

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO**

**ABAD DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA.

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS.**



**TESIS**

**MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA  
GESTIÓN DE LAS VÍAS DE ACARREO EN LA U.M.  
SANTANDER – HUARAL – LIMA**

Presentado por:

**Bachiller GILMAR HUAMAN PAUCAR**

Para optar al Título Profesional de

**INGENIERO DE MINAS**

Asesor:

**Dr. MAURO VALDIVIA JORDÁN**

**Cusco – Perú**

**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA GESTIÓN DE LAS VÍAS DE ACARREO EN LA U. M. SANTANDEB - HUARAL - LIMA

presentado por: Bachiller. Gilmar Huaman Paucar con DNI Nro.: 42483487 presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO DE MINAS

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 17 de Abril de 2024.....



Firma

Post firma Dr. Mauro Valdivia Jordan

Nro. de DNI 23 833142

ORCID del Asesor 0000-0002-7880-4637

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:347998082

NOMBRE DEL TRABAJO

**MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA GESTIÓN DE LAS VÍAS DE ACARREO EN LA U.M. SANTANDER – H**

AUTOR

**GILMAR HUAMAN PAUCAR**

RECUENTO DE PALABRAS

**21534 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**115204 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**113 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**11.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 17, 2024 5:02 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 17, 2024 5:05 PM GMT-5**

### ● 9% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padre: Julio Huamán Andrade y Francisca Paucar Atauchi; quienes desde su regazo de nuestro señor Dios me Gian para ser de mí una persona de valores y principios y así lograr mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por que me ha otorgado la vida, brindándome fuerza y dirección a lo largo de mi existencia.

A mi amada familia, en primer lugar, a mis padres y esposa, así como a mi hijo Francisco y mi querida hija Alessia, mis hermanos Walther, Ubher y Magnolia, así como a mis sobrinos, quienes han sido un apoyo constante en cada momento, compartiendo tanto los momentos de dolor como de alegría. Agradezco también a mis numerosos amigos, quienes han sido compañeros de camino en la vida y cuyo apoyo moral ha sido fundamental en la elaboración de esta Tesis.

A mi alma máter, la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), y en particular a la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, así como a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en sus aulas. Asimismo, deseo expresar mi gratitud a todos los profesores de esta institución educativa, cuyas enseñanzas me han proporcionado tanto la ética como el conocimiento necesario para alcanzar mis metas profesionales.

## RESUMEN

La investigación realizada en la presente tesis tiene como objetivo mejorar la productividad con la gestión de vías de acarreo en la U.M. Santander – Huaral – Lima. Cuya finalidad es la de mejorar la productividad de los camiones de acarreo de material ya sea mineral y desmonte de la Zona Magistral Norte, por la rampa (-) 4577N. La metodología utilizada en la presente investigación es cuantitativa – descriptiva, de muestra no probabilística, lo que evalúa el mejoramiento del ciclo de acarreo de los camiones, la disponibilidad mecánica, la confiabilidad y la productividad total de la flota de camiones de acarreo. Con la implementación de la gestión de vías se ha incrementado la disponibilidad de los camiones de acarreo del 78.28% al 90.33%, tanto como la confiabilidad de 12.31% al 24.45%, lo que hace que los camiones de acarreo mejoren su productividad. Finalmente, la mejora de la gestión de vías se ha reflejado en el incremento de número de viajes de camión de acarreo de 11 viajes/día a 14 viajes/día, así mejorando la productividad del 75% al 95.50%, esto con un costo de implementación de inversión realizada en el mantenimiento del tramo 0+800 al 1+200 con un costo de \$ 10,506.38 y un mantenimiento mensual que se invertirá \$ 22,356.76.

Palabras clave: Gestión de vías de acarreo, Mantenimiento de vías, Disponibilidad de Equipos, Confiabilidad de Equipos, Rampa Negativa,

## **ABSTRACT**

The research carried out in this thesis aims to improve productivity with the management of haulage routes at the U.M. Santander – Huaral – Lima. The purpose of which is to improve the productivity of trucks hauling material, be it mineral and waste material, from the North Magistral Zone, along the (-) 4577N ramp. The methodology used in this research is quantitative - descriptive, non-probabilistic sample, which evaluates the improvement of the truck hauling cycle, mechanical availability, reliability and total productivity of the hauling truck fleet. With the implementation of road management, the availability of haul trucks has increased from 78.28% to 90.33%, as well as reliability from 12.31% to 24.45%, which makes haul trucks improve their productivity. Finally, the improvement in road management has been reflected in the increase in the number of haul truck trips from 11 trips/day to 14 trips/day, thus improving productivity from 75% to 95.50%, this with a implementation cost of investment made in the maintenance of section 0+800 to 1+200 with a cost of \$10,506.38 and monthly maintenance that will be invested \$22,356.76.

Keywords: Haulway Management, Road Maintenance, Equipment Availability, Equipment Reliability, Negative Ramp,

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
INTRODUCCION.....	xv
CAPITULO I.....	16
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Objetivos de la investigación.....	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificación de la investigación.....	18
1.4.1. Justificación económica.....	18
1.5. Hipótesis de la investigación.....	19
1.5.1. Hipótesis general.....	19
1.5.2. Hipótesis específicas.....	19
1.6. Variables e indicadores.....	19
1.6.1. Variable independiente.....	19
1.6.2. Variable dependiente.....	19
1.7. Operacionalización de variables.....	19



1.8. Metodología de la investigación.....	20
1.8.1. Tipo de investigación .....	20
1.8.2. Nivel de investigación .....	20
1.8.3. Población y muestra.....	20
1.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
1.9.1. Técnicas de recolección de datos.....	21
1.9.2. Instrumentos de recolección de información.....	21
1.9.3. Procesamiento de datos .....	21
CAPITULO II.....	22
II MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1. Antecedente de la investigación .....	22
2.1.1 Antecedente nacional.....	22
2.2. Bases teóricas .....	23
2.2.1. Minería Subterránea .....	23
2.2.2. Parámetros de método de explotación .....	26
2.2.3. Dimensionamiento de carguío y acarreo .....	27
2.2.4. Preparación .....	29
2.2.5. Procesos Productivos.....	30
2.2.6. Componentes de Tiempo del Ciclo de Acarreo.....	31
2.2.7. Terminología en relación de tiempos operativos.....	31
2.2.8. Confiabilidad .....	33
2.2.9. Producción Horaria de los Palas .....	34
2.2.10. Producción de los Camiones .....	34
2.2.11. Diferencia entre la producción y productividad .....	37
2.2.12. Vías de Acarreo en Minería.....	40
2.2.13. Mantenimiento de vías.....	42
2.2.14. Costos Operacionales .....	44

2.2.15. Control de costos .....	46
2.2.15.1. Gestión de vías .....	46
2.3 Ubicación.....	47
2.3.1. Accesos.....	48
2.3.2. Geología Regional .....	48
2.3.3. Geología Local .....	53
2.3.3.1. Estratigrafía Local .....	53
2.3.3.1.1 Formación Chimú (Ki-chim) .....	53
2.3.3.1.2 Formación Santa (Ki-sa).....	54
2.3.3.1.3. Formación Carhuaz (Ki-ca).....	54
2.3.3.1.4. Formación Farrat (Ki-f).....	55
2.3.3.1.5 Formación Pariahuanca (Ki-ph) .....	57
2.3.3.1.6 Formación Chulec (Ki-ch).....	57
2.3.3.1.7 Formación Pariatambo (Ki-pt).....	58
2.3.3.1.8 Formación Jumasha (Ks-j) .....	59
2.3.3.1.9 Volcánico Calipuy (Kti-vca) .....	59
2.3.4. Intrusivos.....	59
2.3.4.1 Diabasa .....	60
2.4. Geología Estructural .....	60
2.4.1 Geología Local .....	62
2.5 Yacimientos Cuaternarios.....	63
2.5.1 Deposito Morrenico .....	63
2.5.2 Deposito Aluviales .....	63
2.5.3 Rocas Intrusivas.....	63
2.6 Rocas Ígneas .....	64
2.6.1 Diabasa .....	64
2.6.2 Gabro .....	64

2.11. Operaciones dentro de la U.M Santander.....	69
2.11.1. Actividad de cierre de labores dentro de las operaciones de la U.M Santander.....	69
2.11.2. Producción diaria.....	70
2.11.3. Recursos .....	70
2.11.4. Diseño de Mina.....	71
<b>II. EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE VÍAS DE ACARREO DE LA UNIDAD MINERA SANTANDER .....</b>	<b>72</b>
2.1. Operaciones dentro de la U.M Santander.....	72
2.1.1. Actividad de cierre de labores dentro de las operaciones de la U.M Santander .....	72
2.1.2. Operaciones Unitarias.....	73
2.2. Estado de vías de acarreo antes de la intervención.....	76
2.2.1. Evaluación del ciclo de acarreo antes de intervenir la gestión de vías.....	79
2.3. Disponibilidad de los camiones de acarreo antes de la gestión de vías.....	81
2.4. Productividad de los camiones de acarreo antes de la gestión de vías. ....	83
2.4.1. Número de viajes por camión de acarreo: .....	83
2.4.2. Productividad de flota de camiones de acarreo .....	83
2.5. Confiabilidad de la flota de camiones de acarreo antes de la gestión de vías. ....	84
2.6. Gestión de vías de acarreo. ....	85
2.6.1. Cálculo de área de vía a intervenir .....	85
2.6.2. Secciones según progresiva a intervenir.....	85
2.6.3. Calculo de volumen de material de relleno .....	90
2.6.4. Equipos auxiliares de bajo perfil para el mantenimiento de vía.....	91
<b>III. RESULTADOS DE LA GESTIÓN DE VÍAS DE ACARREO EN LA RAMPA (-) 4577N .....</b>	<b>96</b>
3.1. Disponibilidad de camiones de acarreo luego del mantenimiento de vías.....	97
3.2. Productividad luego de los camiones de acarreo luego del mantenimiento de vías.....	98
3.2.1. Número de viajes por camión de acarreo: .....	98

3.2.2. Productividad de flota de camiones de acarreo después del mantenimiento de vías .....	98
3.3. Confiabilidad de la flota de camiones de acarreo después del manteniendo de las vías. .....	99
3.4. Costo del mantenimiento diario de la vía de acarreo de la Rampa (-) 4577N...	100
3.4.1. Costo mensual de la Motoniveladora .....	100
3.4.2. Costo mensual del Tractor .....	101
3.4.3. Implementación de los equipos auxiliares en la progresivas.....	101
3.5. Comparación de resultados con la implementación de la gestión de vías de acarreo. .....	101
3.5.1. Comparación de resultados de la confiabilidad de camiones de acarreo. ..	101
3.5.2. Comparación de resultados de disponibilidad de camiones de acarreo.....	102
3.5.3. Comparación de la productividad de los camiones de acarreo.....	104
3.6. Resumen de costos generados por la implementación de gestión de vías.....	104
3.6.1. Resumen de costo por mantenimiento de vía en progresiva 0+800 al 1+200105	
3.6.2. Resumen de costo por mantenimiento de vía en su totalidad.....	105
CONCLUSIONES .....	106
RECOMENDACIONES .....	107
BIBLIOGRAFÍA .....	108
ANEXOS .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Método de corte y relleno ascendente.....	25
Figura 2: Accesos de minería subterránea.....	29
Figura 3: Ubicación de la U.M Santander .....	44
Figura 4: Tipo de yacimiento de la U.M Santander .....	46
Figura 5: Zona de la geología estructural .....	56
Figura 6: Zona geológica local.....	58
Figura 7. Ubicación de los cuerpos o mantos Magistral Norte, Centro, Sur.....	61
Figura 8: Ciclo de minado subterráneo.....	74
Figura 9: Equipo de carguío CAT R1600H.....	72
Figura 10: Progresiva y área de 0+800.....	81
Figura 11: Progresiva y área de 0+850.....	81
Figura 12: Progresiva y área de 0+900.....	82
Figura 13: Progresiva y área de 0+950.....	82
Figura 14: Progresiva y área de 1+000.....	83
Figura 15: Progresiva y área de 1+050.....	83
Figura 16: Progresiva y área de 1+100.....	84
Figura 17: Progresiva y área de 1+150.....	84
Figura 18: Progresiva y área de 1+200.....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	20
Tabla 2: Características del Volvo FM 440.....	75
Tabla 3: Disponibilidad mecánica de camiones de acarreo periodo 01-15 de agosto....	77
Tabla 4: Resumen promedio de disponibilidad mecánica de los camiones de acarreo..	77
Tabla 5: Confiabilidad de los camiones de acarreo antes de la gestión de vías. ....	79
Tabla 6: Volumen de relleno de la vía.....	85
Tabla 7: Disponibilidad mecánica de camiones de acarreo periodo 16-30 de agosto....	91
Tabla 8: Resumen promedio de disponibilidad mecánica de los camiones de acarreo..	91
Tabla 9: Confiabilidad de los camiones de acarreo después de la gestión de vías.....	94
Tabla 10: Comparación de los resultados de la confiabilidad de camiones de acarreo..	96
Tabla 11: Comparación de confiabilidad de la gestión de vías .....	102
Tabla 12: Comparación de los resultados de la disponibilidad de camiones de acarreo	97
Tabla 13: Comparación de disponibilidad de la gestión de vías .....	98
Tabla 14: Comparación de productividad de la flota de camiones de acarreo .....	104

## **INDICE DE GRAFICO**

Grafico 1: Comportamiento de resultados de confiabilidad .....	96
Grafico 2: Comparacion de los resultados de disponibilidad de camiones .....	97

## **INDICE DE CUADRO**

Cuadro 1: accesos de llegada a la UM Santander.....	45
---	----



## **INTRODUCCION**

La investigación desarrollada está dirigida para la evaluación de la mejora de la productividad de la flota de camiones de acarreo de la Zona Magistral Norte en la rampa (-) 4577 de la Unidad Minera Santander. Para la esta investigación se ha determinado en mejorar la gestión de vías con el mantenimiento de esta en el tramo 0+800 al 1+200 donde la vía está deteriorada y no tiene la plataforma de rodadura correspondiente, lo que genera fallas en los camiones, así como el desgaste y pérdida de neumáticos. La investigación se realizó en 15 días de evaluación antes de la implementación y 15 días luego de la implementación.

En el primer capítulo, se determinó los problemas, objetivos tanto general como específicos, las hipótesis, para luego plantear las variables intervinientes en el proceso de la investigación, se pudo desarrollar el apartado de ingeniería apropiada utilizando los indicadores necesarios.

En segundo capítulo, se pudo definir el apartado de las teorías con la que se pudo desarrollar el proceso de investigación, se pudo definir con claridad las variables de la investigación.

En tercer capítulo, Se ha realizado la evaluación situacional antes de la implementación de la gestión de vías en la Zona Magistral Norte en la Rampa (-) 4577N, se evaluó la disponibilidad mecánica, la confiabilidad y la productividad de estas, así como el costo de la implementación del mantenimiento del tramo 0+800 al 1+200, donde la vía está totalmente deteriorada.

En cuarto capítulo, he ha desarrollado los resultados luego de la implementación de la gestión de la vía de acarreo, donde se observa la mejora de la disponibilidad mecánica, la confiabilidad de los equipos y el incremento de la productividad de la flota de camiones de acarreo.

Por ultimo, se han alcanzado las conclusiones y sugerencias de acuerdo con los propósitos establecidos en el estudio.

## **CAPITULO I**

### **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

La actividad minera constituye uno de los fundamentos de la economía nacional, aportando significativos ingresos fiscales a través de impuestos y regalías. Los ingresos derivados de la venta de minerales extraídos mediante técnicas de minería a gran escala dependen en gran medida de factores técnicos y económicos. Entre estos factores, la eficiencia en la recuperación de minerales tiene un impacto directo en la configuración de los ingresos y los costos asociados con la operación minera.

Una ejecución subóptima en la recuperación de minerales resultaría en un aumento de los costos operativos, lo que a su vez podría llevar a la desviación del plan de minado y, como consecuencia, a una disminución en la productividad. En los últimos años, el Perú ha experimentado un aumento en las inversiones destinadas a la exploración minera, dando lugar a la aparición de nuevos proyectos que se espera estén en explotación en las décadas venideras. Este desarrollo ha propiciado un aumento en la extracción de recursos minerales en el país.

Esta perspectiva renovada para el futuro de la minería en los próximos años augura un incremento en la venta de concentrados de diversos minerales y contribuirá al desarrollo sostenible del país.

A pesar de la importancia de la gestión de las vías de acarreo, existen desafíos y limitaciones actuales que impactan negativamente en la productividad de la unidad minera. La

identificación y comprensión de estos obstáculos son esenciales para desarrollar estrategias efectivas que conduzcan al mejoramiento sustancial de la productividad minera en la U.M. Santander.

La deficiencia de producción del ciclo de minado en la U.M Santander, trae factores negativos en el proceso unitario de acarreo, por lo que en zonas críticas evaluadas como en la progresiva 0+800 a la progresiva 1+200 se observa el deterioro del estado de vías debido presencia de agua dentro de la rampa, a desnivel, presencia de rocas, accesorios de los camiones de acarreo como el escape y corona, así mismo el aumento de tiempo de traslado de material por este punto.

Este problema general de investigación busca abordar las cuestiones fundamentales relacionadas con la gestión de las vías de acarreo en la minería, específicamente en el contexto de la U.M. Santander, con el objetivo de proponer soluciones viables que contribuyan al incremento sostenible de la productividad y la eficiencia operativa en esta importante unidad minera de la región de Huaral, Lima.

Esta investigación tiene como objetivo mejorar el ciclo de acarreo con la finalidad de alcanzar la producción mensual, invirtiendo en el mantenimiento de vías.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

- ¿Cómo mejorar la productividad mediante la gestión de vías de acarreo en la U.M. Santander – Huaral – Lima?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo mejorar el rendimiento de los camiones de acarreo en U. M Santander?
- ¿Cómo incrementar el número de viajes mediante la gestión de vías de acarreo en U. M Santander?
- ¿Cómo mejorar la confiabilidad adecuada de los camiones de acarreo en la U.M. Santander?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Mejorar la productividad con la gestión de vías de acarreo en la U.M. Santander – Huaral – Lima.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Mejorar el rendimiento de los camiones de acarreo en la U.M. Santander.
- Incrementar el número de viajes mediante la gestión de vías de acarreo en la U.M. Santander.
- Mejorar la confiabilidad de los camiones de acarreo en la U.M. Santander.

### **1.4. Justificación de la investigación**

#### **1.4.1. Justificación económica**

La relevancia de la investigación se manifiesta en la necesidad crítica de abordar los desafíos específicos que afectan la productividad en la Unidad Minera (U.M.) Santander, ubicada en la región de Huaral, Lima. La gestión eficiente de las vías de acarreo en la minería es un componente vital para optimizar las operaciones y maximizar la rentabilidad. Dada la importancia económica de la actividad minera en el país, este estudio pretende ofrecer soluciones prácticas y específicas que contribuyan a superar los obstáculos identificados, mejorando así la productividad y la eficiencia operativa en la U.M. Santander.

La investigación se justifica también por su contribución al desarrollo sostenible en el sector minero peruano. El aumento en las inversiones de exploración minera en los últimos años ha generado expectativas de un crecimiento continuo en la extracción de recursos minerales. Sin embargo, la eficacia de la gestión de las vías de acarreo se convierte en un factor determinante para aprovechar plenamente este potencial de desarrollo. Al identificar y abordar las limitaciones actuales en la U.M. Santander, esta investigación busca no solo mejorar la productividad a nivel local, sino también establecer prácticas transferibles que beneficien a la industria minera en general.

Además, la investigación se justifica por su enfoque en el mantenimiento de las vías de acarreo como solución para mejorar el ciclo de acarreo y alcanzar metas mensuales de producción. Este enfoque práctico no solo aborda los problemas identificados en la U.M. Santander, sino que también ofrece perspectivas valiosas para otras operaciones mineras que

enfrentan desafíos similares en la gestión de sus vías de acarreo. En resumen, esta investigación se presenta como una respuesta concreta a la necesidad imperante de mejorar la eficiencia y sostenibilidad en el sector minero, específicamente en la región de Huaral, Lima.

## **1.5. Hipótesis de la investigación**

### **1.5.1. Hipótesis general**

- La gestión de vías de acarreo permite el incremento de la productividad de los camiones de acarreo en la U.M. Santander.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- Con la gestión de vías se mejora el rendimiento de los camiones de acarreo de la U.M. Santander.
- Con la gestión de vías se incrementa el número de viajes de los camiones de acarreo en la U.M. Santander.
- Con la gestión de vías se mejora la confiabilidad de los camiones de acarreo en la U.M. Santander.

## **1.6. Variables e indicadores**

### **1.6.1. Variable independiente**

- Gestión de vías de acarreo

### **1.6.2. Variable dependiente**

- Mejoramiento de la productividad de los camiones de acarreo.

## **1.7. Operacionalización de variables.**

Para la operacionalización de las variables, se ha reconocido las variables dependientes e independientes, a su vez las dimensiones que contienen, así como los indicadores correspondientes, que se desarrollan a continuación:

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variables	Definición	Dimensión	Indicador
<p><b><u>Dependiente:</u></b></p> <p>Mejoramiento de la productividad de los camiones de acarreo</p>	<p>Tiempo necesario para que el camión de acarreo recorra una distancia hacia el lugar de destino.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de viajes</li> <li>• Productividad de camiones</li> <li>• Confiabilidad de camiones.</li> <li>• Disponibilidad mecánica de camiones.</li> <li>• Ciclo de acarreo</li> </ul>	<p>Cantidad</p> <p>Toneladas</p> <p>%</p> <p>%</p> <p>Hr, min, seg</p>
<p><b><u>Independiente:</u></b></p> <p>Gestión de vías de acarreo</p>	<p>Conjunto de actividades que garanticen un óptimo estado de vías.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado de vías.</li> </ul>	<p>Informe</p>

Fuente: Elaboración propia

## 1.8. Metodología de la investigación

### 1.8.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo cuantitativo, ya que no se manipulan las variables libremente.

### 1.8.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo, ya que se evaluará los tiempos del acarreo y la influencia que tiene en la producción mensual de la U.M Santander

### 1.8.3. Población y muestra

#### 1.8.3.1. Población

Los datos a recolectarse para esta investigación serán en ciclo de acarreo de la U.M Santander, donde se tendrá registros de la producción diaria y mensual.

### ***1.8.3.2. Muestra***

La muestra en esta investigación será en los equipos de acarreo los cuales son 12 camiones FM 440 VOLVO.

#### ***1.8.3.2.1. Tipo de muestra***

El tipo de muestra es no probabilística, ya que los datos obtenidos para la investigación son a criterio del investigador.

## **1.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **1.9.1. Técnicas de recolección de datos**

Se realizará el seguimiento del control de las partes diarias, registros diarios y mensuales de los tiempos de acarreo, registros de la utilidad de los equipos, registro de la disponibilidad mecánica, se verificará la inversión de los costos en el mantenimiento de días.

### **1.9.2. Instrumentos de recolección de información**

Se necesitará fichas de registros para hacer el control de los tiempos de acarreo, verificando los tiempos adicionales que se tiene por el estado de vías, también se verificará la producción diaria que se tiene que la influencia del estado de vías, también se obtendrá la confiabilidad de los equipos.

### **1.9.3. Procesamiento de datos**

Se realizará cuadros estadísticos del ciclo de acarreo en función de la productividad donde se verificará el impacto que tienen las vías en la operación unitaria del acarreo.

## CAPITULO II

### II MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. Antecedente de la investigación

##### 2.1.1 Antecedente nacional

Según el autor Anchiraico Giraldo & Rojas Oré (2020) Lima, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en su tesis titulada "Optimización del sistema de acarreo y transporte en labores de preparación de las zonas de profundización mediante la metodología Six Sigma operada por la E.C.M. Zicsa en la Unidad Minera Inmaculada", que tiene como objetivo se planteó minimizar los tiempos improductivos en el proceso de acarreo-transporte en las labores de preparación. Se concluye que después de analizar el estado actual de la flota, compuesta por 5 volquetes, y mediante simulaciones con GPSS para determinar la flota óptima, se determina que es necesario adquirir un volquete adicional. Además, al simular el punto de transferencia con GPSS, se observa una reducción en el tiempo del ciclo de transporte, lo que permite realizar un viaje adicional por turno. Asimismo, al aumentar en 1 la cantidad de volquetes y establecer un By Pass como punto de transferencia, se logra un incremento del 37.97% en el tonelaje movido de material, como se detalla en la siguiente figura. Este análisis se basa en la investigación realizada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

según el autor Rojas Ortiz (2019) Piura, Universidad Nacional de Piura en su tesis titulada "Optimización del Proceso de Carguío y Acarreo Mediante el Uso de KPI's en la Fase de Relleno del Espaldón de la Presa de Relaves – Antamina", teniendo como objetivo principal controlar los procesos de Carguío y Acarreo mediante Indicadores Clave de Desempeño



(KPI) en la Fase de Relleno del Espaldón. El autor concluye que se ha demostrado que el uso de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) es fundamental para supervisar los procesos de carga y transporte, ya que permiten cuantificar la actividad y compararla con nuestro presupuesto inicial, lo que nos ayuda a determinar la rentabilidad del proyecto. A nivel global, se observa que los procesos de carga y transporte han alcanzado una rentabilidad promedio del 23.74%, lo cual es un resultado positivo. Sin embargo, es importante destacar que no debemos conformarnos con estos resultados y que es necesario seguir optimizando los procesos para mejorar aún más la eficiencia. Este análisis se basa en la investigación realizada en la Universidad Nacional de Piura.

Según el autor **Ancalla Gómez (2018) Cusco**, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco en su tesis titulada “Gestión de Vías de Acarreo para el Incremento de Producción en el Tajo San Gerardo - Atacocha – Pasco”, La esencia de esta tesis radica en crear conciencia, evidenciar y explicar la relevancia de una gestión eficiente de las vías de acarreo y su impacto en el aumento de la producción, la disponibilidad mecánica, la reducción del consumo de combustible y neumáticos. Para lograr esto, se realiza un análisis breve pero detallado de la estructura operativa de la mina, centrándose específicamente en el proceso de acarreo, el diagnóstico técnico y experimental del estado de las vías, el grado de cumplimiento de la producción planificada de material (mineral y desmonte), la disponibilidad mecánica y la utilización del equipo. Estos conceptos proporcionan una comprensión clara de cómo el estado de las vías puede tener un impacto negativo si no se realiza un mantenimiento periódico adecuado. Luego, se examinan los factores que más influyen en la productividad y los sistemas de control, para finalmente proponer una guía destinada a la gestión efectiva del mantenimiento de las vías. Al reconocer claramente la importancia de las vías y su influencia directa en la producción, la empresa puede optimizar los ciclos de acarreo y el consumo de combustible. Por lo tanto, esta investigación pretende demostrar la relevancia crucial de una gestión adecuada de las vías para su mantenimiento, lo que resulta en un impacto positivo en la producción.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Minería Subterránea**

La viabilidad de la minería subterránea depende en gran medida de la implementación de un sistema de excavaciones que facilite el acceso a las zonas mineralizadas. Posteriormente, se emplean uno o varios métodos de explotación para la extracción del mineral.

En la minería subterránea el control del terreno o de las labores, una vez extraído el mineral es una de las consideraciones más importantes que intervienen en la forma de explotar un yacimiento. (Herrera Herbert, 2006)

#### ***2.2.1.1. Métodos de extracción***

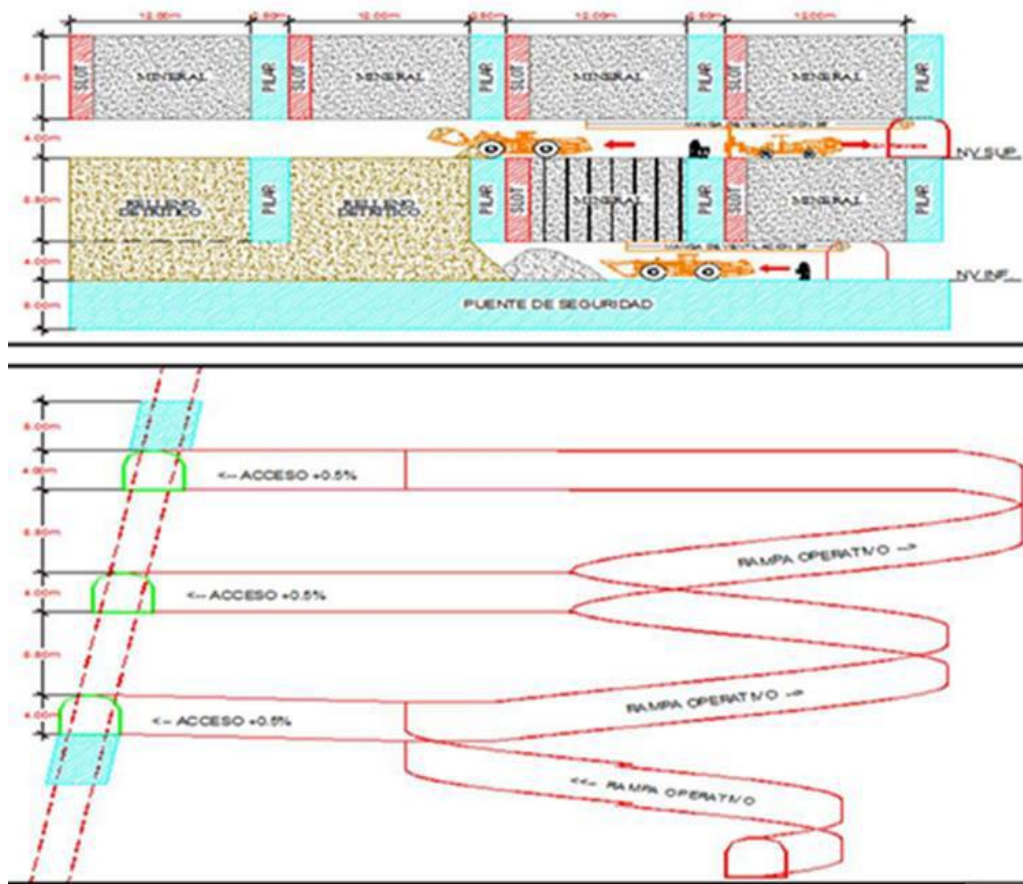
Los métodos de explotación se describen como la configuración geométrica utilizada para aprovechar un depósito mineral específico. En consecuencia, se trata de la manera de subdividir el cuerpo mineralizado en áreas adecuadas para la extracción, así como el proceso y avance correspondientes de la explotación.

Los métodos mineros son adaptados a los cuerpos mineralizados y a las condiciones de la roca, forma y dimensionamiento del yacimiento, etc. Son más selectivos que los métodos de cielo abierto, exceptivamente a los métodos por hundimiento. (Delphos, 2020)

Existen 3 tipos de métodos de explotación.

- Soporte de pilares|
- Corte y Relleno ascendente
- Corte y Relleno descendente

Figura 1: Método de corte y relleno ascendente



Fuente: (Unidad Minera Santander, 2020)

### 2.2.1.2. Métodos de sostenimiento en minería subterránea

#### Soportados por Pilares

Estos métodos operativos implican la transferencia de fuerzas, como la gravedad, a los pilares que sustentan la excavación. Aunque se pueden emplear sistemas artificiales, como pernos y cables, para reforzar el techo, la mayoría de las tensiones son absorbidas por las columnas naturales formadas en los espacios dejados por la extracción.

Se explotan las cámaras de mineral y se dejan de explotar deliberadamente una serie de áreas y volumen de mineral o roca para conseguir el sostenimiento conjunto.

#### Soportados o Relleno

Este método implica la remplazo del material mineral extraído por un material estéril, el cual puede estar previamente preparado en mayor o menor medida (estéril, residuos de flotación, sedimentos) para que sostengan la laborar generada.

## **2.2.2. Parámetros de método de explotación**

### **2.2.2.1. Recuperación de Mineral**

La extracción de minerales es un paso crucial en la industria minera, dirigido a separar los minerales valiosos de aquellos de desecho o de baja concentración. Este proceso es vital para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y mitigar el impacto ambiental. Además, facilita la separación de minerales, lo que en última instancia incrementa la rentabilidad de la operación minera:

- Lixiviación *in situ*.
- Lixiviación en botaderos.
- Lixiviación en pilas.
- Lixiviación en bateas.
- Lixiviación por agitación.

### **2.2.2.2. Dilución**

Proceso de mezcla o pérdida de mineral y contaminación con material estéril, generado durante las etapas de diseño y/o extracción de mineral, los cuales económicamente no son rentables para el proceso lo que provoca una degradación en la ley de mineral.

- Dilución planificada o primaria
- Dilución no planificada o secundaria

#### ***DILUCION PLANIFICADA O PRIMARIA.***

La dilución Primaria, Se refiere a la dilución inherente al método de explotación empleado, que puede ser vista como una dilución planificada que forma parte del diseño propuesto. La dilución primaria es más prominente en depósitos estrechos y está influenciada por la tecnología utilizada para la minería y los equipos de perforación. Esta dilución puede ser medida en los diseños propuestos al calcular el volumen en relación al modelo de bloques.

#### ***DILUCION NO PLANIFICADA.***

La dilución primaria se caracteriza por ser una consecuencia natural del método de explotación aplicado, considerándose como una dilución estratégica integrada en el diseño planificado. Es más notable en depósitos estrechos y su magnitud está determinada por la tecnología minera empleada y los equipos de perforación utilizados. En los diseños propuestos, esta dilución puede evaluarse al calcular el volumen en relación con el modelo de bloques:

- Condiciones geométricas estructurales.
- Diseños no adecuados
- Mala operación, mal diseño y/o ejecución
- Inestabilidad por condiciones geotécnicas

Como resultado de las actividades mineras, el material estéril no solo se mezcla con la mena al entrar en contacto, disminuyendo su concentración en la planta, sino que también incrementa los gastos de transporte al llevar desperdicios a la planta de procesamiento, así como los costos de procesamiento y extracción de los metales, lo que afecta la eficiencia de los sistemas productivos. Otras ramificaciones de la dilución secundaria o la sobreexcavación incluyen:

- Aumenta el Costo del Transporte
- Aumenta el Costo del Proceso de la planta
- Aumento de los incidentes por caída de roca
- Baja recuperación de mineral
- Bajo cumplimiento de los planes
- Pérdida de la ley del mineral
- Pérdida de reservas minables
- Baja recuperación metalúrgica
- Aumenta gasto de explosivo

Se puede anticipar la dilución secundaria mediante enfoques empíricos como el método ELOS, desarrollado por varios autores, lo que permite tomar en cuenta este efecto al calcular las reservas que formarán parte del plan de producción. Sin embargo, una vez iniciada la explotación, se puede medir la sobreexcavación utilizando tecnologías de escaneo, como el sistema CMS.

### **2.2.3. Dimensionamiento de carguío y acarreo**

#### **2.2.3.1. Componentes de una minería Subterránea**

Para operar eficientemente una mina subterránea, es crucial contar con una red de piques, galerías, rampas y chimeneas debidamente diseñada. Estas estructuras proporcionan acceso al yacimiento, facilitan el movimiento de personal y maquinaria, permiten la extracción de mineral y material estéril, y garantizan la ventilación adecuada, entre otras funciones.

### ***2.2.3.2. Accesos Principales***

Se refieren a las excavaciones que conectan el depósito mineral con la superficie, facilitando su explotación. Es necesario realizar un desarrollo adecuado antes de iniciar la producción (preproducción) para garantizar una producción continua a lo largo de la vida útil de la mina.

Estos accesos pueden ser:

- Socavón
- Piques
- Rampas

### ***2.2.3.3. Acceso mediante Piques***

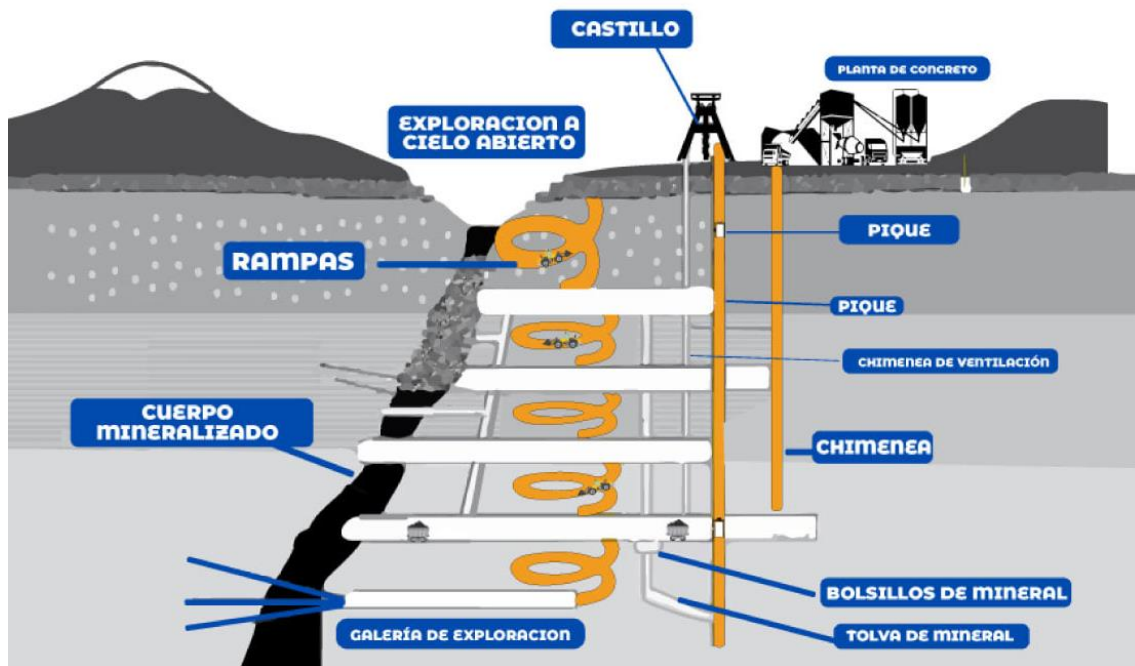
Su finalidad suele ser la de conectar las instalaciones de superficie con las instalaciones subterráneas. Se utilizan para la extracción de mineral y estéril, transporte de personal y maquinaria, ventilación, etc. Suelen ser verticales, aunque en algunos casos pueden seguir la inclinación del cuerpo mineral.

### ***2.2.3.4. Accesos mediante Rampas***

La rampa de acceso es una estructura fundamental en la minería subterránea, diseñada para facilitar el ingreso y acceso a los diferentes niveles de la explotación. En operaciones de mediana minería, como en el método de sub-level stoping, la rampa de acceso se utiliza como un sistema para que los camiones cargados de mineral puedan ascender a la superficie. Las dimensiones de las rampas de acceso deben ser adecuadas para permitir el paso libre de los equipos utilizados en la extracción y preparación de las labores mineras.

Por lo general, las rampas se construyen sobre material estéril y se les agrega una capa de material fino, que se riega constantemente para evitar la generación de polvo y el desgaste excesivo de los neumáticos de los equipos. En algunas minas, las rampas también pueden ser utilizadas como vías de acceso para el personal, aunque no se emplean para la extracción de mineral.

Figura 2: Accesos de minería subterránea



Fuente: internet.

#### 2.2.4. Preparación

La fase de preparación, también conocida como infraestructura minera, se refiere a la construcción de una red meticulosamente planificada de galerías (niveles), chimeneas, piques de traspaso y cruzados, así como todas las formas fundamentales de excavación de rocas necesarias para garantizar una producción eficiente, efectiva y segura. La disposición y configuración de estas estructuras dependerá del método de explotación seleccionado.

En yacimientos horizontales o ligeramente inclinados, la preparación se realiza mediante la creación de labores de transporte que dividen el cuerpo mineralizado en paneles.

En contraste, en yacimientos con una inclinación pronunciada, se emplean esquemas de galerías longitudinales que corren paralelas a la corrida de la veta. Estas galerías se disponen una sobre otra para formar los niveles, los cuales se determinan según el método de explotación proyectado. Las labores trazadas en diferentes niveles se conectan mediante rampas y chimeneas.

En el caso de yacimientos masivos, se subdividen en niveles donde se construye una red de galerías longitudinales y transversales. En resumen, se establece la infraestructura necesaria para trabajar tanto con vetas como con mantos simultáneamente.

### **2.2.5. Procesos Productivos**

El objetivo primordial de una mina es producir un producto con cantidades y calidad definidas previamente. Este objetivo puede desglosarse en subobjetivos, cada uno asociado a un proceso o subproceso que involucra un conjunto específico de actividades. En términos generales, se define como proceso productivo a la serie de actividades que se ven influenciadas por factores tanto externos como internos. La interacción entre estos factores y las actividades del proceso resulta en la obtención de uno o más productos o resultados. Es crucial garantizar un entorno operativo adecuado para maximizar el rendimiento de los equipos involucrados. Esto abarca tanto la parte física, que incluye aspectos como el material, los equipos, el mantenimiento, la disponibilidad y los insumos, como la parte humana, que implica a operadores, personal de mantenimiento, supervisores de turno y otros integrantes del equipo.

En todos los procesos de producción, tanto el tiempo como el dinero son factores cruciales que influyen en los procesos y la productividad. El objetivo principal de la Ingeniería es producir más de manera eficiente y al menor costo posible. Para lograr este objetivo, la ingeniería analiza, identifica y trabaja con todas las variables presentes en los procesos, evaluando su impacto y relevancia. Una de estas variables, que es fundamental en todos los procesos, es el tiempo. A continuación, exploraremos métodos para estudiar el tiempo, utilizando indicadores e índices que nos ayuden a evaluar, corregir, calcular, dimensionar y comprender el estado de los procesos.

#### ***2.2.5.1. Cálculo de Rendimiento***

Se entiende por rendimiento la producción horaria que es capaz de alcanzar una determinada máquina de movimiento de tierras. Se expresa en t/h, m<sup>3</sup>/h, etc. Su conocimiento es importante ya que permite determinar:

- La capacidad de producción de los equipos de movimiento de tierra.
- La planificación de los trabajos.
- El cálculo de los costes de la operación.



Los cuatro factores básicos que hay que considerar a la hora de estimar el rendimiento de un equipo minero son los siguientes:

- Componentes de tiempo del ciclo de trabajo.
- Factores de eficiencia y organización.
- Factores de esponjamiento y densidad.
- Capacidad nominal del equipo.

#### **2.2.6. Componentes de Tiempo del Ciclo de Acarreo**

Los componentes principales de tiempo que se distinguen en el ciclo de acarreo en una explotación minera son los correspondientes a:

- Carga.
- Transporte o empuje.
- Vertido.
- Retorno.
- Esperas y maniobras.

#### **2.2.7. Terminología en relación de tiempos operativos**

##### ***2.2.7.1. Tiempo Total Programado***

En la industria minera, se hace referencia a la vida útil de una mina en términos de la duración estimada del proyecto minero. Actualmente, la tendencia es maximizar el tiempo disponible en el calendario para llevar a cabo las operaciones mineras, aunque esto no siempre es factible. Los equipos mineros están en funcionamiento las 24 horas del día, los 365 días del año, por lo que se debe tener en cuenta este aspecto al planificar las actividades mineras.

##### ***2.2.7.2. Tiempo Disponible del Equipo***

Se refiere al período en el que el equipo está listo y disponible para realizar labores de producción, es decir, cuando está a disposición del departamento de Operaciones Mina.

##### ***2.2.7.3. Tiempo de Mantenimiento***

El tiempo de mantenimiento en la minería se refiere a las horas en las que una máquina se encuentra fuera de servicio debido a fallas o para realizar mantenimiento planificado. Este mantenimiento planificado implica llevar a cabo servicios esenciales para mantener la

maquinaria en condiciones óptimas de funcionamiento, como cambios de aceite, filtros y limpieza. Por otro lado, el tiempo sin operar debido a fallas se refiere a las horas dedicadas a realizar reparaciones para restaurar la operatividad de la maquinaria.

En la industria minera actual, se valora enormemente la actividad de mantenimiento debido a su impacto directo en la productividad. Para reducir las interrupciones por fallas, la mejor estrategia es prevenir las averías mediante un sistema de mantenimiento preventivo. Para lograr una disminución en el tiempo de mantenimiento, se requiere una planificación rigurosa, coordinación eficiente, asignación adecuada de recursos y una clara comprensión de su importancia.

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación proporcionan herramientas innovadoras para gestionar de manera efectiva los tiempos de mantenimiento. Además, la filosofía de atención y soporte al cliente adoptada por las principales empresas de venta de maquinaria minera contribuye significativamente a este objetivo. Anteriormente, antes de la implementación de estos conceptos y herramientas, se solía trabajar con el enfoque de reserva de equipos, lo que implicaba tener unidades de repuesto disponibles para reemplazar aquellas que estuvieran fuera de servicio debido a fallas. Sin embargo, se ha demostrado que este criterio de reserva de unidades no era efectivo, ya que una vez disponibles, todos los equipos eran utilizados, dejando sin equipo de reserva disponible.

#### ***2.2.7.4. Tiempo Operativo***

Se refiere al tiempo en el que el equipo está activo y realizando labores productivas, como la producción de toneladas, o ejecutando las tareas para las que fue diseñado.

#### ***2.2.7.5. Tiempo de Demoras Operativas***

El tiempo de demoras operativas se refiere al período durante el cual el equipo no está desempeñando su función, principalmente debido a dos razones: las demoras operativas planificadas, que incluyen las siguientes:

- Limpieza de tolva.
- Cambio de operador.
- Cambio de guardia.
- Relleno combustible.
- Disparo.

Las demoras operativas de interferencia se refieren al tiempo en el que el equipo está mecánicamente disponible pero se encuentra inactivo debido a consideraciones operativas.

Equipo parado por falta de equipo de acarreo.

- Refrigerio.
- Falta de frente.
- Falta de grifo o cisterna.
- Falta de operador.
- Esperando instrucciones o supervisor.
- Revisión y chequeo.
- Traslados por propios medios.

### 2.2.8. Confiabilidad

La disponibilidad de fiabilidad de un componente, equipo o sistema se refiere a la frecuencia con la que se producen fallas en un período de tiempo específico. Si no se producen las fallas se dice que el equipo o sistema es 100% confiable; si la periodicidad de fallas es baja la confiabilidad del equipo es tolerable, pero si es alta las fallas en el equipo o sistema es poco confiable; Según Mora (2009), define que la confiabilidad de un equipo o sistema refiere a la calidad del producto, es una medida que resume cuantitativamente el perfil de trabajo de un sistema, elemento y ayuda en elección de un dispositivo entre varias alternativas.

$$\text{Confiabilidad} = e^{-\lambda t}$$

Donde:

e = es la base del logaritmo natural (aproximadamente 2,718).

t = es el periodo de tiempo para el que se calcula la confiabilidad.

$\lambda$  = es la tasa de fallas del sistema, normalmente expresada como fallas por unidad de tiempo.

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ de fallas}}{\text{Tiempo total de funcionamiento}}$$

### 2.2.9. Producción Horaria de los Palas

La producción por hora o el rendimiento de los equipos de carga cíclica, como las palas cargadoras y las excavadoras hidráulicas, se determinan mediante la siguiente fórmula.

$$P(m_3^b/h) = \frac{60 * E * F * A * V}{t_c * H}$$

Donde:

C: es la capacidad del cucharón en m<sup>3</sup>.

E: es el factor de eficiencia.

F: es el factor de llenado.

H: es el factor de corrección por la altura.

A: es el factor de corrección por el ángulo de giro.

V: es el factor de conversión volumétrica

T<sub>c</sub>: es el tiempo de ciclo

### 2.2.10. Producción de los Camiones

La producción horaria de un volquete se determina mediante la expresión.

$$P(m_3^s/h) = \frac{60 * C_v * E}{t_c}$$

Donde:

C<sub>v</sub>: es la capacidad del camión

E : es la eficiencia de Operación

T<sub>c</sub>: es el tiempo de ciclo

#### 2.2.10.1. Tiempo de Ciclo

El tiempo total del ciclo se calcula agregando los tiempos constantes de carga y maniobras al tiempo empleado en el ciclo de ida con carga y en el retorno sin carga. Los tiempos de los ciclos de ida y vuelta se determinan utilizando las curvas de tracción/velocidad y los factores de corrección correspondientes. El tiempo de carga se obtiene multiplicando el número de cargas necesarias para llenar el volquete por el tiempo de ciclo de carga. Para calcular el número de cargas necesarias, se divide la capacidad del volquete entre la del equipo de carga, y el resultado se redondea al número entero más cercano. Al considerar la capacidad del equipo de carga, se debe tener en cuenta el factor de llenado y la densidad del material, por lo que la capacidad efectiva es el producto de la capacidad nominal, el factor de llenado y la densidad del material suelto.

### 2.2.10.2. Rendimiento y Flota de Camiones

Cálculo de producción horario de camiones.

$$\frac{Tn}{Hora} = \frac{Nciclos}{Hora} = \frac{Capacidad}{Ciclo} * F \text{ de llenado} * \text{eficiencia combinada}$$

Camiones Requeridos

$$N^{\circ} \text{ de Camiones} = \frac{\text{Producción requerida/Hora}}{\text{Producción camion/hora}}$$

Número de camiones por pala

$$N^{\circ} \text{ de camiones/pala} = \frac{60 * \text{Ciclo de Trabajo por camion}}{\text{Ciclo de pala} * N^{\circ} \text{ de pasos}}$$

### 2.2.10.3. Índices de Disponibilidad y Utilización de Equipos

a) Disponibilidad Mecánica (DM)

$$DM = \frac{HP - (MP + MRE) * 100}{HP}$$

$$DM = \frac{\text{Horas Disponibles}}{\text{Horas programadas}}$$

Donde:

HP: Horas programadas para operar el equipo

MP: Horas de mantenimiento preventivo

RME: Horas de reparaciones mecánicas y eléctricas

b) Disponibilidad del Equipo (DE)

$$DE = \frac{HP - (MP + RME + DO + OD + DF) * 100}{HP}$$

Donde:

DF: Demoras Fijas

### 2.2.10.4. KPI's

Considerando la información recopilada de los informes generados durante el proceso de extracción minera, fue necesario crear tablas que pudieran consolidar y sintetizar dicha información:

- Cantidad de galones cargados por equipo
- Número de viajes transportados por día
- Horómetros inicial y final de los equipos de carguío y transporte
- Consumo de explosivos y accesorios de voladura
- Cantidad de horas trabajadas de la chancadora y zaranda

Utilizando esta información, se llevó a cabo una evaluación y se elaboró una tabla general que pudiera ser organizada y filtrada, permitiendo consignar los defectos del proceso, tales como:

- Horas de trabajo efectivo
- Horas de mantenimiento mecánico
- Horas muertas de equipos de carguío y transporte
- Horas por pérdidas operativas

#### ***2.2.10.5. Indicadores claves de desempeño del Acarreo***

Para evaluar los indicadores clave de rendimiento en el transporte de mineral o desmonte, fue necesario analizar la información histórica de los controles operativos y la capacidad de la flota utilizada en las operaciones mineras. En el resumen de la operación de transporte, se identificaron los siguientes indicadores de rendimiento, los cuales son preocupantes debido a los altos niveles que reflejaban las actividades dentro de la operación minera. Estos indicadores de rendimiento muestran la realidad y las razones detrás de las deficiencias en el proceso operativo. Además, al considerar los defectos de ruta, se puede observar que la deficiencia se debe a la evaluación de estos indicadores de rendimiento. Por lo tanto, se están tomando medidas adecuadas para reducir el indicador que afectaba la operación minera.

#### ***2.2.10.6. Indicador de desempeño del Acarreo (% Disp Mecánica)***

La disponibilidad mecánica de los equipos por mes se determinó considerando las horas de trabajo programadas y las horas efectivamente realizadas durante la operación. Dado que los equipos fueron alquilados a un tercero, existía el riesgo de que no cumplieran con las horas programadas o tuvieran paradas durante la operación, lo que pondría en peligro la productividad de la operación minera. Por esta razón, se presenta el siguiente diagrama que muestra las horas realizadas durante la operación.

$$\%Disp.Mecánica = \frac{Horas\ trabajadas}{Horas\ Programas} \times 100\%$$

$$-\% Disp. Mecánica = 85\%$$

### **2.2.10.7. Indicador de desempeño del Acarreo (% Utilización Mecánica)**

La utilización mecánica de los equipos se determina según la cantidad de horas que el equipo minero ha estado en funcionamiento dentro de la operación, teniendo en cuenta posibles fallos y retrasos operativos.

$$\% Utilización Mecánica = 80 - 90 \%$$

## **2.2.11. Diferencia entre la producción y productividad**

### **2.2.11.1. Gestión de Productividad**

La gestión de la productividad se define como la relación entre la producción (resultados) obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Este concepto también se puede describir como el uso eficiente de los recursos, como capital, materiales, tierra, información y trabajo, en la producción de bienes y servicios. En el ámbito del mantenimiento, la productividad se refiere al cumplimiento de todas las tareas planificadas a corto, mediano y largo plazo. La obtención de los mejores resultados siempre ha sido una prioridad en los planes de gestión propuestos, ya que el producto final depende de la disciplina y la colaboración de todos los participantes involucrados en cada proceso. A continuación, se presenta el método de cálculo de la productividad, donde los insumos incluyen materiales, mano de obra y maquinaria utilizada en el proceso.

$$\mathbf{PRODUCTIVIDAD = PRODUCTO / INSUMO}$$

La productividad se refiere a la capacidad de generar mayor producción utilizando menos recursos, lo que conduce a costos más bajos al emplear la cantidad adecuada de equipos de carga y transporte, lo que permite presupuestos más reducidos. Podemos identificar algunos factores que impactan en la productividad en la industria minera.

$$\frac{\$}{Tn} = \frac{\$/Hr}{Tn/Hr} = \frac{Costo\ Horario}{Productividad}$$

- Procesos rentables para la extracción económica de minerales de baja ley.

- La inversión de capital en una mina o en una operación con equipos de última generación tiende a generar una mayor productividad en comparación con una operación que utiliza tecnología obsoleta.
- La dureza del mineral afecta la productividad, ya que minerales más duros requieren más molienda, lo que resulta en una reducción de la productividad.
- Una mayor razón de desmonte mineral conlleva a una disminución en la productividad.
- La distancia de transporte tanto del desmonte como del mineral afecta la productividad, ya que distancias más largas implican una reducción en la misma.
- El planificado, que se elabora en el gabinete y se deriva del plan de minado, influye en la productividad..

#### ***2.2.11.2. KPS's de Productividad***

- **Disponibilidad mecánica (DM)**

Se trata del porcentaje del tiempo total en el que el equipo está listo para operar. Esta métrica refleja la eficiencia del departamento de Mantenimiento y, por lo tanto, es supervisada por este departamento.

$$DM = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de falla}}{\text{Horas totales}} \times 100\%$$

- **Utilización (UT)**

Se refiere al porcentaje de tiempo en el que el equipo está desempeñando su función prevista, en comparación con el total de horas disponibles para el equipo..

$$UT = \frac{\text{Horas trabajadas efectivas}}{\text{Horas totales} - \text{Horas de falla}} \times 100\%$$

#### ***2.2.11.3. Productividad de los equipos Mineros***

La productividad de los equipos mineros es un factor de gran importancia en la explotación de yacimientos minerales, ya que determina la capacidad de cumplir con los planes de producción establecidos a partir de análisis técnicos y económicos detallados. Durante el proceso productivo, pueden surgir pérdidas que afectan significativamente el rendimiento de la maquinaria. Muchas de estas pérdidas se han vuelto parte de la rutina de explotación, lo



que dificulta su detección, especialmente a medida que aumenta el número de equipos en operación.

La adecuada planificación y realización del mantenimiento constituye una estrategia probada para mitigar estas pérdidas. El control y seguimiento del mantenimiento permiten evaluar su impacto mediante indicadores predefinidos, lo que facilita determinar si se ha mejorado el rendimiento de la maquinaria o si, por el contrario, se han incrementado los costos operativos sin un aumento correspondiente en la productividad.

#### ***2.2.11.4. Producción***

En el ámbito económico, la producción se refiere a la creación y elaboración de bienes y mercancías, que abarca desde la concepción hasta el procesamiento y la financiación, entre otras etapas. Es uno de los procesos económicos más significativos y constituye el medio a través del cual el trabajo humano genera riqueza.

La producción es una medida fundamental para evaluar la prosperidad de una sociedad, ya que indica la cantidad de bienes y servicios disponibles para satisfacer las necesidades de la población. Asimismo, en el contexto empresarial, la producción es crucial, ya que puede determinar el éxito o fracaso de una empresa en términos de su capacidad para fabricar y comercializar productos o servicios.

#### ***2.2.11.5. Planes de Producción***

Una vez que se haya establecido la estrategia de leyes de corte, ya sea fija o variable, es necesario calcular la cantidad de mineral y estéril que se debe extraer por período. El objetivo principal del plan de minado es garantizar un suministro continuo de material a la planta con las leyes más favorables en los primeros períodos (aunque esto no siempre sea aplicable, ya que los primeros segmentos para alimentar la planta suelen ser los más rentables). Hay dos métodos para determinar el ritmo de extracción:

- La extracción de material estéril se realiza según la fase, lo que garantiza un ritmo apropiado para tener mineral expuesto cuando sea necesario. Sin embargo, esta práctica podría ocasionar cambios en los requisitos de equipos mineros.
- La extracción se lleva a cabo a un ritmo constante a lo largo de varios períodos de la mina.

### **2.2.12. Vías de Acarreo en Minería**

Las rutas de transporte son los caminos por los cuales circula todo el material extraído de la mina utilizando equipos de transporte específicamente designados. Además de los vehículos de transporte de mineral y desmonte, también transitan por estas rutas equipos auxiliares y vehículos de supervisión y transporte de personal. Mantener un adecuado mantenimiento de estas vías garantizará que mantengan sus condiciones operativas óptimas, lo que a su vez contribuirá a aumentar la productividad de la operación.

#### ***2.2.12.1. Vía de Acarreo Estándar***

De acuerdo con el diseño de las vías de transporte en la mina, se establece un ancho operativo mínimo que es tres veces mayor que el ancho del equipo de transporte más grande, sin tener en cuenta las cunetas y los muros. Esto garantiza que las vías estén en condiciones estándar para permitir el paso libre de dos volquetes en direcciones opuestas simultáneamente. Además, los muros de seguridad deben tener una altura mínima equivalente a las  $\frac{3}{4}$  partes de la altura del neumático del equipo más grande que circula por la vía.

Es fundamental que la capa de rodadura de la vía se mantenga uniforme y sin deformaciones ni acumulaciones de agua u otros obstáculos que puedan interrumpir el tráfico fluido. Las cunetas deben mantenerse limpias y libres de material acumulado para asegurar un drenaje adecuado del agua de lluvia y evitar cualquier problema de inundación en la vía.

#### ***2.2.12.2. Vía de Acarreo Subestándar***

Una vía de transporte se considera subestándar cuando pierde sus características de diseño originales o su capacidad de ser transitada, lo que resulta en retrasos en el proceso productivo y crea condiciones que, de no ser abordadas a tiempo, pueden provocar accidentes o incidentes potenciales.

Normalmente, la combinación de lluvias sobre las vías de transporte y la falta de mantenimiento oportuno son las causas principales de su deformación y pérdida de estándares.

#### 2.2.12.2.1 Vía de Acarreo con esponjamiento de Agua

Los empozamientos de agua en las vías de transporte son el resultado del efecto de tracción de los neumáticos de los equipos de transporte sobre el terreno, lo que crea surcos cada vez más profundos en la capa de rodadura de la vía durante la temporada de lluvias. También pueden originarse por un mal lastrado con material inadecuado, que se satura al entrar en contacto con el agua, en lugar de compactarse adecuadamente, simplemente cubre temporalmente una irregularidad aparente.

Estos empozamientos representan un riesgo potencial para el daño de los neumáticos, ya que los operadores pueden no ser capaces de percibir lo que está debajo del agua y optar por atravesarlos, arriesgándose a encontrarse con piedras afiladas u otros objetos que podrían causar daños en los neumáticos.

#### 2.2.12.2.2. Vía Encalaminada

Estas vías se caracterizan por tener una superficie irregular que se asemeja a una calamina, lo que ocasiona que el desplazamiento de los equipos de transporte sea brusco y que experimenten pequeñas variaciones en la velocidad, en lugar de mantener una marcha continua y fluida.

#### 2.2.12.2.3. Vías de Acarreo con ancho Operativo y muros de Seguridad Subestándar

Se refiere a todas las vías que no cumplen con los estándares establecidos para las vías de transporte. El ancho operativo puede disminuir debido a la acumulación de residuos generados por las lluvias y el tráfico constante, así como por deslizamientos o desprendimientos de material de los taludes cercanos a las vías. Además, los muros de contención pueden verse afectados por las lluvias si están contruidos con materiales inadecuados.

Una supervisión deficiente en el control de los anchos operativos y en la altura de los muros de seguridad puede dar lugar a incidentes y accidentes que van desde roces hasta la caída de volquetes de un nivel a otro.

#### 2.2.12.2.4. Vías Resbalosas

Este tipo de vías subestándar son resultado de las fuertes precipitaciones asociadas al clima severo característico de la ubicación geográfica de las operaciones mineras. Cuando llueve

sobre estas vías, las gotas de agua se mezclan con el polvo presente en la superficie, creando una capa resbaladiza que dificulta la tracción de los neumáticos de los equipos, lo que puede causar derrapes o deslizamientos.

Por lo general, se requiere el uso de cisternas de agua o motoniveladoras para eliminar esta condición de las vías.

### **2.2.13. Mantenimiento de vías**

El mantenimiento de las vías se refiere al conjunto de acciones destinadas a preservar la capacidad de tránsito, el diseño estándar y a eliminar condiciones que no cumplen con los estándares, asegurando que las vías cumplan con su función prevista.

Estas tareas incluyen la construcción de cunetas, sangrías y gibas, las cuales son fundamentales para mantener las vías en condiciones óptimas de trabajo, especialmente durante precipitaciones moderadas a fuertes. La conformación de cunetas y gibas sigue un diseño preestablecido de vía de acarreo y sección típica, siguiendo criterios específicos y considerando dimensiones precisas. Las sangrías, por otro lado, son acciones operativas necesarias para prevenir problemas durante lluvias intensas, cuando el agua no puede ser correctamente canalizada hacia las cunetas.

El mantenimiento de las vías también implica la realización de otras tareas detalladas a continuación.

#### ***2.2.13.1. Construcción de trabajos auxiliares en la vía***

La adecuada construcción de cunetas, sangrías y gibas garantiza que las vías se mantengan en condiciones óptimas de trabajo durante lluvias moderadas a intensas.

La configuración de cunetas y gibas en las vías de transporte se lleva a cabo siguiendo un diseño predefinido de la vía y la sección típica correspondiente, cumpliendo con criterios específicos y considerando dimensiones precisas. Por otro lado, las sangrías tienen un propósito operativo y se implementan como medidas preventivas ante la presencia de lluvias fuertes, cuando el agua no puede ser correctamente drenada hacia las cunetas.

### **2.2.13.2. Cunetas**

Estas son excavaciones de forma rectangular diseñadas para desviar el agua de lluvia o el agua de drenaje, dirigiéndola hacia piscinas de captación donde será tratada posteriormente. Se construyen en una posición inclinada hacia el lado del peralte, con el objetivo de aprovechar la gravedad y facilitar el flujo del agua hacia ellas.

### **2.2.13.3. Sangrías**

Estas estructuras son complementarias a las cunetas y se conocen como canaletas transversales. Consisten en pequeñas tuberías o canales dispuestos perpendicularmente a la vía, conectándose con las cunetas para dirigir el agua de lluvia hacia ellas. Su función es evitar que el agua tenga que recorrer toda la vía para llegar a las cunetas, proporcionando una ruta directa y protegiendo así la superficie de la vía.

### **2.2.13.4. Gibas**

Los montículos o elevaciones sobre la capa de rodadura, también conocidos como "lomos de burro", se encuentran estratégicamente distribuidos a lo largo de las vías a intervalos regulares. Su función principal es la de facilitar el drenaje del agua de lluvia hacia las cunetas y al mismo tiempo, reducir la velocidad de los vehículos que circulan por tramos críticos de la vía.

### **2.2.13.5. Factores del Mantenimiento de vías**

#### **2.2.13.5.1 Limpieza de Cunetas**

Este procedimiento implica la extracción de sedimentos o material saturado del interior de la cuneta con el fin de garantizar que el flujo de agua permanezca dentro de la misma y no se desborde hacia la vía, asegurando así su funcionalidad óptima.

#### **2.2.13.5.2 Reconformación de vía**

El término "reconformación de vía" se refiere al proceso de trabajo llevado a cabo en tramos de la vía que presentan ligeros desniveles o deformaciones, donde dicha condición se corrige mediante la acción de una motoniveladora, que escarifica y nivela la superficie ligeramente encalaminada o desnivelada. Posteriormente, se compacta la superficie con un rodillo para garantizar su estabilidad y uniformidad.

### 2.2.13.5.3 Lastrado

La "lastrada de vías" se define como el proceso de aplicar una capa de material sobre la superficie de rodadura de la vía con el objetivo de corregir desniveles y lograr una conformidad uniforme.

Es crucial realizar este proceso con el material adecuado y en las ubicaciones apropiadas. Utilizar un material demasiado fino puede resultar en su descomposición debido a la lluvia y al tránsito de los equipos, mientras que un material demasiado grueso puede crear desniveles que una motoniveladora no pueda nivelar adecuadamente.

Los trabajos de lastrado se llevan a cabo en áreas como botaderos, vías de acarreo y zonas de carga. Para una lastrada efectiva, se emplean tractores de ruedas o de orugas para distribuir el material en el área designada. Luego, las motoniveladoras entran en acción para refinar la superficie lastrada, eliminando cualquier exceso de material y dejando la superficie completamente nivelada y sin desniveles.

### **2.2.14. Costos Operacionales**

Los "costos" representan los valores que se monitorean y se imputan directa e indirectamente a las diferentes áreas productivas de una empresa. Estos costos son fundamentales para calcular el margen de beneficio en relación con el valor del producto final, como por ejemplo, los concentrados de mineral.

El concepto de costo también se define como el valor que se sacrifica para obtener bienes o servicios con el fin de obtener un beneficio. Este valor sigue estando activo mientras no se haya utilizado por completo.

La gestión de costos se refiere al proceso en el cual los directivos de una empresa aseguran la utilización eficaz y eficiente de los recursos disponibles. Para llevar a cabo una gestión de costos efectiva, es necesario tener una comprensión completa de los procesos de producción y una visión global de las operaciones de la empresa:

- Comprender el proceso mediante el cual los costos se originan a lo largo de las diversas actividades del ciclo productivo.
- Reconocer los elementos que influyen en la generación de costos.

- Familiarizarse con la forma en que los costos varían en relación con los distintos parámetros de operación.
- Cuantificar los parámetros y los insumos que exhiben variabilidad en su comportamiento

Dentro del ámbito de la gestión de costos, es recomendable establecer indicadores específicos para cada actividad que reflejen la evolución de la operación a lo largo del tiempo. Estos indicadores deben vincular los insumos en términos de unidades físicas con algún parámetro operativo relevante.

Es importante tener en cuenta que los indicadores relacionados con la "Vista de fortificación" y los "Servicios de la mina subterránea" deben considerar variables externas a la operación, ya que el no hacerlo puede resultar en interpretaciones incorrectas del proceso y su optimización. Es crucial evitar la utilización de indicadores que confronten los costos con parámetros operativos, dado que existen factores externos a la operación que pueden influir en estos indicadores, como por ejemplo, las fluctuaciones en los precios de los insumos.

Para obtener una visión integral de lo que sucede en un proceso, es fundamental seleccionar indicadores que reflejen de manera precisa el desempeño de la operación y consideren tanto los aspectos internos como externos que puedan afectar su rendimiento.

#### ***2.2.14.1. Costo Fijo***

Es aquel costo independiente de la producción, normalmente se asocian a pagos mensuales tales como:

- Mano de obra
- Licencias
- Alquileres

#### ***2.2.14.2. Costo Variable***

Son los costos que se está vinculando con la producción en términos absolutos con el volumen de las operaciones y también cuando se realizan por motivos específicos como:

- Servicios de terceros
- Bolas de molienda que se utilizan por Tonelada procesada
- Explosivos, etc.

#### **2.2.14.3. Costo Horario**

El término "costo variable" hace referencia al gasto generado durante un período específico como resultado de la realización constante o discontinua de una actividad. Se mide en unidades de USD (dólares estadounidenses) por unidad de tiempo.

#### **2.2.14.4. Costo por actividad**

El concepto alude al "costo directo", el cual surge como resultado de la ejecución de una actividad específica. Este tipo de costo considera minuciosamente todas las variables y aspectos relacionados con la realización de dicha actividad, dando lugar a una cuenta de costos individualizada para cada una.

#### **2.2.15. Control de costos**

El propósito fundamental de cualquier empresa al llevar a cabo un proyecto es alcanzar una rentabilidad satisfactoria. El control de costos se encarga de supervisar tanto los desembolsos como las valorizaciones de un proyecto en un periodo determinado, con el fin de evaluar el margen actual y futuro del mismo. Para sistemas de control de costos más avanzados, esta práctica también implica proyectar las valorizaciones y gastos totales del proyecto para estimar el margen global al término del mismo.

Diversas metodologías, etapas y procesos abarcan el control de costos, desde el registro histórico de ingresos y egresos en un departamento de contabilidad hasta la administración de metas y logros de venta y costos dentro del propio proyecto. El objetivo principal de estas herramientas de control es identificar dónde se están destinando los recursos del proyecto y anticipar si se cumplirán con todos los compromisos establecidos, además de calcular la rentabilidad esperada del proyecto.

##### **2.2.15.1. Gestión de vías**

Es la administración de la infraestructura vial, la que comprende las funciones de planificar, dirigir, coordinar, ejecutar y controlar la infraestructura vial.



## 2.3 UBICACIÓN

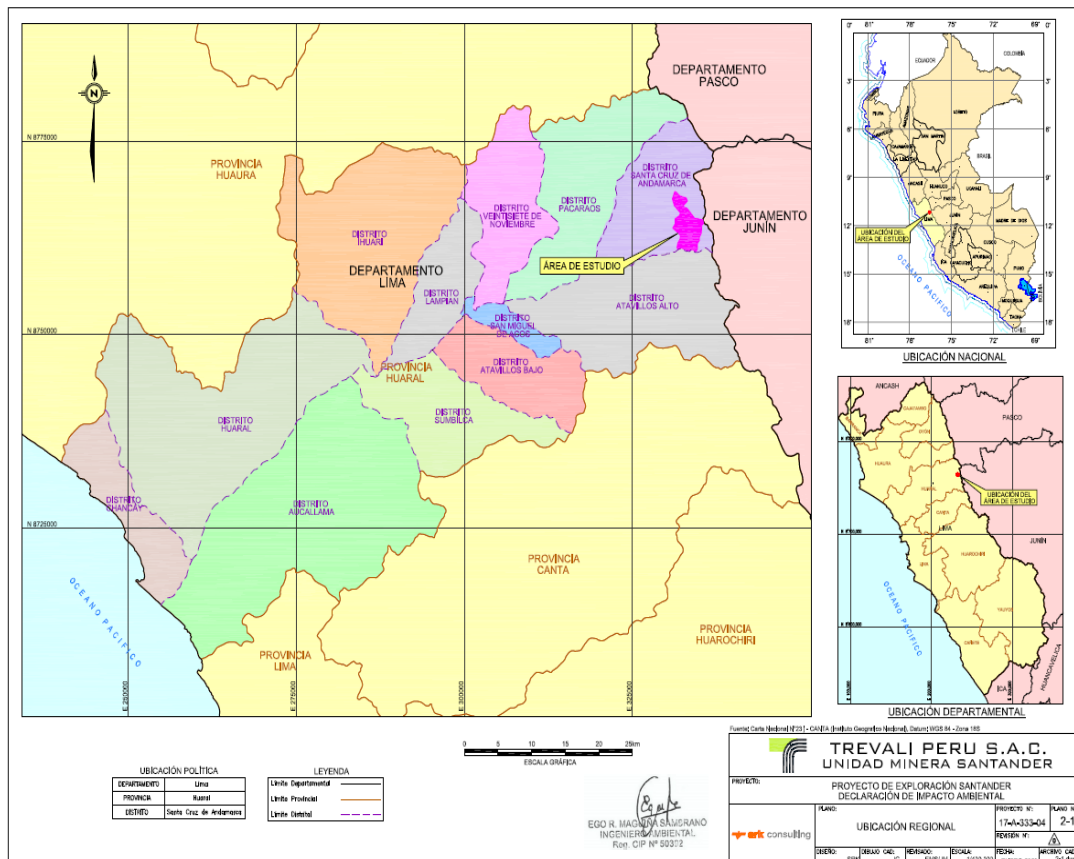
El depósito minero Santander está situado en el flanco occidental de la Cordillera Central de los Andes, en Perú. Desde una perspectiva política, se ubica en la zona de Yanacochoa, en el distrito de Santa Cruz de Andamarca, provincia de Huaral, departamento de Lima. Se encuentra aproximadamente a 200 kilómetros al noreste de la ciudad de Lima, a una altitud media de 4,650 metros sobre el nivel del mar. Sus límites están definidos por las siguientes coordenadas.

Las coordenadas UTM; Datum WGS 84, Zona 18S:

- Norte: 8347695 N
- Este: 329239 E

La Unidad Minera Santander se ubica en el distrito de Santa Cruz de Andamarca, provincia de Huaral y departamento de Lima.

Figura N° 03: Ubicación de la U.M Santander



Fuente : U.M Santander

### 2.3.1. ACCESOS

El acceso a la Unidad Minera Santander se puede realizar por tres rutas:

- ✓ Lima Canta-Santander: El recorrido se efectúa siguiendo la vía pavimentada que conecta Lima con Canta, y luego se prosigue a través del pueblo de Huaros hasta alcanzar el punto de desviación hacia Alpamarca. Desde este desvío, se continúa por un trayecto adicional de aproximadamente 15 kilómetros hasta llegar a las instalaciones de la Mina Santander.
- ✓ Lima-Huaral Tingo-Santander: El recorrido se realiza por la carretera Panamericana Norte hasta la ciudad de Huaral, donde se continúa por una vía afirmada que conduce a la Central Hidroeléctrica de Tingo, pasando por el centro poblado de Acos para luego tomar un desvío que se dirige al pueblo de Santa Cruz de Andamarca para finalmente dirigirse a la Mina Santander, atravesando en el camino el pueblo de San José de Baños.
- ✓ Lima-La Oroya-Huayllay-Alpamarca-Santander: Esta ruta se inicia en Lima, desde donde se tomara la Carretera Central hacia La Oroya para luego continuar pasando el centro poblado de Carhuamayo, hasta llegar al desvío de Cerro de Pasco que se dirige hacia Huayllay para finalmente tomar la carretera que se dirige hacia la Mina Santander pasando por Alpamarca.

**Cuadro N° 01: Accesos de llegada a la U.M Santander**

<b>Ruta</b>	<b>Nombre</b>	<b>Distancia por Carretera(km)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>
Ruta A	Lima-Canta-Santander	200	5-6
Ruta B	Lima-Huaral-Tingo-Santander	200	4-5
Ruta C	Lima-La Oroya-Huaray-Alpamarca-Santander	350	6

Fuente: EIA \_U.M Santander

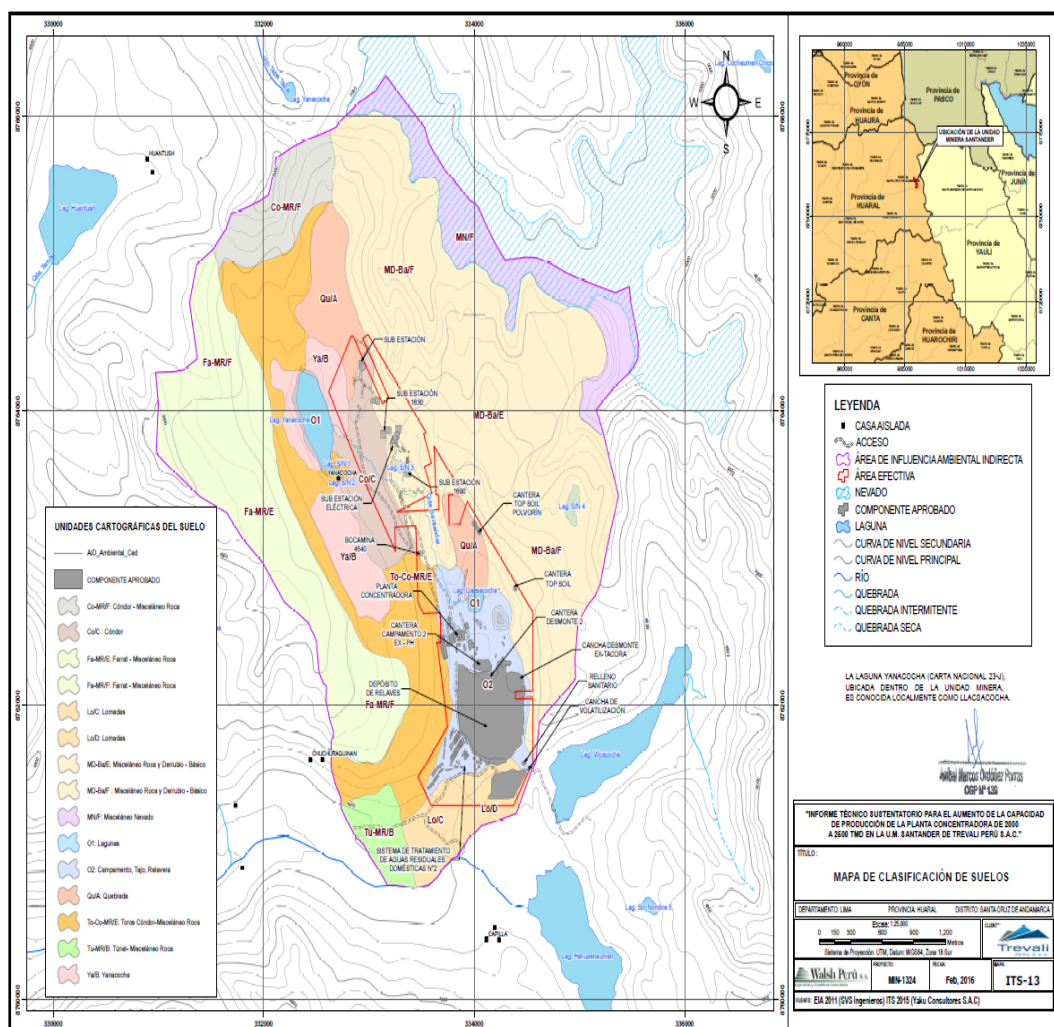
### 2.3.2. GEOLOGÍA REGIONAL

La zona donde se encuentra ubicada la Unidad Minera (UM) Santander forma parte de la región sedimentaria plegada de la cuenca cretácica que se extiende en la Cordillera Occidental de los Andes del Perú. Este fenómeno geológico se originó durante la orogenia

continental del Cretácico Superior, caracterizada por la actividad tectónica que condujo a la inversión de la geología, generando la compresión andina que resultó en la elevación de la cordillera.

El basamento geológico está compuesto por una variedad de rocas silicoclásticas y carbonatadas del Cretácico. Estas formaciones son parcialmente recubiertas por depósitos cuaternarios de origen glaciofluvial, que datan de épocas más recientes.

Figura N° 04 Tipo de yacimiento de la U.M Santander



Fuente : U.M Santander

En las cercanías del área del proyecto, a nivel regional, predominan ampliamente las rocas sedimentarias clásticas y/o calcáreas de varias formaciones geológicas, entre las que se incluyen Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz, Farrat, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo y Jumasha.

En áreas menos extendidas, localizadas hacia los sectores NE (noreste) y SW (suroeste), se pueden encontrar rocas volcánicas andesíticas pertenecientes a la Formación Calipuy. Estas formaciones geológicas abarcan un rango de edades que va desde el Cretáceo Inferior hasta el Terciario Inferior.

La estratigrafía que se observa a nivel regional sigue un orden cronológico, desde las capas más antiguas hasta las más recientes. Para una visualización detallada de esta estratigrafía, se puede consultar el Anexo 2, específicamente el Plano 3-4 de Geología regional.

- **Formación Chimú:** La Formación se manifiesta con espesores que varían entre 500 y 700 metros en anticlinales, mostrando una disposición en franjas anchas que siguen una orientación NW-SE. Desde el punto de vista litológico, esta unidad, con una antigüedad correspondiente al Cretáceo Inferior (Valanginiano), está compuesta principalmente por ortocuarcita de grano medio que ha experimentado recristalización, lo que le confiere un aspecto similar al de una cuarcita metamórfica al ser observada en muestras de mano. En las capas arcillosas transicionales que se encuentran en contacto con la formación subyacente, se pueden encontrar estratos de carbón, si bien la delimitación precisa del contacto entre ambas unidades puede resultar complicada. Estos lechos de carbón se presentan en bancos con un espesor de hasta 3 metros, caracterizados por su estratificación cruzada y fracturada. Por su naturaleza masiva, estos depósitos suelen conformar las áreas escarpadas de los cerros, contribuyendo a una topografía abrupta cuando los cerros han sido erosionados en su totalidad.
- **Formación Santa (Ki-sa):** La capa de 150 metros de grosor se exhibe en franjas estrechas con una orientación similar a las unidades litológicas mencionadas anteriormente. Esta formación se superpone a la Formación Chimú, que también data del Cretácico Inferior (Valanginiano), y está compuesta principalmente por caliza azul o gris finamente estratificada. En algunos estratos, se encuentran capas de caliza arcillosa, así como nódulos de chert aplanados y numerosos fragmentos de conchas dispersos por la formación.
- **Formación Carhuaz (Ki-ca):** Esta capa se extiende en franjas anchas con un grosor promedio de aproximadamente 600 metros y se observa en algunos núcleos de anticlinales y sinclinales que rodean a las Formaciones Chulec, Pariatambo y Farrat.

Desde el punto de vista litológico, esta unidad del Cretácico Inferior (Hauteriviano-Albiano) está compuesta principalmente por lutitas y areniscas. Como resultado de la meteorización, estas rocas presentan una coloración que varía de marrón a marrón amarillenta. En la parte media de esta formación, hay una secuencia de areniscas, y los últimos 50 metros de esta secuencia consisten en areniscas de grano fino de color rojo brillante, que sirven como un horizonte de referencia importante durante el mapeo de campo.

- **Formación Farrat (Ki-f):** La Formación Carhuaz, con espesores que oscilan entre 20 y 50 metros, se encuentra distribuida en franjas delgadas entre las Formaciones Carhuaz y Pariahuanca. Desde el punto de vista litológico, esta unidad del Cretácico Inferior (Aptiano) está compuesta por estratos de areniscas blancas, que suelen ser friables y de grano medio. En ocasiones, cuando estas areniscas se presentan de manera masiva, su espesor es mayor al promedio.
- **Formación Pariahuanca (Ki-ph):** Los afloramientos de la Formación Pariahuanca exhiben similitudes con la Formación Farrat, aunque con un espesor promedio de alrededor de 50 metros. Esta unidad litológica, del Cretácico Inferior (Albiano), se caracteriza por estar compuesta de calizas meteorizadas de tonalidad gris, mayormente masivas, y típicamente formando relieves entre las formaciones más suaves de Chulec (superior), y Farrat-Goyllarisquizga y Carhuaz (inferiores).
- **Formación Chulec (Ki-ch):** La Formación del Cretácico, perteneciente al Albiano inferior a medio, está compuesta por margas que contienen bancos de calizas de tonalidad azul grisácea, que debido a la intemperie, adquieren tonalidades amarillas y crema. En el área mineralizada, presenta un proceso de silicificación originado por una alteración hidrotermal y carbonatación. Los estratos de margas tienen un espesor aproximado de 20 metros, mientras que el de la caliza varía entre 1 y 5 metros.
- **Formación Pariatambo:** Esta unidad litoestratigráfica se sitúa de forma concordante sobre la formación Chulec, evidenciando un contacto muy definido en el terreno. Su límite superior con la formación Jumasha se caracteriza por una transición marcada, donde se observa un incremento en la alternancia de margas y calizas de tonalidades gris oscuro hacia esta unidad suprayacente.

- Desde una perspectiva estratigráfica, esta formación presenta una secuencia rítmica compuesta por calizas y lutitas margosas de color gris oscuro, con un notable olor a hidrocarburos. Geométricamente, los planos del techo y muro son paralelos entre sí, manteniendo un espesor constante y una continuidad lateral. Asimismo, debido a la influencia de procesos tectónicos, esta secuencia exhibe una estructura ondulada con cierta tendencia nodular, alternando con niveles de chert.

Además de sus características distintivas de coloración gris oscuro, fácilmente identificables en el campo, esta formación se destaca por su abundante contenido faunístico, que incluye amonites como *oxytropidoceras* sp. y *venezoliceras* sp., presentes a lo largo de toda la secuencia de la formación Pariatambo.

- **Formación Jumasha (Ks-j):** Esta formación, siendo la unidad calcárea más extensa en el centro del país, se distingue por sus afloramientos prominentes, con un espesor promedio estimado de 1,200 metros. Datada en el Cretáceo Superior (Turoniano), está compuesta principalmente por calizas de tonalidad gris claro en la superficie intemperizada y azul en fractura fresca. En su nivel inferior, se encuentran margas, lo que puede dificultar su distinción de la formación Pariatambo.
- **Volcánico Yantac (Kti-y):** Esta serie, conocida como la serie abigarrada, comprende una variedad de rocas clásticas y piroclásticas, que van desde conglomerados hasta limolitas y lutitas con una amplia gama de colores, que van desde el verde al marrón, púrpura, rosado, gris, blanco y pardo. Durante el trayecto desde la mina Alpamarca hasta la mina Santander, se pueden observar estratos de sedimentos, conglomerados de arenisca, y calizas intercaladas con lavas andesíticas y basálticas, que exhiben una coloración abigarrada distintiva, facilitando su identificación.
- **Formación Calipuy (Kti-vca):** Esta formación volcánica se localiza en los límites nororientales y suroccidentales, marcando los límites y parcialmente cubriendo las unidades plegadas del Cretácico. En esta región, su espesor no es considerable y se estima en alrededor de 500 metros. Desde el punto de vista litológico, se considera que esta unidad pertenece al Terciario Inferior, determinado por su posición en la estratigrafía y su correlación; está compuesta principalmente por lavas andesíticas y piroclastos.

### **2.3.3. GEOLOGÍA LOCAL**

La región de investigación se encuentra dentro de la región sedimentaria plegada de la cuenca cretácica ubicada en la Cordillera Occidental de los Andes peruanos. Esta configuración geológica se formó como resultado de los procesos de orogenia continental durante el período del Cretácico Superior, que incluyeron la inversión tectónica. Estos eventos de compresión tectónica fueron responsables de la formación y elevación de la cordillera andina en esta área.

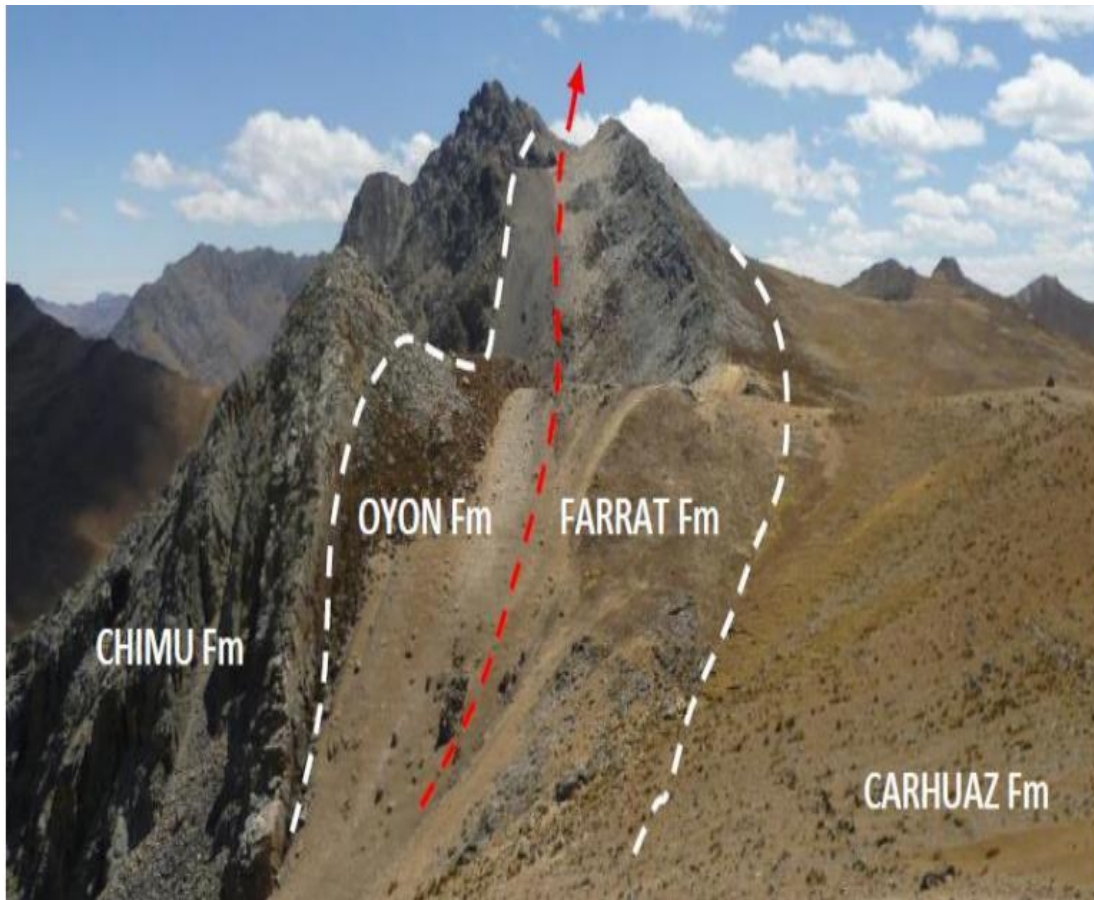
#### 2.3.3.1. Estratigrafía Local

A continuación, se describe la estratigrafía local del área del Proyecto:

##### 2.3.3.1.1 Formación Chimú (Ki-chim)

Esta formación geológica consiste en una variedad de rocas, desde areniscas hasta cuarcitas de grano medio y fino que han experimentado un proceso de recristalización. Estas rocas se presentan en estratos masivos de color blanco grisáceo, aunque también pueden encontrarse en capas delgadas o finas con tonos de gris brunáceo. La superficie de estas rocas suele mostrar una fuerte fracturación, y en su base pueden presentar capas arcillosas con restos de carbón. Los afloramientos de esta formación geológica pueden ser escarpados o moderados, dando lugar a una topografía que varía desde abrupta hasta moderada.

Foto 01. Formación Chimú



Fuente: elaboración U.M santander: Nótese la formación chimú con la formación oyon.

#### **2.3.3.1.2 Formación Santa (Ki-sa)**

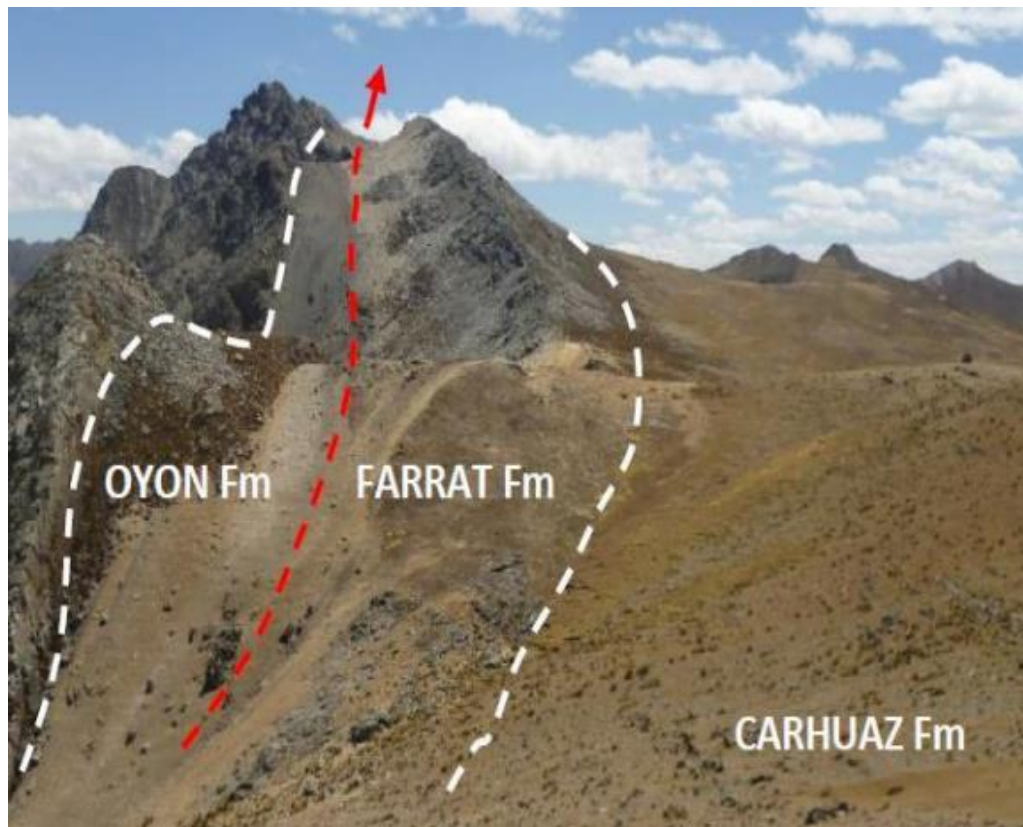
Esta formación geológica se encuentra claramente expuesta en la parte septentrional de la laguna Yanacocha, con un espesor que alcanza los 105 metros y se mantiene de manera constante. Está compuesta principalmente por calizas de tonalidad gris-azulada.

#### **2.3.3.1.3. Formación Carhuaz (Ki-ca)**

Esta formación geológica está compuesta por areniscas y lutitas de tonalidad gris. Las areniscas exhiben un color marrón amarillento y se observan como capas delgadas con una fracturación lenticular.



Foto 02. Formación Carhuaz

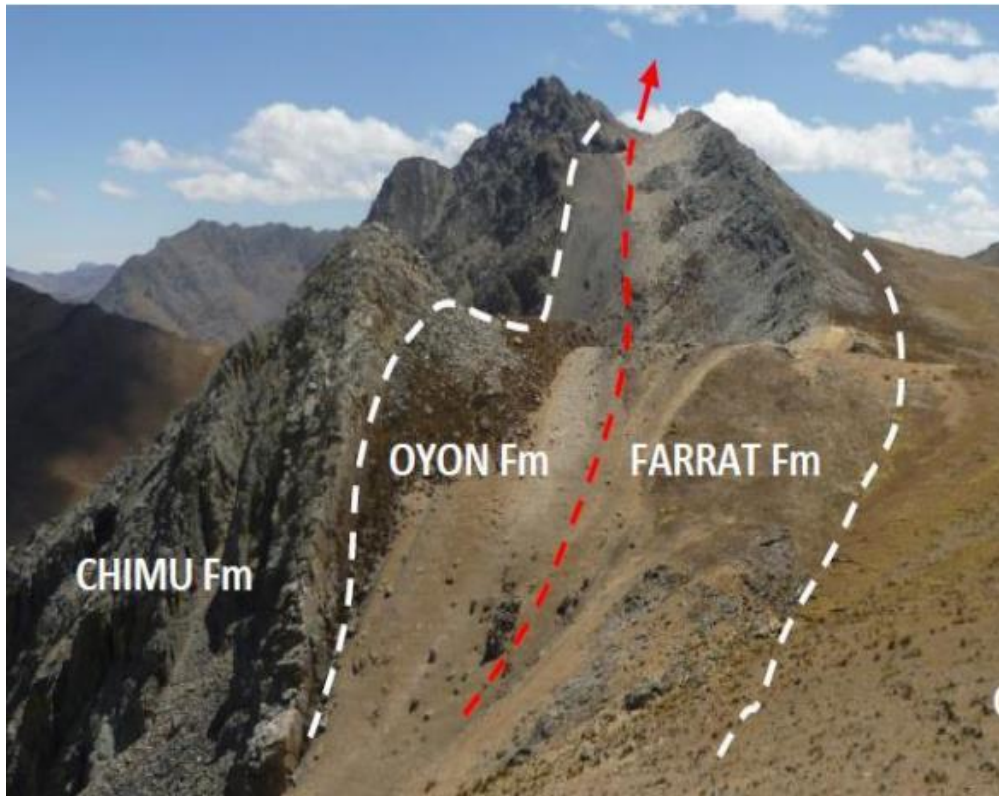


Fuente: elaboración U.M santander:

#### **2.3.3.1.4. Formación Farrat (Ki-f)**

Debido a su composición litológica y su ubicación dentro de la secuencia estratigráfica, esta unidad se identifica como parte del grupo Goyllar. Tiene un espesor de 60 metros y está compuesta principalmente por cuarcitas y areniscas de grano fino a medio.

Foto 03. Formación Farrat



Fuente: elaboración U.M Santander.

Foto 04. Secuencia estratigráfica

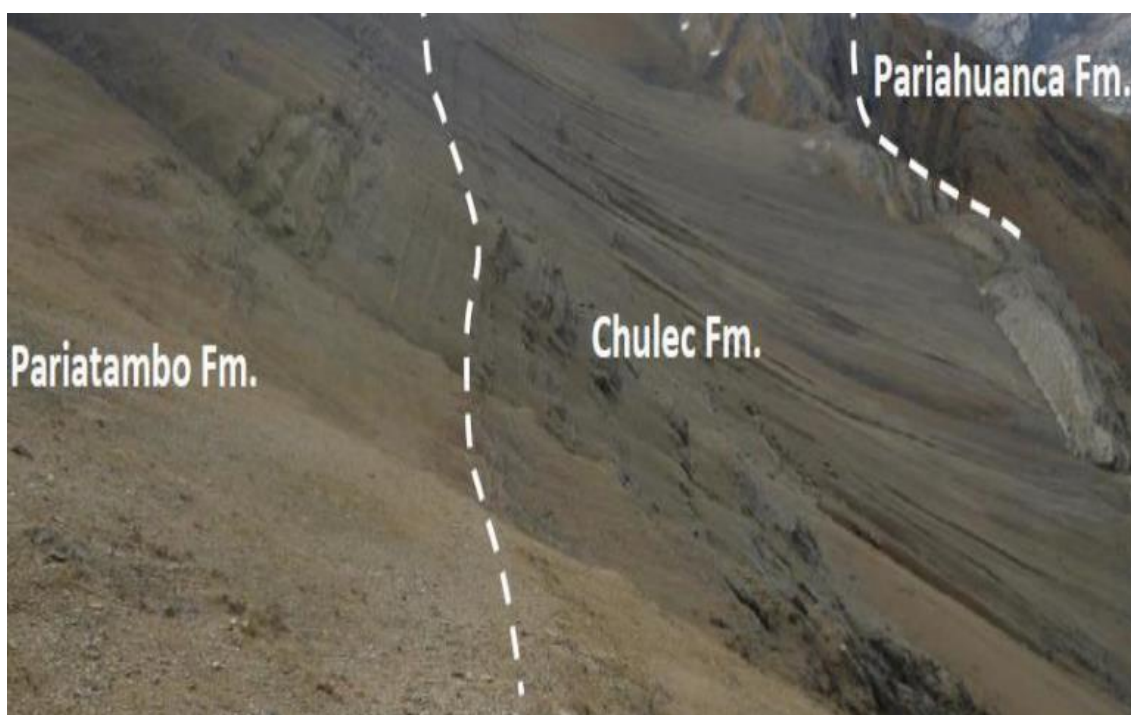


Fuente: elaboración U.M Santander. Secuencia estratigráfica de la Fm. Carhuaz (1), Fm. Farrat (2), Fm. Pariahuanca (3), Fm. Chúlec (4).

### 2.3.3.1.5 Formación Pariahuanca (Ki-ph)

En la región occidental de la mina, se encuentra esta unidad con un espesor de 280 metros. Está compuesta principalmente por calizas de textura arenácea, que debido a la exposición a la intemperie superficial, muestran un tono grisáceo amarillento. Algunas capas dentro de esta formación contienen fósiles y están silicificadas, lo que las hace más resistentes a la erosión y se destacan como muros paralelos.

Foto 05. Formación Pariahuanca



Fuente elaboración U.M Santander: Cerro Taptapa, se observa la concordancia entre las formaciones Pariatambo y Chulec. (Sector SW de la laguna Cacray).

### 2.3.3.1.6 Formación Chulec (Ki-ch)

La composición principal de esta unidad incluye margas con intercalaciones de calizas, siendo las calizas masivas de tono gris azulado y capas amarillentas las más predominantes. En el subsuelo, particularmente dentro del área mineralizada, estas calizas presentan signos de alteración hidrotermal, mostrando silicificación y carbonatación.



Foto 06. Formación Chulec



Fuente: elaboración U.M Santander.

#### 2.3.3.1.7 Formación Pariatambo (Ki-pt)

Esta formación está compuesta principalmente por calizas nodulares a tabulares, que exhiben tonalidades que van desde el gris oscuro hasta el negro, dispuestas en capas delgadas y poco competentes. En los afloramientos, se puede observar la presencia de calizas con nódulos de chert gris oscuro, situadas en contacto con las calizas de la Formación Jumasha.

Foto 07. Formación Pariatambo



Fuente: elaboración U.M Santander. Nótese el contacto entre la formación Pariatambo (1) y formación Jumasha (2).

#### 2.3.3.1.8 Formación Jumasha (Ks-j)

Es la formación más extensa dentro del área de Santander, conformada principalmente por calizas que varían en tonalidades desde gris claro hasta gris azulado. Su límite con la formación Pariatambo está marcado por material margoso. Esta formación exhibe un notable grado de plegamiento y disturbio estructural.

#### 2.3.3.1.9 Volcánico Calipuy (Kti-vca)

Esta unidad se observa en el sector norte de Santander, superpuesta de forma discordante sobre las calizas de la formación "Jumasha". Debido a su limitada extensión y distribución localizada, se interpreta como un vestigio volcánico que representa la primera fase de acumulación del material del "volcánico Calipuy" de edad terciaria.

Foto 08. Secuencia estratigráfica



Fuente: elaboración U.M Santander. Secuencia estratigráfica del volcánico Calipuy, constituidos de volcaniclásticas (1), piroclásticos (2), y lahares (3). (Sector de Contupaqui)

#### 2.3.4. Intrusivos

En la zona norte de la laguna Yanacocha, dentro del contexto de la falla Santander, se identifica un cuerpo con forma elipsoidal, con una orientación predominante en dirección NW-SE a lo largo de su eje principal. Este cuerpo corresponde a una diatrema, caracterizada por la presencia de un núcleo central compuesto por brechas volcánicas y calizas dispuestas

de manera organizada hacia los bordes laterales, adoptando una disposición cercana a la vertical. Se puede notar que los clastos dentro de este núcleo también siguen esta misma dirección. Este cuerpo principal de brechas está delimitado en sus bordes por un cuerpo intrusivo de naturaleza ácida, configurando una estructura anular.

#### **2.3.4.1 Diabasa**

En la región sur, se aprecia la presencia de un cuerpo alargado de gabro diorita porfirítica, comúnmente conocido como diabasa. Del mismo modo, en la zona occidental de este cuerpo, se distingue un conjunto de diques compuestos por brechas y dioritas, dispuestos en paralelo al eje principal del cuerpo de diatrema.

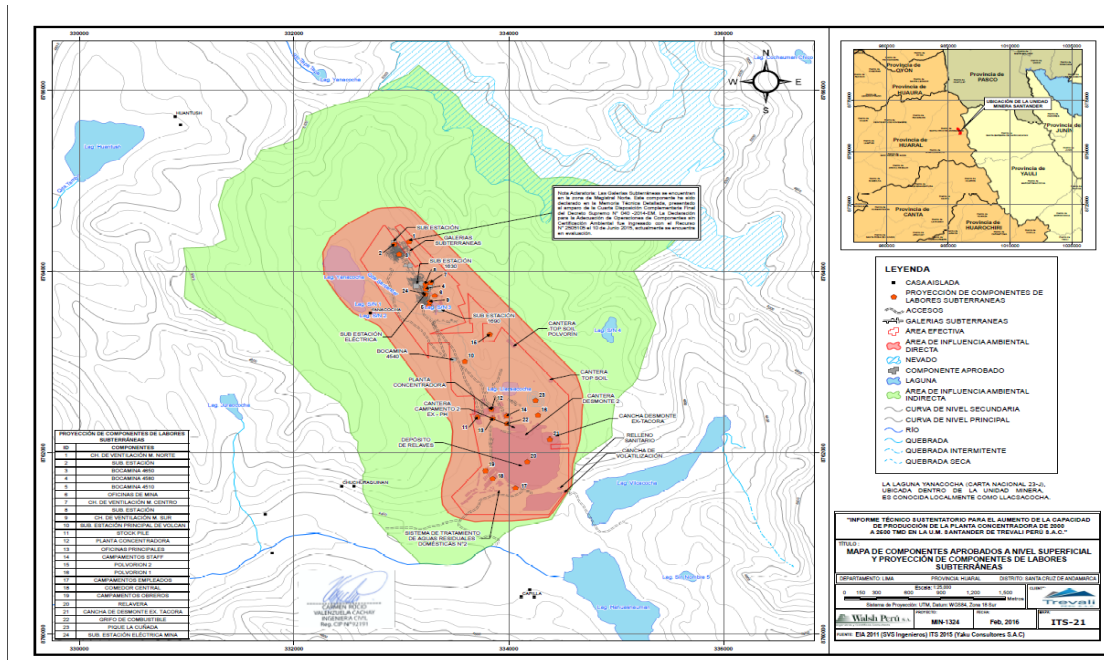
### **2.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

Las revisiones de datos y observaciones hechas durante las exploraciones de campo indican que en el área analizada se han registrado al menos tres episodios tectónicos (etapas del ciclo andino), que han provocado la formación de pliegues, fracturas, cortes y procesos magmáticos, los cuales a su vez han originado la mineralización y la creación de depósitos minerales.

Se ha observado que las formaciones principales en el área son sedimentarias, expuestas a intensas fuerzas compresivas que han resultado en un pronunciado plegamiento y fallamiento. Esto ha conducido a la formación extensiva de anticlinales y sinclinales en la región.

Las estructuras dominantes en el área se alinean de forma longitudinal con el sistema andino regional, orientándose hacia el noroeste. Las fallas más significativas identificadas en la zona de estudio son:

Figura N° 05: Zona de la geología estructural



Fuente : U.M Santander

- ✓ **Falla Regional Santander:** Esta es una falla de tipo longitudinal ubicada aproximadamente a 400 metros al oeste del yacimiento, extendiéndose con una orientación N30W. Se caracteriza por ser una falla inversa vertical con un desplazamiento vertical estimado en unos 1000 metros. Su relevancia radica en que demarca las cuarcitas de la Formación Chimú al oeste, que son de baja permeabilidad, frente a las calizas de la Formación Jumasha al este, que poseen una mayor permeabilidad y un potencial acuífero significativo.
- ✓ **Falla Magistral:** Es una falla transversal de naturaleza calcárea y tensional, situada perpendicularmente a la trayectoria predominante del flujo subterráneo y formada bajo esfuerzos compresivos. Representa una estructura mayor de ámbito regional y se encuentra en el límite entre las Formaciones Oyón y Chimú, distanciada de los depósitos minerales. La anchura de la zona afectada por la falla varía significativamente, alcanzando hasta 18 metros en su extremo sur y extendiéndose hasta 35 metros hacia el norte..

Existe un sistema adicional de fallas significativo, que se orienta transversalmente en comparación con las descritas anteriormente, con una dirección de N60°-80°E y un buzamiento de 80° al NW, y presenta un movimiento combinado sinistral-dextral. Además,

se observa un tercer sistema de fallas con una orientación NE-SW y un buzamiento que varía, localizado en el área del Proyecto.

El sistema de la Falla Santander, junto con las fallas transversales, están asociados a la mineralización en la zona. Estas estructuras han creado espacios que han facilitado el reemplazo metasomático y el llenado de fracturas y fallas con mineralización, manifestándose en formas de vetas y venillas.

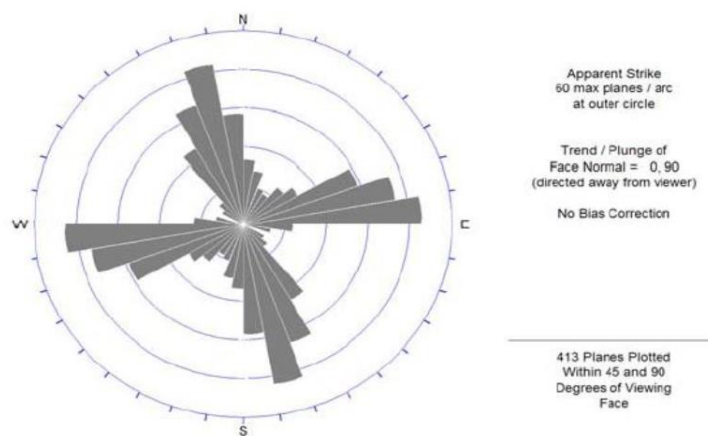
En cuanto a los plegamientos, las unidades litológicas presentes en el área de estudio son parte del flanco de un anticlinal invertido. Este anticlinal está acompañado de plegamientos menores que se alinean paralelamente a los ejes de plegamiento regional.

#### 2.4.1 Geología Local

Las características estructurales predominantes tanto a nivel regional como local se caracterizan por una tectónica típica de compresión, que incluye plegamientos y fallamientos intensos y claramente demarcados. Estos han dado lugar a la formación de sistemas de anticlinales y sinclinales, además de sobrecargas, todos alineados según la orientación andina en los estratos clásticos calcáreos.

Las observaciones realizadas durante las exploraciones de campo indican que en la región examinada se han identificado al menos tres episodios tectónicos (etapas del ciclo andino). Estos eventos han provocado plegamientos, fracturas, cortes y procesos magmáticos, culminando en la mineralización y la consecuente formación de cuerpos mineralizados.

Figura N° 06: Zona geológica local



Fuente : U.M Santander



## **2.5 YACIMIENTOS CUATERNARIOS**

Los depósitos predominantes del Cuaternario identificados en la zona incluyen materiales morrénicos y aluviales.

### **2.5.1 Deposito Morrenico**

Los depósitos morrénicos se distinguen por contener fragmentos heterogéneos que han sido sometidos a procesos de corte y erosión. Estos depósitos están compuestos principalmente de arenas, gravas y limos, y se han formado debido a la glaciación del Pleistoceno. Frecuentemente adoptan formas de crestas y son típicamente consolidados. Consisten en acumulaciones de bloques angulosos embebidos en una matriz fina con clasificación muy deficiente, y suelen ubicarse al pie de antiguos nevados.

### **2.5.2 Deposito Aluviales**

Los depósitos aluviales se caracterizan por tener clastos generalmente redondeados, aunque ocasionalmente incluyen agregados de fragmentos angulosos. Estos depósitos están compuestos principalmente de gravas, conglomerados semi-consolidados, arenas, arcillas y limos. La profundidad de estos depósitos varía ampliamente, extendiéndose desde unos pocos decímetros hasta varias decenas de metros.

### **2.5.3 Rocas Intrusivas**

En la región al oeste de la laguna Marca Chungar, se observan afloramientos de granodioritas en forma de pequeños stocks, abarcando un área de 500 metros de ancho por 600 metros de largo. Estas rocas cortan las calizas de la formación Jumasha en el lado este y hacia el oeste, limitan con la falla Chungar de sobreescurreamiento. La granodiorita, de textura granítica y grano grueso, presenta tonalidades blanco amarillentas.

Sus componentes mineralógicos principales incluyen la plagioclasa, que aparece en cristales euhedrales, y la ortosa, presente en formaciones de pertita. El cuarzo se manifiesta en cristales granulares y en algunas áreas cuarzo-ricas, se observan pequeños cristales euhedrales ácidos de plagioclasa. Entre los minerales ferromagnesianos predominantes se

encuentran la biotita, visible en cristales euhedrales de color marrón rojizo, y la hornblenda, que se presenta en prismas de tonos verde azulado o verde olivo..

## **2.6 ROCAS ÍGNEAS**

En el área de estudio, se han identificado rocas ígneas compuestas principalmente por diabasas y gabros, las cuales forman estructuras geológicas tales como diques o sills.

### **2.6.1 Diabasa**

En el sector suroeste de la zona Magistral, se ha identificado un intrusivo básico de diabasa que forma diques y sills. Los diques son relativamente cortos, mientras que los sills varían en grosor entre dos y cuatro metros. Estas estructuras intrusivas muestran un alto grado de alteración, lo que ha inducido una solidificación y recristalización parcial de las calizas circundantes. Esta actividad ígnea ocurrió antes del plegamiento de las calizas y es anterior a los eventos de mineralización en la zona Magistral, por lo que no están asociadas con la formación de minerales valiosos.

Dentro de las calizas, estas diabasas se presentan en forma de diques y sills-capas, con una textura afanítica y colores que varían de grises a verdosos. El afloramiento más notable de estos intrusivos se encuentra al suroeste de la laguna Yanacocha, donde se extiende en una forma elipsoidal elongada de dirección noroeste a sureste, cortando a las rocas de la formación Pariatambo. La composición de estas rocas incluye plagioclasa (45%), piroxenos tipo augita (40%), anfíboles (hornblenda) y minerales ferromagnesianos (biotita) sumando un 15%. Presentan una orientación similar a las calizas en las que se emplazan. Se ha notado que los diques no concordantes exhiben una leve mineralización de pirita, y los contactos mineralizados contienen trazas de galena, esfalerita y pirrotita.

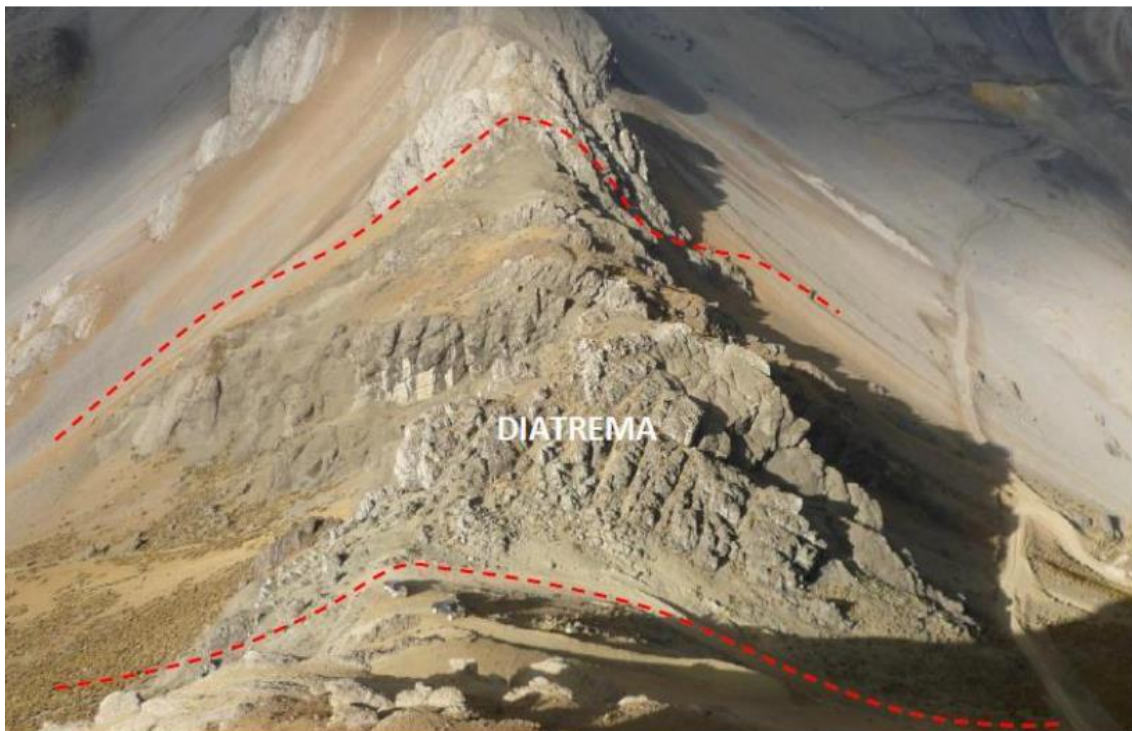
### **2.6.2 Gabro**

Al norte de la zona de mineralización de Magistral, específicamente en el sector Los Toros, se ha identificado un cuerpo intrusivo de forma elipsoidal orientado de noroeste a sureste. Este cuerpo está compuesto por brechas que incluyen materiales volcánicos y calizas, y los clastos dentro de estas brechas están alineados en la misma dirección que el cuerpo intrusivo. Este está delimitado al sur por un cuerpo intrusivo ácido y, adyacente a este, se encuentra un cuerpo alargado de gabro diorítico porfirítico. Adicionalmente, se observan diques y brechas

de diorita que se alinean paralelamente al eje mayor del cuerpo, así como ramificaciones en forma de splits y cuerpos elongados de diques de diorita.

El gabro, que intruye las formaciones volcánicas de Calipuy, se presenta con un grano muy grueso y cristales idiomórficos de plagioclasa de hasta 2 centímetros, dándole una apariencia pegmatítica y un color oscuro. Este gabro está estructurado en una malla de cristales grandes, predominantemente de anortita al 60%. Los minerales piroxenos originalmente presentes han sido reemplazados por hornblenda, la cual, en el núcleo de clinopiroxenos, se muestra en forma de agregados fibrosos de color verde azulado. En general, la roca contiene abundante epidota e ilmenita, enriqueciendo su complejidad mineralógica.

Foto 09. Cuerpo diatrema



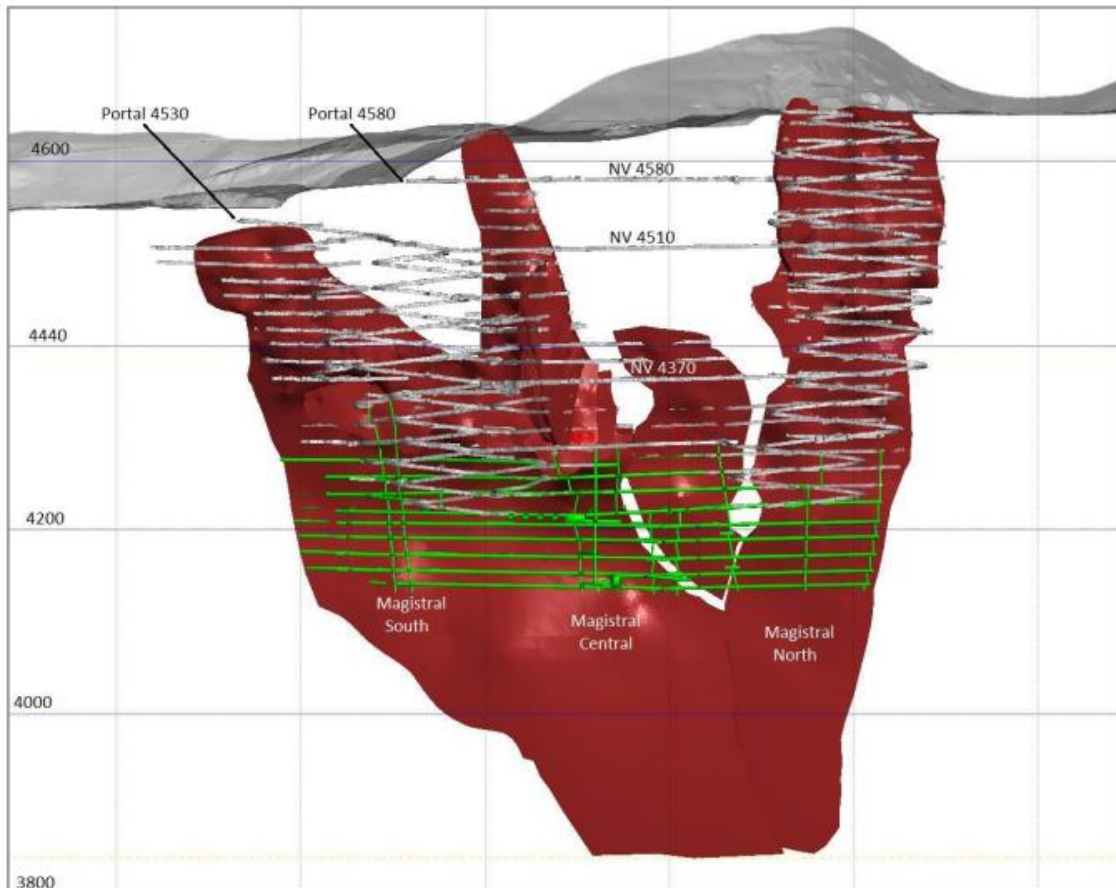
Fuente: elaboración U.M Santander: Cuerpo de diatrema al noreste de la laguna Yanacocha.

## **ESTRUCTURAS MINERALIZADAS MAGISTRAL**

La zona Magistral está situada al este de la laguna Yanacocha y se caracteriza por presentar estructuras metasomáticas con una orientación predominante de noroeste a sureste. Estos cuerpos mineralizados, de forma irregular, se han formado a lo largo del eje de un anticlinal fallado y varían en espesor desde 5.0 hasta 15.0 metros. La esfalerita (marmatita) es el

mineral más abundante en estos cuerpos, seguido por una menor cantidad de galena argentífera. La zona cuenta con tres principales cuerpos de reemplazamiento mineral, conocidos como Magistral Sur, Centro y Norte.

Figura N°07. Ubicación de los cuerpos o mantos Magistral Norte, Centro, Sur.



Fuente: unidad minera Santander

## 2.7. MINERALIZACIÓN

La mineralización se distribuye a lo largo de la base de la falla Magistral, situada dentro de las formaciones carbonatadas de Chule. Existen tres principales cuerpos mineralizados, identificados como Magistral Sur, Centro y Norte. Estos cuerpos están confinados por un sistema de fallas dextrales en los extremos norte y sur, las cuales contienen mineralización de relleno compuesta de pirita (py), galena (gn) y esfalerita (sph). La mineralización metasomática, que sigue una orientación de estratificación de norte a sur, está formada principalmente por esfalerita (marmatita), pirita, pirrotita y galena, integradas en una matriz de epidota y clorita.

## **2.8. MINERALOGÍA**

La composición mineralógica del yacimiento incluye minerales de mena y de ganga. Entre los minerales de mena, los más predominantes son la esfalerita o marmatita, la galena y la galena argentífera. Por otro lado, los minerales de ganga más significativos son el cuarzo, la pirita, la pirrotita y la calcita.

## **2.9. MINERALES DE MENA.**

Los principales minerales de mena son:

### **2.9.1. Esfalerita (marmatita) (SZn)**

La esfalerita, también conocida como blenda, es el principal mineral de zinc, compuesto principalmente de sulfuro de zinc (ZnS). Esta se presenta en su variedad marmatita, que es rica en hierro y tiene una densidad de entre 3.9 y 4.1 g/cm<sup>3</sup>. De color café oscuro y forma disseminada, la esfalerita es un mineral semiduro y pesado, constituyendo el mineral más común y crucial dentro de las estructuras mineralizadas de los cuerpos Magistral. Aparece típicamente dentro del skarn y en la periferia de los contactos con la caliza, mostrando una mineralización masiva y persistente. En el cuerpo Magistral Sur, la esfalerita se presenta en finas bandas en la interfaz con las calizas.

### **2.9.2. Galena (SPb)**

La galena es un sulfuro de plomo que exhibe un color gris plomo y una raya de color gris oscuro. Es un mineral blando, con una dureza de 2.5 en la escala de Mohs, y posee un brillo metálico. Se encuentra tanto en formas cristalinas como masivas, típicamente formando cristales cúbicos y octaédricos. Su fractura es subconcoidea y presenta un grano fino con un aspecto sacaroide. En particular, en el cuerpo Magistral Sur, donde la galena es prevalente, se asocia con teluros, lo que ha facilitado la caracterización de la presencia y distribución de plata en la mena de esfalerita. En el cuerpo Magistral, la galena forma venillas de alta ley.

### **2.9.3. Galena argentífera (SPb Ag)**

Se trata de una variedad de la galena enriquecida en plata, perteneciente a la clase de los sulfuros. Esta variedad exhibe un color gris plomo con raya oscura y brillo metálico. Es notablemente densa, con una densidad de 7.5 g/cm<sup>3</sup>, y presenta una exfoliación cúbica

perfecta, siendo una de las principales menas de plata. En las zonas superiores, su contenido de plata aumenta, siendo más marcada esta característica argentífera. En los cuerpos de Magistral Central y Norte, la galena argentífera ocurre en cristales de hasta 1 centímetro de forma masiva, acompañada de marmatita y pirrotita. La argentita, también asociada a la galena, se dispone con un zoneamiento horizontal en la periferia de la mineralización y en interfaces con las calizas.

## **2.10. MINERALES DE GANGA**

Los principales minerales de ganga están constituidos de:

### **2.10.1 -Cuarzo (SiO<sub>2</sub>).**

El cuarzo, conocido como óxido de silicio, típicamente se encuentra en formas cristalinas hexagonales o en masas cristalinas compactas. Esta variedad, el cuarzo hialino, es cristalizado, incoloro y completamente transparente, destacando como uno de los minerales más duros con una dureza de 7.0 en la escala de Mohs. Es altamente resistente a la meteorización y tiene una densidad de 2.65 g/cm<sup>3</sup>, lo que lo hace el mineral más abundante después de los feldespatos. El cuarzo se localiza en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas y es generalmente transparente blanco. Sin embargo, puede mostrar reflejos o vetas de colores rosas, rojizos y negros debido a impurezas. Presenta una fractura concoidea y su punto de fusión es superior a los 1713°C, sin exhibir alteraciones superficiales. En los cuerpos de Magistral Central y Norte, el cuarzo aparece formando venillas y ocasionalmente en drusas.

### **2.10.2.-Pirita (S<sub>2</sub> Fe).**

En los cuerpos de Magistral Sur, Central y Norte, la pirrotita se encuentra en una proporción considerable, presentándose tanto en forma finamente diseminada como en cristales bien formados. Este mineral, de fórmula  $\text{SFe}$ , se caracteriza por un brillo metálico y color amarillo de bronce oscuro, con una fractura concoidea y una raya de color gris oscuro. Comúnmente asociada con la esfalerita tipo marmatita y la galena, la pirrotita suele aparecer en forma masiva y tiene un peso específico de 4.6.

### **2.10.3. - Calcita (CO<sub>3</sub> Ca).**

Frecuentemente observado en los cuerpos Magistral Sur, Central y Norte, este mineral se presenta en formas masivas dentro de venillas o en estados friables. Se distingue por su color blanco puro, un brillo mate y una raya del mismo color blanco. Además, es común encontrarlo cristalizado, ocupando espacios en fracturas abiertas.

## **2.11. OPERACIONES DENTRO DE LA U.M SANTANDER**

Las operaciones que se realizan dentro de la minería subterránea mecanizada para la explotación de minerales polimetálicos Ag, Zn y Cu donde actualmente se sigue realizando sondeos para la ampliación y extensión de la vida minera esto este concentrado mayormente en la zona denominada Magistral sur.

El proceso operativo que se verificara es el acarreo para incrementar la producción diaria que tiene un demora operativa por el estado de vías en la rampa 4577, el estado de los cortes de energía dentro de las operaciones debido al arrendamiento de la eléctrica suministrada por la empresa VOLCAN genera el desfogue de las bombas de succión hacia las partes superiores de la mina, genera el deterioro del estado de las vías en más de un punto, en la rampa mencionada es el punto principal donde se verifica este estado.

### **2.11.1. Actividad de cierre de labores dentro de las operaciones de la U.M Santander**

Actualmente las operaciones de la U.M Santander se encuentran en cierre de las labores para ampliar los niveles superiores en dirección de la zona Magistral sur, el ciclo de acarreo implica de ida y vuelta cargado, esto implica la siguiente descripción:

Los camiones de bajo perfil tienen el tiempo de carguío tanto de ida y vuelta, esto quiere decir que cuando salen de algún punto de labor, se dirigen cargados de mineral al stock pile para luego dirigirse a la cantera de sedimento generado por la erosión de las rocas que se encuentra en la quebrada de uno de los puntos de la cordillera con referencia a magistral Norte aproximadamente a 400 mts del ingreso del lugar mencionado.

La flota que se aplica de camiones mineros es de 12 unidades quienes realizan la extracción y relleno para la utilidad y producción planificada por la compañía minera, sin embargo, el retraso que se tiene es por la falta de energía que se genera el desabastecimiento de fluido eléctrico que se tiene en varias secciones de horas en el transcurso de día, esto se refleja en

el mal estado de vías que se encuentra al momento de no tener fluido eléctrico dentro de la operación.

Incrementando el ciclo de acarreo por el mal estado de vías que se generan en la rampa principal del ingreso de Magistral Norte, esta implicación no solo es en el factor de producción si no también en la confiabilidad del equipo.

Estos equipos son inundados y comprometidos en el sistema de escape y tracción, el sistema de cubo de transmisión que tienen es también comprometido y desgastado con las constantes interacciones de fluidos de agua por este sistema por lo que este sistema tiene un aditivo especial para no ser interferido por la presencia de agua, al momento de serlo este va generando desgaste masivo en este accesorio, para luego quedar inoperativo, esta inoperatividad genera aún más en la producción al tener una unidad menos para el movimiento masivo de material tanto estéril y mineral.

Es por eso que no solo pasar por estos puntos con presencia de agua que alcanza los 60 – 80 cm de desborde agua con un caudal de 100 lts/hr deteriora la vía, así mismo dificulta la visibilidad que en su mayor parte existen la presencia del macizo rocoso con presencia filosa que genera también la inoperatividad de equipo por corte de la banda de rodamiento y en algunos casos existe el corte del flanco del neumático haciendo ya no renovable el uso de este neumático.

### **2.11.2. PRODUCCIÓN DIARIA**

La producción que se genera diariamente es por el número de viajes siendo en relación directamente proporcional, mientras más viajes se tiene mayor es el tonelaje transportado tanto de mineral y desmonte como se sabe la planta concentradora tiene la capacidad de acumulación de un total de 2000 a 2500 TMD, es por eso que el acopio de material tiene distintos puntos de acopio para tener el blending de material según la ley correspondiente al mineral que necesite procesar la planta.

### **2.11.3. RECURSOS**

El modelo geológico de los cuerpos mineralizados está basado en la creación del wireframe que compila las secciones topográficas interpretadas a partir de sondajes diamantinos y contorneos del cuerpo.



Luego de digitalizadas, las secciones son unidas por un sólido (wireframe), que son composadas con los sondajes a fin de realizar los ajustes necesarios, de manera que el modelo geológico represente los contornos económicos y lo que lo rodea. De esta forma en general, se ha construido un modelo geológico para cada zona mineralizada

#### **2.11.4. DISEÑO DE MINA**

La construcción de la infraestructura de la mina considera como aspectos principales la Seguridad, Operatividad y Productividad. La mina está definida por 3 cuerpos mineralizados MN, MC y MS. Al inicio de la operación se construyeron 3 rampas para cada cuerpo, de sección 5.0 x 4.0 m, además se tiene chimeneas principales para la ventilación, chimeneas auxiliares de servicios (energía, agua, aire comprimido). Actualmente, solo se proyecta avanzar una sola rampa principal (Rp4005), las demás rampas ya culminaron.

## **CAPITULO III**

### **III. EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE VÍAS DE ACARREO DE LA UNIDAD MINERA SANTANDER**

#### **3.1. Operaciones dentro de la U.M Santander**

Las operaciones que se realizan dentro de la minería subterránea mecanizada para la explotación de minerales polimetálicos Ag, Zn y Cu donde actualmente se sigue realizando sondeos para la ampliación y extensión de la vida minera este concentrado mayormente en la zona denominada Magistral sur.

El proceso operativo que se verificara es el acarreo para incrementar la producción diaria que tiene un demora operativa por el estado de vías en la rampa 4577, el estado de los cortes de energía dentro de las operaciones debido al arrendamiento de la eléctrica suministrada por la empresa VOLCAN genera el desfogue de las bombas de succión hacia las partes superiores de la mina, genera el deterioro del estado de las vías en más de un punto, en la rampa mencionada es el punto principal donde se verifica este estado.

##### **3.1.1. Actividad de cierre de labores dentro de las operaciones de la U.M Santander**

Actualmente las operaciones de la U.M Santander se encuentran en cierre de las labores para ampliar los niveles superiores en dirección de la zona Magistral sur, el ciclo de acarreo implica de ida y vuelta cargado, por lo que se realiza la siguiente descripción:

Los camiones de acarreo tienen el tiempo 55 min de carguío y acarreo tanto de ida y vuelta, esto quiere decir que cuando salen de algún punto de labor, se dirigen cargados de mineral al “stock pile” para luego dirigirse a la cantera de sedimento generado por la erosión de las

rocas que se encuentra en la quebrada de uno de los puntos de la cordillera con referencia a magistral Norte aproximadamente a 400 mts del ingreso del lugar mencionado.

La flota de camiones de acarreo de la Unidad Minera Santander es de 12 unidades quienes realizan la extracción y relleno para la utilidad y producción planificada por la compañía minera; sin embargo, se observado que existe retrasos en el acarreo debido a mal estado de las vías de acarreo por presencia de encharcamiento de agua; reflejándose en la baja productividad de los camiones de acarreo.

Así mismo incrementando el tiempo del ciclo de acarreo por el mal estado de vías que se generan en la rampa principal del ingreso de Magistral Norte, este efecto no es solamente en la baja productividad, sino también en la baja confiabilidad de los camiones de acarreo.

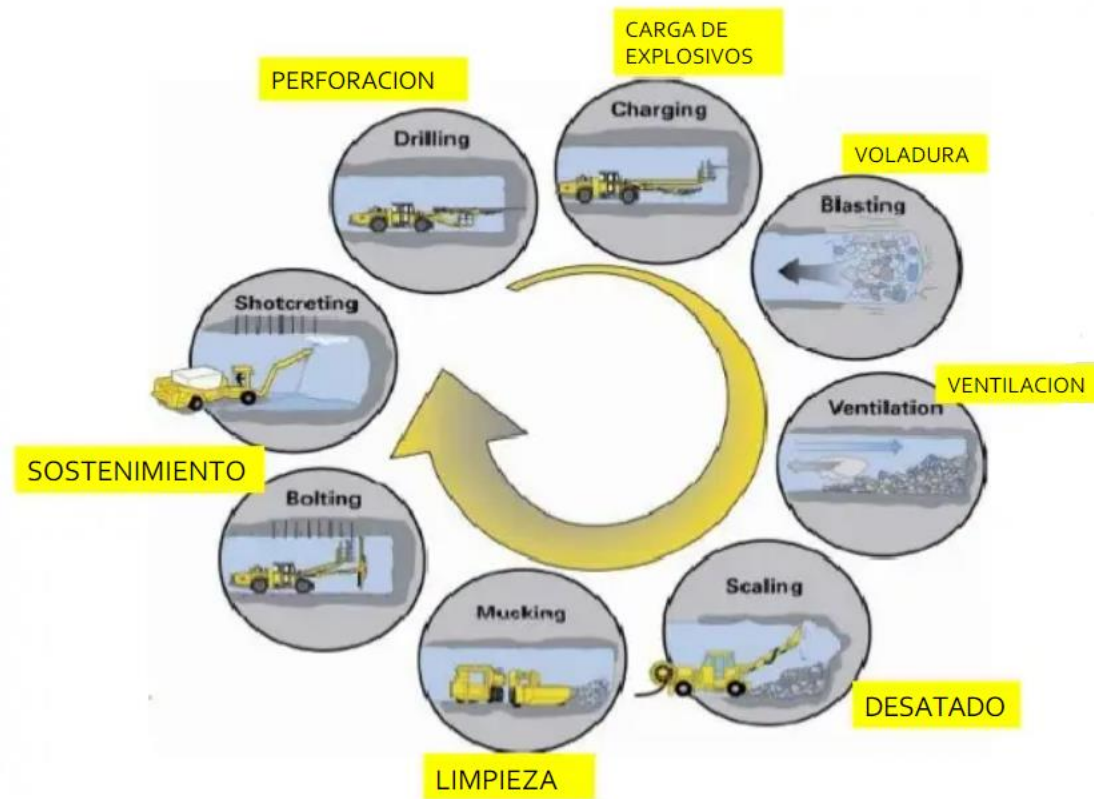
Las vías de acarreo tienen presencia de agua que alcanza los 60 a 80 cm de desborde agua con un caudal de 100 lts/hr aproximadamente que deteriora la vía, así mismo dificulta la visibilidad que en su mayor parte existen la presencia del macizo rocoso con presencia filosa que genera también la inoperatividad de equipo por corte de la banda de rodamiento y en algunos casos existe el corte del flanco del neumático haciendo que ya no sea renovable el uso de este neumático.

Los camiones de acarreo son inundados y comprometidos en el sistema de escape y tracción, el sistema de cubo de transmisión que tienen es también comprometido y desgastado con las constantes interacciones de fluidos de agua por este sistema por lo que este sistema tiene un aditivo especial para no ser interferido por la presencia de agua, al momento de serlo este va generando desgaste masivo en este accesorio, para luego quedar inoperativo, esta inoperatividad genera aún más la baja productividad de los camiones acarreo, al tener una unidad menos para el movimiento masivo de material tanto estéril y mineral.

### **3.1.2. Operaciones Unitarias**

Las operaciones que se realizan dentro de la U.M Santander son realizados por los procesos de perforación, voladura, ventilación, desatado, limpieza - carguío, acarreo y chancadora, en este proceso enfatizaremos en los procesos de carguío y acarreo los que implican realizar la investigación para mejorar la productividad.

Figura N° 08: Ciclo de minado subterráneo



Fuente: Exsa

### 3.1.2.1. Carguío de material

El carguío de los tajeos se realiza con el equipo Scoop CAT R1600H de capacidad de 5.5 Yd3, cuyo equipo se encuentra automatizado a base de un control remoto con respecto a resguardar la integridad del operador, siendo este sistema con una distancia de 50 mts para tener versatilidad para ingresar al frente de carguío.

Así mismo el tamaño de los equipos dependen de la altura del banco con relación a la velocidad de carguío y maniobra que se necesita, lo cual va ligado a la capacidad de equipos de acarreo tanto en capacidad, distancia y costos.

La velocidad en el carguío depende de los siguientes factores:

- Altura de banco
- Densidad de roca
- Granulometría de la voladura
- Tamaño del cucharón

- Tamaño de tolva del volquete
- Espacio de zona de carguío
- Experiencia del operador.

### **Características de CAT R1600H**

**Potencia del motor** - Motor VR - ISO 14396:2002 202 kW

**Carrera** - 140 mm

**Capacidad de carga útil nominal** : 10200 kg

**Peso bruto de la máquina** 44204 kg

**Fuerza de arranque - Inclinación (ISO)** 17928 kg

**Fuerza de arranque - elevación (ISO)** 19202 kg

**Masa de funcionamiento\*** 30150 kg

### **Transmisión:**

1. <sup>a</sup> marcha de avance	4.5 km/h
2. <sup>a</sup> marcha de avance	9 km/h
3. <sup>a</sup> marcha de avance	16.8 km/h
4. <sup>a</sup> marcha de avance	27.5 km/h
1. <sup>a</sup> marcha atrás	5 km/h
2. <sup>a</sup> marcha atrás	11 km/h
3. <sup>a</sup> marcha atrás	19 km/h
4. <sup>a</sup> marcha atrás	29.3 km/h

### **Capacidades de llenado de servicio**

Cárter del motor: con filtro	34 l
Transmisión	47 l
Depósito hidráulico	125 l
Sistema de refrigeración	61 l
Diferencial delantero y mandos finales	80 l
Diferencial trasero y mandos finales	80 l
Depósito de combustible	400 l
Depósito de combustible secundario - Si está equipado	330 l

*FOTO 10: Equipo de carguío CAT R1600H*



Fuente: Propia

### *3.1.2.2. Acarreo de material*

El tamaño de los camiones de acarreo depende de la velocidad de extracción requerida, los costos de operación, distancias de acarreo, etc.

En el ciclo de acarreo, el factor determinante es la velocidad de los camiones que viene influenciado del estado de vías como es lo que se verifica en la presente investigación; es por eso que los siguientes factores son:

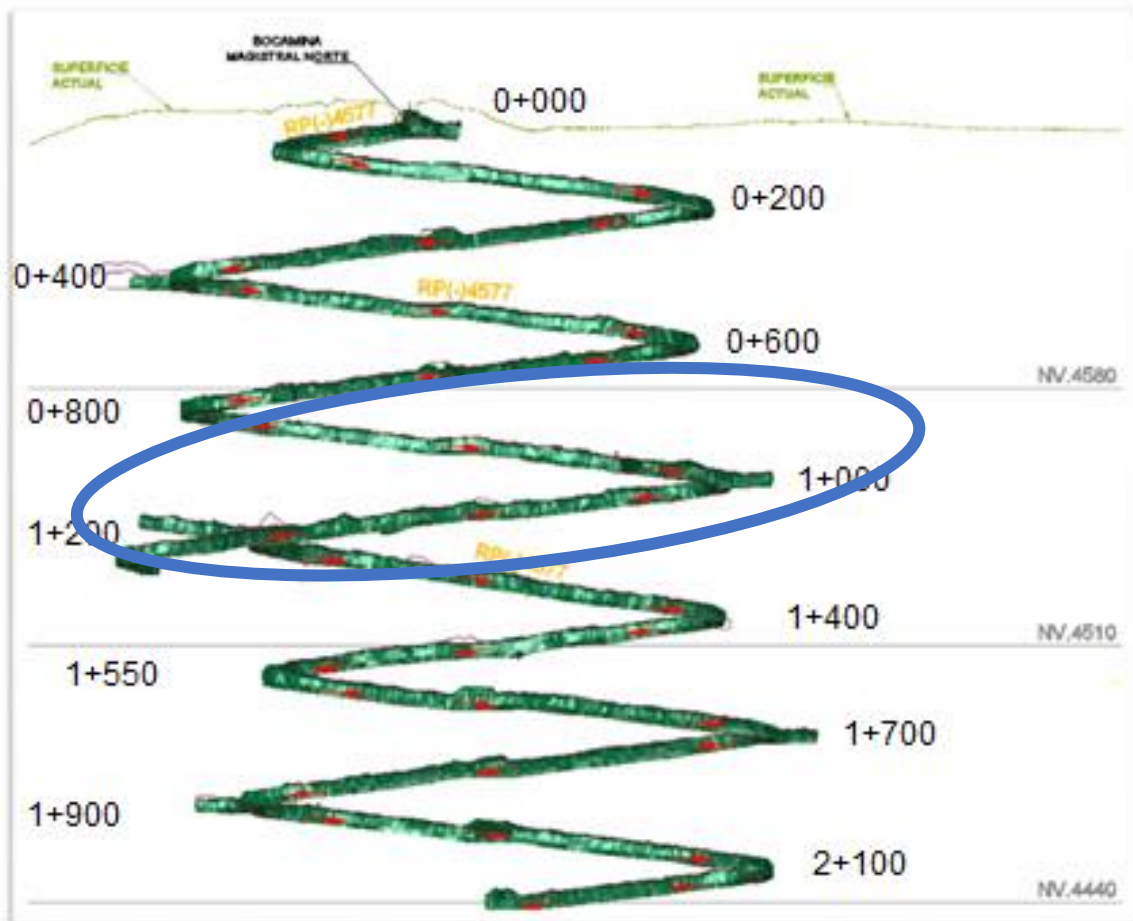
- Tipo de camión
- Distancia de acarreo
- Pendiente en las vías
- Velocidades máximas

### **3.2. Estado de vías de acarreo antes de la intervención.**

La vía evaluarse es la de la Rampa (-) 4577, que comienza desde la bocamina Magistral Norte, donde se ha verificado que el la progresiva 0+800.00 a la progresiva 1+200.00, el estado de esta vía se encuentra deteriorada por el desfogue de agua con el caudal extraído en los niveles freáticos genera el desborde de agua en las vías mineras.

Actualmente este acceso es la mejor alternativa elegida por el Área de Planeamiento de la Mina para mejorar el ciclo de acarreo reduciendo el tiempo de transporte de material tanto mineral y desmante.

*Figura N° 09: Progresivas de vía de acarreo deteriorada*



Fuente: Unidad Minera Santander - Propia

Los transportes del material se realizan por la Rampa (-) 4577 para tener mayor alternativa de mejora en el ciclo de acarreo y reducir el tiempo de transporte de material tanto mineral y desmante, en la siguiente imagen si visualiza la zona donde la vía está deteriorada en un tramo de 400 metros.

*Foto 11: Progresiva 0+905.0, se verifica el empozamiento del agua*



Fuente: Propia

*Foto 12: Progresiva 1+120.0, se puede ver el deterioro de la vía*



Fuente: Propia

Se debe intervenir con la conformación de la plataforma de rodadura de la rampa, como la construcción de las cunetas de drenaje, para que la vía de acarreo este en buenas condiciones.



### **3.2.1. Evaluación del ciclo de acarreo antes de intervenir la gestión de vías**

#### ***3.2.1.1. Distancia de acarreo:***

Para la evaluación del ciclo de acarreo tenemos en cuenta que la longitud de la Rampa (-) 4577 es de 5.30 km aproximadamente desde el lugar del carguío hasta la bocamina más la longitud de transporte de bocamina a las pilas de mineral y de desmonte, que es de 3.50 km aproximadamente haciendo una distancia total de 8.8 km, es que con esta data se realizan los cálculos del ciclo de acarreo.

#### ***3.2.1.2. Pendiente de las vías:***

Las pendientes de la Rampa (-) 4577 es del máximo del 12%, lo cual facilita la circulación con las velocidades adecuadas para el transporte y acarreo.

#### ***3.2.1.3. Velocidades máximas***

El tiempo estimado de acarreo de los camiones cargado es de 35.40 min y el tiempo de retorno vacío es de 21.12 min aproximadamente, haciendo un total de 57.0 min el ciclo de acarreo por camión.

De los datos obtenidos en la evaluación se puede calcular la velocidad promedio tanto del acarreo de ida y de vuelta:

#### **Velocidad de Ida Cargado:**

$$v_i = \frac{8.8 \text{ km}}{35.40 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}}$$
$$v_i = 15 \text{ km/hr}$$

#### **Velocidad de Vuelta Vacío:**

$$v_i = \frac{8.8 \text{ km}}{21.12 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}}$$
$$v_i = 25 \text{ km/hr}$$

### 3.2.1.4. Tipo de camión de acarreo

Los camiones de acarreo que se utilizan dentro de la zona Magistral Norte son los VOLVO FM 440, que transportan aproximadamente 25 toneladas de material que tienen las siguientes características:

Tabla 2: Características del Volvo FM 440

Descripción	Característica
Marca	VOLVO
Modelo	FM 440
Motor	440 hp
Configuración	8 x 4
Combustible	Diésel
Tolva	25Tn

Fuente: Elaboración propia

#### **Caja de velocidades:**

**Sistema:** I-Shift con soft HD

**Marchas:** 12 Velocidades (14,94:1 - 1:1)

**Opcional:** I-Shift de 14 marchas, 12 + 2 super reducidas (32,04:1 / 19,38:1)

#### **Chasis:**

**Material:** Acero especial LNE60 de alta resistencia y bajo peso, con refuerzo interno.

**Altura:** 300 mm / Ala: 90 mm

**Espesor + refuerzo:** 9 + 5 mm

**Gancho delantero para remolque** de 32 Ton.

#### **Tanques de combustible:**

**Tipo:** Rectangular plástico.

**Capacidad:** 400 lts (entre ejes 4.350 mm)

**Aditivo SCR:** Capacidad 32 lts

*Foto 33: Camión Volvo FM 440*



Fuente: Referencial Volvo

### **3.3. Disponibilidad de los camiones de acarreo antes de la gestión de vías.**

Para la disponibilidad mecánica de los camiones de acarreo se ha considerado realizar la evaluación en el periodo del 01 de agosto hasta el 15 de agosto del mismo año, antes de la intervención del mantenimiento y gestión de la vía de acarreo en la rampa (-) 4577, de lo que se tiene los siguientes resultados

*Tabla 3: Disponibilidad mecánica de camiones de acarreo periodo 01-15 de agosto*

<b>Fechas</b>	<b>VOL -1</b>	<b>VOL -2</b>	<b>VOL -3</b>	<b>VOL -4</b>	<b>VOL -5</b>	<b>VOL -6</b>	<b>VOL -7</b>	<b>VOL -8</b>	<b>VOL -9</b>	<b>VOL -10</b>	<b>VOL -11</b>	<b>VOL -12</b>
1-Ago	85.60	77.89	85.00	85.44	79.99	85.00	81.39	81.94	80.56	80.97	88.75	80.83
2-Ago	81.30	83.55	86.26	87.44	81.55	79.33	17.55	19.85	84.72	44.72	80.83	87.50
3-Ago	85.00	81.02	86.53	81.53	47.00	82.00	80.97	81.53	89.58	45.28	81.81	80.56
4-Ago	73.95	80.33	81.25	79.88	85.00	85.77	88.47	89.31	88.06	87.08	87.50	86.81
5-Ago	80.22	81.99	81.11	88.89	77.33	81.39	81.53	81.53	81.53	84.72	87.36	88.19
6-Ago	89.63	78.19	80.83	80.56	85.28	81.07	81.94	81.39	80.28	79.72	86.81	80.97
7-Ago	87.26	88.66	89.72	89.31	81.81	81.28	76.39	73.61	87.78	86.81	89.44	86.11
8-Ago	61.30	87.89	76.67	80.73	88.06	81.47	82.36	80.83	76.11	75.14	0.00	81.94
9-Ago	80.55	46.28	87.64	80.00	89.44	89.99	85.14	81.53	80.14	64.17	85.14	80.83
10-Ago	74.23	79.99	89.44	80.56	75.14	85.28	87.78	46.53	86.94	61.11	63.47	0.00
11-Ago	87.99	73.22	73.75	89.17	84.86	78.33	84.58	89.86	84.31	84.17	83.19	87.78
12-Ago	85.62	81.57	88.47	84.03	88.61	47.36	89.25	74.25	80.28	84.86	86.39	85.00
13-Ago	89.17	89.77	81.53	89.58	87.36	0.00	85.97	87.78	89.58	77.22	87.50	91.67
14-Ago	83.46	88.27	63.75	70.45	74.44	84.03	64.17	72.64	70.25	31.25	83.89	86.11
15-Ago	85.12	85.49	69.72	85.14	0.00	85.42	89.58	81.11	22.14	81.94	91.39	87.92

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 4: Resumen promedio de disponibilidad mecánica de los camiones de acarreo*

<b>VOL-1</b>	82.03
<b>VOL-2</b>	80.27
<b>VOL-3</b>	81.44
<b>VOL-4</b>	83.51
<b>VOL-5</b>	75.06
<b>VOL-6</b>	75.18
<b>VOL-7</b>	78.47
<b>VOL-8</b>	74.91
<b>VOL-9</b>	78.82
<b>VOL-10</b>	71.28
<b>VOL-11</b>	78.90
<b>VOL-12</b>	79.48

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se verifica que las disponibilidades mecánicas de los camiones de acarreo oscilan entre los 71% al 83%, lo que hace notar que no está dentro lo recomendado, por lo que la productividad de cada camión de acarreo está por debajo del 90% de la disponibilidad recomendada; por lo que se debe mejorar esta disponibilidad con el mejoramiento de las vías de acarreo de la zona Magistral Norte de la Rampa (-) 4577.

### **3.4. Productividad de los camiones de acarreo antes de la gestión de vías.**

La productividad diaria de cada camión de acarreo es calculada de acuerdo a la jornada de trabajo que son de 12 horas diarias, teniendo en cuenta que se tiene 01 hora de descanso, haciendo un total de 11 horas efectivas de trabajo. Obteniendo los siguientes resultados:

#### **3.4.1. Número de viajes por camión de acarreo:**

El número de viajes de cada camión de acarreo está dado por las horas efectivas de trabajo entre el tiempo del ciclo de acarreo por viaje.

$$\# \text{ viajes} = \frac{\text{Horas efectivas de trabajo}}{\text{horas por ciclo de acarreo}}$$

$$\# \text{ viajes} = \frac{11 \text{ hr}}{0.942 \text{ hr/viaje}}$$

$$\# \text{ viajes} = 11.6 \text{ viajes}$$

$$\# \text{ viajes} = \mathbf{11 \text{ viajes}}$$

#### **3.4.2. Productividad de flota de camiones de acarreo**

La productividad de la flota de camiones de acarreo, está dada por 12 camiones de acarreo Volvo FM 440, que cada uno de estos acarrean 25 toneladas de material ya sea mineral o desmonte transportados hasta las pilas; por lo que se calcula la productividad diaria de la flota de camiones de acarreo-

##### ***3.4.2.1. Número de viajes por flota:***

$$\text{Total de viajes de flota} = \text{Numero de camiones} * \text{Numero de ciclo de acarreo}$$

$$\text{Total de viajes de flota} = 12 \text{ und} * 11 \text{ viajes/und}$$

$$\text{Total de viajes de flota} = \mathbf{132 \text{ viajes}}$$

##### ***3.4.2.2. Tonelaje total por flota de camiones de acarreo***

$$\text{Tonelaje total de flota} = \text{Total de viajes de flota} * \text{Tonelaje por camion}$$

$$\text{Tonelaje total de flota} = 132 \text{ viajes} * 25 \text{ tn/viaje}$$

$$\text{Tonelaje total de flota} = \mathbf{3,300 \text{ toneladas}}$$

Las toneladas transportadas antes de la gestión de vías de acarreo son de 3,300 tn por día, se debe tener en cuenta que las toneladas planificadas por la Empresa para el transporte de material con la flota deben de ser de 4,400 tn, existiendo una baja productividad de 25%.

$$Productividad = \frac{\text{Tonelaje por flota/Tonelaje}}{\text{Tonelaje Programado}}$$

$$Productividad = \frac{3,300}{4,400}$$

$$Productividad = 75\%$$

### 3.5. Confiabilidad de la flota de camiones de acarreo antes de la gestión de vías.

Se entiende que la confiabilidad de la flota de los camiones de acarreo está relacionada por el mantenimiento de estos y por la probabilidad de la falla que se pueda tener en algunos de sus componentes, en el tiempo del que debe estar operativo durante la guardia.

El cálculo de la confiabilidad de la flota de los camiones de acarreo fue realizado por el área de mantenimiento de la Empresa, de lo que se tiene los siguiente:

*Tabla 5: Confiabilidad de los camiones de acarreo antes de la gestión de vías.*

<b>Camión</b>	<b>Confiabilidad (%)</b>	<b>Probabilidad de Falla (%)</b>
<b>VOL-1</b>	10.52	89.48
<b>VOL-2</b>	11.2	88.8
<b>VOL-3</b>	9.52	90.48
<b>VOL-4</b>	13.5	86.5
<b>VOL-5</b>	12.4	87.6
<b>VOL-6</b>	10.8	89.2
<b>VOL-7</b>	12.3	87.7
<b>VOL-8</b>	11.85	88.15
<b>VOL-9</b>	14.65	85.35
<b>VOL-10</b>	13.41	86.59
<b>VOL-11</b>	12.98	87.02
<b>VOL-12</b>	14.62	85.38

Fuente: Área de Mantenimiento de Santander

El promedio de confiabilidad de la flota de camiones de acarreo es del 12.31%, siendo esta un porcentaje muy bajo de confiabilidad, por lo que se espera mejorar la confiabilidad de estos para reducir la probabilidad de falla de los equipos.

### **3.6. Gestión de vías de acarreo.**

La empresa Santander ha decidido mejorar la productividad de su flota de camiones de acarreo, para lo cual se prevé la mejora de la gestión de vías de acarreo entre las progresivas 0+800 al 1+200 de la bocamina Magistral Norte de la rampa (-) 4577N, gestionando con el mantenimiento de la vía en un total de 400 metros.

La sección de la rampa (-) 4577N es de 4.5m x 4.5m, por lo que se tiene una base de la rampa de 4.5 m.

#### **3.6.1. Cálculo de área de vía a intervenir**

$$\textit{Area a intervenir} = \textit{Ancho de Base} * \textit{Longitud de via por intervenir}$$

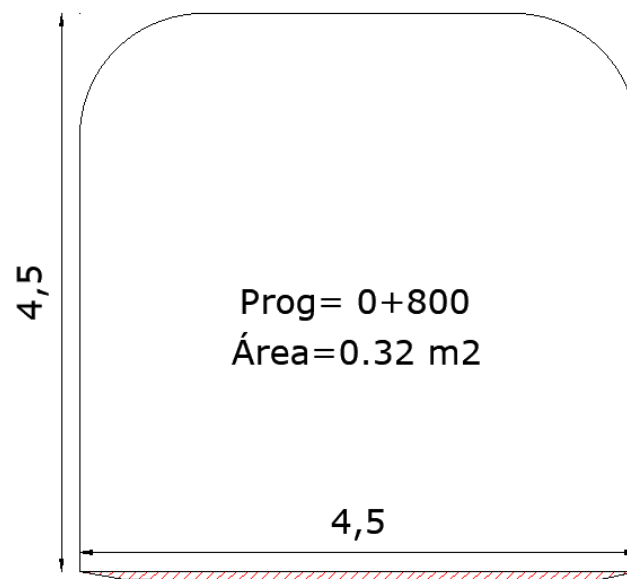
$$\textit{Area a intervenir} = 4.5 \textit{ m} * 400 \textit{ m}$$

$$\textit{Area a intervenir} = \mathbf{1,800 \textit{ m}^2}$$

#### **3.6.2. Secciones según progresiva a intervenir**

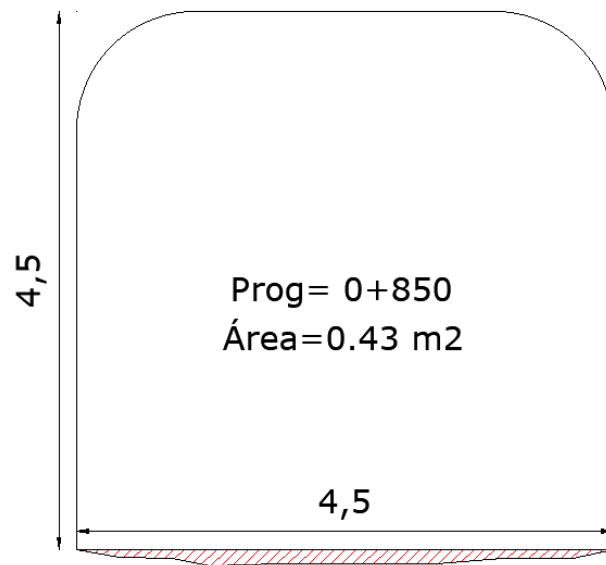
El área de topografía de la empresa realizó el levantamiento topográfico para calcular el volumen total de material de lastre para rellenar a la vía, para mantener la pendiente adecuada con la plataforma de rodadura perfilada.

Figura 10; Progresiva y área de 0+800



Fuente: Área de Topografía

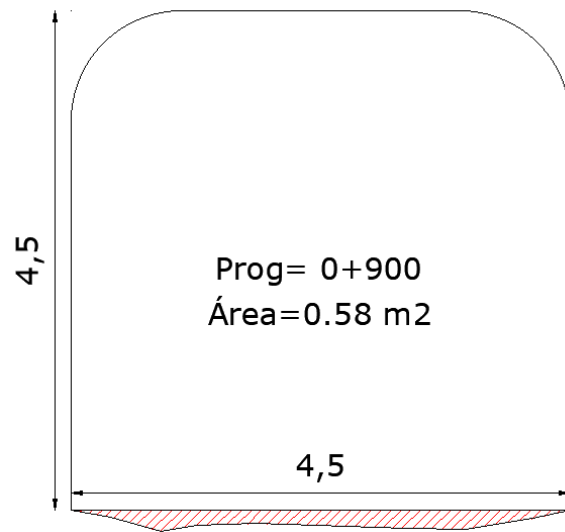
Figura 11: Progresiva y área de 0+850



Fuente: Área de Topografía

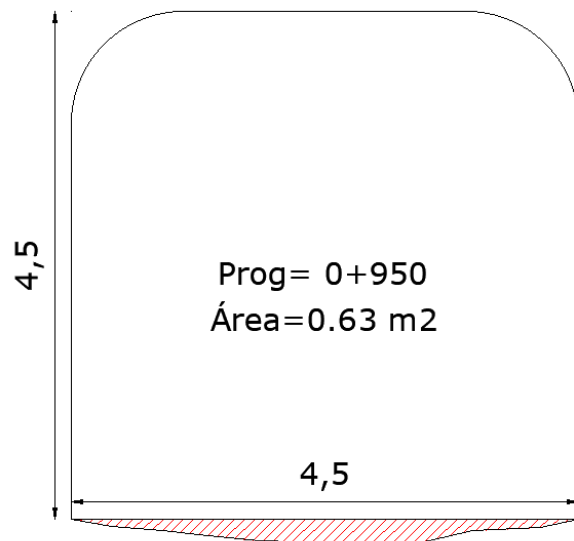


Figura 42: Progresiva y área de 0+900



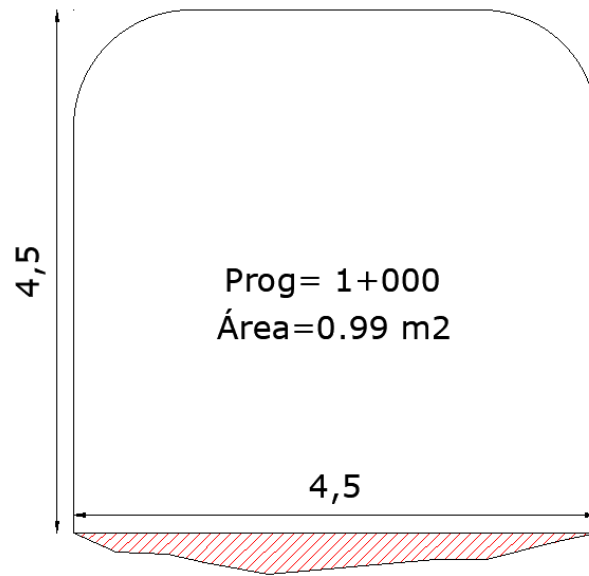
Fuente: Área de Topografía

Figura 135: Progresiva y área de 0+950



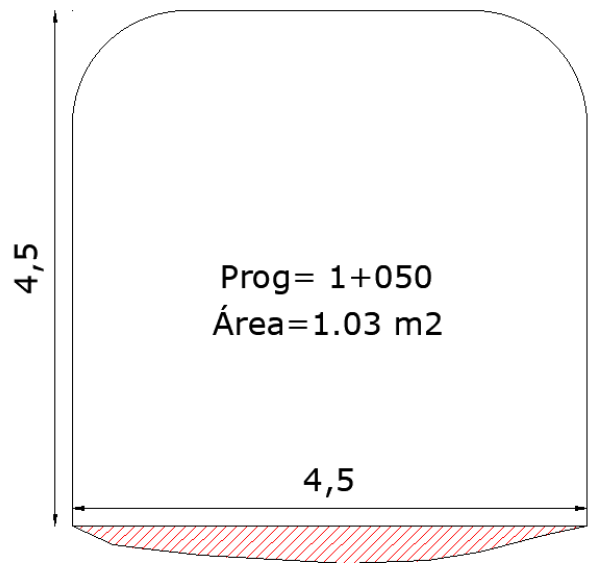
Fuente: Área de Topografía

Figura 6: Progresiva y área de 1+000



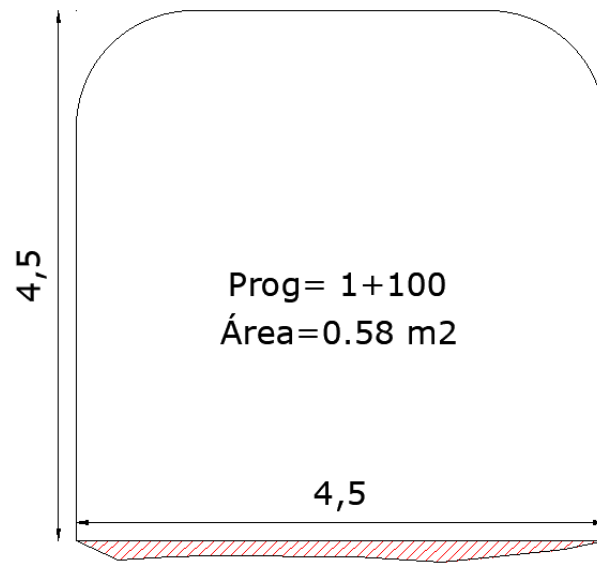
Fuente: Área de Topografía

Figura 15 Progresiva y área de 1+050



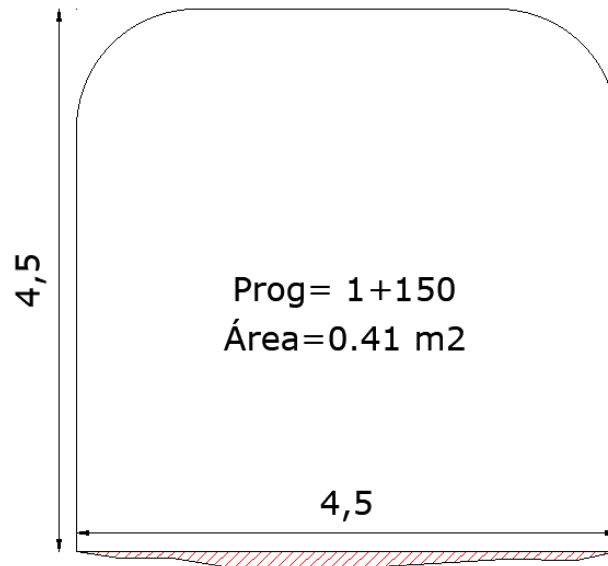
Fuente: Área de Topografía

Figura 76: Progresiva y área de 1+100



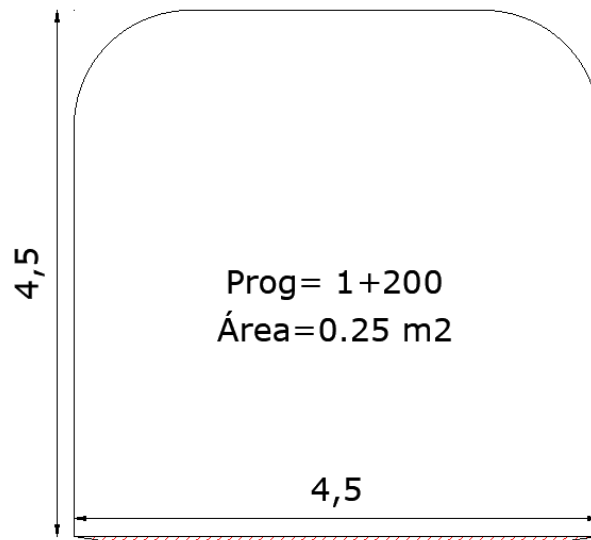
Fuente: Área de Topografía

Figura 17: Progresiva y área de 1+150



Fuente: Área de Topografía

Figura 18 Progresiva y área de 1+200



Fuente: Área de Topografía

### 3.6.3. Calculo de volumen de material de relleno

De acuerdo al levantamiento topográfico, se desarrolla el cálculo del volumen de relleno que debe tener el tramo 0+800 al 1+200, que se resumen en el siguiente cuadro teniendo un total de 261 m<sup>3</sup> de relleno, realizado por el área de topografía de la empresa.

Tabla 6: Volumen de relleno de la vía

Progresiva	Área	Volumen
0+800	0.32	16.00
0+850	0.43	21.50
0+900	0.58	29.00
0+950	0.63	31.50
1+000	0.99	49.50
1+050	1.03	51.50
1+100	0.58	29.00
1+150	0.41	20.50
1+200	0.25	12.50
Total Volumen		261.00

Fuente: Área de Topografía

### **3.6.4. Equipos auxiliares de bajo perfil para el mantenimiento de vía**

Para el mantenimiento de la vía del tramo 0+800 al 1+200 se utilizó equipos de bajo perfil de línea amarilla, como son, motoniveladora 120k, rodillo vibratorio liso de 10 tn,

#### ***3.6.4.1. Motoniveladora CAT 120 K (bajo perfil)***

Este equipo es utilizado para el lastrado de material, nivelación de vías, peralte de caída, construcción de cunetas para el desfogue del agua freática.

El mantenimiento de vías que realiza la motoniveladora es por todo el ciclo de acarreo desde el punto de carguío de la labor hasta la boca mina, siendo solo puntual en interior mina y múltiple en todo punto es por eso que no se da abastecimiento en el lugar más crítico como el que se mencionó para dar continuidad en el transporte de material que es la necesidad prioritaria por las toneladas faltantes por esta eventualidad.

#### ***3.6.4.2. Rodillo liso vibrador CAT CS11GC (bajo perfil)***

Este equipo es utilizado para la compactación del material rellenado y esparcido por la motoniveladora, para que la vía de acarreo tenga la consistencia y la durabilidad requerida.

#### ***3.6.4.3. Proceso de mantenimiento de vía de acarreo***

##### ***3.6.4.3.1. Limpieza de plataforma de acarreo***

Consiste en la remoción de todo material extraño de la plataforma, con herramientas manuales y equipos, de tal manera que permanezca libre de basuras y demás objetos que caigan y/o sean arrojados en ella.

Ejecutar los trabajos diariamente, dando especial prioridad durante el período mayor avenida de agua de drenaje, en las vías donde se produce caída de piedras. Inspeccionar permanentemente el estado de limpieza de la plataforma.

##### ***3.6.4.3.2. Relleno y bacheo de la vía de acarreo***

Consiste en reparar, con equipo liviano y/o manual, pequeñas áreas deterioradas y zonas blandas del afirmado, con material de cantera o de préstamo. Teniendo como objetivo tapar, rellenar baches, pozos, depresiones, e irregularidades, que presenten peligro para la circulación del tránsito, así como evitar que se acelere el deterioro de la capa de afirmado.

*Foto 14: Relleno de vía de acarreo con material*



Fuente: Propia

#### 3.6.4.3.3. Obras de drenaje

Consiste en reconformar con herramientas manuales y equipos, la sección transversal y la pendiente longitudinal de las cunetas no revestidas, cuando presenten signos de deterioro y erosión que dificulten ó impidan el libre flujo del agua.

Mantener las obras de drenaje trabajando con eficiencia, permitiendo que el agua fluya libremente y evitando estancamientos de agua perjudiciales para la vía.

*Foto 15: Esparcimiento de relleno dentro de la vía*



Fuente: Propia

*Foto 16 : Verificación de los trabajos de relleno*



Fuente: Propia

#### **3.6.4.4. Costo del mantenimiento de vía.**

El costo de mantenimiento consta del lastrado de la vía en una longitud de 400 m, lo que genera un costo en la implementación de esta se detalla a continuación:

- El transporte del material de relleno para el tramo 0+800 al 1+200 según la Empresa tiene un costo unitario de 11.69 \$/tn.
- El costo unitario del material de relleno tiene un costo de 1.40 \$/tn
- El costo unitario de equipo de bajo perfil de línea amarilla es del 1,008 \$/día
- El peso específico del material de relleno es de 1.6 tn/m<sup>3</sup>

Si tenemos un volumen de material de 261 m<sup>3</sup> para rellenar, tendríamos el costo de:

$$\text{Costo de Relleno} = 1.40 \text{ \$/tn} * 261 \text{ m}^3 * 1.6 \text{ tn/m}^3$$

$$\text{Costo de Relleno} = \mathbf{584.64 \$}$$

El costo por transporte del material para el relleno sería:

$$\text{Costo de Transporte} = 11.69 \text{ \$/tn} * 261 \text{ m}^3 * 1.6 \text{ tn/m}^3$$

$$\text{Costo de Transporte} = \mathbf{4,881.74 \$}$$

El costo por utilización de los equipos de bajo perfil de línea amarilla que son la motoniveladora y el rodillo que se utilizaran durante 5 días, sería:

$$\text{Costo de equipos auxiliares} = 1,008 \text{ \$/día} * 5 \text{ días}$$

$$\text{Costo de equipos auxiliares} = \mathbf{5,040 \$}$$

Es así que el costo total por el mantenimiento de la vía de acarreo de la progresiva 0+800 al 1+200, es:

$$\text{Costo total de mantenimiento de vía} = C. \text{Relleno} + C. \text{Transporte} + C. \text{Equipos}$$

$$\text{Costo total de mantenimiento de vía} = 584.64\$ + 4,881.74\$ + 5,040.00\$$$

$$\text{Costo total de mantenimiento de vía} = \mathbf{10,506.38 \$}$$



Este costo es asumido por la Empresa para mejorar la productividad de los camiones de acarreo.

## CAPITULO IV:

### IV. RESULTADOS DE LA GESTIÓN DE VÍAS DE ACARREO EN LA RAMPA (-) 4577N

Una vez realizado el mantenimiento de la vía de acarreo de la Zona Magistral Norte en su Rampa (-) 4577N de su progresiva 0+800 al 1+200, en 400 metros se ha obtenido mejores resultados en la plataforma de rodadura, así como se muestra en la imagen:

*Foto 17: Mejoramiento de la plataforma de la rampa (-) 4577 – progresiva 1+000*



Fuente: Propio

#### 4.1. Disponibilidad de camiones de acarreo luego del mantenimiento de vías

La disponibilidad de los camiones de acarreo luego del mantenimiento de la vía, obtuvieron los siguientes resultados de fecha del 16 de agosto al 30 de agosto 2022:

*Tabla 7: Disponibilidad mecánica de camiones de acarreo periodo 16-30 de agosto*

Fechas	VOL-1	VOL-2	VOL-3	VOL-4	VOL-5	VOL-6	VOL-7	VOL-8	VOL-9	VOL-10	VOL-11	VOL-12
16-Ago	91	95.47	89.31	88.19	87.78	91.67	89.17	87.22	93.14	89.31	91.5	85.42
17-Ago	93.2	96.37	90.28	90.69	90.56	90.56	90.97	90.97	85	80.28	91.39	90.42
18-Ago	75	96.92	76.94	91.67	90.18	91	90.28	89.58	95	88.33	86.81	88.75
19-Ago	95.44	94.73	91.11	91.94	90.69	89.33	89.17	86.11	91	90.42	87.5	83.19
20-Ago	93.28	94.47	91.39	90.97	90.28	90.28	95.14	98.19	90.28	91.81	89.17	94.72
21-Ago	91.99	91.92	91.81	93.19	89.44	91	91.67	91.67	88.19	91.67	91.81	90.28
22-Ago	96.74	95	86.25	91.67	90.97	95.48	92.78	87.64	89.99	90.97	89.5	88.89
23-Ago	90.25	93.29	90.69	92.08	96.94	87.41	91.67	87.64	94.2	82.36	88.49	90.28
24-Ago	91.25	96.28	91.81	93.75	86.67	95	85.56	96.25	92	91.11	92.19	90.28
25-Ago	95.73	89.18	86.53	93.33	90.14	89	85.14	95.28	91.22	86.39	88.2	90.28
26-Ago	90.47	93.77	89.86	87.22	87.36	89.14	87.08	87.92	90.88	87.5	84.19	90.42
27-Ago	95.63	87.17	88.75	87.78	91.53	87.56	93.33	95.56	87.25	83.89	85.66	85.69
28-Ago	92.94	88.99	95.14	95.83	91.08	89.33	90.69	88.06	91	89.47	87.41	89.03
29-Ago	95.44	89.74	87.64	95.28	88.47	90.09	95	90.44	89.47	89	83.39	90.69
30-Ago	96.36	91.03	87.5	95	90.48	90.28	85	92	89.47	87.48	89.74	87.08

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 8: Resumen promedio de disponibilidad mecánica de los camiones de acarreo*

<b>VOL-1</b>	92.31
<b>VOL-2</b>	92.96
<b>VOL-3</b>	89.00
<b>VOL-4</b>	91.91
<b>VOL-5</b>	90.17
<b>VOL-6</b>	90.48
<b>VOL-7</b>	90.18
<b>VOL-8</b>	90.97
<b>VOL-9</b>	90.54
<b>VOL-10</b>	88.00
<b>VOL-11</b>	88.46
<b>VOL-12</b>	89.03

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se verifica que las disponibilidades mecánicas de los camiones de acarreo oscilan entre los 88% al 93% aproximadamente, de lo que se puede verificar que ha mejorado la disponibilidad mecánica superando la disponibilidad del 90% recomendado.

#### **4.2. Productividad luego de los camiones de acarreo luego del mantenimiento de vías**

La productividad diaria de cada camión de acarreo es calculada con 12 horas diarias, teniendo en cuenta que se tiene 01 hora de descanso, haciendo un total de 11 horas efectivas de trabajo. Obteniendo los siguientes resultados:

##### **4.2.1. Número de viajes por camión de acarreo:**

El número de viajes de cada camión de acarreo está dado por las horas efectivas de trabajo entre el tiempo del ciclo de acarreo por viaje.

$$\# \text{ viajes} = \frac{\text{Horas efectivas de trabajo}}{\text{horas por ciclo de acarreo}}$$

$$\# \text{ viajes} = \frac{11 \text{ hr}}{0.80 \text{ hr/viaje}}$$

$$\# \text{ viajes} = 13.75 \text{ viajes}$$

$$\# \text{ viajes} = \mathbf{14 \text{ viajes}}$$

##### **4.2.2. Productividad de flota de camiones de acarreo después del mantenimiento de vías**

La productividad de la flota de camiones de acarreo, está dada por 12 camiones de acarreo Volvo FM 440, que cada uno de estos acarrean 25 toneladas de material ya sea mineral o desmonte transportados hasta las pilas; por lo que se calcula la productividad diaria de la flota de camiones de acarreo-

###### **4.2.2.1. Número de viajes por flota:**

$$\text{Total de viajes de flota} = \text{Numero de camiones} * \text{Numero de ciclo de acarreo}$$

$$\text{Total de viajes de flota} = 12 \text{ und} * 14 \text{ viajes/und}$$

$$\text{Total de viajes de flota} = \mathbf{168 \text{ viajes}}$$

#### **4.2.2.2. Tonelaje total por flota de camiones de acarreo**

*Tonelaje total de flota = Total de viajes de flota \* Tonelaje por camion*

*Tonelaje total de flota = 168 viajes \* 25 tn/viaje*

***Tonelaje total de flota = 4,200 toneladas***

Las toneladas transportadas 99 después de la gestión de vías de acarreo son de 4,200 tn por día, se debe tener en cuenta que las toneladas planificadas por la Empresa para el transporte de material con la flota deben de ser de 4,400 tn, existiendo una mejora en la productividad de 95.50%.

$$Productividad = \frac{Tonelaje\ por\ flota / Tonelaje}{Tonelaje\ Programado}$$

$$Productividad = \frac{4,200}{4,400}$$

$$Productividad = 95.50\%$$

#### **4.3. Confiabilidad de la flota de camiones de acarreo después del manteniendo de las vías.**

Se ha determinado una mejora en la confiabilidad de los camiones de acarreo luego de realizar el manteniendo de las vías de acarreo en la progresiva 0+800 al 1+200, que fue determinada por el área de manteniendo de equipos de la Empresa, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 9: Confiabilidad de los camiones de acarreo después de la gestión de vías.

<b>Camión</b>	<b>Confiabilidad (%)</b>	<b>Probabilidad de Falla (%)</b>
<b>VOL-1</b>	23.65	76.35
<b>VOL-2</b>	25.41	74.59
<b>VOL-3</b>	22.3	77.7
<b>VOL-4</b>	23.2	76.8
<b>VOL-5</b>	25.31	74.69
<b>VOL-6</b>	24.3	75.7
<b>VOL-7</b>	26.1	73.9
<b>VOL-8</b>	20.1	79.9
<b>VOL-9</b>	22.69	77.31
<b>VOL-10</b>	25.15	74.85
<b>VOL-11</b>	28.11	71.89
<b>VOL-12</b>	27.12	72.88

Fuente: Área de Mantenimiento de Santander

El promedio de confiabilidad de la flota de camiones de acarreo es del 24.45%, siendo esta un porcentaje de confiabilidad considerable, así mismo el 75.55% es la probabilidad de falla en los equipos, por lo que se considera una mejora en del 12.14 % en la confiabilidad.

#### **4.4. Costo del mantenimiento diario de la vía de acarreo de la Rampa (-) 4577N**

Este mantenimiento permitirá la fluidez del acarreo de estos puntos para no incrementar el tiempo de acarreo para mejorar el número de viajes como se tiene la flota considerable de camiones se necesita tener un equipo adicional para dar mejoras en este punto.

##### **Costos fijos:**

- Costo Operativo de la motoniveladora = \$ 52.68
- Costo Operativo de Tractor de Orugas = \$ 71.51
- Horas mínimas / Guardia = 6
- Horas de contrato / mes = 180 horas

##### **4.4.1. Costo mensual de la Motoniveladora**

$$\text{Costo / mes} = 180 * 52.68$$

$$\text{Costo / mes} = \$ 9,482.40$$

#### 4.4.2. Costo mensual del Tractor

$$\text{Costo / mes} = 180 * 71.51$$

$$\text{Costo / mes} = \$ 12,871.80$$

#### 4.4.3. Implementación de los equipos auxiliares en la progresivas

$$\text{Total} = 9,482.40 + 12,871.80$$

$$\text{Total} = \$ 22,354.20$$

La implementación del mantenimiento del total de la vía de acarreo de la Rampa (-) 4577N de la Zona Magistral Norte, tendrá un costo mensual que vendrían hacer en dólares; un total de \$ 22,354.20.

#### 4.5. Comparación de resultados con la implementación de la gestión de vías de acarreo.

##### 4.5.1. Comparación de resultados de la confiabilidad de camiones de acarreo.

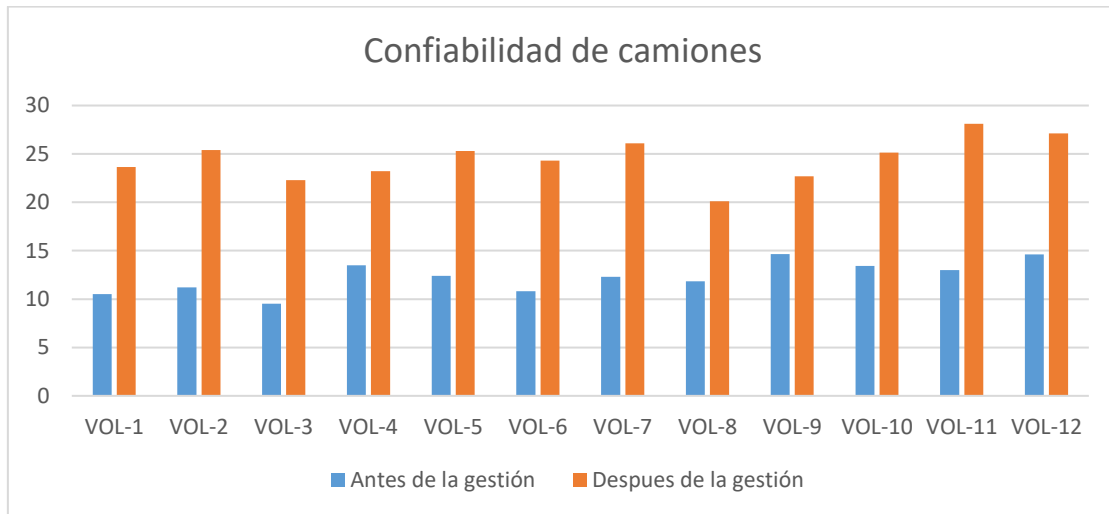
Se ha desarrollado la comparación de la confiabilidad de los camiones de acarreo antes de la gestión de las vías y después de la gestión de vías, por lo que se obtuvieron los resultados siguientes:

*Tabla 10: Comparación de los resultados de la confiabilidad de camiones de acarreo*

<b>Camión</b>	<b>Antes de la gestión</b>	<b>Después de la gestión</b>
<b>VOL-1</b>	10.52	23.65
<b>VOL-2</b>	11.2	25.41
<b>VOL-3</b>	9.52	22.3
<b>VOL-4</b>	13.5	23.2
<b>VOL-5</b>	12.4	25.31
<b>VOL-6</b>	10.8	24.3
<b>VOL-7</b>	12.3	26.1
<b>VOL-8</b>	11.85	20.1
<b>VOL-9</b>	14.65	22.69
<b>VOL-10</b>	13.41	25.15
<b>VOL-11</b>	12.98	28.11
<b>VOL-12</b>	14.62	27.12

Fuente: Elaboración propia

*Gráfico 01: Comportamiento de los resultados de confiabilidad de los camiones de acarreo*



Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la confiabilidad se ha desarrollado el promedio de estas para tener una mayor precisión de la diferencia:

*Tabla 11: Comparación de confiabilidad de la gestión de vías*

	<b>Antes de la gestión</b>	<b>Después de la gestión</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Confiabilidad</b>	12.31	24.45	12.14

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos la confiabilidad se ha incrementado en un 12.14%, lo que se interpreta en una mejora en la confianza en la probabilidad de fallas de los camiones de acarreo.

#### **4.5.2. Comparación de resultados de disponibilidad de camiones de acarreo**

Se ha desarrollado la comparación de la disponibilidad de los camiones de acarreo antes de la gestión de las vías y después de las vías, por lo que se obtuvieron los resultados siguientes:

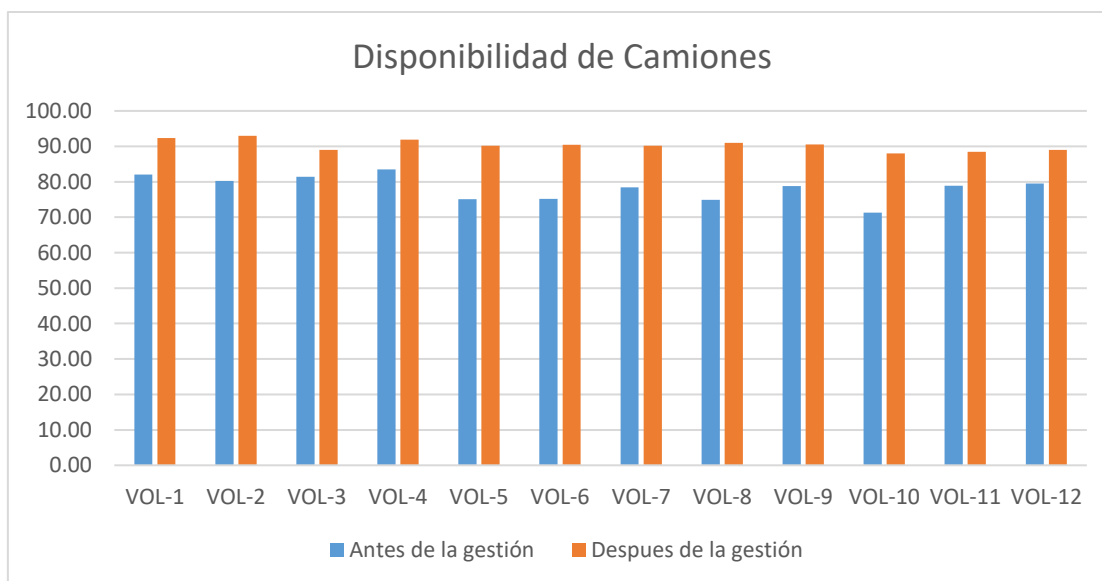
*Tabla 12: Comparación de los resultados de la disponibilidad de camiones de acarreo*



Camión	Antes de la gestión	Después de la gestión
VOL-1	82.03	92.31
VOL-2	80.27	92.96
VOL-3	81.44	89.00
VOL-4	83.51	91.91
VOL-5	75.06	90.17
VOL-6	75.18	90.48
VOL-7	78.47	90.18
VOL-8	74.91	90.97
VOL-9	78.82	90.54
VOL-10	71.28	88.00
VOL-11	78.90	88.46
VOL-12	79.48	89.03

Fuente: Elaboración propia

*Gráfico 02: Comportamiento de los resultados de disponibilidad de los camiones de acarreo*



Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la confiabilidad se ha desarrollado el promedio de estas para tener una mayor precisión de la diferencia:

*Tabla 13: Comparación de disponibilidad de la gestión de vías*

	<b>Antes de la gestión</b>	<b>Después de la gestión</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Disponibilidad</b>	78.28	90.33	12.05

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos la disponibilidad se ha incrementado en un 12.05%, lo que se interpreta en una mejora de la disponibilidad del equipo lo que incrementa la producción de estos, ya que se entiende en una disminución de horas de falla.

#### **4.5.3. Comparación de la productividad de los camiones de acarreo**

Se ha desarrollado la comparación de la productividad de los camiones de acarreo con la implementación de la gestión de vías, obteniendo los siguientes resultados:

*Tabla 14: Comparación de productividad de la flota de camiones de acarreo*

	<b>Antes de la gestión</b>	<b>Después de la gestión</b>	<b>Diferencia</b>
Número de viajes	11	14	3
Productividad	75%	95.50%	20.50%

Fuente: Elaboración propia

De la comparación de los resultados de la productividad se observa que con la mejora de la gestión de vías se ha incrementado el número de viajes de cada camión de acarreo siendo este incremento de 3 viajes; así mismo se ha incrementado la productividad de los camiones de acarreo en 20.50%. Lo que se interpreta que con el mantenimiento de la vía en el tramo de la progresiva 0+800 al 1+200 se ha logrado mejorar e incrementar la productividad de los camiones de acarreo.

#### **4.6. Resumen de costos generados por la implementación de gestión de vías**

La implementación de la gestión de vías ha condicionado un costo, el cual está reflejado en el mejoramiento y mantenimiento de la vía de acarreo de la zona Magistral Norte de la Rampa (-) 4577N, es así que por el mantenimiento de la vía de la rampa en su totalidad genera un costo mensual, para mantener la circulación de los camiones de acarreo sin demora. Estos costos son los siguientes:

#### **4.6.1. Resumen de costo por mantenimiento de vía en progresiva 0+800 al 1+200**

De acuerdo al punto 3.6.4.3 se tiene que el costo de mantenimiento para mejorar la vía en este tramo es de **\$ 10,506.38**.

#### **4.6.2. Resumen de costo por mantenimiento de vía en su totalidad**

El costo del mantenimiento de la vía de acarreo en su totalidad que son 5+300 m (5.3km) será mensual, para el mantenimiento de esta vía se ha proyectado el costo de su implementación en el punto 4.4.3, en un total de **\$ 22,356.76**.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que se ha mejorado la productividad en un 20.50% de la flota de los camiones de acarreo, siendo que la productividad sin la implementación de la gestión de las vías es de 75.0% y la productividad con la implementación es del 95.50%, con referencia lo planificado por la empresa del transponte de 4,400 toneladas de material ya sea mineral y desmante diarias. Esta mejora de la productividad debido a la inversión realizada en el mantenimiento del tramo 0+800 al 1+200 con un costo de \$ 10,506.38 y un mantenimiento mensual que se invertirá \$ 22,356.76.
- Se concluye que el rendimiento de los camiones de acarreo antes de la implementación de la gestión de vías fue un promedio de 78.28% y luego de la implementación es de 90.33%, existiendo una mejora en el rendimiento de los camiones de acarreo en su disponibilidad del 12.05%.
- Se concluye que el número de viajes antes de la implementación de la gestión de vías es de 11 viajes por camión y luego de implementación se ha incrementado a 14 viajes por camión, lo que hace un total de la flota de camiones de acarreo de 168 viajes por día.
- Se concluye que la confiabilidad de los camiones de acarreo antes de la implementación fue de 12.31% y luego de la implementación mejoro 24.45%, mejorando en un incremento del 12.14%, lo que se interpreta que la probabilidad de falla de los equipos sea menor.

## RECOMENDACIONES

1. Los equipos auxiliares deben ser ubicados en una zona estratégica para ingresar en los intervalos de los equipos de acarreo que no transiten por el circuito de acarreo, se da también de recomendación la hora de descanso debe ser aprovechado con esta flota de equipos para hacer a más detalle el mantenimiento de vías en los puntos más críticos.
2. La inclusión de este pool de equipos en muchas oportunidades puede ser algo inflado en el presupuesto, pero si vemos en el panorama final el agregar el número de viajes incrementa el rendimiento y productividad de una flota de equipos de acarreo.
3. Generar disponibilidades mecánicas como mínimo de un 90% con relaciona una flota de equipos permite ver la calidad de ejecución con la que realiza el proyecto siendo validada y considerada para próximas licitaciones en un concurso de contrato.
4. Tener equipos auxiliares en un solo punto permitirá mantener la confiabilidad de los equipos con respecto a los neumáticos que es un factor importante en función de los costos es motivo por el cual el costo operativo se incrementa, puede ser algo imprescindible, pero en una flota mayor de 8 camiones salta a la vista en las facturas mensuales que se tendrán por este aspecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ancalla Gómez, Y. F. (2018). *Gestión de Vías de Acarreo para el Incremento de Producción en el Tajo San Gerardo - Atacocha - Pasco*. Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Anchiraico Giraldo, A. L., & Rojas Oré, K. R. (2020). *Optimización del sistema de acarreo y transporte en labores de preparación de las zonas de profundización mediante la metodología Six Sigma operada por la E.C.M. Zicsa en la Unidad Minera Inmaculada*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Delphos. (2020). *Delphos Mine Planning Laboratory*. Obtenido de <https://delphoslab.cl/index.php/54-dec/pde-2/281-metodos-de-explotacion>
- Hernandez Sampieri, R. (2016). *Metodología de la Investigación Las Rutas Cualitativa, Cualitativa y Mixta*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Herrera Herbert, J. (2006). *Metodos de minería*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid. Obtenido de <https://oa.ump.es/10675/>
- Rojas Ortiz, I. F. (2019). *Optimización del Proceso de Carguío y Acarreo Mediante el Uso de KPI's en la Fase de Relleno del Espaldón de la Presa de Relaves – Antamina*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Unidad Minera Santander. (2020). *Plan de Minado Anual Unidad Minera Santander*. Unidad Minera Santander.

## **ANEXOS**

## ANEXO DE FOTOS

Fecha: 10 de julio del 2022

*Mejoramiento de la plataforma de la rampa (-) 4577 – progresiva 1+250*



Fuente: Propia

Fecha: 10 de julio del 2022

*Mejoramiento de la plataforma de la rampa (-) 4577 – progresiva 1+000*



Fuente: Propia



Fecha: 1 de agosto del 2022

*Mejoramiento de la plataforma de la galería (-) 4577 – progresiva 1+350*



Fuente: Propia

Fecha: 05 de agosto del 2022

*Mejoramiento de la plataforma de la galería (-) 4577 – progresiva 1+000*



Fuente: Propia

Fecha: 10 de agosto del 2022

Progresiva 0+905.0, se verifica el empozamiento del agua



Fuente: Propia

Fecha: 10 de agosto del 2022

Progresiva 0+905.0, se verifica el empozamiento del agua



Fuente: Propia

Fecha: 10 de agosto del 2022

Progresiva 1+120.0, se puede ver el deterioro de la vía



Fuente: Propia