}$$

c. Para Retroexcavadora

$$Q_c = 35 \text{ toneladas} / 4 \text{ ejes} = 8.75 \text{ toneladas.}$$

$$Q_v = 38 \text{ toneladas} / 4 \text{ ejes} = 9.5 \text{ toneladas.}$$

$$Q_m = \frac{8.75 + 9.5}{2} = 9.13 \text{ Ton.}$$

d. Para Volquete 2 m³

$$Q_c = 13.5 \text{ toneladas} / 4 \text{ ejes} = 3.38 \text{ toneladas.}$$

$$Q_v = 16 \text{ toneladas} / 4 \text{ ejes} = 4 \text{ toneladas.}$$

$$Q_m = \frac{3.38 + 4}{2} = 3.69 \text{ Ton.}$$

e. Para Camionetas 4x4

$$Q_c = 2.84 \text{ toneladas} / 4 \text{ ejes} = 0.71 \text{ toneladas.}$$

$$Q_v = 4.84 \text{ toneladas} / 4 \text{ ejes} = 1.21 \text{ toneladas.}$$

$$Q_m = \frac{0.71 + 1.21}{2} = 0.99 \text{ Ton.}$$

3.6.2. Velocidad media del ciclo de referencia (Vm)

Se obtiene por la relación:

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

Donde:

L = longitud del ciclo en kilómetros (TKPH).

H = duración del ciclo de referencia en horas.

a. Para Volquetones (30 toneladas)

Los volquetones recorren desde las instalaciones de la concesión Divina Revelación en Magdalena hasta Minera Yanacochoa,

dentro de dicha minera se trasladan a la zona indicada para acumular la cal.

- De Cajamarca a Minera Yanacocha hay 45 Km de recorrido.
- De Cajamarca a Concesión Divina Revelación (Magdalena) hay 25 Km de recorrido
- Dentro de minera Yanacocha de acuerdo a los operarios se recorre un promedio de 20 Km.
- El recorrido total dura 6.5 horas

Por tanto:

$$L = 90 \text{ Km.}$$

$$H = 6.5 \text{ horas.}$$

$$V_m = \frac{L}{H} = \frac{90}{6.5} = 13.85 \text{ Km/h}$$

b. Para Volquetes (15 m³)

Los volquetes recorren desde las instalaciones de la concesión Divina Revelación a la planta Gavilán donde se cuenta con 3 hornos más de calcinación, transportando roca caliza.

- De Divina Revelación (Magdalena) a Gavilán existen 35 Km
- El recorrido total dura 3 horas

Por tanto:

$$L = 35 \text{ Km.}$$

$$H = 3 \text{ horas.}$$

$$V_m = \frac{L}{H} = \frac{35}{3} = 11.7 \text{ Km/h}$$

c. Para Retroexcavadora

La retroexcavadora realiza trabajos de carguío de roca caliza a los volquetes de acuerdo a los datos tomados en el horómetro se calcula que en recorrer 2 Km se demora 1 hora.

Por tanto:

$$L = 2 \text{ Km.}$$

$$H = 1 \text{ horas.}$$

$$V_m = \frac{L}{H} = \frac{2}{1} = 2 \text{ Km/h}$$

d. Para Volquete 2 m³

Estos volquetes se encargan de transportar el combustible para los equipos de línea amarilla. Su recorrido va desde Cajamarca a la concesión Divina Revelación (25 Km).

Por tanto:

$$L = 25 \text{ Km.}$$

$$H = 2.5 \text{ horas.}$$

$$V_m = \frac{L}{H} = \frac{25}{2.5} = 10 \text{ Km/h}$$

e. Para Camionetas 4x4

Las camionetas se utilizan para escoltar a los volquetones y realizan el mismo recorrido.

- De Cajamarca a Minera Yanacocha hay 45 Km de recorrido.
- De Cajamarca a Concesión Divina Revelación (Magdalena) hay 25 Km de recorrido
- Dentro de minera Yanacocha de acuerdo a los operarios se recorre un promedio de 20 Km.
- El recorrido total dura 6.5 horas por la camioneta

Por tanto:

$$L = 90 \text{ Km.}$$

$$H = 6.5 \text{ horas.}$$

$$V_m = \frac{L}{H} = \frac{90}{6.5} = 13.85 \text{ Km/h}$$

3.6.3. TKPH explotación de base o TMPH explotación de base

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

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

Donde:

Q_m = Carga media por neumático.

V_m = Velocidad media de un ciclo en kilómetros (o en millas).

a. Para Volquetones (30 toneladas)

$$\text{TKPH explotación de base} = 16.25 \text{ Ton} \times 13.85 \text{ Km/h}$$

$$\text{TKPH explotación de base} = 225.06 \text{ Ton Km/h}$$

b. Para Volquetes (15 m³)

$$\text{TKPH explotación de base} = 12.13 \text{ Ton} \times 11.7 \text{ Km/h}$$

$$\text{TKPH explotación de base} = 141.9 \text{ Ton Km/h}$$

c. Para Retroexcavadora

$$\text{TKPH explotación de base} = 9.13 \text{ Ton} \times 2 \text{ Km/h}$$

$$\text{TKPH explotación de base} = 18.26 \text{ Ton Km/h}$$

d. Para Volquete 2 m³

$$\text{TKPH explotación de base} = 3.69 \text{ Ton} \times 10 \text{ Km/h}$$

$$\text{TKPH explotación de base} = 36.9 \text{ Ton Km/h}$$

e. Para Camionetas 4x4

$$\text{TKPH explotación de base} = 0.99 \text{ Ton} \times 13.85 \text{ Km/h}$$

$$\text{TKPH explotación de base} = 13.71 \text{ Ton Km/h}$$

3.7. Motivos de desecho de un neumático

3.7.1. Cortes

Este motivo de desecho de neumáticos es uno de los más frecuentes en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, el 80% de los cortes se producen en la Banda de Rodamiento mientras que el 20% restante se producen por incidentes con objetos cortantes.



Figura 10: Cortes en los neumáticos.

3.7.2. Excesivo Calor

Dentro de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación se evidenció que en los volquetes de 15 m³ se ocasiona por exceso de velocidad del equipo la cual el neumático no puede soportar. Los neumáticos de minería son diseñados para soportar carga más no velocidad, los retornos en vacío del equipo no deben exceder los 40 km/h para no perjudicar la capacidad de disipación del calor de los neumáticos; esto se manifiesta con olor a quemado y separación de la banda de rodamiento.



Figura 11: Deformación por calor en velocidad de los neumáticos.

3.7.3. Sobre esfuerzo (separación mecánica):

Ocasionada por sobrecarga, cargas descentradas y/o maniobras penalizantes como curvas cerradas o ingresos a botaderos a alta velocidad. Esto origina que el neumático no pueda soportar las toneladas que sobre ella se aplican rompiéndose los cables internos de acero a la altura del hombro del neumático creando protuberancias visibles, este es el motivo por la cual se pierden muchos neumáticos con alta cocada sin alcanzar su vida útil. Para obtener un buen carguío y por lo cual cargas centradas entonces debemos tener una buena fragmentación en el corte, recomendando no cargar rocas demasiado grandes a los volquetes.



Figura 12: Rocas muy grandes cargadas en volquetes.

3.7.4. Sobre inflado:

Las presiones de inflado alto generan desgaste prematuro en la banda de rodamiento enviando al neumático prematuramente a desecho.



Figura 13: Llantas sobreinfladas.

3.7.5. Inflado insuficiente:

Los neumáticos con demasiada carga y baja presión de inflado están propensos a demasiada deflexión y por consiguiente a un mayor número de cortes.



Figura 14: Llantas con poco inflado.

3.8. Identificación zonas de carguío, vías de acarreo y entrega de cal

Las explotaciones mineras en la concesión Divina Revelación se desarrollan en la superficie del terreno.

Para la explotación de esta mina a cielo abierto, es necesario excavar, con medios mecánicos y con explosivos, los terrenos que recubren la formación geológica Cajamarca. La formación Cajamarca a explotar se le llama mineral integrado por calizas.

La mina a cielo abierto Divina Revelación es económicamente rentable ya que el yacimiento aflora en superficie, se encuentra cerca de la superficie, con un recubrimiento pequeño de material orgánico o suelo.

La cantera de la concesión Divina Revelación está compuesta de estratos potentes de roca caliza de la formación geológica Cajamarca, donde los bancos se consideran de 2.6 metros cada uno, actualmente aún no se les da forma a los bancos, ya que existe un solo talud general; de acuerdo al avance de explotación se irá dando forma y medidas a los bancos.

3.8.1. Plataforma de Chancado de Caliza:

La caliza es extraída de la cantera y trasladada en volquetes a la zona de chancado, que es colindante a la zona de chancado de carbón y a los hornos de calcinación.



Figura 15: Zona de chancado de caliza.

3.8.2. Hornos de Calcinación:

En total son cuatro hornos, todos los hornos de calcinación de calizas son parecidos, son tipo cuba, cilíndricos y tienen 8.0 m de altura, dos hornos de 3.0 y dos hornos de 3.5 m de diámetro. Su construcción se realiza usando ladrillo de arcilla tipo king kong; estos hornos son verticales continuos.

3.8.3. Carguío de Cal Granada

La producción ha aumentado en los últimos años, lo cual ha sido necesario ampliar la zona de carguío e implementar el techo de esta zona, ya que las frecuentes lluvias apagan la cal.

3.8.4. Silo:

El silo se ha construido específicamente para cargar la cal en los volquetones de 30 toneladas.

3.8.5. Desmontera de Cantera

Aquí se coloca los desperdicios de la cantera referentes al ripio generado en la extracción de roca caliza.

3.8.6. Vías dentro de la concesión

En la cantera de la concesión Divina Revelación se encuentran vías de carguío y acarreo de la cantera a la zona de chancado.

3.8.7. Vía de Cajamarca a Minera Yanacocha

La empresa S.M.R.L. Divina Revelación cuenta con un contrato de abastecimiento de óxido de calcio a minera Yanacocha, por tanto, se traslada el producto minero en volquetones hacia la mina.



Figura 16: Vía de Cajamarca a Minera Yanacocha.

3.8.8. Vías dentro de Minera Yanacocha

La empresa Yanacocha especifica las rutas de descargue de cal, por lo tanto, los volquetones se trasladan al lugar indicado por la siguiente vía.



Figura 17: Vía dentro de Minera Yanacocha.

3.9. Plan de mantenimiento

La programación de las actividades y la frecuencia de ejecución de las mismas indicadas, se realizaron con base en las instrucciones de los fabricantes y a las recomendaciones de los operadores y mecánicos que poseen mayor experiencia en la maniobra de los mismos.

De igual forma se establecieron para cada una de las actividades programadas, las herramientas, equipos y personal necesarios para su ejecución, con el fin de generar un estimativo sobre los costos en los que debe incurrir la empresa para llevar a cabo el plan, cabe destacar, que los recursos asignados en este plan, solo corresponden a un deber ser y se establecen con el propósito anteriormente mencionado, por lo cual, son susceptibles de ser modificados de acuerdo a la disponibilidad de los mismos y de los recursos económicos de la empresa.

Por otro lado, y con la finalidad de ejercer un mejor control sobre el cumplimiento del plan propuesto, se diseñó en primera instancia un formato de operación diaria, que tal como su nombre lo indica se debe diligenciar diariamente, y corresponde a una lista de chequeo que evalúa si los

aspectos fundamentales para el trabajo de un equipo poseen las condiciones adecuadas para su funcionamiento.

Adicionalmente, se crearon los planes de mantenimiento que indican la frecuencia y periodicidad de ejecución de las actividades, las fichas de programación de mantenimiento que de una forma más específica indican la fecha y hora de realización y en el que se incluyen las actividades preventivas adicionales, el formato de solicitud de mantenimiento, mediante el cual se realizan los requerimientos de los recursos necesarios para desarrollar la actividad según lo programado para cada sistema.

A continuación, se ilustra proceso propuesto para el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo, seguido de la descripción de los planes propuestos para cada equipo.

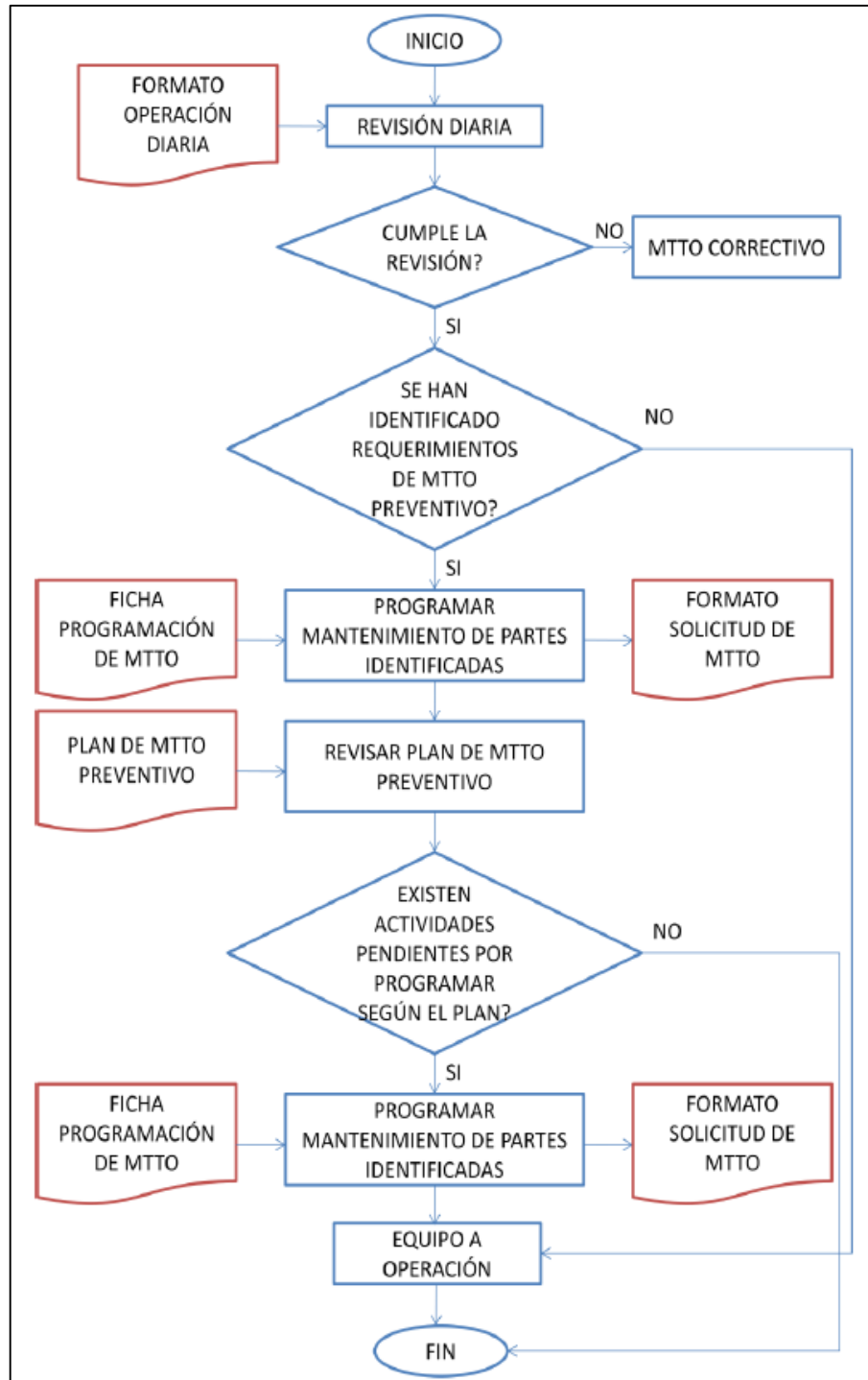


Figura 18: Proceso de mantenimiento preventivo.
Nota: MTTO = Mantenimiento.

Se cuenta tipos de fichas de mantenimiento, las cuales son: Formato de operación diaria, Ficha de programación y Solicitud de mantenimiento. A continuación, se explicará la función de cada una.

Formato de operación diaria: En este formato se registrará diariamente los datos obtenidos de la revisión correspondiente a los componentes de la maquinaria, se realizará una inspección de las condiciones mínimas requerida por el fabricante para la operación del equipo. En la parte superior del formato se ingresa nombres de quien realiza la revisión y la fecha de esta, en nuestro caso particular el operador siempre será el encargado de realizar esta operación. Seguidamente encontraremos todas las actividades de inspección pertinentes a cada máquina en donde el operador dependiendo del estado del componente registrará si está en buen o mal estado, simbolizados en el formato con la letra B y M respectivamente. Si el operador encuentra una avería o un fallo inminente debe reportar en el espacio de observaciones la anomalía encontrada, se finaliza el formato firmando y entregado al jefe de mantenimiento.

Tabla 8

Formato Inspección diaria para retroexcavadora.

INSPECCIÓN DIARIA															
Fecha Inspección:															
Nombre Operador															
Grúa:															
No.	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	LUN		MAR		MIER		JUEV		VIER		SAB		DOM	
		B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
	HOROMETRO MOTOR GRÚA														
	HOROMETRO MOTOR CAMIÓN														
1	Estado de luces de trabajo delanteras														
2	Estado de luces de trabajo traseras														
3	Estado de la cubierta contra el sol														
4	Estado del cinturón de seguridad														
5	Extintor de 10 Lbs PQS.														
6	Estado del asiento del operador														
7	Estado de mandos de izaje del Boom y cable														
8	Estado del tablero de control														
9	Estado del exhosto (tubo de escape humos)														
10	Alarma de reversa o emergencia y Pito														
11	Escaleras y apoyos de acceso														
12	Estado del sistema hidráulico														
13	Estado de mangueras del sistema Hidráulico														
14	Estado de mecanismo de giro														
15	Estado general de la estructura del boom y Jib														
16	Estado de cable de izaje de la carga														
17	Estado de gancho, lenguete, pasador, abertura														
18	Estado general de roldanas (pasadores cama)														
19	Estado del tambor del winche Primario y Secundario														
20	Estado del mando de bloqueo de avance														
21	Estado tornillo de anclaje del contrapeso														
22	Estructura de soporte del contrapeso/tornillos														
23	Estado de los indicadores de ángulo														
24	Carta de carga														
25	Conos de señalización														
26	Estructura y soportes del boom (pasadores)														
27	Avisos de preventivos en el equipo														
28	Estado de la punta del boom														
29	Estado de estrobos y ganchos adicionales														
30	Estado de la Transmisión														
31	Estado de la Dirección														
32	Estado del Embrague														
33	Estado de Frenos														
34	Estado de los Gatos Estabilizadores														

Tabla 9
Formato solicitud de mantenimiento.

Tipo de Mantenimiento	Correctivo <input type="checkbox"/>	Preventivo <input type="checkbox"/>	Fecha de Solicitud	dd	mm	aaa
Equipo			Referencia/ Modelo			
Proveedor del servicio	Personal Interno <input type="checkbox"/>			Nombre de quien		
	Personal Externo <input type="checkbox"/>			Ejecuta		
Sistema hidraulico		Sistema mecánica		Sistema eléctrico		
Hidrometro						

1. Descripción de la solicitud	Diagnostico
.....
.....
.....
.....

3. Trabajos realizados	
.....
.....
.....
.....
.....

4. Repuestos o materiales			
Descripción	Cant.	Descripción	Cant.
.....		
.....		
.....		

5. Prueba				
Fecha de Prueba	Responsables de la Prueba		Resultados de la Prueba	Satisfactorio
dd mm aaa				No satisfactorio

6. Observaciones	
.....
.....
.....
.....

Valor de Mo		Valor de la prueba		Valor Total del Mtto	
Cant. H.H.					

Elaborado Por:	Recibido a satisfacción:
----------------	--------------------------

3.9.1. Estimación del tiempo de mantenimiento

Para iniciar se hace necesario anotar que estos cálculos son estimaciones resultantes de labores de mantenimiento que se hicieron en campo en diferentes ocasiones, así como también están influidas por la experticia de los operarios y mecánicos de la compañía con los que se estuvo en conversaciones durante el desarrollo de este trabajo. Por tanto, se tuvo la oportunidad de comparar datos históricos reales y los obtenidos durante las labores realizadas, luego de esto, se realizó un análisis que hace posible afinar estos valores a un punto en que las estimaciones de los trabajos más completos puedan realizarse con exactitud.

La filosofía básica de la estimación, es reducir cada tarea a sus elementos de trabajos básicos y establecer valores de tiempo para cada elemento. La suma de los valores de tiempo de cada elemento de una tarea pertenece a una unidad de trabajo de la estimación de los tiempos.



Figura 19: Proceso de creación de presupuesto.

A continuación, se realiza para cada máquina y/o equipo el plan de mantenimiento, se debe tener en cuenta todos los sistemas (hidráulico, mecánico, eléctrico) que constituyen a estas, así como también sus repuestos (filtros y aceites). Es indispensable anotar que la frecuencia de trabajo y duración de la actividad establecida para éste, se encuentra dada en horas (H). En algunos casos se encontrará la abreviatura N/A (No aplica) en la sección de Herramientas y Equipos, es decir, no se necesita de éstos para realizar la labor de mantenimiento.

a) Retroexcavadora

- Motor

Tabla 10

Plan motor retro cargador 3c y 214E.

FRECUENCIA(H)	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	PERSONAL	Duración de la Actividad en horas
10	Comprobar nivel liquido refrigerante	N/A	Operador	1
1000	Vaciar y Llenar Sistema de refrigeración -	Deposito o caneca, llave de ½"	Mecánico 2	2
10	Comprobar Nivel de aceite	Varilla de nivel o sonda	Operador	0,15
250	Cambiar Aceite y filtro	Suelta filtro, caneca	Mecánico 2	2
500	Cambiar Elemento externo del filtro de aire (4)	N/A	Operador	0,1
1000	Cambiar Elemento interno del filtro de aire	N/A	Operador	0,1
10	Vaciar separador de agua y filtro de combustible del motor	Suelta filtro	Operador	0,17
250	Cambiar Filtro del separador de agua	Suelta filtro	Mecánico 2	0,17
250	Cambiar Filtro de combustible del motor	Suelta filtro	Mecánico 2	0,1
500	Comprobar correa y accesorios	Llave de 3/4"	Mecánico 2	0,1
6000	Cambiar correa y accesorios	Llave de 3/4"	Mecánico 2	0,5
250	Comprobar ajuste de los soportes de motor	Dado de ¾ con extensión y palanca	Mecánico 1	0,25
250	Comprobar estado de todas las mangueras	N/A	Mecánico 1	1
500	Limpiar radiador	Hidrolavadora	Contratista	24
2000	Limpiar tamiz de respiradero	wipe	Operador	0,1
2000	Comprobar y ajustar separaciones de las válvulas	Calibrador, destornillador de paletas, llave de ½".	Mecánico 1	3
2000	Comprobar retenes del tubo de llenado de aceite	N/A	Mecánico 2	0,17
2000	Cambiar de tapa de balancines y de inyectores	Llave de ½"	Mecánico 1	1
6000	Inyectores	Juego de dados de 7/16 hasta 1" llave de expansión, pinzas, destornilladores.	Mecánico 1 y laboratorio de inyección	24
6000	Conducto de rebose de inyectores	Juego de dados de 7/16 hasta 1" llave de expansión, pinzas, destornilladores.	Mecánico 1	0,5
6000	Examinar líneas de combustible de alta presión	Llave de ¾".	Mecánico 1	0,25

Para este tipo de motores es recomendable usar un buen combustible y aceite para prolongar la vida útil de todos los sistemas que componen al motor.

- Transmisión, puente y dirección

Tabla 11

Plan transmisión, puente y dirección retro cargador 3c.

FRECUENCIA(H)	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	PERSONAL	Duración de la Actividad en horas
10	Comprobar Nivel de aceite de la transmisión	Llave L N° 10	Mecánico 1	0,25
1000	Cambiar aceite de la transmisión	Llave L N° 10, caneca, embudo	Mecánico 1	1
500	cambiar filtro de la transmisión	Suelta filtro	Mecánico 1	0,25
250	Comprobar niveles de aceite en puentes, incluido los cubos	Herramientas menores y varilla de nivel	Mecánico 1	0,33
1000	Cambiar aceite de puentes, incluidos los cubos	Llave L N° 10, caneca, embudo	Mecánico 1 y Mecánico 2	2
500	Cambiar aceites de puentes - diferenciales de patinamiento de limitado	Llave L N° 10, caneca, embudo	Mecánico 1	1
10	Comprobar estado de los neumático y presiones	Calibrador	Operador	0,1
250	Comprobar cojinetes de cubos delanteros	Llave de 1 1/8"	Operador	0,25
1000	Limpiar pre filtro de la transmisión	wipe	Operador	0,15
10	Engrasar semiejes	Aceitera	Operador	0,1
250	Comprobar movimiento y acuíamiento del puente de la dirección	N/A	Mecánico 1	0,1
250	Engrasar pivotes y varillas del puente de la dirección	Aceitera	Mecánico 1	0,25
250	Comprobar pivote principal de puente delantero	N/A	Mecánico 1	0,3

Para un buen funcionamiento de este sistema, se necesita estar muy atentos al nivel de aceite.

- **Sistema hidráulico**

Tabla 12

Plan sistema hidráulico retro cargador 3c.

FRECUENCIA(H)	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	PERSONAL	Duración de la Actividad en horas
10	Comprobar nivel de aceite hidráulico	N/A	Operador	0,1
2000	Muestrear y cambiar aceite hidráulico	Deposito de muestra, embudo, llave de 7/16", caneca.	Mecánico 1 y 2	4
500	Cambiar filtro de aceite hidráulico	Suelta filtro	Mecánico 2	0,17
250	Comprobar cilindros hidráulicos, estado de partes cromadas	N/A	M1	0,25
500	Limpiar enfriador del aceite hidráulico	hidrolavadora	Mecánico 2	0,33
2000	Limpiar pre filtro de aceite hidráulico	Equipo de limpieza	Mecánico 2	0,33
2000	Cambiar tapa de llenado del depósito de aceite hidráulico con filtro incorporado	Llave o switch	Mecánico 2	0,33

Es recomendable usar los aceites hidráulicos que sugiere el fabricante debido a que todas las piezas que componen este sistema están diseñadas para que funcionen con este aceite.

- **Frenos**

Tabla 13

Plan frenos retro cargador 3c.

FRECUENCIA(H)	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	PERSONAL	Duración de la Actividad en horas
10	Nivel de aceite del sistema de frenos	N/A	Operador	0,17
2000	Cambiar aceite de sistema de frenos	Deposito y llave de 5/8"	Mecánico 2	0,5
250	Comprobar y ajustar freno de mano	Pinzas, lleva de 5/8"	Mecánico 1	0,33

Es muy importante revisar a diario el nivel del líquido de frenos.

- Sistema eléctrico

Tabla 14

Plan sistema eléctrico retrocargador.

FRECUENCIA(H)	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	PERSONAL	Duración de la Actividad en horas
500	Comprobar nivel de electrolito de la batería	Equipo para medir electrolito	Contratista	2
250	Comprobar cableado en cuanto a roces/enrutamiento	N/A	Mecánico 1	0,17
250	Comprobar terminales de la batería en cuanto al estado y apriete	Llave nº 12	Mecánico 2	0,1

- Carrocería y cabina

Tabla 15

Plan carrocería y cabina retro cargador 3c.

FRECUENCIA(H)	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	PERSONAL	Duración de la Actividad en horas
250	Comprobar y engrasar todos los pasadores y bujes	Aceitera	Mecanico 2	0,66
500	Lubricar bisagras de puertas/ventanillas	Aceitera	Operador	0,1
500	Lubricar todos los cables	Aceitera	Mecanico 2	0,6
500	Comprobar puerta- ajuste	N/A	Operador	0,02
500	Comprobar asiento- funcionamiento	N/A	Operador	0,02
10	Comprobar nivel del líquido del lavaparabrisas	N/A	Operador	0,02
10	Encajamiento del trabador de la pluma	N/A	Operador	0,02
250	Comprobar estado de la pintura	N/A	Operador	0,25
10	Comprobar y ajustar patas de estabilizadores (desplazamiento lateral)	N/A	Operador	0,15
10	Comprobar y limpiar maquina en general	Hidrolavadora	Operador	0,25
10	Engrasar Pala de almeja	Aceitera	Operador	0,1

3.10. Optimización del carguío y acarreo

En la tabla 16, se muestra la eficiencia de los neumáticos de los equipos antes y después de la mejora, y su representación en costos de carguío y acarreo.

Tabla 16
Optimización en costos de carguío y acarreo.

Equipo	TKPH antes la mejora	TKPH después de la mejora	Costo anual de carguío y acarreo antes de la mejora	Costo anual de carguío y acarreo antes de la mejora
Volquetón	225.06	245.00	105 600 soles	79 200 soles
Volquete 15 m ³	141.9	150.00	48 000 soles	36 000 soles
Retroexcavadora	18.26	20.00	41 600 soles	31 200 soles
Volquete 2 m ³	36.9	40.00	12 800 soles	9 600 soles
Camioneta	13.71	15.00	8 000 soles	6 000 soles
Ahorro total: 54 000 soles				

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Cesar Paredes en su tesis *“Eficiencia en Tiempo de Vida de Neumáticos con Relación a Rotación de Posiciones uno y dos en Volquetes Komatsu 930 E-3”* afirma que existe una influencia significativa positiva en relación con la vida de los neumáticos cuando rotamos a un promedio de 1800 horas que cuando rotamos a 1550 horas promedio. Analizando los datos obtenidos, se nota claramente que rotando los neumáticos con 1800 horas promedio obtenemos el 10,75% de incremento en la vida de los neumáticos con relación a rotar los neumáticos a 1550 horas promedio, esto nos proporciona un ahorro significativo con relación al precio del neumático y a la escasez de esta en el mercado.

En la presente tesis no se ha determinado un porcentaje exacto de influencia, pero si se evalúan de acuerdo al trazado de las curvas y circular a velocidades compatibles con los radios y la inclinación de las curvas.

Además, hacemos un hincapié en que debemos tener en cuenta que: Un daño ocasionado a un neumático puede también provocar un daño al vehículo o un daño corporal.

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

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que los volquetones de 30 toneladas tienen un promedio de vida determinado de 225.06 toneladas kilometro por hora. Para los volquetes de 15 toneladas es de 141.9 Ton Km/h. La retroexcavadora tiene un tiempo de vida de 18.26 Ton Km/h. Para el volquete de 2 toneladas es de 36.9 Ton Km/h. Y para las camionetas es de 13.71 Ton Km/h.
- Los indicadores de desgaste de los neumáticos de los equipos empleados en el carguío y acarreo de la empresa minera S.M.R.L. Divina Revelación son los cortes con rocas dentro de cantera y trochas, excesivo calor generado por altas velocidades, el sobre cargado de los volquetes, sobreinflado de neumáticos, inflado insuficiente de neumáticos, Mal carguío de roca en los volquetes.
- Para evitar el desgaste masivo de los neumáticos de los equipos empleados en el carguío y acarreo de la empresa minera S.M.R.L. Divina Revelación se sugiere asegurar la presión adecuada en el inflado, evitar sobrecargas de material transportado, moderar la conducción de los equipos, adaptar el equipo al lugar, optimizar el posicionamiento de las distintas máquinas durante la carga en el frente. Asimismo, es necesario un adecuado mantenimiento de equipos y de vías de carguío y transporte.

RECOMENDACIONES

- A los dueños de la empresa minera S.M.R.L. Divina Revelación realizar el mantenimiento de equipos periódicamente, cumpliendo con su cronograma de programa de mantenimiento.
- A los dueños de la empresa minera S.M.R.L. Divina Revelación realizar la limpieza de vías en la cantera Divina Revelación ya que se encuentran rocas calizas dispersas que pueden ocasionar daños en los neumáticos.
- A los supervisores de la empresa minera S.M.R.L. Divina Revelación realizar constantemente capacitaciones y charlas a los operadores de los equipos de la empresa, en cuanto a manejo defensivo, moderación de velocidad y cuidado de equipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bahamóndez, M. (2017). Implementación Sistema de Gestión para Reducción de Costos Optimizando el Desempeño por Componente en Equipos Mineros. *Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil de Minas*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream>.
- Chau, L. (2013). Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras de una empresa Cajamarquina dedicada a la Minería. *Tesis Magistral*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/813/1/chau_lj.pdf
- Cusquisibán, W. (2014). Mejoramiento de Arcillosos Utilizando Caucho Granular de Neumáticos para Fines Constructivos de Pavimento. *Tesis Profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado el 3 de Octubre de 2017, de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle>.
- Escamilla, M. (2014). Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Hierro a Cielo Abierto. *Trabajo de investigación*. D.F., México: Instituto Tecnológico de Colima. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es>
- Flores, C. (2013). Factibilidad del aprovechamiento energético de neumáticos usados en la gran minería del cobre mediante pirólisis. *Tesis Magistral*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Recuperado el 13 de Octubre de 2017, de <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis>.
- Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México : Interamericana Editores. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <https://www.esup.edu.pe>
- Huamán, W. (2015). Estudio Comparativo entre el Sistema Minestar Health y El Sistema Convencional en el Control de Camiones Mineros en Minera Gold Fields La Cima, Cajamarca - 2015. *Tesis Profesional*. Hualgayoc,

Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Recuperado el 14 de Octubre de 2017, de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle>.

Marca, C. (2014). Análisis de la Disponibilidad y Rendimiento de los Equipos de Carguío y Transporte en la Empresa Contratista SMCGSA, Mina Colquijirca de SMBSA. *Tesis para Optar el Grado de Ingeniero de Minas*. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/567>

Marín, C. (2015). Incremento de la Productividad en el Carguío y Acarreo en Frentes que Presentan Altos Contenidos de Arcillas al Utilizar un Diseño de Lastre Adecuado, Minera Yanacocha, Perú, 2015. *Tesis profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream>.

Martínez, A. (2015). Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria a Minera Yanacocha. *Tesis para Optar el Grado de Ingeniero Industrial*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc>.

Marinovich, F. (2016). "Influencia del Mantenimiento de Vías sobre la Productividad del Proceso de Acarreo en el Minado del Tajo Pampa Verde, Minera La Zanja - Cajamarca. *Tesis Profesional*. Hualgayoc, Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream>.

Mena, F., & Vargas, M. (2016). Análisis de Viabilidad de Importación de Neumáticos para Maquinaria Pesada para el Mercado de Madre de Dios, 2016. *Tesis Profesional*. Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCS>.

Paredes, C. (2013). Eficiencia en Tiempo de Vida de Neumáticos con Relación a Rotación de Posiciones uno y dos en Volquetes Komatsu 930 E-3. *Tesis*

profesional. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/859>

Rodríguez, D. (2013). Modelo Analítico para el Dimensionamiento de Flota de Transporte en Minería a Cielo Abierto: Análisis de Prioridades de Atención Según Rendimiento. *Tesis profesional*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1788/608607.pdf>

Tacuri, L., & Paucar, B. (2015). Estudio de las Condiciones que Generan un Desgaste Anormal de los Neumáticos Radiales para Vehículos Pesados que Impiden su Reutilización como Base para Reencauche. *Tesis Profesional*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 8 de Octubre de 2017, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7975/1/UP>.

Torres, H. (2014). "Valoración de Propiedades Mecánicas y de Durabilidad de Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho. *Tesis Magistral*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/>

Vargas, E., & Hermoza, A. (2014). "Sistema de Información para Monitoreo de neumáticos del área de despacho (Dispatch), en una Compañía Minera. *Trabajo de Investigación*. Lima, Perú: Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Recuperado el 11 de Octubre de 2017, de <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: “OPTIMIZACIÓN DEL CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE LA MEJORA DE EFICIENCIA DEL TIEMPO DE VIDA DE LOS NEUMÁTICOS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN LA EMPRESA S.M.R.L. DIVINA REVELACIÓN, CAJAMARCA, 2018”

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE LA INVESTIGACION	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema principal: ¿Cómo optimizar el carguío y acarreo mediante la mejora de eficiencia del tiempo de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018?</p>	<p>Objetivo general: Optimizar el carguío y acarreo mediante la mejora de eficiencia del tiempo de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018.</p>	<p>Hipótesis general: Si se optimiza el carguío y acarreo mediante la mejora de eficiencia del tiempo de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, se reducirán los costos en el área de planeamiento de minado.</p>	<p>Variable</p>	<p>Tipo de investigación La investigación fue Descriptiva, ya que se describirán las características de los neumáticos y las causas de su desgaste. Nivel de investigación El nivel de investigación es correlacional, la cual tiene por finalidad determinar el grado de relación existente entre las variables de investigación. Método de la investigación Se utilizó el método analítico ya que consiste en evaluar cada variable para observar las causas, la naturaleza y los efectos.</p>
<p>Problemas secundarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo mejorar el carguío y acarreo determinando el promedio de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018? - ¿Cómo optimar el carguío y acarreo determinando los indicadores de desgaste de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018? - ¿Cómo mejorar el carguío y acarreo proponiendo las soluciones para evitar el desgaste masivo de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejorar las actividades de carguío y acarreo determinando el promedio de vida de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018. - Optimizar el carguío y acarreo determinando los indicadores de desgaste de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018. - Mejorar el carguío y acarreo proponiendo las soluciones para evitar el desgaste masivo de los neumáticos de los equipos empleados en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018. 	<p>Hipótesis secundarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mejora de las actividades de carguío y acarreo se dará al determinar el promedio de vida de los neumáticos de los equipos empleados y se reflejará en la reducción de costos de operaciones mina de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018. - Se optimiza el carguío y acarreo si se determinan los indicadores de desgaste de los neumáticos de los equipos empleados, mediante propuestas de mejoras de vías de acarreo en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018. - Se mejora el carguío y acarreo cuando se proponen las soluciones para evitar el desgaste masivo de los neumáticos de los equipos empleados, lo cual implica reducción de costos en operaciones mina y mayor seguridad en pérdidas humanas y vehiculares en la empresa S.M.R.L. Divina Revelación, Cajamarca, 2018. 	<p>Independiente: Optimización del carguío y acarreo.</p> <p>Variable Dependiente: Eficiencia de equipos.</p>	<p>Diseño de investigación La investigación Cuasiexperimental ya que carecen de un control experimental absoluto de la variable independiente en la selección aleatoria de neumáticos. Población En esta investigación se trabajará con los trabajadores de la empresa S.M.R.L. Divina Revelación. Muestra Se trabajará con los siguientes equipos empleados en el carguío y acarreo: 4 Volquetones de 30 Toneladas. 2 Retroexcavadoras CAT320. 1 Volquete de 15 Metros Cúbicos. 2 Volquetes de 2 Metros Cúbicos. 3 Camionetas 4X4.</p>

Anexo 2: Instrumento de Investigación: Ficha para determinar el índice de carga de neumáticos

Tabla 17

Ficha para determinar el índice de carga de neumáticos.

Número	Libras	Kilogramos

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo 3: Instrumento de Investigación: Ficha de toma de datos para la tesis

Tabla 18

Ficha de toma de datos para la tesis.

Serie Neumático	Horas Rotación	Cocada Rotación	Horas Final	Cocada Final	Marca	Tipo	N° Neumático	Posición Rotación	Posición Inicial

Fuente: Elaboración propia, 2018.