

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA ADECUADA DE
LOS EQUIPOS DE ACARREO Y TRANSPORTE DE MINERAL
PARA OPTIMIZAR SU RENDIMIENTO EN LA CIA. MINERA
ARES SAC. U.O. INMACULADA”**

TESIS

**PRESENTADA POR:
Bach. DANTE IVAN APAZA ALEJO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS




“DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA ADECUADA DE LOS
EQUIPOS DE ACARREO Y TRANSPORTE DE MINERAL PARA
OPTIMIZAR SU RENDIMIENTO EN LA CIA. MINERA ARES SAC.
U.O. INMACULADA”

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. DANTE IVAN APAZA ALEJO


PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

APROBADA POR:

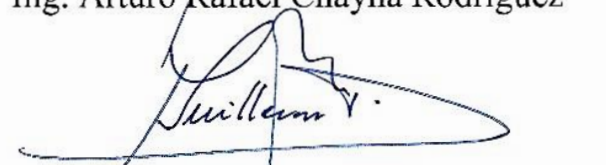
PRESIDENTE:


Ing. David Velásquez Medina


PRIMER MIEMBRO:


Ing. Arturo Rafael Chayña Rodríguez

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. Amilcar Giovanni Terán Dianderas

DIRECTOR / ASESOR:


Dr. Jorge Gabriel Durant Broden

Área : Ingeniería de Minas

Tema : Análisis de costos mineros y comercialización de minerales

FECHA DE SUSTENTACION: 14 de noviembre del 2019

DEDICATORIA

A DIOS:

Por estar siempre presente en todas las etapas de mi vida guiándome en los buenos y malos momentos que he pasado en este sendero llamado vida a él encomiendo y pongo mi vida en sus manos siempre teniendo fe que cada día es un regalo y debe ser disfrutado como tal, gracias por brindarme un día más de vida señor.

A MIS PADRES:

Isaac y Dionicia, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, su motivación constante, su perseverancia y amor que me ha infundado siempre para afrontar cada circunstancia de la vida. A ustedes darles las gracias por ser el mejor ejemplo de vida para mí.

A UNA PERSONA ESPECIAL:

A la persona que fue como un motor en mis decisiones el soporte de mi vida O.Y.C.CH por apoyarme en todo momento sobre todo en los momentos malos “siempre estarás en mis pensamientos y en mi corazón con todo el afecto y cariño te agradezco infinitamente”.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a los docentes de la facultad de ingeniería de minas por guiar nuestro sendero con sus enseñanzas y brindarnos todos sus conocimientos

De igual modo mi agradecimiento a dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, Y también dar los sinceros agradecimientos a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto en mi vida no ha sido sencillo el camino hasta ahora durante estos años de carrera que dará frutos en su debido momento.

Finalmente, a todas las personas y amistades, darles las gracias por su interés y apoyo incondicional durante mi periodo de estudios hasta la culminación de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---------------|----|
| RESUMEN | 14 |
| ABSTRACT..... | 15 |

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

| | |
|--|----|
| 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 | 17 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 17 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 17 |
| 1.4. Justificación de la investigación | 17 |
| 1.5. Limitaciones del estudio | 18 |
| 1.6. Viabilidad del estudio | 18 |

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

| | |
|---|----|
| 2.1. Antecedentes de la investigación | 19 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 21 |
| 2.2.1. Productividad de los equipos de transporte | 21 |
| 2.2.2. Productividad teórica | 28 |
| 2.2.3. Productividad promedio..... | 28 |
| 2.2.4. Productividad máxima | 29 |
| 2.2.5. Factores que determinan la productividad de los equipos de transporte..... | 31 |
| 2.2.6. Productividad de los equipos de transporte..... | 31 |

| | |
|--|----|
| 2.2.7. Disponibilidad mecánica..... | 33 |
| 2.2.8. Rendimiento de los equipos de carguío y transporte | 34 |
| 2.2.9. Eficiencia de operación en relación a los costos (% Eff)..... | 38 |
| 2.3. Definiciones conceptuales | 42 |
| 2.4. Formulación de la hipótesis | 44 |
| 2.4.1. Hipótesis general..... | 44 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas | 45 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

| | |
|--|----|
| 3.1. Método de la investigación | 46 |
| 3.1.1. Método general | 46 |
| 3.1.2. Método específico..... | 46 |
| 3.2. Tipo de investigación..... | 46 |
| 3.2.1. Nivel de investigación | 46 |
| 3.3. Diseño de investigación | 47 |
| 3.3.1. Variables independientes | 47 |
| 3.3.2. Variables dependientes | 47 |
| 3.3.3. Variables intervinientes | 47 |
| 3.4. Población y muestra..... | 47 |
| 3.4.1. Población | 47 |
| 3.4.2. Muestra | 47 |
| 3.5. Material de estudio..... | 48 |
| 3.5.1. Ubicación y accesibilidad | 48 |
| 3.5.2. Componentes físicos | 50 |
| 3.5.3. Componentes bióticos..... | 51 |
| 3.5.4. Geología local | 52 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 3.5.5. Geología estructural | 54 |
| 3.5.6. Geología regional..... | 55 |
| 3.5.7. Geología económica | 57 |
| 3.5.8. Mina..... | 58 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|----|
| 4.1. Generalidades de Operación Inmaculada | 64 |
| 4.1.1. Capacidad de producción diaria..... | 64 |
| 4.2. Equipos de Limpieza de Mineral (scoop) | 64 |
| 4.2.1. Análisis de datos obtenidos en campo..... | 64 |
| 4.2.2. Parámetros a considerar en el rendimiento de los equipos LHD | 67 |
| 4.2.3. Rendimientos de los equipos LHD..... | 67 |
| 4.2.4. Horas efectivas de operación por guardia | 70 |
| 4.2.5. Calculo de la flota adecuada de equipos LHD..... | 71 |
| 4.2.6. Análisis de la optimización en equipos LHD | 72 |
| 4.2.7. Análisis del rendimiento de equipos LHD..... | 72 |
| 4.3. Equipos de transporte mineral (volquetes) | 73 |
| 4.3.1. Análisis de datos obtenidos en campo..... | 73 |
| 4.3.2. Parámetros a considerar en el rendimiento de volquetes | 75 |
| 4.3.3. Rendimiento de volquetes | 75 |
| 4.3.4. Horas efectivas de operación por guardia | 78 |
| 4.3.5. Calculo de flota adecuada de volquetes 8x4..... | 78 |
| 4.3.6. Análisis de la optimización del rendimiento de volquetes | 79 |
| 4.3.7. Análisis de los principales factores optimizados para la disminución de flota..... | 80 |
| 4.4. Discusión | 80 |
| CONCLUSIONES | 82 |
| RECOMENDACIONES | 83 |



| | |
|--------------------------|----|
| REFERENCIAS | 84 |
| ANEXOS | 86 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 01 Grafico para determinar la velocidad máxima en bajada. | 25 |
| Figura 02 Grafico para determinar la velocidad máxima en función del peso. | 26 |
| Figura 03 Ubicación y Accesibilidad a la Unidad Minera Inmaculada. | 48 |
| Figura 04 Estructura del macizo rocoso de la Unidad Minera Inmaculada. | 56 |
| Figura 05 Veta Ángela – Epitermal de Au + Ag. | 58 |
| Figura 06 Método de Explotación de la Unidad Operativa Inmaculada. | 60 |
| Figura 07 Cable bolting para sostenimiento. | 62 |
| Figura 08 Diseño del cable bolting. | 63 |
| Figura 09 Curva de rendimiento con 1 Scoop. | 68 |
| Figura 10 Curva de rendimiento Scoop en simultáneo. | 68 |
| Figura 11 Curva de rendimiento Scoop en Limpieza de tajos. | 70 |
| Figura 12 Curva de rendimiento de Volquetes 6x4 para extracción de tajos. | 77 |
| Figura 13 Curva de rendimiento de Volquetes 8x4 para extracción de tajos. | 77 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabla 01. | Tiempo de giro, posicionamiento y descarga..... | 22 |
| Tabla 02. | Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío..... | 23 |
| Tabla 03. | Factores para obtener velocidades bajo distintas condiciones. | 27 |
| Tabla 04. | Eficiencia operacional según la condición de trabajo. | 38 |
| Tabla 05. | Ubicación y Accesibilidad. | 49 |
| Tabla 06. | Velocidades de limpieza con 1 Scoop..... | 65 |
| Tabla 07. | Velocidades de limpieza con 2 Scoops. | 65 |
| Tabla 08. | Velocidad promedio de limpieza con 1 Scoop..... | 66 |
| Tabla 09. | Velocidad promedio de limpieza con 2 Scoops. | 66 |
| Tabla 10. | Velocidad ponderada total..... | 66 |
| Tabla 11. | Tiempos de carga y descarga. | 67 |
| Tabla 12. | Parámetros Equipos LHD. | 67 |
| Tabla 13. | Rendimiento de los Equipos LHD en Inmaculada..... | 69 |
| Tabla 14. | Tiempos no efectivos de operación equipos LHD. | 71 |
| Tabla 15. | Calculo de la flota adecuada de equipos LHD..... | 71 |
| Tabla 16. | Reducción de la flota de equipos LHD. | 72 |
| Tabla 17. | Mejora del rendimiento diario de equipos LHD. | 72 |
| Tabla 18. | Tiempos efectivos fijos en transporte de mineral. | 73 |
| Tabla 19. | Velocidad de transporte en superficie..... | 73 |
| Tabla 20. | Velocidad de transporte en Interior Mina. | 74 |
| Tabla 21. | Velocidad promedio de transporte en superficie..... | 74 |
| Tabla 22. | Velocidad promedio de transporte en interior mina..... | 75 |
| Tabla 23. | Parámetros Equipos de Transporte..... | 75 |
| Tabla 24. | Rendimiento de los Equipos de transporte de mineral..... | 76 |
| Tabla 25. | Tiempos no efectivos en transporte de mineral..... | 78 |
| Tabla 26. | Calculo de la flota adecuada de Volquetes. | 79 |
| Tabla 27. | Reducción de la flota de Volquetes..... | 79 |



Tabla 28. Mejora del rendimiento diario de Volquetes..... 79

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Anexo 01 | Comparativo flota real vs optima (scoop 6yd3 y el volquete DCR 8X4)... | 87 |
| Anexo 02 | Ingreso de volquetes pòr el nivel 4500 | 89 |
| Anexo 03 | evaluacion geomecanica del tajo..... | 91 |
| Anexo 04 | rutas de escape de la unidad operativa immaculada..... | 93 |
| Anexo 05 | sistema de bombeo de la unidad operativa immaculada..... | 95 |
| Anexo 06 | ubicación de camaras de refugio menearc..... | 97 |
| Anexo 07 | Planos de ubicación y produccion | 99 |

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RB : Raice Boring

TL : Taladros Largos

OP : Ore Pass

TMS : Toneladas Metricas Sueltas

LHD : Equipos de carguio de bajo perfil

RC : Raice Climber

HANG : Es un adicional que se agrega.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Dimensionamiento de la flota adecuada de los equipos de acarreo y transporte de mineral para optimizar su rendimiento en la Cía. Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada”, la selección de los equipos para el acarreo y transporte de mineral extraído de interior mina es uno de los parámetros que está directamente relacionado con el diseño de los componentes de este proceso. Para tal propósito, se requiere Dimensionar la flota adecuada de los equipos de acarreo y transporte de mineral para optimizar su rendimiento en la Cía. Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada. El tipo de investigación es aplicativo porque busca responder a las causas de los principales eventos tratados en el presente proyecto y además busca generar conocimientos relacionados al ciclo productivo minero con el fin de mejorarlo y hacer más eficiente. Actualmente en inmaculada la producción diaria oscila entre los 3,900 a 4,000 TMS, de los cuales el 90% corresponde a tajos, es decir 3,600 TMS y el resto corresponde al aporte de avances que lo ejecuta la E.E. Zicsa con sus propios equipos. Los datos se han obtenido producto del seguimiento de la operación de los Scoop Cia. Asignados a la limpieza de mineral de los tajos de taladros largos, habiendo en la unidad dos marcas de equipos que cumplen esta actividad (Caterpillar y Atlas Copco), además de la variable cantidad de equipos asignados para realizar la limpieza, se ha distribuido el seguimiento por marca de equipo y el número de equipos en simultaneo para el mismo tajo a fin de obtener una data bien detallada del rendimiento de los mismos. La productividad de los equipos de carguío aumentara en 24.8%, mejorando el tiempo efectivo de operación de 10.52hr/día a 13.02 hr/día teniendo en cuenta el control y la supervisión adecuada en las demoras operativas y los tiempos muertos. Los volquetes 8x4 de DCR hicieron sus respectivas pruebas de campo donde fueron tomadas en cuenta varios factores como las vías de acceso, la iluminación, el operador y las velocidades respectivas, donde la producción diaria es de 3600 TMS, el tiempo de rendimiento efectivo por día paso de 11.35 hr/día a 13.75 hr/día mejorando la productividad de los volquetes en 21.1% que es el dimensionamiento de la flota real. Y se redujo el costo operativo de 2 equipos de transporte.

Palabras clave: Dimensionamiento, optimización, rendimiento, acarreo, transporte.

ABSTRACT

This research project entitled "Dimensioning of the right fleet of ore hauling and transport equipment to optimize its performance in the Cía. Minera Ares SAC. U.O. Immaculate" the selection of equipment for hauling and transporting ore extracted from mine is one of the parameters that is directly related designing the components of this process. For this purpose, it is necessary to measure the proper fleet of hauling and transport ingesting equipment to optimize its performance in the Cía. Minera Ares SAC. U. O. Immaculate. The type of research is applied because it seeks to respond to the causes of the main events covered in this project and seeks to generate knowledge related to the mining production cycle in order to improve it and make it more efficient. Currently immaculate daily production ranges from 3,900 to 4,000 TMS, of which 90% corresponds to slashes that is 3,600 TMS and the rest corresponds to the contribution of advances executed by the E.E. Zicsa with its own equipment. The data have been obtained as a product scoop Cia's operation. Assigned to the cleaning of ore of the cuts of long, drills there are two brands of equipment in the unit (Caterpillar and Atlas Copco), in addition to the variable number of equipment allocated for cleaning, the tracking by team brand and the number of computers simultaneously for the same cut in order to obtain a well-detailed data of their performance .The productivity of the car cycling equipment will increase by 24.8%, improving the effective operating time from 10.52hr/day to 13.02 hr/day taking into account adequate control and supervision in operational delays and downtime. The 8x4 dump trucks DCR made their respective field tests where they were taken in account several factors like access vias. The illumination, operator and respective speeds were performed with field tests where daily production is 3600 TMS, the effective throughput time per day will pass from 11.35 hr/day to 13.75 hr/day improving productivity of the dump trucks that increase by 21.1%, which is the dimoreent of the real fleet. And the operational cost of 2 transport equipment was reduced.

Key words: Dimensioning, optimization, performance, hauling, transport.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. Planteamiento del problema

Puesto que en la Unidad Operativa Inmaculada de Hochschild Mining la selección de los equipos para el acarreo y transporte de mineral extraído de interior mina es uno de los parámetros que está directamente relacionado con el diseño de los componentes de este proceso. La capacidad y maniobrabilidad mecánica, de estos equipos, definirán los diferentes métodos de extracción y dimensiones de las estructuras dentro del diseño minero. Para lo cual se desarrollará un dimensionamiento adecuado de las flotas en carguío y transporte por el alto costo que significa la inversión en equipos y los nuevos requerimientos de desarrollos y preparaciones que ellas necesitan para su mejor rendimiento. Podemos aseverar que la inversión en equipos es directamente proporcional a la cantidad de material que se desea mover y que su límite está acotado por la necesidad de producción.

Para una correcta planificación, los requerimientos de los equipos deben ser determinados conociendo cada una de sus ventajas y desventajas, de manera que su rendimiento este siempre a las expectativas del supervisor, de tal forma que sus necesidades, en unidades requeridas y tamaños, sean las realmente calculadas. Lo que redundará en una obtención de flujos de caja más ajustados a la verdadera necesidad de inversión. Para conseguir los resultados anteriormente señalados es requisito indispensable conocer los factores de análisis del sistema de carguío, específicamente equipos de carga, transporte y descarga.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la flota adecuada de los equipos de acarreo y transporte de mineral para optimizar su rendimiento en la Cía.? Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la flota adecuada de los equipos de acarreo de mineral para optimizar su rendimiento en la Cía.? Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada?
- ¿Cuál es la flota adecuada de los equipos de transporte de mineral para optimizar su rendimiento en la Cía.? Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Dimensionar la flota adecuada de los equipos de acarreo y transporte de mineral para optimizar su rendimiento en la Cía. Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada.

1.3.2. Objetivos específicos

- Dimensionar la flota adecuada de los equipos de acarreo de mineral para optimizar su rendimiento en la Cía. Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada.
- Dimensionar la flota adecuada de los equipos de transporte de mineral para optimizar su rendimiento en la Cía. Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada.

1.4. Justificación de la investigación

Es necesario hacer el adecuado dimensionamiento de las flotas de acarreo y transporte de mineral debido a que al analizar el comportamiento de cada equipo en los fines de mes se evidencian tiempos muertos por falta de área de trabajo, demoras por malas coordinaciones y trabajos ajenos a los asignados muchas veces por falta de coordinación y condiciones de trabajo. En los equipos de transporte, al margen de que estos equipos hayan estado parados por falta de material a transportar igual se le valoriza ya que ellos deben tener una cantidad de horas mínimas por guardia de acuerdo a su contrato, generando a la empresa un sobre costo por tonelada transportada que en muchos casos excede el presupuesto y tiene que estar cubriéndose con las ganancias en otras actividades.

En los equipos de acarreo, cuando se tiene un sobredimensionamiento el supervisor trata de distribuirlos en diferentes zonas y áreas de trabajo a fin de no tener equipos parados, sin embargo, al cierre del mes no se llega a la utilización y rendimiento previsto haciendo que el equipo sea improductivo e incrementando el costo de provisionamiento. Tal es así que con este proyecto de investigación se trata de optimizar su utilización y rendimiento disponiéndose solo de la flota necesaria en cada zona y tipo de actividad de acuerdo a las necesidades de cada una de estas. Disponiéndose solo de la flota necesaria, se optimiza en el empleo de recursos como volquetes, scoops, operadores, combustible, mano de obra y repuestos por mantenimiento, además del menor costo en provisiones. Una vez que se tenga los resultados de este trabajo la información mecánica costos y geología por lo cual se concluirá con las metas trazadas para la obtención de la investigación requerida.

1.5. Limitaciones del estudio

El presente trabajo de investigación no tendrá limitaciones algunas para la obtención de información recabada dado que los datos se encuentran al alcance por las diferentes áreas como geo-mecánica costos y geología por lo cual se concluirá con las metas trazadas para la obtención de la investigación requerida. Una vez que se tenga los resultados de este trabajo la información solo será utilizada por la unidad minera para los fines necesarios.

1.6. Viabilidad del estudio

Como se mencionó anteriormente el proyecto es totalmente viable por ende al concluir con dicho trabajo se mejorará la parte del ciclo de minado en acarreo y transporte ya que se tiene toda la información requerida de la unidad minera.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

El presente proyecto de investigación cuenta con los siguientes antecedentes:

Rondan, E. (2014), en su tesis titulada “producción real vs. producción potencial de equipos de carguío y acarreo y aplicación del match factor para determinar el número óptimo de volquetes mina Arasi”, presentado a la universidad nacional de San Agustín para optar el título de ingeniero de minas, en su segunda conclusión indica que “con referencia a la compatibilidad de los equipos de carguío y acarreo y la asignación del número óptimo de unidades, se redujo el costo unitario del sistema de carguío y acarreo en la producción potencial en un 8,7% con respecto a la producción real”; asimismo en su tercera conclusión indica que “de acuerdo al factor de acoplamiento se logró obtener una eficiencia en el carguío de 100% y en acarreo un 96,55% con el cual se obtuvo lo que se indicó en el marco teórico un match factor igual a 1 como el más óptimo”.

Ccanto, P. (2014), en su tesis titulada “optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. CHUCO II de la E.M. UPKAR MINING S.A.C.”, presentado a la universidad nacional del centro, para optar el título de ingeniero de minas, en su segunda conclusión indica que “la gestión de la producción mediante los indicadores de costos e indicadores de desempeño nos permite una reducción de costos en 0.44 \$/tn en la operación unitaria de carguío de mineral y 0.34 \$/tn en la operación de acarreo de mineral se ha tomado en cuenta la información histórica presente de los controles desarrollados con los cambios operativos desarrollados dentro de la operación de minado”.

Riveros, J. (2016), en su tesis titulada “cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata 2016”, presentado a la universidad nacional del altiplano de puno, para optar el título de ingeniero de minas, en su primera conclusión indica que “con la determinación de los ciclos totales de acarreo y transporte minero subterráneo con volquetes, se pudo calcular la productividad horaria real en la unidad operativa de Arcata, siendo esta 10.156 tm/h como promedio y equivalente al 77.9 % de la productividad máxima siendo esta 13.038 tm/h como promedio”.

Esteban, D. (2013), en su tesis titulada “modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento”, presentado a la pontificia universidad católica de chile, para optar el título de ingeniero de minas, en su octava conclusión indica que “en relación a las prioridades de atención, el modelo analítico permite concluir que la utilización de prioridades de atención genera beneficios positivos cuando la flota es heterogénea. En particular, cuando la flota se compone por camiones de 150 toneladas y 240 toneladas de capacidad y, una demanda máxima del sistema de 4.000 toneladas por hora, al utilizar una política de prioridad se obtienen beneficios en el rendimiento en torno a un 2% a 3% en promedio, cuando la flota está compuesta por un 40% de camiones de la clase prioritaria (camiones de 240 toneladas)”.

Baldeón, Z. (2011), en su tesis titulada “gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cia. Minera condestable s.a.”, presentado a la pontificia universidad católica del Perú, para optar el título de ingeniero de minas, en su primera conclusión indica que “conociendo el ciclo de las operaciones (acarreo y transporte), se puede calcular la flota o equipos requeridos a mínimo costo unitario y/o máxima producción en la unidad de tiempo, así como en compañía minera condestable, este método puede ser aplicado en otras empresas mineras con similares problemas”.

Gonzales, H. (2017), en su tesis titulada “selección y asignación óptima de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto”, presentado a la universidad de chile, para optar el título de ingeniero civil de minas, en su segunda conclusión indica que “la consideración de la capacidad de movimiento asociada

a equipos reales en vez de a un movimiento diario denido permite obtener un plan que se ajuste mejor a lo que sucede en realidad en la operación minera, permitiendo estimar ingresos y costos de manera más exacta así como también determinar vulnerabilidades en la alimentación a la planta. es en este punto en donde el modelo alcanza su máximo potencial de utilización, dado que la mayoría softwares de planificación obtienen planes de producción que no consideran los factores operacionales involucrados en la operación minera y realizan los cálculos de producción con movimientos mina denidos (tpd).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Productividad de los equipos de transporte

Según el artículo en Minería .La productividad de estos equipos depende de la capacidad de la tolva y del número de viajes que pueden realizar en una hora. La capacidad de la tolva está definida por construcción y por las características del material a transportar (densidad, tamaño de material fragmentado, esponjamiento, etc.). El número de viajes por hora dependerá del peso del vehículo, la potencia del motor, la distancia de transporte y condiciones del camino tales como pendiente, resistencia a la rodadura. (Marín, C. 2015).

2.2.1.1. Tiempo de ciclo de transporte

Corresponde a la suma de los tiempos de las maniobras que realiza la máquina de transporte para completar un ciclo. Está compuesto por:

- Ayuda a incrementar las utilidades.
- Permite la competitividad de una empresa.
- Una empresa es competitiva en relación con otras, cuando puede producir productos de mejor calidad con costos reducidos.

2.2.1.2. Tiempo de carga

El tiempo de carga depende del número de paladas necesarias para llenar la capacidad del camión (o unidad de transporte). Se puede calcular mediante los siguientes pasos:

1º Calcular el número de paladas: esto mediante la siguiente formula y su resultado se redondea al entero superior:

$$\text{N}^\circ \text{ de paladas} = \frac{\text{Ctt}}{[\text{Cc} * \text{FLb} * \text{Fe} * \text{DMis}]}$$

Donde:

Ctt: Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

Cc: Capacidad de la pala del equipo de carguío (m3).

FLb: Factor de llenado del balde (%), es un ajuste de la capacidad de llenado del balde de equipos de carguío, se expresa como fracción decimal y corrige la capacidad del balde al volumen que realmente puede mover, dependiendo de las características del material y su ángulo de reposo, y la habilidad del operador del equipo para efectuar la maniobra de llenado del balde.

Fe: Factor de esponjamiento (%), corresponde al incremento fraccional del volumen del material que ocurre cuando está fragmentado y ha sido sacado de su estado natural (volumen in situ) y depositado en un sitio no confinado, puede expresarse como una fracción decimal.

DMis: Densidad del material in situ (ton/m3).

2º Calcular el Tiempo de carga (Tc): corresponde al tiempo de carguío del equipo.

$$\text{Tc} = \text{N}^\circ \text{ de paladas} * \text{TCC}$$

Donde:

TCC: Tiempo de ciclo del equipo de carguío (min).

2.2.1.3. Tiempo de giro posicionamiento y descarga

El tiempo de maniobras de transporte depende de las condiciones de trabajo y del tipo de descarga del equipo. Como referencia, se entregan los valores de la siguiente tabla.

Tabla 01. *Tiempo de giro, posicionamiento y descarga.*

| tiempo según tipo de descarga (min) condiciones de operación | inferior | trasera | lateral |
|--|----------|-----------|---------|
| Favorables | 0.30 | 1.00 | 0.70 |
| Promedio | 0.60 | 1.30 | 1.00 |
| Desfavorables | 1.50 | 1.50_2.00 | 1.50 |

Fuente: *Manual de cálculos de rendimientos de maquinaria pesada, Jiménez (2005).*

2.2.1.4. Factores que influyen en la productividad de una mina subterránea

Corresponde al tiempo necesario para disponer del vehículo en el lugar de carguío, estos tiempos también dependen del tipo de equipo de transporte y de las condiciones de trabajo. A continuación, se presenta una tabla con valores referenciales.

Tabla 02. *Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío.*

| tiempo según tipo de descarga (min) condiciones de operación | inferior | trasera | lateral |
|--|----------|---------|---------|
| Favorables | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| Promedio | 0.5 | 0.3 | 0.5 |
| Desfavorables | 1 | 0.5 | 1 |

Fuente: *Manual de cálculos de rendimientos de maquinaria pesada, Jiménez (2005).*

2.2.1.5. Medición de la productividad

Está determinado por el peso del equipo y las condiciones de la vía. La velocidad de transporte dependerá de la calidad y pendiente del camino y del peso del equipo de transporte y su carga. Una característica en la operación de estos vehículos es que deben moderar la velocidad de manera que los frenos funcionen sin superar la capacidad de enfriamiento del sistema. El cálculo de velocidades de estos camiones depende entonces de la pendiente de bajada.

El tiempo de transporte (TVt) se compone por el tiempo de viaje cargado (TVct) y el tiempo de viaje vacío (TVdt).

El Tiempo de viaje cargado viene dado por la fórmula:

$$TVct (min) = \frac{Dcht}{Vcht} + \frac{Dcst}{Vcst} + \frac{Dcbt}{Vcbt} + \frac{Dcct}{Vcct}$$

Donde:

Dcht (m): Distancias Horizontales (pendiente 0%).

Dcst (m): Distancias en Subida (pendiente > 0%).

Dcbt (m): Distancias en Bajada (pendiente $< 0\%$).

Dcct (m): Distancias en Curvas (con su respectiva pendiente).

Vcht (m/min): Velocidades en distancias horizontales (pendiente $0\% + RD\%$).

Vcst (m/min): Velocidades en subida ($P\% + RD\%$).

Vcbt (m/min): Velocidades en bajada ($P\% - RD\%$).

Vcct (m/min): Velocidades en curvas ($P\% \pm RD\%$).

Además, tendremos que definir:

RD%: Resistencia a la Rodadura del equipo de transporte (%), que corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse al efecto retardatorio entre los neumáticos y la vía. A modo de ejemplo, para un camino bien mantenido y seco de tierra y grava, la resistencia es de 2% del peso movilizado.

P%: Resistencia por pendientes máximas a vencer por el equipo de transporte (%), corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse a la gravedad y permitir el ascenso del vehículo en una vía con pendiente positiva (es decir, una vía que asciende). Corresponde a 1% del peso del vehículo por cada 1% de pendiente. Por ejemplo, un camino con 5% de pendiente tiene una resistencia por pendiente de un 5% del peso total movilizado (peso del camión más el peso de la carga).

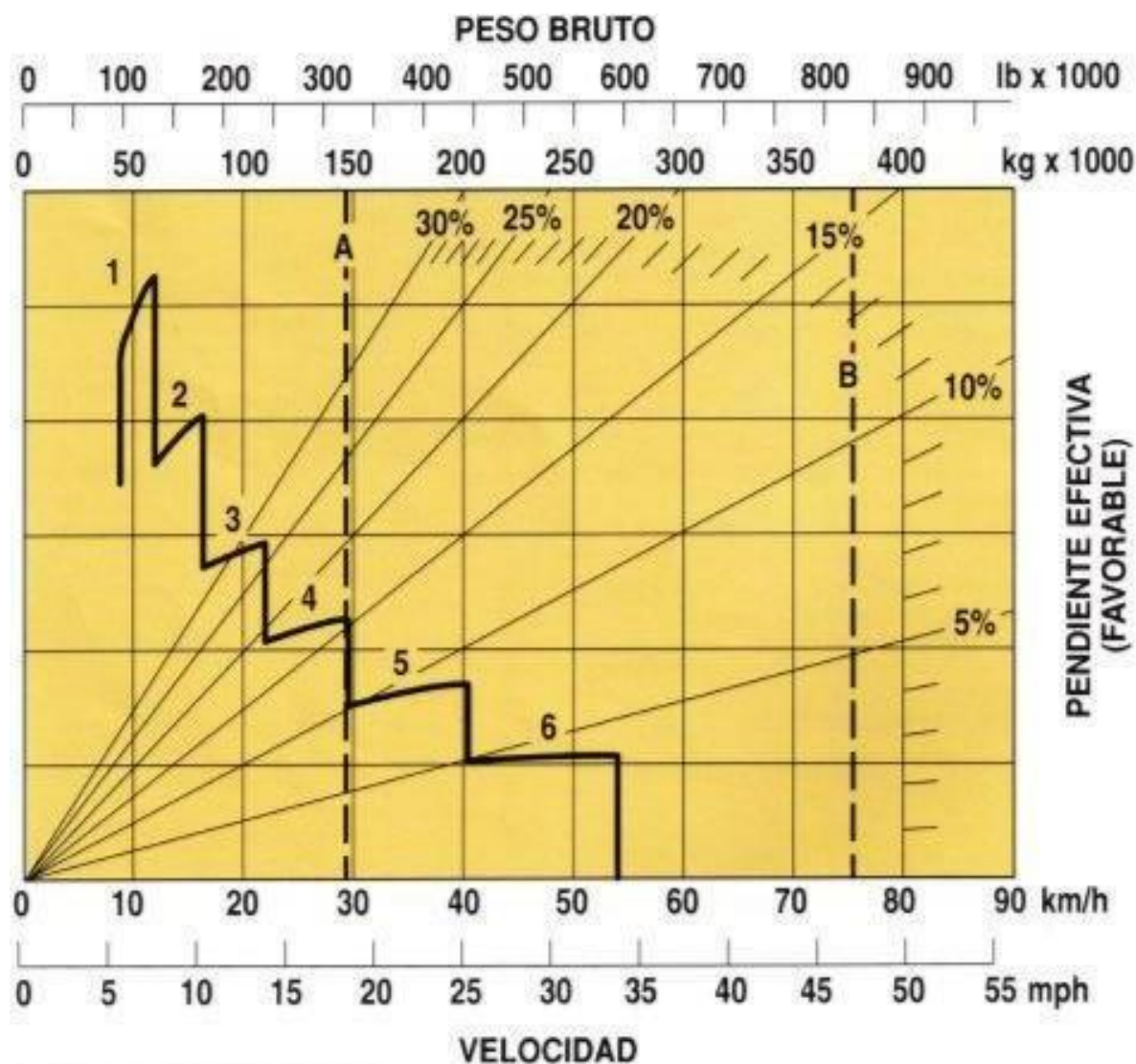


Figura 01. Grafico para determinar la velocidad máxima en bajada.

Fuente: MI57E – Explotación de Minas 3.

Para el cálculo de la velocidad a la que el vehículo, cargado o descargado, puede enfrentar los distintos tramos del recorrido de transporte, se utilizan los gráficos de rendimiento que los proveedores de los vehículos de transporte entregan.

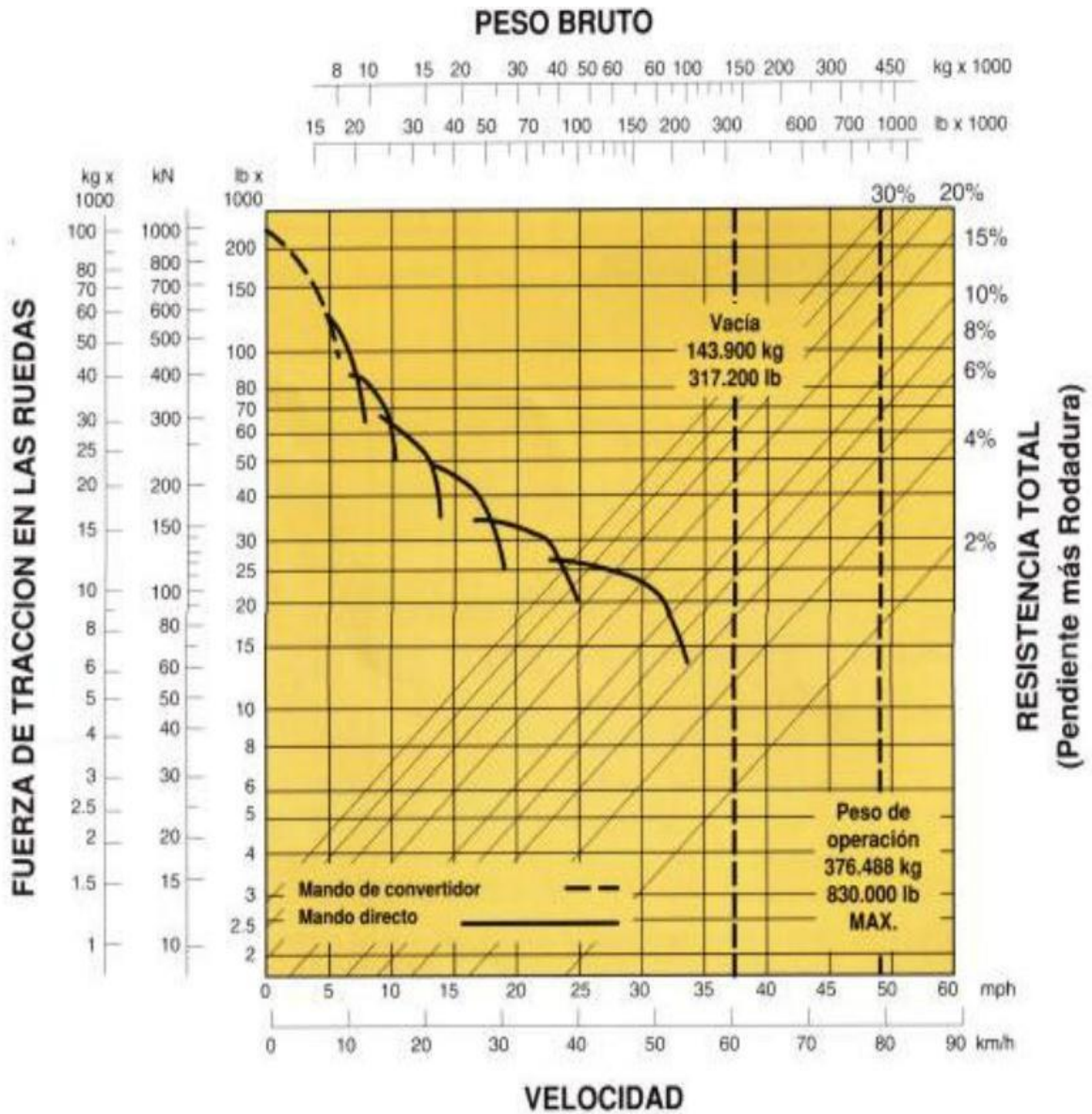


Figura 02 Grafico para determinar la velocidad máxima en función del peso.

Fuente: MI57E – Explotación de Minas 3.

Habiendo seleccionado la marcha o rangos a partir del gráfico de rendimiento del camión, es necesario modificar las velocidades indicadas de manera de considerar velocidades promedio en lugar de velocidades máximas, para ello se utilizan tablas que entregan valores referenciales de estos factores para varias distancias de transporte.

Tabla 03. Factores para obtener velocidades bajo distintas condiciones.

| Longitud de la sección de transporte | Vías cortas y a nivel (150 – 300m de largo total) | Unidad partiendo desde detención absoluta | Unidad en movimiento al entrar a la sección |
|--------------------------------------|---|---|---|
| 0 – 100 | 0.20 | 0.25 – 0.50 | 0.50 – 0.70 |
| 100 – 230 | 0.30 | 0.35 – 0.60 | 0.60 – 0.75 |
| 230 – 450 | 0.40 | 0.50 – 0.65 | 0.70 – 0.80 |
| 450 – 750 | | 0.60 – 0.70 | 0.75 – 0.80 |
| 750 – 1000 | | 0.65 – 0.75 | 0.80 – 0.85 |
| Sobre 1000 | | 0.70 – 0.85 | 0.80 – 0.90 |

Fuente: Manual de cálculos de rendimientos de maquinaria pesada, Jiménez (2005).

Por tanto, tenemos que el Tiempo de viaje vacío (TVdt) viene dado por la fórmula:

$$\mathbf{TVdt \text{ (min)}} = \frac{Ddht}{Vdht} + \frac{Ddst}{Vdst} + \frac{Ddbt}{Vdbt} + \frac{Ddct}{Vdct}$$

Donde:

Ddht (m): Distancias Horizontales (pendiente 0%).

Ddst (m): Distancias en Subida (pendiente > 0%).

Ddbt (m): Distancias en Bajada (pendiente < 0%).

Ddct (m): Distancias en Curvas (con su respectiva pendiente).

Vdht (m/min): Velocidades en distancias horizontales (pendiente 0%+RD%).

Vdst (m/min): Velocidades en subida (P% + RD%).

Vdbt (m/min): Velocidades en bajada (P% – RD%).

Vdct (m/min): Velocidades en curvas (P% +/- RD%).

Las velocidades de viaje vacío se obtienen de igual forma que para el equipo cargado.

Luego tenemos que:

$$\mathbf{TVt \text{ (min)}} = \mathbf{TVct \text{ (min)}} + \mathbf{TVdt \text{ (min)}}$$

Entonces el tiempo de ciclo de transporte (TCt) viene dado por:

$$\mathbf{TCt \text{ (min)}} = \mathbf{Tc} + \mathbf{TMt} + \mathbf{TPc} + \mathbf{TVt}$$

2.2.2. Productividad teórica

Con el tiempo de ciclo de transporte se puede calcular las diversas productividades del sistema, la productividad teórica corresponde al peso o volumen por hora producido por una unidad en operación si no ocurren retrasos o pausas en la producción. Indica el potencial máximo productivo de un equipo, lo que muy raramente ocurre en la práctica, se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{Productividad teórica} \left(\frac{\text{ton}}{\text{hr}} \right) = 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right) * \frac{\text{Ctt}}{\text{TCt}}$$

Donde:

Ctt: Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

TCt: tiempo del ciclo de transporte (min)

Además, tenemos una tasa de remoción de volumen in situ (TRpt) dada por:

$$\text{TRpt} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right) = 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right) * \frac{\text{Ctt}}{[\text{TCt} * \text{Fe} * \text{DMe}]}$$

Donde:

Fe: Factor de esponjamiento (%).

Ctt: Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

DMe: Densidad del material esponjado (ton/m³).

TCt: tiempo del ciclo de transporte (min)

2.2.3. Productividad promedio

Corresponde al peso o volumen por hora producido por una unidad en operación, considerando retrasos fijos y variables. Esta tasa de producción debe aplicarse al periodo de tiempo deseado (día, turno) para estimar la producción total. La productividad promedio se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad promedio (ton/hr)} = 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right) * \frac{[\text{Dt} - \text{Rf}] * \text{Et} * \text{Ctt}}{[\text{Dt} * \text{TCt}]}$$

Donde:

Dt: Duración del período de tiempo, como turno, día, etc. (hr).

Rf: Retrasos fijos en la operación, como mantenciones, colación, etc. (hr)

Et: Eficiencia del trabajo (fracción), equivale a los retrasos variables en la operación del equipo, son cualquier retraso no planificado en la operación.

Ctt: Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

TCt: tiempo del ciclo de transporte (min).

Además, tenemos una tasa de remoción de volumen in situ (TRpp) para esta productividad.

$$TRpp \text{ (m}^3\text{/hr)} = 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right) * \frac{[Dt - Rf] * Et * Ctt}{[Dt * TCt * Fe * DMis]}$$

Donde:

Fe: Factor de esponjamiento (%).

DMis: Densidad del material in situ (ton/m³).

TCt: tiempo del ciclo de transporte (min).

Dt: Duración del período de tiempo (hr).

Rf: Retrasos fijos en la operación (hr).

Et: Eficiencia del trabajo (fracción).

Ctt: Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

TCt: tiempo del ciclo de transporte (min).

2.2.4. Productividad máxima

Corresponde al peso o volumen por hora producido por una unidad en operación, considerando sólo retrasos variables. Esta tasa de producción debe aplicarse para determinar el número de unidades de transporte asignadas a un equipo de carguío, para lograr cierta producción requerida. La productividad máxima viene dada por:

$$\text{Productividad máxima (ton/hr)} = 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right) * \frac{\text{Et} * \text{Ctt}}{\text{TCt}}$$

Donde:

Et: Eficiencia del trabajo (fracción).

Ctt: Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

TCt: tiempo del ciclo de transporte (min).

Además, se obtiene una tasa de remoción de volumen in situ (**TRpm**) para esta productividad mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TRpm (m}^3\text{/hr)} = 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right) * \frac{\text{Et} * \text{Ctt}}{[\text{TCt} * \text{Fe} * \text{DMis}]}$$

Donde:

Fe: Factor de esponjamiento (%).

DMis: Densidad del material in situ (ton/m³).

TCt: tiempo del ciclo de transporte (min).

Et: Eficiencia del trabajo (fracción).

Ctt: Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

TCt: tiempo del ciclo de transporte (min).

Considerando lo anterior tenemos que el número de equipos requeridos para cumplir con la producción del período resulta de:

$$\text{Equipos Transporte} = \frac{\text{T}}{[\text{Pm} * \text{HTd} * \text{DPc}]}$$

Donde:

T: Tonelaje total a mover por período (toneladas).

Pm: Productividad máxima por hora (ton/hr).

HTd: Horas trabajadas del día (hr).

DPc: Días del período de tiempo (unidad).

El resultado se tendrá que someter a un análisis criterios, que permita definir un número entero de equipos para la operación de transporte.

2.2.5. Factores que determinan la productividad de los equipos de transporte

- A mejor carga útil, mayor productividad.
- A mayor distancia y velocidad, mayor productividad.
- A mejor uso del equipo (menos demoras) mayor productividad

2.2.6. Productividad de los equipos de transporte

El cálculo de la productividad de un equipo depende por el tipo de equipo que se utiliza para cumplir las metas de productividad, pero en general, puede enfrentarse mediante el cálculo de los siguientes ítems. (Marín C. 2015).

La productividad en equipos de acarreo (PA), está dada por la siguiente Fórmula:

$$(P.A) = \frac{\text{payload} * (\text{distancia vacio} + \text{distanciacargado})}{\text{tiempo ciclo} (\text{viajando vacio} + \text{cuadrando} + \text{acareando} + \text{retocediendo} + \text{descargando})}$$

Donde:

Payload = carga útil

2.2.5.1. Capacidad del equipo

Corresponde a la carga por ciclo que el equipo puede manejar. Depende del tamaño del lampón del equipo de empuje.

Se determina utilizando la capacidad nominal especificada para el equipo.

2.2.6.2. Tiempo de ciclo:

Al igual que en los casos anteriores, el tiempo de ciclo consta de cuatro componentes:

- Tiempo de carga:** generalmente, dependiendo de las condiciones de trabajo.
- Tiempo de transporte:** depende del peso transportado, potencia del equipo, esfuerzos de tracción, condiciones del camino (pendiente) y distancia de transporte.
- Tiempo de descarga:** este tiempo incluye maniobra y descarga.
- Tiempo de retorno:** difiere del tiempo de transporte en que el equipo vuelve descargado y con pendiente contraria a la etapa de transporte.

La velocidad máxima de los equipos puede restringirse al trabajar en pendientes fuertes, de manera de permitir un frenado seguro en esas condiciones. El tiempo de transporte debe entonces recalcularse considerando esta velocidad máxima restringida.

2.2.6.3. Importancia de los equipos de acarreo

La capacidad calculada debe corregirse para considerar la habilidad del operador, rutas de salida, el tráfico que se presenta en las vías principales y el factor de traslape entre los equipos de acarreo y transporte, el factor de operación, etc.

2.2.6.4. Factores que determinan la productividad de los equipos de acarreo

Dentro de los procesos productivos de mayor costo se encuentra el carguío y acarreo de material, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos involucrados, alto grado de mecanización, menor rendimiento productivo por equipo y constituye un proceso de operación prácticamente continuo y lento.

El carguío tiene como objetivo retirar el material tronado desde una pila dispuesta de forma tal que facilite la extracción de material hacia la planta y/o botaderos, como a puntos intermedios. Por su parte, el transporte consiste en el movimiento de materiales desde los puntos de extracción (carguío) hacia los diferentes destinos.

- A mejor carga útil, mayor productividad (depende del tipo de camión).
- A mejor uso del equipo (menos demoras) mayor productividad.
- A menor tiempo de carguío, mayor productividad (depende del tipo de camión)
- Con mejores condiciones para el cuadrado de camiones (menor tiempo de cuadrado o spot), mayor productividad.

2.2.6.5. Productividad efectiva

Es la relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo efectivo de carga, incluyendo el tiempo de cuadrado. Esto es lo que se produciría en una hora si el hang fuera cero. Es la productividad que aparece en los reportes de tiempo real y es la empleada para los rankings.

$$\text{productividad efectiva} \left(\frac{tn}{hr} \right) = \frac{\text{tonelaje nominal}}{\text{tiempo de carguio} + \text{tiempo de cuadrado}}$$

2.2.6.6. Productividad horaria o productividad por hora operativa

Es la relación entre las toneladas nominales y el tiempo total productivo, que incluye tiempo de carguío, tiempo de cuadrado y esperando camiones.

$$\text{productividad efectiva} \left(\frac{tn}{hr} \right) = \frac{\text{tonelaje nominal}}{\text{tiempo de carguio} + \text{tiempo de cuadrado} + \text{hang}}$$

2.2.6.7. Producción de la hora

Es el total de toneladas nominales que produjo un equipo de carguío en una hora determinada, incluyendo demoras, traslados, tiempo malogrado y otros en general.

2.2.6.8. Horas totales del equipo (HT)

Son el total de las 24 horas del día, los 365 días del año. Debe considerarse para cada equipo.

2.2.6.9. Horas disponibles del equipo (HD)

Son las horas en que el equipo está disponible para producir, es decir, a disposición de Operaciones Mina.

2.2.7. Disponibilidad mecánica

Es el porcentaje del tiempo total que el equipo está disponible para operaciones. Es una medida de la eficiencia de Mantenimiento, por lo que es controlada por ellos.

$$\text{disponibilidad mecánica} = \frac{\text{horas totales} - \text{horas malogrado}}{\text{horas totales}}$$

2.2.7.1. Horas del equipo malogrado (HM)

Son las horas en que el equipo no está disponible para producir, ya sea por reparación correctiva (NP) o preventiva (PM). Está a responsabilidad de Mantenimiento Mina.

2.2.7.2. Horas operativas (horas ready) (HR)

Son las horas en que el equipo está operativo y haciendo trabajo productivo (Produciendo toneladas).

Demoras (delay) D.- Es el tiempo en que el equipo está operativo, pero no realizando trabajo Productivo. Algunas demoras son:

- Cambio de guardia
- Disparo
- Relleno combustible
- Cambio de operador

2.2.7.3. Equipo listo pero en espera (SB) (Stand-by)

Es el tiempo en que el equipo está disponible mecánicamente, pero apagado por consideraciones operativas. Ejemplos de paradas por stand-by son:

- Falta de equipo de carguío/acarreo
- Falta de grifo o cisterna
- Refrigerio
- Parada por condiciones insegura

2.2.8. Rendimiento de los equipos de carguío y transporte

2.2.8.1. Rendimiento en los equipos de carguío (LHD)

Se tomarán las siguientes consideraciones para tener un efectivo rendimiento del equipo.

- Capacidad del balde, Cb: depende del equipo
- Densidad in situ de la roca, d:
- Esponjamiento e (depende de la fragmentación)
- Factor de llenado del balde Fll
- Distancia cargado-Distancia vacio, Di, Dv (metros): layout del nivel de producción
- Velocidad cargado, Vc: equipo, carga, seguridad, radio de giro
- Velocidad equipo vacio, Vc: equipo, visibilidad operador
- Tiempo de carga, T1 (min): equipo y operador
- Tiempo de descarga, T2 (min): layout
- Tiempo viaje equipo, T3 (min): layout-velocidad del equipo
- Tiempo de maniobras T4, (min): operador- layout

2.2.8.1.1. Numero de ciclos por hora

$$Nc = \frac{60}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4} \quad \text{Ciclos/hora}$$

2.2.8.1.2. Rendimiento horario

$$R_{\text{efectivo}} = \frac{Nc \cdot C_b \cdot F_{ll} \cdot \rho}{(1 + \varepsilon)} \quad \text{Toneladas/hora}$$

2.2.8.2.1. Rendimiento de los equipos de transporte (camión minero)

- Capacidad del balde, C_b
- Capacidad del camion, C_c
- Densidad in situ de la roca, d : (2,7 t/m³ típicamente)
- Esponjamiento e
- Factor de llenado del balde F_{ll} (0,7-0,8)
- Distancia cargado-Distancia vacio, D_i , D_v (metros)
- Velocidad cargado, V_c
- Velocidad equipo vacio, V_c
- Tiempo de carga, T_1 (min)
- Tiempo de descarga, T_2 (min)
- Tiempo viaje equipo, T_3 (min)
- Tiempo de maniobras T_4 , (min)

2.2.8.2.2. Rendimiento LHD – camión

Capacidad del LHD:

$$C(lhd) = \frac{C_b F_{ll} D}{(1 + e)}$$

Numero de ciclos para llenar el camión:

$$N_{\text{camion}} = \frac{C_c}{C(Lhd)}$$

Numero de paladas:

$$NP = \text{entero} * \frac{Cc}{C(Lhd)}$$

Factor de llenado:

$$Flu = \frac{NP * C_{LHD}}{C}$$

$$T_{llenado_camion} = N_{camión} (T_1 + T_2 + T_3 + T_4)$$

2.2.8.3. Factores de influyen en el rendimiento de los equipos

- Iluminación
- Visibilidad
- Estado de carpeta de rodado
- Condiciones del área de carguío
- Condiciones del área de descarga
- Factor humano
- Granulometría del mineral a cargar
- Perdidas de Potencia

-Altura sobre el nivel del mar - Temperatura

2.2.8.4. Funciones del transporte

La industria minera no es ajena a esta actividad, ya que la actividad minera por el método subterráneo requiere de una serie de instalaciones, mecanismos, normas, personal y equipos debidamente adaptados los que permitirán transportar el material fragmentado de un lugar a otro desde las diferentes labores subterráneas hacia superficie, para beneficio de la unidad operativa.

El transporte de material en el sector minero subterráneo es una actividad del sector terciario, el cual requiere de un vehículo (medio o sistema de transporte) que utiliza una determinada infraestructura (red de transporte). Este transporte puede ser horizontal, inclinado, vertical o combinado.

2.2.8.4.1. Tipos de transporte

La clasificación del transporte minero puede resumirse de acuerdo a los siguientes parámetros:

2.2.8.4.2. Transporte minero subterráneo

Es el proceso de traslado del material desde las labores subterráneas hasta superficie. Que se realiza a través del siguiente sistema:

Sistema de transporte convencional: mediante carros mineros, locomotoras etc.

2.2.8.4.3. Transporte minero superficial

Es el proceso de traslado del material con equipos de gran envergadura, capaces de mover grandes cantidades de material al día producto de la voladura.

El transporte se realiza a través de los siguientes medios:

- En volquetes desde los bancos hasta los botaderos.
- En vagones de ferrocarril o carros sobre rieles de los bancos hacia la chancadora o depósito de desmonte.
- transporte combinado con volquetes hacia los trenes mediante embarcaderos (docks o hoppers).

2.2.8.4.4. Según su tipo de proceso

- Transporte de flujo continuo: se consideran a las fajas transportadoras, tuberías, cable carril etc.
- Transporte de flujo discontinuo: se considera al transporte sobre rieles, trackless e izaje.

2.2.8.4.5. Según su dirección

- Transporte horizontal: Es el transporte que se realiza en labores horizontales o con poca inclinación, siendo más barato que otros sistemas.
- Transporte inclinado: Realizado en labores que poseen pendientes como rampas, chiflones o inclinados.
- Transporte vertical: Este se realiza en labores cuya pendiente excede a los 45° y puede usarse para el transporte de personal y mineral.
- Transporte combinado: Es el sistema de transporte más empleado y combina los diferentes sistemas de transporte anteriormente descritos.

2.2.8.4.6. Según su sentido:

- Transporte ascendente: Transporte que se realiza con desplazamiento positivo (+).

- Transporte descendente: Es el transporte que se realiza en desplazamiento negativo (-). Jiménez (2005).

2.2.9. Eficiencia de operación en relación a los costos (% Eff).

La eficiencia de trabajo es el más complejo elemento de estimación que es determinado por una serie de variables como el factor humano, condiciones climáticas, métodos de explotación, tránsito, reparación de los volquetes, operación nocturna, logística, etc.

El porcentaje de eficiencia puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Eff} = \frac{\text{tiempo de operacion efectiva}}{\text{tiempo total de operacion}} * 100$$

Esta eficiencia operacional o factor operacional (operating factor) dependerá por todos estos factores anteriormente descritos, más el rendimiento administrativo y de la supervisión como lo demuestra el Cuadro:

Tabla 04. *Eficiencia operacional según la condición de trabajo.*

| CONDICIONES DEL TRABAJO | Buena | Promedio | Mala |
|----------------------------|-------|----------|------|
| Buena | 0.90 | 0.750 | 0.60 |
| Promedio | 0.80 | 0.650 | 0.50 |
| Mala | 0.70 | 0.600 | 0.45 |

Fuente: *Manual de cálculos de rendimientos de maquinaria pesada, Jiménez (2005).*

2.2.9.1. Gestión de Costos

Definir indicadores que den cuenta de la evolución de la operación en el tiempo, se deben utilizar indicadores que relacionen insumos en unidades físicas con algún parámetro operacional. Los indicadores no deben tener relación con variables externas a la operación, ya que trae distorsiones al momento de interpretar el mejoramiento del proceso. Debe evitarse el uso de indicadores que se definen como Costo vs. Parámetro Operacional, ya que existen factores externos a la operación misma que influyen en esos indicadores, como por ejemplo el precio de los insumos. Para lograr una completa visión de lo que ocurre en un proceso, se debe tener respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Dónde y en qué se gasta?
- ¿Cómo cambian los costos por variaciones en el proceso?
- ¿Cuál es el flujo de dinero a través de la cadena de producción?

Para responder estas preguntas se desarrolló un sistema de análisis y estimación de costos, utilizando los conceptos de costeo basado en actividades para generar un modelo formado por relaciones insumo-proceso. (Quinto, S. 2015)

2.2.9.2. Costo por actividad realizada

Para aplicar un sistema de costeo basado en actividades, en primer lugar se debe describir qué es una actividad. Ésta se define como un acontecimiento, tarea o unidad de trabajo que tiene un motivo específico dentro del proceso productivo (Horngren, Datar y Rajan, 2012)

Gallardo, lo define como un nuevo sistema de costos para incrementar la competitividad de las empresas. Es una herramienta que facilita el proceso de toma de decisiones, así como el diseño de estrategias elaboradas por las empresas, al ofrecer información más exacta que los otros sistemas (Gallardo, 2003).

Por otro lado, Landolt, Schnake e Isakson, mencionan que el costeo basado en actividades permite entender el enlace entre el proceso con los costos, identificar los factores físicoquímicos que gobiernan los costos de procesos, además de usar los procesos y los modelos de costo del sistema de producción. Sostienen que la administración requiere de un entendimiento de las razones causales de los costos y su relación con el proceso de producción (Landolt, Schnake y Isakson, 2007).

En el esquema de costo basado en actividades nos indica que se debe asignar la totalidad de los costos a alguna actividad, por lo que no da lugar a que se ignore el origen de un costo. Cada actividad es separada en funciones, para representar un mayor nivel de detalle. Las funciones generalmente representan equipos principales.

En el caso de Tulcanaza y Ferguson, se aplica la metodología de Costeo basado en actividades como ayuda para la reducción de costos en operaciones subterráneas del tipo block-caving. Se considera que el costeo basado en actividades ha demostrado a lo largo de una amplia gama de industrias que produce una significativa reducción en los costos y es capaz de mostrar en forma clara cómo cada gasto se va haciendo en el tiempo (Tulcanaza y Ferguson 2004).

2.2.9.3. Tipos de costos

Es necesario clasificar los costos de acuerdo a categorías o grupos, de manera tal que posean ciertas características comunes para poder realizar los cálculos, el análisis y presentar la información que puede ser utilizada para la toma de decisiones (Merma, A. 2018).

2.2.9.4. Clasificación según la función que cumplen

- Costo de financiación, es el correspondiente a la obtención de fondos aplicados al negocio. Por ejemplo:
 - Intereses pagados por préstamos.
 - Comisiones y otros gastos bancarios.
 - Impuestos derivados de las transacciones financieras.
- Costo de administración, son aquellos costos necesarios para la gestión del negocio. Por ejemplo:
 - Sueldos y cargas sociales del personal del área administrativa y general de la empresa
 - Honorarios pagados por servicios profesionales.
 - Servicios Públicos correspondientes al área administrativa.
 - Alquiler de oficina.
 - Papelería e insumos propios de la administración
- Costo de producción, son los que permiten obtener determinados bienes a partir de otros, mediante el empleo de un proceso de transformación. Por ejemplo:
 - Costo de la materia prima y materiales que intervienen en el proceso productivo
 - Sueldos y cargas sociales del personal de producción.
 - Depreciaciones del equipo productivo. Costo de encajes y embalajes.
 - Costo de los Servicios Públicos que intervienen en el proceso productivo.

2.2.9.5. Clasificación según la función que cumplen

- Costo de financiación, es el correspondiente a la obtención de fondos aplicados al negocio. Por ejemplo:
 - Intereses pagados por préstamos.
 - Comisiones y otros gastos bancarios.
 - Impuestos derivados de las transacciones financieras.

- Costo de administración, son aquellos costos necesarios para la gestión del negocio. Por ejemplo:
 - Sueldos y cargas sociales del personal del área administrativa y general de la empresa
 - Honorarios pagados por servicios profesionales.
 - Servicios Públicos correspondientes al área administrativa.
 - Alquiler de oficina.
 - Papelería e insumos propios de la administración
- Costo de producción, son los que permiten obtener determinados bienes a partir de otros, mediante el empleo de un proceso de transformación. Por ejemplo:
 - Costo de la materia prima y materiales que intervienen en el proceso productivo
 - Sueldos y cargas sociales del personal de producción.
 - Depreciaciones del equipo productivo.
 - Costo de los Servicios Públicos que intervienen en el proceso productivo.
 - Costo de envases y embalajes, los costos de almacenamiento y depósito.
- Costo de comercialización, es el costo que posibilita el proceso de venta de los bienes o servicios a los clientes. Por ejemplo:
 - Sueldos y cargas sociales del personal del área comercial.
 - Comisiones sobre ventas.
 - Fletes, hasta el lugar de destino de la mercadería.
 - Seguros por el transporte de mercadería.
 - Promoción y Publicidad.
 - Servicios técnicos y garantías de post-ventas.

2.2.9.6. Clasificación según su grado de variabilidad

Esta clasificación es importante para la realización de estudios de planificación y control de operaciones, son de uso gerencial. Está referido a la variación de los costos, según los niveles de producción.

- Costos Fijos, son aquellos costos cuyo importe permanece constante, independiente al volumen de producción de la empresa. Se pueden identificar y llamar como costos de "mantener la empresa abierta", de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa. Por ejemplo:
 - Ventilación de mina

- Servicios de vigilancia externo
- Alquileres de servicios para uso administrativo
- Amortizaciones o depreciaciones
- Seguros
- Impuestos fijos
- Servicios Públicos (luz, gas, etc.)
- Sueldo y cargas sociales de encargados, supervisores, gerentes, etc. Costos Variables, son aquellos costos que varían en forma proporcional, con el nivel de producción o actividad de la empresa. Son los costos por "producir" o "vender". Por ejemplo:
 - Mano de obra directa
 - Materiales e Insumos directos (explosivos, neumáticos, aire comprimido, energía etc).
 - Impuestos específicos.
 - Transporte,
 - Comisiones sobre ventas.

2.2.9.7. Clasificación según su asignación, son de uso contable

- Costos Directos, son aquellos costos que se asigna directamente a la actividad de producción. Por lo general se refieren a los costos variables.
- Costos Indirectos, son aquellos que no son asignados directamente a la actividad de producción o servicio, pero que son necesaria para la producción. Se distribuyen entre las diversas unidades productivas mediante algún criterio de reparto. En la mayoría de los casos los costos indirectos son costos fijos.

2.2.9.8. Clasificación según su comportamiento

Costo Variable Unitario, es el costo que corresponde a cada unidad de producción producida; por ejemplo, el costo por cada tonelada de mineral producido, costo por cfm de aire producido, costo por metro de avance, etc.

2.3. Definiciones conceptuales

Producción: Volumen o peso total de material que debe manejarse en una operación específica. Puede referirse tanto al mineral con valor económico que se extrae, como al estéril que debe ser removido para acceder al primero. A menudo, la producción de

mineral se define en unidades de peso, mientras que el movimiento de estéril se expresa en volumen.

Tasa de producción: Corresponde al volumen o peso de producción teórico por unidad de tiempo de un equipo determinado. Generalmente se expresa en términos de producción por hora, pero puede también utilizarse la tasa por turno o día.

Productividad: La producción real por unidad de tiempo, cuando todas las consideraciones de eficiencia y administración han sido consideradas. También puede llamarse tasa neta de producción, o tasa de producción por unidad de trabajo y tiempo (por ejemplo, toneladas/hombre turno).

Eficiencia: El porcentaje de la tasa de producción estimada que es efectivamente utilizado por el equipo. Reducciones en la tasa de producción pueden deberse al equipo mismo, o condiciones del personal o del trabajo. El factor de eficiencia puede expresarse como el número de minutos promedio que se trabajan a producción máxima en una hora dividido por 60 minutos.

Disponibilidad: La porción del tiempo de operación programado que un equipo está mecánicamente preparado para trabajar.

Utilización: La porción del tiempo disponible que el equipo realmente está trabajando.

Capacidad: Se refiere al volumen de material que una unidad de carguío o transporte puede contener en un momento dado (por ejemplo, el volumen del balde de una palao de la tolva de un camión). La capacidad se puede expresar de dos maneras:

Capacidad rasa: El volumen de material en una unidad de carguío o transporte cuando es llenado hasta el tope, pero sin material sobre los lados o llevado en algún accesorio externo como los dientes del balde.

Capacidad colmada: Máximo volumen de material que una unidad de carguío o transporte puede manejar cuando el material es acumulado sobre los lados del contenedor. Mientras que la capacidad rasa es una constante para un equipo dado, la capacidad colmada depende del material transportado y de sus propiedades (tamaño de granos, ángulo de reposo, etc.)

Capacidad nominal (de fábrica): capacidad de un determinado equipo, en términos del peso máximo que puede manejar. La mayoría de los equipos están diseñados para

movilizar un determinado peso, en lugar de un volumen máximo. Por lo tanto, el volumen de material manejado dependerá de la densidad del material, y variará con la densidad para un mismo equipo, mientras que el peso máximo es constante y es una función de la resistencia de los componentes del equipo.

Factor de esponjamiento: El incremento fraccional del volumen del material que ocurre cuando está fragmentado y ha sido sacado de su estado natural (volumen in-situ) y depositado en un sitio no confinado (volumen no confinado). Puede expresarse como una fracción decimal o como un porcentaje.

Factor de llenado de balde: Un ajuste de la capacidad de llenado del balde de equipos de carguío. Se expresa generalmente como una fracción decimal y corrige la capacidad del balde al volumen que realmente puede mover, dependiendo de las características del material y su ángulo de reposo, y la habilidad del operador del equipo para efectuar la maniobra de llenado del balde.

Ciclo: Al igual como la explotación de minas se describe generalmente como un ciclo de operaciones unitarias, cada operación unitaria tiene también una naturaleza cíclica. Las operaciones unitarias de carguío y transporte pueden dividirse en una rotación ordenada de pasos o sub operaciones. Por ejemplo, los componentes más comunes de un ciclo de carguío con unidad discreta son: cargar, transportar, botar y regresar. Desde el punto de vista de selección de equipos o planificación de la producción, la duración de cada componente es de primordial importancia. La suma de los tiempos considerados para completar un ciclo corresponde al tiempo del ciclo. El objetivo del proceso de selección de equipos para manejo de materiales es bastante sencillo: se trata de seleccionar un equipo o una combinación de equipos que sea capaz de mover un volumen específico de material sobre una distancia conocida en un determinado periodo de tiempo.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- Con el dimensionamiento de la flota adecuada de los equipos de acarreo y transporte de mineral, se optimizarán sus rendimientos en la Cia. Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Con el dimensionamiento de la flota adecuada de los equipos de acarreo de mineral, se optimizarán sus rendimientos en la Cia. Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada.
- Con el dimensionamiento de la flota adecuada de los equipos de transporte de mineral, se optimizarán sus rendimientos en la Cia. Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Método de la investigación

3.1.1. Método general

En forma general se empleará el método científico, que es una serie ordenada de procedimientos de que hace uso la investigación científica para observar la extensión de nuestros conocimientos. Podemos concebir el método científico como una estructura, un armazón formado por reglas y principios coherentemente concatenados.

El método científico, es utilizado y ratificado como válida por los investigadores científicos a la hora de proceder con el fin de exponer y confirmar sus teorías. Una teoría científica es un conjunto de conceptos, incluyendo abstracciones de fenómenos observables y propiedades cuantificables, junto con reglas (leyes científicas) que expresan las relaciones entre las observaciones de dichos conceptos.

3.1.2. Método específico

Método de investigación es descriptivo - explicativo.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicativo porque busca responder a las causas de los principales eventos tratados en el presente proyecto y además busca generar conocimientos relacionados al ciclo productivo minero con el fin de mejorarlo y hacer más eficiente.

3.2.1. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo – explicativo; descriptivo porque se busca medir y/o evaluar diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a

investigar, vale decir que seleccionaremos una serie de indicadores y mediremos cada una de ellas independientemente para así describir lo que se investiga; explicativo porque se especificaran las propiedades importantes de los hechos y fenómenos que serán sometidos a una experimentación de laboratorio o de campo.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. Variables independientes

- Optimización de los parámetros en la flota adecuada.
- Control de las demoras operativas y los tiempos muertos.

3.3.2. Variables dependientes

- Incremento de la productividad en acarreo y transporte.
- Reducción de los costos de operación.

3.3.3. Variables intervinientes

- Tipo de Roca en Mina Inmaculada.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población que se tomará en cuenta en la presente investigación, serán las unidades de acarreo y transporte de mineral, pertenecientes a la Cía. Minera Ares SAC. U. O. Inmaculada.

3.4.2. Muestra

La muestra fue elegida aleatoriamente. El lugar en el que se desarrolló la toma de datos para la presente investigación fue en las labores asignadas para el carguío y transporte de mineral, como son cámaras de acumulación de carguío, ore pass y el trayecto de interior mina hacia la superficie, ubicado en la Unidad Operativa Inmaculada, y los criterios de los datos obtenidos en campo.

3.5. Material de estudio

3.5.1. Ubicación y accesibilidad

3.5.1.1. Ubicación política

La unidad operativa inmaculada se encuentra al sur del Perú en la provincia de Parinacochas y Paucar de Sara Sara en el departamento de Ayacucho situado entre 3 900 y 4 800 msnm dentro del cinturón metalogenético Epitermal puquio Caylloma aproximadamente a 210 km sur-oeste del Cuzco y a unos 530 km sur-este de Lima capital del Perú.

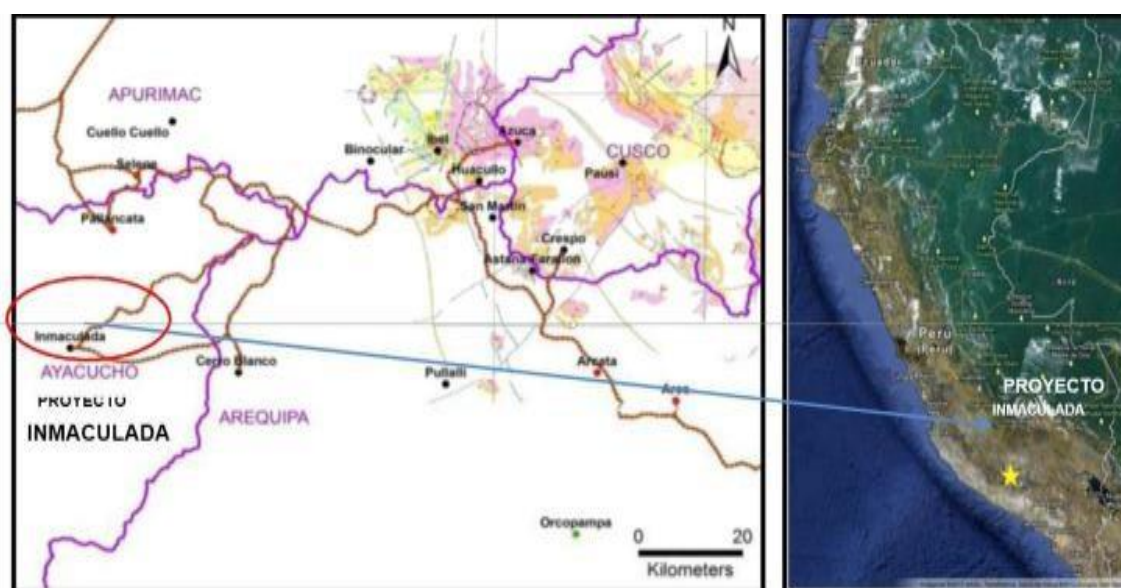


Figura 03 Ubicación y Accesibilidad a la Unidad Minera Inmaculada.

Fuente: *Area Geología Inmaculada*

3.5.1.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de la Unidad minera se puede realizar de por vía aérea a Cuzco (1,0 hora) y luego por carretera asfaltada de Cuzco a Abancay (195,0 km), luego de Abancay a Chalhuanca (120,0 km) al centro poblado de Iscahuaca (43 km), desde donde se accede a la unidad por una trocha carrozable de 138,0 km.

También se tiene acceso a la zona de la Unidad por vía terrestre desde Lima por la carretera Panamericana Sur hasta Nazca (460,0 km), donde se toma un desvío hacia el Este (por un ramal que conduce al Cuzco) por una carretera asfaltada hasta el poblado de Puquio (155,0 km), luego se continúa por una vía asfaltada hasta el poblado de Iscahuaca

(142,0 km), desde donde se toma un desvío por trocha carrozable hacia la Unidad minera Inmaculada 138,0 km).

Tabla 05. *Ubicación y Accesibilidad.*

| De | A | Tipo de vía | tiempo (horas) | Distancia (km) |
|--|------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Desde Lima a la Unidad Minera Inmaculada | | | | |
| Lima | Nazca | Asfaltada | 6,0 | 460,0 |
| Nazca | Puquio | Asfaltada | 4,0 | 155,0 |
| Puquio | Iscahuaca | Asfaltada | 3,0 | 142,0 |
| Iscahuaca | Inmaculada | Trocha | 4,45 | 141,1 |
| Desde Cuzco a la Unidad Minera Inmaculada | | | | |
| Lima | Cuzco | Vía Aérea | 1,5 | 590,0 |
| Cuzco | Abancay | Asfaltada | 4,0 | 195,0 |
| Abancay | Chalhuanca | Asfaltada | 3,0 | 120,0 |
| Chalhuanca | Iscahuaca | Asfaltada | 0,5 | 43,0 |
| Iscahuaca | Inmaculada | Trocha | 4,45 | 141,1 |

Fuente: *Unidad Operativa Inmaculada*

Inmaculada es una mina de 20.000 hectáreas de dos tercios de oro y un tercio de plata que tiene 40 concesiones mineras ubicadas en el Departamento de Ayacucho, en el sur del Perú. Inmaculada está a 112 kilómetros de la operación Pallancata. Los derechos de concesión e intereses en Inmaculada eran propiedad de Minera Suyamarca S.A.C. a través de la cual la corporación tenía una participación del 60 % en el control de Inmaculada con el 40 % restante perteneciente a IMZ, bajo los términos de un acuerdo de Joint Venture. Tras la finalización de la adquisición de IMZ en diciembre del 2013 la Unidad Operativa Inmaculada es ahora 100 % propiedad directa de Hochschild Mining.

3.5.2. Componentes físicos

3.5.2.1. Geomorfología

La Unidad Minera Inmaculada está dentro de la franja de la cordillera occidental Sur, entre las altitudes de 4 000 a 5 000 m.s.n.m., en esta zona resalta dos unidades geomorfológicas bien marcadas, la primera es la meseta alto andina, se caracteriza por un relieve plana a ondulada con pequeñas colinas redondeadas, abarca grandes extensiones, el grado de erosión es escasa, solo el viento es el principal agente de erosión. La segunda unidad geomorfológica son los valles alto andinas, se caracteriza por presentar zonas muy abruptas, escarpadas e inaccesibles, crestas pronunciadas y picos con flancos elevados. El grado de erosión es elevada por su diferencia de cotas.

La veta Ángela está limitada por dos quebradas llamadas Quellopata y Patari, las que son tributarios de los ríos Huamancute y Huanca Huanca y éstas a la vez confluyen al río Marán y finalmente terminan en el río Ocoña.

La veta Ángela se emplaza en el flanco sur-este del cerro Quellopata, que es una ladera uniforme con pequeñas ondulaciones cuya pendiente varía de 2 a 10° de inclinación; mientras en el sector suroeste el flanco es más pronunciado y su pendiente está en el orden de 20 a 35° de inclinación. La cima del cerro Quellopata alcanza los 4 735 m.s.n.m. (Fuente: Area Geología Inmaculada)

3.5.2.2. Topografía y fisiografía

La zona donde se ubica la Unidad Minera de Inmaculada posee una topografía variada que se caracteriza por tener laderas y colinas de relieve ondulado a plano; así como, zonas abruptas con afloramientos rocosos de relieve accidentado y ondulado por las intersecciones de pequeñas quebradas; cuyas pendientes van de 45° a 70° características del modelaje glaciar. (Fuente: Área Geología Inmaculada)

3.5.2.3. Clima y meteorología

El clima es frígido o de Puna, se caracteriza por tener días fríos y noches muy frías. La temperatura media anual varía entre 0°C a 7°C. Las temperaturas máximas se registran entre los meses de setiembre y abril, llegando hasta 20°C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto que oscilan entre 9°C y 25°C bajo cero. Hay fuerte oscilación térmica entre el sol y la sombra, entre el día y la noche. Las lluvias y la nieve caen en verano, comenzando desde octubre; hay una época muy seca, de mayo a setiembre. La

precipitación fluctúa entre 200 – 400 y 1000 mm al año. (Fuente: Área Geología Inmaculada)

3.5.3. Componentes bióticos

El componente biótico o biológico es el conocimiento de la riqueza de flora y fauna, por ello, la información presente constituye una aproximación a la realidad de la biodiversidad de la zona del Proyecto Inmaculada. Las zonas de vida es un concepto que fue propuesto por Holdridge quien dió a conocer una teoría partiendo de los datos climáticos para determinar las formaciones vegetales. Esta clasificación define en forma cuantitativa la relación entre los principales factores climáticos y la vegetación. Como factores se tienen a los “factores independientes” que son la temperatura, la precipitación y la humedad ambiental, mientras que los factores bióticos son considerados como “dependientes” subordinados al clima. De acuerdo a esta clasificación de zonas de vida, el área del Proyecto corresponde a las siguientes zonas de vida: Páramo Húmedo – Subalpino Subtropical (ph – SaS) y Estepa -Montano Subtropical (e-MS). (Fuente: Área Geología Inmaculada)

3.5.3.1. Flora

Las áreas estudiadas se encuentran ubicadas entre los 4 536 a 4 701 m.s.n.m. Las formaciones vegetales presentes en el área de la Unidad Minera Inmaculada son principalmente el césped de puna, pajonal, roquedal y geliturbados. Es el césped de puna y el pajonal las formaciones que abarcan mayor área en la zona. Se registraron 31 especies de flora vascular, agrupadas en 21 géneros y 10 familias.

3.5.3.2. Fauna

Se registran para el área de influencia directa diversas especies de fauna, entre aves, reptiles y mamíferos. Esta cifra no necesariamente constituye el conocimiento global de biodiversidad en el área, por cuanto la presencia de fauna está influenciada normalmente por la estacionalidad y/o frecuencia de observación. Según el D.S. N° 034-2004-AG, de los mamíferos avistados y potenciales en el área de la Unidad Operativa la especie “taruca” (*Hippocamelus antisensis*) registrados por literatura especializada (rango de distribución), se encuentran clasificada como especie en situación Vulnerable (VU), mientras el “puma” *Puma concolor* y la “vicuña” (*Vicugna vicugna*) se encuentran clasificados como especies Casi Amenazadas (NT) cabe señalar que el puma ha sido

registrado por literatura especializada mientras que la vicuña ha sido avistada en el área de estudio.

En cuanto a las especies de aves, “el cóndor andino” (*Vultur gryphus*) y “parihuana común” (*Phoenicopterus chilensis*) avistadas en el área, se encuentran clasificadas como una especie En Peligro (EN) y como Casi Amenazadas (NT) respectivamente.

3.5.4. Geología local

3.5.4.1. Lito estratigrafía local

Las rocas más antiguas dentro de la propiedad son sedimentos marinos clásticos del Mesozoico de la Formación Soraya de la edad Cretácica Media. La Formación Soraya consta de areniscas calcáreas y areniscas de grano fino a medio. Subyacen a la Formación Soraya capas rojas (o “red beds”) continentales de la Formación Mara del Cretácico. La Formación Mara está compuesta por limolitas, areniscas y conglomerados de capas gruesas. Ambas formaciones Mesozoicas afloran en las inmediaciones de las áreas de Minascucho y San Salvador, ubicadas dentro de la propiedad. En estas localidades, las rocas Mesozoicas subyacen en forma discordante a las rocas volcánicas del grupo Tacaza del Oligoceno Medio (30 Ma), que alcanzan una potencia de 600 a 800 m. Las ocurrencias minerales conocidas en la propiedad se encuentran en los volcánicos del Grupo Tacaza. La secuencia de Tacaza está compuesta por una unidad basal delgada de toba de lapilli riódacítica, que subyace a una secuencia gruesa de flujos andesíticos, brechas y tobas. También ocurren algunos sedimentos epiclásticos locales intercalados dentro de las andesitas. Pequeños stocks y diques de composición andesítica se encuentran dentro de las rocas Mesozoicas del basamento en Minascucho y San Salvador. Se cree que éstas constituyen las alimentadoras de las brechas y flujos más voluminosos. Domos riolíticos pequeños, emplazados dentro de las andesitas del grupo Tacaza, afloran en el sector suroccidental de Minascucho y en Tararunqui. En Minascucho y San Salvador, las secciones del grupo Tacaza ubicadas a mayor altura están representadas por areniscas laminadas, areniscas tobáceas y conglomerados que fueron depositados en un ambiente lacustre, dentro de un entorno tipo graben (el Graben Minascucho). Los sedimentos lacustres alcanzan una potencia de aproximadamente 40 m. Tipos similares de sedimentos de origen lacustre también ocurren en la esquina suroeste del área de Quellopata.

La formación Tacaza subyace a la Formación Alpbamba del Mioceno en la parte suroriental de la propiedad. La formación Alpbamba está compuesta por secuencias

delgadas de tobas líticas riódacíticas, con una potencia total de la formación de aproximadamente 800 m. La formación Aniso del Mioceno sobreyace a la formación Alpbamba y consta principalmente de toba cristalina de hasta 150 a 200 m de potencia. La formación Aniso aflora al norte del límite de la propiedad y subyace al grupo Barroso de la era del Pleistoceno al Plioceno. El grupo Barroso está compuesto principalmente por lavas andesíticas, lahares y brechas con una potencia agregada de más de 400 m y ocurre a las mayores elevaciones dentro de la propiedad.

Los depósitos recientes como depósitos fluvioglaciares, eluviales, coluviales y aluviales tiene escaso espesor. Rocas Ígneas; Domos riolíticos pequeños, están emplazados dentro de las andesitas del grupo Tacaza, Stock y diques de composición andesítica cortan las rocas mesozoicas. (Fuente: Area Geología Inmaculada)

3.5.4.2. Lito estratigrafía del yacimiento

En el área de Quellopata, la cual alberga la veta Ángela, sobreyacen brechas y lavas andesíticas intercaladas del grupo Tacaza. Estas lavas andesíticas son de color verdoso a purpúreo y porfiríticas, mientras que las brechas parecen ser autóctonas. Se han delineado hasta cuatro flujos lávicos en el área de Quellopata, los cuales están intercalados con brechas volcánico-clásticas compuestas por clastos andesíticos dentro de una matriz andesítica. La potencia de la veta varía de 0,5 m a 16,0 m, con un promedio aproximado de 6.0 m. Se observaron dos generaciones de mineralización en la veta Ángela: un evento temprano de plomo-zinc y un evento tardío de oro-plata. La mineralización temprana está compuesta por vetillas de cuarzo blanco con esfalerita, galena, pirita y argentita (en pequeñas cantidades).

Estas vetillas forman una amplia envoltura de baja ley (0,2 a 1,0% Pb + Zn) que rodea, y traslapa, la mineralización de la veta Ángela. El segundo evento de mineralización en la veta Ángela es el más importante desde el punto de vista económico y está compuesto por una veta de calcedonia blanca con brecha y stockworks asociados. La calcedonia contiene pequeñas cantidades (por lo general <1%) de electrum, argentita, pirargirita, calcopirita, pirita y marcasita. La roca encajonante andesítica que rodea a la veta Ángela se encuentra alterada como un conjunto de alteraciones propilíticas compuesto por esmectita, clorita y pirita diseminada. Los stockworks de cuarzo, algunos con cantidades significativas de metales base, son comunes en la roca encajonante adyacente a la veta.

3.5.5. Geología estructural

Las estructuras geológicas como las fallas mayores tienen dos tendencias predominantes N40-50°E y N40-50°W, con buzamiento sub vertical, ambos sistemas son de extensión regional. Las vetas de la Unidad Inmaculada como: Shakira, Roxana, Ángela, Lourdes, Teresa, Organa, Rebeca entre otros, tienen el mismo alineamiento al primer sistema de fallas. Según Cesar Velazco, geólogo de Hochschule, las minas Pallancata, Ares, Explorador, Arcata, Caylloma, Shila, Paula y Selene tienen vetas con alineamientos a estos dos sistemas de fallas con rumbo noreste y buzamiento sur-este son las estructuras más antiguas en Quellopata y albergan a las ocho vetas conocidas como Ángela, Roxana, Martha, Teresa, Lourdes, Shakira, Juliana y Lucy. Desplazamientos relativos de horizontes de referencia en secciones transversales construidas a partir del logeo de testigos y mapeo superficial, sugieren que estas estructuras son fallas normales.

Estas fallas parecen haber estado activas en varias ocasiones, como lo evidencia el repetido brechamiento en las zonas de falla, que compone una parte de la mineralización (junto con las vetas y stockwork). Las estructuras objetivo de la veta Ángela se alojan en volcánicos de la era Terciaria y están asociadas con varios episodios de mineralización. Las potencias promedio de la veta están dentro del rango de 0,8 – 4,0 m de ancho y la mayoría de sistemas de la veta tienden a ser ricos en plata, aunque sí ocurren variaciones locales con zonas de ratios menores de Ag: Au.

Un mapeo detallado mostró que el tipo de roca dominante que alberga las vetas del área de Quellopata es la andesita / brecha andesítica de la formación Tacaza del Oligoceno. El mapeo también mostró que las vetas fueron predominantemente de rumbo noreste, con excepción de la parte sur-occidental del área donde su orientación es más hacia el oeste. El muestreo de esquirlas de roca ha mostrado que en la veta Ángela, en la cercanía de la línea 10,000 N de la cuadrícula local, se encuentran presentes valores de oro consistentemente altos (de 1 a más de 10 g/t Au). Esta exposición vetiforme de mayor ley ocurre en el valle. El material de mejor ley no llega a la superficie en la mayor parte de la longitud en rumbo de la veta, aunque se puede observar vetificación de cuarzo. La explicación probable es que el nivel de ebullición se encontraba justo por debajo de la superficie topográfica actual salvo en el valle, y que la deposición de metales preciosos se detuvo ahí. Las estructuras más antiguas en la zona de Quellopata son fallas con rumbo noroeste y buzamiento sureste y albergan las ocho vetas conocidas: Ángela, Roxana, Martha, Teresa, Lourdes, Shakira, Juliana y Lucy. Ángela), Lucy, Pirita, Shakira, Karina,

Juliana y Sara. Adicionalmente hacia el extremo Suroeste se tiene las vetas Melissa, Kattia, y Jimena. En conjunto presentan anchos de 0.3 m a 5.0 m con longitudes que van desde 15,0 m a 2 200,0 m con evidencias de continuidad por debajo de las coberturas aluviales hacia el NE (veta Ángela). (Fuente: Área Geología Inmaculada)

3.5.6. Geología regional

Según P&E Mining Consultants Inc. (2010), en la zona de la Unidad Minera Inmaculada predomina las rocas volcánicas del Cretácico y Terciario y en menor medida secuencias sedimentarias con intrusivo del Terciario. Los yacimientos de oro se encuentran situados dentro de la franja Cenozoica Puquio-Caylloma y están asociados con volcánicos e intrusiones. Las zonas mineralizadas se alojan en rocas volcánicas en forma de sistemas de vetas epitermales de cuarzo con mineralización de Ag-Au incluyendo los depósitos de baja sulfuración de Pallancata, Ares y Explorador, los depósitos de sulfuración intermedia de Arcata y Caylloma y los depósitos de alta sulfuración de Shila, Paula, Selene, Suyckutambo, Chipmo y Poracota. (Fuente: Área Geología Inmaculada)

3.5.6.1. Mesozoica a Cenozoica

- Formación Soraya (Mesozoico - Jurásico): Está constituida por capas de areniscas de granulometría fina a media de color verde pálido y blanquecino, alternadas con delgados lentes de areniscas calcáreas y margas.
- Formación Mara (Mesozoica - Cretáceo Inferior): Está conformada por sedimentos de limolitas, areniscas y conglomerados rojizos con clastos de cuarcitas, calizas de color plumizo y areniscas.
- Grupo Tacaza (Cenozoico - Oligoceno Medio - Mioceno Inferior): Está conformada por una secuencia continúa de coladas de lava y debris flow andesítico (Anta-Patari), tobas de lapilli, tobas líticas, debris flow andesíticos; dentro de este grupo se ha identificado subunidades como se describe a continuación:
- Unidad Brecha - Debris Flow y Lava Andesítica: Aflora ampliamente en la zona de Anta- Patari, con horizontes de brechas-debris flow.
- Unidad Tobas Líticas y Tobas de Lapilli Andesitas: Aflora desde las partes altas de Anta- Patari, Minascucho, al SW de Minascucho en el cerro Ojochaila y alrededores.

- Unidad de Areniscas y Conglomerados: Aflora localmente en Minascucho. Esta unidad presenta horizontes de arenisca conglomerádica de granulometría gruesa estratificados.
- Formación Quellopata (Cenozoico - Mioceno): Corresponde a la serie volcánica superior del área de estudio. La litología es una alternancia de coladas de lava y brecha-debris flow de composición andesítica de color verde violáceo. Han identificado stocks subvolcánicos, domos y diques, las que intruyeron al basamento en el Mesozoico y Cenozoico. (Fuente: Área Geología Inmaculada)

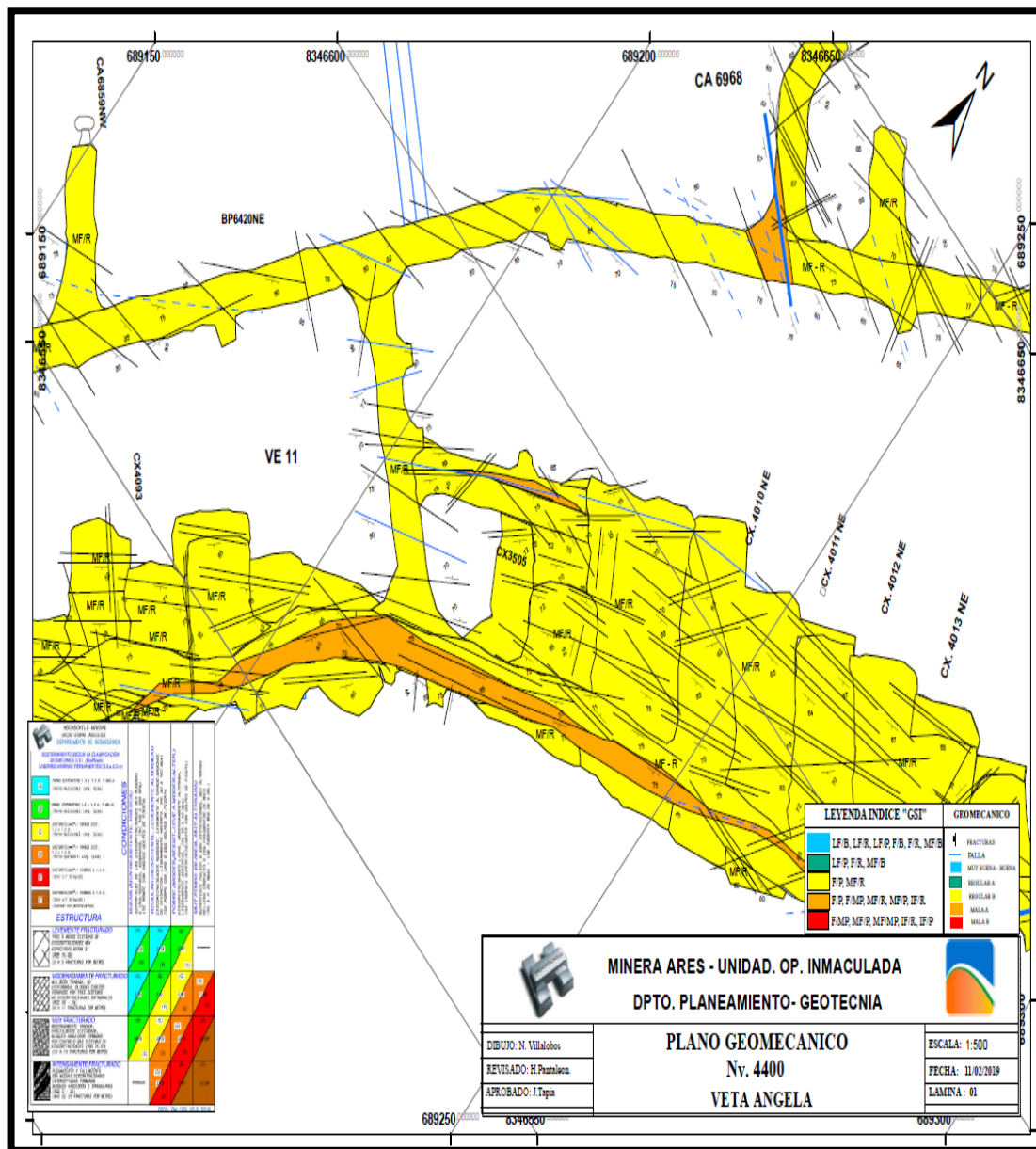


Figura 04 Estructura del macizo rocoso de la Unidad Minera Inmaculada.

Fuente: Área Geotecnia Inmaculada.

3.5.7. Geología económica

Este yacimiento es aurífero y es uno de los más importantes de la cordillera oriental del sur del Perú. El yacimiento es de tipo estratiforme, Stock Work y diseminado dentro de las rocas del paleozoico inferior. La característica estructural del sistema son vetas, mantos y diseminaciones debido a la acción de productos hidrotermales que ascendieron por medio de fracturas y micro fracturas, llevando iones libres de oro y sulfuros. El oro se encuentra en los sulfuros de hierro, como metal libre diseminado en las rocas y dentro de los mantos de cuarzo gris ahumado, además existe oro blanco denominado calaverita, por ser de fluidos de teluros. Entre los sulfuros se tiene los minerales como la pirrotita, que se encuentra en forma diseminada, en lentes, motas y acompañando a los mantos de cuarzo gris. La pirita, es común en la zona, se presenta en forma cúbica, se encuentra en las vetas, mantos, nódulos de cuarzo lechoso. La arsenopirita se encuentra acompañando a los sulfuros de fierro, plata y cobre. La estibina asociada a minerales de antimonio, plomo y en diseminados o en estructuras de mantos lenticulares de cuarzo gris emplazados en rocas filitas. La calcopirita, es la mena principal de cobre, se encuentra en pequeñas cantidades asociadas a la pirrotita, pirita, blenda, galena, esfalerita, etc. Es de origen hidrotermal.

- Veta Angela - epitermal de Au+ Ag

El relleno de veta está conformado por cuarzo blanco opalino con texturas de reemplazamiento, pseudomorfos de calcita y baritina, restos de calcita, cuarzo coloforme bandeado, menor cuarzo sacaroide y calcedonia, con buen desarrollo de espacios abiertos. Dentro de las vetas y hacia los bordes presenta pirita cúbica oxidada, óxidos de Fe, illita y esméctita como relleno de cavidades, trazas de marcasita.

- Zona 1: Veta de cuarzo blanco – hialino – calcedónico, con textura bandeada coloforme-crustiforme y lamelar, diseminación de pirita 1%, sulfuros grises, Ox de Fe y Mn.
- Zona 2: Veta de cuarzo blanco hialino, nódulos de cuarzo calcedónico, calcita-rodrosita, texturas coloformes, crustiformes, masivas y reticulares, bandas de sílice gris, platas rojas (pirargirita), cobres grises.
- Zona 3: Veta de cuarzo blanco de grano fino, con textura oquerosa, bandeada, coloforme, presenta platas rojas (pirargirita), débil diseminación de pirita.

- Zona 4: Veta de cuarzo blanco de grano fino, con textura oquerosa, reemplazamiento, reticulada a bandeada, débil diseminación de sulfosales de Ag (Pirargirita), trazas de pirita. (Fuente: Área Geología Inmaculada)

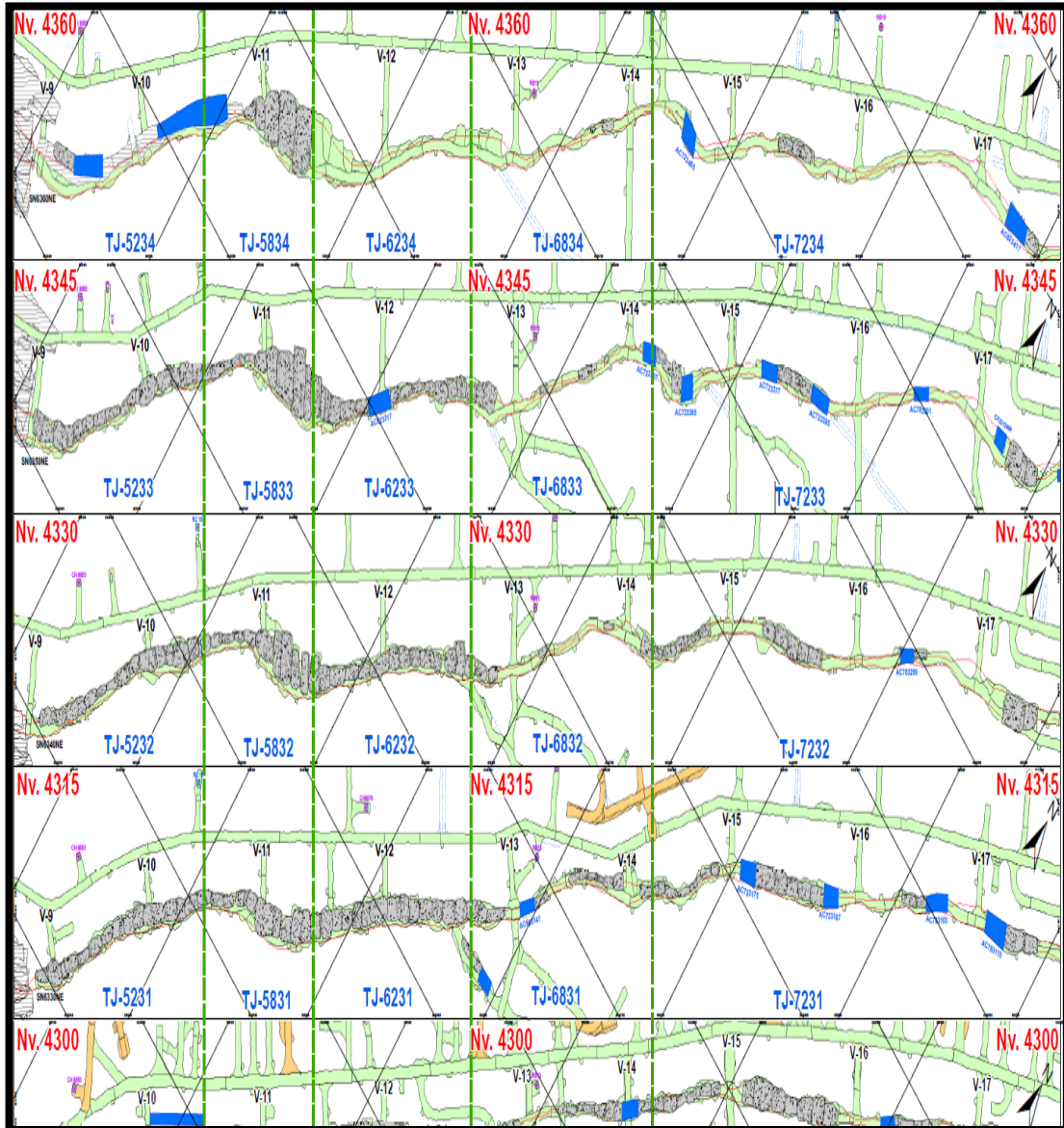


Figura 05 Veta Ángela – Epitermal de Au + Ag.

Fuente: Unidad operativa Inmaculada.

3.5.8. Mina

En los trabajos de explotación del yacimiento se contempla la preparación de labores verticales (chimeneas y echaderos) y horizontales (subniveles, cortadas, ventanas), así como rampas de acceso y extracción de mineral, seguido del arranque de mineral con perforación y voladura mediante taladros largos, limpieza de mineral con equipos

mecánicos, relleno en pasta, acarreo y transporte a superficie mediante volquetes hasta la chancadora primaria.

Las chimeneas de ventilación principal hacia la superficie se encuentran cerca de cada rampa y servirán de extractores. Las chimeneas de servicio se ubican en cada rampa en la parte central y servirán para el ingreso de agua, energía y ventilación. Se tendrán echaderos en cada crucero central (que conecta las ventanas con la rampa de explotación) para permitir la extracción por gravedad. La explotación se realiza en retirada colocando chimeneas de cara libre al extremo de cada zona a minar. (Fuente: Chura, H.2018)

3.5.8.1. Método de explotación

El proceso de minado consiste en acceder al cuerpo mineral mediante cruceros y/o ventanas, y luego desarrollar subniveles de explotación. Estos subniveles son divididos en bloques de explotación, los cuales se desplazan verticalmente según la Veta Angela: Textura bandeada y textura guinguro. Veta Ángela: Textura bandeada, coloforme.

crustiforme y brechada dimensionamiento de las labores. Los cruceros parten de las rampas de explotación y están distribuidos según las distancias óptimas de transporte de los equipos de acarreo. Una vez concluidos los trabajos de sostenimiento, se procede con la perforación de los taladros largos entre subniveles. En la perforación se realiza la abertura de la chimenea de cara libre y finalmente todas las filas, hasta concluir el tajeo. Para asegurar la calidad de la voladura, concluidos los trabajos de perforación se procederá al levantamiento topográfico de los taladros perforados para afinar el diseño de voladura. El carguío, acarreo y transporte para las actividades de minado es la etapa donde se carga el mineral a los camiones volquetes, para que trasladen el producto a la chancadora directamente, la misma que termina al descargar el desmonte en el depósito de desmonte.

El carguío del mineral/desmonte se realiza con Scooptrams de 6 yd³ a camiones 8 x 4 de 30 Tn. Se ha estimado, preliminarmente, que se necesitará de seis camiones que circularán desde las zonas de carguío dentro de la mina, hasta la salida por el acceso principal (nivel 4400) donde se descargará el material para ser chancado en una zona de chancado al lado de la bocamina y luego transportado por faja. Una vez concluida la

explotación del tajeo en su totalidad, de inmediato se procede a rellenar el espacio vacío utilizando relleno en pasta. Ver el anexo 7, para mayor comprensión del ciclo de minado.

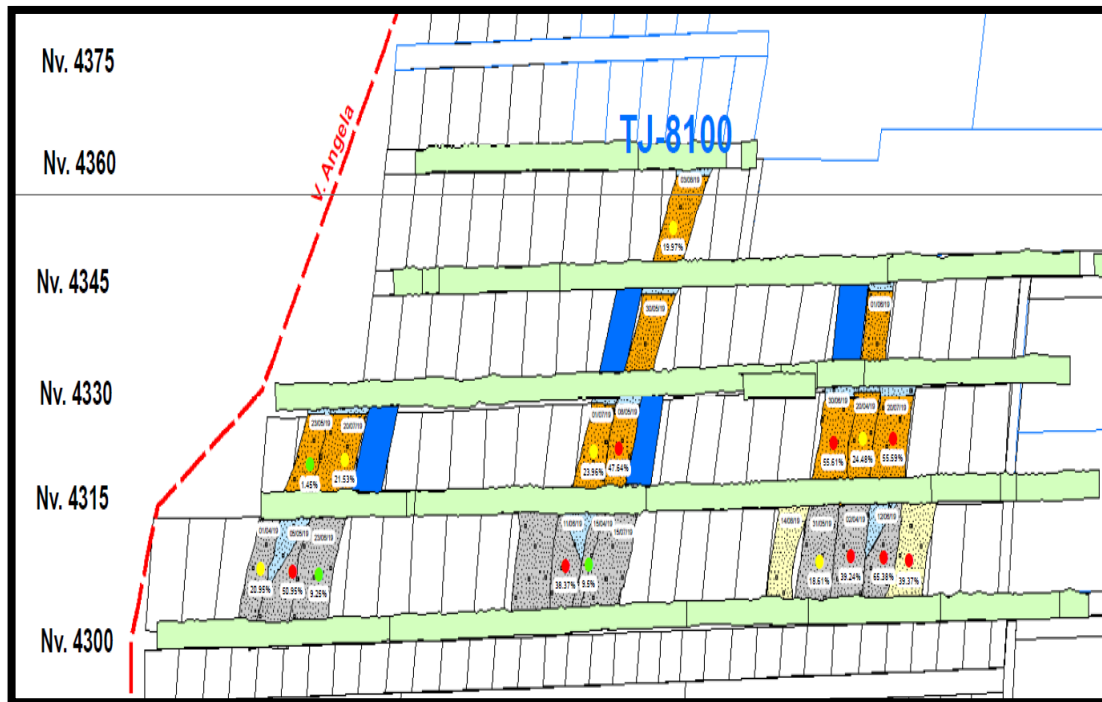


Figura 06 Método de Explotación de la Unidad Operativa Inmaculada.

Fuente: Unidad Operativa Inmaculada.

3.5.8.2. Sostenimiento

El sostenimiento es utilizado para controlar las inestabilidades de la masa rocosa circundante a las excavaciones y así tener un ambiente seguro de trabajo. El tipo y calidad del sostenimiento está relacionado con el uso que se le va a dar a la excavación, dependiendo si ésta es permanente o temporal.

3.5.8.2.1. Lanzado de concreto vía húmeda (shotcrete) con Alpha

Es un concreto premezclado que es bombeado y proyectado a presión de aire sobre la superficie que se desee sostener, con un espesor de 2 pulgadas planificado por el tipo de roca que se presenta.

Se tiene en cuenta ciertos factores operacionales para el éxito en el lanzado de shotcrete:

- Las condiciones de la labor, terreno correctamente desatado.

- La presión y caudal del aire comprimido en interior mina debe estar acorde a las especificaciones mínimas del equipo.
- El personal debe poseer la habilidad y técnica adecuada para el lanzado.

Tener en cuenta que la distancia de lanzado desde la punta de la boquilla del brazo del Alphas 1.2m en promedio. Además, esta debe mantenerse perpendicular a la superficie que se va a sostener y realizar un calibrado del espesor de shotcrete, una vez concluido el sostenimiento se debe espera 02 horas para que este fragüe y se pueda empezar con las actividades programadas a la labor.

3.5.8.2.2. Instalación de pernos hydrabolt con bolter

El sostenimiento con pernos se considera un sostenimiento activo porque estos entran en contacto inmediatamente con la roca después de su instalación. La forma de instalación de estos se da en forma sistemática, ya que se realiza una malla de sostenimiento antes de proceder con su instalación.

En la Unidad se cuenta con dos equipos Bolter, el 88 y el 55. El primer Bolter solo realiza la instalación de pernos hydrabolt, y usado para realizar el sostenimiento en las labores de compañía, y el segundo equipo realiza la instalación de diferentes pernos y el sostenimiento lo realiza en labores de avances. Ambos equipos pertenecen a la contrata Zicsa.

3.5.8.2.3. Instalación de cable bolting

En interior mina, el desprendimiento y caída de roca constituye el mayor causante de accidentes incapacitantes y fatales de acuerdo con las estadísticas recientes. En nuestras operaciones, se usa el tipo de sostenimiento con cable bolting por el método de explotación que genera grandes vibraciones en las cajas y minimizar la dilución en los paneles.

Una vez fraguado el cemento, se coloca la planchuela y el barril, que son parte del sistema de anclaje y ambos facilitan la transferencia de la carga hacia el cable por parte de la roca encajonante, A continuación, se detallarán las ventajas y desventajas en el uso de cable bolting para el sostenimiento de las cajas del panel/tajo (Fuente: Área Geología Inmaculada)

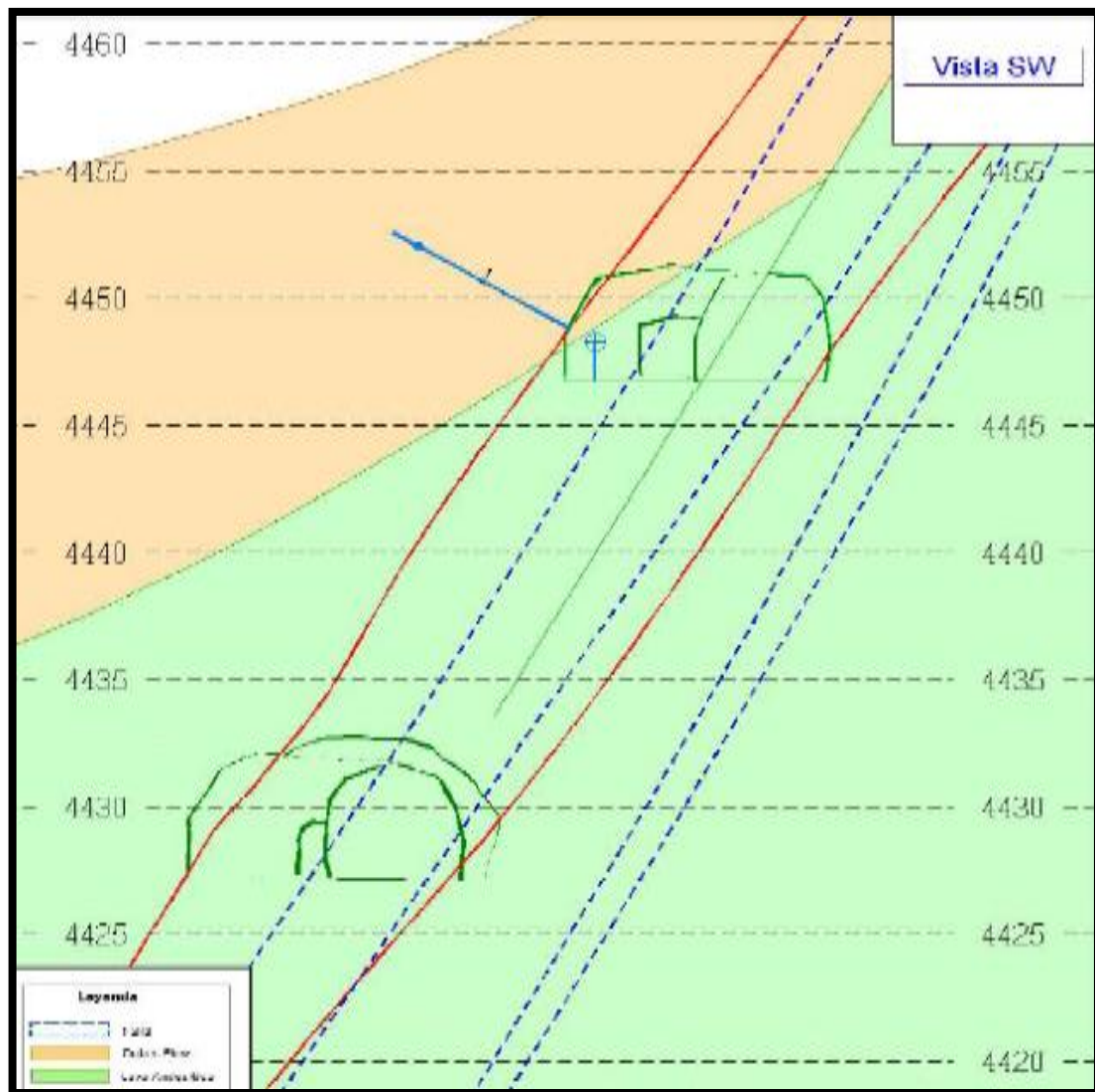


Figura 07 Cable bolting para sostenimiento.

Fuente: Unidad Operativa Inmaculada.

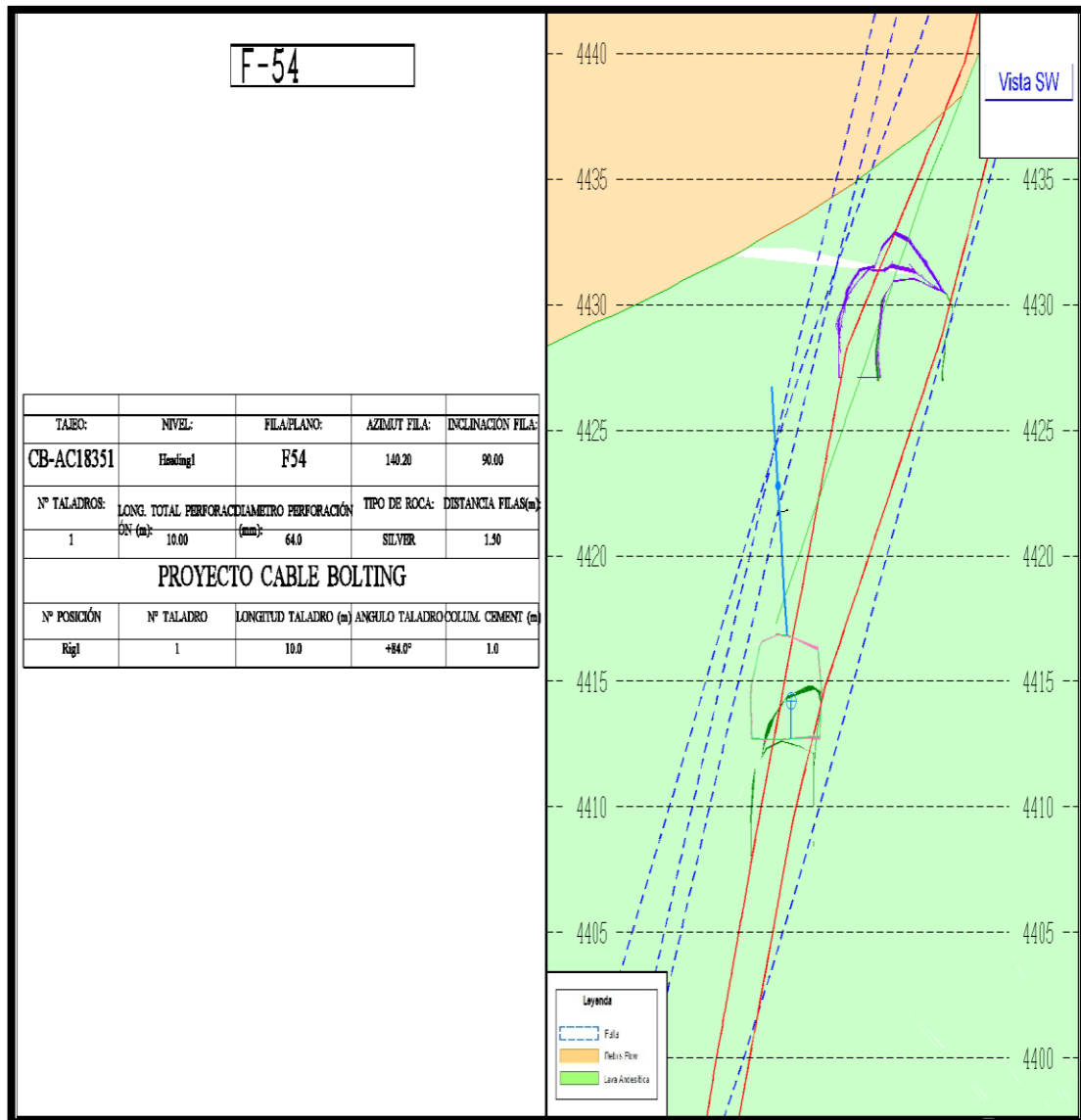


Figura 08 *Diseño del cable bolting.*

Fuente: *Unidad Operativa Inmaculada.*

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Generalidades de Operación Inmaculada

4.1.1. Capacidad de producción diaria

Actualmente en inmaculada la producción diaria oscila entre los 3,900 a 4,000 TMS, de los cuales el 90% corresponde a tajos, es decir 3,600 TMS y el resto corresponde al aporte de avances que lo ejecuta la E.E. Zicsa con sus propios equipos.

4.2. Equipos de Limpieza de Mineral (scoop)

4.2.1. Análisis de datos obtenidos en campo

Los datos se han obtenido producto del seguimiento de la operación de los Scoop Cia. Asignados a la limpieza de mineral de los tajos de taladros largos, habiendo en la unidad dos marcas de equipos que cumplen esta actividad (Caterpillar y Atlas Copco), además de la variable cantidad de equipos asignados para realizar la limpieza, se ha distribuido el seguimiento por marca de equipo y el número de equipos en simultaneo para el mismo tajo a fin de obtener una data bien detallada del rendimiento de los mismos.

4.2.1.1. Velocidades de los equipos LHD

a) Velocidad de limpieza de un Scoop por tajo

Tabla 06. *Velocidades de limpieza con 1 Scoop.*

| MARCA | DISTANCIA ACARREO(m) | VELOCIDAD CON CARGA(m) | VELOCIDAD SIN CARGA(m) |
|--------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| ATLAS COPCO | 180.00 | 116.22 | 135.30 |
| | 270.00 | 96.58 | 107.76 |
| | 128.00 | 103.35 | 118.33 |
| | 159.00 | 131.53 | 142.99 |
| | 120.00 | 125.12 | 138.92 |
| | 140.00 | 110.53 | 128.94 |
| CAT | 160.00 | 114.39 | 128.55 |
| | 126.00 | 106.57 | 110.22 |
| | 365.00 | 97.79 | 108.17 |
| | 61.00 | 144.74 | 169.65 |
| | 130.00 | 116.75 | 123.02 |
| | 290.00 | 84.15 | 111.93 |
| | 185.00 | 88.50 | 114.37 |
| | 195.00 | 89.07 | 106.25 |
| | 159.00 | 109.27 | 131.69 |

b) Velocidad de limpieza en simultáneo. Corresponde a la velocidad promedio de dos Scoops que realizan la limpieza del tajo de manera simultánea.

Tabla 07. *Velocidades de limpieza con 2 Scoops.*

| MARCA | DISTANCIA ACARREO(m) | VELOCIDAD CON CARGA(m) | VELOCIDAD SIN CARGA(m) |
|--------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| ATLAS COPCO | 120.00 | 76.04 | 86.03 |
| | 165.00 | 91.20 | 103.18 |
| | 270.00 | 87.67 | 99.19 |
| | 159.00 | 98.07 | 110.95 |
| | 180.00 | 114.04 | 129.02 |
| CAT | 145.00 | 110.42 | 124.92 |
| | 165.00 | 90.52 | 102.41 |
| | 270.00 | 85.15 | 96.34 |
| | 159.00 | 74.42 | 84.20 |
| | 180.00 | 114.66 | 129.72 |
| | 145.00 | 110.49 | 125.01 |

c) **Resumen de velocidades promedio para ambos escenarios.****Tabla 08.** *Velocidad promedio de limpieza con 1 Scoop.*

| MARCA EQUIPO | VELOCIDAD CON CARGA | | VELOCIDAD SIN CARGA | |
|--------------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| | m/min | m/hora | m/min | m/hora |
| ATLAS COPCO | 111.96 | 6717.69 | 126.43 | 7585.85 |
| CAT | 99.91 | 5994.55 | 117.03 | 7021.70 |

Tabla 09. *Velocidad promedio de limpieza con 2 Scoops.*

| MARCA EQUIPO | VELOCIDAD CON CARGA | | VELOCIDAD SIN CARGA | |
|--------------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| | m/min | m/hora | m/min | m/hora |
| ATLAS COPCO | 96.22 | 5773.40 | 108.86 | 6531.76 |
| CAT | 94.04 | 5642.25 | 106.39 | 6383.38 |

Para los cálculos de rendimientos posteriores, se trabajará con los datos ponderados de ambas marcas como se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 10. *Velocidad ponderada total.*

| MARCA EQUIPO | VELOCIDAD CON CARGA | | VELOCIDAD SIN CARGA | |
|--------------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| | m/min | m/hora | m/min | m/hora |
| 01 SCOOP | 104.41 | 6264.78 | 120.54 | 7232.52 |
| SIMULTANEO | 95.20 | 5711.85 | 107.70 | 6462.12 |

4.2.1.2. Tiempos de carga y descarga

Tomando el mismo criterio que el anterior se ha separado por tipo de equipo y el punto de descarga dependiendo de la ubicación del tajo y tipo de carga y/o acarreo que realiza el equipo LHD, es decir, si el equipo realiza la limpieza del tajo el punto de descarga será la chimenea corta o el ore pass, en cambio si evacua la carga de las cámaras o RC el punto de descarga será el volquete.

Tabla 11. *Tiempos de carga y descarga.*

| MARCA EQUIPO | PUNTO DESCARGA | T. CARGA (min) | T. DESCARGA (min) |
|---------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| | CHIMENEA CORTA | 0.57 | 0.12 |
| ATLAS COPCO | OP | 0.40 | 0.23 |
| | VOLQUETE | 0.32 | 0.29 |
| | CHIMENEA CORTA | 0.57 | 0.15 |
| CAT | OP | 0.61 | 0.28 |
| | VOLQUETE | 0.33 | 0.28 |
| Promedio Ponderado | | 0.50 | 0.22 |

4.2.2. Parámetros a considerar en el rendimiento de los equipos LHD

Para el cálculo del rendimiento horario de la flota de Scoops, se tomaron parámetros operacionales de limpieza con las que se trabaja en la Unidad, las mismas son más referidos a la capacidad de los equipos y las características del mineral a ser acarreado.

Tabla 12. *Parámetros Equipos LHD.*

| PARAMETROS | UNIDAD | VALOR / RATIO |
|----------------------------------|--------|---------------|
| Capacidad de Cuchara | Yd3 | 6 |
| Capacidad de Cuchara | m3 | 4.59 |
| Factor de Conversión de Yd3 a m3 | f | 0.76 |
| Factor de Carga | Fc % | 0.90 |
| Esponjamiento Mineral | e % | 0.40 |
| Densidad Mineral Esponjado | Ton/m3 | 1.70 |
| Carga por Lampón | C ton | 7.02 |

4.2.3. Rendimientos de los equipos LHD

Para el cálculo de los rendimientos, aparte de los datos mostrados líneas arriba de considera un margen del 5% adicional al tiempo total del ciclo de limpieza debido a imprevistos en la operación producto de las demoras operativas como inspección de labores, tráfico, coordinaciones, entre otros.

Para lo cual se tomara en cuenta los rendimientos de los scoop en simultáneo y con 1 solo scoop lo cual hará que las pruebas de campo tengan un resultado más concreto, adicionalmente se tomaran en cuenta otros factores que permitirán que los resultados sean los esperados.

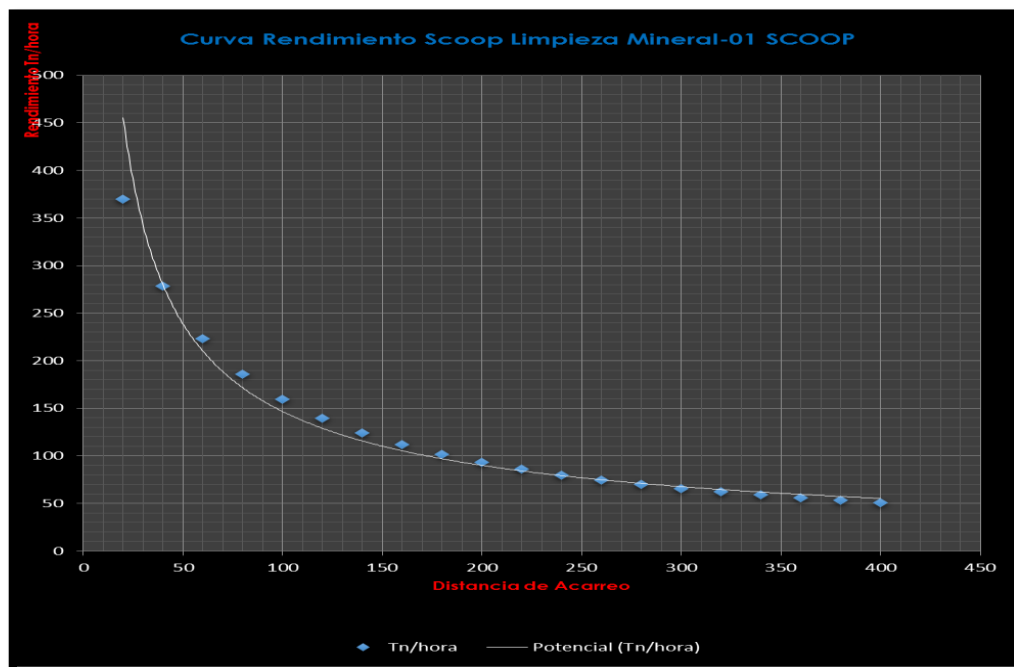


Figura 09 Curva de rendimiento con 1 Scoop.

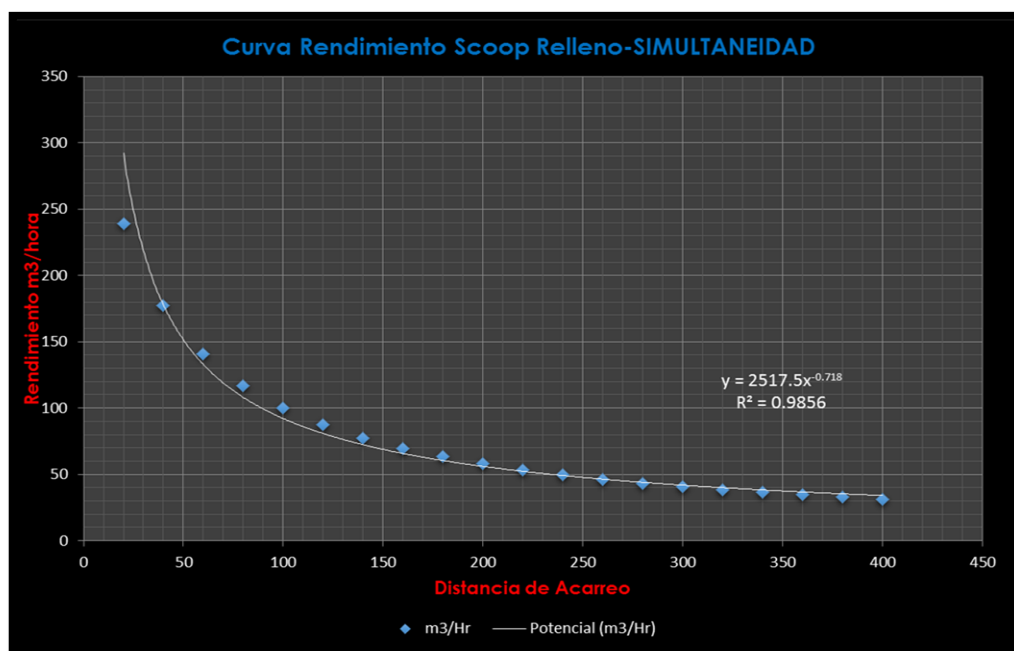


Figura 10 Curva de rendimiento Scoop en simultáneo.

Tabla 13. Rendimiento de los Equipos LHD en Inmaculada.

| DISTANCIAS (m) | RENDIMIENTO 1 SCOOP (Tn/hora) | | | RENDIMIENTO SIMULTANEO (Tn/hora) | | |
|-------------------|-------------------------------|--------|---------|----------------------------------|--------|------------|
| | ATLAS COPCO | CAT | 1 SCOOP | ATLAS COPCO | CAT | SIMULTANEO |
| 400 | 53.74 | 49.22 | 50.92 | 46.90 | 45.92 | 46.44 |
| 380 | 56.28 | 51.57 | 53.35 | 49.15 | 48.13 | 48.67 |
| 360 | 59.07 | 54.16 | 56.01 | 51.63 | 50.56 | 51.13 |
| 340 | 62.16 | 57.01 | 58.95 | 54.37 | 53.25 | 53.84 |
| 320 | 65.58 | 60.19 | 62.22 | 57.41 | 56.24 | 56.86 |
| 300 | 69.40 | 63.74 | 65.87 | 60.82 | 59.59 | 60.24 |
| 280 | 73.70 | 67.73 | 69.98 | 64.66 | 63.36 | 64.05 |
| 260 | 78.56 | 72.26 | 74.64 | 69.02 | 67.64 | 68.37 |
| 240 | 84.11 | 77.44 | 79.96 | 74.01 | 72.54 | 73.32 |
| 220 | 90.50 | 83.41 | 86.09 | 79.77 | 78.21 | 79.04 |
| 200 | 97.95 | 90.39 | 93.25 | 86.51 | 84.84 | 85.73 |
| 180 | 106.73 | 98.64 | 101.70 | 94.49 | 92.70 | 93.65 |
| 160 | 117.24 | 108.54 | 111.84 | 104.09 | 102.16 | 103.19 |
| 140 | 130.04 | 120.66 | 124.22 | 115.87 | 113.77 | 114.89 |
| 120 | 145.98 | 135.82 | 139.69 | 130.65 | 128.36 | 129.58 |
| 100 | 166.38 | 155.34 | 159.55 | 149.75 | 147.24 | 148.58 |
| 80 | 193.41 | 181.42 | 186.00 | 175.39 | 172.64 | 174.10 |
| 60 | 230.92 | 218.02 | 222.97 | 211.62 | 208.62 | 210.22 |
| 40 | 286.47 | 273.11 | 278.27 | 266.74 | 263.55 | 265.25 |
| 20 | 377.23 | 365.45 | 370.04 | 360.66 | 357.73 | 359.30 |

En inmaculada las distancias promedio de acarreo oscilan entre los 240m y 260m, tal es así que se trabajara con los rendimientos dentro de ese rango de distancia.

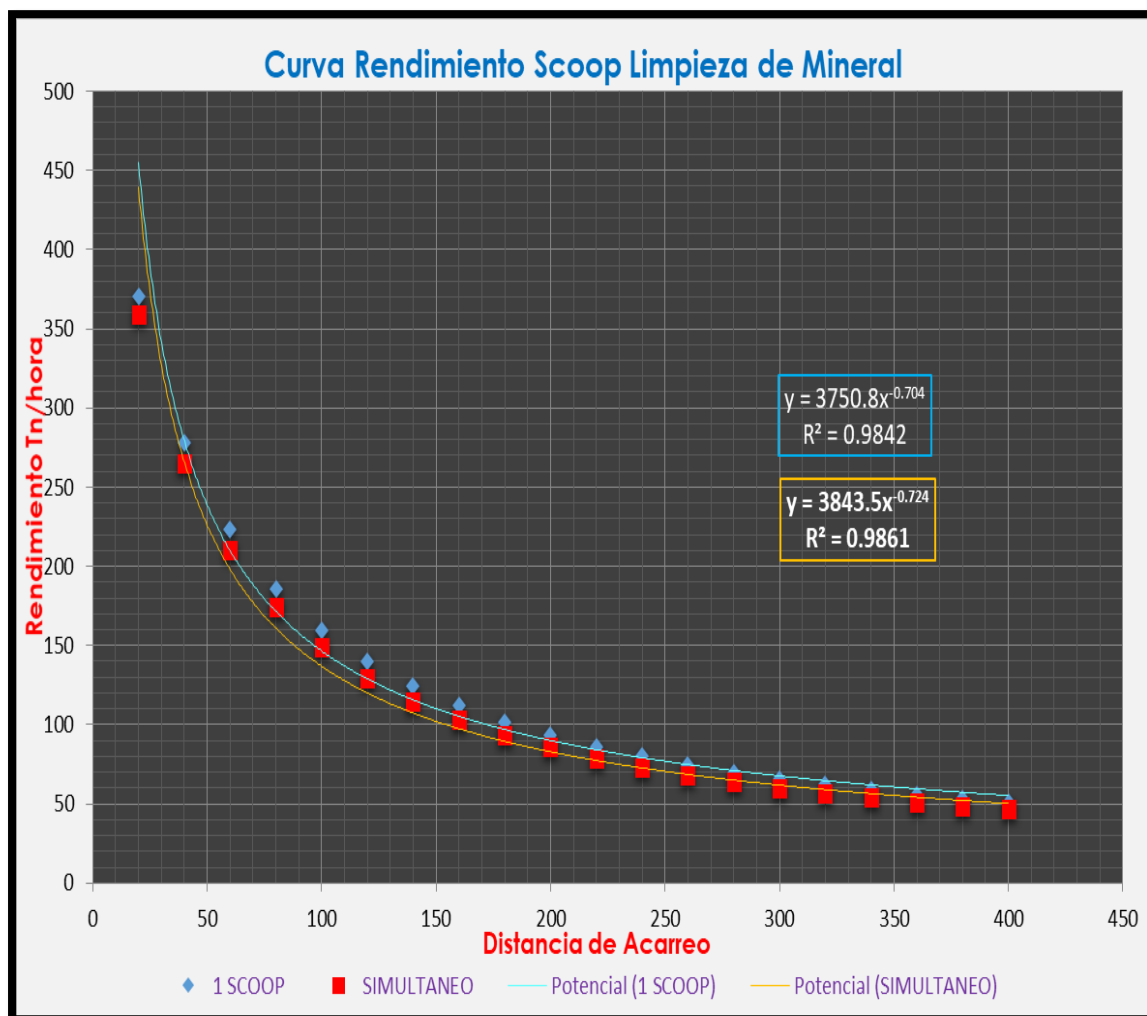


Figura 11 Curva de rendimiento Scoop en Limpieza de tajos.

4.2.4. Horas efectivas de operación por guardia

A cada guardia le corresponde 12 horas de trabajo, de los cuales se descuenta 1 hora por horario de voladura, traslados adicionales de los equipos en interior mina y superficie, así como coordinaciones extras del operador durante la guardia; el resto de horas se distribuye de la siguiente manera.

a) Tiempos no efectivos de operación.

Corresponde a las actividades cotidianas que realizan los operadores de equipo y las demoras operativas relacionadas a limpieza de mineral de los equipos de la Cía.

Tabla 14. *Tiempos no efectivos de operación equipos LHD.*

| DESCRIPCION | UNIDAD | TIEMPO |
|---|----------------------|-------------|
| Traslado de operador de superficie a interior mina (Bus) | horas/guardia | 0.13 |
| Traslado del operador al Paradero Scoop (frente de Bocamina) | horas/guardia | 0.09 |
| Inspección del Equipo y llenado herramientas de gestión | horas/guardia | 0.39 |
| Inspección Tajo | horas/guardia | 0.08 |
| Coordinación con Supervisión | horas/guardia | 0.20 |
| Refrigerio | horas/guardia | 1.19 |
| Traslado operador a labor antes y después de refrigerio (Bus) | horas/guardia | 0.68 |
| Traslado de operador de interior mina a superficie (Bus) | horas/guardia | 0.37 |
| Lavado del Equipo | horas/guardia | 0.23 |
| Llenado de Reporte del día | horas/guardia | 0.09 |
| Reparto de Guardia | horas/guardia | 0.65 |
| Espera de estabilización de la roca | horas/guardia | 0.23 |
| Acondicionamiento del Tajo | horas/guardia | 0.16 |
| Total | horas/guardia | 4.49 |

b) Tiempos efectivos de operación.

Corresponde al tiempo total de operación por guardia menos los tiempos no efectivos, es decir, de las 11 horas se descuenta 4.49 horas, quedando 6.51 horas para la operación neta del equipo.

4.2.5. Calculo de la flota adecuada de equipos LHD**Tabla 15.** *Calculo de la flota adecuada de equipos LHD.*

| ITEM | UNIDAD | VALOR / RATIO |
|---|-----------------|---------------|
| Producción diaria de tajos | TMS | 3,600.00 |
| Distancia promedio de acarreo | m | 260.00 |
| Promedio de rendimiento horario de Scoop | ton/hr | 74.64 |
| Tiempo efectivo de operación por día | hrs/día | 13.02 |
| Rendimiento por Scoop por día | ton/día | 971.79 |
| N° Equipos requeridos para limpieza de tajos | N° Scoop | 3.70 |
| Scoop para carguío directo a volquete en RC 15 | N° Scoop | 1.00 |
| Scoop para carguío directo en CH cortas y otros | N° Scoop | 1.00 |
| Total flota requerida para extracción de tajos | N° Scoop | 6.00 |

4.2.6. Análisis de la optimización en equipos LHD

a) Reducción de la flota de equipos LHD.

Tabla 16. Reducción de la flota de equipos LHD.

| INTEM | UNIDAD | VALOR / RATIO |
|---|-----------------|---------------|
| Flota actual para extraccion de tajos | N° Scoop | 7.00 |
| Flota real requerida para extraccion de tajos | N° Scoop | 6.00 |
| N° Equipos disminuidos de la flota | N° Scoop | 1.00 |

b) Optimización del rendimiento diario de los equipos LHD.

Tabla 17. Mejora del rendimiento diario de equipos LHD.

| INTEM | UNIDAD | VALOR / RATIO |
|--|----------------|---------------|
| Rendimiento con la flota actual | ton/dia | 514.29 |
| Rendimiento con la flota real requerida | ton/dia | 600.00 |
| Mejora en el rendimiento por equipo por día | ton/dia | 85.71 |

4.2.7. Análisis del rendimiento de equipos LHD

a) Reducción de la demora operativa por falta de área de trabajo

Reducción en 1.25 horas que por lo general se presentaba a inicio de guardia por problemas de ventilación y durante la guardia por falta del ciclado adecuado de tajos TL, se ha optimizado con la entrada en operación de los RB's 18 que ingresa el aire fresco y el RB 22 que evacua el aire viciado de la profundización de la mina; el ciclado se ha mejorado con una mejor planificación en la preparación de los tajos, implementando para ello un ingeniero jefe de guardia por parte de Zicsa para que pueda ver directamente todo el proceso hasta la liberación del área para su posterior perforación en taladros largos.

b) Capacitación y sensibilización del personal operador

Se ha puesto en marcha el programa de “transformación cultural” para mejorar el conocimiento y conciencia en el trabajador a base de incentivos, de manera se puedan trabajar con la mejor productividad posible durante la guardia.

4.3. Equipos de transporte mineral (volquetes)

4.3.1. Análisis de datos obtenidos en campo

La E.E. contratista DCR es quien esta encarga de realizar el transporte de mineral, el cual es realizado atreves de volquetes volvo FM de 15 m3 y 18 m3.

El carguío se realiza a través de la tolva hidráulica del OP y mediante los Scoop de 6Yd3 en las cámaras de carguío ubicados diferentes puntos de la mina

Actualmente DCR cuenta con 12 unidades asignadas para realizar la actividad.

4.3.1.1. Tiempos de carga, descarga, pesado en balanza y espera

El pesado de mineral en balanza se realiza en la bocamina 4400 para que posteriormente se derive el mineral a las canchas de almacenamiento o a la faja transportadora con dirección hacia el Stop Pile de la planta concentradora a fin de realizar el tratamiento del mismo por medio de la lixiviación.

Tabla 18. *Tiempos efectivos fijos en transporte de mineral.*

| CAPACIDAD VOLQUETE | T. CARGUIO | T. PESADO | T. DESCARGA | ESPERA TURNO CARGUIO |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|
| 6X4 | 8.42 | 1.82 | 1.12 | 5.71 |
| 8X4 | 8.72 | 1.68 | 1.53 | 9.51 |
| <i>Promedio</i> | <i>8.57</i> | <i>1.75</i> | <i>1.33</i> | <i>7.61</i> |

4.3.1.2. Velocidades de los equipos de transporte de mineral

a) Velocidades en superficie

Tabla 19. *Velocidad de transporte en superficie.*

| CAPACIDAD | Dist. Bocamina- Punto de Descarga (m) | Dist. Punto de Descarga a Bocamina(m) | Vel. Superficie (CON CARGA)(m/min) | Vel. Superficie (SIN CARGA)(m/min) |
|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 6X4 | 100.00 | 1650.00 | 81.79 | 234.96 |
| 6X4 | 100.00 | 3585 | 54.05 | 247.41 |
| 6X4 | 100.00 | 100 | 48.91 | 96.86 |
| 6X4 | 3585.00 | 3585.00 | 229.37 | 305.58 |
| 8X4 | 100.00 | 1650.00 | 73.17 | 245.44 |
| 8X4 | 100.00 | 3585 | 77.83 | 316.10 |
| 8X4 | 100.00 | 100 | 72.72 | 108.41 |
| 8X4 | 1325.00 | 1100.00 | 197.60 | 259.29 |
| 8X4 | 3585.00 | 3585.00 | 228.82 | 287.10 |
| 8X4 | 4810.00 | 2850.00 | 251.39 | 251.10 |

b) Interior Mina

Tabla 20. *Velocidad de transporte en Interior Mina.*

| CAPACIDAD | Dist. Punto de Carguio a Bocamina(m) | Dist. Bocamina a Punto de Carguio(m) | Vel. Int. Mina (CON CARGA)(m/min) | Vel. Inter. Mina (SIN CARGA)(m/min) |
|------------------|--|--|---|---|
| 6X4 | 1130 | 1130 | 105.28 | 90.26 |
| 6X4 | 1431 | 2350 | 169.72 | 369.77 |
| 6X4 | 1650 | 1650 | 127.83 | 160.37 |
| 6X4 | 1755 | 1800 | 176.81 | 199.04 |
| 6X4 | 2125 | 1360 | 160.98 | 175.03 |
| 8X4 | 600 | 600 | 128.50 | 100.25 |
| 8X4 | 775 | 775 | 115.10 | 148.56 |
| 8X4 | 920 | 920 | 106.07 | 127.17 |
| 8X4 | 1130 | 1130 | 100.41 | 131.92 |
| 8X4 | 1390 | 1390 | 80.95 | 102.24 |
| 8X4 | 1431 | 2350 | 165.42 | 278.89 |
| 8X4 | 1431 | 1431 | 159.31 | 155.85 |
| 8X4 | 1755 | 1800 | 194.12 | 230.78 |
| 8X4 | 2125 | 1360 | 168.14 | 167.95 |

c) Resumen de velocidades promedio para ambos escenarios

Tabla 21. *Velocidad promedio de transporte en superficie.*

| CAPACIDAD | CON CARGA m/min | SIN CARGA m/min | CON CARGA Km/hora | SIN CARGA Km/hora | PROMEDIO Km/hora |
|------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 6X4 | 216.41 | 266.80 | 12.98 | 16.01 | 14.50 |
| 8X4 | 230.91 | 278.10 | 13.85 | 16.69 | 15.27 |

Tabla 22. *Velocidad promedio de transporte en interior mina.*

| | CON CARGA m/min | SIN CARGA m/min | CON CARGA Km/hora | SIN CARGA Km/hora | PROMEDIO Km/hora |
|-----|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| 6X4 | 151.42 | 220.98 | 9.09 | 13.26 | 11.17 |
| 8X4 | 142.99 | 179.12 | 8.58 | 10.75 | 9.66 |

4.3.2. Parámetros a considerar en el rendimiento de volquetes

Para el cálculo del rendimiento horario de la flota de Volquetes, se tomaron parámetros operacionales de limpieza con las que se trabaja en la Unidad, las mismas son más referidos a la capacidad de los equipos y las características del mineral a ser transportado.

Tabla 23. *Parámetros Equipos de Transporte.*

| PARAMETROS | UNIDAD | RATIO (6X4) | RATIO (8X4) |
|--|--------------------------|-------------|-------------|
| <i>Capacidad</i> | <i>m³</i> | 15 | 18 |
| <i>Factor de Carga</i> | <i>Fc %</i> | 0.90 | 0.90 |
| <i>Esponjamiento Mineral</i> | <i>e %</i> | 0.40 | 0.40 |
| <i>Densidad Mineral</i> | <i>Ton/m³</i> | 2.51 | 2.51 |
| <i>Densidad Mineral Esponjado</i> | <i>Ton/m³</i> | 1.70 | 1.70 |
| <i>Carga por Volquete</i> | <i>Ton</i> | 22.95 | 27.54 |
| <i>N° de cucharas Scoop para tolva</i> | <i>N°</i> | 3 | 4 |

4.3.3. Rendimiento de volquetes

Se calcula el rendimiento promedio actual de los equipos de transporte de mineral de tajos a fin de que posteriormente se pueda estimar la flota adecuada en función a la producción de la mina.

Tabla 24. Rendimiento de los Equipos de transporte de mineral.

| TRANSPORTE - DCR DISTANCIA (m) | RENDIMIENTO VOLQUETES TON/HORA | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------|
| | Volquete 6 X 4 | Volquete 8 X 6 | Promedio |
| 7,000 | 16.46 | 17.88 | 17.17 |
| 6,800 | 16.84 | 18.28 | 17.56 |
| 6,600 | 17.25 | 18.70 | 17.97 |
| 6,400 | 17.67 | 19.14 | 18.40 |
| 6,200 | 18.11 | 19.60 | 18.86 |
| 6,000 | 18.57 | 20.09 | 19.33 |
| 5,800 | 19.06 | 20.59 | 19.83 |
| 5,600 | 19.58 | 21.13 | 20.35 |
| 5,400 | 20.12 | 21.69 | 20.91 |
| 5,200 | 20.70 | 22.28 | 21.49 |
| 5,000 | 21.31 | 22.91 | 22.11 |
| 4,800 | 21.95 | 23.57 | 22.76 |
| 4,600 | 22.64 | 24.27 | 23.46 |
| 4,400 | 23.37 | 25.02 | 24.19 |
| 4,200 | 24.15 | 25.81 | 24.98 |
| 4,000 | 24.98 | 26.66 | 25.82 |
| 3,800 | 25.87 | 27.56 | 26.72 |
| 3,600 | 26.83 | 28.52 | 27.68 |
| 3,400 | 27.87 | 29.56 | 28.71 |
| 3,200 | 28.98 | 30.67 | 29.83 |
| 3,000 | 30.19 | 31.87 | 31.03 |
| 2,800 | 31.50 | 33.17 | 32.33 |
| 2,600 | 32.94 | 34.57 | 33.75 |
| 2,400 | 34.51 | 36.10 | 35.31 |
| 2,200 | 36.23 | 37.78 | 37.01 |
| 2,000 | 38.14 | 39.61 | 38.88 |
| 1,800 | 40.26 | 41.64 | 40.95 |

En inmaculada se tiene una distancia de transporte promedio de 3.4 kilómetros y se trabajara con los rendimientos que corresponden.

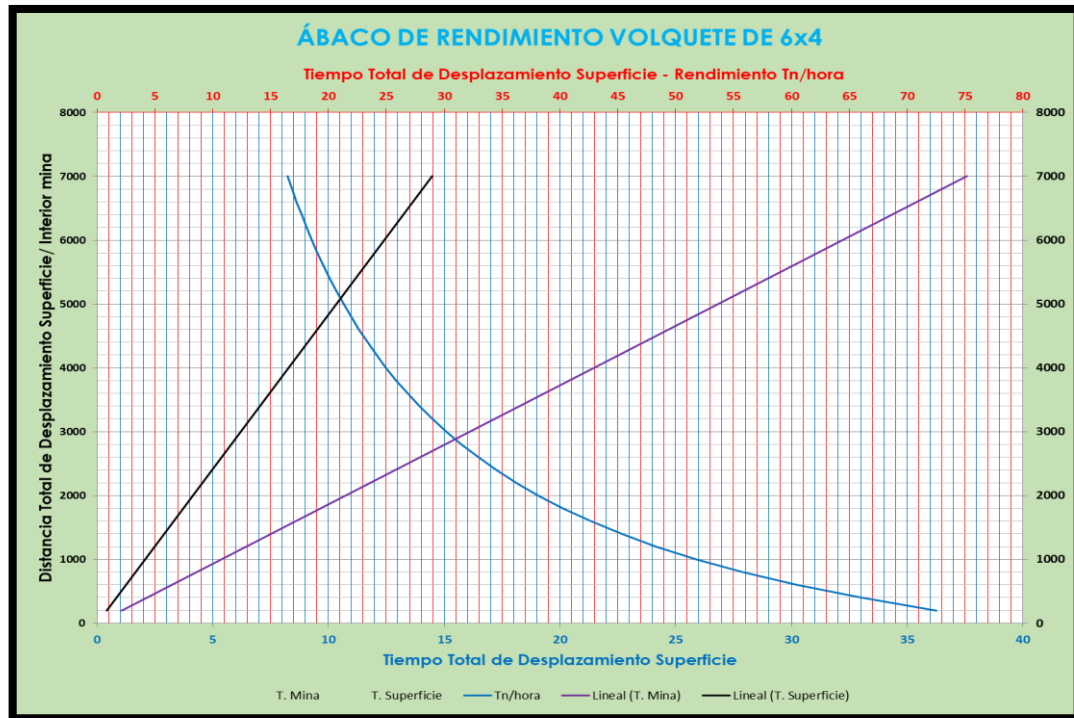


Figura 12 Curva de rendimiento de Volquetes 6x4 para extracción de tajos.

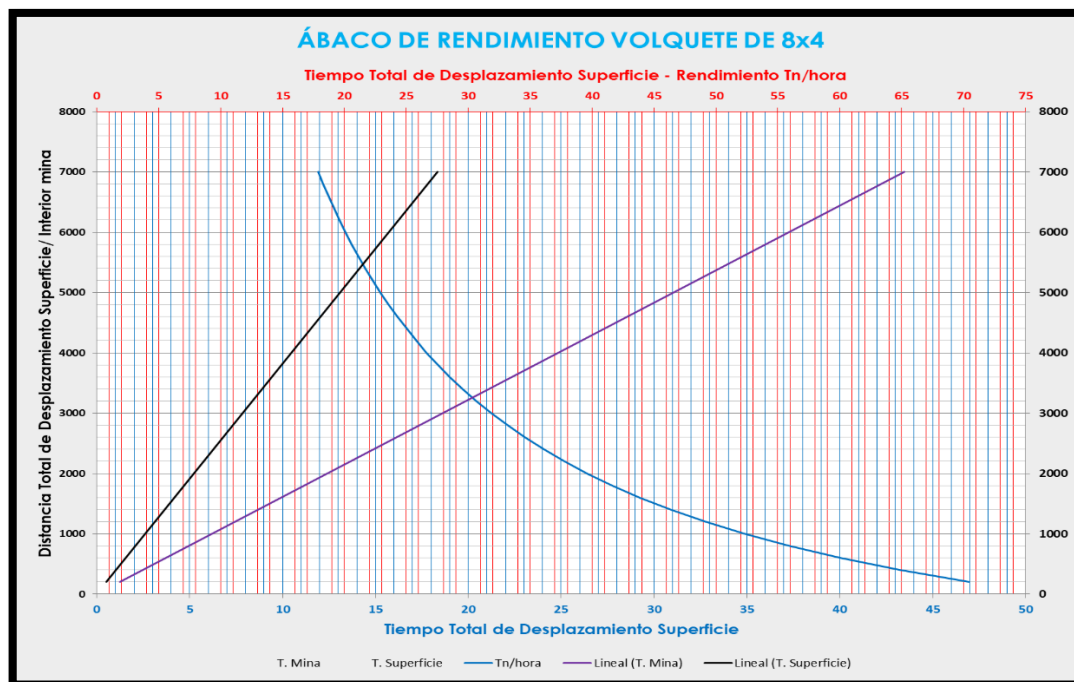


Figura 13 Curva de rendimiento de Volquetes 8x4 para extracción de tajos.

4.3.4. Horas efectivas de operación por guardia

A diferencia de limpieza, en lo que respecta al transporte se trabaja 11.66 horas por guardia en promedio.

a) Tiempos no efectivos de operación

Corresponde a las actividades cotidianas que realizan los operadores de equipo y las demoras operativas relacionadas al transporte de mineral procedente de los tajos Cia.

Tabla 25. *Tiempos no efectivos en transporte de mineral.*

| DESCRIPCION | UNIDAD | TIEMPO |
|---|----------------------|-------------|
| Espera en Bocamina a inicio de Guardia | horas/guardia | 0.77 |
| Espera Orden de Supervisor/ Cambio de Labor | horas/guardia | 0.56 |
| Espera en cola de Volquetes | horas/guardia | 0.31 |
| Reparto de guardia | horas/guardia | 0.39 |
| Traslado Reparto - Parqueo Volquete | horas/guardia | 0.04 |
| Inspección de Labor y llenado herramientas de gestión | horas/guardia | 0.28 |
| Transporte Superficie - bocamina 4500 | horas/guardia | 0.11 |
| Almuerzo | horas/guardia | 1.31 |
| Espera Hora de Desayuno - guardia noche | horas/guardia | 0.36 |
| Inspección de llantas | horas/guardia | 0.17 |
| Lavado de Equipo | horas/guardia | 0.32 |
| Transporte bocamina 4500 – Superficie | horas/guardia | 0.15 |
| Total | horas/guardia | 4.78 |

b) Tiempos efectivos de operación

Descontando las horas no efectivas del tiempo total de operación por guardia se obtiene 6.87 horas de efectivas de operación.

4.3.5. Calculo de flota adecuada de volquetes 8x4

Para el cálculo se considera solo volquetes de 8x4 debido a que el 100% de los equipos en operación cuentan con esta capacidad, mientras que los de 6x4 corresponden a los dos equipos Stand By y apoyo a otras áreas.

Tabla 26. *Calculo de la flota adecuada de Volquetes.*

| ITEM | UNIDAD | VALOR / RATIO |
|--|---------------------|------------------|
| Producción diaria de tajos | TMS | 3,600.00 |
| Distancia promedio de transporte de mineral | m | 3,400.00 |
| Promedio de rendimiento horario de Volquetes 8x4 | ton/hr | 29.56 |
| Tiempo efectivo de operación por día | hrs/día | 13.75 |
| Rendimiento por Volquete por día | ton/día | 406.33 |
| N° Equipos requeridos para transporte de mineral tajos | N° Volquetes | 8.86 |
| Total flota requerida para extracción de tajos | N° Volquetes | 9.00 |

4.3.6. Análisis de la optimización del rendimiento de volquetes

a) Reducción de la flota de Volquetes

Tabla 27. Reducción de la flota de Volquetes

| ITEM | UNIDAD | VALOR / RATIO |
|---|---------------------|---------------|
| Flota actual para extracción de tajos | N° Volquetes | 11.00 |
| Flota real requerida para extracción de tajos | N° Volquetes | 9.00 |
| N° Equipos disminuidos de la flota | N° Volquetes | 2.00 |

b) Optimización del rendimiento diario de Volquetes

Tabla 28. Mejora del rendimiento diario de Volquetes

| ITEM | UNIDAD | VALOR / RATIO |
|--|----------------|---------------|
| Rendimiento con la flota actual | ton/día | 327.27 |
| Rendimiento con la flota real requerida | ton/día | 400.00 |
| Mejora en el rendimiento por equipo por día | ton/día | 72.73 |

4.3.7. Análisis de los principales factores optimizados para la disminución de flota

a) Reducción de las horas de espera a inicio de guardia

Se ha eliminado las 1.2 horas de espera en bocamina Nv 4500 a falta mineral lista para ser extraída del pie de los OP's, solucionada el problema de ventilación que dificultaba la limpieza a primera hora de los tajos, se ha incrementado el tiempo de operación neta de 5.67 horas a 6.87 horas.

b) Mejor fluidez en las vías principales de Interior Mina

Con la entrada en operación de las rampas 4000 y 7180 se han minimizado los tiempos de pase y espera por congestión de equipos de 15 min/viaje a un promedio de 6 min/viaje. Mencionar que el ingreso a la mina se da por las bocaminas 4500 y 4300, mientras que la salida de volquetes con mineral se efectúa por la bocamina 4400.

4.4. Discusión

Según los antecedentes de la investigación, se citó a Esteban, D. (2013), con su tesis “modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento” en cuyos resultados indica que, En relación a las prioridades de atención, el modelo analítico permite concluir que la utilización de prioridades de atención genera beneficios positivos cuando la flota es heterogénea. En particular, cuando la flota se compone por camiones de 150 toneladas y 240 toneladas de capacidad y, una demanda máxima del sistema de 4.000 toneladas por hora, al utilizar una política de prioridad se obtienen beneficios en el rendimiento en torno a un 2% a 3% en promedio, cuando la flota está compuesta por un 40% de camiones de la clase prioritaria (camiones de 240 toneladas).

Esteban, D. (2013), En general, el modelo analítico desarrollado en esta investigación permite la estimación del tamaño de flota requerido para cumplir una determinada demanda al mínimo costo en términos de tiempos perdidos por esperas en cola. Los rendimientos calculados por el modelo analítico, se consideran como rendimientos efectivos, en términos de que las aleatoriedades asociadas a las tasas de llegadas de los camiones y las aleatoriedades del proceso de carga son incluidas en la modelación (congestión en el punto de carga). Otras fuentes de aleatoriedad no se excluyen de la modelación. **Los rendimientos** varían de acuerdo a la

distancia a menor distancia el rendimiento será mayor y a mayor distancia el rendimiento será menor, existen varios factores que pueden con llevar a esta situación las vías de acceso, el operador, el rendimiento del equipos en condiciones adversas y otros. (Ver tabla 24 y 25)

Esteban, D. (2013), Como extensiones a esta investigación se propone la inclusión de diversos factores relacionados a cada tipo de camión que compone la flota: costos de inversión, velocidades de operación, entre otros. Por otra parte, la inclusión de la restricción de presupuesto en el modelo del dimensionamiento de la flota, como también parámetros de costos variables. Finalmente, se propone la inclusión de factores asociados a las tasas de falla, que pueden tener un impacto en el tamaño de la flota al momento de la planificación. **Los tiempos efectivos y no efectivos** de operación tienen mucho que ver con el resultado final de rendimiento que el equipo tendrá, la producción diaria, el rendimiento del equipo, la distancia promedio de acarreo y transporte siempre determinaran el número de equipos requeridos para realizar un determinado trabajo. (Ver tabla 15 y 26)

CONCLUSIONES

la determinación de la flota adecuada de los scoop de 6yd3 mejorara la productividad en 24.8% , mejorando el tiempo efectivo de operación de 10.52 hr/día a 13.02 hr/día teniendo en cuenta el control y la supervisión adecuada en las demoras operativas y los tiempos muertos , los diversos factores y parámetros de costos variables y la utilización de prioridades de atención que influyen en el rendimiento óptimo real de la flota paso de 514.29 tn/día a 600 tn/día, reduciendo los costos de operación y mejorando la productividad.

La determinación de la flota adecuada de los volquetes 8x4 se realizó con pruebas de campo, donde la producción diaria es de 3600 TMS, el tiempo de rendimiento efectivo por día paso de 11.35 hr/día a 13.75 hr/día mejorando la productividad de los volquetes que aumento en un 21.1% su rendimiento, dimensionando la flota real de los equipos de transporte se requerirá un óptimo de 9 volquetes que sería la flota adecuada que transportaran un total de 400.00 tn/día por volquete. Reduciendo los costos operativos de 2 equipos de transporte.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda brindar un adecuado estándar de calidad a todos los componentes que son parte fundamental en la extracción de los yacimientos dentro unidad minera, respecto a la flota de acarreo y transporte para poder tener un rendimiento óptimo donde se genere un adecuado ambiente de trabajo donde se tenga una correcta planificación y no se tenga muchos tiempos muertos.
2. para un correcto rendimiento de los equipos de acarreo y transporte es necesario tener las vías principales sin mayores obstáculos de modo que el desempeño de cada equipo sea el esperado por lo tanto tener siempre en cuenta, los requerimientos que deben ser determinados conociendo cada una de sus ventajas y desventajas.
3. la supervisión debe mejorar para que las necesidades de las unidades requeridas y tamaños, sean las realmente las calculadas. lo que mejora la productividad en la unidad minera y también reduce los costos de operación.
4. Siempre estar al pendiente del capital humano y sus necesidades económicas, emocionales y su integridad para poder tener un ambiente laboral en donde se tenga más comunicación y compañerismo dentro de la unidad minera.

REFERENCIAS

- Baldeón, Z. (2011), *“gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cia. Minera condestable s.a.”*
- Bernaola Chávez Horinson Gilvert. (2012). *Gestión de productividad total en empresas de minería subterránea. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/gestión-de-productividad-total-minería-subterránea/>.*
- Bieniawski, Z. (1989), *Engineering Rock Mass Classifications*. ETIMSA
- Ccanto, P. (2014), *“optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. CHUCO II de la E.M. UPKAR MINING S.A.C.”*
- Esteban, D. (2013), *“modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento”*
- Gonzales, H. (2017), *“selección y asignación óptima de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto”*
- Horngren, Charles T., Srikant M. Datar, y Madhav V. Rajan. (2012). *Contabilidad de costos, un enfoque gerencial. Decimocuarta edición. México: PEARSON, 2012.*
- Jiménez, J. (2005) *“Maquinaria pesada y movimiento de tierras”*.
- Landolt, C.A., O. Schnake, y M. Isakson. (2007). *Process Costs: From conventional Accounting to ABC. Copper.*
- Marín, C. (2015), *incremento de la productividad en el carguío y acarreo en frentes que presentan altos contenidos de arcillas al utilizar un diseño de lastre adecuado, minera yanacocha, Perú, 2015.*
- Chura, H. (2018) *"geomecánica dinámica en la optimización de radio de influencia efectiva en voladura de taladros largos de la unidad operativa immaculada, hochschild mining- Ayacucho"*

- Merma, A. (2018), *“optimización de los estándares en perforación y voladura de taladros largos, para el incremento de la productividad y la reducción de los costos de operación en la cía. minera ares sac u. o. immaculada”*
- Quinto, S. (2015), *“análisis y gestión de costos mediante el uso de conceptos de costeo basado en actividades en corporación minera castrovirreyña s.a.”*
- Riveros, J. (2016), *“cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata 2016”*
- Rondan, E. (2014), *“producción real vs. Producción potencial de equipos de carguío y acarreo y aplicación del match factor para determinar el número óptimo de volquetes mina Arasi”*
- Tulcanaza, E., y G. Ferguson. (2004). *the role of Activity Based Costing in Reducing the Cost of Cave mining operation.*

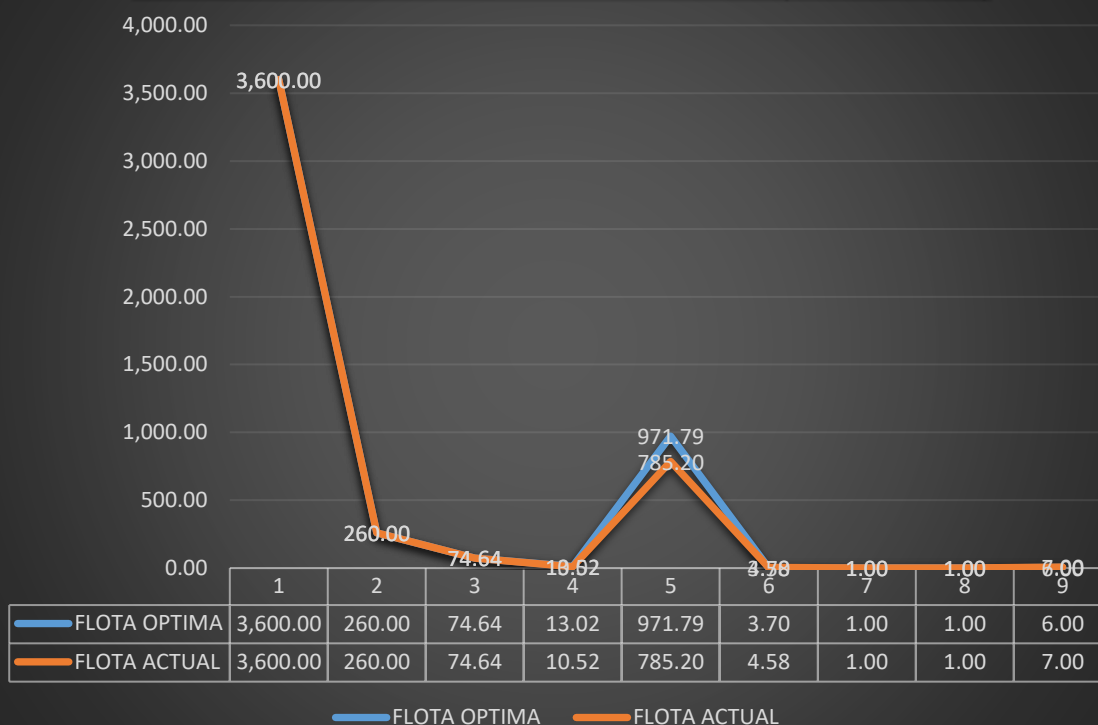
ANEXOS

ANEXO 01

COMPARATIVO FLOTA REAL VS LA FLOTA OPTIMIZADA

(SCOOP 6YD3) Y LOS VOLQUETES DCR 8X4

COMPARATIVO FLOTA REAL vs OPTIMIZADA (SCOOP 6YD3)

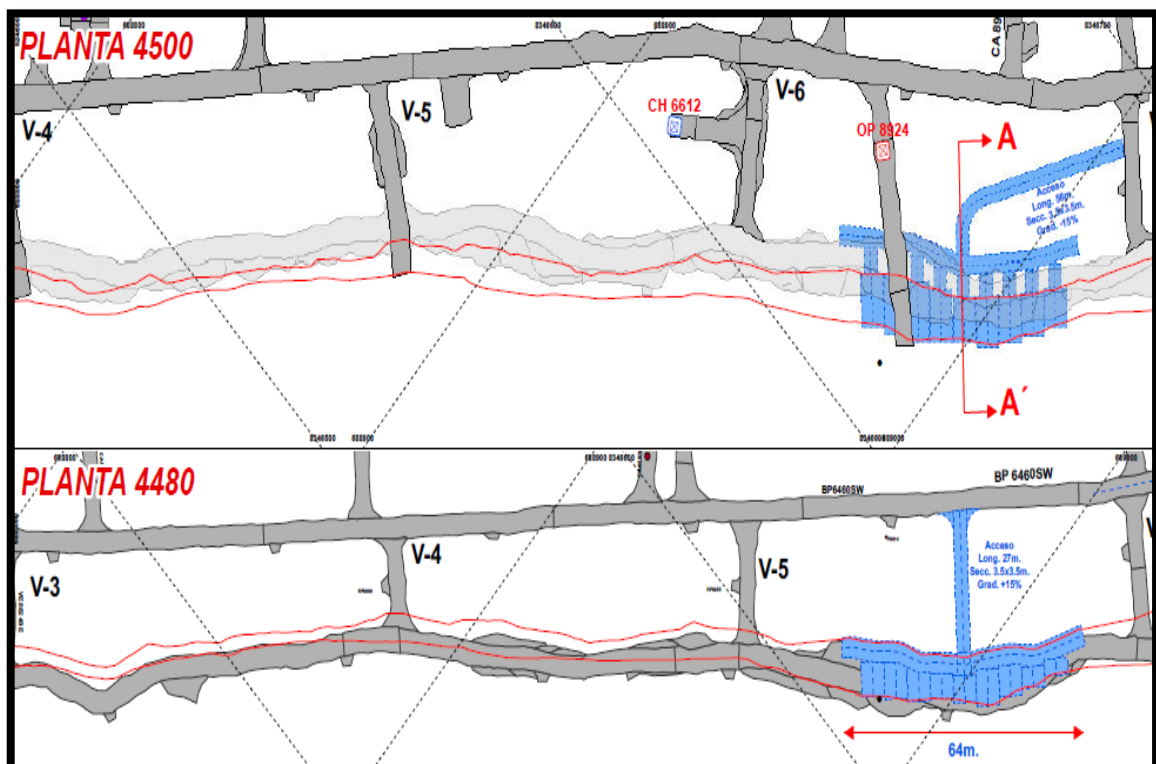
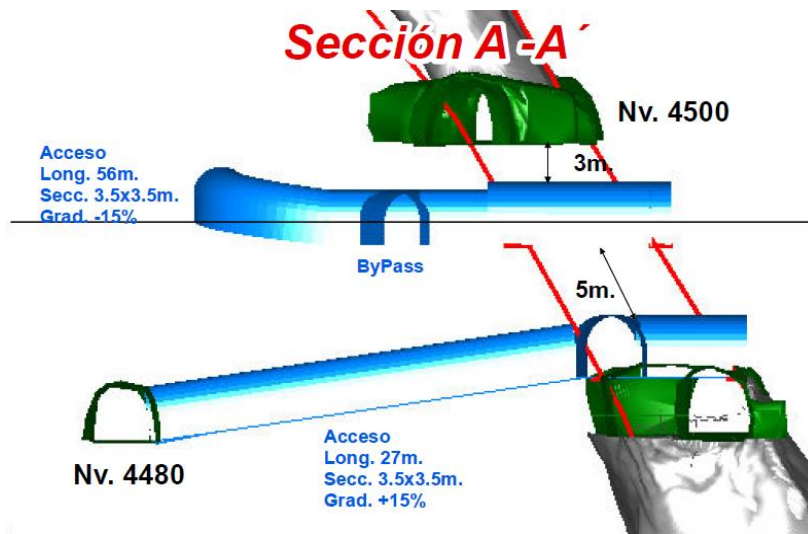


COMPARATIVO FLOTA ACTUAL VS OPTIMIZADA (VOLQUETES 8X4)



ANEXO 02

INGRESO DE VOLQUETES POR EL NIVEL 4 500



ANEXO 03

EVALUACION GEOMECANICA DEL TAJO

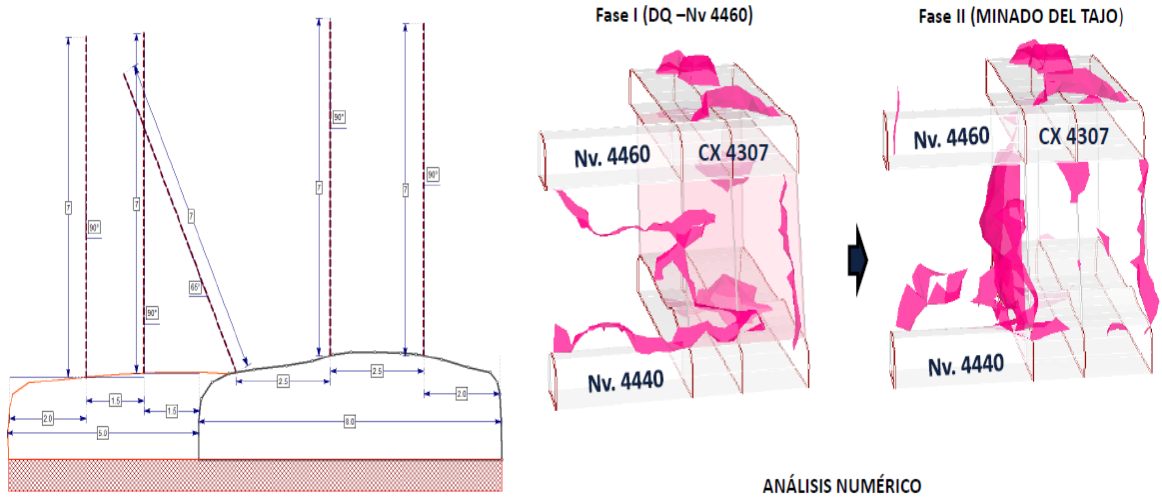
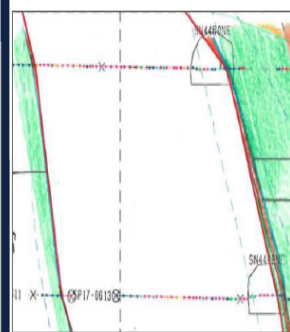
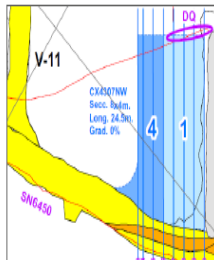


Figura 1 - Desquince del CX 4307 a 13 m

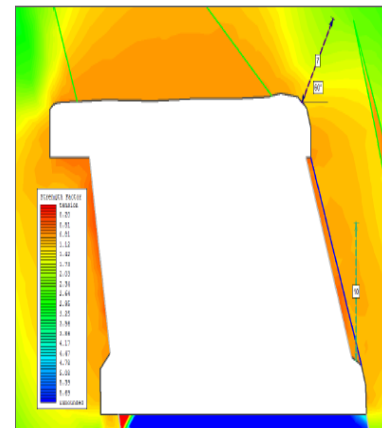
RECOMENDACIONES

1. El CX de 8 m deberá ser sostenido con (03) cables bolting para luego desquincarlo a 13 m y proceder a instalar (02) cables bolting. Como muestra la Figura 1.
2. El CX será sostenido con shotcrete 2" + perno Hydrabolt de 10 espaciado a 1.50 x 1.50 m.
3. Asimismo, asegurar que el cableado del crucero comience por el eje central del Subnivel del Nv 4460.
4. El sistema de cableado del crucero estará espaciado a 2.50 m por fila.

- Longitud de Tajo: 15 metros
- Buz Ore CT: 70° prom.
- Roca Encajonante: Andesita.
- RMR C.T: 45 – 50 / Prom 48
- Tipo Roca: IIIB
- Falla/Ramal contacto a la CT (40 cm de potencia)



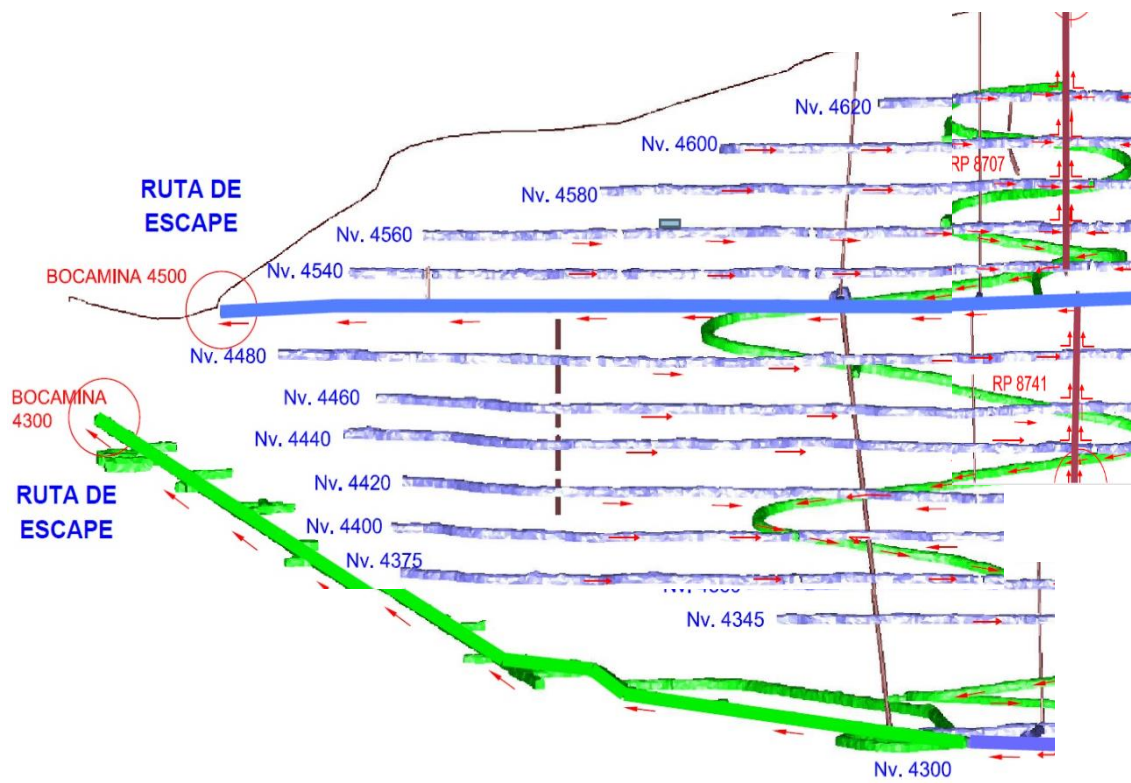
SECCIÓN GEOLÓGICA



ANÁLISIS TENSIONAL

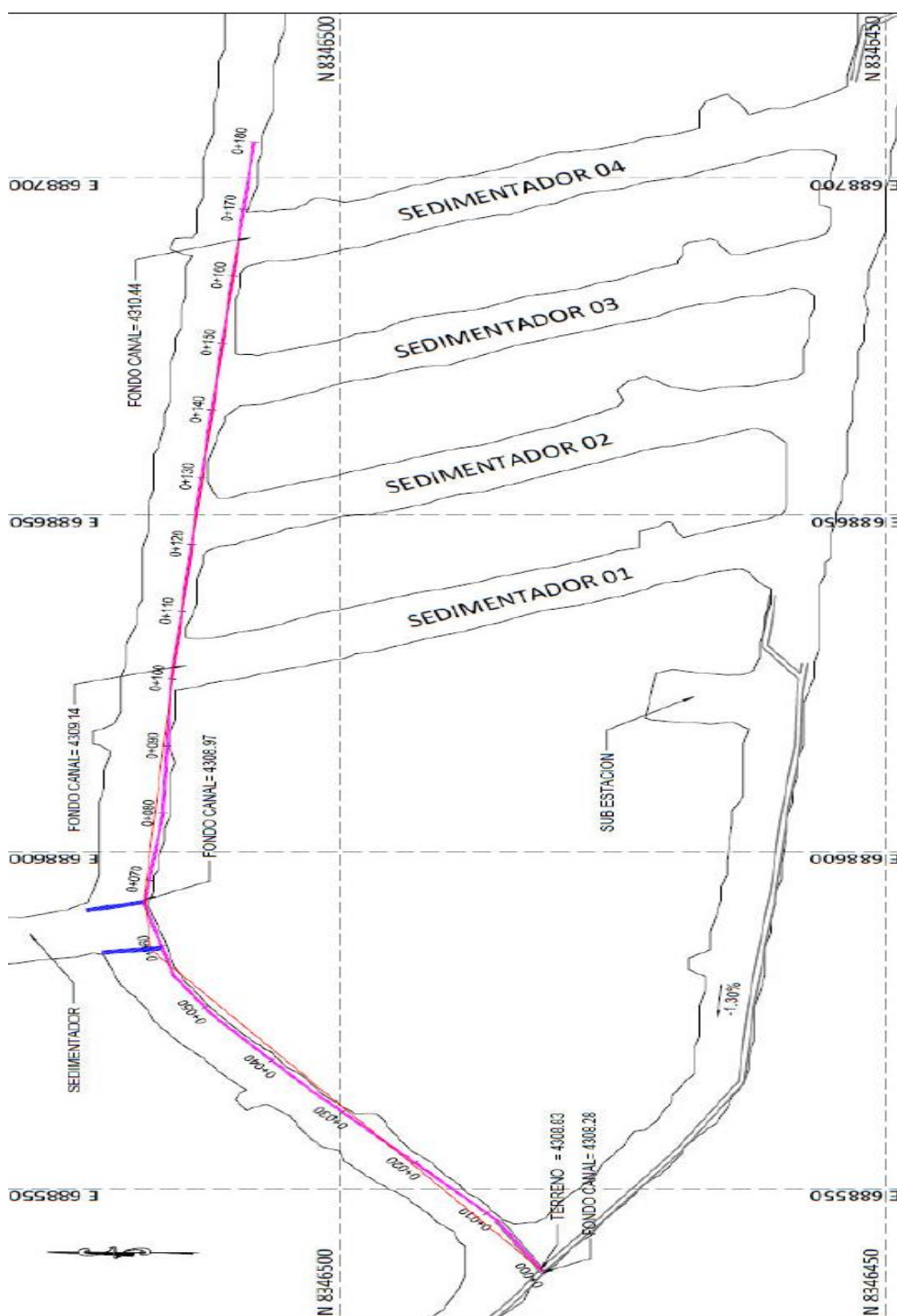
ANEXO 04

RUTAS DE ESCAPE DE LA UNIDAD OPERATIVA INMACULADA



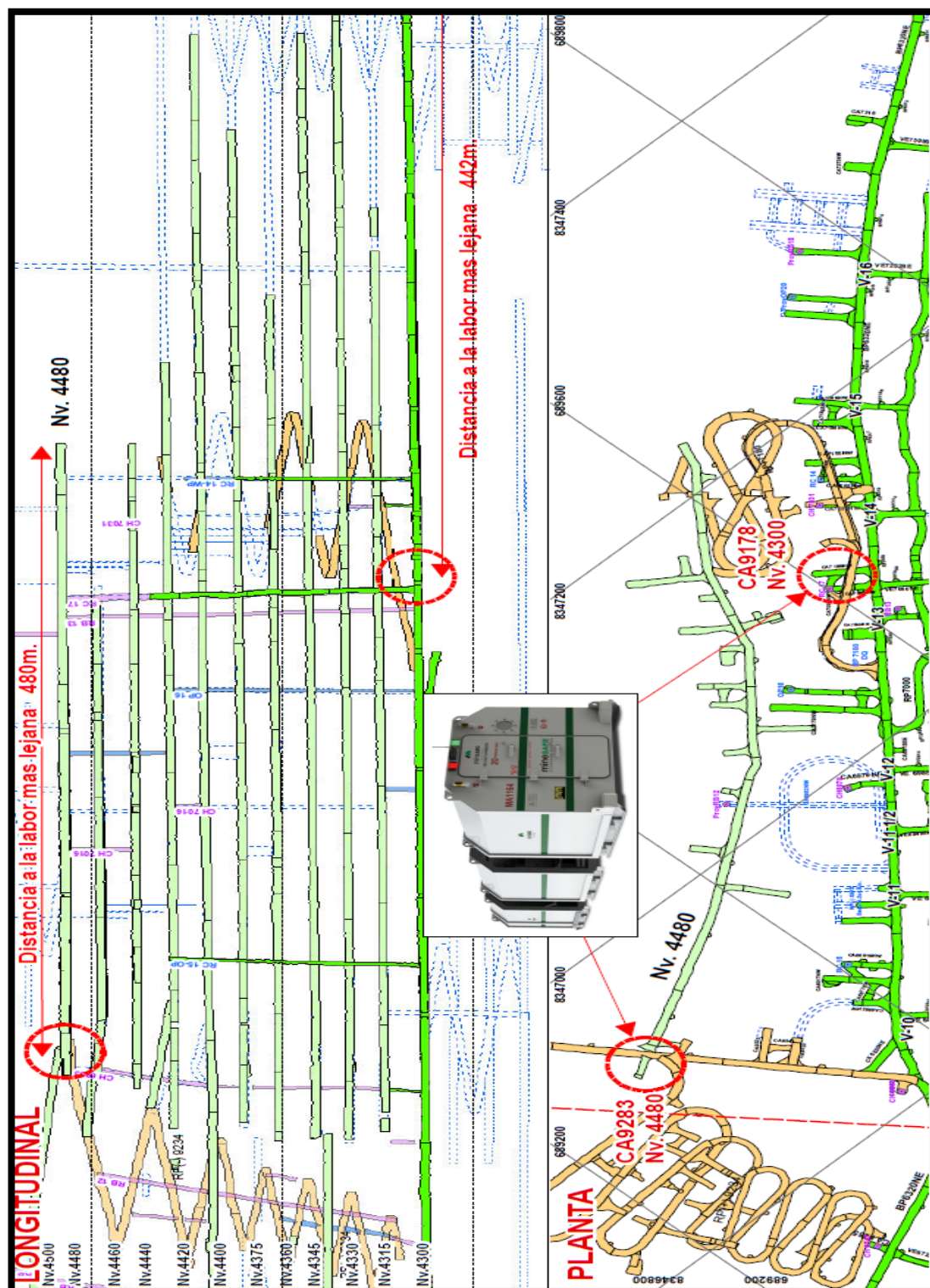
ANEXO 05

**SISTEMA DE BOMBEO DE LA UNIDAD OPERATIVA
INAMCULADA**



ANEXO 06

UBICACIÓN DE CÁMARAS DE REFUGIO MINEARC



ANEXO 07

PLANOS DE UBICACIÓN Y PRODUCCION

- Plano de las Metas físicas de la empresa Inmaculada
- Plano de producción de la veta bárbara
- Plano de producción de la veta Ángela