

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Mantenimiento de vías y su influencia en el
tiempo del ciclo de volquetes de la Minera
Kolpa S.A.**

Aldo Eduardo Orocaja Moran

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental

Tesis digital



Esta obra está bajo una licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional"

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : RANDO PORRAS OLARTE
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 27 de Setiembre de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Mantenimiento de vías y su influencia en el tiempo del ciclo de volquetes de la Minera Kolpa S.A.

Autor:

1. Aldo Eduardo Orocaja Moran – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 14% de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

Filtro de exclusión de bibliografía SI ☒ NO ☐

Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI ☒ NO ☐
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"):15

Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI ☐ NO ☒

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)**

ASESOR
RANDO PORRAS OLARTE

DEDICATORIA

A Dios, fuente de mi fuerza y sabiduría, por guiar cada uno de mis pasos y darme las oportunidades para aprender y crecer en cada etapa de este proyecto, sin su bendición, no habría sido posible.

A mis queridos padres, por su amor incondicional, sacrificios y apoyo constante a lo largo de mi vida, ustedes me enseñaron el valor del esfuerzo y la perseverancia, por ello, les dedico con orgullo este triunfo.

A mis hermanos, por ser mi inspiración y motivación diaria, su confianza en mí me impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles, este logro también es de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, por su invaluable orientación, paciencia y dedicación durante todo el proceso de esta investigación, su conocimiento y consejos fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo, y su apoyo constante me permitió superar los desafíos que se presentaron a lo largo del camino.

Asimismo, extiendo mi gratitud a todos los colaboradores y al personal administrativo de la Minera Kolpa S.A., quienes me brindaron su apoyo y facilidades para acceder a la información y recursos necesarios para llevar a cabo este estudio. Su disposición para colaborar y su compromiso con el éxito de esta investigación fueron claves para su realización.

ÍNDICE GENERAL

ASESOR.....	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I.....	17
1. PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO.....	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Objetivos de la investigación.....	19
1.3.1. Objetivos general	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	19
1.4. Justificación e importancia de la investigación	19
1.5. Alcance.....	20
1.6. Limitaciones	20
1.7. Formulación de la hipótesis	21
1.7.1. Hipótesis general.....	21
1.7.2. Hipótesis específicas	21
1.8. Variables de investigación.....	21
1.8.1. Variable independiente:.....	21
1.8.2. Variable dependiente:.....	22
1.8.3. Operacionalización de variables.....	23
CAPÍTULO II.....	24
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes de estudio	24
2.1.1. Antecedentes nacionales	24
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	26
2.2. Bases teóricas	27
2.2.1. Bases teóricas del mantenimiento de vías	27

2.2.2. Bases teóricas del ciclo de volquetes en interior mina.....	42
2.3. Definición de conceptos (términos básicos).....	46
CAPÍTULO III	53
3. DISEÑO METODOLÓGICO	53
3.1. Tipo y nivel de investigación	53
3.1.1. Tipo de investigación.....	53
3.1.2. Nivel de investigación	53
3.2. Método de investigación.....	54
3.3. Diseño de investigación	54
3.4. Población y muestra.....	56
3.4.1. Población	56
3.4.2. Muestra.....	57
3.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	59
3.6. Técnicas de procesamiento de datos	60
CAPÍTULO IV	62
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	62
4.1. Estadística descriptiva de las variables de investigación	62
4.1.1. Prueba de normalidad de las variables.	67
4.1.2. Nivel de correlación bivariado y confiabilidad	68
4.2. Prueba de hipótesis.....	70
4.2.1. Prueba de hipótesis general	70
4.2.2. Prueba de hipótesis específicas	74
4.3. Discusión de resultados	80
4.3.1. Factores influyentes de la gestión del mantenimiento de vías	80
4.3.2. Influencia de los indicadores de la gestión del mantenimiento de vías en el ciclo de los volquetes	92
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Operacionalización de las variables de la investigación	23
Tabla 2 . Especificaciones técnicas para los estándares de las secciones típicas de las vías en anteriormente	29
Tabla 3 . Sección típica para vías en mineras atajo abierto.	31
Tabla 4 . Resistencias a la rodadura para diferentes tipos de vía.	34
Tabla 5 . Poza de sedimentación para el acopio de los finos	36
Tabla 6 . Programa mensual col de extracción de mineral en la minera Kolpa	41
Tabla 7 . Gradación para capa de rodadura	47
Tabla 8 . Propiedades que deben considerarse para la capa de rodadura	47
Tabla 9 . Peralte sugerido considerando el radio de curvatura y la velocidad del vehículo	49
Tabla 10 . Esquema de diseño de investigación	55
Tabla 11 . Vías principales según niveles de las labores interior Mina en la minera Kolpa.	56
Tabla 12 . Cálculo de la muestra de investigación	58
Tabla 13 . Estadígrafos de la variable gestión del mantenimiento de vías y tiempo del ciclo de volquetes	64
Tabla 14 . Evaluación de la gestión del mantenimiento de vías	65
Tabla 15 . Evaluación del tiempo del ciclo de volquetes en la minera Kolpa S.A.....	66
Tabla 16 . Prueba de normalidad de la variable gestión del mantenimiento de vías y el tiempo de ciclo de volquetes	68
Tabla 17 . Correlación entre las variables de gestión del mantenimiento de vías y tiempo de ciclo de los volquetes en la minera Kolpa S.A.	68
Tabla 18 . Tabla de procesamiento de datos para el cálculo de la confiabilidad.	69
Tabla 19 . Confiabilidad del instrumento de investigación	69
Tabla 20 . Confiabilidad total del instrumento de investigación	70
Tabla 21 . Correlación de las variables gestión del mantenimiento de vías y tiempo del ciclo de volquetes.	72
Tabla 22 . Calculo del estadístico Z para muestras grandes considerando la desviación estándar.....	73
Tabla 23 . Calculo del estadístico Z para muestras grandes considerando la cantidad muestral y la correlación	73
Tabla 24 . Correlación entre el diseño de vía y el tiempo del ciclo de volquetes	75
Tabla 25 . Calculo del estadístico de prueba para determinar el impacto del diseño de vía en el tiempo del ciclo de volquetes.....	75
Tabla 26 . Correlación entre la condición de las vías y el tiempo del ciclo de volquetes	76
Tabla 27 . Calculo del estadístico de prueba para determinar el impacto de la condición de las vías en el tiempo del ciclo de volquetes	77
Tabla 28 . Correlación entre el mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de volquetes.	77

Tabla 29 . Calculo del estadístico de prueba para determinar el impacto del mantenimiento de las vías en el tiempo del ciclo de volquetes.	78
Tabla 30 . Correlación entre los recursos para mantenimiento de vía y el tiempo del ciclo de volquetes	79
Tabla 31 . Calculo del estadístico de prueba para determinar el impacto de los recursos para mantenimiento de vía en el tiempo del ciclo de volquetes.	79
Tabla 32 . Evaluación de las variables de investigación y sus dimensiones	81
Tabla 33 . Evaluación de la dimensión de diseño de vía	82
Tabla 34 . Evaluación de la dimensión de condiciones de vías	83
Tabla 35 . Cronograma semanal de actividades según labores y sus equipos para el mantenimiento de vía adecuado	84
Tabla 36 . Evaluación de la dimensión de mantenimiento de vías	85
Tabla 37 . Evaluación de la dimensión de recursos para mantenimiento de vía	86
Tabla 38 . Evaluación de la variable de tiempo del ciclo de volquetes	88
Tabla 39 . Modelo asumido para determinar los factores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes.	89
Tabla 40 . Factores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes	89
Tabla 41 . Modelo asumido para determinar los indicadores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes.	93
Tabla 42 . Tabla de indicadores influyentes de la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes.....	95
Tabla 43 . Costos de Equipos de Mantenimiento de Vías	97
Tabla 44 . Resultados de la variable de la Gestión del Mantenimiento de Vías	109
Tabla 45 . Resultado de tiempos del Ciclo de Volquetes	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 . Sección transversal de una vía una unidad minera.....	28
Figura 2 . Corte de la sección longitudinal en la que se observa las vías para el transporte de los volquetes.	29
Figura 3 . Sección típica de las vías principales en interior mina.....	30
Figura 4 . Mantenimiento de las vías en interior mina con empozamientos o charcos de agua.	32
Figura 5 . Vías resbalosas en interior mina producto de la filtración del agua del nivel freático.....	32
Figura 6 . Transmisión de carga sobre la vía.....	34
Figura 7 . Sección de un laboreo minero donde se puede observar la cuneta al lado derecho	35
Figura 8 . Plano en planta de una cosa de sedimentación en interior mina.....	36
Figura 9 . Sección transversal de la cámara de sedimentación y cámara de acumulación de agua del sistema de drenaje.	37
Figura 10 . Cámara de acumulación de agua y cámara de bombeo del sistema de drenaje	37
Figura 11 . Sistema de bombeo para la evacuación de agua e interior mina.....	38
Figura 12 . Instalación de bombas en paralelo para la evacuación de agua interior mina.....	38
Figura 13 . Ancho de calzada considerando el despeje lateral	50
Figura 14 . Longitud mínima cuando la visibilidad es inferior a la longitud de la curva vertical	51
Figura 15 . Longitud mínima cuando la visibilidad es mayor a la longitud de la curva vertical.....	51
Figura 16 . Esquema de las vías principales en la unidad minera Kolpa según los niveles	58
Figura 17 . Valoración de los indicadores en la ficha de observación de la investigación.....	61
Figura 18 . Vista panorámica de la minera Kolpa ingreso de la rampa 1 y rampa 2.....	62
Figura 19 . Vista longitudinal de las vías en interior mina influenciadas por la vía Rampa 1 de la minera Kolpa.	63
Figura 20 . Vista longitudinal de las vías en interior mina influenciadas por la vía Rampa 2 de la minera Kolpa	63
Figura 21 . Histograma de la evaluación de la gestión del mantenimiento de vías.....	65
Figura 22 . <i>Histograma del tiempo del ciclo de volquetes en la minera Kolpa S.A.</i>	67
Figura 23 . Curva de distribución Z al 95% de confianza para determinar el impacto de la gestión del mantenimiento de las vías en el tiempo del ciclo de minado.....	74
Figura 24 . Mantenimiento de vía en la minera Kolpa SA	82
Figura 25 . Diseño de vía en la minera Kolpa S.A.	83
Figura 26 . <i>Mantenimiento de vías con equipo y personal en la limpieza de Cuneta</i>	86
Figura 27 . Mantenimiento de la vía - rampa 01 con la motoniveladora	87
Figura 28 . Mantenimiento de la vía - rampa 2 con la motoniveladora	87

Figura 29 . Dimensiones influyentes en la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes	90
Figura 30 . Dispersión de los datos de gestión de mantenimiento de vías y tiempo del ciclo de volquetes	92
Figura 31 . Histograma de indicadores influyentes de la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes.....	96

RESUMEN

Mantenimiento de vías y su influencia en el tiempo del ciclo de volquetes de la Minera Kolpa S.A

El estudio tuvo como objetivo de esta investigación aplicada es evaluar cómo la gestión del mantenimiento de vías afecta la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A. Se utilizó el método científico con un enfoque analítico y un nivel explicativo, adoptando un diseño correlacional y el instrumento de la observación y las guías de análisis de documentos, cuya validez fue garantizada con un alfa de Cronbach de 0,902; en una muestra de 269 reportes de 10 volquetes FMX440. Se evidenció una fuerte correlación inversa ($r = -0,964$) entre la gestión del mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de los volquetes, demostrando que una mejor gestión reduce significativamente dicho tiempo. Los factores más influyentes fueron los recursos asignados al mantenimiento ($b = -0,388$) y la condición de las vías ($b = -0,263$). El modelo explicó el 99,7 % de la variabilidad ($R^2 = 0,997$), confirmando el impacto positivo de una gestión eficiente en el transporte de mineral. Los resultados indican que el diseño de vía, tiene un ancho promedio de 4.80 metros, con una pendiente del 10.51% y la capa de rodadura del 37.85% en los tramos evaluados. Respecto a las condiciones de las vías, un promedio de 0.25 km con charcos de agua, 0.22 km de vías sin muro de seguridad y 0.39 km de vías resbalosas. En el componente de mantenimiento, destaca la limpieza de cunetas con 0.51 km y el corte o perfilado con 0.36 km. Los recursos para el mantenimiento evidencian un rendimiento de 92.47 m/h para la motoniveladora y 28.06 m³/h para el cargador frontal. Respecto al tiempo promedio de transporte cargado es de 9.23 minutos por ciclo, mientras que el transporte vacío toma 5.76 minutos. Las fases de carguío y descarga presentan promedios de 4.30 y 3.50 minutos respectivamente, seguidos por las maniobras con 2.44 minutos y los tiempos diversos (como inspecciones y coordinaciones) con una media de 4.90 minutos.

Palabras clave: Diseño de vía; condiciones de la vía; mantenimiento de vías; equipos de mantenimiento mina; gestión de tiempos; ciclo de volquetes.

ABSTRACT

Road Maintenance and Its Influence on the Haul Truck Cycle Time at Minera Kolpa S.A.

This applied research study aimed to evaluate how road maintenance management affects the time efficiency of mineral transport trucks (volquetes) at Minera Kolpa S.A. The scientific method was employed with an analytical approach and an explanatory level of analysis, adopting a correlational design. Data collection instruments included structured observation and document analysis guides, validated with a Cronbach's alpha of 0.902. The study analyzed a sample of 269 reports from 10 FMX440 trucks. A strong inverse correlation was found between road maintenance management and truck cycle time ($r = -0.964$), demonstrating that improved maintenance management significantly reduces cycle duration. The most influential factors were the resources allocated for maintenance ($\beta = -0.388$) and road conditions ($\beta = -0.263$). The model explained 99.7% of the variability ($R^2 = 0.997$), confirming the positive impact of efficient management on mineral transport performance. Road design characteristics showed an average width of 4.80 meters, a slope of 10.51%, and a road surface coverage of 37.85% across evaluated sections. Regarding road conditions, the averages were 0.25 km with water puddles, 0.22 km of roads lacking safety walls, and 0.39 km of slippery surfaces. Within the maintenance component, ditch cleaning (0.51 km) and road profiling (0.36 km) were the most notable activities. Maintenance resource efficiency was measured at 92.47 m/h for the motor grader and 28.06 m³/h for the front loader. The average loaded transport time per cycle was 9.23 minutes, while unloaded transport took 5.76 minutes. Loading and unloading phases averaged 4.30 and 3.50 minutes respectively, followed by maneuvering at 2.44 minutes, and miscellaneous times (including inspections and coordination) averaging 4.90 minutes.

Keywords: Road design; road conditions; road maintenance; mining maintenance equipment; time management; dump truck cycle.

INTRODUCCIÓN

El estudio del mantenimiento de vías en operaciones mineras subterráneas tiene vital importancia al evidenciar su impacto directo en la eficiencia del transporte de mineral, un componente clave en la productividad global del proceso extractivo. En particular, en la Minera Kolpa S.A., las condiciones físicas y el diseño estructural de las vías influyen significativamente en los tiempos del ciclo de los volquetes. Esta relación afecta no solo la velocidad de acarreo, sino también los costos operativos, el desgaste acelerado de los equipos y el cumplimiento de las metas de producción establecidas.

Este trabajo parte del reconocimiento de un problema técnico-operativo recurrente: el deterioro progresivo y la deficiente gestión de las vías de acarreo. Dichas deficiencias generan demoras, aumentan el riesgo operativo y elevan los costos por mantenimiento correctivo y tiempo improductivo. Bajo este contexto, se plantea la necesidad de comprender con mayor precisión cómo la gestión del mantenimiento de vías puede incidir directamente en la eficiencia del ciclo logístico del transporte de mineral.

A partir de esta problemática, la investigación propone como hipótesis que una adecuada administración del mantenimiento de vías—que considere elementos como el diseño geométrico, las condiciones operativas, las intervenciones técnicas realizadas y los recursos asignados—tiene un impacto significativo en la optimización de los tiempos de transporte de los volquetes. Esta hipótesis busca ser validada mediante el uso de herramientas estadísticas robustas y un enfoque metodológico riguroso.

La investigación se enmarca dentro de un estudio de tipo aplicada, con diseño correlacional y nivel explicativo. Esta estructura metodológica permite no solo establecer la relación entre variables, sino también identificar qué dimensiones del mantenimiento tienen mayor peso en la variabilidad del tiempo del ciclo. El uso de instrumentos validados estadísticamente, como la ficha de observación con un alfa de Cronbach de 0,902, aporta fiabilidad a los resultados.

Se identificaron cuatro dimensiones fundamentales que estructuran la gestión del mantenimiento de vías: diseño de vía, condiciones operativas, intervenciones de mantenimiento y recursos asignados. Cada dimensión se desagregó en indicadores técnicos cuantificables, permitiendo establecer un modelo de análisis preciso sobre su efecto en el tiempo del ciclo de los volquetes. La muestra estuvo compuesta por 269 reportes de volquetes FMX440, lo que permitió un análisis representativo de la actividad logística minera.

El propósito de este estudio es generar evidencia empírica que contribuya a mejorar la eficiencia operativa del transporte minero. Una mejor gestión del mantenimiento vial no solo reduce los tiempos de acarreo, sino que también genera impactos positivos en la productividad

general, en la sostenibilidad de los equipos y en la optimización de los recursos asignados. De este modo, el estudio ofrece herramientas estratégicas para la toma de decisiones en la gestión de operaciones mineras subterráneas.

La tesis se desarrolla en cuatro capítulos. El capítulo I presenta el planteamiento del estudio, los objetivos, la justificación, alcance, limitaciones e hipótesis; el capítulo II recoge los antecedentes nacionales e internacionales y las bases teóricas del mantenimiento de vías y del ciclo de volquetes; el capítulo III detalla el diseño metodológico, tipo de investigación, población, muestra y técnicas de recolección. Finalmente, el capítulo IV expone los resultados estadísticos, la verificación de hipótesis y la discusión. Al cierre, se presentan conclusiones, recomendaciones y anexos que complementan el análisis.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

En el contexto de la minería subterránea, el estado de las vías de acarreo representa un componente crítico para el desempeño operativo, pues su deterioro afecta directamente la eficiencia del transporte de mineral. Las condiciones adversas como la presencia de charcos de lodo, deformaciones longitudinales (catenarias) y pérdida de adherencia no solo reducen la velocidad operativa de los volquetes, sino que también incrementan el riesgo de accidentes, los costos por mantenimiento y el incumplimiento de metas productivas. De acuerdo con Hurtado (2019), estas deficiencias se deben principalmente a factores geotécnicos, climáticos y a una gestión inadecuada del mantenimiento. Por ejemplo, en la minera Las Bambas, se registraron interrupciones significativas en el acarreo debido a la baja transitabilidad, lo cual elevó los costos operativos y comprometió la continuidad productiva.

Estudios realizados por Azabache (2016), revelan que la productividad del acarreo puede incrementarse entre un 16 % y un 37 % cuando se aplica un mantenimiento adecuado de las vías, debido a la mejora en la velocidad de transporte y la reducción del desgaste mecánico de los equipos. Asimismo, Infante (2022), señala que el mal estado de las vías influye directamente en la vida útil de los neumáticos, el consumo de combustible y los tiempos de inactividad, generando costos adicionales que impactan negativamente en los indicadores de eficiencia. Estos hallazgos respaldan la necesidad de una intervención sistemática en la gestión del mantenimiento vial, como medida estratégica para mejorar el rendimiento del transporte en interior mina.

El diseño geométrico y estructural de las vías también juega un rol determinante en su funcionalidad. Parámetros como el ancho de calzada, la pendiente longitudinal, el peralte, el tipo de capa de rodadura y el sistema de drenaje son esenciales para garantizar la durabilidad y operatividad de las vías mineras. Según Bazan Cabrera & De la Rosa Briones (2022), la carencia de mantenimiento preventivo acelera el deterioro de estas infraestructuras, provocando retrasos y riesgos en el acarreo. Este panorama se agrava en escenarios donde no se cuenta con una planificación efectiva del mantenimiento, y donde los recursos asignados (equipos, personal y materiales) son insuficientes o están subutilizados.

Delimitando el estudio al contexto de la Minera Kolpa S.A., se observa una problemática concreta: el deterioro de las vías de acarreo ha venido afectando de forma directa el tiempo de los ciclos de transporte. La unidad minera procesa aproximadamente 52,700 toneladas de

mineral al mes, utilizando una flota de diez volquetes modelo FMX440. Sin embargo, se ha reportado un incremento en los tiempos de transporte y en la frecuencia de detenciones no programadas, atribuibles a las condiciones no óptimas de las vías. Esto genera no solo pérdidas económicas, sino también cuellos de botella en el proceso logístico del acarreo, lo cual requiere una intervención técnica con sustento empírico.

Frente a esta situación, se plantea como problema general: ¿Cuál es el impacto de la gestión del mantenimiento de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral en la Minera Kolpa S.A.? Y como objetivo principal, evaluar cómo dicha gestión influye en los tiempos de ciclo, considerando dimensiones como el diseño, las condiciones actuales de las vías, las intervenciones de mantenimiento realizadas y los recursos destinados para tal fin. Esta investigación busca generar un modelo de análisis aplicable que permita optimizar las operaciones logísticas, reducir tiempos improductivos y maximizar la eficiencia del acarreo en contextos similares. Frente a lo expuesto anteriormente nos planteamos como objetivo: Evaluar cómo la gestión del mantenimiento de vías afecta la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A. Para ello detallamos el problema general y específico, así como los objetivos y las hipótesis planteadas líneas abajo

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el impacto del mantenimiento de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el efecto del diseño de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?
- b) ¿Qué influencia tienen las condiciones de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?
- c) ¿Cómo afecta el mantenimiento de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?
- d) ¿Cuál es la influencia de los recursos destinados al mantenimiento de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivos general

Evaluar cómo la gestión del mantenimiento de vías afecta la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar cómo el diseño de las vías influye en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.
- b) Determinar cómo las condiciones de las vías afectan la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.
- c) Determinar la influencia que tiene el mantenimiento de las vías en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.
- d) Determinar cómo los recursos destinados al mantenimiento de vías influyen en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

Justificación de impacto positivo en el proceso minero: La eficacia en la gestión del mantenimiento de vías puede tener un efecto directo en la eficiencia de la operación minera. Un estudio detallado sobre cómo el estado de las vías incide en los tiempos de los volquetes puede revelar oportunidades para mejorar la productividad y reducir costos.

Justificación de optimización de recursos: Evaluar cómo la gestión del mantenimiento de vías afecta los tiempos de los volquetes permite identificar la relación entre los recursos destinados al mantenimiento vial y su impacto en la eficiencia operativa. Esto podría guiar la asignación más efectiva de recursos y presupuesto para el mantenimiento de vías.

Justificación de mejora continua: Comprender cómo las prácticas de mantenimiento de vías influyen en los tiempos de operación de los volquetes proporcionará información valiosa para implementar estrategias de mejora continua en la gestión de la mina, lo que puede tener un impacto significativo en la competitividad de la empresa.

Justificación metodológica. La comparación entre variables de mantenimiento de vías y tiempos de los volquetes, mediante técnicas estadísticas adecuadas, proporcionará una visión clara de la relación entre estas variables y permitirá identificar patrones y correlaciones significativas e influyentes.

1.5. Alcance

El alcance de esta investigación se centra en comprender la relación directa entre el mantenimiento de las vías y los tiempos de ciclo de los volquetes utilizados en el transporte de mineral en la empresa Minera Kolpa S.A. La investigación se desarrolla considerando el espacio geográfico específico de las operaciones mineras de Kolpa, profundizando en cómo la gestión del mantenimiento de las vías impacta los tiempos de ciclo de los 10 volquetes FMX440 dedicados al transporte de mineral.

Respecto a la muestra seleccionada, en el presente estudio está compuesta por 283 reportes de los volquetes, permitiendo un análisis exhaustivo y detallado de la relación entre la calidad del mantenimiento de las vías y la eficiencia operativa de los volquetes; donde objetivo principal es evaluar cómo la gestión efectiva del mantenimiento de las vías repercute en la gestión de tiempos de los volquetes, identificando posibles áreas de mejora y estableciendo estrategias para optimizar la eficiencia en el transporte de mineral en Minera Kolpa S.A.

El alcance de esta investigación se llevó a cabo durante un periodo de tres meses, desde diciembre del 2023 hasta febrero del 2024, donde se buscó evaluar cómo las estrategias de mantenimiento vial influyen directamente en los tiempos de ciclo de los volquetes, considerando la eficiencia operativa, posibles demoras y la relación entre el estado de las vías y la productividad en la operación de transporte de mineral.

1.6. Limitaciones

Las limitaciones encontradas durante la investigación incluyeron restricciones económicas derivadas de los cuatro viajes necesarios para recolectar datos sobre las flotas que transitaban por las vías dentro de la mina. Donde se tomaron datos relacionadas con el diseño y las condiciones de las vías, agrupadas en cuatro categorías significativas: vías con charcos, vías encaminadas sin muro de seguridad, vías resbaladizas y recursos limitados destinados al mantenimiento de las vías. Estas condiciones impactaron la capacidad de obtener datos exhaustivos sobre las variables dependientes del estudio, tales como el tiempo del ciclo de los volquetes, el control del ciclo de los mismos y los tiempos específicos como el transporte cargado y vacío, el servicio de carguío y descarga, las maniobras y los diversos tiempos relacionados con el ingreso, salida, inspecciones y coordinaciones en las operaciones mineras. Estas limitaciones condicionaron el alcance y la profundidad del análisis, generando un impacto en la comprensión integral de la relación entre el mantenimiento de vías y los tiempos de ciclo de los volquetes en el contexto específico de la mina.

1.7. Formulación de la hipótesis

1.7.1. Hipótesis general

La administración del mantenimiento de las vías tiene un impacto significativo en la gestión de tiempos de la empresa Minera Kolpa S.A.

1.7.2. Hipótesis específicas

- a) El diseño de las vías juega un papel crucial en la mejora significativa de la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.
- b) Las condiciones de las vías tienen un efecto significativo en la reducción de los tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.
- c) La gestión del mantenimiento de las vías tiene un impacto significativo en la reducción de los tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.
- d) El uso eficiente de los recursos para el mantenimiento de las vías tiene un efecto significativo en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

1.8. Variables de investigación

1.8.1. Variable independiente:

Gestión del mantenimiento de vías.

Definición conceptual: (Hurtado Nuñez, 2019, p. 105). El proceso de gestión de vías se refiere a la administración y la toma de controles para que estas vías estén adecuadas según los diseños y parámetros establecidos, para la administración de estas vías requiere de los recursos de personal equipos y tiempo las cual será según la evaluación del proyecto.

Definición operacional: La gestión del mantenimiento de vías debe incluir un diseño adecuado así como el análisis de las condiciones, y el mantenimiento adecuado con los recursos que disponga la organización.

Dimensiones:

- Diseño de vía
- Condición de las vías
- Mantenimiento de vías
- Recursos para mantenimiento de vía

1.8.2. Variable dependiente:

Productividad minera

Definición conceptual: (Meza, 2023, pp. 42-43) en general podríamos decir que la productividad mide las toneladas de concentrado toneladas de onzas finas versus los recursos utilizados las cuales pueden ser energía materiales recursos humanos tiempo capital agua entre otros. (Pizarro Sánchez, 2019, p. 37; Taipe Eccoña, 2015), menciona que la productividad esta referida a la eficiencia mecánica y esta repercute en la reducción de costos en los procesos operativos de una unidad minera.

Definición operacional: La productividad dentro de las organizaciones mineras está referida al incremento del tonelaje de mineral en un tiempo determinado, esta está influenciado debido a la eficiencia mecánica conllevando ello a una reducción de Los costos de los equipos utilizados para el proceso.

Dimensiones:

- Producción minera
- Eficiencia mecánica
- Costos de equipos de mantenimiento de vías

1.8.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables de la investigación

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Técnica e instrumento
Variables Independientes (X) Gestión del mantenimiento de vías	Diseño de vía	Ancho de vía	metros	La técnica que se utilizaron en la presente investigación es la observación, y el análisis documental. El instrumento es la ficha de observación, y las guías de análisis de documento.
		Pendiente	%	
		Capa de rodadura	%	
	Condición de las vías	Vías con charcos de agua (tramos en metros)	km	
		Vías encalaminadas	km	
		Vías sin ancho y muro de seguridad	km	
		Vías resbalosas	km	
	Mantenimiento de vías	Limpieza de cuneta	km	
		Conformación de muros de seguridad	km	
		Rellenado de vía	km	
		Corte - perfilado de vía	km	
	Recursos para mantenimiento de vía	Personas (limpieza de cuneta, sangrías, muros de seguridad)	m/guardia	
		Cargador frontal (ripeado de vía)	m3 / hr	
		Motoniveladora (rendimiento)	m / hr	
		Tractor (rendimiento)	m / hr	
		Retroexcavadora	m / hr	
		Minicargador (rendimiento)	m/hr	
Variables Dependientes (Y) Productividad minera	Tiempos de ciclo de transporte	Materiales (ripio)	m3	
		Tiempo de transporte cargado	min./ciclo	
		Tiempo de transporte vacío	min./ciclo	
		Tiempo de servicio de carguio	min./ciclo	
		Tiempo de servicio de descarga	min./ciclo	
		Tiempo de maniobras	min./ciclo	
		Tiempos diversos (registro de ingreso salida inspecciones coordinaciones)	min./ciclo	

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes nacionales

Yoza (2010), en su tesis sobre la gestión de vías en proyectos de un Tajo abierto, cuyo objetivo era determinar la influencia de la gestión de vías en los proyectos de un Tajo abierto en minería, cuya unidad de análisis fueron las vías de la minera el Brocal; aplicando una metodología de tipo aplicada con diseño descriptivo, concluye que al tener una mejor calidad de vida, se tendrá una mayor velocidad en la operación de los equipos logrando con esto un menor desgaste en el propio equipo de transporte Así mismo una mayor producción y un menor consumo de combustible. En dicha investigación menciona que existen factores como el diseño de la vía, los recursos que se tiene para el mantenimiento de esta, la supervisión, influyen en que se tenga un menor costo posible y un mayor beneficio para la organización.

Canturín Cano & Siucho Dextre (2004, p. 9), en su tesis sobre la aplicación de métodos de productividad en las operaciones mineras con equipos, aplicando una metodología descriptiva, cuya muestra está dada por equipos electromecánicos, entre ellos una pala hidráulica, cargadores frontales, y los equipos de acarreo y Transporte; menciona que el tiempo de acarreo y Transporte de mineral o de desmonte desde un punto de entrega, hacia una zona de descarga varía netamente debido a las condiciones de la vía o trocha por el que transita, y en otra menor medida debido a otros factores; cabe señalar que las velocidades del transporte de mineral varía debido a las condiciones de la ruta.

Saldaña Tumbay (2013), en su tesis sobre la productividad en el ciclo de carguío y acarreo en la minera Yanacocha, específicamente en el tajo Chaquicocha; aplicando una metodología de tipo aplicada con nivel explicativo y diseño experimental, en una muestra cuya unidad de análisis fueron las vías del tajo Chaquicocha, se concluye que en las épocas donde las condiciones climáticas, donde se observa el aumento de lluvias torrenciales, las vías se vuelven intransitables, por lo que es necesario tomar medidas estratégicas para evitar demoras en el proceso productivo, además de ello analiza los recursos de los equipos para esta como son las motoniveladora, tractores de rueda, tractores de oruga, cargadores frontales, las cuales son de Vital importancia para evitar condiciones sus estándares en el área de trabajo de dicha operación minera.

Gómez (2013), en su tesis sobre el dimensionamiento óptimo de los equipos para proyectos de movimiento de tierras, en la cual tiene como objetivo determinar la cantidad de equipos para los proyectos de movimiento de tierras, aplicando una metodología básica con nivel descriptivo, se concluye que el estado en que se encuentran las vías y por las que circula la flota de los equipos que realizan movimiento de tierras, influye en el ciclo real del traslado de material. Además de ello menciona que el tiempo debido a las condiciones de la vía, se reduce en aproximadamente en un 20%, cuando las condiciones son las adecuadas.

Hurtado Nuñez (2019, p. 4), en su tesis sobre influencia del mantenimiento de vía en la productividad de la minera las bambas, cuyo objetivo es evitar que se tenga deficiencia en la producción de 145,000 toneladas de mineral de cobre y molibdeno; aplicando una metodología de tipo aplicada, con diseño experimental en una muestra cuya unidad muestral fueron las vías de operación de la unidad minera las bambas, se concluye que debido a efectos climáticos, y a la mala conservación de las vías se reducen las velocidades en la operación de transporte del mineral reduciendo así la productividad en dicha unidad minera, la cual implica una reducción en las metas diarias semanales y mensuales de la producción, para ello se recomienda el realizar el mantenimiento adecuado y el contar con unas vías de acarreo en estado óptimo, de esta manera se mejora la producción y se obtiene un ahorro de costos dentro de dicha unidad minera.

Azabache (2016, p. 5), en su tesis sobre la influencia de las vías en la productividad de la unidad minera La Zanja S.R.L; en el Tajo de Pampa verde, aplicando una metodología básica de nivel descriptivo, en la unidad muestral de las vías en el Tajo de Pampa Verde; se llega a la conclusión que las vías debido a los efectos climáticos se Están volviendo intransitables generando reducir velocidades en el tema de acarreo lo cual influye en el cumplimiento mensual y semanal de la producción, además de ello existe un riesgo en el tema de accidentes debido a estas condiciones de la vía, ella también conlleva a que los costos se incrementen dentro de dicha unidad minera, razón por la cual se sugiere en realizar actividades que mantengan el estado óptimo de dichas vías de transporte de mineral y desmonte.

Taipe Eccoña (2015, p. 8), en su tesis sobre las selección y asignación óptima de flota para el mantenimiento de vías en interior mina en la unidad minera de San Cristóbal de la compañía Volcán, cuyo objetivo es seleccionar los equipos adecuados para el mantenimiento de 35 km en vías de transporte de mineral y desmonte en interior mina, realizando una metodología de tipo básica con diseño no experimental descriptiva, en una unidad de cuatro equipos para el mantenimiento, como son la motoniveladora de 120K, del tractor de cadenas D5K; la retroexcavadora 420E y el mini cargador 236B; para la selección se aplica el criterio técnico, el criterio de conservación de mantenimiento y servicio así como el costo de adquisición, en la

cual se concluye que para el mantenimiento de las vías adecuadas son los modelos de la motoniveladora deben ser reemplazados debido al tiempo de la vida útil, en el tema del tractor Esta debe de ser cambiada por un modelo D5M, y la retroexcavadora 429B debe de incrementarse en su número asimismo el mini cargador para poder realizar un mantenimiento adecuado en las vías de la unidad minera, en consecuencia se solicita siete equipos para el mantenimiento de las vías adecuadas ya sea de manera de compra directa o administrado por un tercero, con respecto a los parámetros del material de ripio está debe tener una capa de rodadura de 20 cm y en el ripio se debe mezclar la andesita con la grava en una proporción de dos a uno.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Thompson, Visser (2003), en su tesis sobre el sistema de gestión de mantenimiento de vías en el ciclo de acarreo de interior mina. Aplicando una metodología básica con diseño descriptivo, en una muestra de la vía de 10 a 40 km de longitud en dicha unidad minera, se concluye que operadores proponen que los caminos tengan buenas condiciones, ya que actualmente el mantenimiento de ellos es ineficiente, debido a ello se propone una aplicación se incluye los factores de diseño y de supervisión en la conservación de las vías, para el tránsito óptimo de los equipos Así mismo está influye en que se reduzca los costos totales.

Thompson & Visser (2006), en su tesis sobre la selección de material de rodadura para el transporte de mineral y desmonte una mina Tajo abierto en la que se mueve 290 toneladas en unas redes de camino que sean diseñado de manera empírica, aplicando una metodología de tipo aplicada con diseño experimental, se llega a la conclusión que la gestión de mantenimiento de vías debe incluir un tipo específico de material de rodadura de acuerdo a las toneladas a transportarse en sus redes, además de ello esta influyen los costos totales dentro de la operación minera.

Hahn et al. (2015), el autor en su tesis sobre el desarrollo de monitoreo de condiciones de vías de acarreo en Minas a través del procesamiento de imágenes, aplicando una metodología aplicada con diseño experimental en una muestra de camino es de acarreo de las minas a través del procesamiento de imágenes, se concluye que para lograr sistema de transporte autónomo la misión crítica es remediar las carreteras o vías por donde transitan los equipos de transporte de mineral o desmonte, para ello Es necesario la utilización de herramientas con un enfoque fotográfico digital, para la caracterización del camino de las vías las cuales deben contar con capas de rodadura apropiadas, este enfoque permite una evaluación en tiempo real acerca de

los caminos o vías e identificar las zonas para intervención en el mantenimiento de las vías que están deterioradas.

Marais et al. (2008), el autor de la gestión de mantenimiento de vías mineras utilizando datos a bordo en camiones Mineros, cuyo objetivo es la gestión de las redes de las vías en minería cielo abierto para un mantenimiento adecuado y una reducción de Los costos, aplicando una metodología de tipo aplicada y de nivel analítico, en una unidad muestral de la red de vías del Tajo abierto, se concluye que en las grandes minas de tajos abiertos operan camiones ultrapasados, al incorporar un multisensor que controla y filtra la funcionalidad del camión, se puede reconocer el efecto de la carretera y establecer mecanismos de control, este multisensor es importante Ya que permite detallar la densidad y sus defectos en las vías Así mismo el tema del volumen de tráfico, ello conllevará a una mejora en el servicio de transporte de minerales o desmonte de la minería atajo abierto y una reducción en los costos por tonelada acarreada.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Bases teóricas del mantenimiento de vías

2.2.1.1. Vías de transporte o acarreo de mineral en mina

Mauricio Quiquia (2015, p. 50), las vías son espacios de terreno que generalmente están cubiertas con materiales de rodadura, las cuales son resistentes para el tránsito adecuado de volquetes o vehículos en las unidades mineras, estas vías, son de Gran utilidad ya que transportan el mineral de interior mina hacia las plantas concentradora, específicamente a las zonas de chancado primario, o a las zonas de desmontera o botaderos.

El **diseño estructural de vías mineras** comprende una serie de elementos clave para garantizar su estabilidad y funcionalidad. Comenzando desde la sub-rasante o in-situ, que representa la condición del terreno natural o la superficie sobre la cual se construirá la vía, hasta el relleno que se utiliza para nivelar y estabilizar el terreno. La capa de sub-base se posiciona encima del relleno, proporcionando un apoyo adicional y sirviendo como base para la siguiente etapa, la capa de base, que actúa como la estructura principal de la vía, soportando la carga del tráfico minero y distribuyéndola de manera uniforme. Cada uno de estos componentes juega un papel fundamental en el diseño y la construcción de vías mineras, asegurando su durabilidad, resistencia y funcionalidad para el transporte seguro y eficiente en entornos mineros.

Sub-Rasante / In-Situ, según Thompson RJ, Visser (2003), Está referido, al nivel natural del terreno es una porción, también conocida como su grado, de ello dependerá el ancho de las capas de la base que protegerán al material insitu.

Relleno Es un material que sirve para nivelar la capa insitu; es importante para el inicio de toda construcción

Capa de sub-base: Es una capa de material de trípico la cual cubre la capa insitu, esta debe tener las características apropiadas y a qué una deficiencia en su resistencia o rigidez provocará hundimientos parches o deformaciones, en interior mina la base y su base Generalmente están conformadas por una roca estéril la cual tiene una granulometría apropiada que evita que se tenga hundimientos o deformaciones.

Capa de base: Esta capa está inmediatamente debajo de la capa de rodamientos esta capa se encarga de proteger el material suave debajo del material de relleno o material insitu; cuando el peso del volquete que transporta mineral o desmonte es aplicado en una capa débil, causará que este material tenga baches o hundimientos y se obtenga como resultado defectos estructurales dentro de la sección de la vía

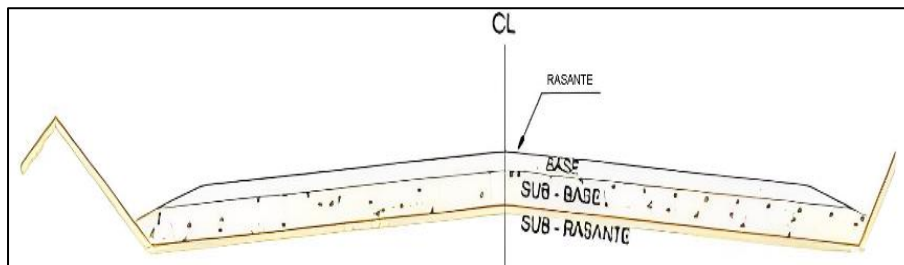


Figura 1. Sección transversal de una vía una unidad minera.

a) Clasificación por servicio

- **Vía de acarreo:** Las vías de acarreo o llamadas vías de tránsito de equipos pesados, son vías por donde se transporta el mineral o desmonte, tiene una ruta establecida la cual es de tránsito obligatorio para los volquetes que trasladan mineral o desmonte de interior. Dentro de estas vías tiene preferencia de pase estos equipos.
- **Vía auxiliar:** En todas las vías auxiliares estas son utilizadas Generalmente por equipos livianos, las cuales generalmente son de servicios auxiliares o de la supervisión de las diferentes áreas.

Las **vías en interior mina** están regidas por estándares, estándares que contienen la sección típica para el tránsito de los volquetes así como a la para las instalaciones de los servicios

auxiliares que las labores mineras necesiten, como se puede observar líneas abajo el tema de las alcayatas que transportan agua y aire así como la energía van dentro de una sección típica, las cuales tienen una distribución según el estándar establecido, en ella también se incluye el tema de la cuneta para el drenaje de agua debido a las filtraciones, o por presencia de agua en dicha zona, líneas abajo se especifica las dimensiones de dichas labores por donde transitara el volquete.

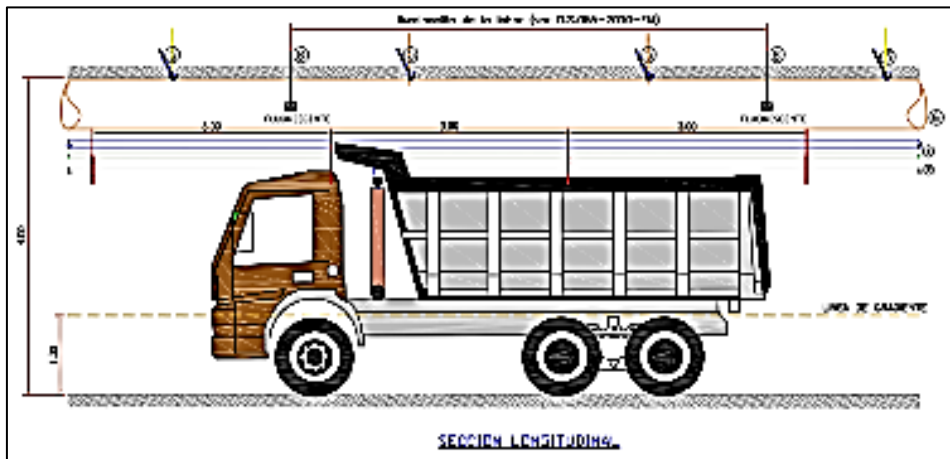


Figura 2. Corte de la sección longitudinal en la que se observa las vías para el transporte de los volquetes.

Dichos parámetros del estándar establecido se rigen a reglamentación general de minería, dichas especificaciones deben ser claras tal como se puede observar en líneas abajo específica que las alcayatas deben estar espaciadas cada 2.5 m. Como máximo, además en labores de avance el drenaje por la cuneta no debe tener una distancia mayor a 20 m del frente de trabajo.

Tabla 2. Especificaciones técnicas para los estándares de las secciones típicas de las vías en anteriormente

- Las instalaciones de servicio, tendrán una separación máxima de 25m del frente.
- Las alcayatas para la instalación de las tuberías de aire, agua y retira, deberán estar espaciadas entre sí, cada 2.5m. Y para el cable eléctrico cada 2m.
- La instalación del cable eléctrico deberá de estar al lado opuesto de las otras instalaciones, independientes y con una separación mínima de 1m.
- En todas las labores donde transiten equipos motorizados, se construirán refugios (detalle según DS.055-2010-EM).
- En labores de accesos principales, las tuberías y cables instalados deberán estar sujetadas con anillas de amarre.

- En labores donde se trabaje con LODOS, se colocarán alcayatas para el cable de su poste (ver detalle NN-001).
- La cuneta deberá seguir a la labor a una distancia no mayor a 20m del frente.

En la sección típica mostrada línea abajo se puede observar como el volquete tiene una distribución dentro de la sección en donde también se puede detallar la existencia de un espacio para el tránsito del personal que es de 90 cm, señalar que también dentro de estas vías existen zonas de refugio para el personal las cuales están estandarizadas, para evitar posibles accidentes debido al tránsito de equipos en labores mineras las cuales tienen espacios reducidos, dentro de esta distribución de la sección típica se puede observar la distribución de las alcayates tanto para agua aire y para el cableado eléctrico además de ellos se considera también el tema de la manga de ventilación en la que se puede observar que es de 24 pulgadas.

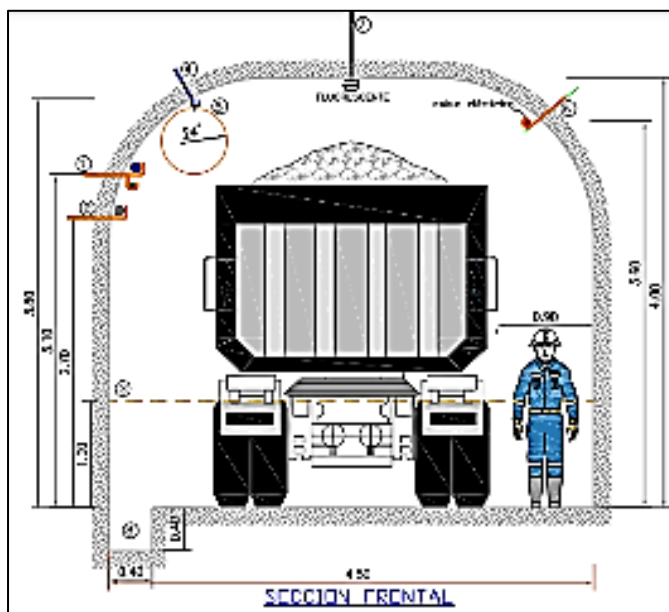


Figura 3. Sección típica de las vías principales en interior mina.

Para el caso del transporte en la explotación de tajos abiertos, está tiene una distribución mayor en el tema de la sección de las vías, tal como se puede observar en la figura líneas abajo generalmente, es necesario también la construcción de ver más o muros de seguridad, en la figura líneas de abajo se puede observar que tiene dos carriles la cual también considera el tema de la cuneta, como se ha mencionado anteriormente esta está regida bajo parámetros y estándares establecidos dentro de la unidad minera, como se puede observar se dan todos los detalles en dicho estándar.

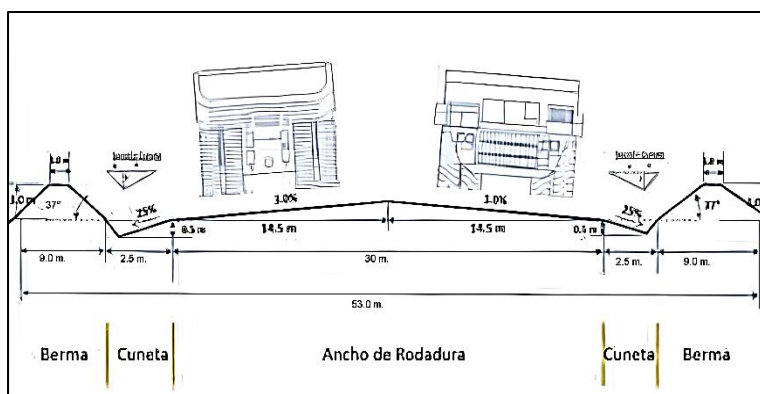


Tabla 3. Sección típica para vías en mineras atajo abierto.

2.2.1.2. Vías subestándares

Marinovich (2016, p. 6), cuando hablamos de vías en condiciones subestándares, se menciona que las vías tienen ciertas características que impiden una adecuada transitabilidad, es decir, estas vías producen retrasos dentro del proceso productivo, y generan condiciones inseguras para el trabajador y para el propio conductor de dichos equipos, que en suma tienen un potencial de causar incidente o accidente, cabe señalar que el factor climático en ciertos periodos de tiempo causa una deformación dentro de la vía la cual debe ser tratada adecuadamente con actividades y acciones estratégicas que eviten una baja productividad en equipos, en el personal, y en los costos que reducen los ingresos dentro de una organización.

Vías con empozamientos de agua Las vías en posadas de agua, son Generalmente producidas por la tracción de los neumáticos sobre el terreno, estas Generalmente dejan huellas que cada vez se van siendo muy pronunciadas, y en periodos de lluvia está Se incrementa significativamente en zonas con charcos acumulados de agua, por ello es importante analizar el tipo de material que debe cubrir dichas vías, ya que debe tener una resistencia que evite la formación de dichos charcos, o que en resumen logre reducir la atracción de los neumáticos a un mínimo, obteniendo así una vía adecuada sin tener desniveles.

Vías encalaminadas, son vías que tienen un aspecto de calamina, generalmente estas vías causan que los equipos que transitan por esta zona tengan velocidades discontinuas, o cambios bruscos debido a que la vía no es de manera continua. Influye en la productividad, es decir afecta la producción unidades mineras así mismo, reduce Los indicadores mecánicos e incrementa los costos.



Figura 4. Mantenimiento de las vías en interior mina con empozamientos o charcos de agua.

Vías de acarreo con ancho operativo y muros de seguridad subestándar, el tema del acarreo de mineral o desmonte, está influenciado por el ancho que debe de tener la sección, como se ha mencionado anteriormente Esta debe estar regida a un estándar, para evitar posibles accidentes o demoras en el proceso, además de ello en superficie es necesario el tema de los modos de seguridad, las cuales reducen los riesgos de volcadura.

Vías resbalosas en interior mina, son generadas debido a las filtraciones o precipitaciones que se filtran por el laboreo minero, estas generalmente se dan debido a que la vía húmeda al entrar en contacto con el polvo, forma capas o películas que dificultan la atracción de los neumáticos, causando un patineo o resbalón en los equipos que transitan por esta zona.



Figura 5. Vías resbalosas en interior mina producto de la filtración del agua del nivel freático.

2.2.1.3. Parámetros de diseño geométrico de vías mineras

Ancho de vía, debe estar regido en base al tamaño del vehículo mayor que circulará por dicha infraestructura y adicionarle el camino peatonal que tendrá para el personal que transita

por este punto; un diseño que no considere dicho parámetro del ancho del equipo generaría un peligro en la seguridad de los trabajadores que transitan por esta zona además de ello, estos parámetros son importantísimos considerar Ya que en interior mina solo se cuenta con Un carril de ingreso y salida tal como es el caso en la minera Kolpa.

Pendiente longitudinal, se refiere al grado de la inclinación, esta Generalmente es denotado por un ángulo que forma el plano horizontal con respecto al plano de la carretera esta Generalmente fluctúa de 0 grados a 15 grados como máximo en interior mina para el tránsito de volquetes e incluso están normados en algunas unidades mineras con pendientes de hasta 12 grados para el tránsito de volquetes.

Pendiente transversal, es importante para drenar el agua dentro de la superficie de la vía, además de ello es importante tener pendientes en zonas de curvaturas, debido al alto riesgo de derrape en los equipos en estas zonas, está pendiente es importante ya que mantiene las condiciones adecuadas de una vía en la cual está expuesto a factores climáticos adversos.

Parámetros de diseño geométrico de vías mineras, según McTiernan et al. (2016), la traza horizontal durante el diseño y construcción de caminos de acarreo trabaja inicialmente con los elementos necesarios para la operación segura de los vehículos al tomar curvas. Para un buen diseño horizontal en una curva de una vía se debe tener en cuenta el tema de la **visibilidad**, otro factor importante es el tema del **peralte**, así mismo el ancho de la calzada debe ser el adecuado de acuerdo a los cálculos y parámetros establecidos en la normativa, además de ello es importante considerar el **radio de giro** que tendrán los vehículos según el diseño.

2.2.1.4. Material para mantenimiento de vías interior mina

Para para el rellenado con ripio de las vías interior mina hay que con sistema de sus propiedades físicas y de resistencia de soporte a la carga, para la elección del material apropiado se debe considerar criterios técnicos y económicos, esta capa generalmente de material de ripio forma la base y su base de la infraestructura de las vías. Una selección inadecuada causaría problemas de empozamiento, en calaminado, o polvo en interior mina por ello es importancia de dicha Selección del material.

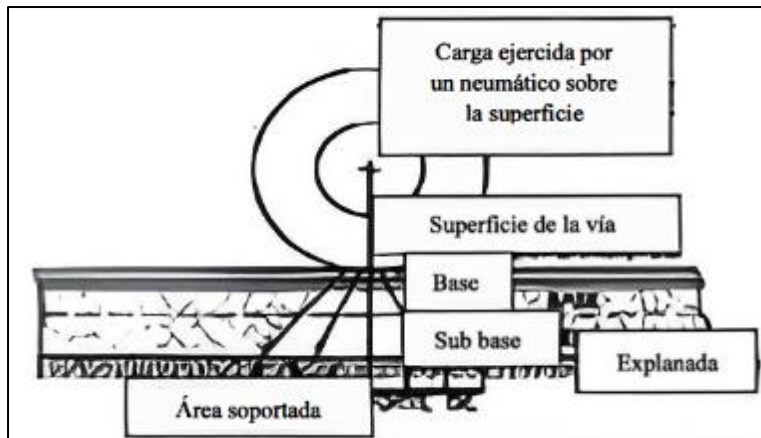


Figura 6. Transmisión de carga sobre la vía

Resistencia al rodamiento (RR), respecto a la resistencia del rodamiento, esta no sirve para identificar dos aspectos principales el tema de que sirve como una fuerza que impulsa a que el vehículo sigue en movimiento referido a una resistencia a la rodadura, y el otro aspecto es el tema de la penetración de la llanta en el piso de la vía, por ello líneas abajo detallamos el tema de la fricción interna y la resistencia a la penetración de la llanta.

Cuando hablamos de fricción interna F_i nos referimos a que a medida que el vehículo o volquete se mueve origina una reflexión de las paredes de la llanta con respecto al piso. Esta fricción permite El avance de dichos equipos

El tema de resistencia a la penetración (R_p) de la llanta, esta debe resistir adecuadamente el peso del material transportado a manera de estándar podrían mencionar 5.9 kg/Tn (0.59 % W_r) por cada 1 cm de penetración; y en unidades inglesas, 30 lbf (1.5 % W_r) por cada 1 pulgada de penetración

Para el cálculo de la resistencia de rodamiento se suma el tema de la presión interna y la resistencia a la penetración

$$RR = F_i + R_p$$

Tabla 4. Resistencias a la rodadura para diferentes tipos de vía.

vía	%	UI (lb/tc)	UM
concreto	2	40	20
afirmado	3 a 5	60 a 100	30 a 50
esponjado	10 a 16	200 a 320	100 a 160

Nota. Resistencias a la rodadura para diferentes tipos de vía. Fuente (Taipe Eccoña, 2015, p. 45)

Con respecto a los factores que influyen la penetración del piso de las vías en interior mina están referidas a la cocada de la llanta al peso del vehículo, la carga que transporta y el tamaño de la llanta, y su inflado respectivo.

Con respecto a la resistencia total viene a ser la suma entre la resistencia a la rodadura y la resistencia a la pendiente dentro de una vía.

Resistencia a la pendiente (Rg), respecto a la resistencia a la pendiente, está influenciada por la gravedad, es decir influye en el movimiento hacia arriba o hacia abajo del equipo en movimiento, La gradiente puede ser favorable si es negativo, y se dice que es una gradiente adversa si es una gradiente positiva

- % Pendiente = (Altura/distancia que se recorre)
- $R_g = (W \times \frac{3}{4} \text{ gradiente}) / 100$

2.2.1.5. Drenaje en interior mina

Cunetas laterales, las cunetas en interior mina, tienen características que su sección generalmente son trapezoidales, estas drenan el agua producto de la filtración o para la evacuación de agua de zonas profundas que tienen contenido presencia de agua, como se ha mencionado anteriormente sirven y cumplen una función de derivar el agua producto de las filtraciones precipitaciones u otros las cuales serán conducidas hacia unas Pozas de tratamiento o cámaras de sedimentación según la infraestructura de la mina, el criterio para la construcción de dichas cámaras de sedimentación o cámaras de bombeo auxiliar es crearla hacia el lado del peralte, logrando de esta manera aprovechar la gravedad para facilitar el ingreso del agua que será evacuado posteriormente de dichas cámaras de sedimentación con el bombeo respectivo.

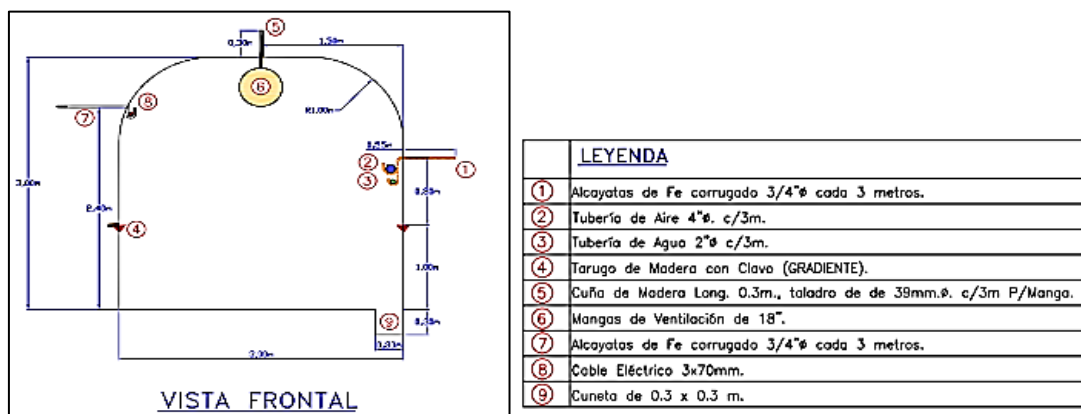


Figura 7. Sección de un laboreo minero donde se puede observar la cuneta al lado derecho

b) Pozas de sedimentación (captación)

En la figura podemos observar una infraestructura referido a Las Pozas de sedimentación o captación del agua proveniente de interior mina, estas aguas de las cunetas e interior mina ingresan a dichas cámaras, debido a la alta transitabilidad existente en las labores mineras, las cunetas arrastran finos las cuales son sedimentadas en la cámara inicial en este caso la cámara CAM 311N; esta sedimentará los finos y trasladará el agua hacia otra cámara la cual acumulará

de acuerdo a los estudios la cantidad de agua que posteriormente será evacuada mediante un sistema de bombeo auxiliar o primario.

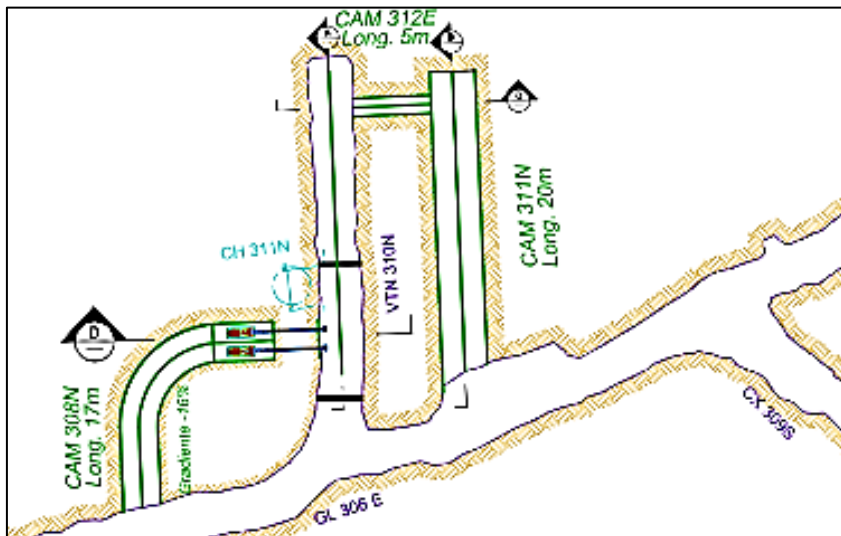


Figura 8. Plano en planta de una cosa de sedimentación en interior mina

Como se puede observar en la figura líneas abajo la gradiente de dicha cámara es de 16% en negativo esto es importante ya que permitirá en una primera fase el ingreso de los sedimentos hasta el primer dique, es hasta esta zona donde se tendrá el apoyo de los scoops para la limpieza de dicha lodo; de ahí el agua drenada pasará a una siguiente etapa en donde también se podrá observar acumulación de finos las cuales serán evacuadas mediante una bomba de lodos sumergible, en el diseño se puede observar también la existencia de una comunicación, esta será mediante un laboreo pequeño, la cual comunicará con la cámara de acumulación de agua para el bombeo respectivo.

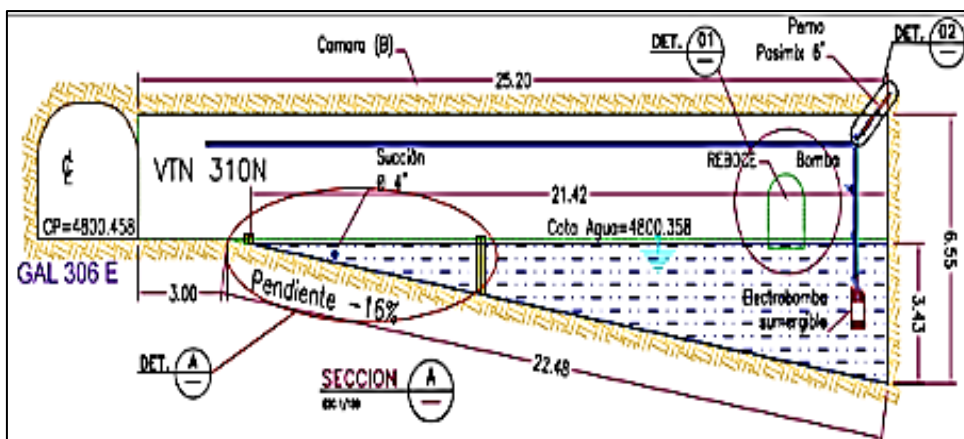


Tabla 5. Poza de sedimentación para el acopio de los finos

VTN 310N Camara (B)

VTN 311N Camara (A)

CAM 312E REBOCE

5.00m

Gradiante +0.5%

2.50m REF.

2.52m REF.

3.77m

3.00m

3.00m

2.52m

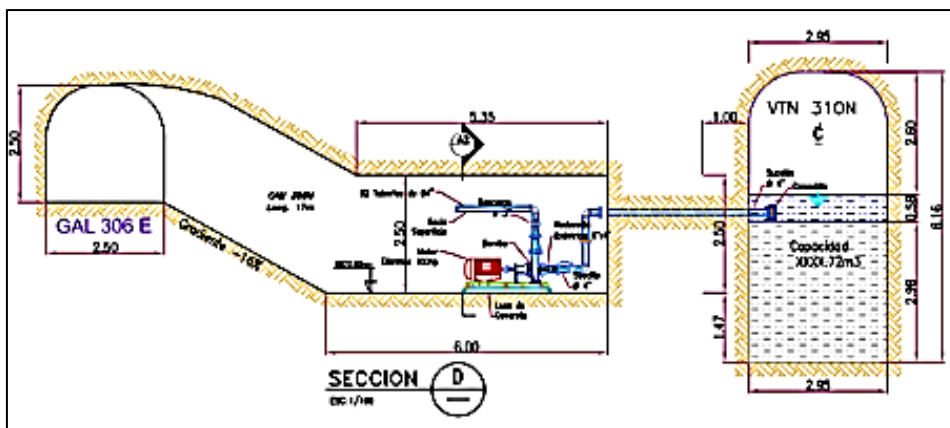
5.72m

Cuneta 0.5x0.3m

SECCION C

ESC: 1/250

De dicha cámara de acumulación de agua como se puede observar en la figura de 72 m3 esta tendrá una comunicación con la cámara de bombeo dicha comunicación será mediante un taladro en cuyo interior estará una tubería metálica la cual tendrá una malla de succión para el bombeo respectivo, en este caso la succión será en positivo debido a que el bombeo estará por debajo del espejo de agua, además de ello podemos observar que la cámara para el sistema de bombeo también tendrá las dimensiones adecuadas en la que se considerará la infraestructura del sistema de bombeo y el tránsito del personal que opera dichos equipos.



37

El sistema de bombeo, para la evacuación de agua en interior mina; es importante que considere las capacidades adecuadas así como la infraestructura de la instalación adecuada en este caso podemos observar que dichas instalaciones son con tubería metálica de 4 pulgadas, cabe señalar que en otras unidades mineras está varía en 8 o 16 pulgadas según las capacidades que el proyecto considere.

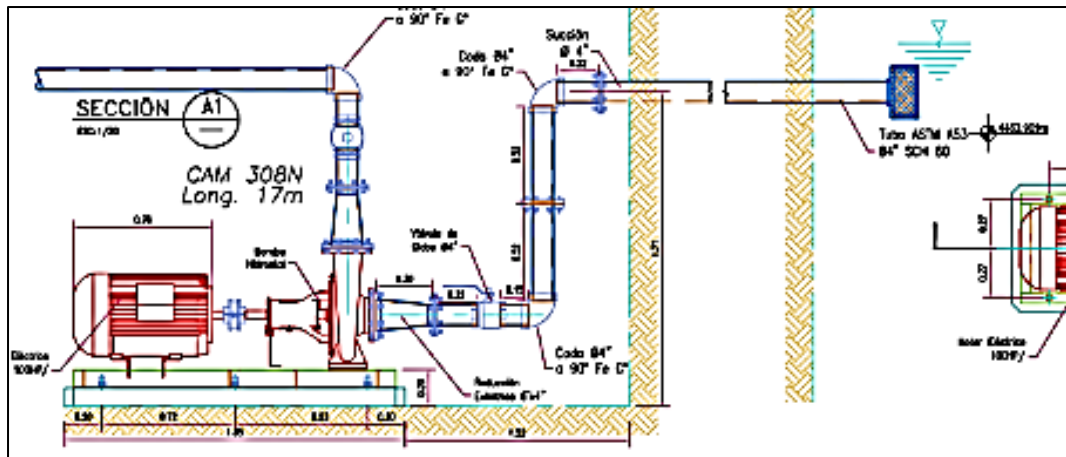


Figura 11. Sistema de bombeo para la evacuación de agua e interior mina.

Con respecto al sistema de bombeo podemos observar la existencia, de la instalación de dos bombas en paralelo generalmente estas son debido, a la inoperatividad que pueda tener una de ellas, en suma es de mucha importancia ya que el sistema operacional en las unidades mineras está enfocado en la producción y los objetivos del día, de la semana y del mes. Por ello la importancia de dicha instalación en paralelo de las bombas estacionarias. Líneas abajo podemos observar la instalación de dichas bombas estacionarias en el laboreo minero.

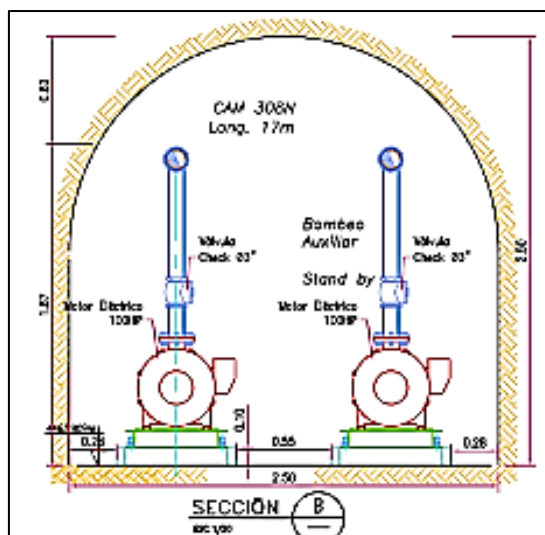


Figura 12. Instalación de bombas en paralelo para la evacuación de agua interior mina

2.2.1.6. Equipos para el mantenimiento de vía

Hurtado Nuñez (2019, p. 72), con respecto a los equipos en movimiento, el autor considera que existe una flota de equipos auxiliares que cumplen una función dentro de la operación minera, estos equipos referidos al mantenimiento de vida se encargan de dar las condiciones apropiadas a los equipos que transportan mineral o que realizan trabajos operativos debido a ello son llamados equipos auxiliares dentro de una unidad minera.

Volquete o camión minero: Los volquetes dentro de las unidades mineras cuya capacidad varía de 10 metros cúbicos a 15 metros cúbicos en sus tolvas para el transporte de mineral o desmonte, estas tienen ciertas características, en las que se considera que son diseñados con las potencias adecuadas para acarrear tonelajes de mineral en interior mina.

Rodillo (RV) según Hurtado Nuñez (2019, p. 74), Con respecto a este equipo su función principal es el de compactar las vías que han sido rellenadas con el material adecuado, este trabajo es importante ya que permite el cuidado de las llantas de los equipos de acarreo las cuales pueden ser dumpers o volquetes, este es importante para la reducción de costos de los neumáticos de dichos equipos ya que son considerados costos muy elevados.

Motoniveladora, este equipo es de suma importancia ya que tiene una cuchara rectangular en la parte delantera la cual remueve lodo piedras y perfila la sección de la vía además de ello tiene uñas posteriores las cuales escarifican zonas en mal estado para después ser perfilado y nivelado con La cuchara respectiva.

Cisterna de agua (WT). Hurtado Nuñez (2019, p. 75), con respecto a la cisterna son camiones que tienen acopladas tanques cisternas las cuales contendrán agua, para mitigar el polvo, las cuales también pueden ser usadas en casos de emergencia frente a un incendio. Estas generalmente son usadas en vías de alta transitabilidad donde el polvo es un factor que perjudica la visibilidad, o las actividades de los trabajadores que estén cercanas a ella.

Tractor de orugas (DZ), con respecto a este equipo, tienen mecanismos de tracción, para su desplazamiento en zonas de difícil acceso o una pendiente pronunciada, estas Generalmente también son utilizadas para la habilitación de las cunetas en interior mina, son de suma utilidad en secciones pequeñas ya que tienen un dinamismo en el empuje y perfilado de la sección, así mismo ciertos equipos tienen las dimensiones que son similares a los equipos de operación mina.

Excavadora (EX) Hurtado Nuñez (2019, p. 76), en superficie el mantenimiento de vías Generalmente requiere el uso de una excavadora esta habilita los sistemas de drenaje Así mismo excava los canales las alcantarillas y las pozas que se requieren estas, esta es de Gran

utilidad ya que ayuda también al perfilado de estos sistemas de drenaje, en las instalaciones superficiales de una minera.

Cargador frontal pequeño (LD), estas cumplen funciones de acuerdo a sus capacidades en general el material acopiado para el mantenimiento de las vías son cargadas mediante estos equipos, en el mantenimiento de las vías también son excelentes para la limpieza de los lodos en cámaras que tengan las dimensiones para estos equipos, además de ello en superficies es importante para la habilitación de los módulos de seguridad. Cabe señalar que es de suma importancia también el uso de estos equipos en el nivelado de las vías, estos equipos transportan el material seleccionado y las dejan en vías que presentan empozamientos; además de ello también ayuda a la evacuación de bancos caídos producto del transporte de los volquetes que llevan mineral.

Minicargador, es de suma importancia para la limpieza de las cunetas, además de ello sirve para el transporte y descarga de volúmenes reducidos en zonas que se presentan pequeñas catenarias en interior mina.

2.2.1.7. Programa de extracción de mineral Minera Kolpa

Meza (2023, p. 42), La **productividad minera**; La productividad es una relación existente entre el producto obtenido después de un proceso, y los recursos utilizados, esta productividad mejora a medida que exista un mayor aprendizaje dentro de los colaboradores, es importante el tema de la experiencia y la creatividad, la innovación necesaria para un mayor incremento en las utilidades, y la existencia de una competitividad personal, profesional y empresarial.

Salazar Sarmiento (2021, p. 17), La productividad se enfoca en mejorar el proceso de la producción, esta mejora se da debido al óptimo uso de los recursos para los bienes o servicios producidos; la productividad es medida como un índice que observa las salidas de un proceso con respecto a los recursos usados para la obtención de esta.

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos} = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Hurtado Nuñez (2019, p. 133), Que la productividad es una relación entre las toneladas y el tiempo total usado para producir, este tiempo incluye los tiempos del ciclo de minado dentro de las operaciones mineras; es por ello que hablamos una producción por ejemplo de 1500 toneladas por día; o en su defecto esta puede ser fraccionada a una guardia; la cual podría ser siguiendo el ejemplo anterior de 750 toneladas por guardia.

Saldaña Tumbay (2013), el autor considera que la productividad en el proceso de extracción de mineral es una relación existente entre tonelaje nominal cargado entre el tiempo de carguillo más el tiempo de espera o cuadrado de un equipo, este es un indicador de la productividad efectiva en el proceso de extracción de mineral.

$$\text{Productividad efectiva (Tn/h)} = \frac{\text{tonelaje nominal}}{\text{tiempo de carguio} + \text{tiempo de cuadrado}}$$

Marinovich (2016, pp. 4-5), el autor menciona que la productividad es una relación que existe entre el tema de los recursos y el producto, existe múltiples maneras de cuantificar la productividad dentro de las labores en interior mina, por ejemplo el tema de las toneladas extraídas según los avances en desarrollos o exploraciones es un indicador de productividad, o el tema de la producción de finos, versus los recursos utilizados también es otro indicador de la productividad, se debe Buscar un indicador apropiado para medir la productividad de cada operación minera en particular según la operación que realice.

Como se mencionó anteriormente, existen múltiples factores que afectan la productividad y en la mayoría factores gestionables, es decir que, la productividad depende también de los métodos de minado de la manera de organizar y liderar los equipos, esta es una tarea de los gestores dentro de las operaciones mineras, en ese contexto multifactorial la productividad puede alcanzarse rápidamente a medida que reduzcamos el tiempo en los ciclos de las operaciones mineras, logrando extraer mayores cantidades de mineral con los mismos recursos humanos tecnológicos operacionales y financieros.

Tabla 6. Programa mensual col de extracción de mineral en la minera Kolpa

PROGRAMA MENSUAL 2023							
MINA	TMS	Oz Ag	%Pb	%Zn	%Cu	USD Equiv.	%
BIENAVENTURADA	37,300	2.98	2.91	2.38	0.22	148	
GLADYS	1,000	2.39	2.40	2.50	0.10	128	73%
BANCOS		1.82	1.80	1.62	0.16	95	
GLORY HOLE	11,000	0.49	1.21	1.62	0.11	62	21%
TERCEROS	3,400	5.05	2.11	2.19	0.16	164	6%
TOTAL	52,700	2.58	2.50	2.21	0.19	131	100%

2.2.1.8. Disponibilidad mecánica (DM).

La disponibilidad mecánica está referido a un índice en el que se detalla las horas de operación destinadas a una actividad. Este indicador es importante dentro de una organización minera ya que mide el desempeño del departamento de mantenimiento mecánico de una empresa, así mismo este indicador ayuda a que la organización de forma sostenida realice sus

actividades de producción evitándose demoras por la parte de mantenimiento que afecten las operaciones.

$$\text{Disponibilidad mecánica} = \frac{\text{Horas operación}}{\text{Horas operación} + \text{Horas Mantenimiento}} (100)$$

Pizarro Sanchez (2019, p. 46), con respecto a la disponibilidad mecánica es la fracción total de horas hábiles expresada en el porcentaje, la cual está un equipo para que cumple el objetivo para la cual fue diseñado.

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = \frac{(\text{Tiempo hábil} - \text{Horas Mantenimiento}) (100\%)}{\text{Tiempo Hábil}}$$

2.2.1.9. Utilización efectiva

Pizarro Sanchez (2019, p. 37), respecto a la utilización es una fracción del tiempo la cual también es expresada en porcentajes, en la cual el equipo es operado y cumple el objetivo para la cual fue diseñado.

$$\text{Utilización efectiva} = \frac{\text{Horas Operacionales Efectivas} \times 100\%}{\text{Horas Operacionales} + \text{Horas de Reserva}}$$

2.2.2. Bases teóricas del ciclo de volquetes en interior mina

En el ámbito del transporte de carga, el control eficiente del ciclo de volquetes es esencial para optimizar los procesos y maximizar la eficiencia operativa. Según estudios realizados por autores como Smith & Johnson (2018), el ciclo de volquetes se compone de diferentes elementos temporales que inciden directamente en la productividad y rentabilidad de las operaciones de transporte.

Los camiones utilizados en la operación minera Kolpa S.A. son del modelo **FMX440**, con una capacidad de transporte estándar entre **10 a 15 m³** por ciclo. Esta capacidad influye directamente en la cantidad de material trasladado por viaje, afectando así la frecuencia y duración de los ciclos de transporte. Cuanto mayor la capacidad de carga, menor la cantidad de ciclos necesarios para cumplir con una cuota diaria, lo que optimiza la eficiencia logística. No obstante, también implica un mayor peso, lo que repercute en el rendimiento en rampas, velocidades, desgaste mecánico y necesidad de vías en óptimas condiciones.

En el contexto de la industria minera, el control efectivo del ciclo de volquetes es esencial para mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados con el transporte de materiales. Varios autores han examinado los componentes clave de este ciclo y su impacto en las operaciones mineras.

2.2.2.1. Tiempo de transporte cargado y vacío

El tiempo de transporte cargado y vacío representa una parte crítica de este ciclo. Autores como García & al (2019), señalan que reducir el tiempo de transporte cargado mediante rutas optimizadas y una planificación precisa puede disminuir significativamente los costos operativos. Del mismo modo, el tiempo de transporte vacío, aunque a menudo menos considerado, influye en la eficiencia general del transporte y puede ser optimizado mediante estrategias de programación y logística (D. Pérez & Gómez, 2020).

El tiempo de transporte cargado y vacío representa una parte significativa del ciclo de volquetes en la minería. Autores como González & Martínez (2019), han destacado la importancia de minimizar estos tiempos para maximizar la productividad, implementando rutas óptimas y estrategias de carga y descarga eficientes.

Cubas Ríos (2018), el tiempo real en el que un volquete ejecuta tareas directamente asociadas con la producción se conoce como tiempo de ciclo. Esta medida abarca varios componentes clave del proceso de transporte, incluyendo el tiempo de giro y posicionamiento, tiempo de carguío, transporte, descarga y regreso. Es esencial comprender y optimizar cada uno de estos tiempos para maximizar la eficiencia operativa en las actividades de transporte, ya que cualquier reducción en estos segmentos contribuye directamente a la mejora de la productividad general y la rentabilidad de las operaciones.

El **tiempo de acarreo y transporte** (T_a) representa el lapso que requiere un volquete cargado para recorrer una distancia determinada hasta su lugar de destino. Este tiempo está directamente relacionado con la distancia de acarreo (D) y la velocidad a la que se desplaza el volquete con carga (V_c). La fórmula para calcular el tiempo de acarreo es:

$$T_a = \frac{D}{V_c}$$

Donde:

- ✓ D representa la distancia de acarreo en metros (m).
- ✓ V_c es la velocidad a la que se desplaza el volquete con carga, medida en metros por minuto (m/min).

Este cálculo es fundamental para determinar el tiempo que el volquete tardará en transportar la carga desde el punto de origen hasta su destino, teniendo en cuenta la distancia que debe recorrer y la velocidad a la que se mueve. El conocimiento de este tiempo es esencial para la planificación logística y la estimación precisa de los tiempos de entrega en operaciones de transporte en la industria minera.

El tiempo de retorno (Tr) representa el lapso que tarda un volquete vacío en regresar desde el punto de descarga, como la tolva de finos o la desmontera, hasta el punto de carguío. Este tiempo está determinado por la distancia de acarreo (D) y la velocidad a la que se desplaza el volquete vacío (Vr). La fórmula para calcular el tiempo de retorno es:

$$Tr = \frac{D}{Vr}$$

Donde:

- ✓ D es la distancia de acarreo en metros (m).
- ✓ Vr es la velocidad a la que se desplaza el volquete vacío, medida en metros por minuto (m/min).

El conocimiento del **tiempo de retorno** es esencial en la planificación logística, ya que permite estimar el tiempo que un volquete tardará en regresar al punto de carguío una vez ha descargado su carga, considerando la distancia que debe recorrer y la velocidad a la que se desplaza vacío. Esta información contribuye a una gestión más eficiente de la flota de volquetes y a una programación más precisa de las operaciones de transporte en la industria minera.

2.2.2.2. Tiempo de carguío y descarga

El tiempo de **servicio de carguío y descarga** es otro aspecto vital. Autores como Martínez & Sánchez (2017) demostraron que la implementación de tecnologías avanzadas en los puntos de carga y descarga puede reducir drásticamente estos tiempos, aumentando la rotación de los volquetes y mejorando la productividad global.

Los tiempos de servicio de carguío y descarga son cruciales en entornos mineros. Investigaciones realizadas por Díaz & al (2020) sugieren que la utilización de tecnologías avanzadas, como sistemas automatizados de carguío y descarga, puede reducir estos tiempos, optimizando así el flujo de materiales y disminuyendo los tiempos muertos de los volquetes.

Quiquia & William (2015), el tiempo de carguío representa el lapso que requiere un volquete para ser llenado en el buzón o cargado por un scoop. Esta métrica está directamente ligada al número de lampones necesarios para alcanzar la capacidad máxima del volquete o unidad de transporte. La eficiencia en este proceso es fundamental, ya que una carga rápida y completa es crucial para optimizar el ciclo de transporte. Reducir el tiempo de carguío implica mejorar la capacidad de carga de los equipos y minimizar los tiempos muertos entre las operaciones de llenado, lo que contribuye a una mejora significativa en la productividad y eficacia de toda la cadena logística de transporte.

$$\text{Tiempo de carguío (min)} = T \cdot N$$

T representa el tiempo total de carguío, el cual se calcula multiplicando el tiempo de ciclo del scoop (expresado en minutos) por el número de pases que realiza el scoop para cargar el volquete o la unidad de transporte. Este cálculo permite determinar el tiempo total que el scoop necesita para completar la carga del volquete, considerando tanto la duración de cada ciclo del scoop como la cantidad de ciclos (o pases) necesarios para llenar por completo la capacidad del volquete.

El número de lampones necesarios (N) para llenar por completo la capacidad de un volquete se calcula considerando varios factores relacionados con el equipo y las características del material a cargar. Este cálculo se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$N = \frac{Q \times 1000}{C \times f \times e \times P_e}$$

Donde:

- ✓ Q representa la capacidad nominal del equipo en toneladas métricas (TM).
- ✓ C es la capacidad nominal de la cuchara en metros cúbicos (m³).
- ✓ f es el factor de llenado de la cuchara, expresado en porcentaje, dependiendo del tipo de material a cargar.
- ✓ e: es el esponjamiento del material, también en porcentaje, que varía según el tipo de roca y su fragmentación.
- ✓ P_e es el peso específico del material in situ en toneladas métricas por metro cúbico (TM/m³).

El factor de llenado (f) y el esponjamiento (e) se determinan según el tipo de roca a cargar, como se indica en estudios como el de Quiquia (2015). Por ejemplo, para rocas bien fragmentadas, el factor de llenado puede oscilar entre el 90% y el 95%, mientras que el esponjamiento puede variar entre el 67% y el 68%, dependiendo de la dureza y fragmentación específicas del material.

2.2.2.3. Tiempo de maniobras

Las maniobras durante el ciclo de volquetes también tienen un impacto crucial en la eficiencia. Investigaciones de López & Torres (2021) destacan que la capacitación del personal, junto con el uso de equipos especializados, puede minimizar el tiempo dedicado a las maniobras, acelerando el flujo de trabajo y reduciendo los riesgos operativos.

Las maniobras en entornos mineros tienen sus propias complejidades. Autores como Torres & Ramírez (2021) resaltan que en estas operaciones, las maniobras eficientes son críticas para

evitar accidentes y retrasos en la producción. La capacitación del personal y el uso de equipos especializados son estrategias clave para minimizar estos tiempos y mejorar la seguridad.

2.2.2.4. Tiempos diversos

Finalmente, los tiempos diversos, que incluyen el registro de ingreso y salida, inspecciones y coordinaciones, han sido objeto de análisis por autores como Fernández & al (2018). Estos tiempos, aunque a menudo no cuantificados, representan una parte significativa del ciclo de volquetes y deben ser gestionados eficazmente para evitar interrupciones en la cadena logística.

Los tiempos diversos, que incluyen actividades como el registro de ingreso y salida, inspecciones y coordinaciones logísticas, han sido estudiados por García & Soto (2018). Estos tiempos, a menudo pasados por alto, son vitales en entornos mineros, donde la coordinación entre diferentes áreas y el cumplimiento de regulaciones de seguridad son fundamentales.

En resumen, la optimización del control de ciclo de volquetes en el transporte de carga requiere una comprensión integral de los diferentes tiempos involucrados, desde el transporte hasta las actividades periféricas. La implementación de estrategias basadas en las investigaciones mencionadas puede llevar a mejoras significativas en la eficiencia y rentabilidad de estas operaciones.

La optimización del ciclo de volquetes en la minería requiere un enfoque integral que considere estos diferentes tiempos. La implementación de estrategias basadas en las investigaciones mencionadas puede mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y garantizar una logística más segura y efectiva en el sector minero.

2.3. Definición de conceptos (términos básicos)

Agua de drenaje de la mina: (Meza, 2023, p. 53), lo referido a aguas de drenaje interior mina, estas son aguas que son apropiadas en interior mina debido a la filtración de aguas del nivel freático o en su defecto debido a la filtración por factores climáticos en superficie, generalmente esta agua es drenada a superficie pero antes de ello se logra alcanzar valores con valores neutros que no perjudiquen el ambiente que lo rodea.

Alcantarillas (Hurtado Nuñez, 2019, p. 100), las alcantarillas son canales que sirven para trasladar el agua producto de la lluvia hacia un punto de descarga que cruce la vía, esta es importante para evitar desgastes en la vía producto de la acumulación y erosión que causa el agua de la lluvia. Estas infraestructuras generalmente están hechas en superficie dentro de las instalaciones de una minera, pero también son realizadas en interior mina para direccionar el

agua proveniente de las cunetas hacia el lado opuesto de una vía por la cual tendrá que seguir su curso

Condición de las vías. (Ibáñez, 2022; Infante Ayay, 2022), las condiciones de vida están referidas a las condiciones que presentan las vías debido a la influencia del agua o el tránsito propio de los equipos, se puede observar que existen vías con acumulación de charcos de agua, además de ello existen vías encalaminadas debido al desgaste, también podemos observar que existen vías resbalosas, y vías que no tienen infraestructura adecuada o el diseño como por ejemplo vía sin ancho adecuado o sin la presencia de muros de seguridad.

Diseño de vía, (Bazan Cabrera & De la Rosa Briones, 2022, pp. 35-40), el diseño de una vía debe considerar parámetros como el ancho, la altura de la berma, el peralte, la pendiente el tema del relleno la compactación y el espesor que debe tener dichas capas de rodadura.

Tabla 7. *Gradación para capa de rodadura*

TAMAÑO	% EN PESO QUE PASA
76 mm (3")	100
38 mm (1.5")	70 – 100
25 mm (1")	55 – 88
9.5 mm (3/8")	40 – 70
#4	30 – 55
#10	22 – 42
#200	5 – 10

Nota. Fuente (Bazan Cabrera & De la Rosa Briones, 2022, p. 41)

Líneas abajo detallamos algunas propiedades que deben tener la capa de rodadura como son: El tema del coeficiente degradación, la relación de polvo; el tema del límite de líquido, el índice de plasticidad, el tamaño apropiado

Tabla 8. *Propiedades que deben considerarse para la capa de rodadura*

Propiedad	Min.	Max.	Impacto en la funcionalidad
Contracción del producto	25	200	Reduce el deslizamiento, pero es propenso a la pérdida de agregados.
Coefficiente de gradación	20	35	Reduce el índice de erosión, pero aumenta la probabilidad de pérdida de material.
Relación de polvo	0.4	0.6	Disminuye polvo, pero hay probabilidad de perder material.
Límite líquido (%)	17	24	Reduce deslizamiento, pero aumenta polvo.
Límite plástico (%)	12	17	Reduce deslizamiento, pero aumenta polvo.
Índice de plasticidad	4	8	Reduce deslizamiento, pero aumenta polvo.
CBR al 98% P.M	80		Resiste la erosión y mejora la transitabilidad.
Tamaño máximo		40	Facilita el mantenimiento y conserva los neumáticos.

Gestión de vías, (Hurtado Nuñez, 2019, p. 105), el proceso de gestión de vías se refiere a la administración y la toma de controles para que estas vías estén adecuadas según los diseños y parámetros establecidos, para la administración de estas vías requiere de los recursos de personal equipos y tiempo las cual será según la evaluación del proyecto.

Influencia de las vías, (Hurtado Nuñez, 2019, p. 106), con respecto a la influencia está referido, al mantenimiento de las vías las cuales tienen una influencia directa en el rendimiento y la productividad de una organización minera de esta manera lograr una reducción de Los costos.

Limpieza de cunetas; (Hurtado Nuñez, 2019, pp. 106-107) son actividades mediante el cual se realiza la limpieza de las cunetas, que están acumuladas con material producto del derrame en el transporte de los volquetes, o debido a la acumulación del material fino; estas pueden causar daños prematuros en las vías, debido al derrame del material líquido transportado en esta.

Mantenimiento de vías, (Hurtado Nuñez, 2019, p. 106), el mantenimiento son actividades que se encargan de mantener en estado óptimo la red de vías existentes dentro de una unidad minera, estas deben ser prioritarias y con los recursos adecuados; e incluidas dentro de un planeamiento.

Muro o Berma de seguridad (Hurtado Nuñez, 2019), los muros de seguridad están contruidos con material consolidado, y están al costado de los caminos generalmente ubicados al borde de la calzada y tienen una altura de tres cuartos del neumático más grande del equipo que transita por esa zona, además de ello podemos observar que existen también muros de

seguridad en la pared central estas generalmente en minería atajo abierto, y evitan posibles accidentes por transitabilidad en carril contrario.

Peralte (McTiernan et al., 2016, p. 20), (también denominado comba), es la inclinación de un camino que le ayuda a un vehículo a transitar una curva a una determinada velocidad. Lo hace contrarrestando la fuerza centrípeta generada a medida que el vehículo transita a través de la curva. El efecto del peralte le ayuda al conductor a mantener la velocidad y el control de su vehículo y reduce las fuerzas laterales que se ejercen sobre las ruedas del camión.

Tabla 9. Peralte sugerido considerando el radio de curvatura y la velocidad del vehículo

Radio de curva (m)	Velocidad del vehículo (kph)						
	15	20	24	32	40	48	>56
15'	4%	6%	6%				
30	4%	5%	6%				
45	4%	5%	6%	6%	6%		
75	4%	4%	4%	4%	4%	6%	
90	4%	4%	4%	4%	4%	5%	6%
180	4%	4%	4%	4%	4%	5%	6%
300	4%	4%	4%	4%	4%	5%	6%
400	4%	4%	4%	4%	4%	5%	5%
500	4%	4%	4%	4%	4%	5%	5%

$$\text{Longitud desarrollo del peralte } L_d(m) = V \left(\frac{n_1 - n_2}{12.6} \right)$$

Donde:

- V= velocidad del vehículo (kph)
- n1 = pendiente transversal normal (+%)
- n2 = pendiente transversal con peralte completo (-%)

Productividad minera, (Meza, 2023, pp. 42-43), La productividad minera es expresada como las toneladas extraídas en un determinado tiempo (TM/hombre-guardia), entre otros aspectos también se puede considerar que la productividad está referida a los metros de avance realizadas en desarrollos o exploraciones referidos a la cantidad de personas por guardia (m de avance/hombre guardia), por producción de finos (onzas/kW-h-turno) , en general podríamos decir que la productividad mide las toneladas de concentrado toneladas de onzas finas versus los recursos utilizados las cuales pueden ser energía materiales recursos humanos tiempo capital agua entre otros. De esta manera cada operación minera buscará una métrica para la productividad en particular de su organización ya que cada una es distinta e involucra múltiples factores en forma simultánea.

Radio de giro y Sección de la vía en curva (McTiernan et al., 2016, p. 32), respecto al radio de giro, las curvas horizontales deben ser evaluadas según las restricciones del terreno además de ello es importante detallar que estos radios evitan el desgaste de los neumáticos, es ahí donde trabaja el ensanche para garantizar que se mantenga una suficiente separación entre los vehículos, este ensanche de las curvas tengan o no tengan peralte pueden determinarse mediante la expresión detallada líneas abajo, o en su defecto agregando la mitad del ancho del vehículo más ancho que se utilice en dicha vía de transporte.

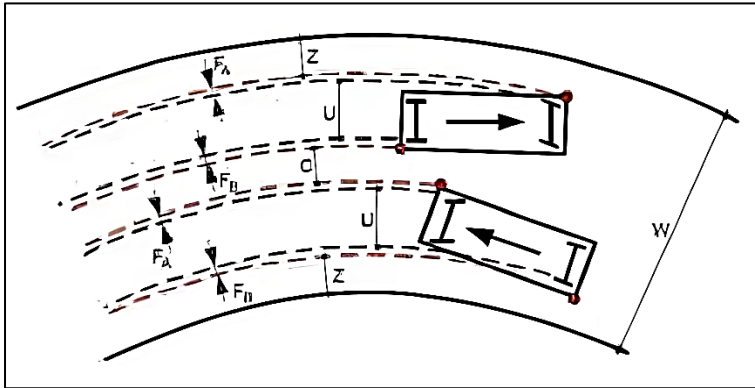


Figura 13. Ancho de calzada considerando el despeje lateral

$$\text{Ancho calzada } W(m.) = 2(U + F_A + Z) + C$$

$$\text{Despeje Lateral } C(m.) = (U + F_A + F_B) / 2$$

Donde:

- U = ancho de la vía (entre centros de ruedas) (m)
- FA = ancho desde el saliente delantero (m)
- FB = ancho desde el saliente trasero (m)
- C = despeje lateral total
- Z = margen adicional de ancho debido a las dificultades de transitar por curvas (m)

Rápidas. (Hurtado Nuñez, 2019), estas infraestructuras son similares a los canales de sección, dependen mucho del volumen a transportar para considerar las dimensiones de las rápidas (son variables) y De qué material serán realizadas, se podría considerar también como canales que tienen alta pendiente.

Recursos para mantenimiento de vía. (Taípe Eccoña, 2015), los recursos para el mantenimiento de las vías dentro de las organizaciones mineras, están enfocadas en el personal, la cual realiza limpieza de cuneta construcción de muros de seguridad y la limpieza de las sangrías que son directores del drenaje de agua hacia las cunetas en zonas de acumulación de agua debido a filtraciones. Los equipos utilizados para el mantenimiento de las vías en interior mina están enfocadas en el uso de la motoniveladora, el cargador frontal, la retroexcavadora,

el tractor, el mini cargador, entre otros que considera la organización según su evolución. Además de Ello hay que considerar también el tema del material que servirá como capa base.

Trazado vertical (McTiernan et al., 2016), existen tres objetivos principales al diseñar la traza vertical de un camino. La primera involucra garantizar que el gradiente del camino cumpla con las especificaciones de rendimiento de los vehículos pesados que lo utilizan. El segundo es mantener el camino en óptimas condiciones, y el tercero es establecer gradientes y curvas verticales que le permitan la clara visibilidad del conductor / operador en todos los tramos, cruces y rampas del camino de la mina adecuada para una operación segura

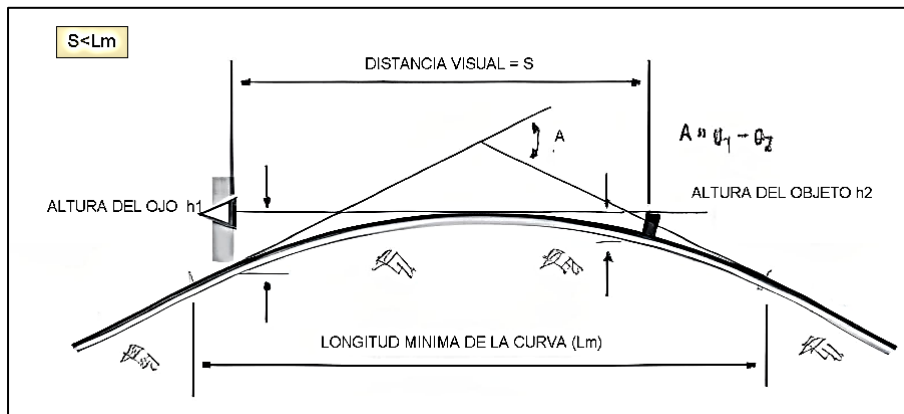


Figura 14. Longitud mínima cuando la visibilidad es inferior a la longitud de la curva vertical

$$L_m = \frac{A * S^2}{200 * (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})^2}$$

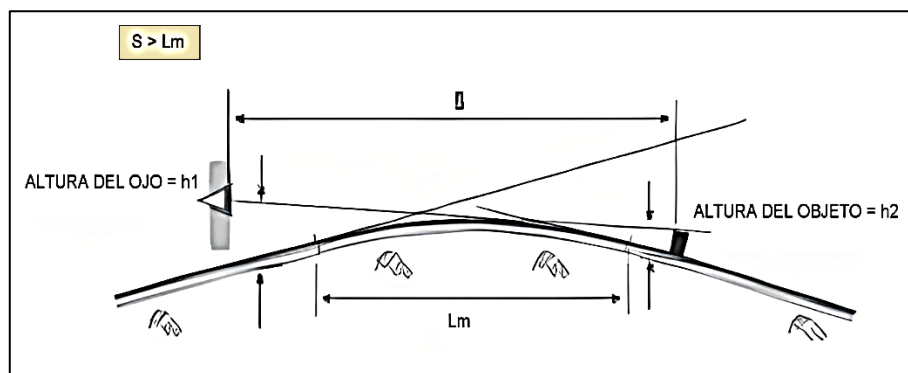


Figura 15. Longitud mínima cuando la visibilidad es mayor a la longitud de la curva vertical

$$L_m = \frac{2 * S}{A} - \frac{200 * (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})^2}{A^2}$$

Donde:

- L_m = longitud mínima de la curva en la cima (m)
- S = visibilidad de frenado requerida (m)
- A = diferencia algebraica en desniveles (%)
- H_1 = altura del ojo del conductor (1,1 m)
- H_2 = altura del objeto (0,2 m)

Visibilidad. (McTiernan et al., 2016), la visibilidad está referida a garantizar que los operadores tengan una observación adecuada la cual es fundamental para el desempeño seguro en las actividades de transporte mina, la visibilidad para el frenado del conductor u operador está denotada mediante la expresión:

$$\text{Visibilidad para frenado} = \frac{R_t V}{3.6} + \left(\frac{V^2}{254(d + 0.01g)} \right)$$

Donde:

- V = velocidad del vehículo (kph)
- R_t = Reacción del conductor para el frenado (generalmente 2 Segundos)
- d = Es la pendiente que tiene la vía la cual puede ser en bajada (-) o en subida (+)
- g = coeficiente de fricción entre el neumático (habitualmente entre 0,3 y 0,45 para caminos no sellados)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, con el objetivo de evaluar de manera práctica y concreta cómo la gestión del mantenimiento de las vías impacta directamente en los tiempos de operación de los volquetes utilizados para el transporte de mineral en Minera Kolpa S.A. Este tipo de investigación aplicada se enfoca en abordar problemas y desafíos específicos en un entorno práctico, buscando generar soluciones o recomendaciones directamente aplicables en el contexto empresarial. En este caso, el objetivo es comprender cómo las estrategias de mantenimiento vial influyen en la eficiencia y productividad de los volquetes, lo que tendrá implicaciones prácticas y operativas en la gestión de la empresa minera. Este enfoque aplicado permitirá obtener resultados tangibles y útiles, con el propósito de mejorar la gestión del transporte de mineral a través de acciones concretas relacionadas con el mantenimiento de las vías en Minera Kolpa S.A.

Según (Carlessi & Meza, 2015; Mallma Perez, 2021; Veiga de Cabo et al., 2008) la finalidad que tuviere el proyecto de investigación, existen tres tipos de investigación la investigación básica pura que requiere un alto nivel de resolución frente a los problemas planteados, el nivel aplicado en la cual desarrolla técnica de resolución para problemas organizacionales, y el tecnológico la cual incluye soluciones innovadoras mediante el uso de tecnologías que contractualmente son emergentes.

3.1.2. Nivel de investigación

(Cauas, 2015; Hernández et al., 2016; I. J. Mallma Perez, 2021; Pachas & Yunkor-Romero, 2021), en los estudios de nivel explicativo de investigación, establecen supuestos teóricos de relación causal, en la cual no solamente se persigue describir un problema de investigación sino se busca encontrar las causas del mismo. En estos estudios de investigación se busca la causalidad el antecedente y consecuente, es decir Aparecen las variables de dependencia e Independencia la causa y el efecto.

Para el desarrollo de la presente investigación se aplicó el nivel explicativo, ya que se buscó una relación causal entre la variable del mantenimiento de vías y el tiempo de ciclo de volquetes.

3.2. Método de investigación

Respecto a la metodología de investigación presente investigación como método general se aplicó el método científico, ya que hace uso de una secuencia objetiva y fáctica para establecer conclusiones pertinentes con una evidencia científica comprobada metodológicamente. En lo referente a la metodología específica, se empleó el método deductivo, el cual permitió establecer las principales relaciones de causalidad existentes entre las variables de investigación, partiendo de teorías generales hacia conclusiones específicas basadas en los datos observados.

(Herrera & Sacasas, 2010; Suarez et al., 2009), el método científico permite solucionar problemas y el crear conocimientos de manera objetiva la cual empieza con el planteamiento de la investigación, las hipótesis la experimentación y la conclusión frente a un determinado problema de investigación, cabe señalar que este método no es rígido y utiliza a la razón como parte analítica del proceso a seguir, las cuales deben ser verificables y objetivas.

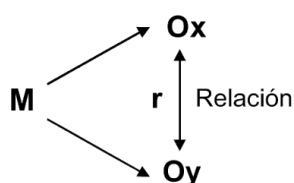
Según Bunge (2000), el método deductivo consiste en partir de principios generales o teorías aceptadas para derivar conclusiones específicas que luego pueden ser contrastadas con la realidad empírica, siendo fundamental en disciplinas donde la lógica y la coherencia teórica guían el análisis.

3.3. Diseño de investigación

Se aplicó un diseño correlacional de corte transversal, lo cual es adecuado para analizar la relación entre las variables involucradas en un momento específico. Este enfoque permitió evaluar cómo el mantenimiento de las vías influye en los tiempos de ciclo de los volquetes, proporcionando una instantánea precisa de las correlaciones entre factores como el diseño, las condiciones y los recursos utilizados en el mantenimiento de las vías, y su impacto en la eficiencia operativa. El diseño correlacional es ideal para este tipo de investigación, ya que buscó determinar la dirección y magnitud de las relaciones sin intervenir directamente en las variables, mientras que el corte transversal permite capturar estos datos en un solo punto en el tiempo, facilitando una evaluación detallada y objetiva del estado actual de las operaciones en la minera.

(Salas Blas, 2013), el diseño correlacional de corte transversal es ampliamente utilizado en investigaciones que buscan analizar la relación entre dos o más variables en un único punto en el tiempo. Este tipo de diseño permite explorar asociaciones y medir la fuerza de las relaciones sin necesidad de manipular las variables, lo que es útil en estudios donde la intervención directa no es posible o ética.

Tabla 10. Esquema de diseño de investigación



Nota. Se buscó establecer el grado de asociación entre la gestión del mantenimiento de vías (variable independiente) y el tiempo del ciclo de los volquetes (variable dependiente) en la Minera Kolpa S.A., observando cómo fluctúan estas variables en función de distintos indicadores técnicos y operativos

El diseño metodológico adoptado en esta investigación corresponde a un **diseño no experimental de tipo correlacional transversal**, el cual es adecuado cuando se pretende examinar la relación entre variables tal como se presentan en su contexto natural, sin manipulación directa por parte del investigador.

La elección del método correlacional en esta investigación se justifica plenamente debido a la naturaleza de las variables en estudio, las cuales no pueden ser manipuladas de forma experimental, pero sí observadas en su comportamiento natural para establecer relaciones cuantitativas. La gestión del mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de los volquetes son fenómenos que ocurren simultáneamente dentro de un entorno operativo real, y cuyo vínculo puede ser analizado mediante técnicas estadísticas correlativas. Este método permite identificar la dirección y magnitud de la relación entre las dimensiones del mantenimiento (como el diseño, la condición y los recursos) y los tiempos de operación logística. Se adopta, por tanto, un **diseño no experimental de tipo correlacional transversal**, ya que se recolectaron datos en un solo momento sin intervenir ni alterar el comportamiento de las variables. Este diseño permite, con rigor, evaluar asociaciones significativas entre los factores de mantenimiento y los tiempos de ciclo, brindando un modelo explicativo útil para la toma de decisiones en contextos mineros. Así, la metodología seleccionada es coherente con los objetivos de la investigación y respalda la validez del análisis inferencial realizado.

El enfoque de corte transversal es particularmente adecuado para estudios observacionales, ya que proporciona una fotografía instantánea que permite identificar patrones y correlaciones entre las variables. Este diseño, aunque limitado en su capacidad para establecer causalidad, es valioso para detectar relaciones significativas entre las variables dentro de un contexto determinado (Mallma Perez, 2018) .

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La investigación sobre el "Mantenimiento de vías y su influencia en el tiempo del ciclo de volquetes de la Minera Kolpa S.A.", se concentró en un grupo específico de 900 reportes recopilados durante un lapso de tres meses. Esta recopilación refleja la operación detallada de los 13 volquetes FMX440 destinados al transporte de mineral en la empresa minera. Estos informes ofrecen una panorámica exhaustiva y detallada de la actividad operativa de los volquetes, permitiendo un análisis profundo de los tiempos de ciclo y su relación intrínseca con las condiciones de las 14 vías principales en la mina. Estos datos representativos se convirtieron en un recurso crucial para comprender la interacción entre el mantenimiento de vías y los tiempos de operación de los volquetes, brindando una visión clara y específica del contexto de Minera Kolpa S.A. Esta investigación se centró en explorar cómo las condiciones de las vías inciden directamente en la eficiencia y el rendimiento de los volquetes FMX440 en sus rutas principales dentro de la mina, destacando la importancia estratégica del mantenimiento vial en el proceso logístico de la empresa.

(López, 2004; Sucasaire Pilco, 2022), el autor menciona que la población es un conjunto de objetos o personas con determinadas características en la cual se realiza un estudio específico, en otras palabras es la totalidad de elementos que participaron dentro de un estudio de la investigación.

Tabla 11. *Vías principales según niveles de las labores interior Mina en la minera Kolpa.*

Nivel	Vía Principal
4080	RP 063
4130	RP 063
4130	RP 288
4130	RP 227
4180	BP 156 (-)
4230	BP 767
4230	BP 979
4330	BP381
4330	BP 670
4480	Rampa 2
4480	Rampa 1
4480	CX 355
4480	BP 092
4480	CX 200

3.4.2. Muestra

La investigación sobre el "Mantenimiento de vías y su influencia en el tiempo del ciclo de volquetes de la Minera Kolpa S.A.", se basó en una muestra representativa y detallada de 269 reportes provenientes de 10 volquetes FMX440 utilizados en el transporte de mineral. Estos reportes ofrecen una visión específica y detallada de la actividad operativa de los volquetes, lo que permitió un análisis exhaustivo de los tiempos de ciclo en relación con las condiciones de las 14 vías principales dentro de la mina. Esta muestra seleccionada proporcionó datos valiosos para comprender la interacción entre el mantenimiento de vías y la eficiencia operativa de los volquetes, aportando información significativa sobre cómo las condiciones de las vías afectan directamente los tiempos de operación de estos vehículos en el contexto específico de Minera Kolpa S.A. El análisis detallado de esta muestra permitió identificar patrones y correlaciones esenciales para comprender la influencia del estado de las vías en la productividad y el tiempo del ciclo de volquetes de volquetes en la mina.

(Torres et al., 2019), según el autor la muestra es una parte un subconjunto de elementos que está dentro de una población y que tienen características idénticas para un problema de estudio. (Cairo, 2019) considera como un conjunto de la población la cual es representativa para la investigación que se desarrolla, el autor detalla que existe un muestreo probabilístico cuando los elementos de la población elegidos aleatoriamente.

Para el cálculo de muestra considerando un nivel de confianza del 95% y un error del 5% en la cual es detallada mediante la siguiente expresión:

$$\text{tamaño de muestra (M)} = \frac{N * (\alpha_c * 0,5)^2}{1 + (e^2 * (N - 1))} = 269$$

donde :

α_c : Valor del nivel de confianza (95%=1.96)

e: Margen de error (0.05)

N: Tamaño de la población (1070 reportes)

Tabla 12. Cálculo de la muestra de investigación

		MARGEN DE ERROR											
N	POBLACIÓN	1%	2,0%	2,5%	3,0%	3,5%	4,0%	5,0%	6,0%	7,0%	8,0%	9,0%	10%
	100	50	49	48	48	47	46	44	42	40	38	35	33
	250	99	96	94	92	89	86	80	73	66	60	54	49
	500	196	185	177	169	160	150	132	115	99	86	75	65
	600	291	267	251	234	217	200	169	141	119	100	85	73
	700	384	343	318	291	265	240	196	160	132	109	92	78
	800	475	414	377	341	306	273	217	174	141	116	96	81
	900	565	480	432	384	340	300	234	185	148	120	99	83
	1000	653	542	481	423	370	323	248	193	153	124	102	85
	1050	739	600	526	457	396	343	260	200	158	126	103	86
	1.070	823	655	568	488	419	360	269	206	161	129	105	87
	1100	906	706	606	516	440	375	278	211	164	131	106	88
	1200	987	755	641	542	458	389	285	215	166	132	107	88
	1300	1.067	800	674	565	474	400	291	218	169	133	108	89
	1400	1.145	844	704	586	489	411	297	221	170	135	109	89
	1500	1.222	885	733	606	503	420	302	224	172	136	109	90
	1600	1.297	923	759	624	515	429	306	227	173	136	110	90
	1700	1.372	960	784	640	526	437	310	229	175	137	110	91
	1800	1.444	996	807	656	537	444	313	231	176	138	111	91

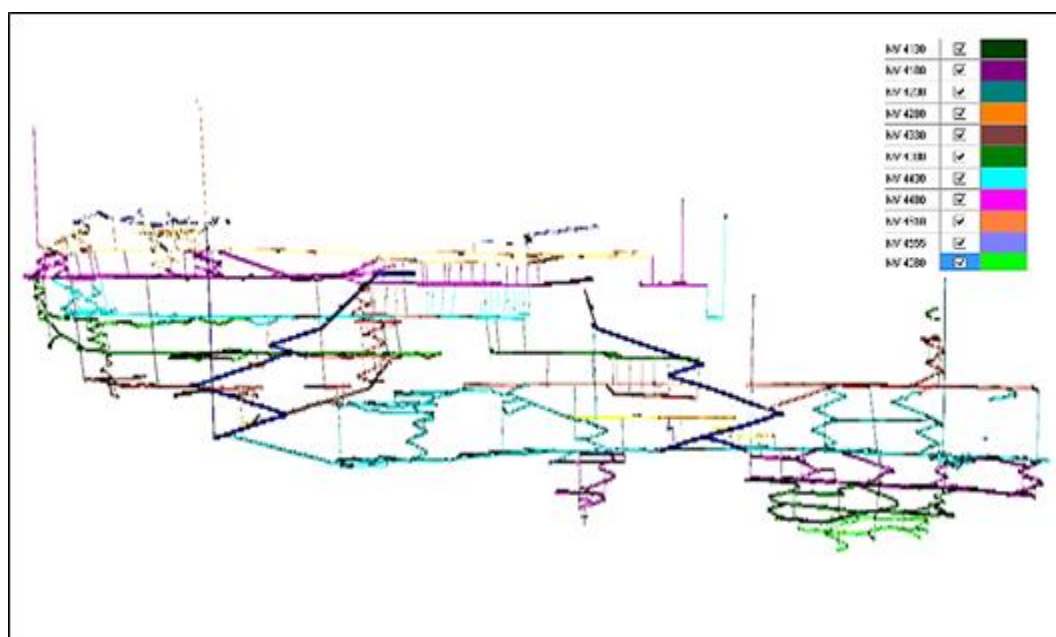


Figura 16 .Esquema de las vías principales en la unidad minera Kolpa según los niveles

3.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

En la presente investigación aplicamos la técnica de la observación y el análisis documentario y el instrumento de la ficha de observación, y para el caso del análisis documentario, la guía del análisis documentario. Esto es importante, ya que consideramos en campo las mediciones en cuanto al cumplimiento del diseño de la vía, así mismo, el tema de la condición y mantenimiento de la vía encontrada en campo y los recursos que se utiliza para el mantenimiento de esta; con respecto a la variable referido al control del ciclo de los volquetes y los tiempos asociados en la operación minera son variables fundamentales en la gestión eficiente del transporte de mineral. El tiempo de transporte cargado y vacío indica la duración para movilizarse con y sin carga respectivamente, reflejando la eficiencia en el traslado de material. Los tiempos de servicio de carguío y descarga señalan el lapso empleado en llenar y vaciar el volquete, aspectos cruciales para mantener la continuidad de la operación. Las maniobras también son esenciales, pues representan el tiempo utilizado en maniobrar el vehículo, influyendo directamente en la fluidez del proceso. Además, los tiempos diversos engloban una serie de acciones como registro de ingreso, salida, inspecciones y coordinaciones, que, aunque no directamente ligadas al movimiento del volquete, impactan en la eficiencia operativa global al afectar los tiempos de espera y coordinación logística.

La recolección de datos en esta investigación se llevó a cabo mediante el uso de técnicas cuantitativas no invasivas, adecuadas para un diseño correlacional transversal. Se utilizaron principalmente dos instrumentos: la ficha de observación y las guías de análisis documental. La ficha de observación permitió registrar de manera estructurada los indicadores asociados tanto a la gestión del mantenimiento de vías (ancho, pendiente, condición de la capa de rodadura, limpieza de cunetas, etc.) como al tiempo de ciclo de los volquetes (transporte cargado y vacío, maniobras, tiempos de descarga y carguío, entre otros). Estos datos fueron recopilados in situ durante un periodo de tres meses de diciembre de 2023 a febrero de 2024 en las operaciones de Minera Kolpa S.A., permitiendo una captura precisa y representativa de las condiciones reales de trabajo.

Paralelamente, se aplicó el análisis documental a 283 reportes técnicos correspondientes a la flota de 10 volquetes FMX440, seleccionados como muestra representativa por su alta frecuencia de uso en los trayectos mineros. Este enfoque documental complementó la observación directa al proporcionar datos históricos y técnicos sobre mantenimiento, incidentes, tiempos de parada, y asignación de recursos. La confiabilidad de los instrumentos empleados fue validada estadísticamente con un alfa de Cronbach de 0.902, asegurando la consistencia interna de los registros. Esta estrategia metodológica permitió establecer una base

sólida para el análisis correlacional, garantizando la validez y precisión en la identificación de relaciones significativas entre las variables estudiadas.

Estos datos considerados en campo, con los reportes de control del área de planeamiento y operaciones mina fueron fundamentales para una evaluación completa y precisa de los elementos que componen el control del ciclo de los volquetes en la operación minera. La obtención de datos en campo permitirá capturar información en tiempo real sobre los diferentes tiempos asociados al ciclo de los volquetes, como el tiempo de transporte, servicio de carguío, descarga, maniobras y otros tiempos diversos. Estos datos directos serán contrastados y complementados con los registros y reportes de control del área de planeamiento y operaciones mina, los cuales ofrecen una visión más estructurada y detallada de la gestión y planificación de estas actividades.

El autor señala que, cada técnica tiene sus instrumentos de recolección de datos, dichos instrumentos deben ser validados y tener un grado de confiabilidad para su aplicación. El término de validez está íntimamente relacionado a los datos que se pretende analizar. La confiabilidad estima un rango de aproximación de obtener mismos resultados cuándo aplicamos el mismo estudio de investigación a una muestra determinada

(I. Mallma Perez et al., 2002), menciona que el instrumento de investigación de la observación, es una guía en la cual se toma mediciones para evaluar la variable de investigación según los indicadores que se ha considerado.

3.6. Técnicas de procesamiento de datos

Agrupar los datos del tiempo del ciclo de los volquetes y de la gestión del mantenimiento de vías es una estrategia valiosa para facilitar su interpretación y análisis. Al organizar los datos cuantitativos sobre el tiempo del ciclo de los volquetes, se pueden identificar tendencias, patrones y variaciones significativas en los tiempos específicos asociados a la operación de los volquetes. Por otro lado, la agrupación de datos cuantitativos relacionados con la gestión del mantenimiento de vías permitirá analizar la efectividad de las estrategias de mantenimiento en la mina.

Al comparar ambas variables agrupadas, se podrá evaluar cómo los distintos enfoques de mantenimiento de vías impactan directamente en los tiempos de ciclo de los volquetes. Esta comparación cuantitativa proporcionará una visión clara de cómo las estrategias de mantenimiento pueden influir en la eficiencia y productividad de la operación de transporte de mineral en Minera Kolpa S.A. Identificar correlaciones entre estos conjuntos de datos facilitará la comprensión de la relación causa-efecto entre la gestión del mantenimiento de vías y los

tiempos operativos de los volquetes, ofreciendo información valiosa para tomar decisiones informadas en la mejora de procesos y la optimización de recursos.

Etiquetas de valor

Valor:

Etiqueta:

[Ortografía...](#)

[Añadir](#)

[Cambiar](#)

[Eliminar](#)

1 = "Pésimo"

2 = "Malo"

3 = "Regular"

4 = "Bueno"

5 = "Muy bueno"

Figura 17. Valoración de los indicadores en la ficha de observación de la investigación

Para el desarrollo de la tesis utilizamos softwares de procesamiento de datos para el análisis descriptivo e inferencial dichos paquetes de procesamiento están referidos al programa SPSS 27, Minitab 19; Microsoft Excel, Word y Power Point.

En el análisis estadístico se realizó la descripción de los estadígrafos como son la varianza media la desviación estándar y en el análisis inferencial, se realizó un análisis de acuerdo a la evaluación de los datos paramétricos, en ello, se aplicó la prueba t de estudio o en su defecto la chi cuadrada, todo ello, considerado un 95% de confianza y un 5% de nivel de significancia. Además de ello utilizó un modelo en la cual el coeficiente estandarizado Beta que determinó la importancia de cada uno de las dimensiones e indicadores significativos.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Estadística descriptiva de las variables de investigación

El mantenimiento de vías en el interior de la mina de Minera Kolpa S.A. se realiza a través de dos accesos principales: Rampa 1 y Rampa 2, como se observa en la imagen panorámica proporcionada. Estos accesos son cruciales para el transporte de mineral y personal, ya que permiten la entrada y salida eficiente desde el interior de la mina. La Rampa 1 y la Rampa 2 representan puntos estratégicos para la logística minera, y el mantenimiento adecuado de estas vías es fundamental para garantizar la continuidad operativa y la seguridad en las actividades diarias de la mina.

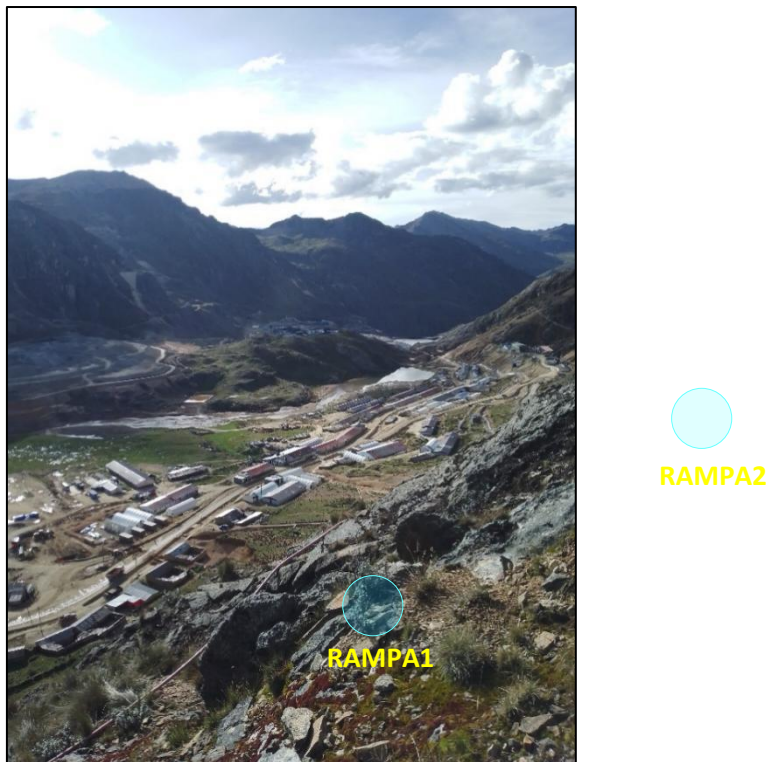


Figura 18. Vista panorámica de la minera Kolpa ingreso de la rampa 1 y rampa 2.

La propuesta de solución inicial, como se observa en la imagen, muestra que la vía principal (Rampa 1) tendrá comunicación directa con los niveles inferiores hasta alcanzar mayor profundidad. Esta vía se evaluó a través de una ficha de observación, donde se analizó factores como el diseño, las condiciones, el mantenimiento de las vías, y los recursos utilizados tanto en personal como en equipos. Todo esto con el fin de asegurar que la vía se mantenga en condiciones óptimas para una operación eficiente y segura dentro de la mina.

soportar condiciones exigentes de acarreo en interior mina. Esta capacidad logística permite distribuir el volumen total de transporte entre las diez unidades, lo cual implica que cada camión debe mantener un nivel sostenido de productividad diaria para alcanzar la cuota mensual establecida.

Los estadígrafos de la gestión del mantenimiento de vías (X) y el tiempo del ciclo de volquetes (Y) muestran distribuciones similares y bastante simétricas. Ambas variables tienen medias y medianas cercanas (3,03 y 3,00 para X; 3,01 y 3,00 para Y), lo que indica que los datos están centrados alrededor de estos valores. Las desviaciones estándar son casi idénticas (1,109 para X y 1,113 para Y), reflejando una dispersión similar. La asimetría de ambas variables es cercana a cero, lo que sugiere distribuciones balanceadas, aunque X presenta un leve sesgo positivo y Y un ligero sesgo negativo. Finalmente, las distribuciones tienen colas algo más planas que una distribución normal, como lo indican los valores negativos de curtosis (-0,638 para X y -0,624 para Y).

Tabla 13. *Estadígrafos de la variable gestión del mantenimiento de vías y tiempo del ciclo de volquetes*

		X. Gestión del mantenimiento de vías	Y: Tiempo del ciclo de volquetes
N	Válido	269	269
	Perdidos	0	0
Media		3,03	3,01
Mediana		3,00	3,00
Desv. Desviación		1,109	1,113
Asimetría		,040	-,097
Error estándar de asimetría		,149	,149
Curtosis		-,638	-,624
Error estándar de curtosis		,296	,296
Mínimo		1	1
Máximo		5	5

La evaluación de la gestión del mantenimiento de vías muestra una distribución diversificada entre las diferentes categorías de valoración. El mayor porcentaje de respuestas se concentra en la categoría regular con un 35,3%, seguida de malo con un 23,4%, lo que sugiere que más de la mitad de los encuestados perciben la gestión del mantenimiento de vías como regular o negativa. Por otro lado, un 21,9% califica la gestión como buena y un 10,8% como muy buena, lo que implica que cerca de un tercio de los participantes considera que la gestión es positiva. Finalmente, el 8,6% de los encuestados valora la gestión como pésima. Estos resultados reflejan una percepción mayormente intermedia o negativa de la gestión del mantenimiento de vías, aunque con un porcentaje significativo de valoraciones positivas.

Tabla 14. *Evaluación de la gestión del mantenimiento de vías*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Pésimo	23	8,6	8,6	8,6
	Malo	63	23,4	23,4	32,0
	Regular	95	35,3	35,3	67,3
	Bueno	59	21,9	21,9	89,2
	Muy bueno	29	10,8	10,8	100,0
	Total	269	100,0	100,0	

El histograma presentado en la figura, muestra la distribución de la evaluación de la gestión del mantenimiento de vías. Se observa que la categoría regular es la más frecuente, representando un 35,3% de las evaluaciones, seguida por malo con un 23,4%. La categoría bueno también tiene una presencia significativa con un 21,9%, mientras que muy bueno y pésimo registran frecuencias más bajas, con 10,8% y 8,6%, respectivamente. Esto sugiere que la percepción predominante es intermedia, con una tendencia hacia evaluaciones neutrales o ligeramente negativas.

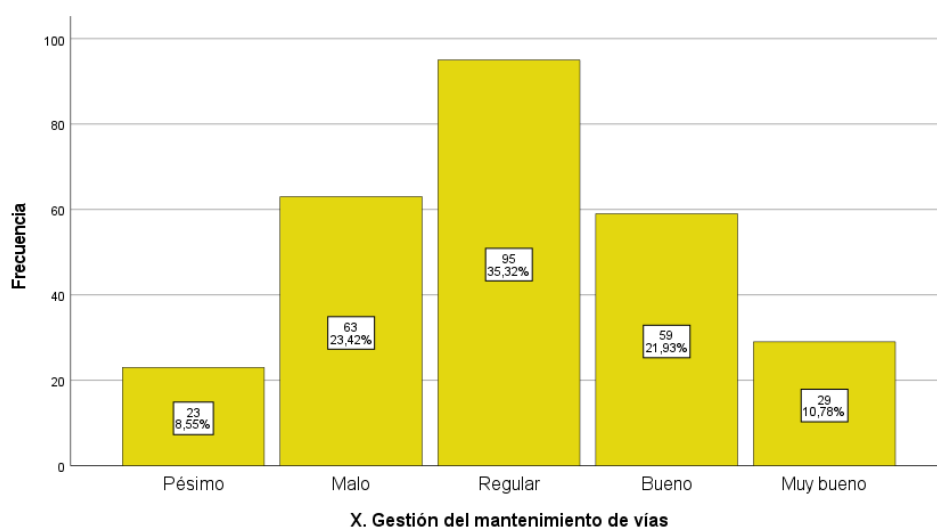


Figura 21. Histograma de la evaluación de la gestión del mantenimiento de vías

Los indicadores más representativos de la variable independiente *gestión del mantenimiento de vías* muestran valores promedio que permiten caracterizar el estado de las vías en la Minera Kolpa. En cuanto al diseño de vía, el ancho promedio es de 4.80 metros, la pendiente alcanza un 10.51% y la capa de rodadura se encuentra presente en un 37.85% de los tramos evaluados. Respecto a las condiciones de las vías, se reporta un promedio de 0.25 km con charcos de agua, 0.22 km de vías sin muro de seguridad y 0.39 km de vías resbalosas. En el componente de mantenimiento, destaca la limpieza de cunetas con 0.51 km y el corte o perfilado con 0.36 km. Los recursos para el mantenimiento evidencian un rendimiento de 92.47 m/h para la

motoniveladora y 28.06 m³/h para el cargador frontal, siendo estos los más influyentes según el análisis estadístico.

La tabla presentada en la figura, muestra la distribución de la evaluación del tiempo del ciclo de los volquetes en la minera Kolpa S.A. Los datos están divididos en cinco rangos de tiempo, donde el rango más frecuente es el comprendido entre 83,85 y 90,26 minutos, que representa el 35,7% de las observaciones. Le sigue el rango de 90,27 a 96,67 minutos con un 24,5%. Los tiempos más cortos, menores o iguales a 77,43 minutos, y los tiempos más largos, superiores a 96,68 minutos, tienen las menores frecuencias, con un 10,8% y 8,9%, respectivamente. Estos resultados indican que la mayoría de los ciclos de los volquetes se encuentran en un rango de tiempo moderado, mientras que un menor porcentaje de ciclos presenta tiempos extremos, ya sean más cortos o más largos.

Tabla 15. *Evaluación del tiempo del ciclo de volquetes en la minera Kolpa S.A.*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	<= 77,43	29	10,8	10,8	10,8
	77,44 - 83,84	54	20,1	20,1	30,9
	83,85 - 90,26	96	35,7	35,7	66,5
	90,27 - 96,67	66	24,5	24,5	91,1
	96,68+	24	8,9	8,9	100,0
	Total	269	100,0	100,0	

El histograma presentado en la figura, muestra la distribución de los tiempos de ciclo de los volquetes en la minera Kolpa S.A. La mayor frecuencia se encuentra en el rango de 83,85 a 90,26 minutos, con un 35,7% de los ciclos, seguido del rango de 90,27 a 96,67 minutos, que representa un 24,5%. Los rangos extremos, menores o iguales a 77,43 minutos y superiores a 96,68 minutos, tienen frecuencias más bajas, con un 10,8% y un 8,9%, respectivamente. Esto indica que la mayoría de los ciclos de los volquetes se concentra en los tiempos intermedios.

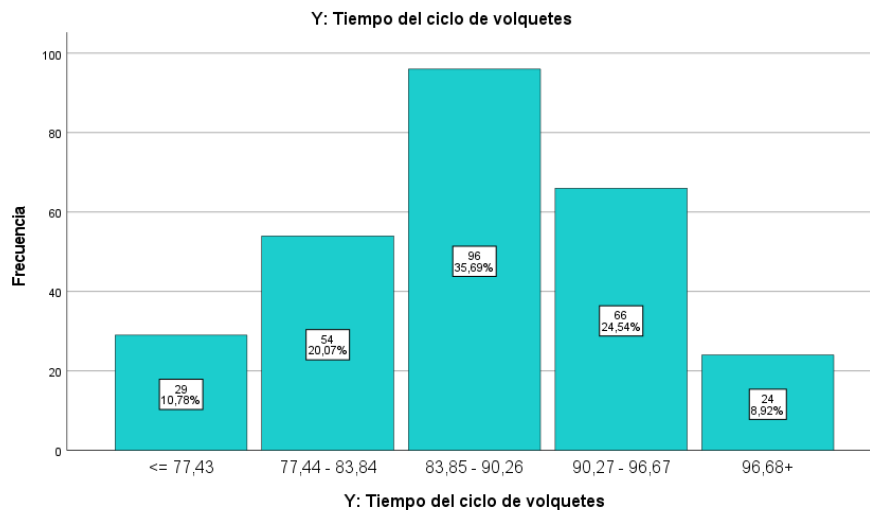


Figura 22. Histograma del tiempo del ciclo de volquetes en la minera Kolpa S.A.

En cuanto a la variable dependiente *tiempo del ciclo de los volquetes*, las medias reflejan un comportamiento operativo acorde al estado de las vías. El tiempo promedio de transporte cargado es de 9.23 minutos por ciclo, mientras que el transporte vacío toma 5.76 minutos. Las fases de carguío y descarga presentan promedios de 4.30 y 3.50 minutos respectivamente, seguidos por las maniobras con 2.44 minutos y los tiempos diversos (como inspecciones y coordinaciones) con una media de 4.90 minutos. Estos resultados respaldan la hipótesis de que una gestión adecuada del mantenimiento de vías incide significativamente en la eficiencia del ciclo de transporte, contribuyendo a reducir los tiempos improductivos y optimizar la operación minera.

4.1.1. Prueba de normalidad de las variables.

La tabla, presenta los resultados de la prueba de normalidad para las variables relacionadas con la gestión del mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de volquetes. Para todas las variables, incluyendo las dimensiones específicas como el diseño de vía, las condiciones de las vías, el mantenimiento y los recursos utilizados, así como el tiempo de ciclo de volquetes, se observa que las máximas diferencias absolutas entre la distribución observada y la distribución normal oscilan entre 0,178 y 0,197. Además, los valores del estadístico de prueba indican desviaciones significativas de la normalidad, ya que los niveles de significancia (Sig. asintótica) son todos 0,000, lo que confirma que las distribuciones de las variables no son normales. Estos resultados sugieren que los datos presentan desviaciones respecto a la distribución normal, lo cual puede tener implicaciones importantes para el análisis estadístico posterior y la elección de métodos no paramétricos.

Tabla 16. *Prueba de normalidad de la variable gestión del mantenimiento de vías y el tiempo de ciclo de volquetes*

		X. Gestión del mantenimiento de vías	X1. Diseño de vía	X2. Condición de las vías	X3. Mantenimiento de vías	X4. Recursos para mantenimiento de vía	Y: Tiempo del ciclo de volquetes
N		269	269	269	269	269	269
Parámetros normales ^{a,b}	Media	3,03	3,01	3,04	2,99	3,03	3,01
	Desv. Desviación	1,109	1,123	1,124	1,120	1,111	1,113
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,184	0,178	0,191	0,197	0,181	0,189
	Positivo	0,184	0,178	0,191	0,197	0,181	0,168
	Negativo	-0,170	-0,168	-0,173	-0,178	-0,168	-0,189
Estadístico de prueba		0,184	0,178	0,191	0,197	0,181	0,189
Sig. asin. (bilateral) ^c		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

4.1.2. Nivel de correlación bivariado y confiabilidad

La figura, muestra la correlación de Spearman entre las variables de gestión del mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de volquetes en la minera Kolpa S.A. Los coeficientes de correlación entre las variables independientes (gestión del mantenimiento, diseño de vía, condiciones de las vías, mantenimiento de vías y recursos para mantenimiento) son muy altos, superando el 0,96 en todos los casos, lo que indica una relación positiva fuerte entre estas variables. Sin embargo, existe una correlación negativa significativa entre la gestión del mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de volquetes (-0,964), así como entre las demás variables relacionadas con el mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo, lo que sugiere que una mejora en la gestión y las condiciones de las vías tiende a reducir el tiempo de ciclo de los volquetes. Estas correlaciones son estadísticamente significativas con un valor p de 0,000, lo que indica que las relaciones observadas no son producto del azar.

Tabla 17. *Correlación entre las variables de gestión del mantenimiento de vías y tiempo de ciclo de los volquetes en la minera Kolpa S.A.*

			X. Gestión del mantenimiento de vías	Y: Tiempo del ciclo de volquetes
Rho de Spearman	X. Gestión del mantenimiento de vías	Coefficiente de correlación	1,000	-,964
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	269	269
	Y: Tiempo del ciclo de volquetes	Coefficiente de correlación	-,964	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	269	269

La tabla, confirma que el proceso de recopilación y tratamiento de los datos fue eficiente, ya que se incluyeron todos los 269 casos sin exclusiones, lo que proporciona una base sólida para el análisis de confiabilidad. La ausencia de datos perdidos garantiza la representatividad total de la muestra, lo cual es fundamental para evitar sesgos en los resultados estadísticos. Esto contribuye a la precisión del análisis, ya que cada caso registrado se utilizó para evaluar la fiabilidad del instrumento, aumentando así la validez interna del estudio.

Tabla 18. *Tabla de procesamiento de datos para el cálculo de la confiabilidad.*

		N	%
Casos	Válido	269	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	269	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

La tabla 5, presenta el coeficiente Alfa de Cronbach de 0,799, refleja que el instrumento utilizado en la investigación tiene una consistencia interna aceptable. Este nivel de confiabilidad sugiere que los ítems del cuestionario están correlacionados de manera adecuada entre sí, lo que significa que miden de manera consistente el constructo de interés. Aunque un Alfa de Cronbach superior a 0,8 sería deseable para alcanzar un nivel de confiabilidad óptimo, este valor cercano indica que el instrumento es suficientemente fiable para los propósitos del estudio, permitiendo obtener resultados válidos y replicables en futuras investigaciones.

Tabla 19. *Confiabilidad del instrumento de investigación*

<i>Estadísticas de fiabilidad</i>	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,799	24

Un análisis detallado de la confiabilidad total del instrumento de investigación, evaluando el impacto de la eliminación de cada ítem sobre el coeficiente Alfa de Cronbach. En general, se observa que los valores de Alfa de Cronbach oscilan entre 0,791 y 0,804 cuando se elimina un ítem, lo que indica que ninguno de los ítems tiene un impacto negativo significativo sobre la consistencia interna del instrumento. De hecho, el Alfa de Cronbach se mantendría en un rango aceptable si se suprimiera cualquiera de los ítems, lo que sugiere que todos contribuyen de manera adecuada a la fiabilidad del instrumento. Este análisis también muestra que ciertos ítems, como el rendimiento del tractor y el tiempo de transporte vacío, presentan una alta correlación corregida con la escala total, lo que refuerza su relevancia dentro del conjunto de

variables. Esto confirma que el instrumento es robusto y capaz de medir de manera consistente las variables relacionadas con la gestión del mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de volquetes.

Tabla 20. *Confiabilidad total del instrumento de investigación*

<i>Estadísticas de total de elemento</i>				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Ancho de Vía - metros	991,6574	2834,610	,995	,799
Pendiente - %	985,6730	2741,813	,995	,791
Capa de rodadura - %	995,9672	2843,696	,992	,800
Vías con charcos de agua (tramos en metros) - km	991,9215	2798,802	,994	,796
Vías enclaminadas - km	991,1165	2820,086	,994	,798
Vías sin ancho y muro de seguridad - km	991,9659	2822,410	,994	,798
Vías resbalosas - km	993,4176	2832,994	,994	,799
Limpieza de Cuneta - km	991,3680	2813,911	,994	,797
Conformación de muros de seguridad - km	992,4214	2816,064	,994	,797
Rellenado de vía - km	986,9649	2792,201	,995	,795
Corte - perfilado de vía - km	991,8214	2816,066	,994	,797
Personas (limpieza de cuneta, sangrías, muros de seguridad) - m/guardia	786,1767	1703,672	,993	,726
Cargador frontal (ripeado de vía) - m ³ / hr	947,2100	2554,099	,996	,775
Motoniveladora (rendimiento) - m / hr	751,3366	1532,353	,996	,728
Tractor (rendimiento) - m / hr	821,3795	1526,767	,996	,729
Retroexcavadora - m / hr	891,2646	2018,867	,994	,737
Minicargador (rendimiento) - m/hr	954,2232	2553,724	,994	,775
Materiales (ripio) - m ³	966,1989	2636,053	,994	,782
Tiempo de transporte cargado - min./ciclo	959,1084	3245,863	-,995	,834
Tiempo de transporte vacío - min./ciclo	959,6459	3043,248	-,995	,817
Tiempo de servicio de carguío - min./ciclo	993,0632	2895,548	-,994	,804
Tiempo de servicio de descarga - min./ciclo	994,6628	2882,421	-,994	,803
Tiempo de maniobras - min./ciclo	994,0652	2873,716	-,994	,802
Tiempos diversos (registro de ingreso salida inspecciones coordinaciones) - min./ciclo	989,2058	2924,267	-,994	,807

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Prueba de hipótesis general

Para muestras pequeñas ($n < 30$), la prueba de hipótesis general utiliza el coeficiente de correlación de Spearman (r_{sr_srs}) en combinación con la distribución t, similar al enfoque de Pearson. Este estadístico de prueba se formula como una función del tamaño de la muestra y la fuerza de la correlación observada. En este contexto, el valor de t se calcula a partir del coeficiente de correlación de Spearman, ajustado por el tamaño de la muestra a través de la

fórmula mostrada. Así, el uso de esta distribución permite evaluar la significancia de la correlación en situaciones donde el tamaño de la muestra es limitado, garantizando que los resultados de las pruebas de hipótesis sean adecuados y precisos incluso en muestras pequeñas.

Para muestras pequeñas ($n < 30$): El estadístico de prueba es similar al de Pearson, utilizando la distribución t:

$$t = \frac{r_s \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_s^2}}$$

Donde r_s es el coeficiente de correlación de Spearman.

Una aproximación para muestras grandes ($n \geq 30$): Se usa el estadístico z basado en la distribución normal:

$$z = \frac{r_s}{\sigma}$$

Donde σ es la desviación estándar bajo la hipótesis nula (dependiente del tamaño de la muestra). Para la correlación de Spearman, cuando el tamaño de la muestra es grande, podemos aproximar la desviación estándar como:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

Cuando se trabaja con muestras grandes, la fórmula más exacta para la prueba de hipótesis general se basa en la aproximación normal, utilizando el valor z como estadístico de prueba. En este caso, el valor de z se calcula con el coeficiente de correlación de Spearman y el tamaño de la muestra, siguiendo una estructura similar a la fórmula para muestras pequeñas, pero ajustada para una distribución normal estándar. De esta manera, se puede comparar el valor de z con el valor crítico de una distribución normal, considerando un nivel de significancia predeterminado. Además, esta aproximación permite una mayor precisión estadística en muestras grandes, ya que asume que la distribución de los datos sigue una forma normal, lo que refuerza la capacidad de inferencia sobre la relación entre las variables. Esto es particularmente relevante en estudios cuantitativos donde el tamaño muestral es considerable y la precisión en la evaluación de correlaciones es crucial para la validez de los resultados.

La fórmula más exacta, si existe una muestra grande, se suele utilizar la aproximación normal, en cuyo caso el estadístico de prueba es el valor z:

$$z = \frac{r_s \sqrt{n-1}}{\sqrt{1-r_s^2}}$$

Donde:

- r_s es el coeficiente de correlación de Spearman,
- n es el tamaño de la muestra.

El valor de z sigue aproximadamente una distribución normal estándar, por lo que se compara con el valor crítico de una distribución normal para un nivel de significancia dado.

Hipótesis nula (H_0): La administración del mantenimiento de las vías no tiene un impacto significativo en la gestión de tiempos de la empresa Minera Kolpa S.A.

Hipótesis alterna (H_1): La administración del mantenimiento de las vías tiene un impacto significativo en la gestión de tiempos de la empresa Minera Kolpa S.A.

La correlación de Spearman entre la variable **gestión del mantenimiento de vías** y el **tiempo del ciclo de volquetes**. El coeficiente de correlación es de **-0,964**, lo que indica una fuerte relación negativa entre ambas variables. Esto significa que, a medida que la gestión del mantenimiento de vías mejora, el tiempo del ciclo de los volquetes tiende a disminuir significativamente. La significancia estadística de esta correlación es alta, con un valor p de 0,000, lo que confirma que la relación observada no es producto del azar y es significativa al nivel del 0,01 (bilateral). Ello sugiere que la optimización en la gestión del mantenimiento de vías tiene un impacto considerable en la eficiencia operativa de los volquetes, reduciendo los tiempos de ciclo y, por ende, mejorando la productividad en la operación minera.

Tabla 21. *Correlación de las variables gestión del mantenimiento de vías y tiempo del ciclo de volquetes.*

			X. Gestión del mantenimiento de vías	Y: Tiempo del ciclo de volquetes
Rho de Spearman	X. Gestión del mantenimiento de vías	Coeficiente de correlación	1,000	-,964
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	269	269
	Y: Tiempo del ciclo de volquetes	Coeficiente de correlación	-,964	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	269	269

. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En investigaciones con muestras grandes ($n \geq 30$), como es el caso presente, se utiliza el estadístico z basado en la distribución normal para realizar inferencias. Según la tabla 8, el cálculo del estadístico z parte de la desviación estándar estimada (σ) que, para una muestra de 269 observaciones, es de 0,0611. Posteriormente, al aplicar el coeficiente de correlación de Spearman ($r_s = -0,964$), se obtiene un valor z de -15,78. Este valor de z extremadamente negativo indica una relación inversa muy fuerte y significativa entre las variables, lo que

refuerza la conclusión de que una mejor gestión del mantenimiento de vías se asocia con una considerable reducción en los tiempos de ciclo de los volquetes. Así, este enfoque para muestras grandes asegura una evaluación robusta y confiable de la hipótesis, respaldada por una base estadística sólida.

Tabla 22. *Calculo del estadístico Z para muestras grandes considerando la desviación estándar.*

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{1}{\sqrt{n-1}} & z &= \frac{r_s}{\sigma} \\ \sigma &= \frac{1}{\sqrt{269-1}} & z &= \frac{-0.964}{0.0611}. \\ \sigma &= 0.0611. & z &= -15.78.\end{aligned}$$

En este cálculo del estadístico z para muestras grandes, se considera tanto el tamaño muestral como el coeficiente de correlación. Al aplicar la fórmula de z, se utiliza el coeficiente de correlación de Spearman ($r_s = -0,964$) y una muestra de 269 observaciones. El valor de z resultante es -59,35, lo que sugiere una relación extremadamente fuerte y negativa entre las variables. Este valor tan elevado en magnitud indica que la correlación observada entre la gestión del mantenimiento de vías y el tiempo de ciclo de los volquetes no es producto del azar, sino que existe una asociación muy significativa. El cálculo refuerza la robustez de los resultados obtenidos en el análisis, confirmando la validez de la hipótesis planteada en el estudio.

Tabla 23. *Calculo del estadístico Z para muestras grandes considerando la cantidad muestral y la correlación*

$$\begin{aligned}z &= \frac{r_s \sqrt{n-1}}{\sqrt{1-r_s^2}} \\ z &= \frac{-0.964 \sqrt{269-1}}{\sqrt{1-(-0.964)^2}} \\ z &= \frac{-15.79}{0.267} = -59.35\end{aligned}$$

La curva de distribución Z con un nivel de confianza del 95%, utilizada para evaluar el impacto de la gestión del mantenimiento de las vías en el tiempo del ciclo de minado. En esta gráfica, los valores críticos de Z, marcados a -1,960 y 1,960, representan los límites dentro de los cuales la hipótesis nula (H_0) no se rechazaría. Sin embargo, el valor de Z calculado es -59,35, lo que cae en la región extrema de la distribución, mucho más allá del límite crítico.

Esto indica que la hipótesis nula puede ser rechazada con un alto grado de confianza, confirmando que la hipótesis alterna (H1), la cual postula un impacto significativo del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes, es válida. Este resultado respalda la conclusión de que existe una fuerte influencia de la gestión del mantenimiento de vías en la eficiencia operativa del ciclo de minado.

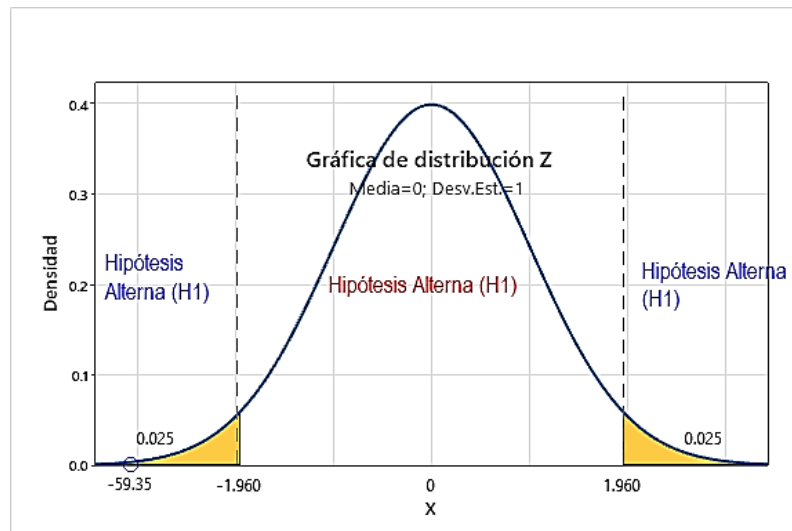


Figura 23. Curva de distribución Z al 95% de confianza para determinar el impacto de la gestión del mantenimiento de las vías en el tiempo del ciclo de minado.

Decisión: La administración del mantenimiento de las vías si tiene un impacto significativo en la gestión de tiempos de la empresa Minera Kolpa S.A.

4.2.2. Prueba de hipótesis específicas

Primera prueba de hipótesis específica

Hipótesis Nula (Ho): El diseño de las vías no juega un papel crucial en la reducción significativa de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

Hipótesis Alterna (H1): El diseño de las vías juega un papel crucial en la reducción significativa de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

La correlación de Spearman entre el **diseño de vía** y el **tiempo del ciclo de volquetes**. El coeficiente de correlación de -0,954 indica una relación negativa muy fuerte entre ambas variables, lo que significa que un mejor diseño de las vías está asociado con una reducción significativa en el tiempo del ciclo de volquetes. Esta correlación es altamente significativa, con un valor de p de 0,000, lo que confirma que el resultado no es producto del azar. La

magnitud de esta correlación sugiere que el diseño de las vías tiene un impacto considerable en la eficiencia del transporte de volquetes, lo que subraya la importancia de una planificación y diseño óptimos para mejorar los tiempos operativos en la minera.

Tabla 24. *Correlación entre el diseño de vía y el tiempo del ciclo de volquetes*

			X1. Diseño de vía	Y: Tiempo del ciclo de volquetes
Rho de Spearman	X1. Diseño de vía	Coeficiente de correlación	1,000	-,954
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	269	269
	Y: Tiempo del ciclo de volquetes	Coeficiente de correlación	-,954	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	269	269

. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El cálculo del estadístico de prueba z para determinar el impacto del diseño de vía en el tiempo del ciclo de volquetes se basa en el coeficiente de correlación de Spearman $r_s = -0,964$ y el tamaño muestral de 269 observaciones. Inicialmente, se estima la desviación estándar a partir del tamaño de la muestra y del coeficiente de correlación, obteniendo un valor de z igual a -59,35. Este valor extremadamente negativo sugiere una relación muy fuerte y significativa entre el diseño de la vía y la reducción del tiempo del ciclo de volquetes. En otras palabras, la mejora en el diseño de las vías genera una disminución considerable en los tiempos de transporte, validando la hipótesis de que el diseño de vías tiene un impacto importante en la eficiencia operativa. Además, la magnitud del valor de z confirma que esta relación no es producto del azar, sino que está respaldada por una base estadística robusta.

Tabla 25. *Calculo del estadístico de prueba para determinar el impacto del diseño de vía en el tiempo del ciclo de volquetes*

$$z = \frac{r_s \sqrt{n-1}}{\sqrt{1-r_s^2}}$$

$$z = \frac{-0.964 \sqrt{269-1}}{\sqrt{1-(-0.964)^2}}$$

$$z = \frac{-15.79}{0.267} = -59.35$$

Decisión: El diseño de las vías juega un papel crucial en la reducción significativa de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

Segunda prueba de hipótesis específica

Hipótesis nula (Ho): Las condiciones de las vías no tienen un efecto significativo en la reducción de los tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

Hipótesis alterna (H1): Las condiciones de las vías tienen un efecto significativo en la reducción de los tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

La correlación de Spearman entre la condición de las vías y el tiempo del ciclo de volquetes. El coeficiente de correlación de $-0,962$ indica una relación negativa muy fuerte entre estas dos variables, lo que significa que a medida que las condiciones de las vías mejoran, el tiempo del ciclo de los volquetes disminuye significativamente. Esta correlación es altamente significativa, con un valor p de $0,000$, lo que refuerza la solidez estadística de la relación observada. Estos resultados sugieren que las condiciones de las vías tienen un impacto directo y considerable en la eficiencia del transporte de volquetes, lo que subraya la importancia de mantener las vías en buen estado para optimizar los tiempos operativos en la minera.

Tabla 26 *Correlación entre la condición de las vías y el tiempo del ciclo de volquetes*

			X2. Condición de las vías	Y: Tiempo del ciclo de volquetes
Rho de Spearman	X2. Condición de las vías	Coeficiente de correlación	1,000	-,962
		Sig. (bilateral)		0,000
		N	269	269
	Y: Tiempo del ciclo de volquetes	Coeficiente de correlación	-,962	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	
		N	269	269

. La correlación es significativa en el nivel $0,01$ (bilateral).

El cálculo del estadístico de prueba z , utilizado para determinar el impacto de la **condición de las vías** en el **tiempo del ciclo de volquetes**, arroja un valor de z de $-57,45$. Este resultado se basa en un coeficiente de correlación de Spearman ($r_s = -0,962$) y una muestra de 269 observaciones. El valor negativo y elevado de z indica una relación inversa extremadamente fuerte y significativa entre las variables, lo que sugiere que la mejora en las condiciones de las vías está asociada con una considerable reducción en los tiempos de ciclo de los volquetes. Este valor z , al ser mucho mayor en magnitud que los valores críticos habituales, respalda la hipótesis de que las condiciones de las vías tienen un impacto significativo en la eficiencia del transporte de volquetes, lo cual es consistente con los análisis anteriores y refuerza la validez de los hallazgos del estudio.

Tabla 27. Calculo del estadístico de prueba para determinar el impacto de la condición de las vías en el tiempo del ciclo de volquetes

$$z = \frac{r_s \sqrt{n-1}}{\sqrt{1-r_s^2}}$$

$$z = \frac{-0.962 \sqrt{269-1}}{\sqrt{1-(-0.962)^2}}$$

$$z = \frac{-15.75}{0.274} = -57.45$$

Decisión: Las condiciones de las vías tienen un efecto significativo en la reducción de los tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

Tercera prueba de hipótesis específica

Hipótesis nula (Ho): La gestión del mantenimiento de las vías no tiene un impacto significativo en la reducción de los tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

Hipótesis alterna (H1): La gestión del mantenimiento de las vías tiene un impacto significativo en la reducción de los tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

La correlación de Spearman entre el **mantenimiento de vías** y el **tiempo del ciclo de volquetes**. El coeficiente de correlación de -0,969 indica una relación negativa extremadamente fuerte entre ambas variables, lo que sugiere que a medida que mejora el mantenimiento de las vías, el tiempo del ciclo de los volquetes se reduce significativamente. Esta correlación es altamente significativa, con un valor de p de 0,000, lo que respalda la validez de esta relación y sugiere que el mantenimiento adecuado de las vías es un factor crucial para mejorar la eficiencia del transporte en la operación minera. Estos resultados refuerzan la importancia de la inversión y atención continua al mantenimiento de las vías para optimizar los tiempos operativos y, por ende, aumentar la productividad.

Tabla 28 Correlación entre el mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de volquetes.

		X3. Mantenimiento de vías	Y: Tiempo del ciclo de volquetes
Rho de Spearman	X3. Mantenimiento de vías	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	-,969
		N	0,000
			269
		Coeficiente de correlación	269
			-,969
			1,000

Y: Tiempo del ciclo de volquetes	Sig. (bilateral) N	0,000 269	269
--	-----------------------	--------------	-----

El cálculo del estadístico z para determinar el impacto del mantenimiento de las vías en el tiempo del ciclo de volquetes produce un valor de z igual a -64,18. Este valor se deriva de un coeficiente de correlación de Spearman ($r_s = -0,969$) y una muestra de 269 observaciones. Dado el valor extremadamente negativo de z, queda claro que existe una relación inversa muy fuerte y significativa entre ambas variables. En este contexto, una mejora en el mantenimiento de las vías resulta en una disminución considerable del tiempo de ciclo de los volquetes. Este hallazgo refuerza la importancia del mantenimiento vial como un factor clave para mejorar la eficiencia operativa en la minería, ya que una mejor calidad en las vías permite reducir los tiempos de transporte, aumentando la productividad global de las operaciones.

Tabla 29. Calculo del estadístico de prueba para determinar el impacto del mantenimiento de las vías en el tiempo del ciclo de volquetes.

$$z = \frac{r_s \sqrt{n-1}}{\sqrt{1-r_s^2}} = \frac{-0.969 \sqrt{269-1}}{\sqrt{1-(-0.969)^2}}$$

$$z = \frac{-15.85}{0.247} = -64.18$$

Cuarta prueba de hipótesis específica

Hipótesis nula (H₀): El uso eficiente de los recursos para el mantenimiento de las vías no tiene un efecto significativo en la reducción de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

Hipótesis alterna (H₁): El uso eficiente de los recursos para el mantenimiento de las vías tiene un efecto significativo en la reducción de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

La correlación de Spearman entre los recursos para mantenimiento de vía y el tiempo del ciclo de volquetes, el coeficiente de correlación es de -0,963, lo que indica una relación negativa muy fuerte entre ambas variables. Esto significa que a medida que se incrementan y optimizan los recursos destinados al mantenimiento de las vías, el tiempo del ciclo de los volquetes tiende a reducirse significativamente. Además, esta correlación es altamente significativa, con un valor p de 0,000, lo que confirma que esta relación no es producto del

azar. Estos resultados resaltan la importancia de disponer de recursos suficientes y bien gestionados para el mantenimiento de las vías, ya que esto tiene un impacto directo en la mejora de la eficiencia operativa de los volquetes en la operación minera.

Tabla 30. *Correlación entre los recursos para mantenimiento de vía y el tiempo del ciclo de volquetes*

		X4. Recursos para mantenimiento de vía	Y: Tiempo del ciclo de volquetes
Rho de Spearman	X4. Recursos para mantenimiento de vía	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	-,963
		N	0,000
	Y: Tiempo del ciclo de volquetes	Coefficiente de correlación	269
		Sig. (bilateral)	-,963
		N	1,000

El cálculo del estadístico z para determinar el impacto de los **recursos para mantenimiento de vía** en el **tiempo del ciclo de volquetes** arroja un valor de z de 58,37, lo que indica una relación extremadamente significativa entre ambas variables. Con un coeficiente de correlación de Spearman de -0,963 y una muestra de 269 observaciones, el valor de z refuerza la existencia de una fuerte relación negativa: a medida que se incrementan y optimizan los recursos para el mantenimiento de las vías, el tiempo de ciclo de los volquetes disminuye considerablemente. Este resultado, además de ser estadísticamente robusto, subraya la importancia crítica de la asignación adecuada de recursos en el mantenimiento vial para maximizar la eficiencia operativa, validando la hipótesis de que los recursos destinados a este propósito tienen un impacto directo y significativo en la reducción de los tiempos de transporte en operaciones mineras.

Tabla 31. *Calculo del estadístico de prueba para determinar el impacto de los recursos para mantenimiento de vía en el tiempo del ciclo de volquetes.*

$$z = \frac{r_s \sqrt{n-1}}{\sqrt{1-r_s^2}}$$

$$z = \frac{-0.963 \sqrt{269-1}}{\sqrt{1-(-0.963)^2}}$$

$$z = \frac{-15.76}{0.270} = 58.37$$

Decisión: El uso eficiente de los recursos para el mantenimiento de las vías tiene un efecto significativo en la reducción de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Factores influyentes de la gestión del mantenimiento de vías

Los resultados obtenidos en la presente investigación confirman que la gestión del mantenimiento de vías tiene una influencia altamente significativa sobre el tiempo del ciclo de los volquetes, con una correlación negativa muy fuerte ($r = -0.964$), lo que implica que a mayor eficiencia en la gestión del mantenimiento, menor es el tiempo requerido por los volquetes para completar sus ciclos. Este hallazgo es coherente con lo señalado por Azabache (2016) y Hurtado (2019), quienes sostienen que el mal estado de las vías incrementa considerablemente los tiempos de acarreo, elevando a su vez los costos operativos y reduciendo la productividad. Específicamente, los resultados del modelo de regresión revelaron que los **recursos asignados al mantenimiento** ($b = -0.388$) y la **condición de las vías** ($b = -0.263$) son los factores más determinantes, lo cual respalda lo propuesto por Taipe Eccoña (2015), quien argumenta que una flota adecuada de maquinaria y una buena planificación técnica son esenciales para garantizar vías operativas.

En comparación con los antecedentes internacionales, los resultados también refuerzan las conclusiones de Thompson & Visser (2020), quienes destacaron la necesidad de integrar aspectos de diseño, materiales de rodadura y supervisión en la planificación del mantenimiento vial. Del mismo modo, Marais et al. (2008), advierten que sin un sistema de mantenimiento basado en datos reales —como los obtenidos en esta investigación mediante 269 reportes técnicos y fichas de observación— no es posible reducir la resistencia al rodamiento ni optimizar el rendimiento de los equipos de acarreo. La presente investigación aporta una validación empírica sólida al demostrar que la integración de factores como el diseño geométrico de las vías, las condiciones operativas y la disponibilidad de maquinaria

especializada mejora notablemente la eficiencia logística minera. En suma, los resultados de este estudio no solo confirman los hallazgos previos, sino que amplían la evidencia al ofrecer un modelo predictivo altamente explicativo ($R^2 = 0.997$) que puede ser replicado en otros contextos similares.

Un análisis descriptivo de las variables de investigación y sus dimensiones. Las medias de las variables como la gestión del mantenimiento de vías (3,03), el diseño de vías (3,01), las condiciones de las vías (3,04) y los recursos para el mantenimiento de vías (3,03) son bastante similares, lo que indica una percepción relativamente equilibrada en cuanto a estos aspectos del mantenimiento vial. Asimismo, los valores de desviación estándar, que varían entre 1,109 y 1,124, muestran una dispersión moderada alrededor de las medias, lo que sugiere una cierta homogeneidad en las respuestas de los participantes. Estas medidas son consistentes con la variable dependiente, el tiempo del ciclo de volquetes, que tiene una media de 3,01 y una desviación estándar de 1,113, lo cual refuerza la relación entre la calidad del mantenimiento de vías y la eficiencia del ciclo de transporte. En conjunto, los datos sugieren que las dimensiones relacionadas con el mantenimiento de las vías están alineadas en términos de su impacto percibido en el tiempo operativo, validando las hipótesis planteadas en el estudio.

Tabla 32 *Evaluación de las variables de investigación y sus dimensiones*

	X. Gestión del mantenimiento de vías	X1. Diseño de vía	X2. Condición de las vías	X3. Mantenimiento de vías	X4. Recursos para mantenimiento de vía	Y: Tiempo del ciclo de volquetes
Media	3,03	3,01	3,04	2,99	3,03	3,01
Desv.	1,109	1,123	1,124	1,120	1,111	1,113
Desviación						

Según Pérez & Torres (2019), el diseño geométrico de las vías en minería debe considerar factores como el tipo de vehículo, las pendientes y el drenaje adecuado para evitar la erosión. Estos aspectos son cruciales para garantizar la seguridad y la eficiencia operativa a largo plazo. Martínez & Gómez (2020), indican que la supervisión del estado de las vías mineras debe realizarse con frecuencia, utilizando tecnologías como drones y sensores de presión para detectar deformaciones, baches y desgastes prematuros. Estos datos permiten tomar decisiones informadas sobre las intervenciones necesarias.



Figura 24. Mantenimiento de vía en la minera Kolpa SA

Un análisis detallado de la dimensión de **diseño de vía**, incluyendo sus indicadores específicos. La media general del diseño de vía es 3,01, con una desviación estándar de 1,12, lo que refleja una dispersión moderada en las percepciones sobre esta dimensión. Al desglosar los componentes, se observa que el **ancho de la vía** tiene una media de 4,51 metros y una desviación estándar muy baja (0,13), lo que indica una uniformidad considerable en este aspecto. Por otro lado, la **pendiente** muestra una mayor variabilidad, con una media de 10,49% y una desviación estándar de 1,01, sugiriendo diferencias más pronunciadas en las pendientes evaluadas. Finalmente, la **capa de rodadura** tiene una media baja de 0,20%, con una desviación estándar mínima de 0,04, lo que denota una consistencia considerable en este indicador. En conjunto, estos datos revelan que, si bien algunos aspectos del diseño de vías son bastante uniformes (como el ancho de la vía y la capa de rodadura), otros, como la pendiente, presentan una mayor variabilidad, lo que podría influir en la eficiencia del ciclo de los volquetes en función de las condiciones específicas de cada vía.

Tabla 33 *Evaluación de la dimensión de diseño de vía*

	N	Media	Desviación estándar
X1. Diseño de vía	269	3,01	1,12
Ancho de Vía - metros	269	4,51	,13
Pendiente - %	269	10,49	1,01
Capa de rodadura - %	269	,20	,04
N válido (por lista)	269		



Figura 25. Diseño de vía en la minera Kolpa S.A.

La evaluación de la dimensión de condiciones de las vías, en la que se observa una media de 3,04 con una desviación estándar de 1,12, lo que refleja una variabilidad moderada en la percepción general de las condiciones. Al analizar los componentes específicos, se destaca que las vías encalamadas tienen la mayor longitud promedio (5,05 km) con una desviación estándar relativamente baja (0,26), lo que sugiere una mayor uniformidad en este aspecto. En contraste, las vías resbalosas presentan una longitud promedio de 2,75 km con una desviación estándar de 0,14, reflejando una menor variabilidad pero también una preocupación potencial por su influencia en la eficiencia operativa. Por otro lado, las vías con charcos de agua tienen una media de 4,25 km y una desviación estándar más alta (0,47), lo que indica diferencias más significativas en la presencia de esta condición. Finalmente, las vías sin ancho y muro de seguridad tienen una media de 4,20 km y una desviación de 0,24, lo que resalta la importancia de esta característica en la evaluación de las condiciones generales de las vías. Estos resultados subrayan que algunos factores, como la presencia de charcos de agua y vías resbalosas, podrían tener un impacto más significativo en la operatividad de los volquetes, debido a su variabilidad y las condiciones adversas que representan.

Tabla 34 *Evaluación de la dimensión de condiciones de vías*

	N	Media	Desviación estándar
X2. Condición de las vías	269	3,04	1,12
Vías con charcos de agua (tramos en metros) - km	269	4,25	,47
Vías encalamadas - km	269	5,05	,26
Vías sin ancho y muro de seguridad - km	269	4,20	,24
Vías resbalosas - km	269	2,75	,14
N válido (por lista)	269		

Rodríguez & Hernández, 2018, sostienen que los planos de mantenimiento deben incluir actividades preventivas y correctivas para evitar la degradación acelerada de las vías debido a la intensa carga de los vehículos pesados. Implementar programas de mantenimiento preventivo puede reducir los costos a largo plazo y minimizar el tiempo de inactividad.

Para mejorar las condiciones operativas y de seguridad en el interior de la mina, se ha elaborado un cronograma semanal de actividades de mantenimiento de vías. Este cronograma incluye tareas específicas de limpieza de cunetas, conformación de cunetas, y nivelado de vías con el uso de equipos como motoniveladoras, minicargadores y cargadores frontales. Cada labor está programada de acuerdo con los lugares y el tipo de equipo necesario, garantizando que las vías estén en óptimas condiciones para el transporte eficiente y seguro en la mina.

Tabla 35. Cronograma semanal de actividades según labores y sus equipos para el mantenimiento de vía adecuado

ITEM	LUGAR	EQUIPOS	DESCRIPCION	LONGITUD	UND.	1 D	2 L	3 M	4 M	5 J	6 V	7 S
1	RP 063 / GUARDIA NOCHE	MOTONIVELADORA/ MINICARGADOR	Nivelado de vía con motoniveladora, Limpieza de cuneta, cantoneo de vía con mini cargador.	900	M	900						
2	RP990/BP990/ GUARDIA NOCHE	MOTONIVELADORA/ MINICARGADOR	Nivelado de vía con motoniveladora, Limpieza de cuneta, cantoneo de vía con mini cargador.	900	M		900					
3	Cx200 / GUARDIA NOCHE	MOTONIVELADORA/ MINICARGADOR	Nivelado de vía con motoniveladora, Limpieza de cuneta, cantoneo de vía con mini cargador.	900	M			900				
4	RP 01 / GUARDIA DIA	MOTONIVELADORA/ MINICARGADOR/ CARGADOR FRONTAL/BACHEROS	Aporte material puntos críticos con cargador frontal, nivelado de vía con motoniveladora, construcción de cuneta, cantoneo de vía con mini cargador, implementación de sangrias, liberación de pases vehiculares.	1800	M				900	900		
5	RP 02 / GUARDIA DIA	MOTONIVELADORA/ MINICARGADOR/ CARGADOR FRONTAL/BACHEROS	Aporte material puntos críticos con cargador frontal, nivelado de vía con motoniveladora, construcción de cuneta, cantoneo de vía con mini cargador, implementación de sangrias, liberación de pases vehiculares.	900	M						900	
6	BP 092/ GUARDIA DIA	MOTONIVELADORA/ MINICARGADOR	Aporte material puntos críticos con cargador frontal, nivelado de vía con motoniveladora, construcción de cuneta, cantoneo de vía con mini cargador, liberación de pases vehiculares.	900	M							900

La dimensión de mantenimiento de vías, presentando una media general de 2,99 y una desviación estándar de 1,12, lo que refleja una percepción algo dispersa sobre la efectividad del mantenimiento de vías. Al observar los componentes específicos, se destaca que el rellenado de vía tiene la mayor media (9,20 km) y una desviación estándar de 0,53, lo que sugiere que esta actividad es comúnmente realizada, pero con una variabilidad considerable en su implementación. En contraste, la limpieza de cuneta tiene una media de 4,80 km y una desviación estándar de 0,32, lo que indica una mayor uniformidad en esta actividad de mantenimiento. La conformación de muros de seguridad y el corte y perfilado de vías presentan medias de 3,75 km y 4,35 km, respectivamente, con desviaciones estándar moderadas, lo que refleja una consistencia relativa en la realización de estas tareas. En conjunto, estos resultados

indican que las diferentes actividades de mantenimiento de vías se llevan a cabo con diferentes grados de frecuencia y consistencia, siendo el rellenado de vías la actividad más variable, lo que puede tener un impacto directo en la operatividad y eficiencia del transporte en la mina.

Tabla 36 *Evaluación de la dimensión de mantenimiento de vías*

	N	Media	Desviación estándar
X3. Mantenimiento de vías	269	2,99	1,12
Limpieza de Cuneta - km	269	4,80	,32
Conformación de muros de seguridad - km	269	3,75	,30
Rellenado de vía - km	269	9,20	,53
Corte - perfilado de vía - km	269	4,35	,30
N válido (por lista)	269		

Los muros de seguridad cumplen una función crítica en la operación minera subterránea, ya que delimitan los bordes de las vías de acarreo y previenen posibles deslizamientos o accidentes por volcadura de los volquetes. Su ausencia o deterioro, como se indica en el estudio, incrementa significativamente el riesgo operativo y limita la velocidad de tránsito segura, afectando directamente el tiempo del ciclo de transporte. La tesis resalta que la conformación de estos muros debe ser parte regular del mantenimiento vial para garantizar la integridad del tránsito minero.

El relleno de vía, por su parte, es una actividad esencial para corregir desniveles y deformaciones generadas por el tránsito constante de equipos pesados. Este proceso consiste en aplicar material adecuado —como ripio o material granular— para nivelar y reforzar la superficie de la vía. Su correcto uso evita la formación de baches y empozamientos, que disminuyen la transitabilidad y aumentan los tiempos muertos. La tesis señala que su omisión provoca deterioro acelerado de la capa de rodadura y afecta la eficiencia del ciclo de transporte.

La dimensión de recursos para mantenimiento de vía, mostrando una media general de 3,03 con una desviación estándar de 1,11, lo que indica una variabilidad moderada en la percepción de los recursos asignados. Al desglosar los componentes específicos, se observa que el uso de personas para la limpieza de cunetas, sangrías y muros de seguridad tiene una media alta de 209,99 m/guardia con una desviación estándar de 12,15, lo que refleja una aplicación relativamente consistente de mano de obra en estas actividades. Por otro lado, los equipos como la motoniveladora y el tractor presentan altos rendimientos medios de 244,83 m/hr y 174,79 m/hr, respectivamente, con desviaciones estándar de 14,26 y 14,34, lo que sugiere una mayor variabilidad en su uso. En contraste, el material ripio tiene una media de 29,97 m³ y una desviación estándar de 2,04, lo que indica una mayor uniformidad en su utilización.



Figura 26. *Mantenimiento de vías con equipo y personal en la limpieza de Cuneta*

En conjunto, estos datos sugieren que, si bien la asignación de recursos como la mano de obra y los materiales muestra una relativa consistencia, los equipos presentan una mayor variabilidad en su rendimiento, lo que podría influir en la efectividad general del mantenimiento de vías y, por ende, en la eficiencia operativa.

Fernández & López (2021), la gestión eficiente de estos recursos es fundamental para realizar el mantenimiento de manera oportuna y minimizar el impacto en las operaciones mineras. Los autores destacan la importancia de la innovación en el uso de materiales de alta resistencia y el empleo de maquinaria de precisión para mejorar la durabilidad de las vías.

Tabla 37 *Evaluación de la dimensión de recursos para mantenimiento de vía*

	N	Media	Desviación estándar
X4. Recursos para mantenimiento de vía	269	3,03	1,11
Personas (limpieza de cuneta, sangrías, muros de seguridad) - m/guardia	269	209,99	12,15
Cargador frontal (ripeado de vía) - m3 / hr	269	48,96	2,84
Motoniveladora (rendimiento) - m / hr	269	244,83	14,26
Tractor (rendimiento) - m / hr	269	174,79	14,34
Retroexcavadora - m / hr	269	104,90	8,48
Minicargador (rendimiento) - m/hr	269	41,94	2,85
Materiales (ripio) - m3	269	29,97	2,04
N válido (por lista)	269		

Como se mencionó anteriormente, los controles serán detallados semanalmente en cronogramas que especifican las actividades de mantenimiento para cada una de las vías principales en el interior de la unidad minera. En la figura que se presenta a continuación, se puede observar el programa de mantenimiento y su cumplimiento en la **Rampa 1**, donde se asignan los equipos correspondientes, como motoniveladoras, minicargadores y cargadores

frontales. Este esquema asegura que las vías se mantengan en condiciones óptimas, garantizando la seguridad y eficiencia en el tránsito de vehículos dentro de la mina.



Figura 27. Mantenimiento de la vía - rampa 01 con la motoniveladora

De igual manera, en la **Rampa 2** también se puede observar cómo se encuentra la vía tras la aplicación de los controles de mantenimiento. En estas condiciones, se realizarán mediciones periódicas para evaluar la variabilidad en la productividad, con el objetivo de determinar si existe una influencia significativa en el rendimiento operativo. Este análisis permitirá identificar mejoras potenciales en la gestión de las vías y su impacto en la eficiencia de las operaciones mineras.



Figura 28. Mantenimiento de la vía - rampa 2 con la motoniveladora

La evaluación de la variable de tiempo del ciclo de volquetes, con una media general de 3,01 minutos por ciclo y una desviación estándar de 1,11, lo que indica una dispersión moderada en los tiempos de ciclo. Al observar los componentes específicos, se destaca que el

tiempo de transporte cargado tiene una media de 37,06 minutos por ciclo con una desviación estándar de 3,62, lo que sugiere una variabilidad considerable en esta fase del ciclo. El tiempo de transporte vacío, con una media de 36,52 minutos y una desviación estándar de 1,81, muestra una mayor consistencia en comparación con el transporte cargado. Por otro lado, el tiempo de servicio de carguío y el tiempo de servicio de descarga presentan medias más bajas, de 3,10 minutos y 1,50 minutos, respectivamente, con desviaciones estándar también reducidas, lo que indica una mayor uniformidad en estas actividades. Asimismo, el tiempo de maniobras tiene una media de 2,10 minutos por ciclo, mostrando poca variabilidad. Finalmente, los tiempos diversos, que incluyen el registro de ingreso y salida, inspecciones y coordinaciones, tienen una media de 6,96 minutos por ciclo con una desviación estándar de 0,71, lo que refleja una cierta consistencia en estas actividades. En conjunto, los datos sugieren que las mayores variabilidades en el ciclo de los volquetes se encuentran en los tiempos de transporte cargado y vacío, mientras que las actividades relacionadas con el servicio y las maniobras presentan una mayor estabilidad temporal.

Tabla 38 *Evaluación de la variable de tiempo del ciclo de volquetes*

	N	Media	Desviación estándar
Y: Tiempo del ciclo de volquetes	269	3,01	1,11
Tiempo de transporte cargado - min./ciclo	269	37,06	3,62
Tiempo de transporte vacío - min./ciclo	269	36,52	1,81
Tiempo de servicio de carguío - min./ciclo	269	3,10	,45
Tiempo de servicio de descarga - min./ciclo	269	1,50	,32
Tiempo de maniobras - min./ciclo	269	2,10	,24
Tiempos diversos (registro de ingreso salida inspecciones coordinaciones) - min./ciclo	269	6,96	,71
N válido (por lista)	269		

El modelo asumido para determinar los factores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías sobre el tiempo del ciclo de volquetes presenta un coeficiente de correlación múltiple (R) de 0,998, lo que indica una relación extremadamente fuerte entre las variables predictoras y el tiempo del ciclo de volquetes. El coeficiente de determinación (R cuadrado) es de 0,997, lo que sugiere que el 99,7% de la variabilidad en el tiempo del ciclo de volquetes puede ser explicado por los recursos para mantenimiento de vías, el diseño de vías, el mantenimiento de vías y las condiciones de las vías. Además, el R cuadrado ajustado mantiene el mismo valor

(0,997), lo que confirma la robustez del modelo al tener en cuenta el número de predictores. El error estándar de la estimación es relativamente bajo (0,41698), lo que indica que las predicciones del modelo son precisas y que el ajuste es confiable. En resumen, este modelo demuestra que las variables relacionadas con el mantenimiento de las vías tienen un impacto significativo en la eficiencia del tiempo de ciclo de los volquetes, validando la importancia de una gestión óptima de estos factores.

Tabla 39 *Modelo asumido para determinar los factores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,998 ^a	,997	,997	,41698

a. Predictores: (Constante), X4. Recursos para mantenimiento de vía , X1. Diseño de vía , X3. Mantenimiento de vías, X2. Condición de las vías

La tabla 19 presenta los factores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías sobre el tiempo del ciclo de volquetes. Se observa que las condiciones de las vías tienen el mayor impacto, con un coeficiente estandarizado Beta de -0,263 y una significancia de 0,000, lo que indica que mejoras en las condiciones de las vías están asociadas con una reducción considerable en el tiempo del ciclo de volquetes. El mantenimiento de vías también tiene un efecto significativo, con un coeficiente Beta de -0,267 y una significancia de 0,000, sugiriendo que un mejor mantenimiento reduce los tiempos de ciclo. Además, los recursos para el mantenimiento de vías muestran un impacto significativo con un coeficiente Beta de -0,388 y un valor de p de 0,000, indicando que un uso eficiente de los recursos también contribuye a reducir los tiempos de ciclo. Por otro lado, el diseño de vías tiene el menor impacto, con un coeficiente Beta de -0,081 y una significancia de 0,042, aunque su influencia sigue siendo estadísticamente relevante. En conjunto, estos resultados subrayan que la mejora en las condiciones, el mantenimiento adecuado y el uso eficiente de los recursos son los factores más determinantes en la optimización del tiempo del ciclo de volquetes, destacando la importancia de una gestión integral del mantenimiento de vías para maximizar la eficiencia operativa en las minas.

Tabla 40 *Factores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes*

Modelo	Coeficientes			
	Coeficientes no estandarizados	estandarizados	t	Sig.

		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	193,149	,768		251,344	,000
	X1. Diseño de vía	-,494	,264	-,081	-1,874	,042
	X2. Condición de las vías	-1,698	,395	-,263	-4,304	,000
	X3. Mantenimiento de vías	-1,317	,284	-,267	-4,635	,000
	X4. Recursos para mantenimiento de vía	-,049	,007	-,388	-6,542	,000

a. Variable dependiente: Y: Tiempo del ciclo de volquetes

Se destaca que los recursos para mantenimiento de vía tienen el mayor impacto, con un coeficiente estandarizado de 0,388, lo que subraya su importancia crucial en la optimización del ciclo de transporte. Le sigue el mantenimiento de vías con un coeficiente de 0,267, lo que también indica su relevancia significativa en la reducción del tiempo de ciclo. Las condiciones de las vías presentan un impacto ligeramente menor (0,263), aunque siguen siendo un factor importante. Finalmente, el diseño de vías tiene el menor impacto (0,081), pero aún contribuye a la mejora del tiempo del ciclo de volquetes. Estos resultados confirman que una gestión eficiente de los recursos y un mantenimiento adecuado de las vías son los principales factores para mejorar la eficiencia operativa, mientras que el diseño de las vías, aunque menos influyente, sigue siendo un elemento relevante a considerar.

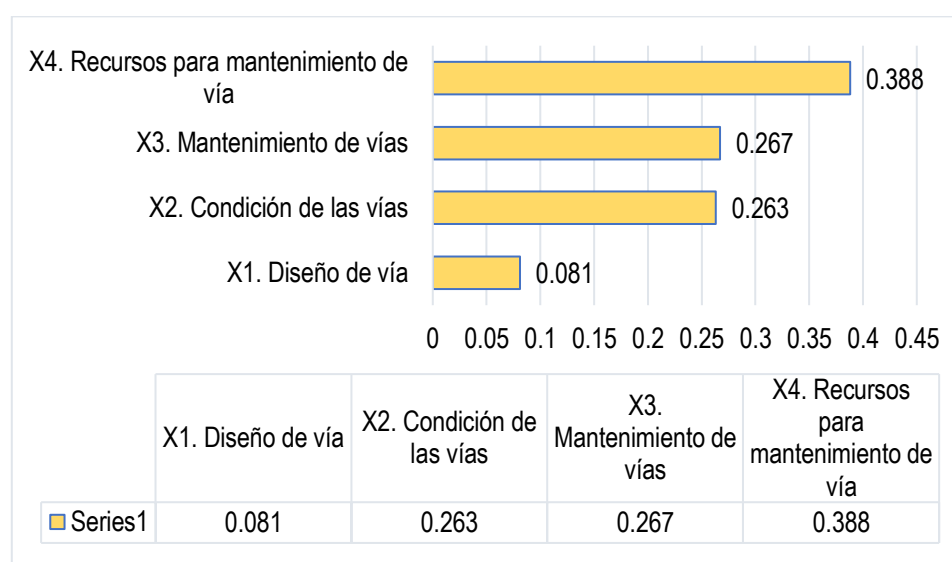


Figura 29. Dimensiones influyentes en la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes

La gestión del mantenimiento de vías es un factor crucial para optimizar el tiempo del ciclo de los volquetes en operaciones mineras. Según Pérez & Martínez (2019), una adecuada planificación del mantenimiento de las vías no solo mejora la durabilidad de las infraestructuras

viales, sino que también tiene un impacto directo en la eficiencia del transporte, reduciendo significativamente el tiempo de los ciclos de los volquetes. Rodríguez & López (2020), afirman que vías en buen estado permiten que los volquetes operen a velocidades óptimas, minimizando las interrupciones y tiempos de inactividad que suelen ocurrir cuando las vías presentan deterioros. De este modo, una gestión eficiente del mantenimiento no solo reduce los costos de operación, sino que también incrementa la productividad general de las operaciones.

La ecuación presentada describe cómo los factores de diseño de vía, condición de las vías, mantenimiento de vías, y recursos para el mantenimiento de vías afectan al tiempo del ciclo de volquetes. El modelo muestra que una mejora en cada uno de estos factores contribuye a la reducción del tiempo del ciclo de volquetes, siendo las condiciones de las vías el factor con mayor impacto (-1,698), seguido por el mantenimiento de vías (-1,317), y los recursos para mantenimiento de vías (-0,49). El diseño de la vía, aunque tiene un efecto menos pronunciado (-0,494), también contribuye a la disminución del tiempo. El gráfico ilustra esta relación inversa entre la gestión del mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de volquetes, mostrando una tendencia descendente clara: a medida que aumenta la calidad y cantidad de los recursos y el mantenimiento de las vías, el tiempo del ciclo de los volquetes disminuye notablemente. Esto subraya la importancia de una adecuada gestión de vías para mejorar la eficiencia operativa en el transporte minero.

$$\textbf{Tiempo del ciclo de volquetes} = 193,149 - 0,494 (\text{diseño de vía}) - 1,698 (\text{condición de las vías}) - 1,317 (\text{mantenimiento de vías}) - 0,49 (\text{Recursos para mantenimiento de vía})$$

El gráfico muestra una relación negativa entre la gestión del mantenimiento de vías y el tiempo del ciclo de los volquetes, lo que sugiere que una mejor gestión del mantenimiento de las vías conduce a una reducción en el tiempo que los volquetes tardan en completar sus ciclos. A medida que la gestión mejora, representada por valores más altos en el eje X, el tiempo del ciclo disminuye, lo que indica una mayor eficiencia operativa. Los tamaños de los puntos representan la frecuencia de los datos, con círculos más grandes que indican una mayor incidencia de valores asociados a una mejor gestión del mantenimiento de vías. Este patrón refleja cómo una infraestructura vial bien mantenida puede optimizar las operaciones de transporte en entornos mineros o industriales.

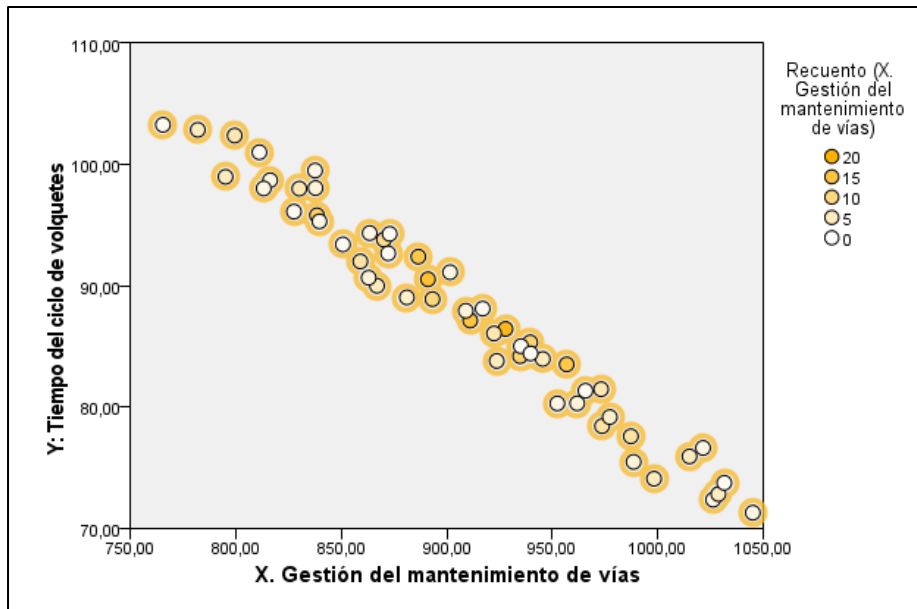


Figura 30. Dispersión de los datos de gestión de mantenimiento de vías y tiempo del ciclo de volquetes

Rodríguez & López (2020), el tiempo del ciclo de los volquetes se ve afectado por diversos factores, entre los que destacan la topografía del terreno, el diseño de la vía, y su estado de mantenimiento. En particular, una vía mal mantenida con baches, deformaciones, o un diseño inadecuado puede aumentar considerablemente el tiempo del ciclo, ya que los volquetes deben reducir su velocidad o incluso detenerse, lo que reduce la eficiencia operativa y aumenta los costos por unidad transportada. Los autores señalan que la optimización del tiempo del ciclo está directamente relacionada con la calidad de las vías. Pérez & Gómez (2020), el tiempo del ciclo está altamente influenciado por el diseño de las vías, la topografía, el estado de las vías y el tráfico. Un diseño inadecuado puede aumentar el tiempo del ciclo, reduciendo la eficiencia general de la operación. Las mejores vías y rutas optimizadas pueden reducir significativamente los tiempos de ciclo, incrementando la productividad y reduciendo los costos operativos.

4.3.2. Influencia de los indicadores de la gestión del mantenimiento de vías en el ciclo de los volquetes

Los resultados de la presente investigación evidencian que ciertos indicadores específicos de la gestión del mantenimiento de vías tienen una influencia crítica sobre el ciclo operativo de los volquetes en interior mina, siendo los más determinantes el ancho de vía, la limpieza de cunetas y la motoniveladora. Este hallazgo guarda coherencia con lo expuesto por Taipe Eccoña (2015), quien demostró que la asignación adecuada de maquinaria, como

motoniveladoras y minicargadores, reduce significativamente los tiempos de transporte y mejora la transitabilidad en condiciones adversas. Asimismo, los resultados empíricos refuerzan los aportes de Hurtado (2019), quien advirtió que la acumulación de agua y la falta de perfilado generan condiciones de riesgo que ralentizan el ciclo de acarreo. En el presente estudio, los indicadores mencionados presentaron coeficientes de regresión estandarizados negativos, lo cual sugiere que a mayor calidad en estos aspectos, menor es el tiempo del ciclo, destacando su carácter optimizador en la logística minera. Además, los hallazgos coinciden con lo reportado por Hahn et al. (2015), quienes desde un enfoque tecnológico indicaron que la capacidad de identificar zonas críticas de intervención (como puntos con drenaje deficiente o pendientes mal diseñadas) es esencial para asegurar la eficiencia del transporte autónomo o convencional. La presente tesis complementa estos estudios al aplicar herramientas estadísticas robustas que permitieron cuantificar con alta precisión el efecto individual de cada indicador sobre el rendimiento del ciclo, ofreciendo así una base empírica útil para orientar intervenciones técnicas focalizadas y eficaces.

El modelo presenta un coeficiente de correlación múltiple (R) de 0,999, lo que indica una relación extremadamente fuerte entre los indicadores seleccionados y el tiempo del ciclo de volquetes. El R cuadrado de 0,997 sugiere que el 99,7% de la variabilidad en el tiempo del ciclo de volquetes puede explicarse por los predictores incluidos en el modelo, que abarcan indicadores como el rendimiento del tractor, el rendimiento del minicargador, la conformación de muros de seguridad, el rellenado de vías, el ancho de vía, el uso de materiales (ripio), y otros factores relacionados con la infraestructura y el mantenimiento de las vías.

Tabla 41. *Modelo asumido para determinar los indicadores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
9	,999 ⁱ	,997	,997	,39684

i. Predictores: (Constante), Tractor (rendimiento) - m / hr, Minicargador (rendimiento) - m/hr, Conformación de muros de seguridad - km, Rellenado de vía - km, Ancho de Vía - metros, Materiales (ripio) - m3, Vías encalaminadas - km, Capa de rodadura - %, Personas (limpieza de cuneta, sangrías, muros de seguridad) - m/guardia

En resumen, este modelo resalta la importancia de una gestión adecuada de múltiples factores, desde los recursos materiales y humanos hasta la infraestructura vial, en la mejora de la eficiencia operativa en las minas.

La gestión del mantenimiento de vías mineras involucra diversos indicadores que influyen directamente en la eficiencia de las operaciones. Según Rodríguez & López, (2021), uno de los indicadores clave es el rendimiento de la maquinaria utilizada en el mantenimiento de las vías, como tractores y minicargadores, cuyos rendimientos se miden en metros por hora (m/hr). Un rendimiento elevado indica una mayor capacidad de la maquinaria para acondicionar más metros de vía en menor tiempo, lo que reduce costos y mejora la productividad.

Los **indicadores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías** en relación con el **tiempo del ciclo de volquetes**, según el modelo 9. El **rendimiento del tractor** tiene un coeficiente estandarizado Beta de -0,182, lo que sugiere que una mejora en su rendimiento reduce significativamente el tiempo del ciclo, con una alta significancia ($p = 0,000$). De manera similar, el **rendimiento del minicargador** tiene un coeficiente Beta de -0,141 y también presenta un impacto significativo en la reducción del tiempo de ciclo ($p = 0,000$). Además, la **conformación de muros de seguridad** y el **rellenado de vía** también influyen de manera importante, con coeficientes Beta de -0,099 y -0,132, respectivamente, indicando que mejoras en estas actividades también reducen el tiempo del ciclo, con niveles de significancia altos ($p < 0,005$).

El **ancho de la vía** y el **uso de materiales (ripio)**, con coeficientes Beta de -0,104 y -0,103, respectivamente, muestran que la ampliación de las vías y el uso adecuado de materiales son factores clave en la reducción del tiempo del ciclo de volquetes. Otros factores, como las **vías encalamadas** y la **capa de rodadura**, aunque menos influyentes, también presentan efectos significativos. Finalmente, la mano de obra relacionada con la **limpieza de cunetas, sangrías y muros de seguridad** tiene un coeficiente Beta de -0,079, reflejando que un uso eficiente del personal también contribuye a la optimización del tiempo de ciclo.

El relleno de vías, medido en kilómetros, es otro indicador esencial, ya que permite mantener la nivelación y estabilidad de las rutas mineras, indispensables para el tránsito seguro de los equipos pesados. El ancho de la vía, medido en metros, también juega un papel fundamental, ya que un ancho insuficiente puede limitar el paso de los vehículos y generar cuellos de botella (Pérez & Martínez, 2020). Por último, los materiales utilizados, como el ripio, son críticos para la durabilidad de las vías. La cantidad de material aplicado, medida en metros cúbicos (m^3), es un indicador que afecta tanto la calidad de las vías como la frecuencia de los mantenimientos necesarios.

Tabla 42 *Tabla de indicadores influyentes de la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes.*

Indicadores influyentes de la gestión del mantenimiento de vías	Importancia	% Acumulado
4.4. Tractor (rendimiento) - m / hr	0,182	18%
4.6. Minicargador (rendimiento) - m/hr	0,141	32%
3.3. Rellenado de vía - km	0,132	45%
1.1. Ancho de Vía - metros	0,108	56%
3.7. Materiales (ripió) - m3	0,103	67%
3.2. Conformación de muros de seguridad - km	0,099	76%
2.2. Vías enclaminadas - km	0,086	85%
4.1. Personas (limpieza de cuneta, sangrías, muros de seguridad) - m/guardia	0,079	93%
3.1. Capa de rodadura - %	0,071	100%

El *ancho de vía* es otro parámetro de diseño fundamental. Según los datos del documento, el ancho promedio registrado es de 4.80 metros, lo cual debe ser suficiente para el tránsito seguro de un volquete FMX440, considerando también un espacio para maniobra y paso peatonal. Un diseño deficiente del ancho puede generar cuellos de botella o riesgos de colisión, especialmente en zonas de doble tránsito o curvas pronunciadas, por lo que su supervisión debe ser constante. El *uso de ripio* como material de capa de rodadura es valorado en la tesis por su resistencia al peso de los equipos y su capacidad de drenaje. El ripio, al ser colocado sobre la base estructural de la vía, permite soportar cargas sin generar hundimientos y facilita el escurrimiento superficial del agua, reduciendo la aparición de charcos. Su aplicación regular es fundamental para mantener la calidad de la vía, especialmente en zonas de alta pendiente o humedad.

La limpieza de cunetas constituye una tarea rutinaria pero esencial dentro del mantenimiento preventivo. Estas cunetas, generalmente trapezoidales, permiten evacuar el agua proveniente de filtraciones o precipitaciones. Si no se limpian con frecuencia, se obstruyen con sedimentos y provocan el empozamiento en la vía, deteriorando la capa de rodadura y dificultando el paso de los volquetes. En la tesis se resalta que la limpieza de cunetas fue una de las actividades más ejecutadas durante el periodo de estudio, con un promedio de 0.51 km intervenidos, evidenciando su importancia para garantizar vías operativas y seguras.

El rendimiento del tractor emerge como el indicador más influyente, representando el 18% de la importancia total, seguido por el rendimiento del minicargador, que aporta un 14%, lo que significa que ambos equipos de maquinaria pesada son clave en la reducción del tiempo

del ciclo de volquetes. El rellenado de vías ocupa el tercer lugar, con un 13% de importancia acumulada, seguido por factores como el ancho de vía (10%) y el uso de materiales (ripio) (10%). Juntos, estos cinco primeros factores representan el 67% de la influencia total en la gestión del tiempo del ciclo de volquetes, subrayando la importancia de una adecuada infraestructura y equipamiento. Otros factores, como la conformación de muros de seguridad y las vías encalamadas, tienen un impacto menor pero aún significativo, completando el panorama de los indicadores que afectan la eficiencia operativa en las minas.

Según Rodríguez & Gómez (2020), uno de los principales indicadores es el rellenado de la vía, medido en kilómetros. Este proceso asegura que las irregularidades y deformaciones en las vías sean corregidas, proporcionando una superficie más estable y segura para la operación continua de camiones y maquinaria pesada. Pérez & Martínez (2020), señalan que el diseño de las vías con un ancho adecuado minimiza los riesgos de colisiones y reduce los tiempos de espera, lo que optimiza la operación minera. Fernández & López (2021) destacan que la calidad y cantidad de ripio aplicada son determinantes para evitar que las vías se deterioren rápidamente, lo que requeriría intervenciones más frecuentes y costosas.

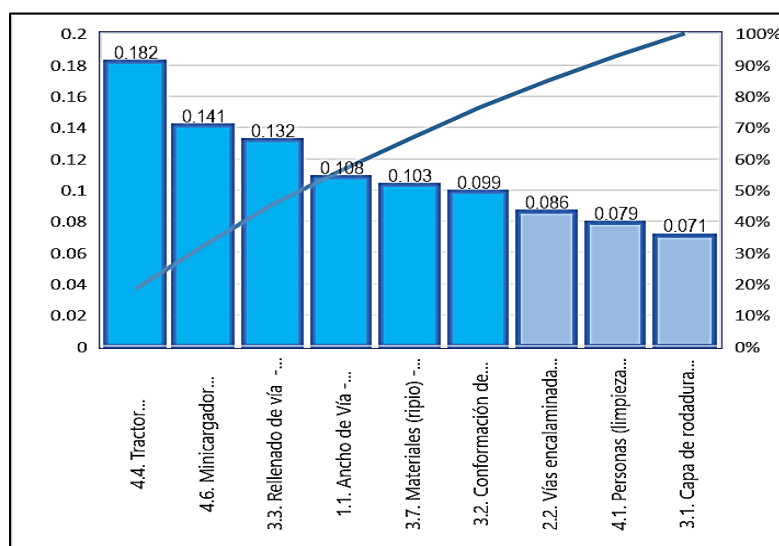


Figura 31. Histograma de indicadores influyentes de la gestión del mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes

El histograma presentado muestra los indicadores influyentes en la gestión del mantenimiento de vías sobre el tiempo del ciclo de volquetes, con su respectiva importancia.

El rendimiento del tractor se destaca como el factor más influyente, con una importancia de 0,182, seguido por el rendimiento del minicargador con 0,141, lo que indica que la eficiencia de estos equipos tiene un efecto significativo en la reducción de los tiempos de ciclo. Asimismo, el rellenado de vía y el ancho de vía también tienen un impacto considerable, con una importancia de 0,132 y 0,108, respectivamente. En conjunto, estos cuatro factores explican una gran parte de la variabilidad en los tiempos de ciclo, como lo evidencia la curva de porcentaje acumulado que alcanza aproximadamente el 56%. A medida que se incluyen otros indicadores como el uso de materiales (ripio), la conformación de muros de seguridad y las vías encalamadas, la importancia acumulada continúa incrementándose, aunque estos factores individuales tienen menor peso. Finalmente, los factores relacionados con la limpieza de cunetas y la capa de rodadura muestran un impacto más limitado en la reducción de los tiempos de ciclo.

Tabla 43. *Costos de Equipos de Mantenimiento de Vías*

Descripción	Unidad	Costo
Costo unitario de volquete (incluye operador, combustible, neumáticos)	\$/hr	42.9
Costo mensual de cargador	\$/mes	26,216.70
Costo mensual de motoniveladora	\$/mes	8,772.50
Costo mensual de tractor	\$/mes	14,036.00
Costo mensual de retroexcavadora	\$/mes	11,858.00
Costo mensual de minicargador	\$/mes	5,293.80

Adicionalmente, según los datos presentados, los costos de los equipos de mantenimiento de vías en la Minera Kolpa reflejan una distribución significativa del presupuesto mensual operativo. El costo unitario del volquete, que incluye operador, combustible y neumáticos, es de 42.9 \$/hora, lo cual representa una inversión considerable si se toma en cuenta la cantidad de horas operativas por turno y por flota.

Entre los equipos auxiliares, el cargador frontal destaca como el más costoso, con un costo mensual de 26,216.70 dólares, seguido por el tractor con 14,036.00 \$/mes, y la retroexcavadora con 11,858.00 \$/mes. La motoniveladora, esencial para el perfilado de vías, tiene un costo menor de 8,772.50 \$/mes, mientras que el minicargador, destinado a tareas de limpieza más puntuales, representa el costo más bajo con 5,293.80 \$/mes. Estos valores reflejan la

importancia de optimizar la asignación y uso de estos equipos para garantizar eficiencia operativa sin elevar innecesariamente los costos de mantenimiento via.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos revelan una correlación de Spearman significativa ($r = -0,964$), lo que evidencia una relación inversa notable entre la gestión del mantenimiento de vías y la disminución del tiempo del ciclo de los volquetes, sugiriendo que mejoras en el mantenimiento reducen significativamente los tiempos de operación. Los análisis detallan que los recursos destinados al mantenimiento de vías son el factor más influyente ($b = -0,388$), seguido por las actividades de mantenimiento en sí mismas ($b = -0,267$), las condiciones de las vías ($b = -0,263$) y, en menor medida, el diseño de las mismas ($b = -0,081$). Asimismo, los indicadores específicos, como el rendimiento del tractor (0,182) y del minicargador (0,141), el relleno de vía (0,132), el ancho de la vía (0,108) y los materiales (0,103), se destacan como variables clave en la optimización del ciclo de los volquetes. El modelo predictivo, con un $R^2 = 0,997$, explica un 99,7% de la variabilidad en los tiempos del ciclo, confirmando que una gestión eficiente del mantenimiento de las vías tiene un impacto decisivo en la eficiencia del transporte de mineral, optimizando los recursos y reduciendo significativamente los tiempos operativos.

El objetivo de determinar cómo el diseño de las vías influye en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A. fue alcanzado, mostrando una correlación de Spearman significativa ($r = -0,954$). Este coeficiente revela una fuerte relación inversa entre el diseño de las vías y el tiempo del ciclo de los volquetes, indicando que un diseño adecuado contribuye a la reducción del tiempo operativo. Las dimensiones más influyentes en el diseño de las vías, según su importancia predictiva (b), incluyen el ancho de la vía, con una media de 4,51 metros y una desviación estándar de 0,13, seguido por la pendiente con una media del 10,49% y la capa de rodadura con un 0,20%. Estos resultados sugieren que optimizar estas dimensiones es clave para mejorar la eficiencia en los tiempos de transporte, minimizando retrasos y mejorando el desempeño general de los volquetes en la operación minera.

Determinar cómo las condiciones de las vías afectan la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral en la Minera Kolpa S.A. fue cumplido, revelando una correlación de Spearman significativa ($r = -0,962$). Esta fuerte relación inversa indica que mejores condiciones de las vías se asocian con una reducción del tiempo del ciclo de los volquetes. Las dimensiones más influyentes del estado de las vías, según su importancia predictiva (b), incluyen las vías encalaminadas con una media de 5,05 km y una desviación estándar de 0,26, seguidas por las vías con charcos de agua (4,25 km), vías sin ancho y muro de seguridad (4,20 km), y vías resbalosas (2,75 km). Estos resultados subrayan la necesidad de mantener en óptimas

condiciones las vías de transporte, ya que las mejoras en estos aspectos tienen un impacto significativo en la eficiencia operativa de los volquetes, reduciendo tiempos y aumentando la productividad.

La influencia del mantenimiento de las vías en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A. fue alcanzado, revelando una fuerte correlación inversa ($r = -0,969$) entre el mantenimiento de las vías y la reducción del tiempo del ciclo de los volquetes. Las dimensiones más influyentes del mantenimiento de vías, determinadas por su importancia predictiva (b), incluyen el relleno de vía (media = 9,20 km), la limpieza de cunetas (media = 4,80 km), el corte y perfilado de vía (media = 4,35 km), y la conformación de muros de seguridad (media = 3,75 km). Estos resultados subrayan la importancia crítica del mantenimiento de las vías en la mejora de la eficiencia operativa de los volquetes, demostrando que un adecuado mantenimiento no solo reduce los tiempos de ciclo, sino que también optimiza el rendimiento del transporte de mineral.

Respecto a determinar cómo los recursos destinados al mantenimiento de vías influyen en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral en la Minera Kolpa S.A. fue logrado, mostrando una fuerte correlación inversa ($r = -0,963$) entre los recursos de mantenimiento y la reducción del tiempo del ciclo de los volquetes. Las dimensiones más influyentes de los recursos destinados al mantenimiento de vías, según su importancia predictiva (b), incluyen el rendimiento de la motoniveladora (media = 244,83 m/hr), seguido por el tractor (media = 174,79 m/hr), el trabajo del personal en la limpieza de cunetas, sangrías y muros de seguridad (media = 209,99 m/guardia) y el uso del cargador frontal (media = 48,96 m³/hr). Estos resultados demuestran que una asignación eficiente de recursos para el mantenimiento de las vías tiene un impacto significativo en la mejora de la eficiencia del transporte, reduciendo los tiempos de ciclo de los volquetes y optimizando las operaciones mineras.

RECOMENDACIONES

Implementar un enfoque integral en la gestión del mantenimiento de vías, enfocándose en la asignación eficiente de recursos y la ejecución adecuada de las actividades de mantenimiento. Esto permitirá reducir significativamente los tiempos operativos de los volquetes y optimizar la eficiencia en el transporte de mineral.

Monitorear y ajustar continuamente las condiciones de las vías para mantener un rendimiento óptimo.

Optimizar las dimensiones clave del diseño de las vías, como el ancho, la pendiente y la capa de rodadura, para mejorar la eficiencia en los tiempos de transporte de los volquetes. Un diseño adecuado contribuirá a minimizar los retrasos operativos y mejorar el desempeño general en las operaciones mineras.

Revisar periódicamente las variables para asegurar que las vías mantengan condiciones óptimas para el tránsito de los vehículos de transporte de mineral.

Mantener y mejorar continuamente las condiciones de las vías de transporte, priorizando la reparación de tramos encalaminados, la eliminación de charcos de agua y la adecuación del ancho y muros de seguridad. Estas mejoras contribuirán a reducir significativamente los tiempos operativos de los volquetes, aumentando la productividad y optimizando el flujo de transporte de mineral en la operación minera. Una inspección y mantenimiento regular de las vías será clave para mantener estos beneficios a largo plazo.

Enfocar los esfuerzos en el mantenimiento regular de las vías, prestando especial atención al relleno de vías, la limpieza de cunetas, el corte y perfilado de las mismas, y la conformación de muros de seguridad. Estas actividades demostraron ser clave para reducir los tiempos del ciclo de los volquetes y mejorar la eficiencia operativa.

Implementar un plan de mantenimiento continuo permitirá optimizar el rendimiento del transporte de mineral, asegurando una mayor productividad en las operaciones mineras.

Continuar asignando de manera eficiente los recursos destinados al mantenimiento de vías, enfocándose en maximizar el rendimiento de equipos clave como la motoniveladora y el tractor, así como en optimizar el trabajo del personal en actividades críticas como la limpieza de cunetas y la conformación de muros de seguridad. Esta estrategia demostró reducir los tiempos de ciclo de los volquetes y mejorar la eficiencia en las operaciones de transporte de mineral. Un seguimiento constante y ajustes oportunos en la asignación de recursos asegurarán la optimización continua de las operaciones mineras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azabache, F. M. (2016a). Influencia del mantenimiento de vías sobre la productividad del proceso de acarreo en el minado del tajo pampa verde, minera la zanja-cajamarca.
dspace.unitru.edu.pe. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5341>
- Azabache, F. M. (2016b). Influencia del mantenimiento de vías sobre la productividad del proceso de acarreo en el minado del tajo pampa verde, minera la zanja-cajamarca.
dspace.unitru.edu.pe. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5341>
- Bazan Cabrera, C. J., & De la Rosa Briones, J. A. (2022a). Diseño y mantenimiento de vías del acceso minero para el tránsito de maquinaria pesada en una mina de oro A Tajo Abierto, Cajamarca 2020.
- Bazan Cabrera, C. J., & De la Rosa Briones, J. A. (2022b). Diseño y mantenimiento de vías del acceso minero para el tránsito de maquinaria pesada en una mina de oro A Tajo Abierto, Cajamarca 2020.
- Bunge, M. (2000). La investigación científica: Su estrategia y su filosofía. Editorial Ariel.
- Cairo, J. (2019). La metodología iperc y su influencia en la gestión de seguridad en la compañía minera Argentum S.A. Morococha. Universidad Nacional del Centro del Perú, 1-187.
- Canturín Cano, R., & Siucho Dextre, R. (2004). Aplicación de métodos de Productividad en las operaciones de equipos de movimiento de tierras (ejemplo práctico cantera de la fábrica de Cementos Lima).
- Carlessi, H. S., & Meza, C. R. (2015). Metodología y diseños en la investigación científica. Business Support Aneth.
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia, 2, 1-11.
- Cubas Ríos, S. T. (2018). Optimización del control de tiempos en el carguío y descarga de mineral en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc–2018.
- Díaz, M., & al, et. (2020). Tiempos de servicio de carguío y descarga en la minería: Implementación de tecnologías avanzadas. Journal of Mining Efficiency, 7(3), 120-135.
- Fernández, A., & al, et. (2018). Tiempos diversos en el ciclo de volquetes: Un enfoque de optimización logística. Revista de Logística y Transporte, 12(2), 45-60.
- Fernández, C., & López, M. (2021). Recursos y tecnologías para el mantenimiento de infraestructuras viales en minería. Editorial Ingeniería Minera.
- García, E., & Soto, L. (2018). Tiempos diversos en operaciones mineras: Coordinación y seguridad. Mining Logistics Review, 14(4), 55-68.

- García, R., & al, et. (2019). Optimización del tiempo de transporte cargado en la logística de volquetes. *Journal of Transportation Efficiency*, 8(4), 210-225.
- Gómez, S. (2013). Dimensionamiento Óptimo De Flotas de Equipos para Proyectos de Movimiento de Tierras (2013). Lima-Perú.
- González, A., & Martínez, B. (2019). Optimización del tiempo de transporte en la minería: Enfoques y estrategias. *Mining Operations Journal*, 11(2), 80-95.
- Hahn, S., Pastor, S., & Thompson, R. (2015). Development of mine haul road surfacing condition monitoring through digital image processing. 2015 SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference-Mining: Navigating the Global Waters, 233-238.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2016). Metodología de la investigación. 6ta Edición Sampieri. Soriano, RR (1991). Guía para realizar investigaciones sociales. Plaza y Valdés.
- Herrera, J. A., & Sacasas, J. A. F. (2010). El método clínico y el método científico. *Medisur*, 8(5), 12-20.
- Hurtado, B. (2019). Influencias del mantenimiento de vías de acarreo en la productividad del tajo Ferrobamba-minera las Bambas-Apurímac.
- Hurtado Nuñez, B. (2019). Influencias del mantenimiento de vías de acarreo en la productividad del tajo Ferrobamba – Minera Las Bambas – Apurímac. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4658>
- Ibáñez, C. A. (2022). Analítica de datos en los tajos TJ 8530-2 y TJ 8670-1 para determinar la productividad en minera Poderosa, 2021. [dspace.unitru.edu.pe](https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/20453).
<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/20453>
- Infante Ayay, L. (2022a). Uso de supresor DL10 Plus para la mitigación de polvo y reducción del consumo de agua en el mantenimiento de vías por la Empresa Contratista Santa Rosa SG EIRL en la Unidad Minera Cerro Corona, Cajamarca.
- Infante Ayay, L. (2022b). Uso de supresor DL10 Plus para la mitigación de polvo y reducción del consumo de agua en el mantenimiento de vías por la Empresa Contratista Santa Rosa SG EIRL en la Unidad Minera Cerro Corona, Cajamarca.
- López, M., & Torres, E. (2021). Impacto de las maniobras en el ciclo de volquetes: Estrategias para su reducción. *Revista de Gestión Logística*, 15(3), 78-92.
- López, P. L. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto cero*, 9(08), 69-74.
- Mallma Perez, I. (2018). Factores influyentes para el planeamiento estratégico de la Minera Bateas SAC 2018.

- Mallma Perez, I. J. (2021). Valores interculturales y desarrollo de la ciudadanía en estudiantes de universidades públicas de carreras de ingeniería en la región Junín.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7502>
- Mallma Perez, I., Vázquez, L. S., & Perez, E. M. (2002). Probabilidad y estadística. México: Mc Grill Haw.
- Marais, W., Visser, A., & Thompson, R. (2008). Managing mine road maintenance interventions using mine truck on-board data. *International Conference on Surface Mining 2008-Challenges, Technology Systems and Solutions*, 45(3).
- Marinovich, A. (2016). Influencia del mantenimiento de vías sobre la productividad del proceso de acarreo en el minado del tajo pampa verde, minera la zanja-Cajamarca. En Cajamarca, Perú.
- Martínez, J., & Sánchez, A. (2017). Tiempos de servicio de carguío y descarga: Mejoras a través de la tecnología. *Journal of Logistics Innovation*, 5(1), 33-48.
- Martínez, L., & Gómez, R. (2020). Monitoreo y evaluación de la condición de vías en minería. Editorial Infraestructura Minera.
- Mauricio Quiquia, G. W. (2015). Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca.
- McTiernan, D., Elazar, N., Steinmetz, L., & Vengadasalam, G. (2016). Safe system roads for local government.
- Meza, K. C. (2023). Cadena de suministros de minerales y la productividad en la empresa minera Antamina SA Ancash-Perú. [repositorio.unjfsc.edu.pe](http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7302).
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7302>
- Pachas, J. M. O., & Yunkor-Romero, Y. K. (2021). Los estudios explicativos en el campo de las ciencias sociales. *ACTA JURÍDICA PERUANA*, 4(1), Article 1.
- Pérez, A., & Gómez, R. (2020). Optimización del tiempo del ciclo de volquetes en operaciones mineras. Editorial Minería Moderna.
- Pérez, A., & Martínez, C. (2019). Estrategias para el mantenimiento eficiente de vías en minería. Editorial Infraestructura Minera.
- Pérez, A., & Martínez, C. (2020). Optimización de la infraestructura vial minera mediante gestión avanzada de materiales. Editorial Ingeniería Vial.
- Pérez, A., & Torres, F. (2019). Diseño geométrico de vías en minería: Enfoque práctico. Editorial Minera.
- Pérez, D., & Gómez, S. (2020). Optimización del tiempo de transporte vacío en la cadena de suministro. *Supply Chain Optimization Review*, 18(3), 76-89.

- Pizarro Sanchez, Y. (2019). Carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño (KPIs) en CIA minera los quenuales SA, Yauliyacu, Lima-2018.
- Quiquia, M., & William, G. (2015). Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca.
- Rodríguez, J., & Gómez, R. (2020). Prácticas en el rellenado de vías mineras: Estrategias y resultados. Editorial Técnica Minera.
- Rodríguez, J., & Hernández, P. (2018). Gestión del mantenimiento en vías mineras: Estrategias y buenas prácticas. Editorial Técnica.
- Rodríguez, J., & López, P. (2020). Impacto del diseño y mantenimiento de vías en el tiempo del ciclo de volquetes en minería. Editorial Minera.
- Rodríguez, J., & López, P. (2021). Indicadores de eficiencia en el mantenimiento de vías mineras. Editorial Técnica Minera.
- Salas Blas, E. (2013). Diseños preexperimentales en psicología y educación: Una revisión conceptual. *Liberabit*, 19(1), 133-141.
- Salazar Sarmiento, M. E. (2021). Incremento de la productividad mediante el análisis de indicadores de rendimiento en los equipos de carguío y acarreo en una empresa minera de Cajamarca 2021.
- Saldaña Tumbay, A. D. (2013). Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Chaquicocha bajo clima severo-Minera Yanacocha.
- Smith, T., & Johnson, L. (2018). Control eficiente del ciclo de volquetes en la logística moderna. *International Journal of Transportation Management*, 25(2), 145-160.
- Suarez, R., Arévalo, E., Linares, L., Ustáriz, F., & Hernández, G. (2009). Validación de un método analítico para la determinación de magnesio eritrocitario. *Avances en Química*, 4(2), 53-62.
- Sucasaire Pilco, J. (2022). Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra de investigación.
- Taipe Eccoña, A. (2015). Selección y asignación óptima de flota de equipos para mantenimiento de vías en interior mina—U.E.A Yauli / Mina San Cristóbal de Volcan compañía minera S.A.A. - Yauli/Junín 2014. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/511>
- Thompson, A., RJ*, Visser. (2003). Mine haul road maintenance management systems. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 103(5), 303-312.
- Thompson, G., & Visser, R. (2020). Enhancing Safety Performance through Occupational Health and Safety Programs. Academic Press.

- Thompson, R., & Visser, A. (2006). Selection and maintenance of mine haul road wearing course materials. *Mining Technology*, 115(4), 140-153.
- Torres, J., & Ramírez, C. (2021). Maniobras eficientes en operaciones mineras: Mitigando riesgos y optimizando el flujo de trabajo. *Safety in Mining*, 18(1), 30-45.
- Torres, M., Salazar, F. G., & Paz, K. (2019). Métodos de recolección de datos para una investigación.
- Veiga de Cabo, J., Zimmermann Verdejo, M., & others. (2008). Modelos de estudios en investigación aplicada: Conceptos y criterios para el diseño. *Medicina y seguridad del trabajo*, 54(210), 81-88.
- Yoza, A. (2010). Gestión de Vías en Proyectos Open Pit (2010)-Mina El Brocal. Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

ÍTEM	Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Población y muestra
General	¿Cuál es el impacto del mantenimiento de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?	Evaluar cómo la gestión del mantenimiento de vías afecta la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.	La administración del mantenimiento de las vías tiene un impacto significativo en la gestión de tiempos de la empresa Minera Kolpa S.A.		
	¿Cuál es el efecto del diseño de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?	Determinar cómo el diseño de las vías influye en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.	El diseño de las vías juega un papel crucial en la mejora significativa de la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.		
Específicos	¿Qué influencia tienen las condiciones de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?	Determinar cómo las condiciones de las vías afectan la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.	Las condiciones de las vías tienen un efecto significativo en la reducción de los tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.		
	¿Cómo afecta el mantenimiento de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?	Determinar la influencia que tiene el mantenimiento de las vías en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.	La gestión del mantenimiento de las vías tiene un impacto significativo en la reducción de los tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.		
	¿Cuál es la influencia de los recursos destinados al mantenimiento de las vías en la gestión del tiempo de los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.?	Determinar cómo los recursos destinados al mantenimiento de vías influyen en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de la Minera Kolpa S.A.	El uso eficiente de los recursos para el mantenimiento de las vías tiene un efecto significativo en la gestión de tiempos en los volquetes de transporte de mineral de Minera Kolpa S.A.		
				Método de investigación: Método general: científico. Método específico: Analítico Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Explicativo Diseño: Preexperimental	Población La población está representada por 90 reportes de los 13 volquetes FMX440 de transporte de mineral. Muestra La muestra es censal está representada por 90 reportes de los 13 volquetes FMX440 de transporte de mineral.

Anexo 2. Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Técnica e Instrumento
Variables Independientes (X)	Gestión del mantenimiento de vías	Ancho de Vía	metros	La técnica que se utilizaron en la presente investigación es la observación, y el análisis documental. El instrumento es la ficha de observación, y las guías de análisis de documento.
		Pendiente	%	
		Capa de rodadura	%	
		Vías con charcos de agua (tramos en metros)	km	
		Vías enclaminadas	km	
		Vías sin ancho y muro de seguridad	km	
		Vías resbalosas	km	
		Limpieza de Cuneta	km	
		Conformación de muros de seguridad	km	
		Rellenado de vía	km	
		Corte - perfilado de vía	km	
		Personas+J47 (limpieza de cuneta, sangrías, muros de seguridad)	m/guardia	
		Cargador frontal (ripeado de vía)	m3 / hr	
		Motoniveladora (rendimiento)	m / hr	
		Tractor (rendimiento)	m / hr	
Variables Dependientes (Y)	Productividad minera	Retroexcavadora	m / hr	
		Minicargador (rendimiento)	m/hr	
		Materiales (ripio)	m3	
		Producción por día	Ton/Dia; Ton/Hr	
		Flota-Cantidad	Unidad	
		Disponibilidad mecánica	% Horas/guardia.	
		Utilización	% Horas/guardia.	
		Costo unitario de volquete (incluye operador, combustible, neumáticos)	\$/hr	
		Costo mensual de cargador	\$/h	
		Costo mensual Motoniveladora	\$/h	
		Costo mensual Tractor	\$/h	
		Costo mensual Retroexcavadora	\$/h	
		Costo mensual Minicargador	\$/h	

Anexo 3. Resultado de las variables de investigación

Tabla 44. Resultados de la variable de la Gestión del Mantenimiento de Vías

Dimensión	Indicador	Media	Unidad
Diseño de vía	Ancho de vía	4.80	m
	Pendiente	10.51	%
	Capa de rodadura	37.85	%
Condiciones de las vías	Vías con charcos de agua	0.25	km
	Vías sin ancho ni muro de seguridad	0.22	km
	Vías resbalosas	0.39	km
Mantenimiento de vías	Limpieza de cunetas	0.51	km
	Corte y perfilado de vía	0.36	km
Recursos para mantenimiento	Cargador frontal	28.06	m ³ /hora
	Motoniveladora	92.47	m/hora
	Retroexcavadora	89.11	m/hora

Tabla 45. Resultado de tiempos del Ciclo de Volquetes

Indicador	Media	Unidad
Tiempo de transporte cargado	9.23	min/ciclo
Tiempo de transporte vacío	5.76	min/ciclo
Tiempo de carguío	4.30	min/ciclo
Tiempo de descarga	3.50	min/ciclo
Tiempo de maniobras	2.44	min/ciclo
Tiempos diversos (inspección, ingreso, etc.)	4.90	min/ciclo

Anexo 4. Producción mensual con sus leyes de mineral de la minera Kolpa S.A.

CONTRATA	NIVEL	LABOR	TIPO DE PERF	A. VETA (m)	ANCHO MINADO	ELOS	DILUCION PLAN	RMR	Oz Ag	%Pb	%Zn	%Cu	USD Equiv.	Mensuales (TMS)
MCEISA	4555	TJ617	BRES	0.9	1.8	0.4	53%	RMR-31	1.76	3.56	2.75	0.22	145.2	1,000
MCEISA	4518	TJ321	REALC	1.1	1.2	0.3	11%	RMR-41	1.90	4.35	3.21	0.41	176.4	2,000
MCEISA	4480	TJ800	REALC	0.6	1.0	0.3	42%	RMR-41	0.75	1.61	2.14	0.15	83.1	1,000
MCEISA	4480	TJ250-11E	BRE	1.1	1.8	0.4	40%	RMR-31	3.60	1.45	2.58	0.09	133.1	1,200
MCEISA	4480	TJ250-11W	BRE	1.1	1.8	0.4	40%	RMR-31	1.83	3.32	4.07	0.35	171.6	450
MCEISA	4480	SN250-14	A	1.3	1.8	0.3	25%	RMR-41	0.85	1.62	2.09	0.08	81.4	250
MCEISA	4480	SN250-13	A	0.7	1.8	0.3	63%	RMR-41	0.66	1.44	2.89	0.15	92.4	250
MCEISA	4480	GL595	A	0.5	1.8	0.2	75%	RMR-51	0.56	1.31	2.47	0.14	80.8	500
MCEISA	4480	GL976	A	0.9	1.8	0.2	50%	RMR-51	1.35	2.44	4.85	0.28	160.7	350
MCEISA	4480	SN519	A	1.2	2.1	0.2	43%	RMR-51	4.11	5.05	1.97	0.22	193.8	1,000
ECCOGESA	4230	TJ028	REALC	0.7	1.0	0.4	26%	RMR-31	4.79	1.92	1.47	0.12	141.4	1,500
ECCOGESA	4230	TJ029	REALC	0.7	1.0	0.4	25%	RMR-31	5.64	1.48	1.45	0.18	150.8	1,500
ECCOGESA	4280	TJ884	REALC	0.8	1.0	0.3	25%	RMR-41	3.52	2.41	0.26	0.09	105.3	1,500
ECCOGESA	4280	SN767	REALC	2.0	2.2	0.3	7%	RMR-41	3.53	4.27	5.30	0.42	240.1	400
SANTA CATALINA	4330	GL710-W	A	0.7	1.8	0.3	63%	RMR-41	2.17	2.09	2.41	0.16	119.6	500
SANTA CATALINA	4330	GL710-E	A	0.8	1.8	0.3	55%	RMR-41	1.43	1.82	1.99	0.07	91.6	500
KOLPA	4080	TJ767	TL	1.1	1.8	0.4	39%	RMR-31	2.31	2.80	3.48	0.28	157.5	3000
KOLPA	4230	TJ129	REALC	0.8	1.1	0.3	31%	RMR-41	3.69	0.84	1.07	0.07	96.6	800
KOLPA	4330	TJ977	TL	1.5	1.8	0.3	16%	RMR-41	3.00	1.04	0.66	0.09	82.0	1600
KOLPA	4518	TJ519	TL	1.2	2.0	0.2	40%	RMR-51	4.31	5.30	2.21	0.23	206.1	750
KOLPA	4380	TJ250	TL	0.9	1.5	0.3	36%	RMR-41	1.35	2.86	3.19	0.18	133.5	3000
KOLPA	4280	TJ179-W	TL	1.7	2.0	0.2	15%	RMR-51	5.23	6.45	0.62	0.49	221.9	2750
KOLPA	4518	TJ591	TL	1.5	2.2	0.4	30%	RMR-31	3.49	8.68	3.46	0.36	275.1	1000
KOLPA	4080	TJ380-W	TL	2.7	3.0	0.4	12%	RMR-31	3.28	2.14	2.66	0.23	146.4	500
KOLPA	4080	TJ380-E	TL	2.2	2.4	0.4	10%	RMR-31	2.14	1.68	1.78	0.12	99.7	3000
KOLPA	4080	SN060-4E	A	2.0	2.1	0.4	4%	RMR-31	1.30	1.05	2.98	0.11	96.6	1400
KOLPA	4080	SN380-4W	A	2.4	3.0	0.4	22%	RMR-31	1.47	1.88	3.23	0.20	121.2	1600
KOLPA	4130	SN288-4E	A	4.4	3.0	0.4	-47%	RMR-31	4.06	3.16	4.46	0.38	214.3	1500
KOLPA	4130	SN288-4W	A	3.4	3.0	0.4	-13%	RMR-31	5.42	3.12	3.41	0.20	209.6	1500
KOLPA	4130	SN030-E	A	1.2	1.8	0.3	31%	RMR-41	2.97	1.19	0.81	0.10	87.0	500
KOLPA	4130	SN030-W	A	1.4	1.8	0.3	24%	RMR-41	4.87	2.94	0.70	0.11	145.0	500
TOTAL				1.50	1.86	0.28	23%		2.98	2.91	2.38	0.22	148.10	37,300

Anexo 5. Relación de equipos utilizados en Interior Mina considerando su rendimiento y utilización -Minera Kolpa S.A.

ITEM	NOMBRE DE EQUIPO	MARCA	MODELO	CODIGO-PLACA	Potencia Nominal (HP)	Rendimiento (%)	Potencia efectiva(HP)	DISPON. MECÁNICA (Dm) (%)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (Fu) (%)
1	SCOOP	DERUI	0.6	SCE-09	89.00	0.85	76	88%	64%
2	SCOOP	CAT	R1300G	SC-37	123.00	0.85	105	93%	51%
3	SCOOP	CAT	R1300G	SC-39	270.00	0.85	230	49%	46%
4	SCOOP	SANDVIK	LH112	SC-36	56.50	0.85	48	71%	32%
5	SCOOP	CAT	R1300 G	SC-03	175.00	0.85	149	90%	70%
6	SCOOP	CAT	R1300 G	SC-01	165.00	0.85	140	70%	49%
7	SCOOP	CAT	R1300 G	SC-02	165.00	0.85	140	62%	50%
8	SCOOP	RESEMIN	SFL35	SC-05	165.00	0.85	140	38%	32%
9	SCOOP	SANDVIK	EJC 061D	SCA 08	95.00	0.85	81	90%	53%
10	SCOOP	CAT	R 1300 I	SCA-01	165.00	0.85	140	88%	61%
11	JUMBO	MUKKIFF	FF	JUM-18	55.00	0.85	47	85%	38%
12	JUMBO RAPTOR	RESEMIN	44-2R	RP-02	100.00	0.85	85	62%	32%
13	JUMBO	RESEMIN	MUKI LHBP	MU-02	75.00	0.85	64	60%	24%
14	JUMBO RAPTOR	RESEMIN	44-2R	RP-01	100.00	0.85	85	52%	32%
15	JUMBO	RESEMIN	MUKI I	JUM-02	74.00	0.85	63	87%	53%
16	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-02/AVJ-787	353.00	0.80	282	89%	66%
17	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-03/APG-813	353.00	0.80	282	75%	52%
19	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-05/AVJ-710	353.00	0.80	282	72%	69%
20	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-06/AVJ-728	353.00	0.80	282	70%	65%
19	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-05/AVJ-711	353.00	0.80	282	72%	69%
20	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-06/AVJ-729	353.00	0.80	282	75%	65%
19	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-05/AVJ-713	353.00	0.80	282	72%	69%
20	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-06/AVJ-731	353.00	0.80	282	73%	65%
18	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-04/AVK-709	353.00	0.80	282	74%	70%
19	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-05/AVJ-712	353.00	0.80	282	72%	69%
20	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-06/AVJ-732	353.00	0.80	282	76%	65%
19	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-05/AVJ-715	353.00	0.80	282	78%	69%
20	VOLQUETE	VOLVO	FMX 6X4R	MV-06/AVJ-735	353.00	0.80	282	75%	65%
21	DUMPER	SANDVIK	TH315	DUM-01	248.00	0.85	211	72%	39%
22	CAMIÓN	HYUNDAI	COUNTER	BHJ-748	117.60	0.85	100	80%	53%
23	CAMION	HYUNDAI	COUNTER	S. CATALINA	175.00	0.85	149	80%	53%
24	CAMIONETA	TOYOTA	HILUX	BDJ 884	174.00	0.85	148	75%	59%
25	CAMIONETA	TOYOTA	HILUX	BDJ 897	174.00	0.85	148	77%	71%
26	CAMIONETA	TOYOTA	HILUX	MTTO	174.00	0.85	148	77%	71%
27	CAMIONETA	TOYOTA	HILUX	MARTINEZ	174.00	0.85	148	72%	65%
TOTAL					7,698		6,314	74%	56%

Anexo 6. Ficha de observación del proyecto de investigación

FICHA DE OBSERVACION DEL MANTENIMIENTO DE VÍAS Y SU INFLUENCIA EN EL TIEMPO DEL CICLO DE VOLQUETES DE LA MINERA KOLPA S.A.

Universidad Continental

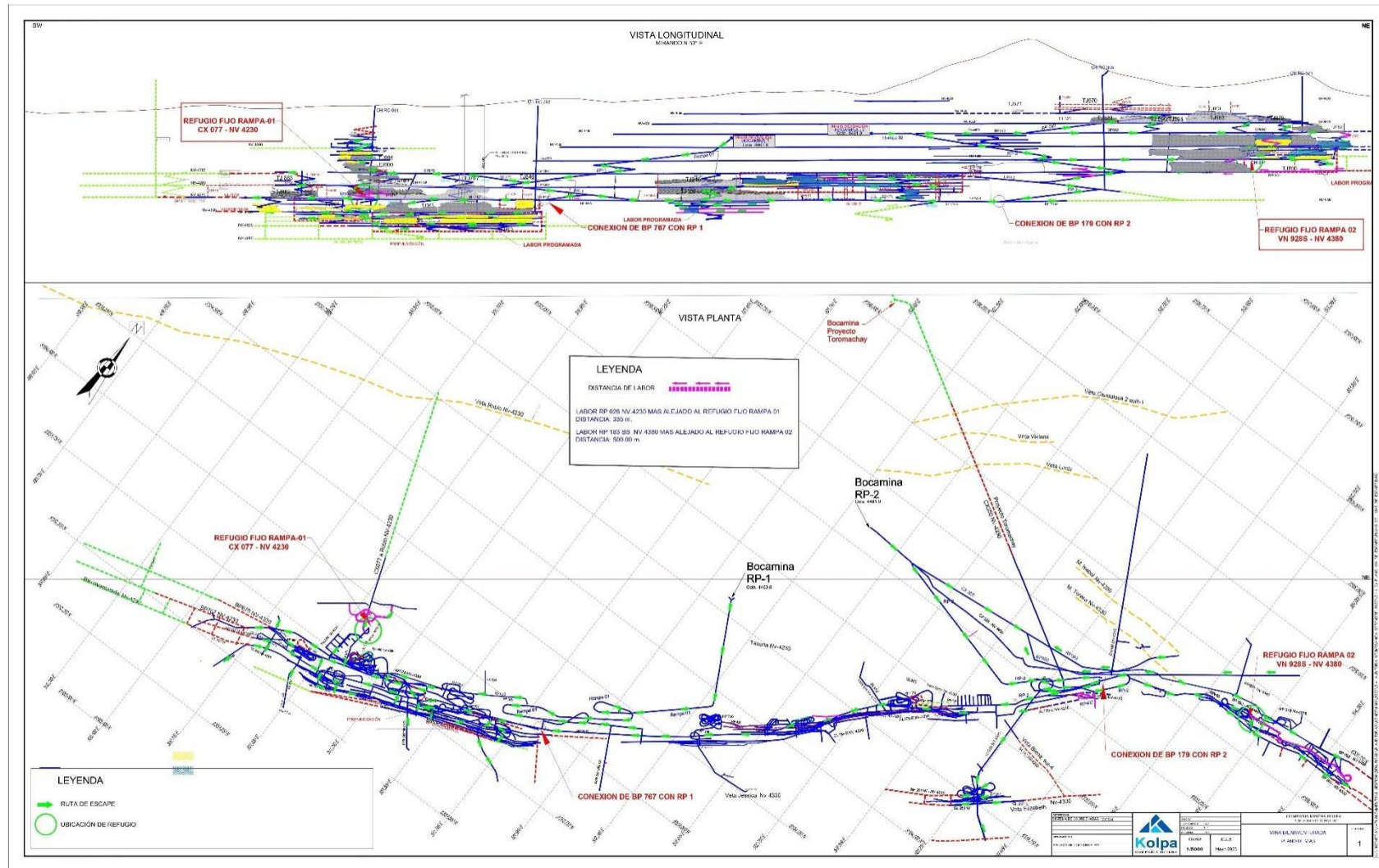
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Proyecto de Investigación Aplicada

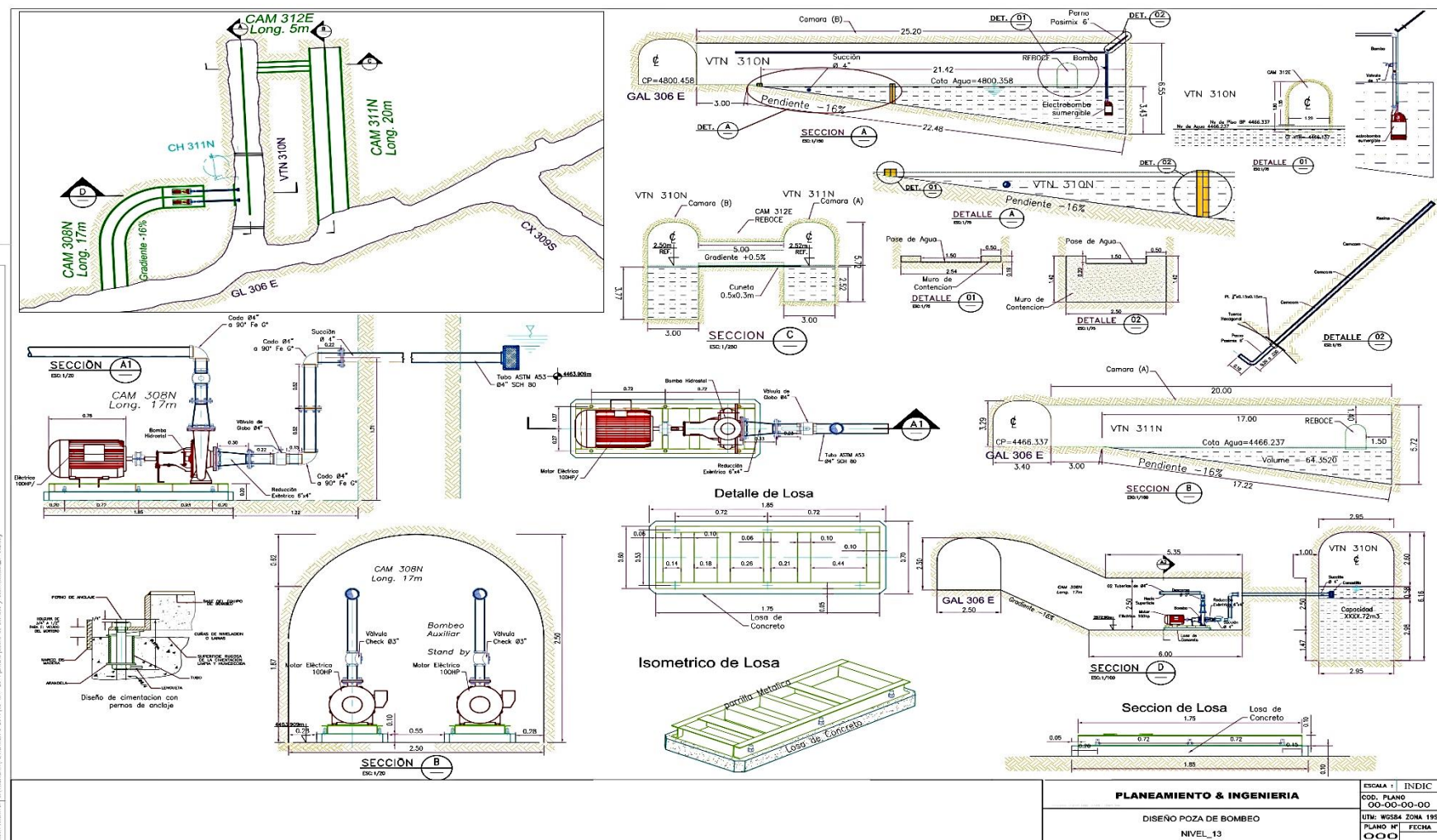
Autor: ALDO EDUARDO OROCAJA MORAN

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Medición	Observaciones
Variables Independientes (X) Gestión del mantenimiento de vías	Diseño de vía	Ancho de Vía	metros		
		Pendiente	%		
		Capa de rodadura	%		
	Condición de las vías	Vías con charcos de agua (tramos en	km		
		Vías encalaminadas	km		
		Vías sin ancho y muro de seguridad	km		
		Vías resbalosas	km		
	Mantenimiento de vías	Limpieza de Cuneta	km		
		Conformación de muros de seguridad	km		
		Rellenado de vía	km		
		Corte - perfilado de vía	km		
	Recursos para mantenimiento de vía	Personas (limpieza de cuneta, sangrías, muros de seguridad)	m/guardia		
		Cargador frontal (ripeado de vía)	m ³ / hr		
		Motoniveladora (rendimiento)	m / hr		
		Tractor (rendimiento)	m / hr		
		Retroexcavadora	m / hr		
		Minicargador (rendimiento)	m/hr		
		Materiales (ripio)	m ³		
Variables Dependientes (Y) Tiempo del ciclo de volquetes	Tiempos de ciclo de volquete	Tiempo de transporte cargado	min./ciclo		
		Tiempo de transporte vacío	min./ciclo		
		Tiempo de servicio de carguio	min./ciclo		
		Tiempo de servicio de descarga	min./ciclo		
		Tiempo de maniobras	min./ciclo		
		Tiempos diversos (registro de ingreso salida inspecciones coordinaciones)	min./ciclo		

Anexo 7. Plano en perfil N53W y planta de las vías principales en interior mina.



Anexo 8. Plano de una poza de sedimentación de la minera Kolpa S.A.



Anexo 9. Estándar de la sección para el tránsito de volquete.

