

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



TESIS

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL PARA
EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN CIA MINERA ARES - U.
O. INMACULADA**

PRESENTADA POR:

MARIO APAZA CHAMBI

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO, PERÚ

2019

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



**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL PARA
EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN CIA MINERA ARES - U.
O. INMACULADA**

PRESENTADA POR:

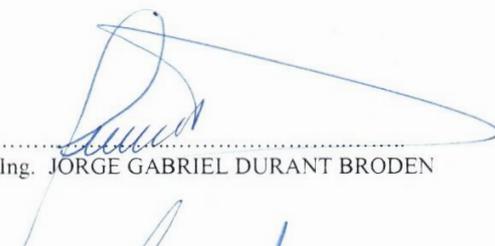
MARIO APAZA CHAMBI

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO DE MINAS

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

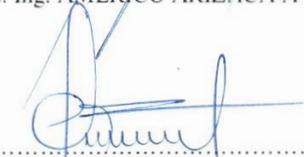
PRESIDENTE


.....
D.Sc.Ing. JORGE GABRIEL DURANT BRODEN

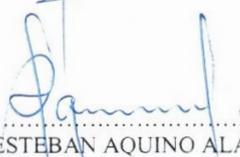
PRIMER MIEMBRO


.....
M. Sc. Ing. AMÉRICO ARIZACA AVALOS

SEGUNDO MIEMBRO


.....
M. Sc. Ing. LUCIO QUEA GUTIERREZ

ASESOR DE TESIS


.....
Ing. ESTEBAN AQUINO ALANOCA

Área: Ingeniería de Minas.

Tema: Optimización del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad en CIA Minera Ares - U. O. Inmaculada.

Fecha de sustentación: 03 de julio del 2019.

Dedicatoria.

A ese ser supremo Dios, quien es mi guía, mi fortaleza y que con él todo y sin el nada es posible; a él por darme la oportunidad de vivir y brindarme la fortuna de compartir mi vida con una familia maravillosa, que con virtudes y defectos aprendí amar, compartir.

A mis padres Delfín L. Apaza Ticona y Alejandrina Chambi Arapa, por su apoyo incondicional porque ellos son ejemplo para que uno con sufrimiento, empeño y perseverancia consiga su objetivo y gracias a su paciencia y humildad me llevo hacia el camino de mi profesión.

A mis hermanos y hermanas quienes fueron un ejemplo para mí, para seguir el camino hacia el futuro, por sus apoyos moral y material para cumplir con mi objetivo profesional.

Apaza Chambi Mario.

Agradecimiento

A mis padres Delfin L. Apaza Ticona, Alejandrina Chambi Arapa y hermanos Eusebia, Delfor, Antonia y Marcos; por su dedicación y apoyo incondicional para hacer realidad los míos.

Al personal académico y no académico de la Escuela Profesional de Ingeniería Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, que transcurrieron con mi formación profesional.

A todo mi más profundo agradecimiento.

Índice general

Dedicatoria.....	a
Agradecimiento	b
Índice general	i
Índice de figuras	iv
Índice de tablas	v
Índice de acrónimos.....	viii
Resumen	1
Abstract.....	2
1 Capítulo I	3
Introducción.....	3
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2 Planteamiento del problema de la investigación.....	5
1.2.1 Descripción del problema.	5
1.3 Problema general.	5
1.3.1 Problema específico.	5
1.4 Objetivo general.....	6
1.4.1 Objetivo específico.	6
1.5 Hipótesis general.....	6
1.5.1 Hipótesis específicas.....	6
1.6 Variables e indicadores de la investigación	7
2 Capítulo II	8
Marco teórico.....	8
2.1 Antecedentes	8
3 Capítulo III.....	13
Metodología de la investigación.....	13
3.1 Diseño de investigación.	13
3.1.1 Variable Independiente:	13

3.1.2	Variable dependiente:	13
3.2	Población y muestra.....	14
3.2.1	Población.....	14
3.2.2	Muestra	14
3.3	Trabajo de adquisición de datos.....	14
3.3.1	Determinación del ciclo total de las unidades de acarreo.....	15
3.3.2	Ciclo formado por tiempos fijos.....	15
3.3.3	Productividad teórica.....	15
3.3.4	Productividad máxima.....	15
3.3.5	Tiempo total de operación.....	16
3.4	Desarrollo de mina.....	22
3.5	Selección del método de minado subterráneo.....	22
3.5.1	Corte y relleno con perforación horizontal.....	23
3.5.2	Tajeo por subniveles.....	24
3.6	Definición de rampas y accesos principales.....	26
3.7	Definición de tajeo.....	27
3.8	Planeamiento anual de mina subterránea.....	28
3.9	Descripción de equipos en el desarrollo de la mina.....	29
3.10	Dimensionamiento de flota.....	31
3.11	Resistencia total del equipo.....	36
3.11.1	Resistencia a la rodadura por tipo de vía.....	36
3.11.2	Resistencia a la pendiente (Rg).....	38
3.11.3	Radios de curvatura en pendiente	39
3.11.4	Compatibilidad entre los volquetes y el equipo de carguío.....	40
3.11.5	Descripción de la zona de trabajo.....	41
3.11.6	Condiciones operativas reales para el transporte.....	42
3.11.7	Ciclo total de acarreo y transporte.....	42

3.12	Demoras operativas en el transporte de minerales.....	44
3.13	Rutas de acarreo mineral.....	46
3.14	Análisis e interpretación de resultados en gabinete	47
3.14.1	Análisis de tiempos de carguío.	47
3.14.2	Análisis de tiempos de acarreo desde interior mina – superficie.....	52
3.14.3	Calculando el tiempo de giro, posicionamiento y descarga.....	66
3.14.4	Cálculo de la eficiencia de operación.	67
3.14.5	Determinación del ciclo total de acarreo y transporte.	68
3.15	Determinación de la productividad teórica de acarreo.	71
3.15.1	Determinación de la productividad máxima de acarreo	74
3.15.2	Determinación de la productividad promedio de acarreo	76
3.15.3	Determinación de la productividad horaria de acarreo.	79
3.15.4	Cálculo del costo por tonelada en el transporte subterráneo.....	83
3.15.5	Tarifas unitarias para el transporte de mineral.....	83
3.15.6	Dimensionamiento de la flota óptima de unidades.	84
3.15.7	Análisis de la facturación mensual con las tarifas propuestas.	86
4	Capítulo IV.....	89
	Resultados y discusión.....	89
4.1	Análisis e interpretación de resultados.	89
4.1.1	Análisis e interpretación N.º 01	89
4.1.2	Análisis e interpretación N.º 02	92
4.2	Resultados económicos.....	94
V.	Conclusiones.....	95
VI.	Recomendaciones.....	96
VII.	Referencias.....	97
	Anexos	98

Índice de figuras

Gráfico 1 Flujo del ciclo total de volquetes.....	20
Gráfico 2 Esquemático de explotación por corte y relleno (breasting)	24
Gráfico 3 Esquemático de explotación por tajeo por subniveles (transversal).....	25
Gráfico 4 Distribución de labores corte y relleno.....	26
Gráfico 5 Procesos de operaciones mina.....	30
Gráfico 6 Dimensiones y Detalles de ore pass	34
Gráfico 7 Dimensiones y Detalles de ore pass	35
Gráfico 8 Fricción interna.....	36
Gráfico 9 Resistencia a la penetración de la llanta.....	37
Gráfico 10 Diseño de una curva para equipos	39
Gráfico 11 Radios de Curvatura en pendiente y su componente plana	40
Gráfico 12 Curva de la base de datos del ciclo (Scoop).....	44
Gráfico 13 planimetría de rutas para el sistema de transporte de minerales	98
Gráfico 14 Dimensiones y detalles de Ore Pass para el carguío de minerales	99
Gráfico 15 Dimensiones y detalles de Ore Pass para el carguío de minerales	100
Gráfico 16 Dimensiones y detalles de Ore Pass para el carguío de minerales	101
Gráfico 17 Dimensiones y detalles de Ore Pass para el carguío de minerales.....	102
Gráfico 18 Esquema de explotación de corte y relleno (breasting).....	103
Gráfico 19 Esquema de explotación de corte y relleno (breasting)	104
Gráfico 20 Esquema de explotación de corte y relleno (breasting).....	105

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	7
Tabla 2 Porcentaje del factor de llenado de material.....	17
Tabla 3 Porcentaje de esponjamiento del material	17
Tabla 4 Eficiencia operacional.	19
Tabla 5 Plan anual de producción.....	29
Tabla 6 Datos de entrada Rendimiento volquete.....	31
Tabla 7 Rendimiento de volquetes	31
Tabla 8 Equipo de mina - corte y relleno	33
Tabla 9 Equipos Mina - Tajeo por Subniveles	33
Tabla 10 Resistencia a la rodadura para diferentes tipos de vías.	37
Tabla 11 Parámetros de cálculo de la resistencia a la rodadura	38
Tabla 12 Resistencia total de los camiones	39
Tabla 13 Carguío de scoop LHD.....	41
Tabla 14 Distancia y tiempo de carguío.	41
Tabla 15 Data base del ciclo (carguío y transporte)	43
Tabla 16 Seguimiento de demoras operativas	45
Tabla 17 Resumen de demoras operativas - volquetes.....	46
Tabla 18 Rendimiento de equipos LHD	47
Tabla 19 Tiempo de carguío con Scoop Trams de 6 Yd	49
Tabla 20 Tiempo de carguío con Scoop Trams (CAT 08)	51
Tabla 21 Resumen de tiempo de carguío en estaciones de carguío.....	52
Tabla 22 Espera turno de carguío.	53
Tabla 23 Tiempo De Carguío	54
Tabla 24 Tiempo De Pesado En Balanza	54
Tabla 25 Demoras operativas optimizados.....	55
Tabla 26 Estándar de velocidades de volquetes.	56
Tabla 27 Velocidad con volquete cargado en interior mina (+12%).....	57
Tabla 28 Velocidad con volquete cargado en superficie	58
Tabla 29 Velocidad con volquete vacío en superficie	58

Tabla 30 Velocidad con volquete vacío en interior mina.....	59
Tabla 31 Tiempo con volquete cargado de cada estación de carguío-bocamina.....	60
Tabla 32 Tiempo de transporte cargado en superficie Bocamina - Tolva.....	61
Tabla 33 Tiempo de transporte con volquete cargado en superficie	61
Tabla 34 Tiempo total de transporte con volquete (Ta)	62
Tabla 35 Tiempo de retorno vacío desde descarga hasta la bocamina	63
Tabla 36 Tiempo de retorno vacío de bocamina hasta estación de carguío	63
Tabla 37 Tiempo total de retorno vacío desde descarga hasta carguío (Tr).....	64
Tabla 38 Tiempo total de transporte con volquete (ida + retorno).....	65
Tabla 39 Tiempo total de acarreo del volquete	66
Tabla 40 Tiempo de giro y posicionamiento del volquete	67
Tabla 41 Tiempos de demora (Tb)	68
Tabla 42 Optimización de demoras operativas en 5 días	69
Tabla 43 Tiempos de demora (Tb)	69
Tabla 44 Productividad teórica (Tm/h) del volquete.....	73
Tabla 45 Productividad máxima (Tm/h) del volquete.....	75
Tabla 46 Productividad promedio (Tm/h) del volquete.	78
Tabla 47 Productividad horaria (Tm/h) del volquete	81
Tabla 48 Porcentaje de productividad	82
Tabla 49 Tarifa actual para el transporte de mineral	83
Tabla 50 Tonelaje programado por día.....	84
Tabla 51 Disponibilidad de los volquetes en los últimos 03 meses	85
Tabla 52 Valorización mensual de transporte	87
Tabla 53 Tonelaje programado vs tonelaje ejecutado	88
Tabla 54 Costo programado vs costo real	88
Tabla 55 Demoras operativas optimizados.....	89
Tabla 56 optimización de demoras operativas en ratio de 5 días	90
Tabla 57 Tiempos de demora (Tb)	90
Tabla 58 Tonelaje programado por día.....	92
Tabla 59 Disponibilidad de los volquetes en los últimos 03 meses	93
Tabla 60 Tiempo total de acarreo de volquete cargado.....	106

Tabla 61 Tiempo total de retorno de volquete vacío	107
Tabla 62 Tiempo de giro y posicionamiento	108
Tabla 63 tiempo de acarreo con volquete	109
Tabla 64 Tiempo de retorno volquete vacío	109
Tabla 65 Base de datos de los diferentes niveles.....	110
Tabla 66 Distancias para el transporte de mineral.....	111

Índice de acrónimos.

EIA	: (Estudio de Impacto Ambiental)
Q	: Capacidad nominal del equipo
E	: Eficiencia de trabajo
Tc	: Tiempo de carguío
Ta	: Tiempo de acarreo y transporte
Td	: Tiempo de descarga y maniobras
Tr	: Tiempo de retorno
Tf	: Tiempo fijo
Tv	: Tiempo Variable
% Eff	: Eficiencia de operación
Rp	: Resistencia a la penetración de la llanta
RR	: Resistencia al rodamiento
If	: Fricción interna
Rp	: Resistencia a la penetración de la llanta.
Tm	: Toneladas métricas

Resumen

La Compañía Minera ARES S.A.C. afiliada a HOCHSCHILD MINING mediante la Unidad Operativa Inmaculada se localiza en la Provincia de Parinacochas y Páucar de Sara Sara Departamento de Ayacucho, situado en Latitud 14°57'27"S y Longitud 73°14'42"W. El presente tema de tesis “Optimización Del Sistema De Transporte De Mineral Para El Incremento De La Productividad En CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada”, en la unidad Minera Inmaculada el sistema de trabajo no tiene estandarizado su ciclo de sistema de transporte de minerales, siendo el trabajo deficiente en las demoras operativas y el dimensionamiento de equipos, cuyo objetivo de la tesis es identificar las demoras operativas más importantes y la flota de volquetes para el incremento de la productividad en el sistema de transporte de minerales en la Unidad Operativa Inmaculada. La investigación bibliográfica realizada es un estudio descriptivo. La población de estudio está conformada por un sistema de transporte de minerales; el cual se tiene dificultades en las demoras operativas (tiempos) y el sobredimensionamiento de equipos, pero está muy relacionado con el costo de operación, diversos factores de orden interno o externo que afectan a las decisiones de la productividad, dentro de ellas se mencionan: el capital disponible, factor de inercia, inflación, ingeniería, finanzas, estandarización y los factores de análisis económico. El sistema de transporte de minerales con los equipos mineros se plantea como problemas las demoras operativas y el dimensionamiento en el ciclo de transporte; compuesto por el costo de propiedad y el costo de operación; Con la identificación de las demoras operativas y el dimensionamiento adecuado de la flota de volquetes se optimizó la productividad del sistema de transporte de minerales en la Unidad Operativa Inmaculada. El resultado del incremento general que representa un 14.60 % con respecto a la facturación actual y realizando una comparación mensual el incremento es de 1.78 % (US\$126300. 10 para 2 meses). Además, Se redujo la flota de volquetes de un total de 10 volquetes a un total de 08 volquetes según el dimensionamiento de equipos, también se identificaron las demoras operativas más significativas: espera para descargar (pesado y destare), espera por cola de volquete, espera salida de volquete, espera tráfico. Así se puede apreciar en la presente tesis.

Palabras Clave: Diseño, Optimización, Productividad, Sistema de transporte, Parámetro.

Abstract.

The Minera Company ARES S.A.C. affiliated to HOCHSCHILD MINING through the Immaculate Operating Unit is located in the Parinacochas and Páucar Province of Sara Sara Department of Ayacucho, located at Latitude $14^{\circ} 57'27''$ S and Longitude $73^{\circ} 14'42''$ W. The present thesis topic "Optimization of the Mineral Transportation System for the Increase of Productivity in CIA Minera Ares SAC- Immaculate Operating Unit", in the Immaculate Mining Unit the work system does not have its mineral transport system cycle standardized, the work being deficient in the operational delays and the sizing of equipment, whose objective of the thesis is to identify the most important operational delays and the fleet of dump trucks for the increase of the productivity in the mineral transport system in the Immaculate Operating Unit. The bibliographic research carried out is a descriptive study. The study population is made up of a mineral transport system; which has difficulties in operational delays (times) and equipment oversizing, but it is closely related to the cost of operation, various internal or external factors that affect productivity decisions, among them are mentioned: available capital, inertia factor, inflation, engineering, finance, standardization and economic analysis factors. The mineral transport system with mining equipment poses as problems the operational delays and the dimensioning in the transport cycle; composed of the cost of ownership and the cost of operation; With the identification of operational delays and proper sizing of the dump fleet, the productivity of the mineral transport system in the Immaculate Operating Unit was optimized. The result of the general increase representing 14.60% with respect to the current billing and making a monthly comparison the increase is 1.78% (US \$ 126300. 10 for 2 months). In addition, the fleet of tippers was reduced from a total of 10 tippers to a total of 08 tippers according to the sizing of equipment, the most significant operational delays were also identified: wait for unloading (heavy and stand out), wait for tipper tail, Wait for dump truck, wait for traffic. This can be seen in this thesis.

Keywords: Design, Optimization, Productivity, Transport system, Parameter.

Capítulo I

Introducción.

1.1 Descripción de la realidad problemática.

El presente trabajo de investigación se enfoca en la “Optimización del Sistema de Transporte de Mineral para el Incremento de la Productividad en CIA Minera ARES S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada”, empresa minera que viene desarrollando la explotación de Oro, En el presente trabajo de investigación se desarrollan los sistemas de transporte desarrollados en la investigación según las necesidades operativas que requiere la empresa para mejorar su producción así también para poder tener el mayor conocimiento sobre la calidad de unidades que cuenta la minera que se instalan en el desarrollo organizativo dentro de la empresa. Esperando que se dé agrado a la presente investigación y sea una fuente para las posteriores investigaciones.

El presente trabajo de indagación en minería subterránea, tiene como fin. Identificar las demoras operativas más importantes y la flota de volquetes para el incremento de la productividad en el sistema de transporte de minerales para mantener e incrementar la producción, en consecuencia, reducir el costo de operación.

En la Unidad Operativa Inmaculada por la naturaleza de los trabajos, requiere de equipos capaces para poder trabajar en una forma muy cotidiana en toda la vida económica de la mina. además de realizar esfuerzos grandes y realizar los trabajos bajo condiciones severas y adversas, sufren un desgaste prematuro en algunos de sus componentes para cumplir con la demanda de la producción. Considerando que la ineficacia de los equipos siempre genera baja producción para evitar la disminución de la disponibilidad del equipo, siempre se realiza una selección con medidas específicos de las condiciones reales en el trabajo.

La compra de las unidades de transporte (volquetes) requiere de una inversión muy considerada, lo que resulta de esto que se debe proyectar adecuadamente la programación de

la operación minera y seleccionar el equipo intimado para no exceder en los costos. Las fallas o imprudencias en la operación de estas unidades de transporte y las pérdidas de tiempo improductivo incrementan los precios de minado.

La representación de los tiempos de viaje para volquetes es una actividad que demanda mucho tiempo, por lo tanto, hay que realizar seguimiento permanente al volquete en la vía, después recopilar datos de tiempo de viaje y posteriormente analizarlos para determinar qué valores son mejores para considerar los datos en las actividades de transporte. Estos tiempos de transporte serán utilizados en el análisis de las operaciones. La precisión de los estudios obtenidos de estos análisis en el sistema de transporte repercute mayormente de los tiempos de viaje que fueron usados, y hacer un análisis significativo de los tiempos adquiridos. Los datos de entrada deben describir las características del equipo.

El sistema de transporte de minerales, trata de casos en que la eficiencia en el sistema de transporte disminuye con el tiempo de uso y que puede restituir hasta lograr un nivel igual a la primero, mediante algún tipo de acción correctora. Se determina los tiempos en los cuales la mencionada situación debe efectuarse para alcanzar una medida de convicción. Entre las causas del transporte surge la necesidad o conveniencia de reemplazar un equipo que puede deberse a su deterioro físico, o cambios de necesidad que lo hagan inadecuado, o adelantos tecnológicos incorporados a nuevos modelos, frente a los cuales el equipo existente resulte en desventaja.

En la Unidad Operativa Inmaculada hace presencia sobre las deficiencias que se presentan diariamente en las demoras operativas y el dimensionamiento del sistema de transporte de mineral y también ocurre el mismo en el acarreo de material de desmonte.

La ejecución del sistema de transporte de minerales, así como la construcción de accesos y rampas que implique la utilización de equipos, requiere por parte del personal que dirige la operación. Además, de un perfecto conocimiento de la aplicabilidad y capacidad de rendimiento; requiere también, de un criterio real que permita decidir el reemplazamiento a tiempo de dichos equipos, cuando las condiciones de operación, mantenimiento y rentabilidad a niveles óptimos lo exija.

1.2 Planteamiento del problema de la investigación.

1.2.1 Descripción del problema.

La productividad del transporte minero subterráneo influye directamente en los precios unitarios y a la producción diaria por guardia, ya que del acarreo del mineral dependerá del grado de rentabilidad de la empresa encargada de realizar el mencionado trabajo.

En la actualidad el sistema de transporte tiene muchas deficiencias en las demoras operativas y por ende el dimensionamiento de los equipos (volquetes) continua y diariamente no se llega con éxito a los planeamientos realizados semanal y mensualmente por lo tanto resultan ser improductivos y por consecuente estas tarifas están de acuerdo a la distancia de acarreo de mineral desde interior mina hacia superficie (tolva de finos), de continuar el problema la empresa vería afectada su economía, siendo sus utilidades menores a las que debieran ser en realidad.

La medida de propuesta que plantea la investigación es subsanar las demoras operativas y el dimensionamiento adecuado de la flota de volquetes en el sistema de transporte de minerales de acuerdo a las distancias actuales de acarreo; razones por las cuales fue necesario realizar un estudio que permita conocer la máxima productividad horaria del sistema de transporte de minerales.

1.3 Problema general.

¿Cuáles son las demoras operativas y la flota adecuada de volquetes para el incremento de la productividad en el sistema de transporte de minerales en la CIA Minera Ares S.A.C. - Unidad Operativa Inmaculada?

1.3.1 Problema específico.

- a. ¿Cómo minimizar las demoras operativas del proceso de transporte de minerales en la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada?
- b. ¿Cuál será la flota adecuada que cumpla con las necesidades del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada?

1.4 Objetivo general.

Identificar las demoras operativas más importantes y la flota de volquetes para el incremento de la productividad en el sistema de transporte de minerales en la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada

1.4.1 Objetivo específico.

- a) Identificar las demoras operativas del sistema de transporte de minerales en la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada.
- b) Determinar la flota de volquetes para incrementar la productividad del sistema transporte de mineral en la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada

1.5 Hipótesis general.

Con la determinación de la cantidad de volquetes y la identificación de las demoras operativas de la flota de volquetes se optimizó la productividad del sistema de transporte de minerales en la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada

1.5.1 Hipótesis específicas.

- a. Mediante la optimización de los tiempos improductivos y las demoras operativas del sistema de transporte de mineral, se incrementó la productividad en la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada.
- b. Se determinaron la flota de volquetes adecuadamente para la productividad del sistema de transporte de mineral en la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada.

1.6 Variables e indicadores de la investigación

Tabla 1 Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente		
Optimización de tiempos del sistema de transporte de mineral en la Unidad Operativa Inmaculada.	➤ Velocidad.	➤ Km/Hr.
	➤ Tiempo.	➤ Minuto
Variable Dependiente		
Productividad en el sistema de transporte de mineral en la Unidad Operativa Inmaculada.	➤ Costo de Carguío	➤ (Tn/Hora)
	➤ Costo de Transporte	➤ (Tn/ Hora)

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo II

Marco teórico

2.1 Antecedentes

En la actividad minera por la naturaleza de todos los trabajos, necesita de equipos capaces para trabajar en forma diaria durante el ciclo de su vida económica. Con el transcurso del tiempo y uso, además de resistir grandes esfuerzos y de cumplir trabajos bajo condiciones severas y adversas, sufren un desgaste rápido en algunos de sus mecanismos para efectuar con la demanda de la producción.

Existe gran variedad de maquinarias pesadas en el mercado, la cual no es una limitante para la selección de maquinarias en un determinado trabajo, según las condiciones requeridas.

En la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada se sigue operando con maquinaria que tienen un alto costo de operación y con beneficios muy bajos respecto a otra maquinaria, que puede ser la más adecuada para el tamaño de la operación. Los grandes avances en nuevas tecnologías y el desarrollo de maquinaria pesada de mayor potencia y componentes modernos, permiten el movimiento de enormes cantidades de materiales, dando como resultado que las operaciones sean menos costosas y opten por estas alternativas.

MATTMET (2006), consiste en; evaluar y optimizar los costos de acarreo de material volado (mineral y/o desmonte) dependiendo del plan de producción e identificar los requerimientos de flota de acarreo, los cuales pueden ser propios o alquilados. En su conclusión principal menciona que el cálculo correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación US\$/Tm para el costo de operaciones mina, además que el exceso o la falta de camiones incurre directamente en los costos unitarios. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno – Perú.

LUCERO R, G. E. y GUZMÁN G. (2014). Consiste en; Aportar con trabajos de investigación en laboratorio y campo, para optimizar y calibrar el proceso de extracción y lavado de grava aurífera. Universidad Central Del Ecuador, Quito – Ecuador.

MARAMBIO, G.A. (2010); Consiste en; entregar una primera aproximación acerca de la influencia de los diseños mineros, específicamente orientados a las rampas, sobre el rendimiento de los camiones de extracción en la mina Radomiro Tomic de Codelco Norte. El trabajo se basa en un análisis de datos que tiene como producto final un modelo de velocidades de los equipos de transporte actuales de la mina, en función de ciertas variables de diseño que se definieron como críticas en conjunto con las áreas de operaciones y planificación corto-largo plazo. Universidad Nacional de Chile, Antofagasta, Chile.

VIDAL M. A. (2010) Consiste en; calcular el número de camiones óptimo para el transporte de mineral y desmonte en una operación minera. Con esta información se hace un estudio económico de la mina para corroborar que es económicamente viable y que está dentro de los parámetros de una mina en ejecución. Y se hace el planeamiento de minado y explotación a lo largo de los 17 años que dura el proyecto de la mina Antamina. Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima – Perú.

HUAROCO P. M. (2017) Consiste en; explicar una nueva metodología para la reducción de costos en las operaciones básicas de carguío y acarreo de mineral con un incremento sustancial del nivel de producción para el beneficio de la empresa minera y una disminución de los costos de carguío y transporte. La metodología que se usó para la demostración de la hipótesis fue descriptiva con la evaluación de los indicadores que se fueron evaluando y evaluando las causas que generaban que este indicador posea un elevado índice cuantitativo con ello se tomaron las decisiones pertinentes en las operaciones de minado con el objetivo de buscar optimizar y colocar el negocio de las explotaciones mineras en un nivel adecuado de producción. Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo – Perú.

HUAYNASI H. A. (2016) La investigación se desarrolló bajo un diseño cuasi - experimental, con enfoque cuantitativo, en el cual la muestra estuvo conformada por 25 días hábiles. Para

mejorar la información requerida, previamente se validaron los instrumentos y se demostró la validez y confiabilidad, mediante la técnica de juicio de expertos; la técnica que se emplearan son las fichas de observación y la guía de análisis de contenidos. Universidad Cesar Vallejo, Lima – Perú.

MAYHUA M, A. L., y ROMERO, L. (2012) Consiste; El sistema de transporte es una de las operaciones más importantes en las minas subterráneas, implica el acarreo del material de los puntos de extracción a las zonas de carga y seguido de transporte a la superficie de la mina. Visto los antecedentes de estudio de tiempos de informes, reportes y otros de la Mina San Cristóbal, se ha detectado una distribución desordenada de camiones con respecto a los scoops de los puntos de carguío del Nivel 1070, ocasionando que la producción de la zona III tenga un déficit, pese a las muchas correcciones logísticas realizado por la empresa, por lo que se tuvo que realizar una evaluación de la distribución de camiones con respecto a los scoops, para optimizar el sistema de transporte de mineral del Nivel 1070 a superficie- de la Mina San Cristóbal. Para esta investigación, se ha realizado un estudio de tiempos de los ciclos de carga en el nivel 1070 de la zona III, así como tiempos de los ciclos de transporte de mineral de los puntos de carguío del nivel 1070 hacia la superficie de la mina en Cancha 500. Con los tiempos medidos y distancias de recorrido medido, se determinó que la mayor pérdida de tiempo muerto es producto de demoras operativas, tales como cola de volquetes en un solo punto de carguío, congestión vehicular en la rampa de acceso hacia superficie con volquetes de las otras zonas, deficiencias en la comunicación entre los Contratistas y Empresa. Así mismo se determinó que los ciclos de las operaciones de carguío y transporte, influyen directamente sobre los rendimientos de producción del Nivel 1070, que actualmente tiene un déficit de 183.52 Tm/día y 5505.69 Tm/mes. Para mejorar esta situación, se debe actualizar constantemente los ciclos de carguío y transporte de las diferentes labores y con dichos datos se debe reprogramar los rendimientos en función de las metas de producción de la Mina. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica – Perú.

BALDEÓN, Z. L. (2011) se resume en la implementación de métodos de control, alternativas de solución para la mejora de la productividad, en base al análisis de las operaciones en función del tiempo, ya que como sabemos el acarreo y transporte son variables que influyen

en forma prioritaria en la reducción de costos. Inicialmente se analizarán los factores que afectan positiva y negativamente la productividad de la operación de acarreo y transporte (línea base), los métodos de trabajo, y los sistemas de control (en caso se cuente con los mismos o si sería necesario una implementación), a este análisis acompañaremos una propuesta de solución a la actividad que genera un mayor tiempo improductivo en el proceso, finalmente se propondrá una Guía para la optimización de flota en minas subterráneas con similares características que la mina analizada (Cía. Minera Condestable S.A.). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima – Perú.

RIVEROS, J. H. (2016) Consiste en; conocer los procesos que intervienen y afectan el transporte de mineral de interior mina hacia la planta de beneficio. Este ciclo se ejecuta de dos formas: la primera con los scoops mecánicos y eléctricos, los cuales cargan, transportan y descargan el material directamente hacia los volquetes volvo FMX de 25 toneladas métricas de capacidad nominal y la segunda mediante ore pass directamente hacia los volquetes. La investigación consistió en el estudio de tiempos que permitió calcular la productividad horaria de los volquetes, la cual resultó 10.156 Tm/h de promedio, equivalente al 77 % de la productividad máxima, (siendo esta 13.038 Tm/h). Se tomó como muestra un volquete en forma aleatoria, y se identificaron los parámetros que influyen directamente en esta etapa del ciclo de minado. Para lo cual, se emplearon metodologías de análisis de tiempos, los que involucraron trabajos en gabinete, uso de normas legales de seguridad y trabajos en campo de toma de datos. Con un análisis de costos se pudo determinar nuevas tarifas unitarias, por cada zona de la mina para el transporte minero subterráneo, que en promedio representan 34.63 % de incremento con respecto a las tarifas unitarias actuales. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno – Perú.

CAMALA J, H. (2014) se resume en la implementación de métodos de control para la mejora de la productividad en base al análisis de operaciones en función del tiempo donde los sistemas de carguío y transporte influyen en forma prioritaria en la reducción de costos. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno – Perú.

JIMÉNEZ (2005) se resume en que la productividad involucra una regla de conducta fundamental para conseguir la mayor satisfacción con el menor costo o fatiga. Matemáticamente se puede definir a la productividad como el cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de la producción es decir la productividad es la razón entre la cantidad producida y los insumos utilizados. Es así que este término no es una medida de producción, ni de la cantidad que se ha fabricado, sino es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir con los resultados específicos.

Así que el aumento en la productividad ocupa un lugar importante en los objetivos de la organización, la empresa parece estar enfocada en ser cada día más productiva.

Capítulo III

Metodología de la investigación.

La estrategia Metodológica que se emplea en la investigación, para responder al problema planteado ¿Cuáles son las demoras operativas y la flota adecuada de volquetes para el incremento de la productividad en el sistema de transporte de minerales en la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada? Fue realizado por las técnicas de recolección de datos según el ciclo de carguío y acarreo, puesto que se consideró desde el momento de carguío hasta el retorno del volquete, en donde se ha analizado el tiempo del ciclo total del sistema de transporte de minerales, este sistema se realizó mediante seguimiento diario por un tiempo de 15 días equivalente a 30 guardías, los datos se ha registrado en los formatos de control con quienes se podrá obtener valores numéricos de la máxima productividad y la productividad horaria real de los volquetes, así también la descripción de los instrumentos, procedimientos de comprobación de validez y confiabilidad de los instrumentos del sistema de transporte de minerales.

3.1 Diseño de investigación.

El presente proyecto el tipo de investigación es descriptivo, la cual busca determinar las demoras operativas más importantes y el dimensionamiento de la flota de volquetes para el incremento de la producción en el cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo.

3.1.1 Variable Independiente:

Tiempo.

Velocidad.

3.1.2 Variable dependiente:

Productividad.

Costo de Carguío y Acarreo

3.2 Población y muestra.

3.2.1 Población

La población involucrada que se tomará en balance en la presente investigación es toda la maquinaria pesada que desempeña el sistema de transporte de minerales en la CIA Minera Ares S.A.C.- Unidad Operativa Inmaculada, como se indica de la siguiente manera:

- Volquetes FMx y FM.
- Scooptrams. ATLAS COPCO y CAT 08.

3.2.2 Muestra

La evaluación de la muestra para la presente investigación está realizada con una evaluación de adquisición de tiempos por la cantidad de equipos con la que se contaba dentro de la operación minera y por guardia de trabajo, de tal forma en la investigación se describe de la siguiente manera:

- 10 volquetes FMx y FM con capacidad de 15m³,
- 02 Scooptrams. ATLAS COPCO y CAT 08

3.3 Trabajo de adquisición de datos

En el trabajo de campo se realizó la toma de datos de los siguientes ítems:

- Condiciones y características para el transporte (labores como rampas, cortadas, secciones, radio de curvatura y distancias en interior mina y en superficie)
- Ciclo total de acarreo y transporte (componentes del ciclo total de acarreo desde interior mina – superficie)
- Desempeño de la velocidad de los volquetes.
- Procesamiento de datos del tiempo de acarreo.
- Procesamiento de datos del tiempo de giro, posicionamiento y descarga.
- Eficiencia de operación.
- Determinación del ciclo total de acarreo y transporte.
- Determinación de producción horaria de transporte (dependerá exclusivamente del tiempo, eficiencia de operación y material a transportar).
- Procesamiento de datos del costo por tonelada de transporte y acarreo con volquete volvo FMX.

La información de gabinete, los instrumentos utilizados, así como los datos tomados en campo, permitirá obtener los objetivos propuestos en la investigación y a su vez demostrar la hipótesis.

3.3.1 Determinación del ciclo total de las unidades de acarreo.

El ciclo total está formado por tiempos fijos y variables.

3.3.2 Ciclo formado por tiempos fijos.

En el acarreo de transporte de minerales y desmonte. El ciclo formado por tiempos fijos se mantiene constante desde el inicio de la operación hasta su culminación que se detalla a continuación: el tiempo de cuadrar el volquete, cargar el mineral al volquete, el tiempo de voltear del equipo cargador de mineral y vaciar al material al volquete.

3.3.3 Productividad teórica.

La teoría de la producción comprende las leyes que explican el comportamiento de la unidad de producción o empresa y su manifestación en el mercado y estará definida como el volumen o peso producido por unidad de operación, rigiéndose con los siguientes aspectos:

$$\text{Productividad Teórica} \left(\frac{Tm}{h} \right) = \frac{Q}{CICLO} * \frac{CICLO}{HORA}$$

Dónde:

Q : Capacidad nominal del equipo (Tm).

Ciclo : Tiempo de ciclo de acarreo (min).

3.3.4 Productividad máxima.

Corresponde al volumen o peso por hora producida en las operaciones de transporte considerando las demoras operativas consideradas indistintamente acorde a las actividades del mismo. Todo esto debe aplicarse para determinar la cantidad de unidades de transporte de volquetes y establecidas a un Scooptram.

Está determinada por la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad Máxima} \left(\frac{Tm}{h} \right) = 60 * \frac{e*Q}{Tc}$$

Donde:

- e : Eficiencia de trabajo (Retrasos variables, en %).
 Q : Capacidad nominal del equipo (Tm).
 Tc : Tiempo total de ciclo de transporte (min).

3.3.5 Tiempo total de operación.

Es cuando el volquete transporta el mineral de ida y vuelta el mineral (ciclo completo) para la producción permanente, de los cuales se suma diferentes tiempos en el ciclo de transporte.

$$\text{Tiempo de Operación (min)} = \text{Tiempo giro} + \text{Posicionamiento} + Tc + Ta + Td + Tr$$

3.3.5.1 Tiempo de carguío (Tc)

Es el tiempo que demora el Scooptram para llenar con material a un volquete, dependiendo de la cantidad de lampones necesarios para la capacidad que acarrea el volquete. Como se puede apreciar en la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo de Carguío (min)} = Te * N$$

Dónde:

- Te : Tiempo de ciclo del scoop (min).
 N : Número de pases.

3.3.5.2 Numero de lampones (N)

Es la cantidad de viajes necesarios para completar la capacidad nominal del volquete en el carguío de los minerales con ello se determina como sigue:

$$N^{\circ} = \frac{Q}{C * f * e * P.e}$$

Dónde:

- Q : Capacidad nominal del equipo (Tm).
 C : Capacidad nominal de la cuchara (m3).
 f : Factor de llenado de la cuchara (%).
 e : Esponjamiento del material (%).
 P.e : Peso específico del material in situ (Tm/m3).

Tabla 2 Porcentaje del factor de llenado de material

Porcentaje Del Factor de Llenado de Material	
DENOMINACION	PORCENTAJE
Roca bien fragmentada:	80 - 90 %
Roca fragmentada mediana:	70 - 80 %
Roca mal fragmentada:	60 - 70 %

Fuente: Alfonso Bravo 2018

Tabla 3 Porcentaje de esponjamiento del material

Porcentaje de Esponjamiento de Material a Ser Cargado	
DENOMINACION	PORCENTAJE
Roca blanda bien fragmentada:	35 - 40 %
Roca dura bien fragmentada:	30 - 35 %
Roca dura mal fragmentada:	25 - 30 %

Fuente: Ángel Mendoza, Lucrecia Romero

3.3.5.3 *Tiempo de acarreo y transporte (Ta).*

Una vez que el volquete este cargado de material en el punto de carguío, el tiempo de acarreo del volquete el cual recorrerá la distancia efectiva hasta el lugar de destino. Va depender de la distancia de acarreo (D), así también la velocidad que recorrerá el volquete con carga, Está determinada por la siguiente ecuación:

$$Ta = \frac{D}{Vc}$$

Dónde:

D : Distancia de acarreo (m).

Vc : Velocidad con carga (m/min)

3.3.5.4 *Tiempo de descarga (Td).*

Es el tiempo que realiza en descargar el material cargado por el equipo. Se debe tener en consideración que el área de descarga no debe haber ningún tipo de equipo en movimiento, para que el volquete pueda ingresar y avanzar en retroceso y descargar el material, para después retornar hacia el destare.

3.3.5.5 *Tiempo de retorno (Tr).*

Una vez descargado el material el volquete para completar el ciclo, el tiempo de retorno del volquete que demora desde (tolva de finos / desmontera) hasta el punto de carguío. Va depender de la distancia (D), y de la velocidad que utiliza el volquete vacío en retornar en superficie o subterráneo. Está determinada por la siguiente ecuación:

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

Dónde:

- D : Distancia de acarreo (m)
Vr : Velocidad del volquete vacío (m/min).

3.3.5.6 *Tiempo fijo (Tf).*

El tiempo fijo se desarrolla por el tiempo de posicionamiento del volquete, tiempo de carguío del Scoop, el tiempo de descarga, así también está considerado las maniobras del equipo y el tiempo de demora.

$$Tf = Tg + Tc + Td + Tb$$

Dónde:

- Tf : Tiempo fijo (min)
Tg : Tiempo de giro y posicionamiento (min)
Tc : Tiempo de carguío (min)
Td : Tiempo de descarga (min)
Tb : Tiempo de demora (min)

3.3.5.7 *Tiempo variable (Tv).*

El ciclo formado por tiempos variables no se mantiene constante debido a que la distancia entre el punto de carguío y el punto de descarga se va incrementando hasta el final de la obra, los tiempos variables son: el tiempo de ida cargado y el tiempo de regreso vacío.

$$Tv = Ta (\text{con carga}) + Tr(\text{sin carga})$$

Dónde:

- Tv : Tiempo variable (min)
Ta : Tiempo de acarreo con carga (min)
Tr : Tiempo de retorno sin carga (min).

3.3.5.8 Eficiencia de operación. (% Eff).

En la eficiencia de la operación del trabajo a realizar en este tipo de trabajos es más dificultoso que varía por una serie de factores y condiciones como podremos mencionar: condiciones climáticas, método de explotación, transito, disponibilidad de los equipos, logística, etc. Está determinada por la siguiente ecuación:

$$\%Eff = \frac{\textit{Tiempo de operacion efectiva}}{\textit{Tiempo total de operacion}} * 100$$

En el siguiente Cuadro se muestra la eficiencia operacional según condición y organización de la obra.

Tabla 4 Eficiencia operacional.

Condiciones de trabajo	Organización de la obra		
	Buena	Promedio	Mala
Buena	0.85	0.70	0.50
Promedio	0.75	0.60	0.45
Mala	0.65	0.65	0.40

Fuente: U.O. Inmaculada.

3.3.5.9 Ciclo total de transporte.

Es el tiempo total o completo que demora el volquete en transportar el mineral, considerando las demoras operativas que siempre se generan en el desarrollo de trabajo.

$$\textit{Ciclo Total de Transporte} = ((Tv.) + (Tf)) * \%Eff$$

Dónde:

Tv : tiempos variables.

% Eff : Eficiencia de operación.

Tf : tiempos fijos

3.3.5.10 Tiempo de demora.

Los tiempos de demora siempre se presentan frecuentemente y está relacionado directamente en el transporte de mineral, y se debe considerar los siguiente:

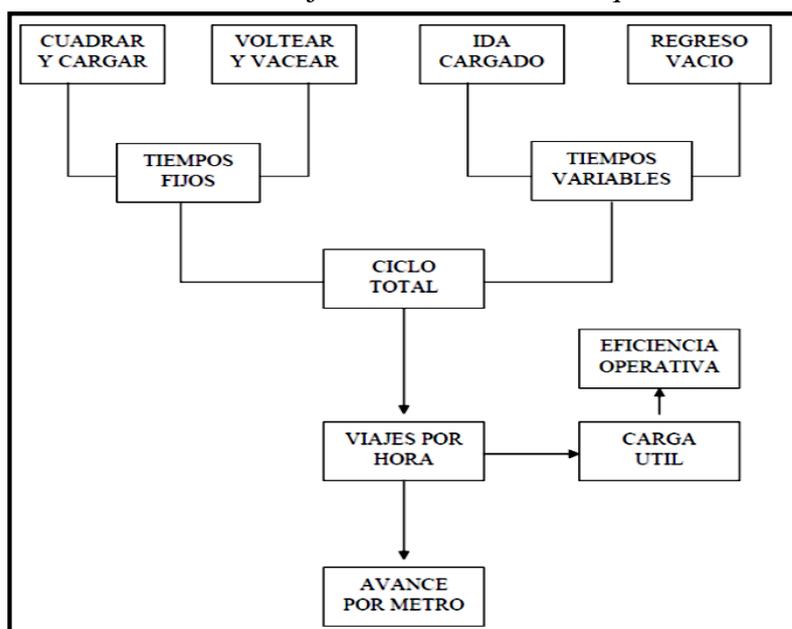
- Pesado en balanza en mina: Es pesar la carga transportada proveniente de mina, esta actividad se realiza entre 1 a 3 minutos.
- Destare en balanza en mina: En pesar al volquete vacío para conocer el tonelaje extraído.

3.3.5.11 Transporte en minería.

En las labores de una actividad minera el transporte de mineral es la columna vertebral de la operación minera.

- **Tiempo de ida cargado:** Es el tiempo de acarreo de la carga desde el punto de carguío hasta el punto de descarga, este tiempo varía en función a la distancia.
- **Tiempo de regreso vacío:** Es el tiempo de acarreo de la carga desde el punto de descarga hasta el punto de carguío, este tiempo varía en función a la distancia.

Gráfico 1 Flujo del ciclo total de volquetes



Fuente: Elaboración propia

Los tiempos de viaje es la actividad que requiere de mucho tiempo para dar el seguimiento de la ruta de transporte del camión volquete, se debe recopilar datos del tiempo de acarreo para posteriormente analizar en gabinete los valores que resulte del ciclo de transporte. Estos tiempos de viaje son usados como ratio de transporte para el análisis de transporte de las operaciones. La exactitud de los tiempos es muy fundamental para poder asumir en el planeamiento de la operación minera.

3.3.5.12 Criterio de selección.

El criterio que se aplica es la evaluación de los equipos de los proveedores y/o contrata determinando la eficiencia y reducción hidráulica de la maquinaria, así como el comportamiento de la maquinaria en la zona de trabajo.

3.3.5.13 Instrumentos utilizados en transporte de minerales.

Para la investigación y en esta tesis se utilizó los siguientes instrumentos para su elaboración:

- El uso adecuado de Reglamento de Seguridad e Higiene Minera -D.S. 055-2010
- Se menciona los artículos relacionados al carguío y transporte de mineral y desmonte en minería subterránea.
- Guía corporativa estándar de tránsito vehicular
- Hochschild Mining establece la Guía Estándar Corporativa de Tránsito Vehicular con la finalidad de evitar la ocurrencia de incidentes/accidentes que ocasionen lesiones, pérdidas humanas o daños a la propiedad, así como minimizar los riesgos por el uso de vehículos pesados en el ciclo de extracción de mineral y desmonte desde interior mina hacia superficie.

3.3.5.14 Características mínimas de los vehículos pesados.

Las unidades de transporte de mineral y desmonte deberán contar con las características mínimas indicadas a continuación:

- Contar con un programa de mantenimiento que garantice la correcta operatividad mecánica del vehículo.
- Contar con tarjeta de propiedad, placa, SOAT vigente y prueba de frenos.
- Contar con póliza de seguro vigente, para sus pasajeros y/o terceros.
- Disponer de cinturones de seguridad para todos los ocupantes.
- Disponer de dos triángulos de seguridad y 02 conos anaranjados para casos de emergencia, asimismo es indispensable que cuente con gata, botiquín de primeros auxilios, cable de remolque, cable de extensión de batería, linterna, lampa, pico franela y caja de herramientas operativas y abastecidas.
- Disponer de extintor portátil de CO₂ o polvo químico seco instalado y asegurado en un lugar visible.
- Contar con faros neblineros, alarma sonora de retroceso, faro de retroceso y 02 cuñas de seguridad.

- Llantas en buen estado y tacos de seguridad.
- Tablas en el programa Excel de toma de datos, para la obtención de productividad máxima horaria de los volquetes, tarifas unitarias de transporte minero subterráneo.

3.4 Desarrollo de mina.

Se ha considerado como principales elementos del diseño:

- a) Las características geomecánicas del mineral y la roca encajonante.
- b) La geometría de la veta Ángela, en cuanto a su buzamiento y potencia.
- c) Las exigencias de producción y productividad de cada método de minado.
- d) Dilución del mineral.

La productividad de los métodos de minado en combinación con las características físicas y geométricas del yacimiento, permite satisfacer la condición de desarrollar, preparar y minar en 3,506 Tm-diarias de material diluido a la planta concentradora, con una ley promedio superior a la ley de corte.

El estimado de costo de capital y costo operativo se ha basado en un nivel de producción promedio 3,506 Tm mineral/día, con una expectativa de producción total de 7,800,000 Tm de mineral diluido (27% de dilución promedio) a lo largo de la vida de la mina. Para este cálculo se ha considerado el material dentro de los límites de explotación y del último modelado de veta y estimación de recursos, correspondiente a los recursos medidos e indicados.

3.5 Selección del método de minado subterráneo

La mina ha sido dividida en 4 zonas, 3 de ellas ubicadas por encima del Nivel 4,300 y limitadas verticalmente, y la cuarta zona ubicada debajo del Nivel 4,300 en sectores puntuales donde se cuenta con Recursos Indicados. Cada una de las zonas cuenta con su propio sistema de rampas y servicios.

La explotación de mineral se llevará a cabo entre las cotas 4,300 y 4,600 a través de 3 niveles: 4,300, 4,400 y 4,500, como se muestra en los anexos. Mientras que para la zona debajo del nivel 4,300 se accederá a través de rampas negativas a partir del nivel 4,500.

3.5.1 Corte y relleno con perforación horizontal.

Se ha seleccionado este método para la zona Sur-Oeste y Nor-Este del depósito, así como, para la zona ubicada por debajo del Nivel 4,300 estas zonas se caracterizan por una menor calidad del macizo rocoso ($RMR < 40$).

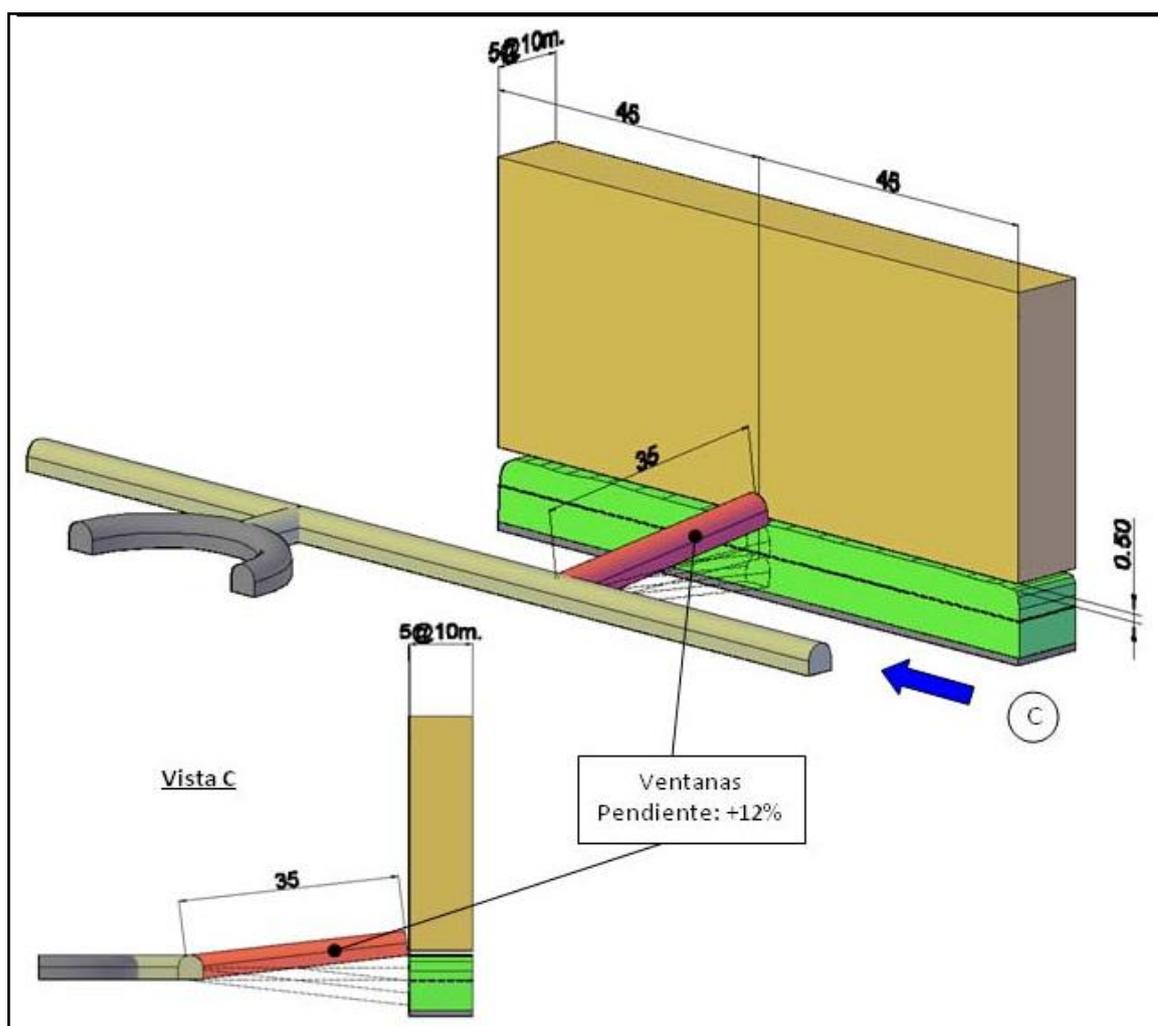
El minado se realizará a lo largo de los 90m definidos como la unidad de minado en dos alas de explotación, las cuales desarrollaran las actividades del ciclo de minado (perforación, voladura, limpieza y sostenimiento) de manera alternada con el fin de maximizar el uso de los equipos disponibles.

Se accederá a la zona central de la unidad de minado a través de ventanas rebatibles, las cuales conectarán con las labores de by-pass y las rampas.

Los echaderos de mineral cruzarán los by-pass verticalmente de tal manera de facilitar la extracción de mineral hacia el Nivel 4,300.

En las zonas que la estructura mineralizada exceda los 5 m, el minado se llevará a cabo en dos etapas a través de paneles intercalados a lo largo de la veta.

Gráfico 2 Esquemático de explotación por corte y relleno (breasting)



Fuente: Geomecánica U. O. Inmaculada.

3.5.2 Tajeo por subniveles.

Se ha seleccionado este método para la zona central del depósito la cual se caracterizan por una mejor calidad del macizo rocoso ($RMR > 40$) además de contar con zonas con un ancho de estructura mineralizada adecuado para la aplicación de este método.

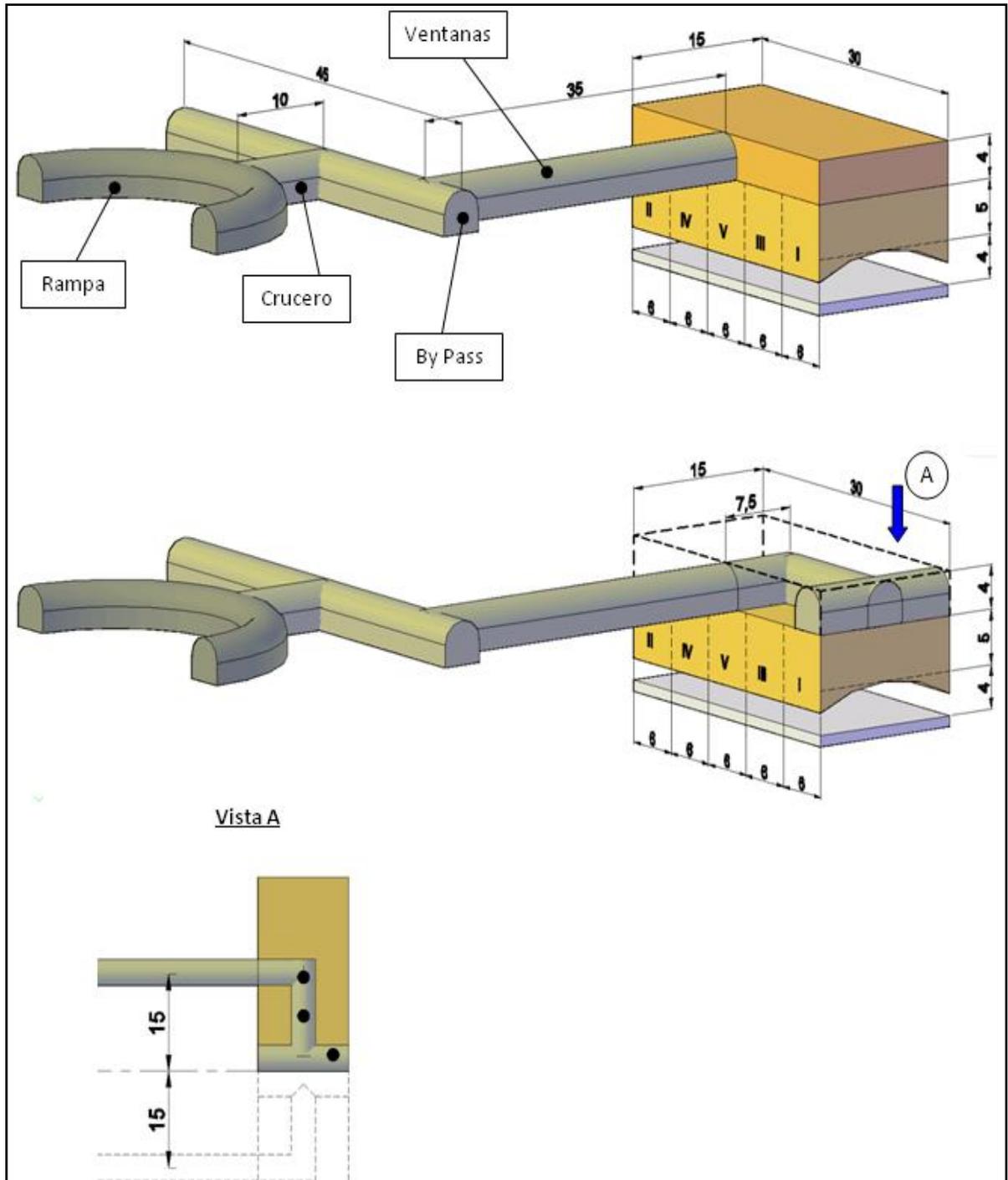
El minado se realizará a lo largo de los 90 m definidos como la unidad de minado en tres sectores divididos verticalmente, cada uno de los cuales se encuentra conformado por 5 cortes verticales.

Se accederá a la zona central de cada uno de los sectores a través de ventanas horizontales, las cuales conectarán con las labores de by-pass y las rampas.

Los echaderos de mineral cruzarán los by-pass verticalmente de tal manera de facilitar la extracción de mineral hacia el Nivel 4,300.

La definición de los cortes se hará transversalmente a la estructura mineralizada y con un ancho máximo de 6 m (medidos a lo largo del rumbo de la estructura).

Gráfico 3 Esquemático de explotación por tajeo por subniveles (transversal)



Fuente: Geomecánica U. O. Inmaculada.

3.7 Definición de tajeo.

Los tajeos han sido definidos tomando como en consideración:

- La geometría de la estructura mineralizada de veta Ángela
- Distribución de los recursos medidos e indicados.
- La delimitación de los métodos de minado.

Se ha usado una unidad de minado de 90 m de longitud a lo largo de la veta y 25 m de diferencia de cota que permite un arreglo adecuado para ambos métodos, así como mantener una estructura común de niveles principales y nivel de extracción.

Se ha considerado una dilución de 25% para las zonas a ser explotadas por Corte y Relleno y de 30 para las zonas a ser explotadas por Tajeo por Subniveles, dichos valores han sido considerados sobre la base de experiencias previas de Hochschild en la operación de Corte y Relleno y Sub Level Stopping para calidades similares de roca en otras operaciones.

Considerando que la proporción de tonelaje entre métodos de minado es de aproximadamente

55% de corte y relleno y 45% de tajeo por subniveles, tenemos una dilución promedio de 27% para todo el yacimiento.

A partir de la definición del límite de la veta en plantas cada 25 m (espaciadas verticalmente) se procede a establecer los límites de diseño del futuro tajeo.

Para el caso de corte y relleno se contará con by-passes espaciados verticalmente cada 12.5 a partir de los cuales se accederá a la parte central de la unidad de minado a través de ventanas rebatibles.

Esta operación se repite para todos los sectores de la mina con presencia de Recursos medidos e indicados que corresponden a los sectores indicados con color naranja y magenta en la siguiente figura.

3.8 Planeamiento anual de mina subterránea.

Se ha considerado un período pre-operativo de 2 años en los cuales se procederá con la construcción de los 3 accesos a la mina, así como los niveles principales y rampas que sustenten el primer año de producción.

El programa de producción se ha orientado en alcanzar las zonas de mayor ley en los primeros años de producción, con el fin de mejorar el desarrollo económico del proyecto, en este sentido se ha programado el inicio de producción en la zona Sur-Oeste a partir del Nivel 4,500.

El programa de producción considera que en el primer año de operación se tendrá un incremento sostenido de la producción hasta alcanzar los 3,506 TMD para el inicio del segundo año de operación.

Tomando en consideración el ramp-up para el primer año, un nivel de producción promedio de 3,506 Tm de Mineral / día, así como, el decremento de la producción hacia el final de la vida de la mina se ha planteado una secuencia de explotación en la veta Ángela, basada en la información del modelo de bloques y los diseños de explotación previamente establecidos.

El programa de ejecución del proyecto considera completar la construcción de la planta de procesamiento e infraestructura necesaria para el cuarto trimestre del 2015, con lo cual se espera el inicio de operaciones en la mina para el primer trimestre del 2016.

Previo al inicio de operaciones se contempla la ejecución de los accesos principales con un total aproximado de 3.5 km, además de las rampas iniciales y la preparación de los tajeos que faciliten el inicio de operaciones en mina.

Tabla 5 Plan anual de producción

Año	Tonelaje	Ley Au	Ley Ag	Ley Ageq	Fino Au	Fino Ag	FinoAgeq
	(Mt)	gAu/Tm	gAg/Tm	gAgEq/ Tm	x1000 ozAu	x1000 ozAg	x1000 ozAgEq
2014	0.62	3.81	98	338.9	75.65	1,945	6,726
2015	1.26	3.41	121	336.3	138.03	4,905	13,628
2016	1.26	3.01	147.2	337.6	122.13	5,969	13,687
2017	1.26	2.65	130.9	298.3	107.19	5,296	12,071
2018	1.26	3.03	109.4	301.1	122.66	4,426	12,178
2019	1.25	3.64	96.8	326.9	146.85	3,904	13,184
2020	0.89	4.6	128.9	420	132	3,696	12,038
Total	7.8	3.37	120.2	333	844.51	30,140	83,513

Fuente: U.O. Inmaculada – planeamiento.

3.9 Descripción de equipos en el desarrollo de la mina.

Acorde con la política de CIA minera Ares SAC – U.O. Inmaculada, se requiere la adquisición de equipo minero para la preparación, explotación y sostenimiento en la zona mineralizada.

Tomando como base la información geomecánica disponible y las recomendaciones realizadas por los consultores de las empresas Ausenco Perú S.A.C. y Coffey, se detalla en el equipamiento a emplear en los laboreos subterráneos:

Generación de cara libre en la voladura de los tajos del método tajeo por subniveles transversal: equipo de perforación tipo raise borer sobre orugas.

- **Perforación:** Jumbos electrohidráulicos de 1 brazo con viga telescópica de 14’ a 8’ para los avances horizontales y jumbos electrohidráulicos con kit de perforación para taladros largos para los taladros de producción en el método tajeo por subniveles.
- Limpieza y acarreo: cargadores frontales de perfil bajo o Scooptrams diesel de 4 para los sectores de corte y relleno y de 6 yd³ para los sectores de tajeo por subniveles.

- Acarreo: Camiones mineros, volquetes o dumpers de 15 a 20 Tm de capacidad.
- Sostenimiento: se emplearán jumbos emperradores para la colocación de pernos de sostenimiento en las labores horizontales. Los trabajos de lanzado de concreto o shotcrete se realizan con máquinas shotcreteras manuales de 5 m³/h de capacidad.
- Perforación de slot o caras libre: Se realizarán con equipos raise borer autónomos en su traslado montados sobre orugas o crawlers.
- Transporte de desmonte y mineral: Con volquetes de 15 m³ de capacidad.

Gráfico 5 Procesos de operaciones mina



Fuente: Elaboración Propia

3.10 Dimensionamiento de flota.

La cantidad requerida de cada uno de estos equipos se ha considerado de acuerdo al ciclo de minado y a los ratios de rendimiento y utilización de los equipos.

Tabla 6 Datos de entrada Rendimiento volquete

Datos de Entrada Rendimiento volquetes		
Capacidad de Tolva	6 x 4	
	15.00	m3
Factor de Llenado	0.90	Fl
Densidad de Mineral	2.51	Ton/m3
Densidad Mineral Esponjado	1.70	Ton/m3
Esponjamiento Mineral	0.40	e
Densidad Desmante	2.30	Ton/m3
Densidad Desmante Esponjado	1.73	Ton/m3
Esponjamiento Desmante	0.30	e

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Rendimiento de volquetes

RENDIMIENTO DE VOLQUETES											
MINERAL											
DISTANCIA	T. Carga y Descarga		Interior Mina		Superficie		T. Ciclo	Impr.	Nº Ciclos x Hora	Rendimientos	
	carga (min.)	descarga (min.)	T. Carga (min.)	T. sin carga (min.)	T. Carga (min.)	T. sin carga (min.)				m3/Hr	ton/Hr
	8000.00	4.65	1.10	56.13	47.45	26.66				21.01	157.00
7500.00	4.65	1.10	52.62	44.49	24.99	19.70	147.55	14.75	0.37	4.99	8.48
7000.00	4.65	1.10	49.12	41.52	23.33	18.39	138.10	13.81	0.39	5.33	9.06
6500.00	4.65	1.10	45.61	38.56	21.66	17.07	128.64	12.86	0.42	5.72	9.73
6000.00	4.65	1.10	42.10	35.59	19.99	15.76	119.19	11.92	0.46	6.18	10.50
5500.00	4.65	1.10	38.59	32.63	18.33	14.45	109.74	10.97	0.50	6.71	11.41
5000.00	4.65	1.10	35.08	29.66	16.66	13.13	100.28	10.03	0.54	7.34	12.48

4500.00	4.65	1.10	31.57	26.69	15.00	11.82	90.83	9.08	0.60	8.11	13.78
4000.00	4.65	1.10	28.07	23.73	13.33	10.51	81.37	8.14	0.67	9.05	15.38
3500.00	4.65	1.10	24.56	20.76	11.66	9.19	71.92	7.19	0.76	10.24	17.41
3000.00	4.65	1.10	21.05	17.80	10.00	7.88	62.47	6.25	0.87	11.79	20.04
2900.00	4.65	1.10	20.35	17.20	9.66	7.62	60.58	6.06	0.90	12.16	20.67
2800.00	4.65	1.10	19.65	16.61	9.33	7.35	58.68	5.87	0.93	12.55	21.33
2700.00	4.65	1.10	18.94	16.02	9.00	7.09	56.79	5.68	0.96	12.97	22.04
2600.00	4.65	1.10	18.24	15.42	8.66	6.83	54.90	5.49	0.99	13.41	22.80
2500.00	4.65	1.10	17.54	14.83	8.33	6.57	53.01	5.30	1.03	13.89	23.61
2400.00	4.65	1.10	16.84	14.24	8.00	6.30	51.12	5.11	1.07	14.40	24.49
2300.00	4.65	1.10	16.14	13.64	7.66	6.04	49.23	4.92	1.11	14.96	25.43
2200.00	4.65	1.10	15.44	13.05	7.33	5.78	47.34	4.73	1.15	15.55	26.44
2100.00	4.65	1.10	14.73	12.46	7.00	5.52	45.45	4.54	1.20	16.20	27.54
2000.00	4.65	1.10	14.03	11.86	6.66	5.25	43.56	4.36	1.25	16.91	28.74
1900.00	4.65	1.10	13.33	11.27	6.33	4.99	41.67	4.17	1.31	17.67	30.04
1800.00	4.65	1.10	12.63	10.68	6.00	4.73	39.78	3.98	1.37	18.51	31.47
1700.00	4.65	1.10	11.93	10.08	5.67	4.47	37.89	3.79	1.44	19.44	33.04
1600.00	4.65	1.10	11.23	9.49	5.33	4.20	36.00	3.60	1.52	20.46	34.78
1500.00	4.65	1.10	10.52	8.90	5.00	3.94	34.11	3.41	1.60	21.59	36.70
1400.00	4.65	1.10	9.82	8.30	4.67	3.68	32.21	3.22	1.69	22.86	38.86
1300.00	4.65	1.10	9.12	7.71	4.33	3.41	30.32	3.03	1.80	24.28	41.28
1200.00	4.65	1.10	8.42	7.12	4.00	3.15	28.43	2.84	1.92	25.90	44.03
1100.00	4.65	1.10	7.72	6.53	3.67	2.89	26.54	2.65	2.06	27.74	47.16
1000.00	4.65	1.10	7.02	5.93	3.33	2.63	24.65	2.47	2.21	29.87	50.78
900.00	4.65	1.10	6.31	5.34	3.00	2.36	22.76	2.28	2.40	32.35	55.00

Fuente: Elaboración propia

Para efectos de referencia de modelos, rendimientos, así como, cálculos del CAPEX-OPEX se ha tomado como referencia el uso de equipos Atlas Copco. En la siguiente lista se muestra el requerimiento de equipos de uso continuo, no incluye el reemplazo de equipos ni los over-haul programados.

Tabla 8 Equipo de mina - corte y relleno

Equipo	Tipo	Cantidad
Robbins 34 RHC QRS (Raise Borer)		-
Simba M4C (Long Hole) / Jumbo con KIT Taladros		-
Boomer S1-D		5.0
Boltec MC (Empernador)		5.0
Scooptram ST1030 (Acarreo)	6 yd ³	4.0
Minetruck MT2010 (Camión Bajo Perfil)	20 Tm	1.0

Fuente: U.O. Inmaculada – Equipo Mecánico.

Tabla 9 Equipos Mina - Tajeo por Subniveles

Equipo	Tipo	Cantida
Robbins 34 RHC QRS (Raise Borer)		2.00
Simba M4C (Long Hole) / Jumbo con KIT Taladros Largos		3.00
Boomer S1-D		-
Boltec MC (Empernador)		-
Scooptram ST1030 (Acarreo)	04 yd ³	4.00
Minetruck MT2010 (Camión Bajo Perfil)	20 Tm	1.00

Fuente: U.O. Inmaculada – Equipo Mecánico.

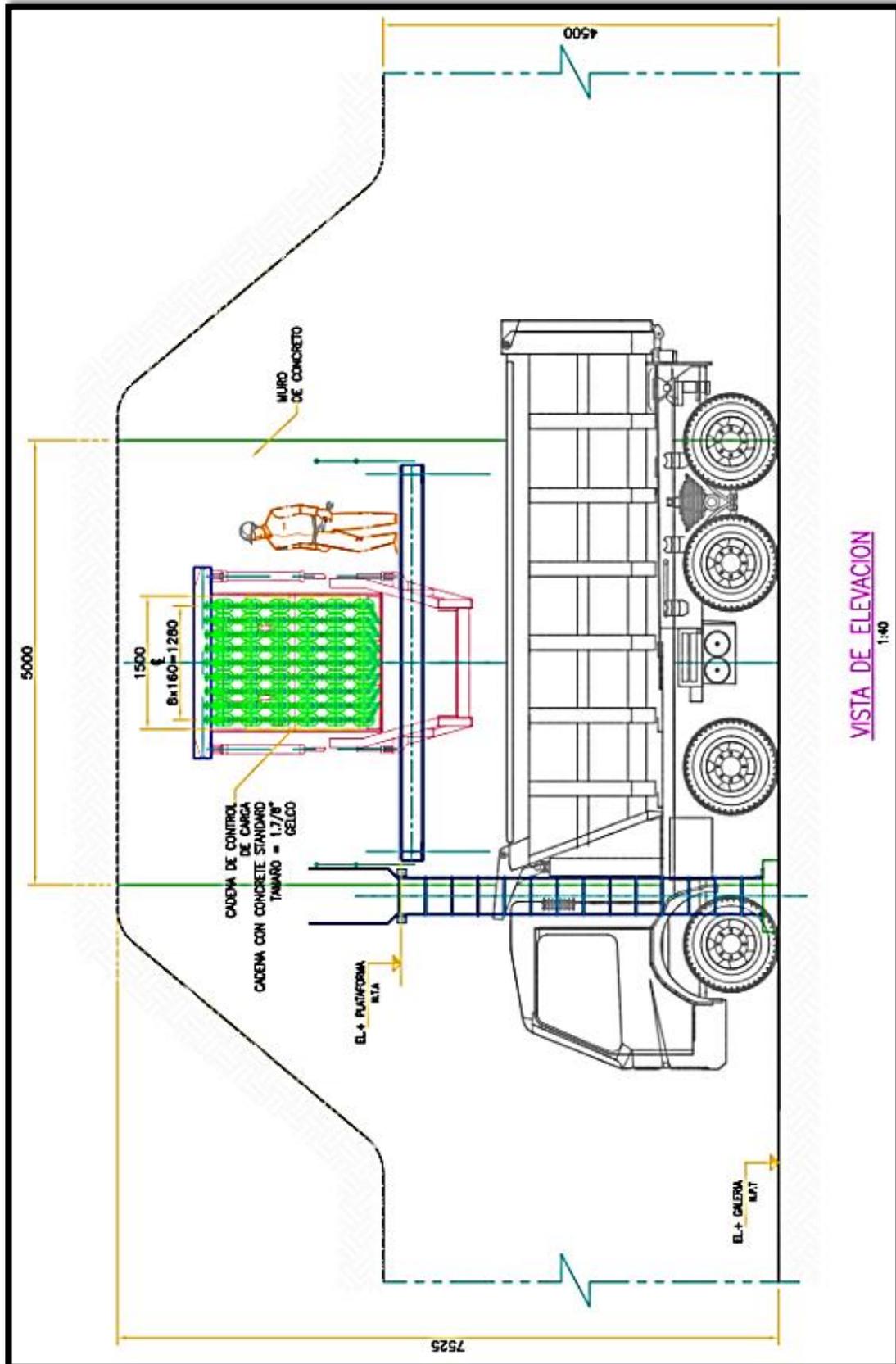


Gráfico 6 Dimensiones y Detalles de ore pass
 Fuente: U. O. Inmaculada – Planeamiento



Gráfico 7 Dimensiones y Detalles de ore pass
Fuente: U. O. Immaculada- Planeamiento

3.11 Resistencia total del equipo.

3.11.1 Resistencia a la rodadura por tipo de vía.

Las fuerzas de resistencia para que se mueva el vehículo son las siguientes:

- **Aire:** Vehículos fuera de carretera no se toma en cuenta el aire porque el vehículo se mueve a baja velocidad.
- **Inercia:** La inercia no influye porque está considerado en la fabricación.
- **Resistencia al rodamiento (RR):** En el rodamiento el elemento que actúa es el piso, desempeña doble función, es un medio para las fuerzas que impulsan al vehículo y es una fuente de resistencia al movimiento; el término RR (Resistencia a la rodadura) para indicar fuerzas que se oponen al avance se puede expresar en dos formas; una fuerza que proviene del diseño, es decir una fuerza interna de fricción y otra es la penetración de la llanta en el piso.

- A. **Fricción interna (If).**- Conforme un vehículo se mueve debe vencer una fuerza interna que los origina el rozamiento de las rodaduras de la chumacera, y además de la deflexión de las paredes de la llanta.

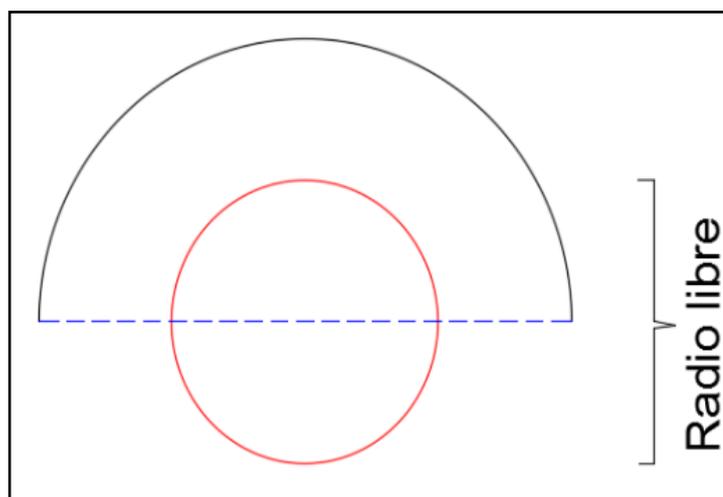


Gráfico 8 Fricción interna

La llanta penetra en el piso, por ello se usa un equivalente de 20Kg/Tn. o 40lb/Tn. por el peso del vehículo.

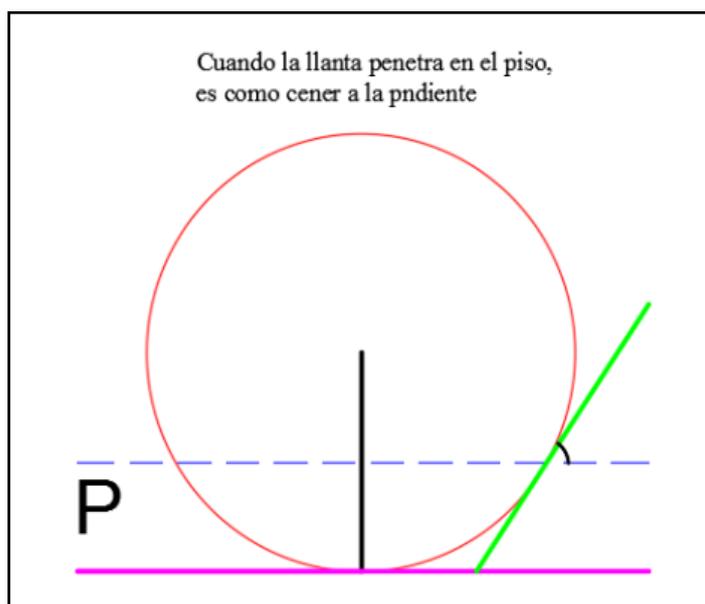


Gráfico 9 Resistencia a la penetración de la llanta

B. **Resistencia a la penetración de la llanta (Rp).** - En el sistema métrico es 5,9Kg/Tn (0,59%Wr) / 1cm de penetración y en unidades inglesas 30lbs/Tn (11/2%Wr) / 1 pulgada de penetración.

$$RR = If + Rp$$

DONDE:

- RR : Resistencia al rodamiento
- If : Fricción interna
- Rp : Resistencia a la penetración de la llanta.

Tabla 10 Resistencia a la rodadura para diferentes tipos de vías.

VIA	%	UI (lb/Tc)	UM
Concreto	2	40	20
Afirmado	3-5	60-100	30-50
Esponjado	10-16	200-320	100-160

Fuente: U.O. Inmaculada – equipo mecánico.

Los elementos que influyen en la penetración del piso son la cocada de la llanta, peso del vehículo, carga, tamaño de la llanta e inflación de la llanta.

La resistencia total viene a ser la suma algebraica de la resistencia a la rodadura con la resistencia a la pendiente.

3.11.2 Resistencia a la pendiente (Rg).

Es la resistencia a la gravedad para movilizar el vehículo hacia arriba o abajo.

- Gradiente favorable (-)
- Gradiente adversa (+)

Primero se debe tener en cuenta el cálculo de la pendiente para el carguío y transporte de minerales en la U.O. Inmaculada se trabaja con las siguientes formulas:

$$\% \textit{Pendiente} = \frac{\textit{Altura}}{\textit{Distancia que Recorre}}$$

$$Rg = \frac{W * \% \textit{gradiente}}{100}$$

Tabla 11 Parámetros de cálculo de la resistencia a la rodadura

Equipo	volquete 1	volquete 2
Peso del camión (Kg)	34 000	34 500
Peso de la carga (Tn)	30	30
Penetración de la llanta (cm)	2,54	2,96
Pendiente adversa	8	8

Fuente: U.O. Inmaculada – Equipo Mecánico.

En la tabla se puede apreciar que se determina la resistencia a la rodadura de ambos volquetes de transporte, como se puede apreciar que el volquete 1 es la más ventajosa que el volquete 2

Tabla 12 Resistencia total de los camiones

Equipo	If (Kg/Tn)	Rp (Kg/Tn)	W (Tn)	RR (Kg)	Rg (Kg)	RT (Kg)	RT (%)
volquete 1	20	15	64	2 239,10	5 120,00	7 359,10	11,50
volquete 2	20	17	64,5	2 416,43	5 160,00	7 576,43	11,75

Fuente: Elaboración propia.

3.11.3 Radios de curvatura en pendiente

Radios de Curvatura en pendiente y su componente plana:

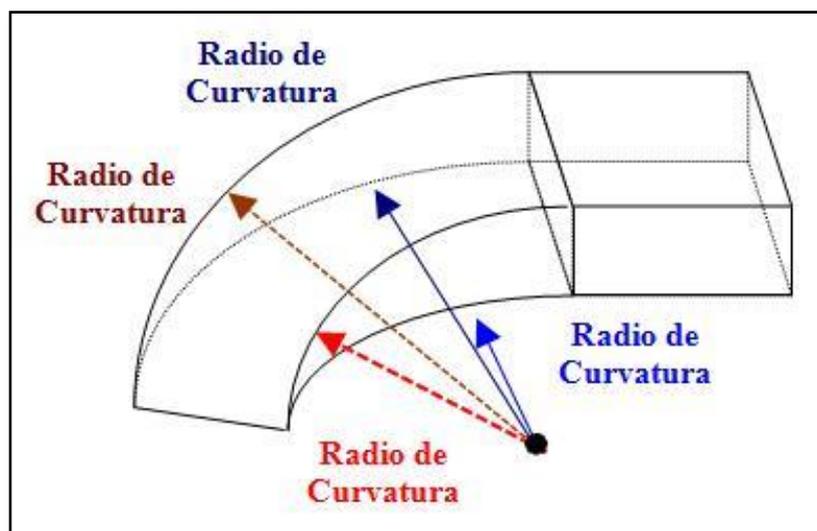


Gráfico 10 Diseño de una curva para equipos

Fuente ALDEON transporte acarreo CIA minera.

La longitud final de la rampa resultará de la suma de las longitudes reales de todos los tramos.

Gráfico 11 Radios de Curvatura en pendiente y su componente plana

Fuente ALDEON Transporte Acarreo CIA Minera

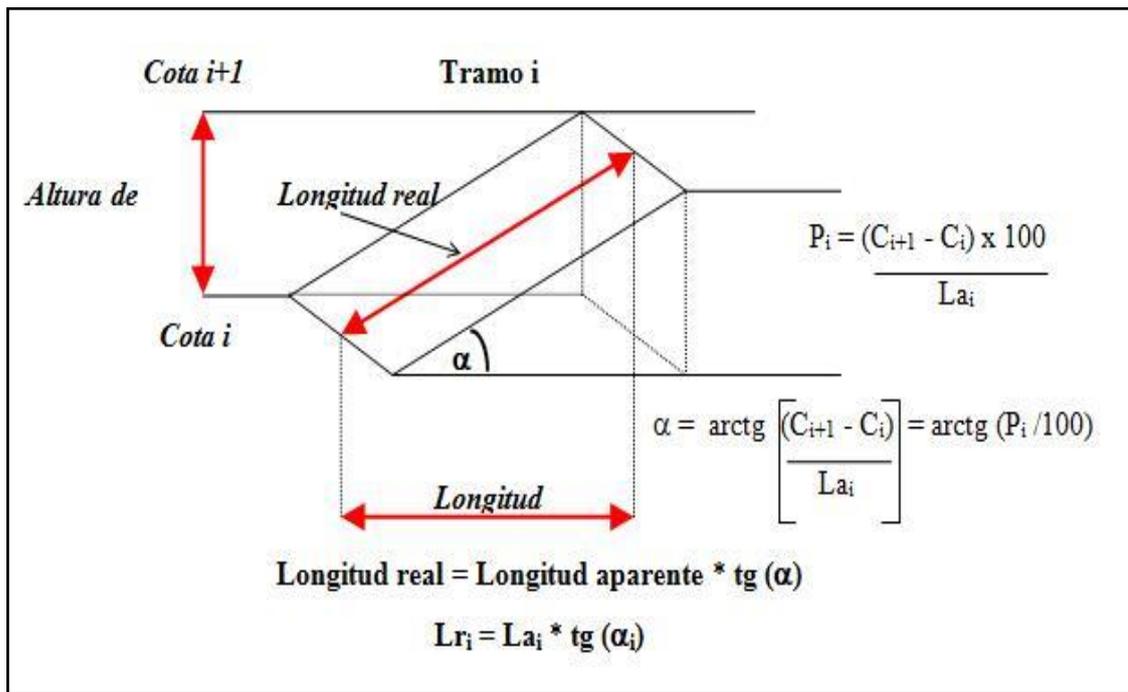


Gráfico 11 Radios de Curvatura en pendiente y su componente plana

Fuente ALDEON Transporte Acarreo CIA Minera

$$Lr_{TOTAL} = S Lri$$

3.11.4 Compatibilidad entre los volquetes y el equipo de carguío.

Con el objetivo de desarrollar eficazmente el ciclo de carguío, deberá existir un equilibrio entre los equipos que realicen el carguío (scoops) y los que realicen el transporte (volquetes). Por lo que esto dependerá exclusivamente del número de pases para llenar un volquete.

Teóricamente se considera que el número de pases del material a cargar sobre la tolva de las unidades deberá oscilar entre 3 a 6 pases.

Considerando todos estos detalles, se determinó el uso de un scoop diesel para el carguío modelo HSC 063 marca altas copco de 4,5 yd³ de capacidad nominal, el cual realiza el carguío de mineral y desmonte en todas las estaciones de carguío de interior mina.

Tabla 13 Carguío de scoop LHD

Tiempo promedio de Rendimiento Equipos LHD			
EQUIPOS	Carga (min.)	descarga (min)	Total (min)
ATLAS COPCO	0.50	0.24	0.74
CAT 08	0.52	0.25	0.77
<i>PROMEDIO</i>	<i>0.51</i>	<i>0.25</i>	<i>0.76</i>

Fuente: Elaboración propia

3.11.5 Descripción de la zona de trabajo.

En trabajo en la Unidad Minera involucra toda la ruta de transporte desde el lugar del material volado hasta el proceso metalúrgico, que consta desde el interior de la mina hasta la superficie de la mina, estaciones ubicadas en todas las ventanas de extracción donde se ubican o se estacionan los volquetes para el carguío correspondiente.

El proceso principalmente inicia cuando el mineral es acarreado con el equipo scoop hacia las ventanas donde está a la espera los volquetes. Teniendo presente que con este método de carguío se tiene demoras operativas por la circulación diaria de camionetas y/o otros equipos de operación mina.

Tabla 14 Distancia y tiempo de carguío.

TIEMPO DE TRANSPORTE DE CADA ESTACIÓN DE CARGUÍO (+12%)				
VOLQUETE CARGADO			TIEMPO DE ACARREO	
distancia (m)	distancia (Km)	velocidad (km/ h)	Horas	Minutos
5500	5.50	9.00	0.61	36:40
6300	6.30	8.50	0.74	44:28
7000	7.00	10.00	0.70	42:00
5700	5.70	9.00	0.63	38:00
8000	8.00	9.50	0.84	50:32
4500	4.50	10.00	0.45	27:00
<i>TIEMPO TOTAL</i>			<i>3.98</i>	<i>58:40</i>

Fuente: Elaboración propia

3.11.6 Condiciones operativas reales para el transporte.

La ruta de transporte de material desde interior mina hacia superficie está constituida por rampas de acuerdo a las siguientes características:

Interior mina:

- La rampa tiene una gradiente de 12.00%.
- La cortada es horizontal.
- Radio de curvatura promedio de 12.2 m.
- Presenta condiciones de las vías favorables.
- La rampa tiene una sección de 4,50 m. x 4,0 m.

Superficie mina:

- La distancia desde bocamina hasta tolva de finos es de 1,75 Km.
- La distancia desde bocamina hasta la desmontera es de 1,35 Km.

3.11.7 Ciclo total de acarreo y transporte.

El tiempo es un factor fundamental para poder determinar la producción real, máxima y óptima de los volquetes, es por ello que es necesario realizar un análisis detallado de todos los parámetros que intervendrán en el cálculo del ciclo de acarreo de los volquetes Volvo FMX 440.

Dentro de los cuales será necesario que se ejecute 04 funciones básicas:

"CARGUIO – ACARREO – DESCARGA – RETORNO"

Cada uno de estos componentes es responsable de cierto porcentaje del ciclo total de acarreo.

El tiempo del ciclo total de carguío determinará el número de viajes por hora (viajes/hora) y es evidente que la empresa que esté a cargo tendrá como objetivo realizar el mayor número de viajes por hora como le sea posible.

Tabla 15 Data base del ciclo (carguío y transporte)

DISTANCIA (m)	TIEMPO				CICLO (Y) (hora)
	Cuadrar y cargar (min.)	Ida Cargado (min.)	Voltear vaciar (min.)	y Regreso vacío (min.)	
3000,0	6	20,00	3,5	15,00	0,741
3002,5	6	20,03	3,5	15,03	0,742
3005,0	6	20,05	3,5	15,04	0,743
3007,5	6	20,07	3,5	15,06	0,743
3010,0	6	20,10	3,5	15,09	0,744
3012,5	6	20,12	3,5	15,12	0,745
3015,0	6	20,14	3,5	15,14	0,746
3017,5	6	20,16	3,5	15,16	0,747
3020,0	6	20,18	3,5	15,19	0,747
3022,5	6	20,21	3,5	15,21	0,748
3025,0	6	20,24	3,5	15,24	0,749
3027,5	6	20,27	3,5	15,27	0,750
3030,0	6	20,29	3,5	15,30	0,751
3032,5	6	20,30	3,5	15,33	0,752
3035,0	6	20,32	3,5	15,35	0,752
3037,5	6	20,33	3,5	15,38	0,753
3040,0	6	20,35	3,5	15,41	0,754
3042,5	6	20,38	3,5	15,42	0,755
3045,0	6	20,40	3,5	15,44	0,755
3047,5	6	20,41	3,5	15,47	0,756

FUENTE: Área de operaciones –Inmaculada.

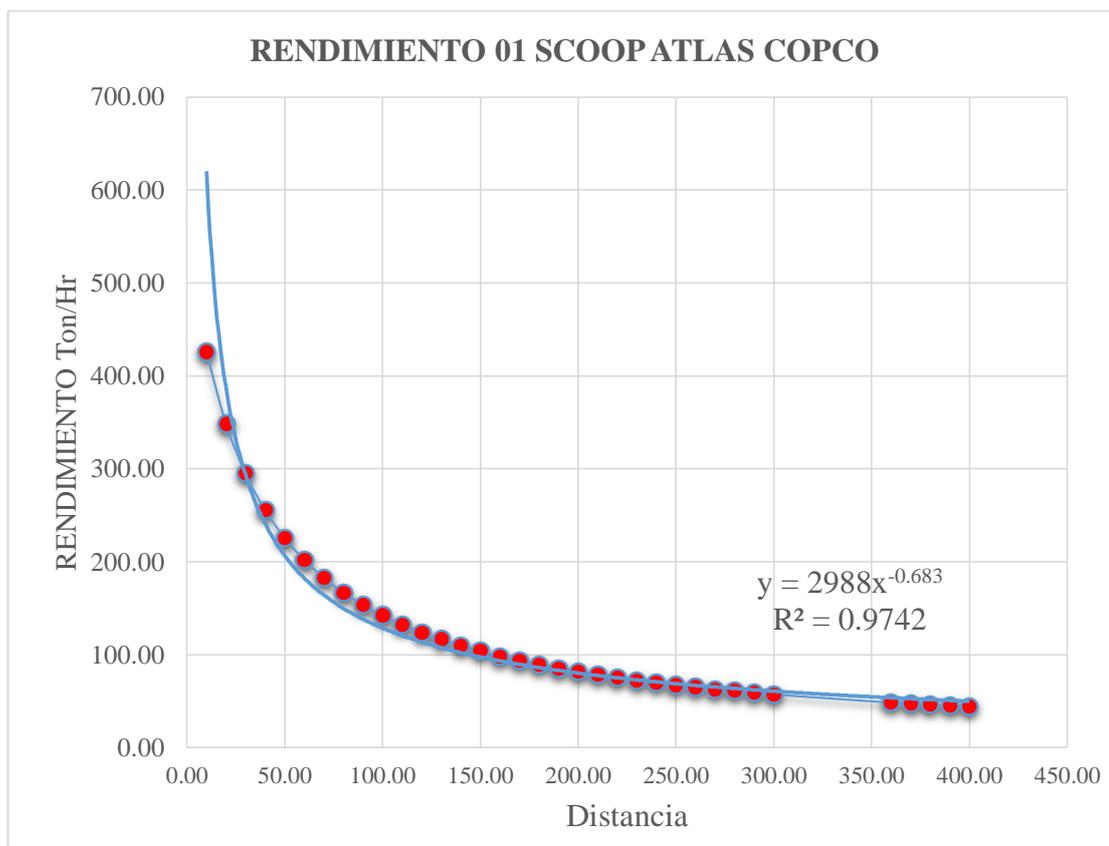


Gráfico 12 Curva de la base de datos del ciclo (Scoop)

FUENTE: Elaboración propia según base data U.O. Inmaculada.

Como se observa el comportamiento de la curva distancia/ciclo del equipo de acarreo y carga tienen una relación eficiente en el proceso productivo, y la función está dentro de los parámetros de trabajo.

3.12 Demoras operativas en el transporte de minerales.

Se realizó un seguimiento diario del ciclo de transporte y por ende se priorizó las demoras operativas en el acarreo de minerales y desmonte por los diferentes niveles de explotación en el desarrollo de operaciones en la Unidad Operativa Inmaculada.

Puesto que se muestra en la siguiente tabla los datos obtenidos en el ciclo de transporte de mineral:

Tabla 16 Seguimiento de demoras operativas

DEMORAS OPERATIVAS DE VOLQUETES								
OBSERVACION DEMORAS OP.	DIA 06	DIA 07	DIA 08	DIA 09	DIA 10	DIA 11	Total general	Promedio (min)
Espera Orden para entrar a Bocamina	39.98	90.48	101.03		22.92		63.60	63.60
	14.00	15.00	13.5		13.5		14.43	14.43
Espera para Descargar (pesado y destare)		9.0	8.8	8.9	9.5	9.3	9.1	9.00
Espera por Cola de Volque	30.17	10.90	94.00		6.08		28.26	35.29
Espera Salida de Volquete		3.75	2.63				3.38	3.19
Espera Trafico				18.68	32.89	39.97	25.38	30.51
Falta de Scoop				109.42			101.43	91.23
							142.75	142.75
Medición de CO							13.03	13.03
Total general	35.07	27.22	65.89	64.05	23.70	39.97	46.27	403.05

Fuente: elaboración propia.

El tiempo del ciclo total de carguío determinará el número de viajes por hora (viajes/hora) y es evidente que la empresa tendrá como objetivo realizar el mayor número de viajes por hora como le sea posible y por lo tanto en la medida de lo posible se pretende y se hace que las demoras operativas perjudiquen en el proceso de transporte de minerales

En la siguiente tabla se describe las demoras operativas en transporte de mineral, en un tiempo de 15 días en distintas guardias, así como se indica en la tabla:

Tabla 17 Resumen de demoras operativas - volquetes

DEMORAS OPERATIVAS	TURNO	Total General (min)	Contar Demoras Operativas	Promedio (min)	Total General (Hora)	Promedio (Hora)
Espera Orden para entrar a Bocamina	DIA	63.60	4	63.60	1.06	1.06
	NOCHE	14.43	1	14.43	0.24	0.24
Espera para Descargar en (pesado y destare)	DIA	9.00	1	9.00	0.15	0.15
Espera por Cola de Volque	DIA	28.26	5	35.29	0.47	0.59
Espera Salida de Volquete	DIA	3.38	2	3.19	0.06	0.05
Espera Trafico	DIA	25.38	4	30.51	0.42	0.51
Falta de Scoop	DIA	101.43	3	91.23	1.69	1.52
	NOCHE	142.75	2	142.75	2.38	2.38
Medición de CO	NOCHE	13.03	1	13.03	0.22	0.22
		323.22	2.57	46.43	5.39	5.42

Fuente: elaboración propia

3.13 Rutas de acarreo mineral.

En la U. O. Inmaculada se tiene tres niveles principales, las cuales son:

- 4300 (zona baja), esta zona es la más crítica ya que es el nivel más bajo de toda la mina.
- 4400 (zona intermedia) este es el nivel medio a esta misma altura se encuentra la cancha de tara y destare del proceso de transporte de minerales.
- 4500 (zona alta), cabe mencionar que hasta la actualidad se realiza la explotación desde el nivel 4300 hasta 4500, todos en m.s.n.m. según corresponda. (ver anexos)

Así también se está realizando programaciones con responsabilidad y previa coordinación de las áreas involucradas en las actividades de la operación minera, para no presentar incidentes y menos accidentes lo que implica una operación eficiente.

3.14 Análisis e interpretación de resultados en gabinete

3.14.1 Análisis de tiempos de carguío.

Para el transporte del material (mineral, desmote), se realiza con unidades de marca volvo de 15Tm y 25 Tm de capacidad.

Es necesario realizar el control de tiempos en el proceso de carguío al volquete ya que este factor influye en el cálculo del total del ciclo del transporte que será un indicador clave para la determinación de la producción horaria y total, así como el dimensionamiento de la flota de transporte óptima que permita el cumplimiento del plan de minado.

En el siguiente trabajo se enfoca más al carguío mediante la transferencia scoop – volquete.

3.14.1.1 Tiempo de carguío con Scoop – Volquete.

Tabla 18 Rendimiento de equipos LHD

Datos de Entrada Rendimiento Equipos LHD		
	6	Yd3
Capacidad de Cuchara	4.59	m3
Factor de Corrección	0.7646	Fc
Factor de Llenado	0.9	Fll
Densidad Mineral Esponjado	1.70	Ton/m3
Esponjamiento	0.4	e

Fuente: Datos de la investigación

Se inicia desde que el volquete se estaciona en los lugares de carguío, para ello se cuenta con 1 Scoop exclusivo para el carguío de 6 yd³ de capacidad con cortina, que empuja la carga hacia la tolva del Volquete.

Para calcular el tiempo total de carguío del Scoop en llenar al volquete se deberá conocer el número total de pases que realiza el Scoop para el carguío completo al volquete y poder llenar de mineral y/o desmonte a un volquete, el número de pases que hará el Scoop estará dado por:

$$N^{\circ} \text{ de } - \text{ Pases} = \frac{Q}{C * F * E * Pe}$$

Para nuestro caso, los datos son los siguientes:

Q	: 22.00 Tm
C	: 04.59 m ³
Fll	: 90.00%
P.e.	: 03.44 Tm/ m ³ f
e	: 40.00 %

Reemplazando Datos.

$$N^{\circ} \text{ de } - \text{ Pases} = \frac{22}{4.59 * 0.90 * 0.40 * 3.44}$$

$$N^{\circ} \text{ de } - \text{ Pases} = 3.87$$

$$N^{\circ} \text{ de } - \text{ Pases} = 4.0$$

Por lo que para poder llenar un volquete en su totalidad el Scoop necesita de 4 ciclos en su totalidad.

Seguidamente se detalla los tiempos de carguío realizados por este método considerando los siguientes ítems:

1. El equipo de carguío es un Scoop de 6 yd³.
2. El material a cargar es de buena fragmentación, según las condiciones de voladura.
3. En todo momento durante el proceso de carguío se restringirá el tránsito de vehículos y peatones, mediante caballetes y vigías.

4. La velocidad promedio de acarreo del Scoop en el ciclo será de 10 km/h.
5. La vía de recorrido entre la estación de carguío y el volquete se encontrará en buenas condiciones, y será coordinado con el área de operaciones mina.

En el siguiente Cuadro. Se muestra los tiempos de carguío detallados en el carguío Scoop Trams (ATLAS COPCO) de 6 Yd, se tomó datos permanentemente, cada viaje contó con 4 pases de mineral (Scoop – Volquete), obteniendo tiempos promedios por cada viaje y finalmente se obtuvo el promedio general de datos base para nuestro análisis:

Tabla 19 Tiempo de carguío con Scoop Trams de 6 Yd

ATLAS COPCO					
DISTANCIA	Carga (min.)	Descarga (min)	T. Carga (min.)	T. sin carga (min.)	Total (min)
400.00	0.48	0.22	4.22	3.74	8.66
390.00	0.48	0.22	4.12	3.65	8.46
380.00	0.48	0.22	4.01	3.55	8.26
370.00	0.48	0.22	3.91	3.46	8.06
360.00	0.48	0.22	3.80	3.37	7.87
300.00	0.48	0.22	3.17	2.80	6.67
290.00	0.48	0.22	3.06	2.71	6.47
280.00	0.48	0.22	2.96	2.62	6.27
270.00	0.48	0.22	2.85	2.52	6.07
260.00	0.48	0.22	2.74	2.43	5.88
250.00	0.48	0.22	2.64	2.34	5.68
240.00	0.48	0.22	2.53	2.24	5.48
230.00	0.48	0.22	2.43	2.15	5.28
220.00	0.48	0.22	2.32	2.06	5.08
210.00	0.48	0.22	2.22	1.96	4.88
200.00	0.48	0.22	2.11	1.87	4.68
190.00	0.48	0.22	2.01	1.78	4.48

180.00	0.48	0.22	1.90	1.68	4.28
170.00	0.48	0.22	1.79	1.59	4.08
160.00	0.48	0.22	1.69	1.50	3.88
150.00	0.48	0.22	1.58	1.40	3.69
140.00	0.48	0.22	1.48	1.31	3.49
130.00	0.48	0.22	1.37	1.22	3.29
120.00	0.48	0.22	1.27	1.12	3.09
110.00	0.48	0.22	1.16	1.03	2.89
100.00	0.48	0.22	1.06	0.93	2.69
90.00	0.48	0.22	0.95	0.84	2.49
80.00	0.48	0.22	0.84	0.75	2.29
70.00	0.48	0.22	0.74	0.65	2.09
60.00	0.48	0.22	0.63	0.56	1.89
50.00	0.48	0.22	0.53	0.47	1.70
40.00	0.48	0.22	0.42	0.37	1.50
30.00	0.48	0.22	0.32	0.28	1.30
20.00	0.48	0.22	0.21	0.19	1.10
10.00	0.48	0.22	0.11	0.09	0.90

Fuente: Datos de la investigación

En el siguiente se muestra los tiempos de carguío detallados en el carguío Scoop Trams (CAT 08) de 6 Yd, se tomó datos permanentemente, cada viaje contó con 4 pases de mineral (Scoop – Volquete), obteniendo tiempos promedios por cada viaje y finalmente se obtuvo el promedio general de datos base para nuestro análisis:

Tabla 20 Tiempo de carguío con Scoop Trams (CAT 08)

RENDIMIENTO DE EQUIPOS LHD 6 Yd3					
CAT 08					
DISTANCIA	Carga (min.)	Descarga (min)	T. Carga (min.)	T. sin carga (min.)	Total (min)
400.00	0.48	0.22	4.67	3.98	9.35
390.00	0.48	0.22	4.56	3.88	9.13
380.00	0.48	0.22	4.44	3.78	8.92
370.00	0.48	0.22	4.32	3.68	8.70
360.00	0.48	0.22	4.21	3.58	8.49
300.00	0.48	0.22	3.50	2.98	7.19
290.00	0.48	0.22	3.39	2.88	6.97
280.00	0.48	0.22	3.27	2.78	6.76
270.00	0.48	0.22	3.15	2.68	6.54
260.00	0.48	0.22	3.04	2.59	6.32
250.00	0.48	0.22	2.92	2.49	6.11
240.00	0.48	0.22	2.80	2.39	5.89
230.00	0.48	0.22	2.69	2.29	5.67
220.00	0.48	0.22	2.57	2.19	5.46
210.00	0.48	0.22	2.45	2.09	5.24
200.00	0.48	0.22	2.34	1.99	5.03
190.00	0.48	0.22	2.22	1.89	4.81
180.00	0.48	0.22	2.10	1.79	4.59
170.00	0.48	0.22	1.99	1.69	4.38
160.00	0.48	0.22	1.87	1.59	4.16
150.00	0.48	0.22	1.75	1.49	3.94
140.00	0.48	0.22	1.64	1.39	3.73
130.00	0.48	0.22	1.52	1.29	3.51
120.00	0.48	0.22	1.40	1.19	3.30
110.00	0.48	0.22	1.29	1.09	3.08

100.00	0.48	0.22	1.17	0.99	2.86
90.00	0.48	0.22	1.05	0.89	2.65
80.00	0.48	0.22	0.93	0.80	2.43
70.00	0.48	0.22	0.82	0.70	2.21
60.00	0.48	0.22	0.70	0.60	2.00
50.00	0.48	0.22	0.58	0.50	1.78
40.00	0.48	0.22	0.47	0.40	1.57
30.00	0.48	0.22	0.35	0.30	1.35
20.00	0.48	0.22	0.23	0.20	1.13
10.00	0.48	0.22	0.12	0.10	0.92

Fuente: Datos de la investigación

Seguidamente el resumen del tiempo promedio de carguío en las estaciones se aprecia en el Cuadro siguiente, realizando la sumatoria de tiempos de cada equipo de carguío y se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 21 Resumen de tiempo de carguío en estaciones de carguío

Tiempo promedio de Rendimiento Equipos LHD					
EQUIPOS	Carga (min.)	Descarga (min)	T. Carga (min.)	T. sin carga (min.)	Total (min)
ATLAS COPCO	0.48	0.22	2.11	1.87	4.68
CAT 08	0.48	0.22	2.34	1.99	5.03
PROMEDIO	0.48	0.22	2.22	1.93	4.85

Fuente: Datos de la investigación

3.14.2 Análisis de tiempos de acarreo desde interior mina – superficie.

El tiempo es un factor fundamental para poder determinar los parámetros, producción real y el dimensionamiento óptimo de los volquetes, es por ello que es necesario realizar un análisis detallado de todos los parámetros que intervendrán en el cálculo del ciclo de acarreo de los

volquetes volvo FMX 440 desde interior mina hacia los puntos de descarga ubicados en superficie.

Estos parámetros que permiten determinar el ciclo de acarreo comprendido por el tiempo de acarreo de ida y el tiempo de acarreo de regreso son:

- Condiciones de la rampa de acarreo
- Desempeño de la velocidad de los volquetes.

3.14.2.1 Condiciones de la rampa de acarreo.

Las rutas o rampas de acceso por el cual se realiza el acarreo hacia la superficie se encuentran en buen estado, contando además con el mantenimiento de vías constantemente según lo requiera por la frecuencia del tránsito de equipos a cargo de CIA ARES SAC, minimizando así los factores que pudieran alterar en normal tránsito de los volquetes y equipos de operación mina.

3.14.2.2 Seguimiento de rutas de volquetes

Tabla 22 Espera turno de carguío.

Espera promedio a turno de carguío		
Capacidad	N°	Total
6X4		12.09
8X4		15.08
Total general		14.60

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 23 Tiempo De Carguío

TIEMPOS DE CARGUIO		
CAPACIDAD	N°	Total
6X4		7.37
8X4		7.50
Total general		7.57

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 24 Tiempo De Pesado En Balanza

TIEMPOS DE DESCARGA		
DESTINO	N°	Total
CANCHA		1.29
TOLVA DE CHANCADO		1.26
Total general		1.26

Fuente: Datos de la investigación

En el análisis y el estudio en campo se observó que existe la observación de toda las unidades o volquetes siempre están a la espera, de ser evaluadas y todo estos realizan siempre un trabajo programado.

Los estudios o rutas que se dio prioridad son los mas importantes de todo esto se resumen en las principales demoras operativas y estas se gestionaron u optimizaron los tiempos mas accesibles en la empresa minera.

Las más importantes demoras operativas gestionables son:

Tabla 25 Demoras operativas optimizados

RESUMEN DE DEMORAS OPERATIVAS - VOLQUETES						
DEMORAS OPERATIVAS	TURNO	Total General (min)	Contar Demoras Operativas	Promedio (min)	Total General (Hora)	Promedio (Hora)
Espera Orden para entrar a Bocamina	DIA	214.78	4	42.96	3.58	0.72
Espera para Descargar (pesado y destare)	DIA	9.00	1	3.25	0.15	0.05
Espera por Cola de Volque	DIA	82.00	5	20.50	1.37	0.34
Espera Salida de Volquete	DIA	6.38	2	3.19	0.11	0.05
Espera Trafico	DIA	68.00	4	17.00	1.13	0.28
Falta de Scoop	DIA	75.00	3	39.88	1.25	0.66
	NOCHE	0.00	2	142.75	0.00	2.38
Medición de CO	NOCHE	0.00	1	13.03	0.00	0.22
		240.38	2.57	34.23	4.01	3.99

Fuente: Elaboración propia según datos de la investigación

3.14.2.3 Desempeño de la velocidad de los volquetes.

En el cálculo del ciclo total de acarreo de los volquetes, es muy necesario poder determinar la velocidad que desempeña en toda la ruta de acarreo de minerales y desmontes, dependiendo del estado y dirección en que realiza el recorrido que realiza al transportar en material.

- El volquete la rampa positiva (+12°), cargado del mineral a transportar.
- Se recorrerá el tramo horizontal a partir de bocamina hasta el punto de descarga.

- Todos los conductores deberán operar a la defensiva porque en todo momento se realiza la operación y supervisión.
- El volquete ingresará a mina y recorrerá la rampa negativa (-12°), hasta el punto de carguío

En el análisis y el estudio en campo se observó que existe la observación de toda las unidades o volquetes siempre están a la espera, existe un sobredimensionamiento de equipos, puesto que esto se está evitando y poder tener mayor productividad así también evitar colas y confrontación de unidades en una misma rampa, evitando así tiempos muertos, ya que cada unidad cuenta con una radio Hand Dy que le permite comunicarse anticipadamente al momento de ingresar y salir de interior mina.

Existe además un control exhaustivo en el monitoreo de la velocidad realizada por el departamento de seguridad, el cual está regulado de acuerdo al sistema de infracciones vehiculares. Para ello es necesario indicar además el estándar de la velocidad establecido en superficie como en interior mina se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 26 Estándar de velocidades de volquetes.

ESTANDAR DE VELOCIDAD		
Ruta de recorrido	LÍMITE DE VELOCIDAD (km/h)	
	Cargado	Vacío
Interior mina (12 %)	10	15
Superficie (0 %)	15	25

Fuente: Área de operaciones - CIA Ares SAC

Para poder determinar en el campo la velocidad ejecutada por el volquete de muestra de investigación se utilizó el tablero computacional de instrumentos del volquete volvo FMX 440 mediante el cual se puede controlar la velocidad.

A continuación, se detalla las velocidades adquiridas en el seguimiento exhaustivo de los diferentes volquetes en los 10 puntos de monitoreo establecido en toda la rampa y los 10 puntos de monitoreo en superficie que se realizó al volquete, teniendo en cuenta lo siguiente:

- **Velocidad con volquete cargado interior mina:** se realizó el muestreo desde que el volquete sale del punto de carguío hasta bocamina, (gradiente positiva de 12%).
- **Velocidad con volquete cargado superficie mina:** se realizó el muestreo desde que el volquete sale de boca mina hasta el punto descargue. Los resultados se aprecian en el siguiente Cuadro:

Tabla 27 Velocidad con volquete cargado en interior mina (+12%)

Velocidad En Rampa – Gradiente Positiva De 12 %			
Punto de control	Velocidad (km/ h)	Punto de control	Velocidad (km/ h)
1	13.00	6	12.00
2	10.00	7	9.00
3	9.00	8	10.50
4	11.00	9	11.50
5	9.00	10	10.00
		Promedio	10.50

Fuente: Datos de la investigación

En el monitoreo de la velocidad realizada en interior mina con volquete cargado, así como se muestra en el cuadro anterior, se obtuvo una velocidad promedio de 10,50 km/h, realizando la sumatoria de las velocidades medidas en cada punto de control y dividiendo entre el numero estos, es decir 10.

Tabla 28 Velocidad con volquete cargado en superficie

Punto de control	Velocidad	Punto de control	Velocidad
	(km/ h)		(km/ h)
1	16.00	6	16.50
2	14.50	7	15.30
3	15.00	8	15.00
4	14.50	9	16.00
5	15.00	10	15.50
		Promedio	15.65

Fuente: Datos de la investigación

En el monitoreo de la velocidad realizada en superficie con volquete cargado en el cuadro anterior, se obtuvo una velocidad promedio de 15.50 km/h, realizando la sumatoria de las velocidades medidas en cada punto de control y dividiendo entre el numero estos, es decir 10.

- **Determinación de la velocidad en volquete vacío:** se realizó el muestreo desde que el volquete sale del punto de descarga, al punto de retorno en interior mina.

Tabla 29 Velocidad con volquete vacío en superficie

Punto de control	Velocidad	Punto de control	Velocidad
	(km/ h)	control	(km/ h)
1	18.50	6	20.00
2	17.00	7	21.00
3	18.00	8	18.00
4	19.00	9	18.50
5	18.50	10	17.10
		Promedio	18.70

Fuente: Datos de la investigación

En el monitoreo de la velocidad realizada en superficie con volquete vacío, así como se muestra en el cuadro anterior, se obtuvo una velocidad promedio de 18.75 km/h, realizando la sumatoria de las velocidades medidas en cada punto de control y dividiendo entre el número de estos, es decir 10.

Tabla 30 Velocidad con volquete vacío en interior mina

Desempeño de la velocidad con volquete vacío (-12%)			
Punto de control	Velocidad (km/ h)	Punto de control	Velocidad (km/ h)
1	11.00	6	11.50
2	12.00	7	10.50
3	13.00	8	9.50
4	13.50	9	9.00
5	13.00	10	10.00
		Promedio	11.20

Fuente: Datos de la investigación

En el monitoreo de la velocidad realizada en interior mina con volquete vacío en el cuadro anterior se obtuvo una velocidad promedio de 11.20 km/h, realizando la sumatoria de las velocidades medidas en cada punto de control y dividiendo entre el número de estos, es decir 10.

3.14.2.4 Cálculo del tiempo de acarreo.

Una de las descripciones de la evaluación y descripción de los parámetros que interviene en el tiempo de acarreo de minerales en la Unidad Operativa Inmaculada; se pudo determinar dicho valor de cada uno de los puntos de carguío según las condiciones y disposiciones del trabajo y considerando que:

$$TIEMPO DE ACARREO = TIEMPO ACARREO CARGADO + TIEMPO DE RETORNO VACIO$$

Luego se determinaron como la distancia de cada punto de carguío del mineral y la velocidad se puede calcular el tiempo de acarreo en la unidad operativa inmaculada, mediante la siguiente fórmula:

$$Velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo}$$

Según base data y aplicando las fórmulas descritas anteriormente se calcularon los tiempos en los niveles correspondientes como se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Tabla 31 Tiempo con volquete cargado de cada estación de carguío-bocamina.

VOLQUETE CARGADO				TIEMPO DE ACARREO	
NIVEL DE CARGUIO	Estación de carguío	distancia (Km)	velocidad (km/ h)	Horas	Minutos
4400	OP-8924	2.15	10.50	0.20	12.29
4400	OP-9234	1.70	10.00	0.17	10.20
4500	OP-6188	1.85	10.40	0.18	10.67
4500	OP-6328	2.10	10.50	0.20	12.00
4300	RB-0006	2.00	9.50	0.21	12.63
4300	RB-0008	1.55	10.00	0.16	9.30
TIEMPO TOTAL				1.12	67.09

Fuente: Datos de la investigación

Según base data y aplicando las fórmulas descritas anteriormente se calcularon los tiempos en los niveles correspondientes como se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Tabla 32 Tiempo de transporte cargado en superficie Bocamina - Tolva

Volquete cargado			Tiempo de acarreo	
NIVEL DE BOCA MINA	distancia (Km)	velocidad (km/h)	Horas	Minutos
4300	3.50	12.00	0.29	17.50
		12.50	0.28	16.80
4400	1.50	9.00	0.17	10.00
		10.00	0.15	9.00
4500	5.20	13.00	0.40	24.00
		13.50	0.39	23.11
TIEMPO TOTAL			1.67	100.41

Fuente: Datos de la investigación

El cálculo según base data del ciclo de transporte de minerales desde bocamina hasta el lugar de descarga se procedió a realizar de manera similar que el ítem anterior.

Tabla 33 Tiempo de transporte con volquete cargado en superficie

Cálculo de tiempo de acarreo con volquete cargado en superficie					
DESDE	HASTA	Volquete cargado		Tiempo de acarreo	
		distancia (Km)	velocidad (km/h)	Horas	Minutos
Bocamina 4500	tolva de finos	5.20	13.00	0.40	24.20
Bocamina 4500	desmontera	8.00	8.50	0.94	56.50
TIEMPO TOTAL				1.34	80.70

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 34 Tiempo total de transporte con volquete (Ta)

Tiempo total de acarreo de volquete cargado desde el punto de carguío hasta descarga									
Volquete Cargado			Distancia Total (Km)		Velocidad (Km/H)			Tiempo De Acarreo (Hrs)	Tiempo De Acarreo
NIVEL DE CARGU IO	Punto de Descarga	Superficie	Interior Mina	Superficie	Interior Mina	Superficie	Interior Mina	Horas	Minutos
ALTA	Tolva de Finos	5.20	1.80	15.65	10.50	0.33	0.17	0.50	30.22
	Tolva de Finos	5.20	1.90	15.65	10.50	0.33	0.18	0.51	30.79
	Tolva de Finos	5.20	1.85	15.65	10.50	0.33	0.18	0.51	30.51
	Tolva de Finos	5.20	2.00	15.65	10.50	0.33	0.19	0.52	31.36
	Tolva de Finos	5.20	1.80	15.65	10.50	0.33	0.17	0.50	30.22
	Tolva de Finos	5.20	2.10	15.65	10.50	0.33	0.20	0.53	31.94
	Tolva de Finos	5.20	2.15	15.65	10.50	0.33	0.20	0.54	32.22
	Tolva de Finos	5.20	2.10	15.65	10.50	0.33	0.20	0.53	31.94
BAJA	Tolva de Finos	3.50	2.00	15.65	10.50	0.22	0.19	0.41	24.85
	Tolva de Finos	3.50	1.80	15.65	10.50	0.22	0.17	0.40	23.70
	Tolva de Finos	3.50	1.90	15.65	10.50	0.22	0.18	0.40	24.28
	Tolva de Finos	3.50	2.00	15.65	10.50	0.22	0.19	0.41	24.85
	Tolva de Finos	3.50	2.00	15.65	10.50	0.22	0.19	0.41	24.85
	Tolva de Finos	3.50	1.50	15.65	10.50	0.22	0.14	0.37	21.99
	Tolva de Finos	1.50	2.16	15.65	10.50	0.10	0.21	0.30	18.09
	Tolva de Finos	1.50	2.15	15.65	10.50	0.10	0.20	0.30	18.04
INTER MEDIA	Tolva de Finos	1.50	2.13	15.65	10.50	0.10	0.20	0.30	17.92
	Tolva de Finos	1.50	2.16	15.65	10.50	0.10	0.21	0.30	18.09
	Tolva de Finos	1.50	1.70	15.65	10.50	0.10	0.16	0.26	15.47
	Tolva de Finos	1.50	1.70	15.65	10.50	0.10	0.16	0.26	15.47
	Tolva de Finos	1.50	1.70	15.65	10.50	0.10	0.16	0.26	15.47
	Tolva de Finos	1.50	1.75	15.65	10.50	0.10	0.17	0.26	15.75

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 35 Tiempo de retorno vacío desde descarga hasta la bocamina

Cálculo De Tiempo De Retorno Con Volquete Vacío En Superficie A Bocamina					
<i>VOLQUETE CARGADO</i>			<i>TIEMPO DE ACARREO</i>		
DESDE	HASTA	distancia (Km)	velocidad (km/ h)	Horas	Minutos
Bocamina 4500	tolva de finos	5.20	18.50	0.28	16.86
Bocamina 4500	desmontera	8.00	20.00	0.40	24.00
TIEMPO TOTAL				0.68	40.86

Fuente: Datos de la investigación

El cálculo según base data del ciclo de transporte de minerales desde bocamina hasta el lugar de descarga se procedió a realizar de manera similar que el ítem anterior.

Tabla 36 Tiempo de retorno vacío de bocamina hasta estación de carguío

Tiempo de retorno volquete vacío de bocamina a cada estación de carguío (-12%)					
<i>Volquete vacío</i>			<i>Tiempo de retorno</i>		
Nivel de carguío	Estación de carguío	distancia (Km)	Velocidad (km/ h)	Horas	Minutos
4400	OP-8924	2.15	11.50	0.19	11.22
4400	OP-9234	1.70	12.50	0.14	8.16
4500	OP-6188	1.85	11.50	0.16	9.65
4500	OP-6328	2.10	14.00	0.15	9.00
4300	RB-0006	2.00	13.00	0.15	9.23
4300	RB-0008	1.55	12.00	0.13	7.75
TIEMPO TOTAL				0.92	55.01

Fuente: Datos de la investigación

El cálculo según base data del ciclo de transporte de minerales es la sumatoria de tiempos de retorno desde la tolva hasta el lugar de carguío lo cual será de mucha importancia para el cálculo de la productividad de extracción de minerales.

Tabla 37 Tiempo total de retorno vacío desde descarga hasta carguío (Tr)

Tiempo Total De Retorno De Volquete Vacío Desde El Punto De Descarga Hasta Carguío									
VOLQUETE VACÍO		Distancia Total (Km)		Velocidad (Km/h)		TIEMPO DE RETORNO (Hrs)		TIEMPO DE RETORNO	
NIVEL DE retorno	Punto de Carguío	Superficie	Interior Mina	Superficie	Interior Mina	Superficie	Interior Mina	Horas	Minutos
	OP-6188	5.20	1.80	18.75	11.30	0.28	0.16	0.44	26.20
	OP-6188	5.20	2.00	18.75	11.30	0.28	0.18	0.45	27.26
	OP-6188	5.20	1.80	18.75	11.30	0.28	0.16	0.44	26.20
cancha mineral	OP-6328	5.20	2.10	18.75	11.30	0.28	0.19	0.46	27.79
	OP-6328	5.20	2.15	18.75	11.30	0.28	0.19	0.47	28.06
	OP-6328	5.20	2.10	18.75	11.30	0.28	0.19	0.46	27.79
	RB-006	3.50	2.00	18.75	11.30	0.19	0.18	0.36	21.82
	RB-006	3.50	1.90	18.75	11.30	0.19	0.17	0.35	21.29
	RB-008	3.50	1.50	18.75	11.30	0.19	0.13	0.32	19.16
	RB-008	3.50	1.50	18.75	11.30	0.19	0.13	0.32	19.16
	RB-008	3.50	1.60	18.75	11.30	0.19	0.14	0.33	19.70
	RB-008	3.50	1.60	18.75	11.30	0.19	0.14	0.33	19.70
cancha mineral	OP-8924	1.50	2.16	18.75	11.30	0.08	0.19	0.27	16.27
	OP-8924	1.50	2.15	18.75	11.30	0.08	0.19	0.27	16.22
	OP-8924	1.50	2.13	18.75	11.30	0.08	0.19	0.27	16.11
	OP-8924	1.50	2.16	18.75	11.30	0.08	0.19	0.27	16.27
	OP-9234	1.50	1.70	18.75	11.30	0.08	0.15	0.23	13.83
	OP-9234	1.50	1.70	18.75	11.30	0.08	0.15	0.23	13.83
cancha mineral	OP-9234	1.50	1.70	18.75	11.30	0.08	0.15	0.23	13.83
	OP-9234	1.50	1.75	18.75	11.30	0.08	0.15	0.23	14.09

Fuente: Datos de la investigación

Se pudo determinar la suma de todo el ciclo de transporte de minerales del recorrido ida y vuelta, así como podemos apreciar en el cuadro.

Tabla 38 Tiempo total de transporte con volquete (ida + retorno)

ZONA	Punto de Carguío	Tiempo de acarreo (Hrs)		Suma de tiempo (Hrs)	
		Ida	Retorno	Horas	Minutos
4500 ALTA	OP-6188	130.22	26.2	2.61	156.42
	OP-6188	131.36	27.26	2.64	158.62
	OP-6188	130.22	26.2	2.61	156.42
	OP-6328	131.94	27.79	2.66	159.73
	OP-6328	132.22	28.06	2.67	160.28
	OP-6328	131.94	27.79	2.66	159.73
	OP-6328	131.94	27.79	2.66	159.73
	OP-6328	131.94	27.79	2.66	159.73
4300 BAJA	RB-006	124.85	21.82	2.44	146.67
	RB-006	123.7	20.76	2.41	144.46
	RB-006	124.85	21.82	2.44	146.67
	RB-008	121.99	19.16	2.35	141.15
	RB-008	121.99	19.16	2.35	141.15
	RB-008	122.56	19.7	2.37	142.26
	RB-008	122.56	19.7	2.37	142.26
	OP-8924	118.09	16.27	2.24	134.36
4400 INTERMEDIA	OP-8924	118.09	16.27	2.24	134.36
	OP-9234	115.47	13.83	2.15	129.29
	OP-9234	115.47	13.83	2.15	129.29
	OP-9234	115.47	13.83	2.15	129.29
	OP-9234	115.47	13.83	2.15	129.29
	OP-9234	115.75	14.09	2.16	129.84

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 39 Tiempo total de acarreo del volquete

Tiempo de acarreo del volquete (ida y vuelta)		
Zona	Horas	Minutos
4500 Alta	2.64	158.38
4300 Baja	2.40	144.09
4400 Int.	2.20	131.84

Fuente: Datos de la investigación

3.14.3 Calculando el tiempo de giro, posicionamiento y descarga.

En el primer caso el ingreso de los volquetes hacia las ventanas donde se ubican las tolvas neumáticas, fueron lo más lento y exacto posible, evitando así roces y choques con las cimbras, postes u otros elementos de sostenimiento.

El cálculo según base data del ciclo de transporte de minerales es la sumatoria de tiempos de retorno desde la tolva hasta el lugar de carguío lo cual será de mucha importancia para el cálculo de la productividad de extracción de minerales.

El cálculo según base data del ciclo de transporte de minerales desde bocamina hasta el lugar de descarga se procedió a realizar el análisis de los resultados obtenidos.

Ante ello se realizó el análisis de la velocidad de retroceso de ingreso a cada Ore Pass resultando una velocidad promedio de 3 km/h. Los resultados obtenidos respecto al tiempo de giro y posicionamiento del volquete en cada Ore Pass, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 40 Tiempo de giro y posicionamiento del volquete

Tiempo de giro y posicionamiento al ingresar a carguío				
ZONA	Distancia (Km)	Velocidad (km/h)	Tiempo de giro y posicionamiento.	
			Horas	Minutos
OP-8924	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
OP-9234	0.02	3.00	0.007	0.40
	0.01	3.00	0.003	0.20
OP-6188	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
OP-6328	0.02	3.00	0.007	0.40
	0.01	3.00	0.003	0.20
RB-0006	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
RB-0008	0.02	3.00	0.007	0.40
	0.01	3.00	0.003	0.20

Fuente: Datos de la investigación

3.14.4 Cálculo de la eficiencia de operación.

Para nuestro caso se tomó como base los tiempos ejecutados en operación y el total del tiempo de una guardia resultando un porcentaje de eficiencia de 86,16%, considerando que el trabajo del volquete en estudio es continuo.

3.14.5 Determinación del ciclo total de acarreo y transporte.

Como se mencionó en la parte conceptual de la investigación, el ciclo total del transporte está dado por:

$$\text{Ciclo total de transporte} = (\text{Tiempos variables} + \text{Tiempos fijos}) * \%Eff$$

➤ Cabe mencionar las fórmulas siguientes:

$$\text{Tiempos Variables} = Ta (\text{con carga}) + Tr (\text{sin carga})$$

$$\text{Tiempos fijos} = Tg + Tc + Td + Tb$$

Dónde:

- Ta : Tiempo de acarreo
- Tr : Tiempo de retorno
- Tg : Tiempo de giro
- Tc : Tiempo de carga
- Td : Tiempo de descarga
- Tb : Tiempo de demora

Se cálculo de manera adecuada según la aplicabilidad de las fórmulas de los cuales se pudo determinar los tiempos de demora (tb), para lo cual se obtuvo 9.00 min.

Tabla 41 Tiempos de demora (Tb)

TIEMPOS DE DEMORA (Tb)			
Promedio de Tiempos	(horas)	(min)	(segundos)
Pesado en balanza	0.09	5.40	324.20
Destare en balanza	0.06	3.60	216
Total	0.15	9.00	540.20

Fuente: Datos de la investigación – propia.

3.14.5.1 Resultados de la mejora

Con la implementación de nuevos estándares, y la eficiente programación y aplicación se logró una ratio mucho más eficiente en las demoras operativas según como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 42 Optimización de demoras operativas en 5 días

Optimización de demoras operativas - volquetes						
		Total	Contar	Promedio	Total	Promedio
Demoras operativas		General	Demoras	(min)	General	(Hora)
		(min)	Operativas		(Hora)	(Hora)
demoras encontradas	DIA	323.22	2.57	46.43	5.39	5.42
demoras gestionadas	DIA	240.38	2.57	34.23	4.01	3.99
Optimización operativas	demoras			12.20	1.38	1.42

Fuente: Datos de la investigación – propia.

En la tabla anterior se muestra el cuadro de resumen en una semana según la base de datos y el seguimiento del volquete los cuales se tiene un promedio de 12.20 minutos en los distintos turnos.

Tabla 43 Tiempos de demora (Tb)

Tiempos de demora (TB)			
Promedio de Tiempos	(horas)	(min)	(segundos)
Pesado en balanza	0.03	1.82	109.20
Destare en balanza	0.02	1.43	85.80
Total	0.05	3.25	195.00

Fuente: Datos de la investigación – propia.

De acuerdo al análisis realizado, se tiene los siguientes datos para calcular el ciclo total de acarreo que tardara el volquete DCR construcción y minera SAC en extraer mineral

- Tiempo de acarreo (T_a) : 26.20
- Tiempo de retorno (T_r) : 23.20
- Tiempo de giro (T_g) : 0.20
- Tiempo de carga (T_c) : 1.26
- Tiempo de descarga (T_d) : 2.43
- Tiempo de demora (T_b) : 2.57

Entonces los tiempos variables suman lo siguiente:

$$Tiempos Variables = T_a (\text{con carga}) + T_r (\text{sin carga})$$

$$Tiempos variables = 26.20 + 23.10$$

$$Tiempos variables = 49.3$$

Tiempos fijos son calculados de la siguiente manera:

$$Tiempos fijos = T_g + T_c + T_d + T_b$$

$$Tiempos fijos = 0.20 + 1.26 + 2.44 + 2.57$$

$$Tiempos fijos = 121.81$$

Por lo tanto, el ciclo total de transporte para el OP resultará:

$$Ciclo total de transporte = (Tiempos variables + Tiempos fijos) * \%Eff$$

$$Ciclo Total de transporte OP = (49.3 + 121.81) * 0.86$$

$$Ciclo Total de transporte OP = 145.56 \text{ minutos} = (2.50 \text{ horas})$$

En conclusión, el volquete tardará 2.50 horas en realizar un ciclo completo de trabajo desde la zona ALTA

Estos datos son muy fundamentales para la investigación ya que con esas respuestas determinaremos los objetivos trazados.

3.15 Determinación de la productividad teórica de acarreo.

Una vez calculada la duración del ciclo total de trabajo ejecutado por el volquete en cada punto de extracción, será posible establecer el tonelaje producido por este equipo en una hora, entonces, será necesario conocer la capacidad de la tolva y el número de ciclos que ejecutará el volquete por unidad de tiempo

$$\text{Productividad Terica } \left(\frac{TM}{h} \right) = \frac{Q}{CICLO} * \frac{CICLO}{HORA}$$

Esta expresión no considerara los factores de corrección que se establece para determinar la producción horaria real. Para calcular la productividad horaria, es necesario determinar el número de ciclos que realizará el volquete en una hora de trabajo lo cual estará determinado mediante la ecuación:

$$N^{\circ} \text{ Ciclos/hora} = \frac{60}{\text{Tiempo Ciclo Total}}$$

Ejemplo de aplicación: Para determinar la productividad teórica que se extraerá desde la estación de carguío, se tiene los siguientes datos:

Capacidad nominal del volquete (Q)	: 25 Tm
Tiempo del ciclo total (Est N° 03)	:87.19 min.

Entonces:

$$N^{\circ} \text{ Ciclos/hora} = \frac{60}{\text{Tiempo Ciclo Total}}$$

$$N^{\circ} \text{ Ciclos/hora} = \frac{60}{87.19}$$

$$N^{\circ} \frac{\text{Ciclos}}{\text{hora}} = 0.57 \text{Ciclo/hora}$$

Se concluye que el volquete realiza 0.57 viajes en una hora de operación. A partir de ello, se pudo determinar la producción teórica:

$$\text{Productividad Terica} \left(\frac{Tm}{h} \right) = \frac{Q}{CICLO} * \frac{CICLO}{HORA}$$

DONDE:

- H : horas
Q : capacidad nominal del volquete
C : ciclo

Reemplazando datos:

$$\text{Productividad Terica} \left(\frac{Tm}{h} \right) = \frac{25 Tm}{CICLO} * \frac{0.67 CICLO}{HORA}$$

$$\text{Productividad Terica} \left(\frac{Tm}{h} \right) = 15.45 Tm/h$$

Se concluye entonces que el volquete producirá teóricamente 15.45 Tm en una hora de trabajo a partir de la estación de carguío. A continuación, en el Cuadro se detalla la productividad teórica por cada ore pass y estación de carguío:

Tabla 44 Productividad teórica (Tm/h) del volquete

Productividad teórica (Tm/h)					
Zona	Total ciclo (min)	Capacidad nominal del volquete TM	N° Ciclos/h	Productividad teórica (Tm/h)	Productividad teórica prom. (Tm/h)
OP-8924	87.98	25	0.68	17.05	16.09
	94.51	25	0.63	15.87	
	96.09	25	0.62	15.61	
	94.65	25	0.63	15.85	
OP-9234	86.17	25	0.70	17.41	14.21
	85.65	25	0.70	17.51	
	194.75	25	0.31	7.70	
OP-6188	176.76	25	0.34	8.49	10.37
	169.42	25	0.35	8.85	
	108.93	25	0.55	13.77	
OP-6328	100.86	25	0.59	14.87	20.04
	90.4	25	0.66	16.59	
	52.33	25	1.15	28.66	
RB-0006	54.73	25	1.10	27.41	18.84
	106.85	25	0.56	14.04	
	99.5	25	0.60	15.08	
RB-0008	95.26	25	0.63	15.75	14.10
	106.77	25	0.56	14.05	
	120.03	25	0.50	12.50	

Fuente: Datos de la investigación

3.15.1 Determinación de la productividad máxima de acarreo

Está determinada por la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad Máxima} \left(\frac{TM}{h} \right) = 60 * \frac{e * Q}{Tc}$$

Donde:

E : Eficiencia de trabajo (Retrasos variables, en %).

Q : Capacidad nominal del equipo (Tm).

Tc : Tiempo total de ciclo de transporte (min).

Ejemplo de aplicación: Para determinar la producción máxima del material que se extraerá desde la estación de carguío se tienen los siguientes datos:

Capacidad nominal del volquete (Q) : 25 Tm

Eficiencia de operación (e) : 86.16 %

Tiempo total del ciclo de transporte (Tc) : 94.65 min

Entonces:

$$\text{Productividad Máxima} \left(\frac{TM}{h} \right) = 60 * \frac{e * Q}{Tc}$$

$$\text{Productividad Máxima} \left(\frac{TM}{h} \right) = 60 * \frac{0.86 * 25}{94.65}$$

$$\text{Productividad Máxima} \left(\frac{TM}{h} \right) = 13.53 TM/h$$

Por lo tanto, se concluye que la producción óptima que se alcanzará para transportar material (mineral o desmonte) desde la estación de carguío N°4 será 13.53 Tm/ h)

Tabla 45 Productividad máxima (Tm/h) del volquete

Productividad máxima (Tm/h)				
Zona	Total ciclo (min)	Capacidad nominal del volquete TM	Eficiencia de operación	Productividad máxima (tm/h)
OP-8924	87.98	25.00	0.86	14.66
	94.51	25.00	0.86	13.65
	96.09	25.00	0.86	13.42
	94.65	25.00	0.86	13.63
OP-9234	86.17	25.00	0.86	14.97
	85.65	25.00	0.86	15.06
	194.75	25.00	0.86	6.62
OP-6188	176.76	25.00	0.86	7.30
	169.42	25.00	0.86	7.61
	108.93	25.00	0.86	11.84
OP-6328	100.86	25.00	0.86	12.79
	90.40	25.00	0.86	14.27
	52.33	25.00	0.86	24.65
RB-0006	54.73	25.00	0.86	23.57
	106.85	25.00	0.86	12.07
	99.50	25.00	0.86	12.96
RB-0008	95.26	25.00	0.86	13.54
	106.77	25.00	0.86	12.08
	120.03	25.00	0.86	10.75

Fuente: Datos de la investigación

3.15.2 Determinación de la productividad promedio de acarreo

Está determinada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad Máxima} \left(\frac{TM}{h} \right) = 60 * \frac{((T - R) * e * Q)}{T * Tc}$$

Dónde:

- Tc : Duración del periodo de tiempo total (minutos).
- R : Retrasos fijos (minutos).
- e : Eficiencia de trabajo (Retrasos variables, en %)
- Q : Capacidad nominal del equipo (Tm).

Ejemplo de aplicación: Para determinar la productividad promedio de material que se extraerá desde la estación de carguío se tendrán los siguientes datos:

Duración de tiempo * guardia (T) = Ciclo Total (Est – 05) * 8 h / guardia

$$\text{Duración del tiempo por guardia (T)} = 86.17 * 8$$

$$\text{Duración del tiempo por guardia (T)} = 689.36 \text{ minutos}$$

- Capacidad nominal del volquete (Q): 25 Tm
- Eficiencia de operación: 86.16 %

Retraso Fijo (R) = T. dem. (Tb) + T. desc. (Td) + T. Giro y posicionamiento

$$\text{Retraso Fijo (R)} = 2.57 + 2.44 + 0.25$$

$$\text{Retraso Fijo (R)} = 5.26 \text{ minutos.}$$

Tiempo de ciclo total (Tc): 86.17 minutos

Entonces reemplazando valores en la formula siguiente, se obtuvo:

$$\text{Productividad Máxima} \left(\frac{TM}{h} \right) = 60 * \frac{((T - R) * e * Q)}{T * Tc}$$

$$\text{Productividad Máxima } \left(\frac{TM}{h}\right) = 60 * \frac{((689.36 - 5.26) * 0.86 * 25)}{689.36 * 86.17}$$

$$\text{Productividad Máxima } \left(\frac{Tm}{h}\right) = 14.74 Tm/h$$

Por lo tanto, la producción promedio para transportar material (mineral o desmonte) desde la estación de carguío es de 14.74 Tm/h.

En el siguiente cuadro se puede mostrar el cálculo obtenido por la productividad por cada ore pass en la estación de carguío correspondiente.

Tabla 46 Productividad promedio (Tm/h) del volquete.

Productividad promedio (Tm/h)						
Zona	Total ciclo (min)	Capacidad nominal del volquete TM	Duración de tiempo / guardia (min)	Eficiencia de operación	Retrasos fijos	Productividad promedio (Tm/h)
	87.98	25.00	719.72	0.86	6.12	14.54
OP-8924	94.51	25.00	779.26	0.86	6.12	13.54
	96.09	25.00	703.87	0.86	6.12	13.31
	94.65	25.00	756.07	0.86	6.12	13.52
	86.17	25.00	768.69	0.86	6.12	14.85
OP-9234	85.65	25.00	757.23	0.86	6.12	14.94
	194.75	25.00	689.37	0.86	6.12	6.57
	176.76	25.00	685.24	0.86	6.12	7.23
OP-6188	169.42	25.00	1557.97	0.86	6.12	7.58
	108.93	25.00	1414.10	0.86	6.12	11.79
	100.86	25.00	1355.33	0.86	6.12	12.73
OP-6328	90.40	25.00	871.47	0.86	6.12	14.17
	52.33	25.00	806.88	0.86	6.12	24.46
	54.73	25.00	723.19	0.86	6.12	23.37
RB-0006	106.85	25.00	418.63	0.86	6.12	11.90
	99.50	25.00	437.80	0.86	6.12	12.78
	120.03	25.00	762.04	0.86	6.12	10.66
PROMEDIO (Tm/h)						13.34

Fuente: Datos de la investigación

3.15.3 Determinación de la productividad horaria de acarreo.

Para poder determinar la flota óptima de volquetes requeridos para cumplir con los objetivos de la empresa será necesario hallar la productividad horaria con la que se trabaja actualmente, la cual dependerá exclusivamente de los siguientes factores:

- El tiempo.
- La eficiencia de operación.
- El material a transportar.

El tiempo del ciclo de operación y la eficiencia del mismo, ha sido calculado detenidamente y será de mucha utilidad para determinar la producción máxima, real y horaria. El material que se transporta hacia superficie está constituido por mineral de los tajeos y el desmonte de las labores de exploración y preparación.

El mineral propiamente dicho es aquel que tiene un valor económico en el mercado, características: este presentará las siguientes.

- Densidad del mineral in-situ : 2,06 Tm/m³
- Densidad del mineral esponjado : 3,38 Tm/m³
- Factor de esponjamiento : 35%
- Fragmentación : Buena

El desmonte presenta las siguientes características:

- Densidad del mineral in-situ : 2,06 Tm/m³
- Factor de esponjamiento : 40%
- Fragmentación : Buena

Para calcular la productividad horaria, es necesario determinar el número de ciclos que realizará el volquete en una hora de trabajo, la cual ya se determinó con anterioridad.

$$\text{Productividad Horaria} \left(\frac{Tm}{h} \right) = \left(\frac{\text{Carga}}{\text{Ciclo}} * \frac{\text{Ciclo}}{\text{Hora}} \right) * \%Eff * Fll$$

Dónde:

- %Eff: Eficiencia de operación
- Fll: Factor de llenado

Ejemplo de aplicación: Para determinar la productividad horaria de la estación de carguío se tendrá los siguientes datos:

- Número de ciclos por hora: 0.62 ciclos/ h
- La carga que se consideró en un promedio de peso de los viajes en estudio teniendo como resultado 22.40 Tm
- Eficiencia de operación: 86.16 %
- Factor de llenado: 85 %

Entonces la producción horaria será:

$$\text{Productividad Horaria} \left(\frac{Tm}{h} \right) = \left(\frac{\text{Carga}}{\text{Ciclo}} * \frac{\text{Ciclo}}{\text{Hora}} \right) * \%Eff * Fll$$

$$\text{Productividad Horaria} \left(\frac{Tm}{h} \right) = (22.40 * 0.62) * 0.86 * 0.85$$

$$\text{Productividad Horaria} \left(\frac{Tm}{h} \right) = 10.15 Tm/h$$

Se concluye entonces que el volquete produce 10.15 Tm en una hora de trabajo a partir de la estación de carguío.

A continuación, en el siguiente Cuadro se detalla la productividad horaria determinada en cada punto de extracción.

Tabla 47 Productividad horaria (Tm/h) del volquete

Productividad horaria (Tm/h)						
zona	Total ciclo (min)	Capacidad promedio del volquete TM	Nº Ciclos/h	% Eff	FII	Productividad horaria (Tm/h)
OP-8924	87.98	25	0.68	0.86	0.95	13.93
	94.51	25	0.63	0.86	0.95	12.97
	96.09	25	0.62	0.86	0.95	12.75
	94.65	25	0.63	0.86	0.95	12.95
OP-9234	86.17	25	0.70	0.86	0.95	14.22
	85.65	25	0.70	0.86	0.95	14.31
	194.75	25	0.31	0.86	0.95	6.29
OP-6188	176.76	25	0.34	0.86	0.95	6.93
	169.42	25	0.35	0.86	0.95	7.23
	108.93	25	0.55	0.86	0.95	11.25
OP-6328	100.86	25	0.59	0.86	0.95	12.15
	90.4	25	0.66	0.86	0.95	13.56
	52.33	25	1.15	0.86	0.95	20.42
RB-0006	54.73	25	1.10	0.86	0.95	19.39
	106.85	25	0.56	0.86	0.95	10.47
	99.5	25	0.60	0.86	0.95	10.32
RB-0008	95.26	25	0.63	0.86	0.95	12.86
	106.77	25	0.56	0.86	0.95	11.48
	120.03	25	0.50	0.86	0.95	10.21
PROMEDIO (Tm/h)						10.16

Fuente: Datos de la investigación

Se puede concluir entonces que la productividad horaria ejecutada en todas las estaciones de carguío es de 92 % con respecto a la productividad máxima que se desea alcanzar, lo cual se puede apreciar en el siguiente Cuadro.

Tabla 48 Porcentaje de productividad

PRODUCTIVIDAD HORARIA (Tm/h)			
ZONA	TOTAL CICLO (min)	CAPACIDAD PROMEDIO DEL VOLQUETE TM	% PRODUCCIÓN
	14.66	13.93	92.00
OP-8924	13.65	12.97	92.00
	13.42	12.75	92.00
	13.63	12.95	92.00
	14.97	14.22	92.00
OP-9234	15.06	14.31	92.00
	6.62	6.29	92.00
OP-6188	7.30	6.93	92.00
	7.61	7.23	92.00
	11.84	11.25	92.00
OP-6328	12.79	12.15	95.00
	14.27	13.56	92.00
	24.65	23.42	92.00
RB-0006	23.57	22.39	92.00
	12.07	11.47	92.00
	12.96	12.32	92.00
RB-0008	13.54	12.86	92.00
	12.08	11.48	92.00
	10.75	10.21	92.00
		PROMEDIO (Tm/h)	92.00

Fuente: Datos de la investigación

3.15.4 Cálculo del costo por tonelada en el transporte subterráneo.

La determinación de la producción horaria real calculada en cada punto de extracción, permitirá encontrar el beneficio unitario por tonelada extraída a favor de la empresa prestadora de este servicio.

3.15.5 Tarifas unitarias para el transporte de mineral.

Las tarifas unitarias son el resultado de un estudio panorámico de las condiciones en la que se encuentra el proceso de acarreo desde interior mina hacia superficie, ya que de este dependerá básicamente el grado de rentabilidad y será necesario conocer de manera cuantitativa el precio unitario de acuerdo a la distancia en que se va a transportar el material para beneficio de la empresa encargada del realizar dicho trabajo.

A continuación, en el Cuadro se detalla los precios unitarios de acuerdo a las zonas de extracción y alquiler por trabajos auxiliares establecidos en el contrato con la compañía hace 2 años.

Tabla 49 Tarifa actual para el transporte de mineral

Tarifa actual para el transporte de mineral			
Descripción	RP	Tarifa unitaria	unidad
Rampa Angela NE - cancha o tolva de gruesos	9234	3.2	US\$/Tm
Rampa Angela SW - cancha o tolva de gruesos	8924	3.8	US\$/Tm
<i>fuelle: Datos de la investigación</i>			
Alquiler por hora			
Trabajos varios en interior mina	General	46.28	US\$/Tmh
Trabajos varios en superficie	General	37.59	US\$/Tmh

Fuelle: Datos de la investigación

3.15.6 Dimensionamiento de la flota óptima de unidades.

Se puede cuantificar mediante la siguiente expresión:

$$\text{Tamaño de flota óptima} = \frac{\text{N° de Volquetes}}{\% \text{ Disponibilidad}}$$

A su vez, el número de volquetes está determinado mediante la siguiente ecuación:

$$\text{N° de Volquetes} = \frac{\text{Producción Diaria Necesaria}}{\text{Producción Diaria por Unidad}}$$

La producción diaria necesaria, está establecida por el tonelaje producido por la Unidad Operativa de Inmaculada de acuerdo al Cuadro siguiente.

Tabla 50 Tonelaje programado por día

Tonelaje programado por día (Tm)	
Zona de extraction	Tm
Zona alta	740.00
Zona baja	390.00
Zona central	430.00
Suma total	1560.00

Fuente: Datos de la investigación

Cuantificado el tonelaje programado al día, será necesario determinar el tonelaje promedio ejecutado por un volquete en un día de trabajo, obteniéndose el siguiente resultado:

$$\begin{aligned} & \text{Producción diaria promedio por volquete} \\ & = \text{Promedio de la producción horaria de volquete} \\ & * \text{N° de horas} \end{aligned}$$

$$\text{Producción diaria promedio por volquete} = 10.16 * 22.12$$

$$\text{Producción diaria promedio por volquete} = 224.74 \text{ Tm}$$

Entonces:

$$N^{\circ} \text{ de Volquetes} = \frac{\text{Produccion Diaria Necesaria}}{\text{Produccion Diaria por Unidad}}$$

$$N^{\circ} \text{ de Volquetes} = \frac{1560}{224.74}$$

$$N^{\circ} \text{ de Volquetes} = 6.94 = 7$$

Generalmente, cualquier valor que tenga una parte decimal mayor a 0.3 se redondeará por exceso hasta completar otra unidad.

El porcentaje de disponibilidad está dado por:

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Hrs Mtto. Programado} - \text{Hrs Mtto. Ejecutado}}{\text{Hrs Mtto. Programado}}$$

A continuación, en el Cuadro se detalla el % de disponibilidad de los volquetes en los últimos tres meses:

Tabla 51 Disponibilidad de los volquetes en los últimos 03 meses

Disponibilidad volquetes	
Mes	% disponibilidad
Agosto	91.70
Setiembre	90.20
Octubre	87.00
Promedio	89.63

Fuente: Datos de la investigación

A partir de estos datos se pudo determinar el tamaño de flota óptima

$$\text{Tamaño de flota óptima} = \frac{7}{0.89}$$

$$\text{Tamaño de flota óptima} = 7.86 = \mathbf{8 \text{ volquetes}}$$

Se pudo concluir, entonces que la flota óptima para poder cumplir con los objetivos de la empresa será de 8 volquetes (7 volquetes en operación y 1 volquete en stand by).

Análisis de la facturación mensual con las tarifas propuestas.

3.15.7 Análisis de la facturación mensual con las tarifas propuestas.

Dentro del análisis y propuesta real detallada en el ítem anterior con respecto al cálculo de la producción ejecutada, requerida, y óptima a la que podemos llegar, y en la que proponemos nuevas tarifas, que repercutirán favorablemente en nuestro análisis COSTO – BENEFICIO será necesario realizar el análisis comparativo entre la producción generada en los últimos meses y la que se podrá alcanzar si este alcanza óptimos resultados.

3.15.7.1 Facturación lograda con las tarifas presentes.

A continuación, en el Cuadro se detalla la facturación lograda en los últimos meses de este año, tomando en cuenta el tonelaje ejecutado además de la tarifa actual considerando el mes correspondiente, zona de extracción de donde se extrajo el material.

Teniendo el tonelaje ejecutado mensualmente se puede considerar que el promedio de material a extraer será de 36.198,25 Tm entre mineral y desmonte.

Tabla 52 Valorización mensual de transporte

VALORIZACIÓN DEL TRANSPORTE MINERO CON VOLQUETES						
ZONA	Tarifa Unitaria Actual (US\$/Tm)	Valorización Mensual 2017 (US\$)			Total US\$	
		Agosto	Setiembre	Octubre		
		ALTA	3.10	42527.43		48796.83
BAJA	3.50	21981.60	27260.00	27724.87	76966.47	
INTERMEDIA	3.21	12568.77	16625.15	18062.68	47256.51	
TOTAL		77077.80	92681.98	111184.50	232147.36	

Fuente: Datos de la investigación

3.15.7.2 Facturación lograda con las tarifas calculadas.

Establecido los programas de producción mensual del presente año por el área de planeamiento, será necesario considerar la cantidad de tonelaje proyectado a extraer por cada zona de los próximos 2 meses, para que a partir de ahí se pueda establecer las valorizaciones proyectadas, considerando las tarifas propuestas en el presente estudio.

En las siguientes tablas se puede apreciar los tonelajes programados en comparación a los tonelajes ejecutados, así como los costos presupuestados y reales, respectivamente.

Tabla 53 Tonelaje programado vs tonelaje ejecutado

TONELAJE PROGRAMADO VS TONELAJE EJECUTADO						
ZONA	Tonelaje mensual programado (Tm)			Tonelaje mensual Ejecutado (Tm)		
	Agosto	Setiembre	Octubre	Agosto	Setiembre	Octubre
ALTA	16420.00	18520.00	23320.00	14664.63	16826.49	22550.6724
BAJA	8250.00	8750.00	9030.00	6427.37	7970.76	8106.68713
INTERMEDIA	6150.00	6350.00	6200.00	3927.74	5195.33	5644.5875
TOTAL	30820.00	33620.00	38550.00	25019.74	29992.58	36301.95

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 54 Costo programado vs costo real

Costo programado VS Costo real							
ZONA	Tarifa	Costo mensual programado			Costo mensual real (US\$/Tm)		
	Unitaria	(US\$/Tm)					
	Actual	Agosto	Setiembre	Octubre	Agosto	Setiembre	Octubre
	(US\$/Tm)						
ALTA	3.10	47618.00	53708.00	67628.00	42527.43	48796.83	65396.95
BAJA	4.21	28215.00	29925.00	30882.60	21981.60	27260.00	27724.87
INTERMEDIA	3.21	19680.00	20320.00	19840.00	12568.77	16625.05	18062.68
TOTAL		95513.00	103953.00	118350.60	77077.80	92681.88	111184.50

Fuente: Datos de la investigación

Capítulo IV

Resultados y discusión

4.1 Análisis e interpretación de resultados.

4.1.1 Análisis e interpretación N.º 01

En la tabla se muestra el cuadro de resumen en una semana según la base de datos y el seguimiento del volquete en los distintos turnos.

Tabla 55 Demoras operativas optimizados

Resumen de demoras operativas - volquetes						
DEMORAS OPERATIVAS	TURN O	Total General (min)	Contar Demoras Operativas	Promedio (min)	Total General (Hora)	Promedio (Hora)
Espera Orden para entrar a Bocamina	DIA	214.78	4	42.96	3.58	0.72
Espera para Descargar (pesado y destare)	DIA	9.00	1	3.25	0.15	0.05
Espera por Cola de Volque	DIA	82.00	5	20.50	1.37	0.34
Espera Salida de Volquete	DIA	6.38	2	3.19	0.11	0.05
Espera Trafico	DIA	68.00	4	17.00	1.13	0.28
Falta de Scoop	DIA	75.00	3	39.88	1.25	0.66
Medición de CO	NOCHE	0.00	1	13.03	0.00	0.22
		240.38	2.57	34.23	4.01	3.99

Fuente: Elaboración propia según datos de la investigación

Tabla 56 optimización de demoras operativas en ratio de 5 días

Optimización de demoras operativas - volquetes		Total General	Promedio
		(min)	(min)
Demoras operativas			
Demoras operativas encontradas	DIA	323.22	46.43
Demoras operativas gestionadas	DIA	240.38	34.23
Optimización de demoras operativas			12.20

Fuente: Elaboración propia según datos de la investigación.

En la tabla anterior se muestra el cuadro de resumen en una semana según la base de datos y el seguimiento del volquete los cuales se tiene un promedio de 12.20 minutos en los distintos turnos.

Tabla 57 Tiempos de demora (Tb)

Tiempos de demora (Tb)			
Promedio de Tiempos	(horas)	(min)	(segundos)
Pesado en balanza	0.03	1.82	109.20
Destare en balanza	0.02	1.43	85.80
Total	0.05	3.25	195.00

Fuente: Elaboración propia según datos de la investigación

De acuerdo al análisis realizado, se tiene los siguientes datos para calcular el ciclo total de acarreo que tardara el volquete DCR construcción y minera SAC en extraer mineral

- Tiempo de acarreo (Ta) : 26.20
- Tiempo de retorno (Tr) : 23.20
- Tiempo de giro (Tg) : 0.20
- Tiempo de carga (Tc) : 1.26
- Tiempo de descarga (Td) : 2.43
- Tiempo de demora (Tb) : 3.25

Entonces los tiempos variables suman lo siguiente:

$$\mathbf{Tiempos\ Variables = Ta\ (con\ carga) + Tr\ (sin\ carga)}$$

$$\text{Tiempos variables} = 26.20 + 23.20$$

$$\text{Tiempos variables} = 49.4$$

Tiempos fijos son calculados de la siguiente manera:

$$\mathbf{Tiempos\ fijos = Tg + Tc + Td + Tb}$$

$$\text{Tiempos fijos} = 0.20 + 1.26 + 2.44 + 3.25$$

$$\text{Tiempos fijos} = 131.81$$

Por lo tanto, el ciclo total de transporte para el OP resultará:

$$\mathbf{Ciclo\ total\ de\ transporte = (Tiempos\ variables + Tiempos\ fijos) * \%Eff}$$

$$\text{Ciclo Total de transporte OP} = (49.2 + 131.81) * 0.86$$

$$\text{Ciclo Total de transporte OP} = 154.47 \text{ minutos} = (2.40 \text{ horas})$$

En conclusión, el volquete tardará 2.40 horas en realizar un ciclo completo de trabajo desde la zona ALTA.

4.1.2 Análisis e interpretación N.º 02

La producción diaria necesaria, está establecida por el tonelaje producido por la Unidad Operativa de Inmaculada de acuerdo al Cuadro siguiente.

Tabla 58 Tonelaje programado por día

Tonelaje programado por día (Tm)	
Zona de extraction	Tm
ZONA ALTA	740.00
ZONA BAJA	390.00
ZONA CENTRAL	430.00
SUMA TOTAL	1560.00

Fuente: Datos de la investigación

Cuantificado el tonelaje programado al día, será necesario determinar el tonelaje promedio ejecutado por un volquete en un día de trabajo, obteniéndose el siguiente resultado:

$$\text{Produc. diaria prom. volquete} = \text{Prom. produc. horaria de volquete} * \text{N}^\circ \text{ de horas}$$

$$\text{Producción diaria promedio por volquete} = 10.16 * 22.12$$

$$\text{Producción diaria promedio por volquete} = 224.74 \text{ TM}$$

Entonces:

$$\text{N}^\circ \text{ de Volquetes} = \frac{\text{Produccion Diaria Necesaria}}{\text{Produccion Diaria por Unidad}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Volquetes} = \frac{1560}{224.74}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Volquetes} = 6.94 = 7$$

Generalmente, cualquier valor que tenga una parte decimal mayor a 0.3 se redondeará por exceso hasta completar otra unidad.

El porcentaje de disponibilidad está dado por:

A continuación, en el Cuadro se detalla el % de disponibilidad de los volquetes en los últimos tres meses:

Tabla 59 Disponibilidad de los volquetes en los últimos 03 meses

Disponibilidad volquetes	
Mes	% disponibilidad
Agosto	91.70
Setiembre	90.20
Octubre	87.00
Promedio	89.63

Fuente: Datos de la investigación

A partir de estos datos se pudo determinar el tamaño de flota óptima

Tamaño de flota optima= $7/0.89$

Tamaño de flota optima= $7.86=8$ volquetes

Se pudo concluir, entonces que la flota óptima para poder cumplir con los objetivos de la empresa será de 8 volquetes (7 volquetes en operación y 1 volquete en stand by).

Según la base de datos y seguimiento diario del sistema de transporte de minerales se consideró 10 volquetes, de los cuales se pudo dimensionar la flota de volquetes para cumplir con los objetivos de la empresa con 8 volquetes para el mismo.

4.2 Resultados económicos

De acuerdo a los Cuadros, se observa que en la zona ALTA el incremento en la valorización es de US\$ 175103 (35 %), siendo la zona de mayor tiempo de carguío; en la BAJA alcanzo un incremento de US\$ 120142.515 (38 %) y en la INTERMEDIA el incremento fue de US\$ 69491.72 (22%).

El incremento general fue de US\$ 126300.10 que representa un 14.60 % con respecto a la facturación actual. Como promedio estimado para un año, en favor de la empresa contratista en el sistema de transporte.

Además, realizando una comparación mensual el incremento serio de 1.78 % (US\$126300.10 para 2 meses)

Se redujo la flota de volquetes de un total de 10 volquetes a un total de 08 volquetes según el dimensionamiento de equipos.

V. Conclusiones.

- a. Se identifico las demoras operativas más considerables en el sistema de transporte de mineral, como se menciona de la siguiente manera: espera orden para entrar a bocamina, espera para descargar (pesado y destare), espera por cola de volque, espera salida de volquete, espera tráfico, falta de scoop, medición de CO, de los cuales de un tiempo de 3.5 Hrs. se llegó a minimizar a un tiempo real de 2.60 Hrs. según el seguimiento de equipos y estandarizando algunas actividades de producción y productividad en el sistema de transporte de minerales en la Unidad Operativa Inmaculada.
- b. La producción diaria necesaria, está establecida por el tonelaje producido, Se pudo concluir, entonces que la flota óptima para poder cumplir con los objetivos de la empresa será de 8 volquetes (7 volquetes en operación y 1 volquete en stand by). Teniendo en cuenta que se realizó el seguimiento a 10 volquetes en operación del sistema de transporte de minerales en la Unidad Operativa Inmaculada.

VI. Recomendaciones.

- a) Para aumentar la velocidad de los volquetes de transporte de mineral y por cuestiones de seguridad, se recomienda realizar un mantenimiento periódico de las vías principales de transporte en interior mina y así seguir disminuyendo las demoras operativas en el sistema de transporte de minerales en la Unidad Operativa Inmaculada.

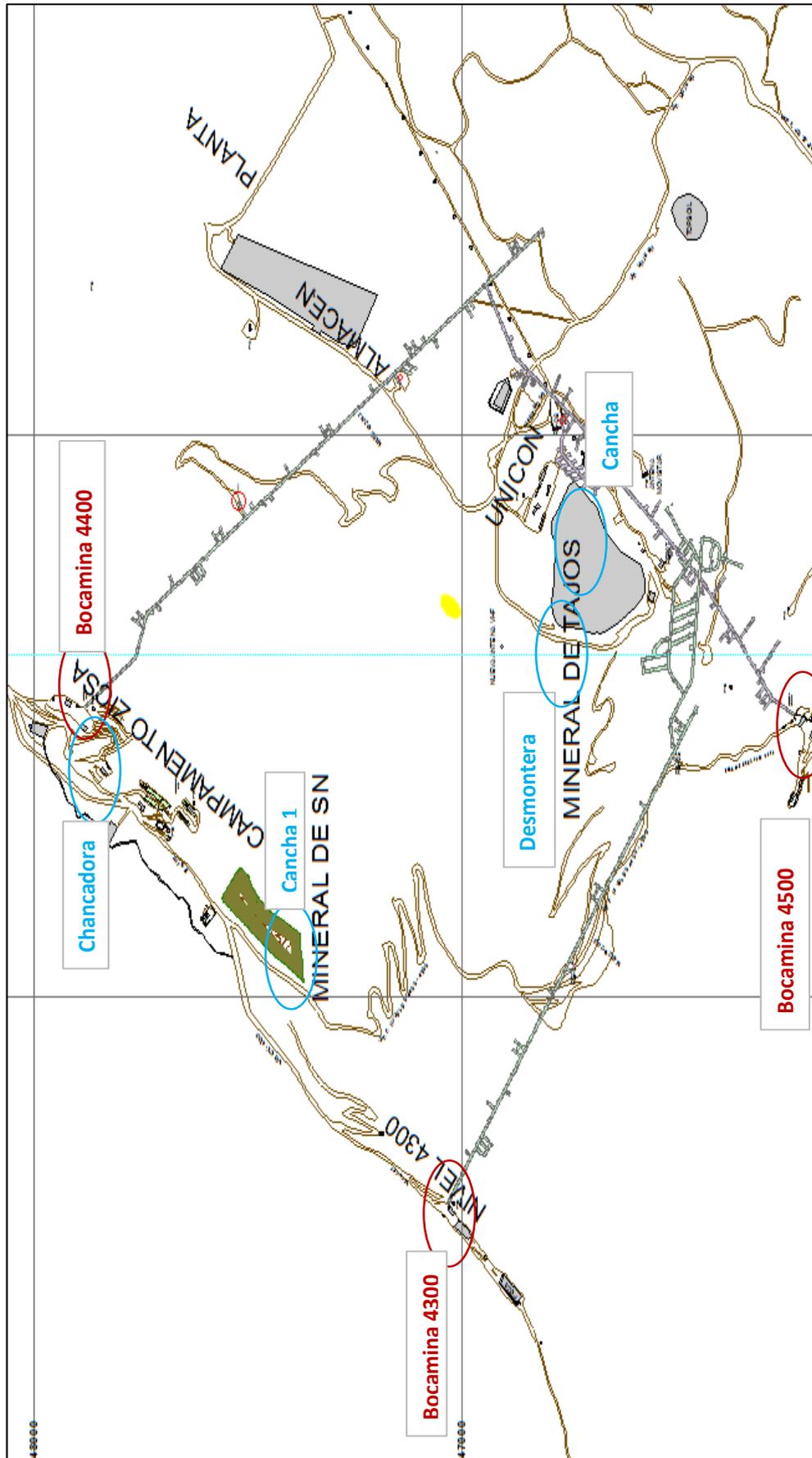
- b) El cálculo correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación T_m /hora para el costo de operaciones mina, además que el exceso o la falta de camiones incurre directamente en los costos unitarios

VII. Referencias.

- Araníbar Loayza J. (2015) Criterios en la selección de equipos. 1ra edición.
- Camala Jilapa H. (2014) “Optimización del sistema de transporte en la unidad minera Tacaza – CIEMSA” (tesis) Perú.
- Chircca G. (2010) “Control de las actividades de carguío y acarreo en minería superficial” (tesis UNI) Perú
- Domínguez Gonzales, J. O. (2001) “Optimización del carguío y acarreo por zublin chile caso minera Yanacocha”, (tesis) Perú.
- Huamán Silvestre R. A. (2015) “Optimización de flota de camiones aplicando programación dinámica - mina Cori-Huarmi” (tesis UNI) Perú.
- Kraemer C., Zanchez V. Ingeniería de carreteras año 2014. Edit. McGraw Hill
- Marambio Pizarro G. A. (2010) “Efecto del diseño minero en la velocidad de los equipos de transporte” Chile.
- Manuel A. V. (2010) “Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera” (tesis PUC) Perú.
- Maxera Bedon, C. O. (2005) “Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo de Mineral” (tesis) Perú.
- Meza Castro J. E. (2011) “Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera” (tesis PUC) Perú distrito de la Capilla, provincia de Sánchez Cerro.
- RIVEROS MENDOZA J. H. (2016) “Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata 2016” (tesis UNA) Perú.

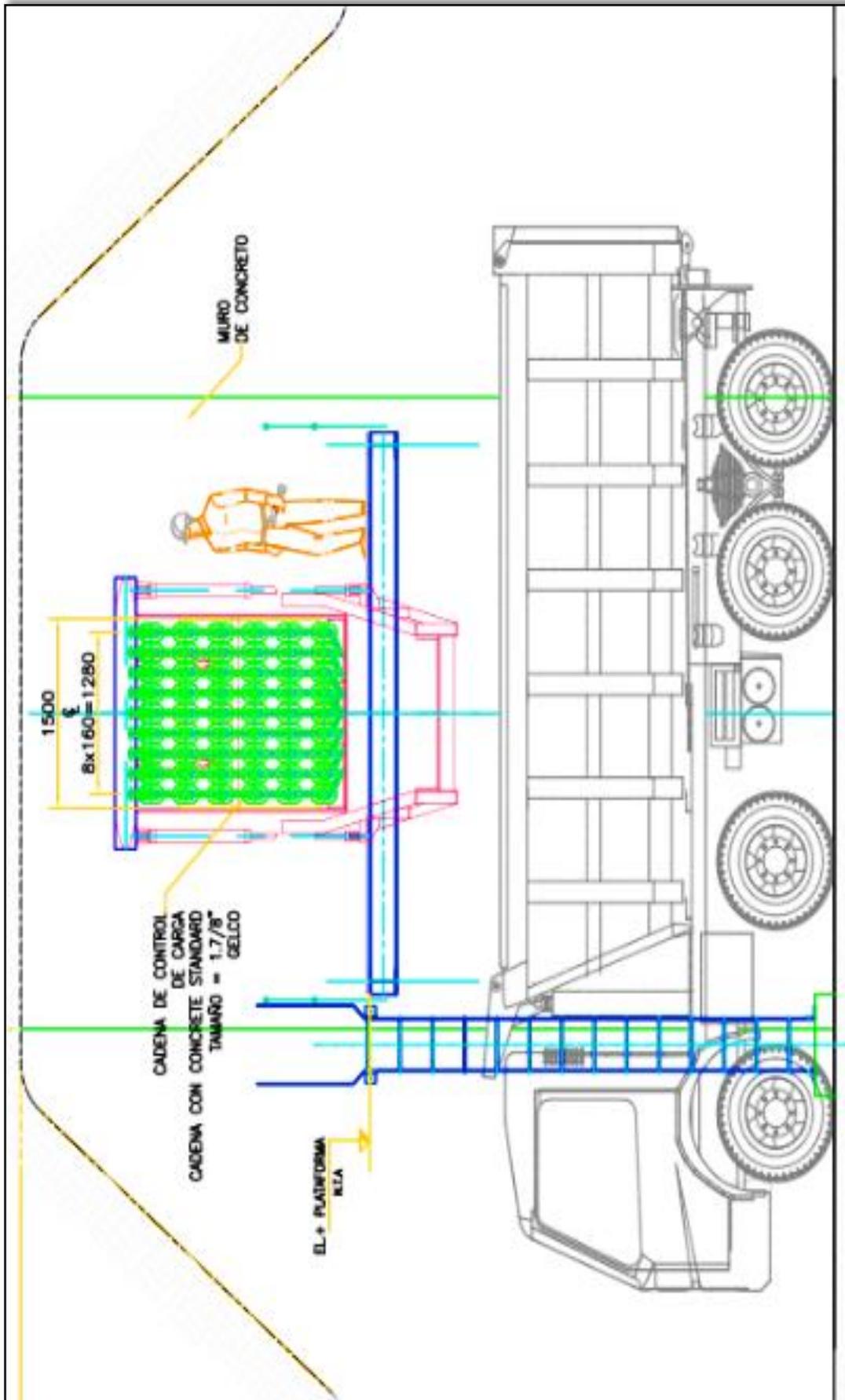
Anexos

Gráfico 13 planimetría de rutas para el sistema de transporte de minerales



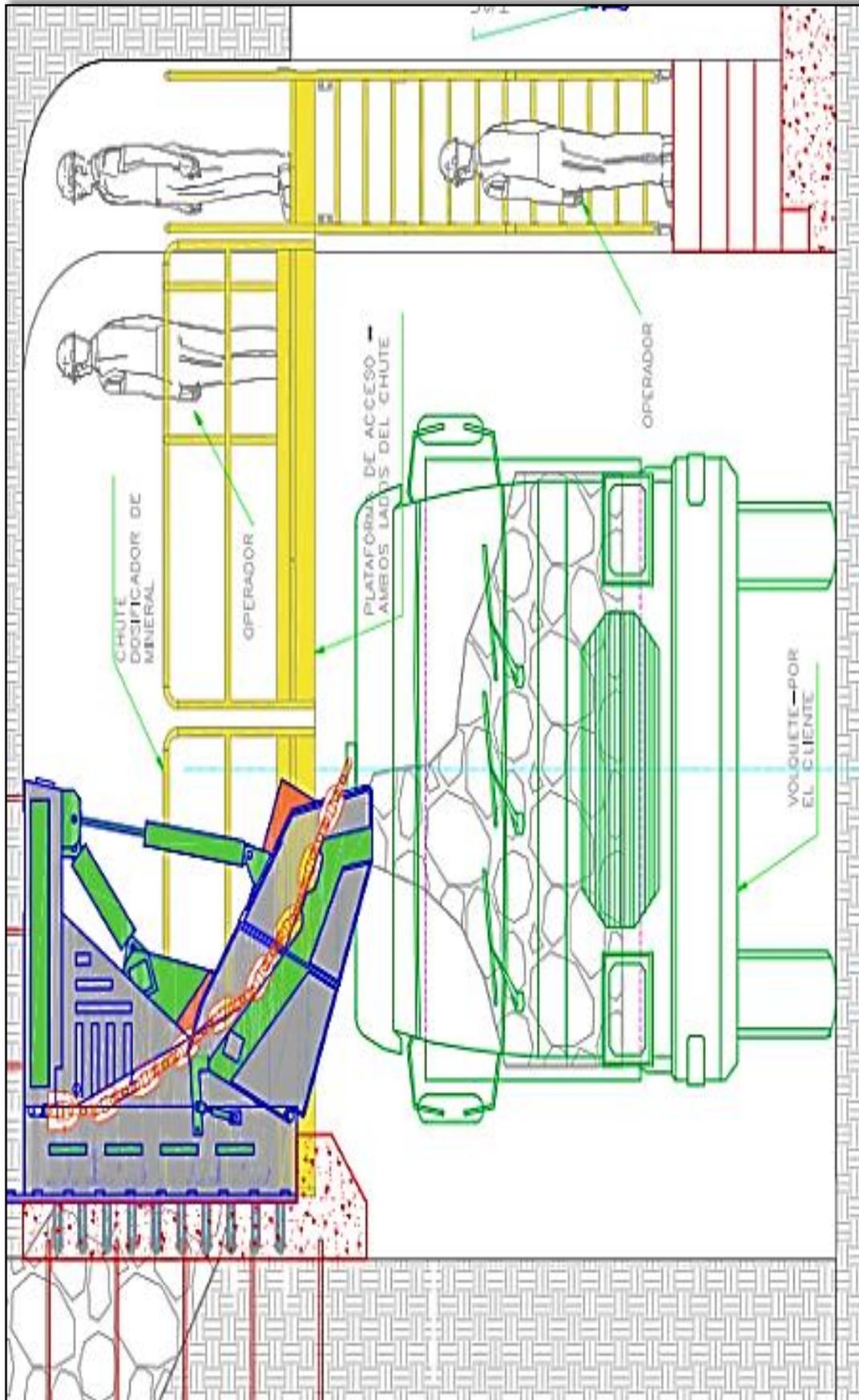
Fuente: U.O. Inmaculada- Planeamiento.

Gráfico 14 Dimensiones y detalles de Ore Pass para el carguío de minerales



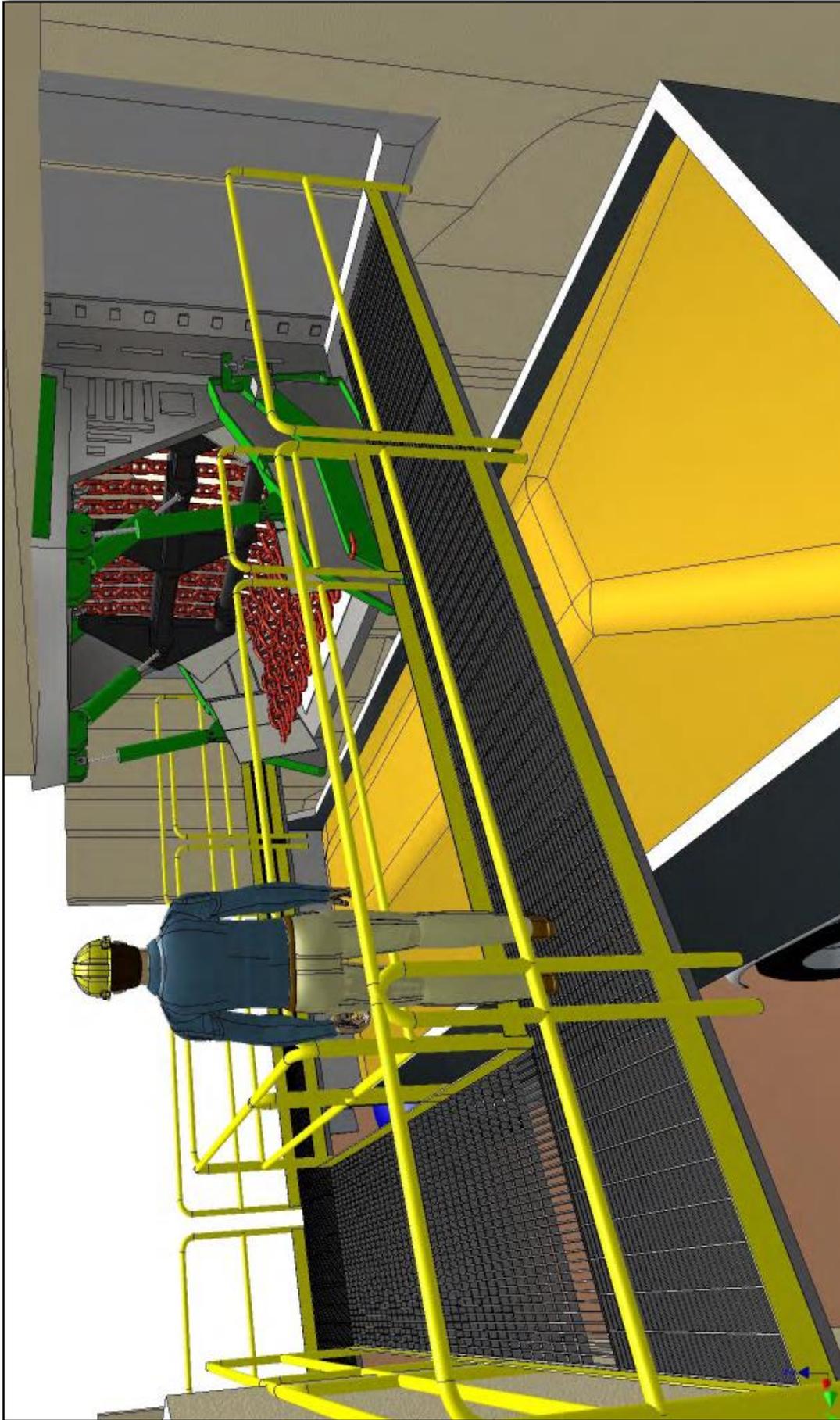
Fuente: U.O. Inmaculada- Planeamiento.

Gráfico 15 Dimensiones y detalles de Ore Pass para el carguo de minerales



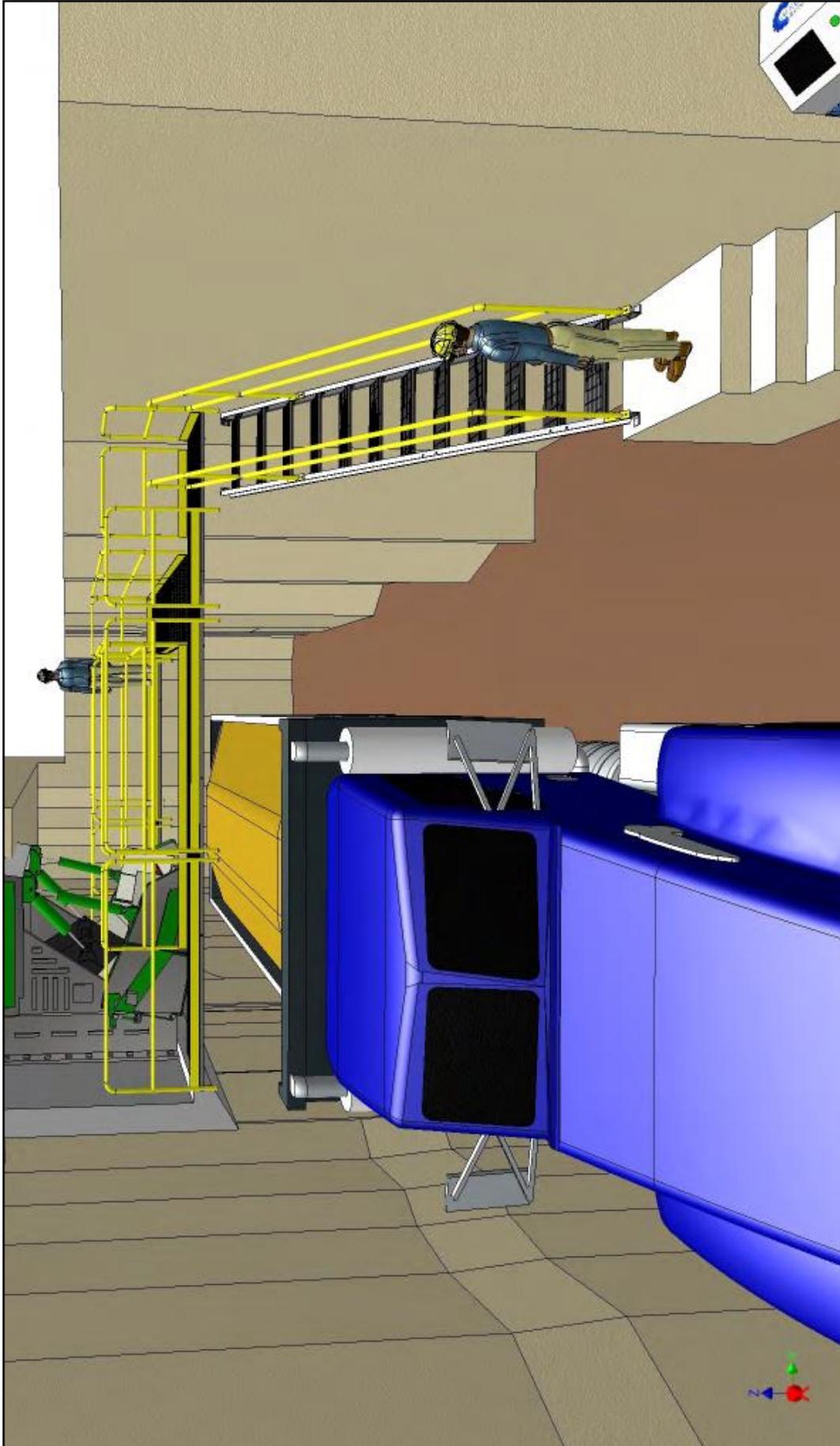
Fuente: U.O. Inmaculada- Planeamiento.

Gráfico 16 Dimensiones y detalles de Ore Pass para el carguío de minerales



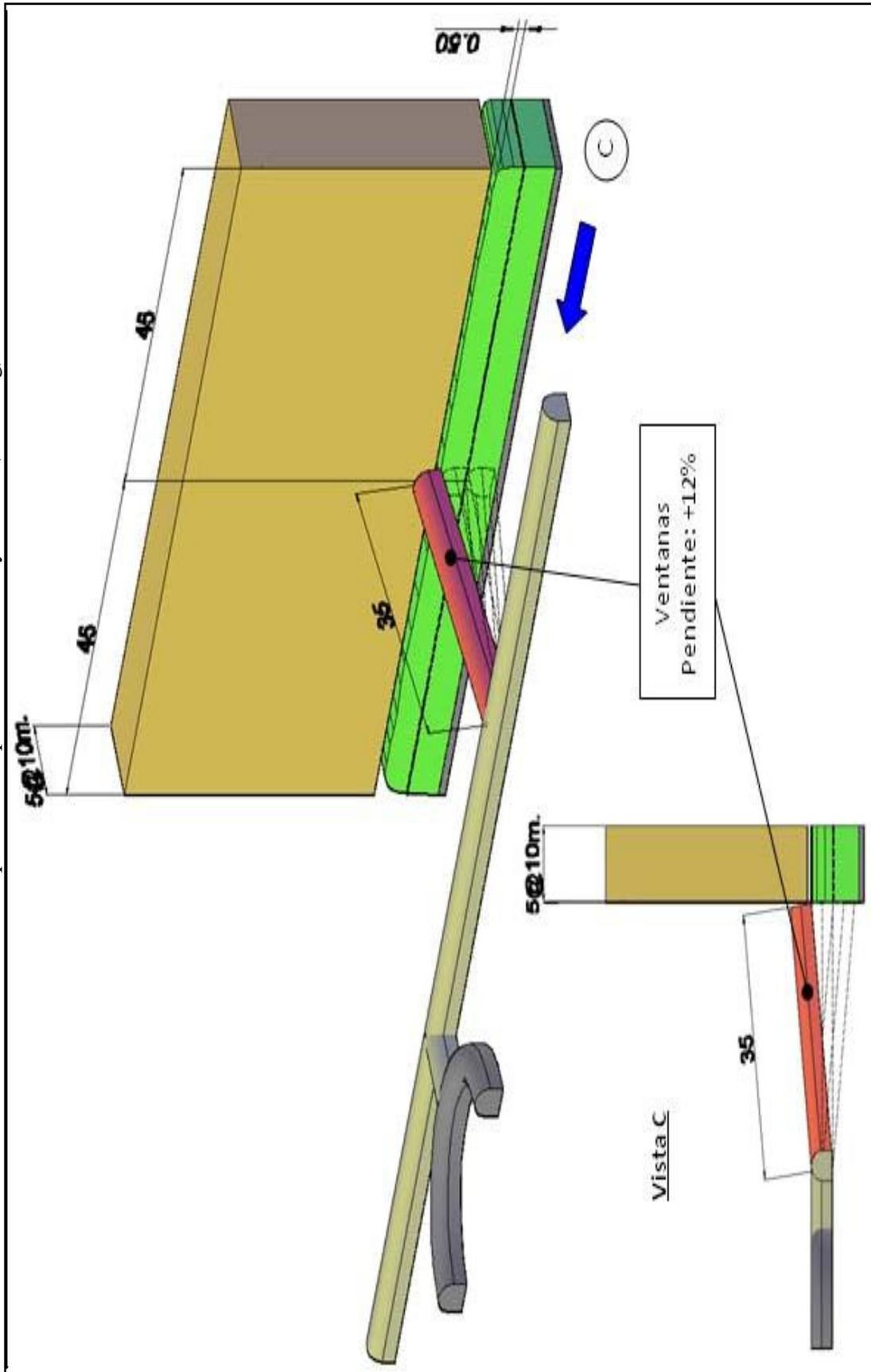
Fuente: U.O. Immaculada- Planeamiento.

Gráfico 17 Dimensiones y detalles de Ore Pass para el carguío de minerales



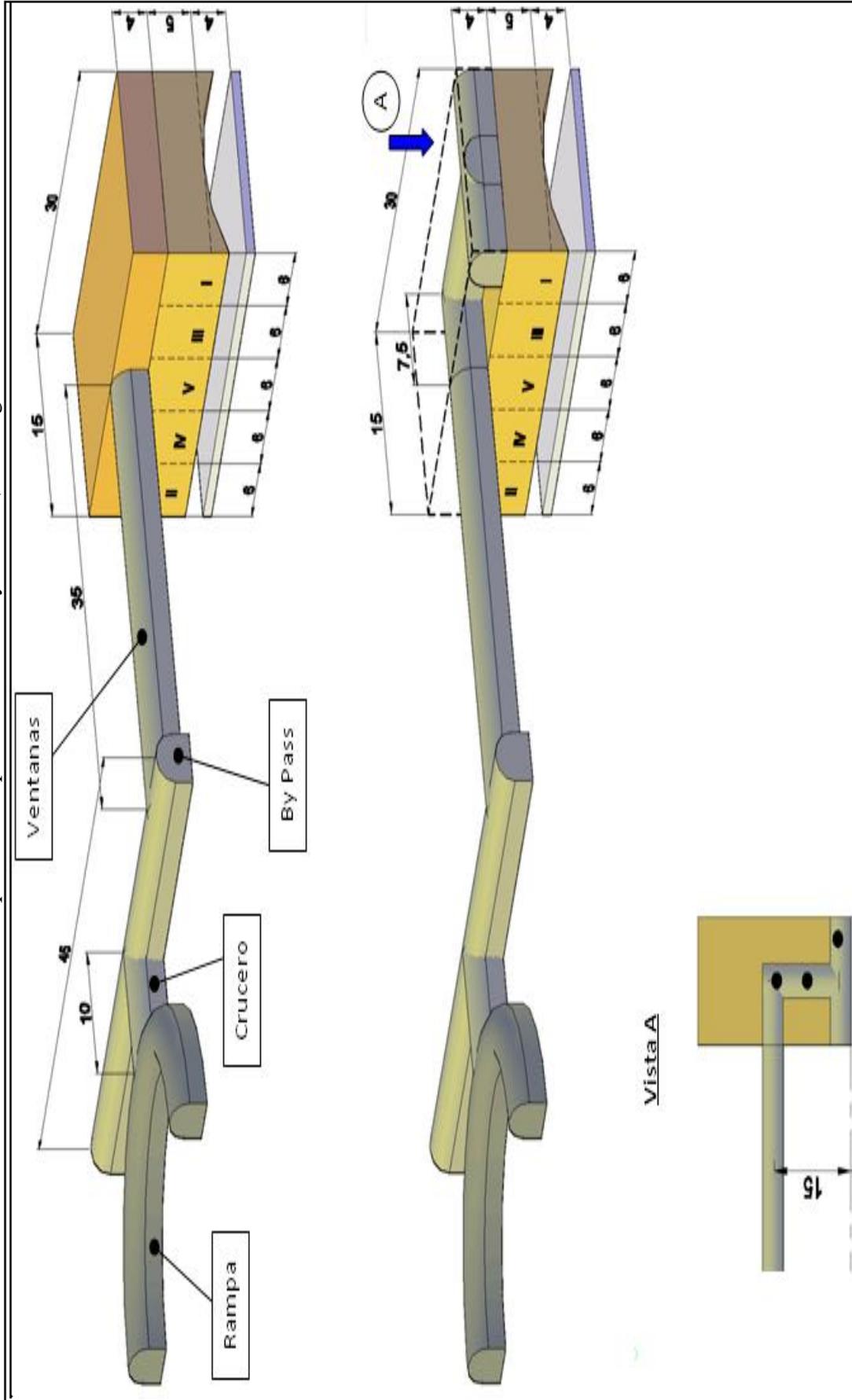
Fuente: U.O. Inmaculada- Planeamiento.

Gráfico 18 Esquema de explotación de corte y relleno (breasting)



Fuente: U.O. Immaculada- Planeamiento.

Gráfico 19 Esquema de explotación de corte y relleno (breasting



Fuente: U.O. Immaculada- Plancamiento.

Tabla 60 Tiempo total de acarreo de volquete cargado

Tiempo total de acarreo de volquete cargado desde el punto de carguío hasta descarga

Volquete cargado	Distancia Total (Km)		Velocidad (Km/h)		Tiempo de acarreo (hrs)		Tiempo de acarreo
	Superficie	Interior Mina	Superficie	Interior Mina	Superficie	Interior Mina	Horas
ALTA	5.20	1.80	15.65	10.50	0.33	0.17	0.50
	5.20	1.90	15.65	10.50	0.33	0.18	0.51
	5.20	1.85	15.65	10.50	0.33	0.18	0.51
	5.20	2.00	15.65	10.50	0.33	0.19	0.52
	5.20	1.80	15.65	10.50	0.33	0.17	0.50
	5.20	2.10	15.65	10.50	0.33	0.20	0.53
	5.20	2.15	15.65	10.50	0.33	0.20	0.54
	5.20	2.10	15.65	10.50	0.33	0.20	0.53
	5.20	2.10	15.65	10.50	0.33	0.20	0.53
	5.20	2.10	15.65	10.50	0.33	0.20	0.53
BAJA	3.50	2.00	15.65	10.50	0.22	0.19	0.41
	3.50	1.80	15.65	10.50	0.22	0.17	0.40
	3.50	1.90	15.65	10.50	0.22	0.18	0.40
	3.50	2.00	15.65	10.50	0.22	0.19	0.41
	3.50	2.00	15.65	10.50	0.22	0.19	0.41
INTERMEDIA	1.50	2.16	15.65	10.50	0.10	0.21	0.30
	1.50	2.15	15.65	10.50	0.10	0.20	0.30
	1.50	2.13	15.65	10.50	0.10	0.20	0.30
	1.50	2.16	15.65	10.50	0.10	0.21	0.30
	1.50	1.70	15.65	10.50	0.10	0.16	0.26
	1.50	1.70	15.65	10.50	0.10	0.16	0.26
	1.50	1.70	15.65	10.50	0.10	0.16	0.26
1.50	1.75	15.65	10.50	0.10	0.17	0.26	

Fuente: U.O. Inmaculada- base de datos área productividad

Tabla 61 Tiempo total de retorno de volquete vacío

Tiempo total de retorno de volquete vacío desde el punto de descarga hasta carguío

Volquete vacío	Distancia Total (Km)		Velocidad (Km/h)		Tiempo de retorno (Hrs)		Tiempo de retorno
	Superficie	Interior Mina	Superficie	Interior Mina	Superficie	Interior Mina	
cancha mineral	5.20	1.80	18.75	11.30	0.28	0.16	0.44
	5.20	1.90	18.75	11.30	0.28	0.17	0.45
	5.20	1.85	18.75	11.30	0.28	0.16	0.44
	5.20	2.00	18.75	11.30	0.28	0.18	0.45
	5.20	1.80	18.75	11.30	0.28	0.16	0.44
	5.20	2.10	18.75	11.30	0.28	0.19	0.46
	5.20	2.15	18.75	11.30	0.28	0.19	0.47
	3.50	1.80	18.75	11.30	0.19	0.16	0.35
	3.50	1.90	18.75	11.30	0.19	0.17	0.35
	3.50	2.00	18.75	11.30	0.19	0.18	0.36
	3.50	2.00	18.75	11.30	0.19	0.18	0.36
	3.50	1.50	18.75	11.30	0.19	0.13	0.32
	3.50	1.50	18.75	11.30	0.19	0.13	0.32
	3.50	1.60	18.75	11.30	0.19	0.14	0.33
	3.50	1.60	18.75	11.30	0.19	0.14	0.33
	cancha mineral	1.50	2.16	18.75	11.30	0.08	0.19
1.50		2.15	18.75	11.30	0.08	0.19	0.27
1.50		2.13	18.75	11.30	0.08	0.19	0.27
1.50		2.16	18.75	11.30	0.08	0.19	0.27
1.50		1.70	18.75	11.30	0.08	0.15	0.23
1.50		1.70	18.75	11.30	0.08	0.15	0.23
	1.50	1.70	18.75	11.30	0.08	0.15	0.23
	1.50	1.75	18.75	11.30	0.08	0.15	0.23

Fuente: U.O. Inmaculada- base de datos área productividad

Tabla 62 Tiempo de giro y posicionamiento

Tiempo de giro y posicionamiento al ingresar al carguío				
ZONA	Distancia (Km)	Velocidad (km/h)	Tiempo de giro y posicionamiento.	
			Horas	Minutos
OP-8924	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
OP-9234	0.02	3.00	0.007	0.40
	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
OP-6188	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
OP-6328	0.02	3.00	0.007	0.40
	0.01	3.00	0.003	0.20
RB-0006	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
RB-0008	0.02	3.00	0.007	0.40
	0.01	3.00	0.003	0.20
OP-9234	0.02	3.00	0.007	0.40
	0.01	3.00	0.003	0.20
OP-6188	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
OP-6328	0.02	3.00	0.007	0.40
	0.01	3.00	0.003	0.20
RB-0006	0.01	3.00	0.003	0.20
	0.01	3.00	0.003	0.20
RB-0008	0.02	3.00	0.007	0.40
	0.01	3.00	0.003	0.20

Fuente: U.O. Inmaculada- base de datos área productividad

Tabla 63 tiempo de acarreo con volquete

Tiempo de acarreo con volquete cargado desde cada estación de carguío (+12%)				
NIVEL DE CARGUÍO	Volquete cargado			Tiempo de acarreo
	Estación de carguío	distancia (Km)	velocidad (km/ h)	Horas
4420	OP-8924	5.45	10.00	0.55
4375	OP-9234	6.30	9.00	0.70
4345	OP-6188	7.00	10.00	0.70
4400	OP-6328	5.70	9.00	0.63
4300	RB-0006	8.00	9.50	0.84
4450	RB-0008	4.50	12.00	0.38
TIEMPO TOTAL				3.80

Fuente: U.O. Inmaculada- base de datos área productividad

Tabla 64 Tiempo de retorno volquete vacío

Tiempo de retorno volquete vacío de bacamina a cada estación de carguío (-12%)				
NIVEL DE CARGUÍO	Volquete cargado		Tiempo de acarreo	
	distancia (Km)	velocidad (km/ h)	Horas	Minutos
4400	2.15	11.50	0.19	11:13
4400	1.70	12.50	0.14	08:10
4500	1.85	11.50	0.16	09:39
4500	2.10	14.00	0.15	09:00
4300	2.00	13.00	0.15	09:14
4300	1.55	12.00	0.13	07:45
TIEMPO TOTAL			0.92	55:01

Fuente: U.O. Inmaculada- base de datos área productividad

Tabla 65 Base de datos de los diferentes niveles

ORIGEN	LABOR- BOCAMINA	BOCAMINA- LABOR	BOCAMINA- CANCHA	CANCHA- BOCAMINA
NV 4300 Rp 7180 - RB8	1860	2550	100	1650
NV 4400 Rp 8741 - 3	1390	1390	3602.5	3602.5
NV 4300 Rp 7180 - RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4400 Rp 8741 - 4	1650	1650	3602.5	3602.5
NV 4315 Rp 9234 - 6	1431	2350	100	1650
NV 4315 Rp 9234 - 6	1431	2350	100	1650
NV 4300 Rp 7180 - RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4300 Rp 7180 - RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4300 Rp 7180 RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4315 Rp 9234 6	1431	2350	100	1650
NV 4300 Rp 7180 RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4300 Rp 7180 RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4300 Rp 7180 RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4300 Rp 7180 RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4300 Rp 7180 RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4300 Rp 7180 RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4300 Rp 7180 RB8	1860	2550	7112.5	6980
NV 4330 Rp 8741 4	2050	1400	7112.5	6980
NV 4400 Rp 9234 - 3	1390	1390	3585	3585
NV 4400 Rp 9234 - 3	1390	1390	3585	3585
NV 4400 Rp 9234 - 3	1390	1390	3585	3585
NV 4315 Rp 9234 - 6	1431	2350	7112.5	6980
NV 4315 Rp 9234 - 6	1431	2350	7112.5	6980

Fuente: U.O. Inmaculada- base de datos área productividad

Tabla 66 Distancias para el transporte de mineral

DISTANCIA	MINERAL					
	T. Carga y Descarga		Interior Mina		Superficie	
	carga (min.)	descarga (min)	T. Carga (min.)	T. sin carga (min.)	T. Carga (min.)	T. sin carga (min.)
6000.00	4.65	1.10	42.10	35.59	19.99	15.76
5500.00	4.65	1.10	38.59	32.63	18.33	14.45
5000.00	4.65	1.10	35.08	29.66	16.66	13.13
4500.00	4.65	1.10	31.57	26.69	15.00	11.82
4000.00	4.65	1.10	28.07	23.73	13.33	10.51
3500.00	4.65	1.10	24.56	20.76	11.66	9.19
3000.00	4.65	1.10	21.05	17.80	10.00	7.88
2900.00	4.65	1.10	20.35	17.20	9.66	7.62
2800.00	4.65	1.10	19.65	16.61	9.33	7.35
2700.00	4.65	1.10	18.94	16.02	9.00	7.09
2600.00	4.65	1.10	18.24	15.42	8.66	6.83
2500.00	4.65	1.10	17.54	14.83	8.33	6.57
2400.00	4.65	1.10	16.84	14.24	8.00	6.30
2300.00	4.65	1.10	16.14	13.64	7.66	6.04
2200.00	4.65	1.10	15.44	13.05	7.33	5.78
2100.00	4.65	1.10	14.73	12.46	7.00	5.52
2000.00	4.65	1.10	14.03	11.86	6.66	5.25
1900.00	4.65	1.10	13.33	11.27	6.33	4.99
1800.00	4.65	1.10	12.63	10.68	6.00	4.73
1700.00	4.65	1.10	11.93	10.08	5.67	4.47
1600.00	4.65	1.10	11.23	9.49	5.33	4.20
1500.00	4.65	1.10	10.52	8.90	5.00	3.94
1400.00	4.65	1.10	9.82	8.30	4.67	3.68
1300.00	4.65	1.10	9.12	7.71	4.33	3.41
1200.00	4.65	1.10	8.42	7.12	4.00	3.15
1100.00	4.65	1.10	7.72	6.53	3.67	2.89
1000.00	4.65	1.10	7.02	5.93	3.33	2.63

Fuente: U.O. Inmaculada- base de datos área productividad