

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Optimización de la productividad del sistema de gestión
de transporte de mineral y desmonte en zona sur y zona
norte en la Unidad Minera Huarón, Pan American Silver
Perú S.A.C.**

Jheremy Fredy Esteban Barzola
Jorge Daniel Huaroc Osorio

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Gracias a nuestros padres por el apoyo incondicional e incommensurable que nos brindaron desde el principio, porque creyeron en nosotros para poder culminar esta investigación; así mismo, agradecer a nuestro asesor, el ingeniero Javier Córdova Blancas, que sin su guía, observaciones y recomendaciones este proyecto no habría salido adelante.

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a nuestras familias quienes fueron nuestro apoyo y sustento a lo largo de todos estos años de nuestra carrera universitaria. Quienes depositaron su entera confianza en cada obstáculo que se nos presentaba sin dudar ni un solo momento de nuestras capacidades es por ello que somos lo que somos ahora.

ÍNDICE

Asesor	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Índice.....	v
Lista de Tablas.....	viii
Lista de Figuras.....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
Introducción.....	xiii
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema.....	14
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	14
1.1.2. Formulación del Problema	15
1.1.2.1. Problema General.....	15
1.1.2.2. Problemas Específicos	15
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo General.....	15
1.2.2. Objetivos Específicos.....	16
1.3. Justificación.....	16
1.3.1. Justificación Práctica	16
1.3.2. Justificación Académica.....	16
1.3.3. Justificación Económica.....	17
1.4. Hipótesis de la Investigación.....	17
1.4.1. Hipótesis General	17
1.4.2. Hipótesis Específicas.....	17
1.5. Identificación de Variables.....	18
1.5.1. Variables Independientes	18
1.5.2. Variable Dependiente	18
1.5.3. Operacionalización de Variables.....	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20

2.1. Antecedentes del Problema	20
2.1.1. Antecedentes Nacionales	20
2.1.2. Antecedente Internacional	21
2.2. Generalidades de la Unidad Minera Huarón	22
2.2.1. Ubicación	22
2.2.2. Accesibilidad	22
2.2.3. Historia.....	22
2.2.4. Geología	23
2.2.4.1. Geología Regional	23
2.2.4.2. Geología Estructural	25
2.2.4.3. Tipo de Depósito	27
2.2.5. Minería.....	28
2.2.5.1. Generalidades	28
2.2.5.2. Método de Explotación de la Mina.....	28
2.2.5.3. Características del Yacimiento	29
2.2.5.4. Parámetros para el Método de Explotación.....	29
2.2.6. Ciclo de Minado	29
2.2.6.1. Perforación	29
2.2.6.2. Voladura	31
2.2.6.3. Sostenimiento.....	31
2.2.6.4. Limpieza, Transporte y Acarreo.....	32
2.2.6.5. Método de Minado (Avoca).....	33
2.2.7. Sistema de Transporte en Minería Subterránea	33
2.2.8. Sistema de Transporte con Volquetes	35
2.2.8.1. Factores que Afectan el Rendimiento del Equipo	35
2.2.8.2. Restricciones en la Operación del Equipo	36
2.2.8.3. Condiciones del Lugar de Operaciones.....	36
2.2.9. Transporte Minero en la Unidad Huarón.....	36
2.3. Bases Teóricas.....	39
2.4. Definición de Términos Básicos	40
CAPÍTULO III.....	43
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.1. Métodos y Alcance de la Investigación	43

3.1.1. Método de la Investigación	43
3.1.2. Alcances de la Investigación.....	43
3.2. Diseño de la Investigación.....	43
3.2.1. Tipo de Investigación	43
3.2.2. Nivel de Investigación	44
3.3. Población y Muestra	44
3.3.1. Población	44
3.3.2. Muestra.....	44
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	44
3.4.1. Técnicas Utilizadas en la Recolección de Datos.....	44
3.4.2. Instrumentos Utilizados en la Recolección de Datos	44
3.5. Técnica de Tratamiento de Datos	45
CAPÍTULO IV.....	46
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	46
4.1. Equipos de Acarreo y Transporte.....	46
4.1.1. Capacidad del Volquete	47
4.1.2. Costos de Insumos y Materiales de los Volquetes.....	49
4.1.3. Costos Unitarios de Operación	49
4.1.4. Capacidad del <i>Scoop</i>	57
4.1.5. Relación de Carga <i>Scoop</i> - Volquete.....	58
4.1.6. Tiempo de carguío <i>Scoop</i> - volquete	59
4.1.7. Cálculo de Tiempos de Demora	61
4.1.8. Análisis de Tiempos Improductivos.....	72
4.1.9. Variación de tiempos aplicando la herramienta de gestión (SIC)	79
4.1.10. Relación disponibilidad mecánica – utilización	80
4.2. Análisis de Resultado Económico	86
4.2.1. Resultado Económico zona Norte.....	86
4.2.2. Resultado Económico Zona Sur	92
Conclusiones.....	97
Recomendaciones.....	99
Referencias	100
Anexos	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variable independiente 1.....	18
Tabla 2. Variable independiente 2.....	18
Tabla 3. Variable independiente 3.....	18
Tabla 4. Variable dependiente	18
Tabla 5. Operacionalización de variables.....	19
Tabla 6. Rutas de accesibilidad hacia Huarón	22
Tabla 7. Parámetros operacionales	37
Tabla 8. Dimensiones de la tolva de VQ Actros 3344K	48
Tabla 9. Costo de insumo y materiales	49
Tabla 10. Estructura de precios unitarios	50
Tabla 11. Estructura de precios unitarios - costos de propiedad y operación.....	51
Tabla 12. Estructura de precios unitarios por transporte de mineral y desmonte	52
Tabla 13. Estructura de precios unitarios por distancias	53
Tabla 14. Factor de esponjamiento por tipo de material roto.....	58
Tabla 15. Factor de llenado del Scoop.....	58
Tabla 16. Tiempo promedio de carguío - zona Norte	60
Tabla 17. Tiempo promedio de carguío - zona Sur	61
Tabla 18. Demoras en tiempo de carguío CM-231.....	62
Tabla 19. Demoras en tiempo de carguío CM-232.....	63
Tabla 20. Demoras en tiempo de carguío CM-825.....	64
Tabla 21. Demoras en tiempo de carguío CM-857.....	65
Tabla 22. Demoras en tiempo de carguío CM-978.....	66
Tabla 23. Demoras en tiempo de carguío CM-871.....	67
Tabla 24. Demoras en tiempo de carguío CM-922.....	68
Tabla 25. Demoras en tiempo de carguío CM-932.....	69
Tabla 26. Demoras en tiempo de carguío CM-948.....	70
Tabla 27. Demoras en tiempo de carguío CM-943-2.....	71
Tabla 28. Tiempos improductivos - zona Norte	72
Tabla 29. Tiempos improductivos - implementado el SIC	74
Tabla 30. Tiempos improductivos - zona Sur	76
Tabla 31. Tiempos improductivos zona Sur - implementando el SIC	78
Tabla 32. Resultados Aplicando SIC - Zona Norte.....	79
Tabla 33. Resultados aplicando SIC - zona Sur.....	80
Tabla 34. Performance de equipos	81
Tabla 35. Performance de equipos - optimizando tiempos improductivos	83

Tabla 36. Resumen de variación de KPI de volquetes.....	85
Tabla 37. Resultado económico de transporte de mineral zona Norte sin aplicar la herramienta de gestión SIC	87
Tabla 38. Resultado económico de transporte de desmonte zona Norte sin aplicar la herramienta de gestión SIC	88
Tabla 39. Resultado económico de transporte de mineral zona Norte aplicando la herramienta de gestión SIC	89
Tabla 40. Resultado Económico de transporte de Desmonte Zona Norte aplicando la Herramienta de Gestión SIC	90
Tabla 41. Resumen del resultado económico zona Norte	90
Tabla 42. Resultado económico de transporte de mineral zona Sur sin aplicar la herramienta de gestión SIC	92
Tabla 43. Resultado económico de transporte de desmonte zona Sur sin aplicar la herramienta de gestión SIC	93
Tabla 44. Resultado económico de transporte de mineral zona Sur aplicando la herramienta de gestión SIC	94
Tabla 45. Resultado económico de transporte de desmonte zona Sur aplicando la herramienta de gestión SIC	95
Tabla 46. Resumen del resultado económico zona Sur	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema estratigráfico de la unidad minera Huarón.....	25
Figura 2. Esquema del anticlinal de Huarón.....	26
Figura 3. Equipo de perforación de frente - jumbo	30
Figura 4. Perforación horizontal con jumbo	30
Figura 5. Perforación vertical en negativo con raptor	31
Figura 6. Sostenimiento con bolter.....	32
Figura 7. Limpieza de tajos con scoop con telemando.....	33
Figura 8. Carguío de volquete con scoop de 4Yd3	35
Figura 9. Volquete Mercedes Benz saliendo de la bocamina Unión	35
Figura 10. Flota de volquetes Mercedes Benz Actros 3344K.....	37
Figura 11. Sección típica de labores	38
Figura 12. Representación gráfica de la productividad y el estudio de tiempos.....	39
Figura 13. Dimensiones vista frontal y posterior del volquete Actros 3344K... ..	47
Figura 14. Dimensiones vista de perfil del volquete Actros 3344K.....	47
Figura 15. Pesos y capacidades del VQ Actros 3344K	48
Figura 16. Scoop CAT R1300G.....	57
Figura 17. Diagrama de Pareto - zona Norte.....	73
Figura 18. Diagrama de Pareto zona Norte – implementando el SIC.....	75
Figura 19. Diagrama de Pareto - zona Sur.....	77
Figura 20. Diagrama de Pareto zona Sur – implementando el SIC.....	79
Figura 21. KPI de equipos	82
Figura 22. KPI de equipos - optimizando tiempos improductivos	84
Figura 23. Resumen de variación de KPI	85
Figura 24. Resumen del resultado económico zona Norte.....	91
Figura 25. Resumen del resultado económico zona Sur	96

RESUMEN

La tesis titulada: “Optimización de la productividad del Sistema de gestión de transporte de mineral y desmante en zona Sur y zona Norte en la unidad minera Huarón, *Pan American Silver Perú S. A. C.*” Cuyo objetivo fue: Implementar una herramienta de gestión que permita controlar y minimizar los tiempos improductivos para el transporte de mineral y desmante en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*, la metodología de la investigación es el método de observación y experimental, este método está orientado a observar e investigar a fondo los parámetros de control de tiempos y criterios para ver los resultados técnico-económicos. Y el método específico fue procedimiento de la recolección y procesamiento de datos donde se determina cuáles son los puntos críticos donde se evidencia la mayor cantidad de tiempos improductivos y qué se plantea para que estos tiempos sean más aprovechables. El planteamiento de problema es: ¿Cómo se puede optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmante, implementando una herramienta de gestión para minimizar los tiempos improductivos en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, Pan American Silver Perú S. A. C.?, y de esta forma optimizar los tiempos operacionales y las formas de disminuir los tiempos improductivos mediante la óptima distribución de flota de volquetes para obtener mayores ganancias en cada valorización, siendo beneficioso para ambas partes de en la unidad minera Huarón.

Para el desarrollo de la investigación se ha recurrido a la base de datos de la flota de volquetes y de la misma forma a bibliografía respecto al tema. Gran parte de esta investigación se basó en el análisis de las operaciones del campo y con el asesoramiento de especialistas en el tema.

Palabras clave: Optimización de la productividad, sistema de gestión, controlar, minimizar, tiempo improductivo.

ABSTRACT

The thesis entitled: "Optimization of the productivity of the mineral transport and waste management system in the South and North zones in the Huarón mining unit, Pan American Silver Perú S. A. C." Whose objective was: To implement a management tool that allows controlling and minimizing unproductive times for the transportation of mineral and waste in the South and North zones in the Huarón mining unit, of Pan American Silver Peru SAC, the research methodology is Observational and experimental method, this method is aimed at observing and thoroughly investigating the time control parameters and criteria to see the technical-economic results. And the specific method was the data collection and processing procedure where it is determined which are the critical points where the greatest amount of unproductive times is evident and what is proposed so that these times are more profitable. The problem statement is: How can the productivity of the mineral transport and waste management system be increased in the South and North zones in the Huarón mining unit, Pan American Silver Peru SAC?, and in this way optimize operational times and ways to reduce unproductive times through the optimal distribution of the dump truck fleet to obtain higher profits in each valuation, being beneficial for both parties in the Huarón mining unit.

For the development of the research, the database of the dump truck fleet has been used, as well as the bibliography on the subject. Much of this research was based on the analysis of field operations and the advice of specialists in the field.

Keywords: Productivity optimization, management system, control, minimize, downtime.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación denominada “Optimización de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en zona Sur y zona Norte en la unidad minera Huarón, *Pan American Silver Perú S. A. C.*” cuyo problema planteado es: ¿Cómo se puede incrementar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en la zona Sur y zona Norte en la unidad minera Huarón, *Pan American Silver Perú S. A. C.*?, de la misma forma el objetivo general fue: Implementar una herramienta de gestión que permita controlar y minimizar los tiempos improductivos para el transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*, la hipótesis es: La aplicación de una herramienta de gestión para controlar y minimizar los tiempos improductivos influye positivamente en el incremento de producción del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*

La investigación se realiza por los problemas constantes que se presentan en la unidad minera Huarón debido al control de los tiempos operativos. Por lo que se consideró dentro la investigación lo siguiente: Capítulo I, está compuesta por el planteamiento del problema, la identificación de los objetivos y las respectivas justificaciones desarrolladas en la investigación; Capítulo II, se desarrolla el marco teórico (los métodos de explotación y antecedentes de los estudios) para tener mayor producción y optimización en el ciclo de minado. En el Capítulo III se tiene la metodología, el método de investigación, el tipo, el nivel y el diseño de investigación, además, de la población y muestra para el desarrollo del presente. El capítulo IV, da a conocer los tiempos improductivos y los tiempos de carguío en cada cámara.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad el transporte minero subterráneo tanto de mineral como desmonte se viene realizando por empresas especializadas, por lo que este influye directamente en las tarifas unitarias para el titular minero y por ende para la empresa especializada que prestará el servicio, por lo que el punto más álgido es llegar a coincidir en un punto y términos que sean beneficiosos tanto para el titular minero como para la empresa especializada, es entonces cuando se omite no valorizar los tiempos improductivos generados durante las operaciones y los cuales representan un mayor porcentaje de los tiempos operativos para la empresa especializada, afectando así a la rentabilidad de esta, porque no se ve contemplado el cobro de los tiempos improductivos generados durante la operación, ya que este se ve reflejado en la rentabilidad generada mes a mes. Por lo que la medida propuesta que se plantea para la investigación es la optimización de la productividad del Sistema de Gestión de Transporte, mediante el cual se busca disminuir los tiempos improductivos (tiempos de espera de equipo, espera de carga, traslado en vacío, etc.) y mejorar la máxima productividad por cada equipo para así obtener mejores resultados.

Por tanto, el control que se efectúe en los ciclos de transporte de mineral y/o desmonte de los volquetes será de vital importancia para mejorar la

rentabilidad de la empresa. Por ello, se debe hacer el seguimiento periódico para conocer y verificar el rendimiento de todos los equipos y conocer cuáles son las principales demoras en el ciclo de transporte, y así evitar la aglomeración de volquetes en los puntos de carguío para mejorar la productividad en el transporte de mineral y desmorte.

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1. Problema General

¿Cómo se puede optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmorte, implementando una herramienta de gestión para minimizar los tiempos improductivos en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, *Pan American Silver Perú S. A. C.*?

1.1.2.2. Problemas Específicos

1. ¿Cómo controlar y reducir los tiempos improductivos para poder incrementar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmorte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*?
2. ¿Cómo incrementar la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes para optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmorte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*?
3. ¿Cómo se ve afectada la productividad con respecto a la utilización de la flota de volquetes en el sistema de gestión de transporte de mineral y desmorte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Implementar una herramienta de gestión que permita optimizar los tiempos improductivos para el incremento de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmorte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Determinar la influencia del control y reducción de los tiempos improductivos para el incremento de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmante en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*
2. Incrementar la frecuencia de mantenimientos preventivos a la flota de volquetes para incrementar la disponibilidad mecánica y con ello optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmante en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*
3. Incrementar la utilización de la flota de volquetes para poder optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmante en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Práctica

La presente investigación se realiza porque se tiene la necesidad de disminuir los tiempos improductivos e incrementar la productividad en el sistema de transporte de mineral y desmante en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.* implementando una herramienta de gestión que permita determinar y controlar los puntos más críticos de tiempos improductivos que se generan en el transporte de mineral y desmante.

1.3.2. Justificación Académica

La presente investigación busca identificar los puntos críticos de los tiempos improductivos en el sistema de gestión de transporte de mineral y desmante, el cual permitirá aplicar los conocimientos adquiridos en los equipos

de transporte minero, estadística e inferencia para poder brindar una solución al problema en mención.

1.3.3. Justificación Económica

Esta investigación pretende determinar y minimizar los tiempos improductivos en el sistema de transporte de mineral y desmonte, implementando una herramienta de gestión que permita controlar los tiempos improductivos para que se puedan realizar más viajes, haciendo que la producción se incremente y se vea reflejada en términos económicos, generando una mayor rentabilidad para la empresa especializada.

1.4. Hipótesis de la Investigación

1.4.1. Hipótesis General

La aplicación de una herramienta de gestión que permita optimizar los tiempos improductivos influye en el incremento de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*

1.4.2. Hipótesis Específicas

1. El control y reducción de los tiempos improductivos influye de manera directa en el incremento de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en la zona Sur y zona Norte en la unidad minera Huarón, *Pan American Silver Perú S. A. C.*
2. Incrementando la frecuencia de mantenimientos preventivos la disponibilidad de la flota de volquetes se desarrolla y con ello se optimiza la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*
3. Incrementando la utilización de la flota de volquetes se logra desarrollar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de *Pan American Silver Perú S. A. C.*

1.5. Identificación de Variables

1.5.1. Variables Independientes

Para esta investigación las variables estímulos que se han optado para investigar fueron las siguientes:

- Tiempos improductivos
- Disponibilidad
- Utilización

Tabla 1. Variable independiente 1

Variable independiente	Tiempo Improductivo	
Dimensiones	Indicadores	Actividad de investigación
Tiempo	Tiempo donde no hay producción	Minutos

Tabla 2. Variable independiente 2

Variable independiente	Disponibilidad	
Dimensiones	Indicadores	Actividad de investigación
Porcentaje	Porcentaje del tiempo real que el equipo puede operar	%

Tabla 3. Variable independiente 3

Variable independiente	Utilización	
Dimensiones	Indicadores	Actividad de investigación
Porcentaje	Porcentaje del tiempo mecánicamente disponible en que el equipo está operando y realizando su función principal	%

1.5.2. Variable Dependiente

Para esta investigación la variable que dependerá de la variable estímulo antes mencionada será:

Tabla 4. Variable dependiente

Variable dependiente	Productividad	
Dimensiones	Indicadores	Actividad de investigación
Tonelaje	Tonelaje extraído	Data en Excel

1.5.3. Operacionalización de Variables

Tabla 5. Operacionalización de variables

Problema General	¿Cómo se puede optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte, implementando una herramienta de gestión para minimizar los tiempos improductivos en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, Pan American Silver Perú S. A. C.?	
Variables	Independientes	Dependiente
Dimensionamiento	Tiempo improductivo / Disponibilidad / Utilización	Productividad
Definición conceptual	<ul style="list-style-type: none"> - Es aquel tiempo en el cual el equipo no realiza un trabajo eficaz. - Es el porcentaje del tiempo real donde el equipo puede operar durante un determinado tiempo. - Porcentaje del tiempo mecánicamente disponible donde el equipo se encuentre operando y realizando su función principal 	Es el crecimiento de la producción
Definición operacional	Variable que afectan directa e indirectamente a la capacidad de productividad.	Variable que expresa en cuanto se ve reducida la producción por la influencia de las variables independientes. Esta es medida en tonelaje y por ende en el sistema monetario.
Hipótesis General	La aplicación de una herramienta de gestión que permite optimizar los tiempos improductivos influye en el incremento de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón, de Pan American Silver Perú S. A. C.	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes Nacionales

- En la tesis de pregrado titulada **“Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero-subterráneo en la unidad minera Arcata 2016”**. (1) Quien tiene como objetivo: Precisar la productividad máxima horaria de los volquetes para el transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata 2016. Además, que los factores que influyen en la productividad son el tiempo de eficiencia relacionado al equipo y el tipo de material a transportar.

- En la tesis de pregrado titulada **“Estudio del sistema de acarreo del interior de mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E. E. NCA Servicios mina Morococha”**. (2) El investigador tiene como objetivo: Proponer y evaluar el plan de la optimización de flota de acarreo en mina subterránea, para que su aplicación sea de forma sencilla y práctica, reduciendo la dispersión de tiempos e incrementando la productividad mediante el análisis de KPI, para lograr obtener mejor beneficio o ratio de costo US\$/tm-km. Así mismo concluye que el tiempo de carguío tiende a ser alto, superando los 10 minutos, debido a que los traslados de material hacia el punto de carguío se hacen de labores alejadas.

- En la tesis de pregrado titulada **“Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en la minera Shahuindo S. A. C.”** (3) El investigador tiene como objetivo: Sustentar y presentar una metodología para la disminución de tiempos improductivos mediante la mejora continua de la productividad en los procesos de carguío y acarreo y con ello lograr el incremento del porcentaje de utilización de los equipos. Así mismo, se logró el incremento en la producción mensual de mineral comparando lo propuesto con lo ejecutado, donde el porcentaje de utilización y productividad de los equipos es controlada por los KPI operativos, así mismo se menciona que esta información se recolectó de los reportes diarios llenados en campo por los operadores.
- En la tesis de pregrado titulada **“Optimización del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad en Cía. minera Ares – U. O. Inmaculada”**. (4) El cual tiene como objetivo: Identificar las demoras operativas más importantes y la flota de volquetes para el incremento de la productividad en el sistema de transporte de minerales. Además, se identificaron las demoras operativas más considerables en el sistema de transporte de mineral, como se menciona a continuación: espera orden para entrar a bocamina, espera para descargar (pesado y destare), espera por cola de volquetes, espera salida de volquete, espera tráfico, falta de *Scoop*, medición de CO, de los cuales de un tiempo de 3.5 horas se llegó a minimizar a un tiempo real de 2.60 horas según el seguimiento de equipos y estandarizando algunas actividades de producción y productividad en el sistema de transporte de minerales.

2.1.2. Antecedente Internacional

En la tesis de pregrado titulada **“Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina propuesta para mejorar su eficiencia”**. (5) El cual tiene como objetivo general: Identificar las deficiencias en el sistema de acarreo, así como los aspectos que los ocasionan y hacer propuestas de mejora,

conjuntamente realizar un análisis de los tiempos de acarreo y encontrar las razones de los tiempos muertos. Llegando a concluir que el tiempo de espera a los equipos LHD son demasiados, además que se determinó que los tiempos auxiliares consumen el 30% del horario laboral reduciendo así las horas de trabajo, además de mantener una disponibilidad mecánica que supere el 85% para mejorar la producción.

2.2. Generalidades de la Unidad Minera Huarón

2.2.1. Ubicación

La unidad minera Huarón se encuentra ubicada en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco abarcando un área aproximado de 15 km², el cual pertenece al flanco oriental de la cordillera occidental en la vertiente de los Andes, zona central del país, a unos 4534 m s. n. m., ubicado geográficamente en las siguientes coordenadas; longitud 76° 25' 30" Oeste y latitud 11° 00' 45" Sur, además esta zona presenta un clima característico de la puna siendo frígido y seco con vegetación de ichu.

2.2.2. Accesibilidad

Cuenta con tres principales accesos los cuales son:

Tabla 6. Rutas de accesibilidad hacia Huarón

Ruta desde Lima	km	Tiempo	Tipo de carretera
Lima - La Oroya - Cerro de Pasco - Huarón	324	8 h	Asfaltado hasta el distrito de Huayllay y afirmada hasta Huarón
Lima – Huaral - Huarón	217	6 h	Asfaltado hasta Arcos y afirmada hasta Huarón
Lima – Canta - Huarón	219	5 h	Asfaltado solo en el tramo Lima-Santa Rosa de Quives y afirmada hasta Huarón

Tomada de Google Maps

2.2.3. Historia

La compañía minera Huarón S. A. es quien opera la unidad minera Huarón en donde anteriormente operaba la empresa francesa “Pañarroya” quienes ejercieron actividad desde 1912 hasta 1987, año en el cual fue adquirido por Mauricio Hochschild & CIA. Ltda. S. A. C. con fecha 6 de marzo de 2000, quienes desde la fecha fueron los principales accionistas de la compañía minera Huarón S. A., es para esta misma fecha que se suscribe una transferencia de acciones y

derechos por Mauricio Hochschild & CIA. Ltda. S. A. C., Cementos Pacasmayo S. A. A. y Minera Arcata S. A. en la compañía minera Huarón a favor de *Pan American Silver Corp.* quien es desde entonces la empresa de capitales canadienses el mayor accionista para la explotación de la unidad minera Huarón.

2.2.4. Geología

2.2.4.1. Geología Regional

La mina Huarón presenta un relieve moderadamente accidentado en una superficie que tiene rasgos de erosión glacial, además de ello presenta una estratigrafía secuencial que está constituida tanto por rocas sedimentarias como volcánicas, cuyas edades varían desde el triásico hasta el cuaternario, cuenta con una estructura plegada desarrollando así un sinclinal y un anticlinal, por ende, estos ejes tienen una orientación que es paralela a la dirección general de la cordillera de los Andes, además de presentar rocas de tipo sedimentaria-intrusiva con composición ácida.

A. Estratigrafía

✓ Mesozoico

• Formación Casapalca

Cuenta con un afloramiento discordante por encima del geoanticlinal del Marañón, con un promedio de más de 1000 m de potencia, teniendo así una litología compuesta por lutitas, limonitas y areniscas de color rojo oscuro, presenta además conglomerados con clastos de caliza, intrusivos, areniscas rojas y esquistos subangulares quienes se encuentran orientados hacia la base, en dirección al oeste predominan las calizas blanquecinas con una intercalación de conglomerados rojizos.

✓ Mesozoico Cretáceo Superior

• Grupo Calipuy

Presenta un afloramiento que es discordante encima de la formación Casapalca, estos depósitos fueron posterior al periodo de erosión, eje plegamiento y levantamiento, los cuales alteraron a la formación Casapalca, por esto mismo, consiste en rocas ignimbritas, lavas, piroclastos, basaltos, dacitas y

riolitas. En la mina Huarón no se encuentra bien definida la columna del grupo Calipuy.

- **Formación Huayllay**

Posterior a la última fase tectónica andina surgió una actividad volcánica con ignimbritas que fueron los que cubrieron las superficies de erosión influenciada bajo la forma de efusiones lávicas andesíticas que se encontraban intercaladas con piroclastos.

- ✓ **Intrusivos**

Entre la cordillera oriental y occidental se ha logrado reconocer intrusivos menores de, 4 km² de tamaño, presenta características hipabisal el cual está relacionado a yacimientos hidrotermales los cuales están distribuidos irregularmente y denominados *stocks* de alto nivel. Son porfiríticos con fenocristales de plagioclasas (de 1 a 2 cm) además que la existencia de cuarzo es muy común. También, en algunas áreas la presencia de biotita y horblenda es común. En la zona de Huarón se evidencia un afloramiento de un *stock* alargado de monzonita, el cual está localizado en la formación Casapalca y en los volcánicos de Calipuy de afloramiento de forma tabular con direcciones NS y EW. La potencia varía hasta 300 m, además las ya mencionadas orientaciones predominantes se observan también en el interior de mina.

ESQUEMA ESTRATIGRAFICO DE HUARON

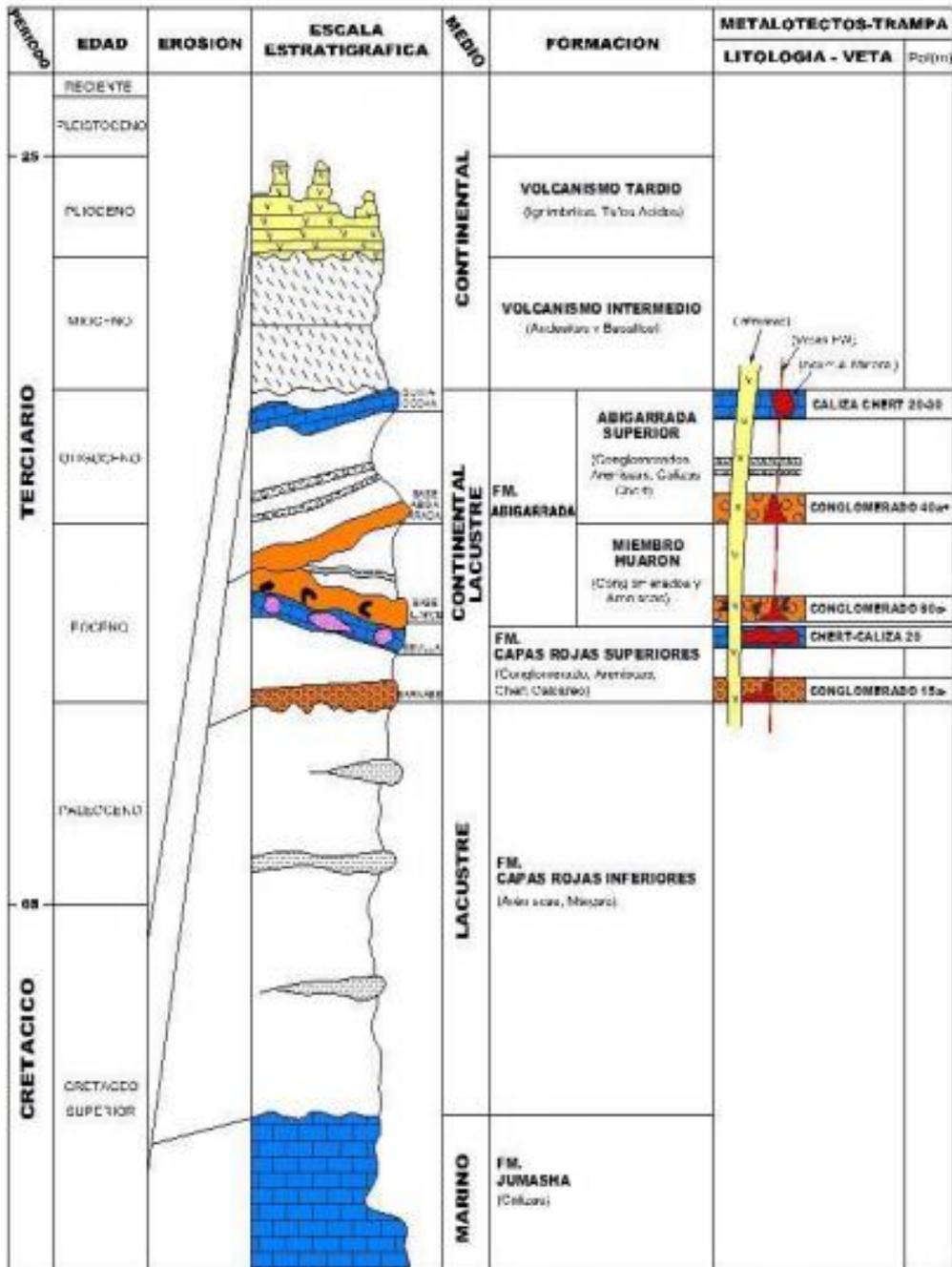


Figura 1. Esquema estratigráfico de la unidad minera Huarón
Tomada del Departamento de Geología - unidad minera Huarón

2.2.4.2. Geología Estructural

A. Plegamiento

Las secuencias del paleógeno depositados en el miogeosinclinal han sido deformadas por la fase Incaica, siguiendo así sus estructuras con direcciones NO-SE (tendencia andina), por lo tanto, el levantamiento del macizo del bloque

miogeosinclinal sucedió en una superficie de erosión regional, es por esto que dicho levantamiento de erosión tuvo una coincidencia con el emplazamiento de los últimos eventos magmáticos en el batolito. En la zona de Huarón, estas dos fases antes mencionadas, se logra observar la secuencia de la formación Casapalca plegada, formando así un anticlinal y, la secuencia del grupo Calipuy, forma un anticlinal abierto. (Figura 2)

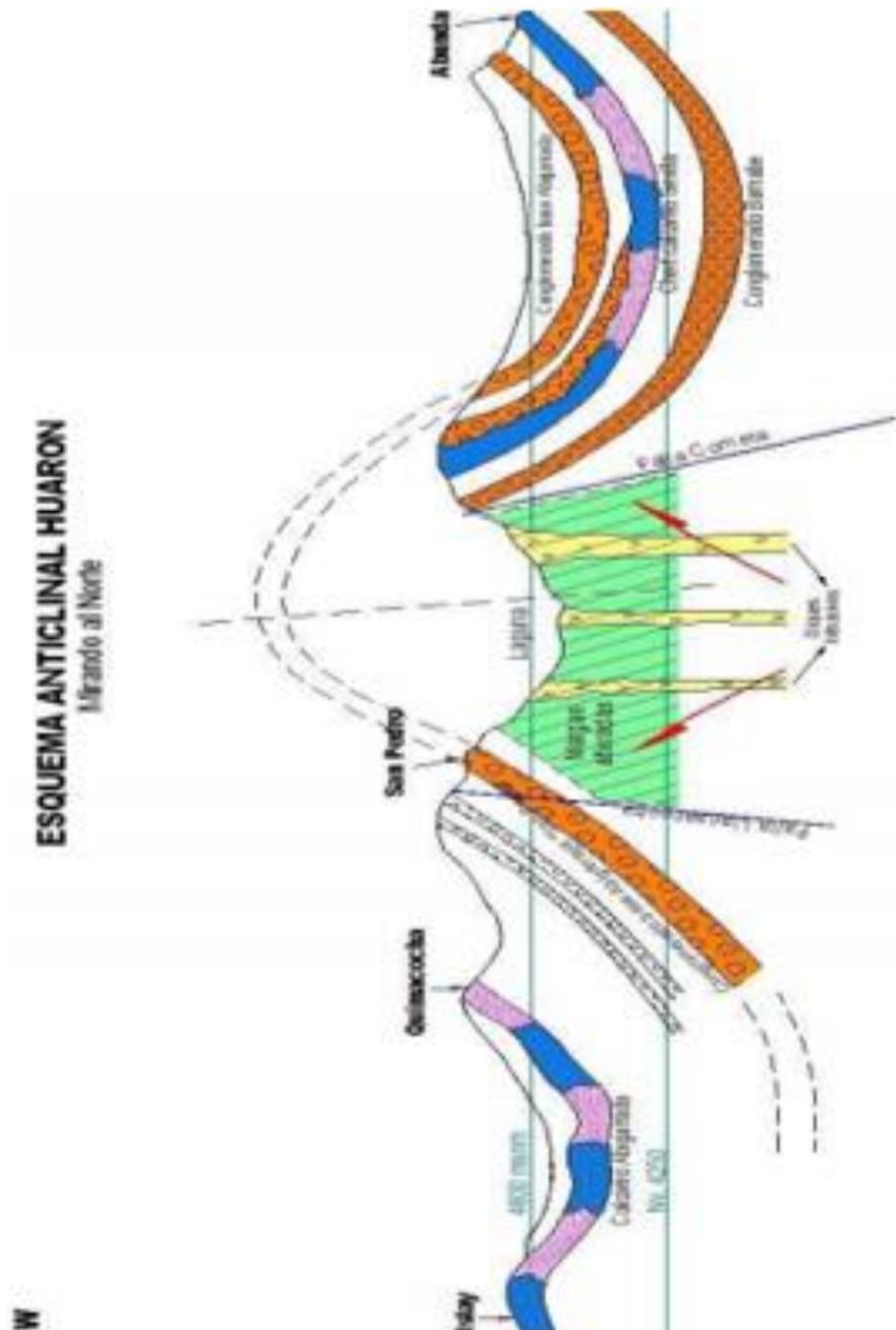


Figura 2. Esquema del anticlinal de Huarón
 Tomada del Departamento de Geología - unidad minera Huarón

B. Fallas

En esta zona existen grandes dislocaduras que están acompañadas por fallas secundarias. Estas fallas secundarias en la zona de Huarón estarían representadas por la falla Llacsacocha y la falla NS (Huaychao-Cometa). Estas dos fallas en mención dividen al yacimiento en cuatro sectores. Existen también fallas locales que son reconocidas con los trabajos de minado que son falla Tapada y la falla Shiusa.

C. Discordancia

Hace poco se ha precisado una superficie de discordancia que está presente en todo el yacimiento el cual es visible en los flancos del anticlinal, por tanto, esta superficie de discordancia estaría presente en el contacto de entre la formación Casapalca y el Grupo Calipuy, el cual hace parecer que tiene un efecto en el control de la mineralización de Huarón.

2.2.4.3. Tipo de Depósito

Huarón está asociado a un yacimiento de tipo hidrotermal el cual está ligado al magmatismo andino del paleógeno. Por tanto, la mineralización de mena está presentada por esfalerita-marmatita, calcopirita-enargita, tetraedrita, tenantita y galena que están entre los principales, por otro lado, la ganga se encuentra representada por pirita, rodocrosita, cuarzo, rodonita, alabandita y mangano-calcita.

Tipos de estructuras de Huarón

✓ Vetas

La bibliografía detalla la presencia de tres etapas muy diferenciadas en la deposición de minerales, las cuales están relacionadas con temperaturas altas (pirita, cuarzo lechoso y tetraedrita), temperaturas intermedias (pirita, esfalerita, cuarzo lechoso, galena esfalerita marrón) y a temperaturas bajas (siderita, barita, esfalerita rubia, tetraedrita argentífera, calcopirita, cuarzo, calcita y rodocrosita).

Estas son estructuras tabulares que están emplazadas en fracturas tensionales o en fracturas de tensión, por ende, su potencia puede variar desde cm hasta 10 m.

✓ **Mantos**

Estructuras de bajo buzamiento cuya presencia está localizada en el flanco oeste del anticlinal, por ende, su potencia permite la mecanización.

✓ **Cuerpos**

Estos se encuentran en el cruce de vetas a manera de *stockwork* con presencia de estratos conglomerados (originando reemplazamiento) y también en el cruce de vetas con estratos de arenisca calcárea (originando diseminados).

2.2.5. Minería

2.2.5.1. Generalidades

La mina Huarón actualmente cuenta con cuatro zonas de operación. La empresa minera realiza sus actividades de explotación y cuenta con tres zonas los cuales son: zona Norte, Sur y Norte-500. La mina está dividida en niveles de producción, nivel 450, nivel 420, nivel 370, nivel 340, nivel 320, nivel 300, nivel 280; aunque en la actualidad los niveles 320, 300 y 280 no están en explotación.

2.2.5.2. Método de Explotación de la Mina

El método de minado utilizado para las operaciones es el Corte y Relleno Ascendente, el cual se realiza en forma de cortes horizontales comenzando del fondo del tajo en retirada y avanzando hacia arriba.

El mineral roto es cargado y extraído del tajo, cuando todo el panel ha sido disparado, el volumen extraído es reemplazado con material estéril para brindar soporte a las cajas, proporcionando una plataforma para que el siguiente panel sea minada. El material de relleno puede ser de 'material detrítico' proveniente de labores de avance en desmonte rellenas con *scooptrams*; el otro relleno proviene de las zonas de relave de la planta concentradora, transportado a la mina mediante una tubería.

Los tajos mecanizados que tienen una potencia de veta mayor a 1,8 m tienen una longitud de 180 m y una rampa de operación que avanza con el tajo y un *ore pass* enlazado a la rampa. (6)

2.2.5.3. Características del Yacimiento

Principales características físicas del yacimiento:

- ✓ Peso específico de mineral *in situ*: 3.3 t/m³
- ✓ Peso específico del material estéril: 2.7 t/m³
- ✓ Peso específico del relleno hidráulico: 1.8 t/m³
- ✓ Factor de esponjamiento: 30 – 40%
- ✓ Humedad: 8-9.5%

2.2.5.4. Parámetros para el Método de Explotación

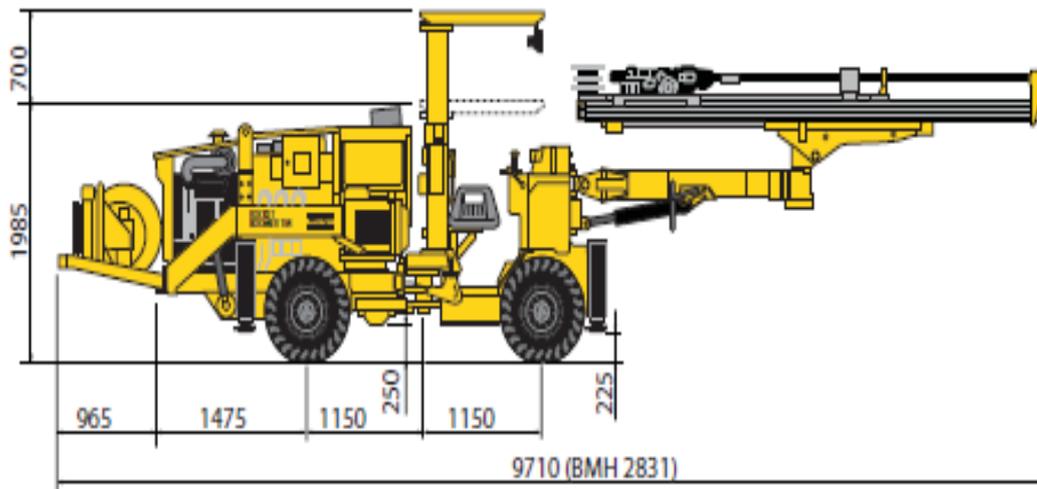
Los parámetros en la unidad minera Huarón son los siguientes:

- ✓ Productividad en el tajeo: 9.6 t/hg
- ✓ Metros de taladros perforados: 1.29 m/t
- ✓ Labores preparatorias: 8.2m/1000 t
- ✓ Producción de labores preparatorias: 9.8%
- ✓ Dilución: 15%

2.2.6. Ciclo de Minado

2.2.6.1. Perforación

La perforación se realiza de dos formas: vertical y horizontal; con jumbo electrohidráulico, que cuenta con una longitud de barra de 12 ft y 2,5" de diámetro. La perforación se realiza en vertical cuando las cajas son competentes y las vetas son angostas (trabajos realizados en taladros largos).



**Figura 3. Equipo de perforación de frente - jumbo
Tomada del Área de Mantenimiento Mecánico – unidad minera Huarón**

La perforación horizontal se realiza cuando la veta tiene una potencia considerable y cuando las cajas y mineral son poco competentes, ver las Figuras 4 y 5 para perforación horizontal y vertical respectivamente.



Figura 4. Perforación horizontal con jumbo



Figura 5. Perforación vertical en negativo con raptor

2.2.6.2. Voladura

Para los efectos de la voladura se usa dinamita (semexa 60), Pentacord 3p, como accesorios se usa la Guía de Seguridad, conectores, fanel, mecha rápida. Se usa dinamita semexa 65 para el cebo y el resto de la columna del taladro se carga con semexa 60.

El factor de potencia es de 0.32 kg/TM. El sistema de iniciación de la voladura es mediante un Fulminante No Eléctrico de Retardo “fanel” de 3.2 m de longitud, con un periodo de retardo de 25 ms; Los faneles se conectan al cordón detonante llamado “pentacord 3P”, el cual va amarrado al “carmex” y se les conecta la mecha rápida.

2.2.6.3. Sostenimiento

El sostenimiento se realiza inmediatamente después de la voladura (en la mayoría de los casos), el sostenimiento varía según el ancho de la labor (ancho de veta); cabe mencionar además que el relleno también ayuda a estabilizar las labores (se comporta también como sostenimiento. Para las labores de avance

como rampas *by pass*, se emplean cimbras metálicas, *shotcrete* vía húmeda, perno y malla, realizando este trabajo con equipos denominados *Small Bolter* (ver Figura 6).



Figura 6. Sostenimiento con bolter

2.2.6.4. Limpieza, Transporte y Acarreo

La limpieza de mineral en los tajos se realiza con *Scoop Diésel*, los cuales acumulan en el *ore pass* o en las cámaras de carguío, que están diseñadas en H permitiendo la acumulación de este en el fondo y, desde este punto, el material es trasladado a superficie a través de volquetes de 10 m³ de capacidad. Para las labores de avance se utilizan las cámaras de carguío acondicionadas para volquetes, ver Figura 7.



Figura 7. Limpieza de tajos con scoop con telemando

2.2.6.5. Método de Minado (Avoca)

El método de minado Avoca (*Bench and Fill Stopping*) es una variante del método de explotación *sublevel stopping*. Dadas las características geomecánicas y morfológicas de la estructura mineralizada; el minado por el método Avoca permite mantener el límite máximo de abertura, por el constante relleno que se realiza cada cierto tramo disparado y consiste en realizar un *by pass* paralelo a la estructura mineralizada, luego se ingresa con ventanas cada 50 m y se realizan subniveles cada 15 de altura.

El método de minado Avoca con relleno permanente denominado también como el método de minado Taladros Largos. Se aplica en depósitos verticales con potencias mayores a 3.0 m y cuyas cajas son pobres. El método en mención es bastante versátil. Permite una buena recuperación y selectividad de las reservas, los sectores estériles pueden quedar como pilares, así mismo se puede dejar mineral disparado de baja ley en el block.

2.2.7. Sistema de Transporte en Minería Subterránea

En la minería subterránea el sistema de transporte es una de las actividades más importantes, implica el acarreo de mineral y desmonte de los puntos de extracción a las zonas de carga y, seguidamente, el transporte de material hacia los puntos de descarga como: parrillas, chimeneas y chancadoras primarias y puntos de acumulación de material en superficie.

En muchos casos el sistema de transporte es la fase primaria y secundaria de la operación, donde la fase primaria consta en el transporte de material desde el punto de consumo a los puntos de transferencia y, la fase secundaria, consiste principalmente en el transporte de material desde los puntos de carga o cámaras de carguío hacia la superficie de la mina o chancadoras primarias. En esta fase el material puede ser transportado vertical u horizontalmente. (7)

La elección del método de transporte depende de varios factores en los que influyen requisitos de producción, capacidad de producción, costo de operación, dimensión de equipos de transporte, fragmentación de material y método de explotación de la mina y método de extracción empleado.

Los sistemas de transporte vertical o tracción necesitan infraestructuras fijas o móviles y el sistema de transporte es limitado debido a que son inflexibles al número limitado de los puntos de carguío. Mientras que un sistema de transporte por vías es flexible ya que los camiones o volquetes pueden viajar a la mayoría de los lugares en la mina subterránea. En esta situación la mina necesita aumentar la capacidad de producción, el potencial es a menudo relacionado con la configuración y la actual utilización del sistema de manejo de mineral que, al expandir, puede lograr un avance de forma incremental mediante la adición de volquetes según requiera la capacidad del diseño previsto de alcance. (7)

Los métodos de acarreo deben ser flexibles, lo suficiente para dar cavidad a las limitaciones con el programa de producción y ámbito de las condiciones geológicas.



Figura 8. Carguío de volquete con scoop de 4Yd3



Figura 9. Volquete Mercedes Benz saliendo de la bocamina Unión

2.2.8. Sistema de Transporte con Volquetes

2.2.8.1. Factores que Afectan el Rendimiento del Equipo

Los equipos de trabajo empleados para el movimiento de material desmonte y mineral son en metros cúbicos (m³) o en toneladas (t). Donde la unidad de tiempo más empleada en el campo es la hora, aunque a veces la producción se expresa por día de acuerdo con los siguientes factores.

- ✓ Abastecimiento de combustible y lubricante
- ✓ Mantenimientos rutinarios
- ✓ Demoras inevitables
- ✓ Factores humanos

2.2.8.2. Restricciones en la Operación del Equipo

- ✓ Ángulo de giro de labores en interior de mina
- ✓ Pendiente de rampas
- ✓ Coeficiente de rodamiento

2.2.8.3. Condiciones del Lugar de Operaciones

- ✓ Condiciones climáticas: temperatura, lluvias y época del año
- ✓ Condiciones físicas: topografía, geología, humedad del terreno, altura sobre el nivel del mar
- ✓ Condiciones de aislamiento: vías de comunicación y tiempos de soporte, mantenimiento y tiempos de abastecimiento

2.2.9. Transporte Minero en la Unidad Huarón

Multiservicio y Contratistas Sailor S. A. C. brinda el servicio de transporte y acarreo de mineral y desmonte a *Panamericam Silver* Huarón S. A.; por lo cual, cuenta con 12 volquetes, los cuales tiene la función de trasladar mineral y desmonte de diferentes zonas, ya sea esta de interior de mina o superficie con el objetivo de cumplir el tonelaje planeados por *Panamericam Silver* Huarón. Para ello, a continuación, se detallará el lugar de carguío, principales cámaras de carguío, producción y un análisis de Pareto sobre los tiempos de espera durante las horas de trabajo.

Los doce volquetes serán de la marca Mercedes-Benz modelo Actros 3344K con capacidad de 25 t, ya que estos destacan por su tecnología de punta, además de su motor con potencia de 435 CV, de 16 velocidades que facilitan la conducción al operador.



Figura 10. Flota de volquetes Mercedes Benz Actros 3344K

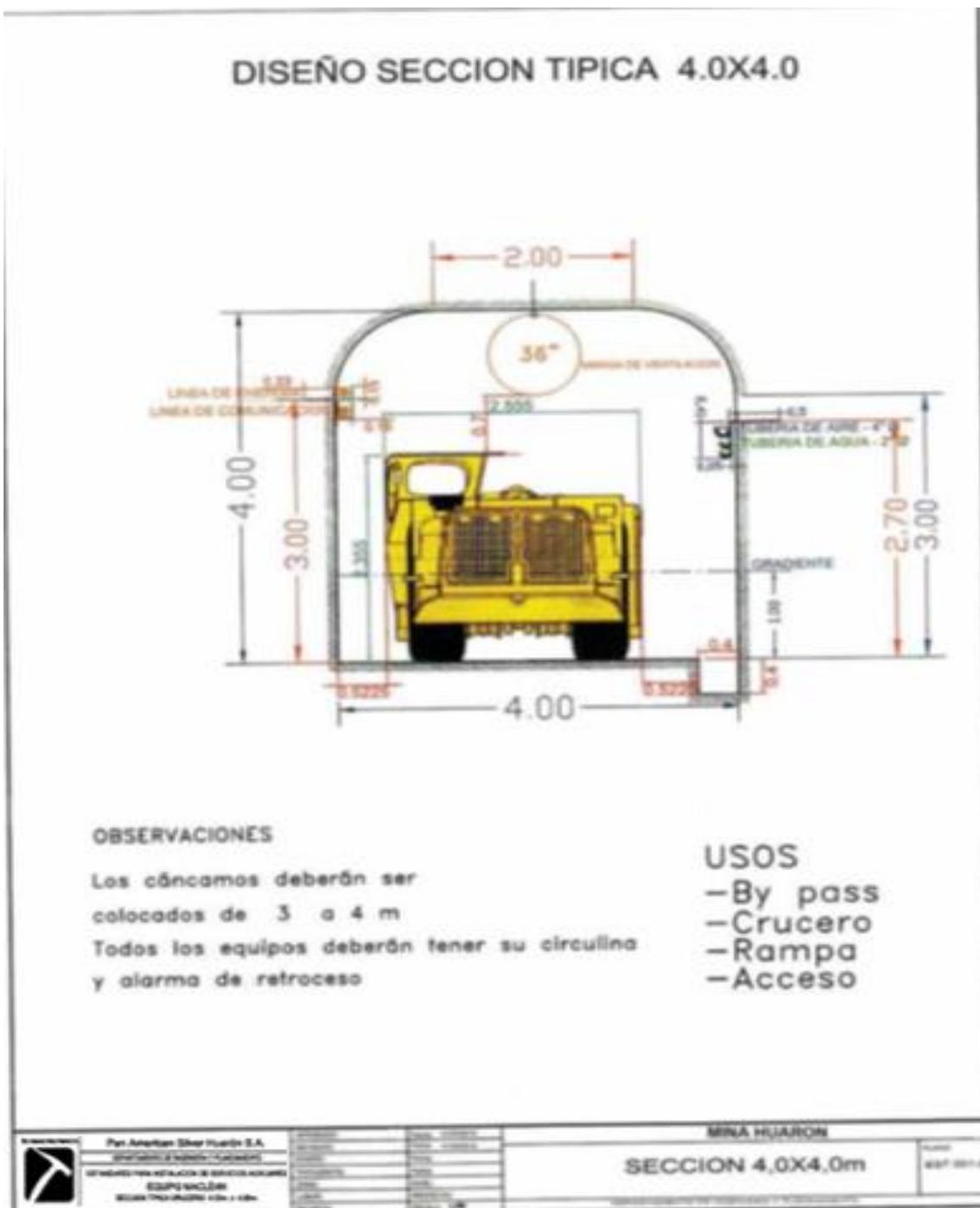
Asimismo, se cuenta con 33 operadores y 3 supervisores capacitados y con la experiencia necesaria para brindar el mejor servicio *Pan American Silver Huarón S. A.*

En la unidad minera Huarón el transporte de materiales es mediante volquetes que en esta sesión se dan conocer los datos generales de la unidad minera Huarón.

Tabla 7. Parámetros operacionales

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1.00	Transporte de mineral y desmonte		
	Velocidades		
	Cargado	km/ h	15
	Vacío	km/ h	20
	Peso específico del material		
	Mineral roto	t/m ³	2.08
	Desmonte roto	t/m ³	2.08
	Capacidad de carga de volquete		
	Mineral	m ³	11.06
	Desmonte	m ³	11.06
	Tiempos		
	- Ingreso y salida	h	1.25
	- Chequeo de equipos	h	0.75
	- Refrigerio	h	0.25
	- Tiempo de carguío (<i>scoop</i>)	min.	6
	- Tiempo de descarga	min.	2
	- Demoras	min.	5.5

Entre los principales equipos mínimos requeridos y necesarios para efectuar los trabajos de construcción de la rampa cosmos y las demás labores, se encuentran los accesos correspondientes a las zonas mineralizadas incluyendo el diseño de rampa, parámetros geomecánicos, equipos de perforación, voladura y acarreo.



**Figura 11. Sección típica de labores
Tomada del Departamento de Planeamiento de Mina - unidad minera Huarón**

2.3. Bases Teóricas

El transporte y extracción adquieren una gran relevancia en el ciclo minero, pues de su rendimiento y buena organización depende en gran medida la producción, por tanto, el ciclo de transporte y los tiempos operativos deberían de ser óptimos para lograr ello, además, sus costes inciden directamente de una manera significativa en los costes de un proyecto minero. Siendo entonces aún más necesaria, a la vez que más complicada, en minería de interior (subterránea), Por todo ello, la selección del sistema más adecuado para cada una de estas operaciones se convierte en un parámetro fundamental además de tener en consideración el diseño de la mina, la flota de equipos a utilizar y los equipos que realizarán el transporte del mismo. (8)

La productividad guarda una relación directa con los tiempos de trabajo que se realizan, además, se menciona que los cronómetros juegan un papel importante en los estudios de tiempos, pero para poder utilizarlos se debe saber si el tiempo a determinar será para una nueva actividad o para una ya existente. (9) (Ver figura 12)



Figura 12. Representación gráfica de la productividad y el estudio de tiempos Tomada del Manual de Tiempos y Movimientos de Ingeniería de Métodos. (9)

Además, la productividad se conoce por las HHT, es decir, eliminando el mal uso de los tiempos que implique una actividad, por tanto, se menciona que la productividad depende de factores importantes como:

- ✓ Factor humano
- ✓ Equipos

Se menciona, además, que cuando se habla de tiempos para mejorar la productividad se refiere a un estudio, con la finalidad de poder determinar el tiempo requerido para realizar una actividad específica, pero han de considerarse los tres tiempos importantes en este estudio, como son:

- ✓ T_c = tiempo de ciclo, que se calcula sumando carga, maquinado y descarga.
- ✓ T_n = tiempo normal, que es el tiempo que emplea una persona para realizar una actividad a ritmo normal y con condiciones favorables.
- ✓ T_s = tiempo estándar, que es el tiempo por considerar globalmente de la operación o de una actividad ya conocida.

2.4. Definición de Términos Básicos

- ✓ **Acarreo:** es la actividad o transporte de material que se encuentra en los tajos o frentes de trabajo, hacia los diferentes puntos de echadero.
- ✓ **Bocamina:** sirve de entrada a una mina.
- ✓ **By Pass:** es una labor auxiliar que sirve para el paso de la maquinaria y del personal, que llega al tajeo mismo.
- ✓ **Cancha:** espacio donde se acumula mineral, desmonte, etc. ya sea en mina o planta, en espera de su destino final.
- ✓ **Cámara de carguío:** apertura subterránea acondicionada, donde se proporciona el equipo de carguío para cargar material hacia los volquetes.
- ✓ **Carguío:** es una operación de carga de mineral o desmonte a los volquetes, para que sean trasladados hacia su punto de destino.
- ✓ **Capacidad de carga:** se refiere al volumen de material que una unidad de transporte puede contener en un momento dado.
 - **Capacidad al ras:** es el volumen de material de una unidad de transporte cuando es llenado hasta el tope.
 - **Capacidad colmada:** máximo volumen de material que sobrepasa las dimensiones de la tolva.
- ✓ **Ciclo:** conjunto de actividades unitarias de carguío y transporte que mantiene una rotación ordenada de pasos.
- ✓ **Cono:** elemento de seguridad de un equipo minero.
- ✓ **Desmonte:** es el material sin valor económico, puesto que contienen o no contienen sobras de mineral.

- ✓ **Disponibilidad:** porción de tiempo de operación programada de un equipo que está mecánicamente preparado para trabajar.
- ✓ **Eficiencia:** porcentaje de la tasa de producción estimada, que es efectivamente utilizada por el equipo.
- ✓ **Explosivo:** sustancia química que en condiciones normales de temperatura y presión son inocuas.
- ✓ **Factor de esponjamiento:** es el incremento fraccional del volumen del material que ocurre cuando este está fragmentado y sacado de su estado natural.
- ✓ **Factor de llenado:** fracción decimal que corrige la capacidad de la tolva al volumen que realmente puede mover.
- ✓ **Galería:** labores horizontales que no tienen salida a la superficie, destinadas al transporte de carga.
- ✓ **Jumbo:** equipo de perforación, para el desarrollo o preparación de labores.
- ✓ **Mina:** yacimiento de donde se extrae el mineral rentable, mediante un sistema productivo.
- ✓ **Mineral:** es todo compuesto químico inorgánico que tiene propiedades químicas particulares que se encuentran en superficie o al interior de la tierra.
- ✓ **Perforación:** acción de abrir la roca en huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo.
- ✓ **Producción:** es el volumen o peso total del material que debe manejarse en una operación específica, que puede referirse al mineral o desmonte.
- ✓ **Productividad:** es la producción real por unidad de tiempo.
- ✓ **Rampa:** labor minera inclinada con pendiente promedio al 12%, dichas labores son construidas en forma ascendente que sirve de acceso a las labores desde la superficie.
- ✓ **Rendimiento:** volumen o peso de producción teórica por unidad de tiempo de un equipo determinado, generalmente expresado en término de producción por hora.
- ✓ **Scoop:** conocido como pala o cargador frontal de ruedas de bajo perfil (LHD).
- ✓ **Sistema de gestión:** conjunto de reglas y principios relacionados entre sí de forma ordenada, que ayuda a administrar de manera efectiva los recursos.

- ✓ **Tiempo:** magnitud física con la que se mide la duración de acontecimientos sujetos a cambio.
 - **Tiempo de carguío:** es el tiempo total que se demora en cargar un equipo con material.
 - **Tiempo de espera:** tiempo en el cual no se realiza ninguna actividad.
 - **Tiempo improductivo:** es el tiempo en el que no se ejecuta un trabajo eficaz.
- ✓ **Tolva:** depósito o almacenamiento de mineral o desmonte.
- ✓ **Utilización:** porción de tiempo disponible que el equipo realmente está trabajando.
- ✓ **Vía:** acceso rápido para que los equipos y personas puedan transitar.
- ✓ **Volquete:** es un tipo de camión sobre ruedas el cual sirve para el transporte de material.
- ✓ **Yacimiento:** depósito natural de rocas o mineral rentable donde generalmente se abre una mina.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Métodos y Alcance de la Investigación

3.1.1. Método de la Investigación

El método de investigación es descriptivo por la utilización de la toma de tiempos, indicadores de rendimiento de los equipos en campo. El método que se desarrolla es científico con observación experimental y conclusión. Porque se produce investigando el objeto en el pasado y presente. (10) El método comprende un conjunto de normas y herramientas para incrementar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte.

3.1.2. Alcances de la Investigación

El alcance de esta investigación está asociado a las cámaras de carguío de las zonas Sur y Norte de la unidad minera Huarón, donde la empresa especializada *Multicosailor* S. A. C. presta sus servicios en la extracción de material explotado en mina, durante el periodo 2017-2020.

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación - experimental para poder implementar soluciones de aplicación inmediata en la solución de problemas utilizando teorías

y conocimientos que ya se han desarrollado, además que el uso de esta dependerá de los resultados obtenidos en la investigación. (10)

3.2.2. Nivel de Investigación

El nivel de la investigación que se desarrolla es de tipo explicativo porque busca mejorar la productividad bajo un control de tiempos improductivos mediante una herramienta de gestión para incrementar la productividad en el traslado de mineral y desmonte.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población para esta investigación fueron las zonas Sur y Norte de la unidad minera Huarón S. A. de *Pan American Silver Perú S. A. C.*

3.3.2. Muestra

La muestra representativa estará delimitada por las cámaras de carguío de las zonas Sur y Norte de la unidad minera Huarón S. A. de *Pan American Silver Perú S. A. C.*

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1. Técnicas Utilizadas en la Recolección de Datos

- ✓ Observación
- ✓ Estadístico (data Excel)
- ✓ Documental

3.4.2. Instrumentos Utilizados en la Recolección de Datos

- ✓ Reporte diario de trabajo
- ✓ Toma de tiempos
- ✓ *Check list* de equipos
- ✓ Cuaderno de apuntes
- ✓ *Laptop*

3.5. Técnica de Tratamiento de Datos

- ✓ Análisis cuantitativo
- ✓ Interpretación de datos con MS Excel

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Equipos de Acarreo y Transporte

El equipo más común utilizado para el transporte de material suelto en minería subterránea actualmente es el volquete, debido a que puede realizar el trabajo a velocidades relativamente altas y que a la vez puede trasladar grandes volúmenes de material, facilitando y optimizando la extracción hacia superficie del material explotado en interior de mina, además que estos equipos cumplen una labor eficiente para el transporte de mineral, desmonte y otros materiales. (Ver Figuras 13 y 14)

Mientras que, para el acarreo del material suelto y explotado, se utilizan los equipos de bajo perfil LHD por su versatilidad de uso para las diferentes labores en las que realiza su trabajo, además de ser equipos sobre rueda facilitando más aún el trabajo para el cual está diseñado.

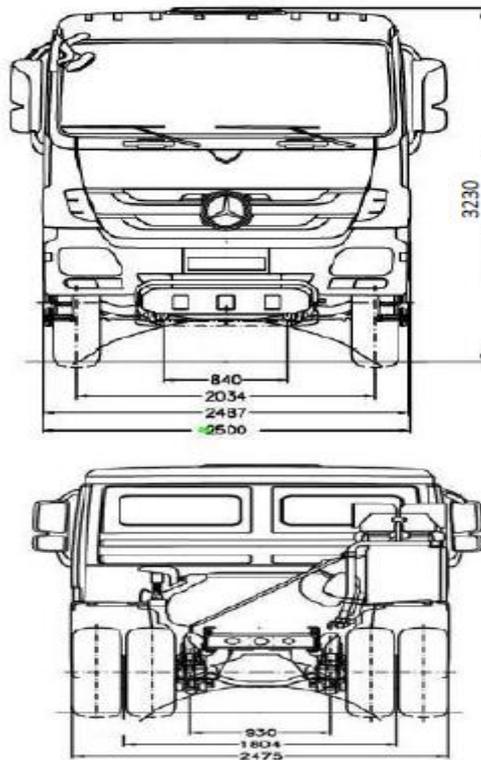


Figura 13. Dimensiones vista frontal y posterior del volquete Actros 3344K Tomada de la Ficha Técnica del Volquete Mercedes-Benz Actros 3344K. (11)

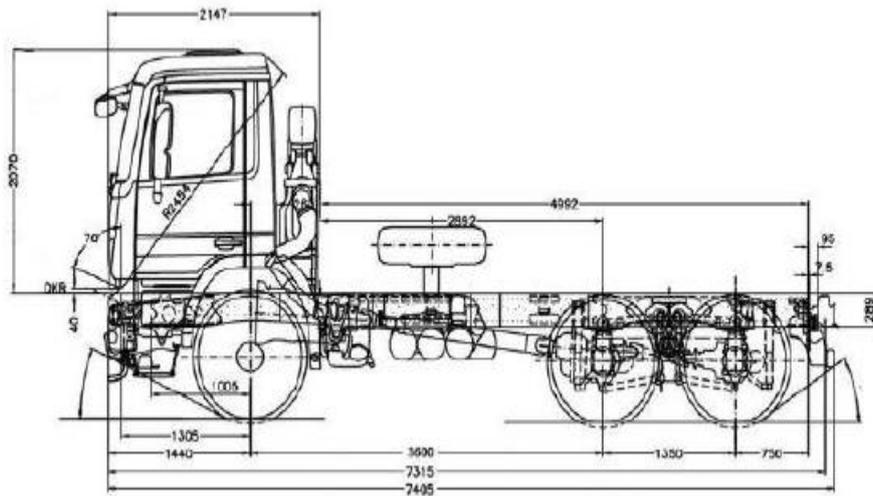


Figura 14. Dimensiones vista de perfil del volquete Actros 3344K Tomada de la Ficha Técnica del Volquete Mercedes-Benz Actros 3344K. (11)

4.1.1. Capacidad del Volquete

La capacidad de carga de volquete se puede expresar; por la carga en toneladas, por el volumen al ras de la tolva y por el volumen colmado, siendo estas últimas expresadas en m³.

La capacidad al ras es el volumen que transporta este volquete cuando es cargado hasta el ras de la tolva, mientras que la capacidad colmada es cuando el material sobrepasa el ras de la tolva (en este caso 20 cm por encima del ras de la tolva según PET)

Tabla 8. Dimensiones de la tolva de VQ Actros 3344K

Dimensiones de la tolva		
Largo (mm)	5100	
Ancho (mm)	2300	
Alto (mm)	1300	1500
Volumen (m ³)	15	17
Tipo	Semirroquera	

Tomada de la Ficha Técnica Volquete Mercedes-Benz Actros 3344K. (11)

Pesos y Capacidades				
Pesos	Eje Delantero	1er Eje Trasero	2do Eje Trasero	Total
Vacío sin carrocería *	5,079 Kg	2,349 kg	2,349 kg	9,777 kg
Pesos Admisibles	9,000 Kg	16,000 kg	16,000 kg	41,000 kg
Capacidad de Carga*	3,921 Kg	13,651 kg	13,651 kg	31,223 Kg
Peso Bruto Vehicular (PBV)				41,000 kg

* Pesos para vehículos estandar, en orden de marcha y sin conductor. Tolerancia de 3%.

Figura 15. Pesos y capacidades del VQ Actros 3344K
Tomada de la Ficha Técnica del Volquete Mercedes-Benz Actros 3344K. (11)

La capacidad de los volquetes MB Actros 3344K 6x4 es de 15 m³ al ras de la tolva (equipos que son utilizados en la mina Huarón) como se muestra en la Tabla 8, mientras que su capacidad en tonelajes es de 31.22 t como se muestra en la Figura 15.

La capacidad de los volquetes varía por diversos factores que intervienen como son;

- ✓ Factor de llenado del volquete
- ✓ Peso específico del material
- ✓ Capacidad de carga de lampón del Scoop
- ✓ Dimensiones de la tolva

En el control de tonelaje que se lleva se han registrado tonelajes que superan las 35 t. Esto no quiere decir que sea un exceso de volumen, sino que el peso específico del material es superior a lo normal como se evidencia en el material de profundización de la zona Norte y Sur en las cámaras 857 y 871 respectivamente.

4.1.2. Costos de Insumos y Materiales de los Volquetes

Todo equipo que trabaja en la unidad minera debe tener todos los insumos y accesorios para que pueda trabajar de manera adecuada.

Tabla 9. Costo de insumo y materiales

Costos de insumos y materiales
Volquetes

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo US\$/Unidad	Vida meses	Costo US\$/mes
1.00	Materiales					
	Conos de seguridad	Pza.	2	22.73	6	---
	Linternas	Pza.	1	7.66	3	---
	Neblineros	Pza.	2	50.00	3	---
	Señalizaciones	Pza.	6	8.00	3	---
	Cinta de seguridad	Pza.	6	2.32	6	---
	Maletín básico	Pzas	1	58.42	6	---
	Herramientas varias	Pzas	1	100.00	6	---
	Kit Antiderrame	Glb	1	150.00	6	---
Costo Total Mes						
Costo Unitario Total						

Tomada del Área de Costos Multicosailor

4.1.3. Costos Unitarios de Operación

Se detallan los costos unitarios con los que la empresa especializada *Multicosailor S. A. C.* trabaja prestando sus servicios a la unidad minera Huarón de *Pan American Silver S. A.* Detallando los aspectos para tener en cuenta al momento de realizar la valorización mensual.

Tabla 10. Estructura de precios unitarios

Estructura de precios unitarios			
Volquete Actross 6 X 4			
<u>Equipo de carguío - volquete</u>		<u>Operador de equipo</u>	
		Horas por día	6.17
Horas trabajadas al mes	370 h		
Días trabajados	30 días	<u>Parámetros financieros</u>	
Guardias por día	2 Guardias	Intereses (año)	10%
Horas por guardia	6.17 h	Factor de conversión	0.0002
Vida útil	3 Años	Seguros	1.8%
Vida económica	13,320 h		
Valor de rescate	15%		

Tomada del Área de Costos Multicosailor Lima

Tabla 11. Estructura de precios unitarios - costos de propiedad y operación

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad	Costo unitario	Vida útil	Costo parcial	Costo total
			(Personas)		US\$/Unidad	Hr	US\$	US\$/Pza
1.00	Costo de propiedad						14.27	14.27
1.01	Costo de adquisición						11.17	
	Volquete (incluye tolva)	Pza		1.00	175,000	13,320	11.17	
1.02	Seguros						0.47	
	Seguros	Global		1.00	0.47		0.47	
1.03	Intereses						2.63	
	Intereses	Global		1.00	2.63		2.63	
2.00	Costo de operación						24.81	24.81
2.01	Mano de obra						10.82	
	Operador de volquete	h		1.00	10.82		10.82	
2.02	Herramientas y EPP						0.81	
	Implementos de seguridad	Gdia		1.00	0.70		0.70	
	Herramientas	Gdia		1.00	0.08		0.08	
	Lámparas mineras	Gdia		1.00	0.03		0.03	
2.03	Consumibles						13.18	
	Llantas	Pza	10.00	1,300	610.00		4.69	
	Repuestos y mantenimiento	Global		1.00	8.18		8.18	
	Insumos y materiales	Pza		1.00	0.31		0.31	
	Petróleo	Gal		3.00	2.34		7.01	
Total costo directo (US\$/h)								39.08
	Gastos generales				28.7%			11.20
	Utilidad costo directo				10.0%			3.91
Costo total (US\$/h)								61.19

Tomada del Área de Costos Multicosailor Lima

Tabla 12. Estructura de precios unitarios por transporte de mineral y desmante

Estructura de precios unitarios - Huarón						
Transporte de mineral y desmante						
<u>Parámetros técnicos</u>			<u>Tiempos utilizados</u>			
<i>Velocidad</i>					<i>Tiempo disponible diario</i>	10.25 h
Cargado	15.00	km/ h			<i>Demoras diarias</i>	2.25 h
Vacío	20.00	km/ h			- Ingreso y salida	1.25 h
<i>Peso específico de material</i>					- Chequeo de equipos	0.75 h
Mineral roto	2.08	t/m ³			- Refrigerio	0.25 h
Desmante roto	2.08	t/m ³			<i>Tiempo efectivo guardia</i>	6.17 h
<i>Capacidad de carga</i>					<i>Tiempo por pérdida de operación</i>	13.50 min.
Mineral	11.06	m ³	23.00	ton	- Tiempo de carguío (Scoop)	6.00 min.
Desmante	11.06	m ³	23.00	ton	- Tiempo de descarga	2.00 min.
<u>Costos incurridos</u>					- Demoras	5.50 min.
Costo de mano de obra	0.00	US\$ / h-hom				
Costo de volquete	54.18	US\$ / h-máq	61.19		Incluye mano de obra, EPP y utilidad	
Costo de combustible	2.34	US\$ / gal				
Consumo de combustible	3.00	Gal / h				

Tomada del Área de Costos Multicosailor Lima

Tabla 13. Estructura de precios unitarios por distancias

RUTA	Distancia m	Capacidad real de carga t	Velocidad de recorrido		Tiempo total de ciclo				Costos totales de transporte			N.º de viajes N	Producción t	Costo unitario US\$ / t	Costo unitario 2017 US\$ / t - km	
			Cargado m / min	Vacío m./ min	Tiempo pérdida de operación min	Tiempo cargado min	Tiempo vacío min	Tiempo total min	Volquete US\$	Combustible US\$	Total US\$					
Transporte de mineral y desmante																
0.00 km ≤ d ≤ 0.50 km	500	23.00	250.00	333.33	13.50	2.00	1.50	17.00	334.11	43.21	377.32	21.76	500.59	0.754	1.429	
	600	23.00	250.00	333.33	13.50	2.40	1.80	17.70	334.11	43.21	377.32	20.90	480.79	0.785	1.240	
	700	23.00	250.00	333.33	13.50	2.80	2.10	18.40	334.11	43.21	377.32	20.11	462.50	0.816	1.105	
	800	23.00	250.00	333.33	13.50	3.20	2.40	19.10	334.11	43.21	377.32	19.37	445.55	0.847	1.004	
	900	23.00	250.00	333.33	13.50	3.60	2.70	19.80	334.11	43.21	377.32	18.69	429.80	0.878	0.925	
0.51 km ≤ d ≤ 1.00 km	1,000	23.00	250.00	333.33	13.50	4.00	3.00	20.50	334.11	43.21	377.32	18.05	415.12	0.909	0.862	
	1,100	23.00	250.00	333.33	13.50	4.40	3.30	21.20	334.11	43.21	377.32	17.45	401.42	0.940	0.810	
	1,200	23.00	250.00	333.33	13.50	4.80	3.60	21.90	334.11	43.21	377.32	16.89	388.58	0.971	0.767	
	1,300	23.00	250.00	333.33	13.50	5.20	3.90	22.60	334.11	43.21	377.32	16.37	376.55	1.002	0.731	
	1,400	23.00	250.00	333.33	13.50	5.60	4.20	23.30	334.11	43.21	377.32	15.88	365.24	1.033	0.700	
1.01 km ≤ d ≤ 1.50 km	1,500	23.00	250.00	333.33	13.50	6.00	4.50	24.00	334.11	43.21	377.32	15.42	354.58	1.064	0.673	
	1,600	23.00	250.00	333.33	13.50	6.40	4.80	24.70	334.11	43.21	377.32	14.98	344.53	1.095	0.649	
	1,700	23.00	250.00	333.33	13.50	6.80	5.10	25.40	334.11	43.21	377.32	14.57	335.04	1.126	0.628	
	1,800	23.00	250.00	333.33	13.50	7.20	5.40	26.10	334.11	43.21	377.32	14.18	326.05	1.157	0.609	
	1,900	23.00	250.00	333.33	13.50	7.60	5.70	26.80	334.11	43.21	377.32	13.81	317.54	1.188	0.593	
1.51 km ≤ d ≤ 2.00 km	2,000	23.00	250.00	333.33	13.50	8.00	6.00	27.50	334.11	43.21	377.32	13.45	309.45	1.219	0.578	
	2,100	23.00	250.00	333.33	13.50	8.40	6.30	28.20	334.11	43.21	377.32	13.12	301.77	1.250	0.564	
	2,200	23.00	250.00	333.33	13.50	8.80	6.60	28.90	334.11	43.21	377.32	12.80	294.46	1.281	0.552	
	2,300	23.00	250.00	333.33	13.50	9.20	6.90	29.60	334.11	43.21	377.32	12.50	287.50	1.312	0.541	
	2,400	23.00	250.00	333.33	13.50	9.60	7.20	30.30	334.11	43.21	377.32	12.21	280.86	1.343	0.531	
2.01 km ≤ d ≤ 2.50 km	2,500	23.00	250.00	333.33	13.50	10.00	7.50	31.00	334.11	43.21	377.32	11.94	274.52	1.375	0.521	
	2,600	23.00	250.00	333.33	13.50	10.40	7.80	31.70	334.11	43.21	377.32	11.67	268.45	1.406	0.512	
	2,700	23.00	250.00	333.33	13.50	10.80	8.10	32.40	334.11	43.21	377.32	11.42	262.65	1.437	0.504	
	2,800	23.00	250.00	333.33	13.50	11.20	8.40	33.10	334.11	43.21	377.32	11.18	257.10	1.468	0.497	

	2,900	23.00	250.00	333.33	13.50	11.60	8.70	33.80	334.11	43.21	377.32	10.95	251.78	1.499	0.490
2.51 km ≤ d ≤ 3.00 km	3,000	23.00	250.00	333.33	13.50	12.00	9.00	34.50	334.11	43.21	377.32	10.72	246.67	1.530	0.483
	3,100	23.00	250.00	333.33	13.50	12.40	9.30	35.20	334.11	43.21	377.32	10.51	241.76	1.561	0.477
	3,200	23.00	250.00	333.33	13.50	12.80	9.60	35.90	334.11	43.21	377.32	10.31	237.05	1.592	0.472
	3,300	23.00	250.00	333.33	13.50	13.20	9.90	36.60	334.11	43.21	377.32	10.11	232.51	1.623	0.466
	3,400	23.00	250.00	333.33	13.50	13.60	10.20	37.30	334.11	43.21	377.32	9.92	228.15	1.654	0.461
3.01 km ≤ d ≤ 3.50 km	3,500	23.00	250.00	333.33	13.50	14.00	10.50	38.00	334.11	43.21	377.32	9.74	223.95	1.685	0.456
	3,600	23.00	250.00	333.33	13.50	14.40	10.80	38.70	334.11	43.21	377.32	9.56	219.90	1.716	0.452
	3,700	23.00	250.00	333.33	13.50	14.80	11.10	39.40	334.11	43.21	377.32	9.39	215.99	1.747	0.448
	3,800	23.00	250.00	333.33	13.50	15.20	11.40	40.10	334.11	43.21	377.32	9.23	212.22	1.778	0.444
	3,900	23.00	250.00	333.33	13.50	15.60	11.70	40.80	334.11	43.21	377.32	9.07	208.58	1.809	0.440
3.51 km ≤ d ≤ 4.00 km	4,000	23.00	250.00	333.33	13.50	16.00	12.00	41.50	334.11	43.21	377.32	8.92	205.06	1.840	0.436
	4,100	23.00	250.00	333.33	13.50	16.40	12.30	42.20	334.11	43.21	377.32	8.77	201.66	1.871	0.433
	4,200	23.00	250.00	333.33	13.50	16.80	12.60	42.90	334.11	43.21	377.32	8.62	198.37	1.902	0.429
	4,300	23.00	250.00	333.33	13.50	17.20	12.90	43.60	334.11	43.21	377.32	8.49	195.18	1.933	0.426
	4,400	23.00	250.00	333.33	13.50	17.60	13.20	44.30	334.11	43.21	377.32	8.35	192.10	1.964	0.423
4.01 km ≤ d ≤ 4.50 km	4,500	23.00	250.00	333.33	13.50	18.00	13.50	45.00	334.11	43.21	377.32	8.22	189.11	1.995	0.420
	4,600	23.00	250.00	333.33	13.50	18.40	13.80	45.70	334.11	43.21	377.32	8.10	186.21	2.026	0.418
	4,700	23.00	250.00	333.33	13.50	18.80	14.10	46.40	334.11	43.21	377.32	7.97	183.41	2.057	0.415
	4,800	23.00	250.00	333.33	13.50	19.20	14.40	47.10	334.11	43.21	377.32	7.86	180.68	2.088	0.412
	4,900	23.00	250.00	333.33	13.50	19.60	14.70	47.80	334.11	43.21	377.32	7.74	178.03	2.119	0.410
4.51 km ≤ d ≤ 5.00 km	5,000	23.00	250.00	333.33	13.50	20.00	15.00	48.50	334.11	43.21	377.32	7.63	175.46	2.150	0.408
	5,100	23.00	250.00	333.33	13.50	20.40	15.30	49.20	334.11	43.21	377.32	7.52	172.97	2.181	0.406
	5,200	23.00	250.00	333.33	13.50	20.80	15.60	49.90	334.11	43.21	377.32	7.41	170.54	2.213	0.403
	5,300	23.00	250.00	333.33	13.50	21.20	15.90	50.60	334.11	43.21	377.32	7.31	168.18	2.244	0.401
	5,400	23.00	250.00	333.33	13.50	21.60	16.20	51.30	334.11	43.21	377.32	7.21	165.89	2.275	0.399
5.01 km ≤ d ≤ 5.50 km	5,500	23.00	250.00	333.33	13.50	22.00	16.50	52.00	334.11	43.21	377.32	7.12	163.65	2.306	0.397
	5,600	23.00	250.00	333.33	13.50	22.40	16.80	52.70	334.11	43.21	377.32	7.02	161.48	2.337	0.396
	5,700	23.00	250.00	333.33	13.50	22.80	17.10	53.40	334.11	43.21	377.32	6.93	159.36	2.368	0.394
	5,800	23.00	250.00	333.33	13.50	23.20	17.40	54.10	334.11	43.21	377.32	6.84	157.30	2.399	0.392
	5,900	23.00	250.00	333.33	13.50	23.60	17.70	54.80	334.11	43.21	377.32	6.75	155.29	2.430	0.390
	6,000	23.00	250.00	333.33	13.50	24.00	18.00	55.50	334.11	43.21	377.32	6.67	153.33	2.461	0.389
	6,100	23.00	250.00	333.33	13.50	24.40	18.30	56.20	334.11	43.21	377.32	6.58	151.42	2.492	0.387

5.51 km ≤ d ≤ 6.00 km	6,200	23.00	250.00	333.33	13.50	24.80	18.60	56.90	334.11	43.21	377.32	6.50	149.56	2.523	0.386
	6,300	23.00	250.00	333.33	13.50	25.20	18.90	57.60	334.11	43.21	377.32	6.42	147.74	2.554	0.384
	6,400	23.00	250.00	333.33	13.50	25.60	19.20	58.30	334.11	43.21	377.32	6.35	145.97	2.585	0.383
6.01 km ≤ d ≤ 6.50 km	6,500	23.00	250.00	333.33	13.50	26.00	19.50	59.00	334.11	43.21	377.32	6.27	144.24	2.616	0.382
	6,600	23.00	250.00	333.33	13.50	26.40	19.80	59.70	334.11	43.21	377.32	6.20	142.55	2.647	0.380
	6,700	23.00	250.00	333.33	13.50	26.80	20.10	60.40	334.11	43.21	377.32	6.13	140.89	2.678	0.379
	6,800	23.00	250.00	333.33	13.50	27.20	20.40	61.10	334.11	43.21	377.32	6.06	139.28	2.709	0.378
6.51 km ≤ d ≤ 7.00 km	6,900	23.00	250.00	333.33	13.50	27.60	20.70	61.80	334.11	43.21	377.32	5.99	137.70	2.740	0.376
	7,000	23.00	250.00	333.33	13.50	28.00	21.00	62.50	334.11	43.21	377.32	5.92	136.16	2.771	0.375
	7,100	23.00	250.00	333.33	13.50	28.40	21.30	63.20	334.11	43.21	377.32	5.85	134.65	2.802	0.374
	7,200	23.00	250.00	333.33	13.50	28.80	21.60	63.90	334.11	43.21	377.32	5.79	133.18	2.833	0.373
	7,300	23.00	250.00	333.33	13.50	29.20	21.90	64.60	334.11	43.21	377.32	5.73	131.73	2.864	0.372
7.01 km ≤ d ≤ 7.50 km	7,400	23.00	250.00	333.33	13.50	29.60	22.20	65.30	334.11	43.21	377.32	5.67	130.32	2.895	0.371
	7,500	23.00	250.00	333.33	13.50	30.00	22.50	66.00	334.11	43.21	377.32	5.61	128.94	2.926	0.370
	7,600	23.00	250.00	333.33	13.50	30.40	22.80	66.70	334.11	43.21	377.32	5.55	127.59	2.957	0.369
	7,700	23.00	250.00	333.33	13.50	30.80	23.10	67.40	334.11	43.21	377.32	5.49	126.26	2.988	0.368
	7,800	23.00	250.00	333.33	13.50	31.20	23.40	68.10	334.11	43.21	377.32	5.43	124.96	3.019	0.367
7.51 km ≤ d ≤ 8.00 km	7,900	23.00	250.00	333.33	13.50	31.60	23.70	68.80	334.11	43.21	377.32	5.38	123.69	3.051	0.366
	8,000	23.00	250.00	333.33	13.50	32.00	24.00	69.50	334.11	43.21	377.32	5.32	122.45	3.082	0.365
	8,100	23.00	250.00	333.33	13.50	32.40	24.30	70.20	334.11	43.21	377.32	5.27	121.23	3.113	0.364
	8,200	23.00	250.00	333.33	13.50	32.80	24.60	70.90	334.11	43.21	377.32	5.22	120.03	3.144	0.363
	8,300	23.00	250.00	333.33	13.50	33.20	24.90	71.60	334.11	43.21	377.32	5.17	118.85	3.175	0.363
8.01 km ≤ d ≤ 8.50 km	8,400	23.00	250.00	333.33	13.50	33.60	25.20	72.30	334.11	43.21	377.32	5.12	117.70	3.206	0.362
	8,500	23.00	250.00	333.33	13.50	34.00	25.50	73.00	334.11	43.21	378.32	5.07	116.58	3.245	0.362
	8,600	23.00	250.00	333.33	13.50	34.40	25.80	73.70	334.11	43.21	379.32	5.02	115.47	3.285	0.362
	8,700	23.00	250.00	333.33	13.50	34.80	26.10	74.40	334.11	43.21	380.32	4.97	114.38	3.325	0.363
	8,800	23.00	250.00	333.33	13.50	35.20	26.40	75.10	334.11	43.21	381.32	4.93	113.32	3.365	0.363
8.51 km ≤ d ≤ 9.00 km	8,900	23.00	250.00	333.33	13.50	35.60	26.70	75.80	334.11	43.21	382.32	4.88	112.27	3.405	0.363
	9,000	23.00	250.00	333.33	13.50	36.00	27.00	76.50	334.11	43.21	377.32	4.84	111.24	3.392	0.357
	9,100	23.00	250.00	333.33	13.50	36.40	27.30	77.20	334.11	43.21	377.32	4.79	110.23	3.423	0.357
	9,200	23.00	250.00	333.33	13.50	36.80	27.60	77.90	334.11	43.21	377.32	4.75	109.24	3.454	0.356
	9,300	23.00	250.00	333.33	13.50	37.20	27.90	78.60	334.11	43.21	377.32	4.71	108.27	3.485	0.355
9,400	23.00	250.00	333.33	13.50	37.60	28.20	79.30	334.11	43.21	377.32	4.67	107.31	3.516	0.355	

9.01 km <= d <= 9.50 km	9,500	23.00	250.00	333.33	13.50	38.00	28.50	80.00	334.11	43.21	377.32	4.63	106.38	3.547	0.354
	9,600	23.00	250.00	333.33	13.50	38.40	28.80	80.70	334.11	43.21	377.32	4.58	105.45	3.578	0.353
	9,700	23.00	250.00	333.33	13.50	38.80	29.10	81.40	334.11	43.21	377.32	4.55	104.55	3.609	0.353
	9,800	23.00	250.00	333.33	13.50	39.20	29.40	82.10	334.11	43.21	377.32	4.51	103.65	3.640	0.352
	9,900	23.00	250.00	333.33	13.50	39.60	29.70	82.80	334.11	43.21	377.32	4.47	102.78	3.671	0.352
9.51 km <= d <= 10.00 km	10,000	23.00	250.00	333.33	13.50	40.00	30.00	83.50	334.11	43.21	377.32	4.43	101.92	3.702	0.351
	10,100	23.00	250.00	333.33	13.50	40.40	30.30	84.20	334.11	43.21	377.32	4.39	101.07	3.733	0.350
	10,200	23.00	250.00	333.33	13.50	40.80	30.60	84.90	334.11	43.21	377.32	4.36	100.24	3.764	0.350
	10,300	23.00	250.00	333.33	13.50	41.20	30.90	85.60	334.11	43.21	377.32	4.32	99.42	3.795	0.349
	10,400	23.00	250.00	333.33	13.50	41.60	31.20	86.30	334.11	43.21	377.32	4.29	98.61	3.826	0.349
10.01 km <= d <= 10.50 km	10,500	23.00	250.00	333.33	13.50	42.00	31.50	87.00	334.11	43.21	377.32	4.25	97.82	3.857	0.348
	10,600	23.00	250.00	333.33	13.50	42.40	31.80	87.70	334.11	43.21	377.32	4.22	97.04	3.889	0.348
	10,700	23.00	250.00	333.33	13.50	42.80	32.10	88.40	334.11	43.21	377.32	4.19	96.27	3.920	0.347
	10,800	23.00	250.00	333.33	13.50	43.20	32.40	89.10	334.11	43.21	377.32	4.15	95.51	3.951	0.347
	10,900	23.00	250.00	333.33	13.50	43.60	32.70	89.80	334.11	43.21	377.32	4.12	94.77	3.982	0.346
10.51 km <= d <= 11.00 km	11,000	23.00	250.00	333.33	13.50	44.00	33.00	90.50	334.11	43.21	377.32	4.09	94.03	4.013	0.346
	11,100	23.00	250.00	333.33	13.50	44.40	33.30	91.20	334.11	43.21	377.32	4.06	93.31	4.044	0.345
	11,200	23.00	250.00	333.33	13.50	44.80	33.60	91.90	334.11	43.21	377.32	4.03	92.60	4.075	0.345
	11,300	23.00	250.00	333.33	13.50	45.20	33.90	92.60	334.11	43.21	377.32	4.00	91.90	4.106	0.344
	11,400	23.00	250.00	333.33	13.50	45.60	34.20	93.30	334.11	43.21	377.32	3.97	91.21	4.137	0.344
11.01 km <= d <= 11.50 km	11,500	23.00	250.00	333.33	13.50	46.00	34.50	94.00	334.11	43.21	377.32	3.94	90.53	4.168	0.344
	11,600	23.00	250.00	333.33	13.50	46.40	34.80	94.70	334.11	43.21	377.32	3.91	89.86	4.199	0.343
	11,700	23.00	250.00	333.33	13.50	46.80	35.10	95.40	334.11	43.21	377.32	3.88	89.20	4.230	0.343
	11,800	23.00	250.00	333.33	13.50	47.20	35.40	96.10	334.11	43.21	377.32	3.85	88.55	4.261	0.342
	11,900	23.00	250.00	333.33	13.50	47.60	35.70	96.80	334.11	43.21	377.32	3.82	87.91	4.292	0.342
d <= 12.00 km	12,000	23.00	250.00	333.33	13.50	48.00	36.00	97.50	334.11	43.21	377.32	3.79	87.28	4.323	0.342

Tomada del Área de Costos Multicosailor Lima

4.1.4. Capacidad del Scoop

En la mina Huarón el carguío de volquetes se realiza en cámaras de carguío con *Scoop diésel R1300G CAT* con capacidad de 4.4 Yd³ o su equivalente de 3.4 m³.



Figura 16. Scoop CAT R1300G
Tomada de Caterpillar Performance Handbook. (12)

Especificaciones del equipo:

- Capacidad de cucharón: 4.4 yd³ (3.4 m³)
- Tiempo ideal de descarga: 2 segundos
- Tiempo ideal de levante: 5 segundos
- Tiempo ideal de descenso vacío: 2.3 segundos
- Ciclo de carga de lampón: 45 segundos
- Ciclo de lampón – volquete: 9.3 segundos
- Capacidad del VQ Actros 3344: 15 m³
- Capacidad de tolva: 31.22 t

El peso específico del material se calculará con 3.32 g/cm³ para el caso de mineral, mientras que el del desmonte será de 2.8 g/cm³, además de ello se tendrá en cuenta el factor de esponjamiento y factor de llenado por tipo de material roto (ver Tablas 14 y 15 respectivamente), teniendo en cuenta las variantes de las cámaras 857 y 871 de la zona Norte y Sur respectivamente.

Actualmente en la unidad minera Huarón se trabajan dos guardias de 12 horas cada una con una eficiencia del 85.4%, teniendo entonces un promedio de 20.5 horas al día.

Tabla 14. Factor de esponjamiento por tipo de material roto

Tipo de suelo	Porcentaje de esponjamiento (%)
Tierra vegetal, arena	9 a 15
Arcilla, tierra húmeda	15 a 25
Grava gruesa	25 a 35
Roca blanda semidura	35 a 45
Roca dura	45 a 65

Tomada de Gestión en las operaciones de transporte y acarreo. (13)

Tabla 15. Factor de llenado del Scoop

Tamaño	Factor de llenado (%)
Bien fragmentado	80 - 95
Fragmentación mediana	75 - 90
Mal fragmentando con lascas o bloques	60 - 75

Tomada de Manual de Rendimiento Caterpillar. (14)

4.1.5. Relación de Carga Scoop - Volquete

Se considerarán los parámetros de factor de llenado que será a un 90% después de haber considerado las pendientes y la velocidad con la que los equipos realizarán el transporte de material, además así evitar el derrame del material en la vía durante su traslado. Y el factor de esponjamiento que causará el aumento del tipo de material que este sea. Ver Tablas 14 y 15.

- Factor de llenado: 90%
- Esponjamiento en mineral: 25%
- Esponjamiento en desmonte: 30%

$$N.^\circ \text{ de cucharadas} = \frac{\text{capacidad del VQ en } m^3}{\text{capacidad de la cuchara en } m^3}$$

$$N.^\circ \text{ de cucharadas} = \frac{15 \text{ m}^3 * 90\%}{3.36 \text{ m}^3} = \mathbf{4.02}$$

Entonces se necesitan cuatro cucharas de material (mineral o desmonte) para poder llenar la capacidad que tiene el volquete Actros 3344.

$$TM \text{ cargadas} = N.^\circ \text{ cucharadas} * Pe * \left(\frac{1}{Fe}\right) * C \text{ cuchara m}^3$$

$$TM \text{ cargadas} = 4 * 2.8 * \left(\frac{1}{1.3}\right) * 3.36 = \mathbf{28.95 TM ... (desmonte)}$$

$$TM \text{ cargadas} = 4 * 3.32 * \left(\frac{1}{1.3}\right) * 3.36 = \mathbf{34.32 TM ... (mineral)}$$

La capacidad del volquete Mercedes Benz modelo Actros 3344 tiene una **capacidad económica de carga de 31.22 TM**, considerando entonces el factor de esponjamiento para los diversos materiales que se van a transportar, sin embargo, se hizo mención anteriormente sobre las **cámaras de carguío 857 y 871** tanto en la zona Norte y Sur respectivamente que el material a transportar cuenta con mayor peso específico ($> 3.32 \text{ g/cm}^3$), por lo que **para dichas cámaras el carguío solo tendrá que ser con tres cucharas** del *Scoop R1300G* con las condiciones ya especificadas.

4.1.6. Tiempo de carguío *Scoop* - volquete

La toma de tiempo inicia en el momento que el volquete se posiciona en la cámara de carguío para que así el *Scoop* pueda proceder con el carguío.

A continuación, en los siguientes cuadros se muestran los diferentes puntos de carguío con los tiempos promedios de demora de carguío *Scoop* – volquete de las diferentes cámaras de carguío tanto de la zona Norte como de la zona Sur, de la unidad minera Huarón.

Para la toma de tiempos se tuvo en cuenta los siguientes tiempos:

- Tiempo de punto de carguío a bocamina
- Tiempo tráfico interior mina – cargado
- Tiempo de boca mina a punto de descarga

- Tráfico en superficie de cargado
- Espera en balanza
- Tiempo de pesaje
- Tiempo de descarga
- Tiempo de punto de descarga a bocamina
- Tiempo tráfico en superficie
- Tiempo de boca mina a punto de carguío
- Tiempo tráfico interior de mina – vacío
- Tiempo de espera en cola
- Tiempo de carguío

Tabla 16. Tiempo promedio de carguío - zona Norte

<i>CM - zona Norte</i>	<i>Destino</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo de carguío (min)</i>	<i>Tiempo cargado (min)</i>	<i>Tiempo vacío (min)</i>	<i>Tiempo de ciclo (min)</i>
<i>CM 231</i>	<i>Tolva</i>	<i>4.77</i>	<i>4</i>	<i>35</i>	<i>15</i>	<i>50</i>
<i>CM 231</i>	<i>TV. Gemela</i>	<i>1.36</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>7</i>	<i>17</i>
<i>CM 231</i>	<i>C3</i>	<i>4.57</i>	<i>5</i>	<i>40</i>	<i>20</i>	<i>60</i>
<i>CM 231</i>	<i>C2</i>	<i>4.52</i>	<i>5</i>	<i>37</i>	<i>20</i>	<i>57</i>
<i>CM 232</i>	<i>TV. Gemela</i>	<i>1.03</i>	<i>5</i>	<i>11</i>	<i>8</i>	<i>19</i>
<i>CM 232</i>	<i>Portón 3</i>	<i>4.69</i>	<i>12</i>	<i>35</i>	<i>25</i>	<i>60</i>
<i>CM 232</i>	<i>C2</i>	<i>4.17</i>	<i>5</i>	<i>30</i>	<i>20</i>	<i>50</i>
<i>CM 232</i>	<i>C3</i>	<i>4.22</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>20</i>	<i>50</i>
<i>CM 825</i>	<i>Tolva</i>	<i>4.70</i>	<i>8</i>	<i>40</i>	<i>20</i>	<i>60</i>
<i>CM 825</i>	<i>TV. Gemela</i>	<i>1.31</i>	<i>14</i>	<i>16</i>	<i>10</i>	<i>26</i>
<i>CM 825</i>	<i>Portón 3</i>	<i>4.97</i>	<i>6</i>	<i>38</i>	<i>25</i>	<i>63</i>
<i>CM 825</i>	<i>C2</i>	<i>4.45</i>	<i>12</i>	<i>33</i>	<i>20</i>	<i>53</i>
<i>CM 825</i>	<i>C3</i>	<i>4.50</i>	<i>15</i>	<i>45</i>	<i>20</i>	<i>65</i>
<i>CM 978</i>	<i>Tolva</i>	<i>4.70</i>	<i>12</i>	<i>34</i>	<i>22</i>	<i>56</i>
<i>CM 978</i>	<i>TV. Gemela</i>	<i>1.27</i>	<i>5</i>	<i>15</i>	<i>7</i>	<i>22</i>
<i>CM 978</i>	<i>C2</i>	<i>4.41</i>	<i>5</i>	<i>35</i>	<i>25</i>	<i>60</i>
<i>CM 978</i>	<i>Portón 3</i>	<i>4.93</i>	<i>8</i>	<i>33</i>	<i>20</i>	<i>53</i>
<i>CM 857</i>	<i>TV. Gemela</i>	<i>1.86</i>	<i>8</i>	<i>25</i>	<i>12</i>	<i>37</i>
<i>CM 857</i>	<i>Tolva</i>	<i>5.28</i>	<i>20</i>	<i>35</i>	<i>28</i>	<i>63</i>
<i>CM 857</i>	<i>Portón 3</i>	<i>5.55</i>	<i>20</i>	<i>40</i>	<i>30</i>	<i>70</i>
<i>CM 857</i>	<i>C2</i>	<i>5.03</i>	<i>25</i>	<i>45</i>	<i>25</i>	<i>70</i>

Tabla 17. Tiempo promedio de carguío - zona Sur

CM - zona Sur	Destino	Distancia (km)	Tiempo de carguío (min)	Tiempo cargado (min)	Tiempo vacío (min)	Tiempo de ciclo (min)
CAM 10	Portón 3	2.87	15	37	17	54
CAM 500	Portón 3	3.86	26	38	23	61
CAM 824C	Portón 3	4.76	7	50	20	70
CAM 825	Portón 3	4.76	17	45	27	71
CAM 871A	Tolva	5.54	12	39	26	65
	C2	5.30	18	44	30	74
	Portón 3	5.81	17	25	55	80
CAM 922	Tolva	5.11	14	42	28	69
	C2	4.86	16	40	32	72
	Portón 3	5.37	6	36	26	62
CAM 932	Tolva	5.36	10	18	27	45
	C2	5.11	15	45	31	76
	Portón 3	5.62	10	44	31	74
CAM 948	Tolva	5.11	16	37	23	60
	C2	4.87	14	35	28	63
	C3	4.91	21	34	28	62
	Portón 3	6.01	14	33	33	66
CAM 943-2	C2	4.68	5	33	28	61

4.1.7. Cálculo de Tiempos de Demora

Se realizó la toma de tiempos de demora en las cámaras de carguío de las zonas Sur y Norte de la unidad minera Huarón, estos datos fueron obtenidos a partir de los reportes de operación de cada operador de volquete.

Además de ello, para los cálculos efectuados se está considerando un tiempo ideal de 6 minutos de demora en el carguío de cada volquete, este dato se consideró a partir de los precios unitarios establecidos entre la unidad minera Huarón y la empresa especializada *Multicosailor*.

✓ **Tiempos de Carguío en la Zona Norte**

Tabla 18. Demoras en tiempo de carguío CM-231

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASM-783	MCH 23	día	CM 231	21:17	21:21	4	6	-2.00
2	ASM-783	MCH 23	día	CM 231	23:43	00:05	22	6	16.00
3	ASM-783	MCH 23	día	CM 231	00:49	00:55	6	6	0.00
4	ASM-783	MCH 23	día	CM 231	02:10	02:24	14	6	8.00
5	ASM-783	MCH 23	día	CM 231	03:24	03:49	25	6	19.00
6	ASM-783	MCH 23	día	CM 231	05:12	05:21	9	6	3.00
7	ASB-863	MCH 22	día	CM 231	21:00	21:15	15	6	9.00
8	ASB-863	MCH 22	día	CM 231	22:15	22:33	18	6	12.00
9	ASB-863	MCH 22	día	CM 231	23:35	23:41	6	6	0.00
10	ASB-863	MCH 22	día	CM 231	00:00	00:13	13	6	7.00
Tiempo promedio de demora de carguío							13.2	6	7.2

Tabla 19. Demoras en tiempo de carguío CM-232

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASB-863	MCH 22	día	CM 232	01:15	01:40	25	6	19.00
2	ASB-863	MCH 22	día	CM 232	02:40	02:48	8	6	2.00
3	ASB-863	MCH 22	día	CM 232	03:45	03:53	8	6	2.00
4	ASB-863	MCH 22	día	CM 232	04:45	05:15	30	6	24.00
5	ASK-900	MCH 26	día	CM 232	21:28	21:33	5	6	-1.00
6	ASK-900	MCH 26	día	CM 232	22:57	23:15	18	6	12.00
7	ASK-900	MCH 26	día	CM 232	00:50	00:57	7	6	1.00
8	ASK-900	MCH 26	día	CM 232	01:22	01:28	6	6	0.00
9	ASK-900	MCH 26	día	CM 232	02:34	02:40	6	6	0.00
10	ASK-900	MCH 26	día	CM 232	04:22	04:45	23	6	17.00
Tiempo promedio de demora de carguío							13.6	6	7.6

Tabla 20. Demoras en tiempo de carguío CM-825

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASK-900	MCH 26	día	CM 825	05:14	05:17	3	6	-3.00
2	ASC-721	MCH 21	día	CM 825	21:21	22:03	42	6	36.00
3	ASC-721	MCH 21	día	CM 825	22:31	22:50	19	6	13.00
4	ASC-721	MCH 21	día	CM 825	23:18	23:38	20	6	14.00
5	ASC-721	MCH 21	día	CM 825	01:03	01:06	3	6	-3.00
6	ASC-721	MCH 21	día	CM 825	02:23	02:28	5	6	-1.00
7	ASC-721	MCH 21	día	CM 825	04:06	04:14	8	6	2.00
8	ASC-721	MCH 21	día	CM 825	05:03	05:07	4	6	-2.00
9	ASL-827	MCH 24	día	CM 825	21:47	22:04	17	6	11.00
10	ASL-827	MCH 24	día	CM 825	22:46	23:03	17	6	11.00
Tiempo promedio de demora de carguío							13.8	6	7.8

Tabla 21. Demoras en tiempo de carguío CM-857

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASC-706	MCH 20	noche	CM 857	00:10	00:20	10	6	4.00
2	ASC-706	MCH 20	noche	CM 857	00:47	00:55	8	6	2.00
3	ASC-706	MCH 20	noche	CM 857	01:21	01:34	13	6	7.00
4	ASC-706	MCH 20	noche	CM 857	02:10	02:18	8	6	2.00
5	ASC-706	MCH 20	noche	CM 857	03:15	03:22	7	6	1.00
6	ASC-706	MCH 20	noche	CM 857	03:58	04:06	8	6	2.00
7	ASC-706	MCH 20	noche	CM 857	04:43	04:56	13	6	7.00
8	ATP-920	MCH 28	noche	CM 857	21:09	21:11	2	6	-4.00
9	ATP-920	MCH 28	noche	CM 857	22:18	22:26	8	6	2.00
10	ATP-920	MCH 28	noche	CM 857	23:34	23:38	4	6	-2.00
Tiempo promedio de demora de carguío							8.1	6	2.1

Tabla 22. Demoras en tiempo de carguío CM-978

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASL-827	MCH 24	día	CM 978	23:50	00:08	18	6	12.00
2	ASL-827	MCH 24	día	CM 978	00:32	00:45	13	6	7.00
3	ASL-827	MCH 24	día	CM 978	01:05	01:10	5	6	-1.00
4	ASL-827	MCH 24	día	CM 978	01:50	01:54	4	6	-2.00
5	ASL-827	MCH 24	día	CM 978	02:33	02:38	5	6	-1.00
6	ASL-827	MCH 24	día	CM 978	03:36	03:41	5	6	-1.00
7	ASL-827	MCH 24	día	CM 978	04:35	04:48	13	6	7.00
8	ASC-706	MCH 20	día	CM 978	21:15	21:38	23	6	17.00
9	ASC-706	MCH 20	día	CM 978	22:19	22:39	20	6	14.00
10	ASC-706	MCH 20	día	CM 978	23:29	23:35	6	6	0.00
TIEMPO PROMEDIO DE DEMORA DE CARGUÍO							11.2	6	5.2

✓ **Tiempos de Carguío en la Zona Sur**

Tabla 23. Demoras en tiempo de carguío CM-871

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASL-704	MCH 25	día	CAM 871	16:47	16:56	9.00	6.00	3.00
2	ASL-704	MCH 25	día	CAM 871	17:17	17:24	7.00	6.00	1.00
3	ASL-827	MCH 24	día	CAM 871	09:33	09:46	13.00	6.00	7.00
4	ASL-827	MCH 24	día	CAM 871	10:07	10:14	7.00	6.00	1.00
5	ASL-827	MCH 24	día	CAM 871	10:42	10:45	3.00	6.00	-3.00
6	ASL-827	MCH 24	día	CAM 871	11:25	11:35	10.00	6.00	4.00
7	ASL-827	MCH 24	día	CAM 871	12:10	13:08	58.00	6.00	52.00
8	ASL-827	MCH 24	día	CAM 871	14:39	15:50	71.00	6.00	65.00
9	ASL-827	MCH 24	día	CAM 871	16:14	16:24	10.00	6.00	4.00
10	ASL-827	MCH 24	día	CAM 871	17:04	17:14	10.00	6.00	4.00
11	ASB-863	MCH 22	día	CAM 871	09:00	09:12	12.00	6.00	6.00
12	ASB-863	MCH 22	día	CAM 871	11:33	11:45	12.00	6.00	6.00
13	ASB-863	MCH 22	día	CAM 871	12:10	12:26	16.00	6.00	10.00
14	ASB-863	MCH 22	día	CAM 871	12:55	13:00	5.00	6.00	-1.00
15	ASB-863	MCH 22	día	CAM 871	15:11	15:20	9.00	6.00	3.00
Tiempo promedio de demora de carguío							16.80	6	10.80

Tabla 24. Demoras en tiempo de carguío CM-922

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASB-863	MCH 22	día	CAM 922	15:50	16:00	10.00	6.00	4.00
2	ASB-863	MCH 22	día	CAM 922	16:25	16:31	6.00	6.00	0.00
3	ASB-863	MCH 22	día	CAM 922	16:52	16:57	5.00	6.00	-1.00
4	ASK-900	MCH 26	día	CAM 922	09:20	09:22	2.00	6.00	-4.00
5	ASK-900	MCH 26	día	CAM 922	11:30	11:10	10.00	6.00	4.00
6	ASK-900	MCH 26	día	CAM 922	14:20	14:40	20.00	6.00	14.00
7	ASK-900	MCH 26	día	CAM 922	16:55	17:05	10.00	6.00	4.00
8	ATP-920	MCH 28	día	CAM 922	09:38	10:30	52.00	6.00	46.00
9	ATP-920	MCH 28	día	CAM 922	11:30	12:16	46.00	6.00	40.00
10	ATP-920	MCH 28	día	CAM 922	14:24	14:44	20.00	6.00	14.00
11	ATP-920	MCH 28	día	CAM 922	15:30	15:34	4.00	6.00	-2.00
12	ATP-920	MCH 28	día	CAM 922	16:19	16:21	2.00	6.00	-4.00
13	ATP-920	MCH 28	día	CAM 922	17:10	17:20	10.00	6.00	4.00
14	ASL-704	MCH 25	día	CAM 922	10:50	11:00	10.00	6.00	4.00
15	ASL-704	MCH 25	día	CAM 922	11:55	12:05	10.00	6.00	4.00
Tiempo promedio de demora de carguío							14.47	6	8.47

Tabla 25. Demoras en tiempo de carguío CM-932

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASC-721	MCH 21	noche	CAM 932	21:31	21:40	9.00	6.00	3.00
2	ASC-721	MCH 21	noche	CAM 932	23:26	23:35	9.00	6.00	3.00
3	ASC-721	MCH 21	noche	CAM 932	00:10	00:13	3.00	6.00	-3.00
4	ASC-721	MCH 21	noche	CAM 932	00:53	00:57	4.00	6.00	-2.00
5	ASC-721	MCH 21	noche	CAM 932	01:45	01:47	2.00	6.00	-4.00
6	ASC-721	MCH 21	noche	CAM 932	02:38	02:45	7.00	6.00	1.00
7	ASC-721	MCH 21	noche	CAM 932	03:54	04:00	6.00	6.00	0.00
8	ASC-721	MCH 21	noche	CAM 932	04:31	04:41	10.00	6.00	4.00
9	ASC-721	MCH 21	noche	CAM 932	05:09	05:11	2.00	6.00	-4.00
10	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 932	21:56	22:11	15.00	6.00	9.00
11	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 932	23:10	23:24	14.00	6.00	8.00
12	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 932	00:10	00:23	13.00	6.00	7.00
13	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 932	00:47	01:04	17.00	6.00	11.00
14	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 932	01:17	01:35	18.00	6.00	12.00
15	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 932	01:44	01:50	6.00	6.00	0.00
Tiempo promedio de demora de carguío							9.00	6	3.00

Tabla 26. Demoras en tiempo de carguío CM-948

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 948	02:31	02:38	7.00	6.00	1.00
2	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 948	03:11	03:16	5.00	6.00	-1.00
3	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 948	03:59	04:14	15.00	6.00	9.00
4	ASC-706	MCH 20	noche	CAM 948	04:50	05:04	14.00	6.00	8.00
5	ASM-783	MCH 23	noche	CAM 948	22:46	23:07	21.00	6.00	15.00
6	ASM-783	MCH 23	noche	CAM 948	00:51	01:02	11.00	6.00	5.00
7	ASM-783	MCH 23	noche	CAM 948	01:37	01:42	5.00	6.00	-1.00
8	ASM-783	MCH 23	noche	CAM 948	02:11	02:17	6.00	6.00	0.00
9	ASM-783	MCH 23	noche	CAM 948	02:48	02:51	3.00	6.00	-3.00
10	ASM-783	MCH 23	noche	CAM 948	04:44	04:51	7.00	6.00	1.00
11	ASL-704	MCH 25	noche	CAM 948	21:02	21:10	8.00	6.00	2.00
12	ASL-704	MCH 25	noche	CAM 948	22:18	22:30	12.00	6.00	6.00
13	ASL-704	MCH 25	noche	CAM 948	23:30	23:42	12.00	6.00	6.00
14	ASL-704	MCH 25	noche	CAM 948	01:35	01:38	3.00	6.00	-3.00
15	ASL-704	MCH 25	noche	CAM 948	02:26	02:34	8.00	6.00	2.00
Tiempo promedio de demora de carguío							9.13	6	3.13

Tabla 27. Demoras en tiempo de carguío CM-943-2

Ítem	Placa	Código MCH	Turno	Cám. carguío	Hora inicio	Hora final	Tiempo de carguío real (min)	Tiempo de carguío ideal (min)	Diferencia (min)
1	ASL-704	MCH 25	NOCHE	CAM 943-2	03:35	03:38	3.00	6.00	-3.00
2	ASL-704	MCH 25	NOCHE	CAM 943-2	03:56	04:02	6.00	6.00	0.00
3	ASL-704	MCH 25	NOCHE	CAM 943-2	04:40	04:50	10.00	6.00	4.00
4	ASL-827	MCH 24	NOCHE	CAM 943-2	21:36	21:48	12.00	6.00	6.00
5	ASL-827	MCH 24	NOCHE	CAM 943-2	22:57	23:08	11.00	6.00	5.00
6	ASL-827	MCH 24	NOCHE	CAM 943-2	00:54	00:05	11.00	6.00	5.00
7	ASL-827	MCH 24	NOCHE	CAM 943-2	00:32	00:45	13.00	6.00	7.00
8	ASL-827	MCH 24	NOCHE	CAM 943-2	01:02	01:08	6.00	6.00	0.00
9	ASL-827	MCH 24	NOCHE	CAM 943-2	02:00	02:07	7.00	6.00	1.00
10	ASL-827	MCH 24	NOCHE	CAM 943-2	02:50	02:58	8.00	6.00	2.00
11	ASL-827	MCH 24	NOCHE	CAM 943-2	03:35	03:43	8.00	6.00	2.00
12	ASL-827	MCH 24	NOCHE	CAM 943-2	04:26	04:36	10.00	6.00	4.00
13	ASB-863	MCH 22	NOCHE	CAM 943-2	21:22	22:00	38.00	6.00	32.00
14	ASB-863	MCH 22	NOCHE	CAM 943-2	22:50	23:25	35.00	6.00	29.00
15	ASB-863	MCH 22	NOCHE	CAM 943-2	00:36	01:10	34.00	6.00	28.00
Tiempo promedio de demora de carguío							14.13	6	8.13

4.1.8. Análisis de Tiempos Improductivos

A continuación, se muestra el seguimiento de los principales tiempos improductivos que afectan a la operación por parte de la unidad minera Huarón, lo cual afecta a la contrata *Multicosailor S. A. C.*

Tabla 28. Tiempos improductivos - zona Norte

Norte						
Fecha	Traslado en vacío	Tráfico en la vía	Espera de equipo	Espera en bocamina	Espera de orden	Total
26-oct	0:44:00	0:00:00	4:11:00	1:37:00	0:00:00	6:32:00
27-oct	3:23:00	0:00:00	8:16:00	1:18:00	0:00:00	12:57:00
28-oct	0:00:00	0:00:00	11:29:00	1:58:00	0:00:00	13:27:00
29-oct	1:34:00	1:08:00	9:24:00	3:04:00	0:00:00	16:18:00
30-oct	0:44:00	0:00:00	16:38:00	0:16:00	0:00:00	17:38:00
31-oct	0:38:00	0:30:00	8:11:00	1:42:00	0:00:00	11:31:00
01-nov	0:40:00	2:04:00	5:20:00	1:46:00	0:00:00	11:54:00
02-nov	2:35:00	0:00:00	5:02:00	0:14:00	0:08:00	7:59:00
03-nov	0:37:00	0:00:00	7:15:00	1:34:00	0:00:00	9:26:00
04-nov	1:01:00	0:00:00	4:35:00	0:18:00	0:00:00	5:54:00
05-nov	0:35:00	0:00:00	6:34:00	0:25:00	0:00:00	7:34:00
06-nov	0:00:00	0:00:00	7:13:00	3:10:00	0:00:00	10:23:00
07-nov	0:15:00	0:00:00	8:46:00	0:49:00	0:00:00	9:50:00
08-nov	0:00:00	0:00:00	8:52:00	1:12:00	0:00:00	10:04:00
09-nov	0:10:00	0:00:00	13:12:00	0:52:00	0:00:00	14:14:00
10-nov	0:11:00	0:00:00	19:14:00	0:46:00	0:00:00	20:11:00
11-nov	0:25:00	0:00:00	40:19:00	1:39:00	0:00:00	42:23:00
12-nov	0:12:00	0:00:00	14:54:00	1:41:00	0:00:00	16:47:00
13-nov	0:31:00	0:00:00	6:34:00	2:15:00	0:00:00	9:45:00
14-nov	0:17:00	0:00:00	17:53:00	3:09:00	0:00:00	21:19:00
15-nov	0:37:00	0:00:00	8:49:00	0:43:00	0:00:00	10:09:00
16-nov	0:36:00	0:12:00	8:37:00	1:59:00	0:00:00	11:36:00
17-nov	0:00:00	0:00:00	6:31:00	1:02:00	0:00:00	8:10:00
18-nov	0:08:00	0:00:00	5:04:00	0:00:00	0:00:00	5:12:00
19-nov	0:09:00	0:00:00	3:57:00	1:06:00	0:51:00	6:03:00
20-nov	0:05:00	0:21:00	5:58:00	2:10:00	0:00:00	8:55:00
21-nov	0:00:00	0:00:00	6:04:00	1:32:00	0:00:00	7:36:00
22-nov	0:12:00	0:00:00	6:02:00	0:35:00	0:00:00	6:49:00
23-nov	0:22:00	0:00:00	9:46:00	1:03:00	0:00:00	11:11:00
24-nov	0:05:00	0:00:00	5:39:00	0:26:00	0:00:00	6:10:00
25-nov	0:00:00	0:00:00	5:27:00	0:11:00	0:00:00	5:38:00
26-nov	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
Total	16:46:00	4:15:00	295:46:00	40:32:00	0:59:00	363:35:00

ACTIVIDAD	Total Hrs	% de Hrs
TV	16:46:00	4.6%
TRV	4:15:00	1.2%
EE	295:46:00	81.3%
EB	40:32:00	11.1%
EO	0:59:00	0.3%
TOTAL	363:35:00	100.0%

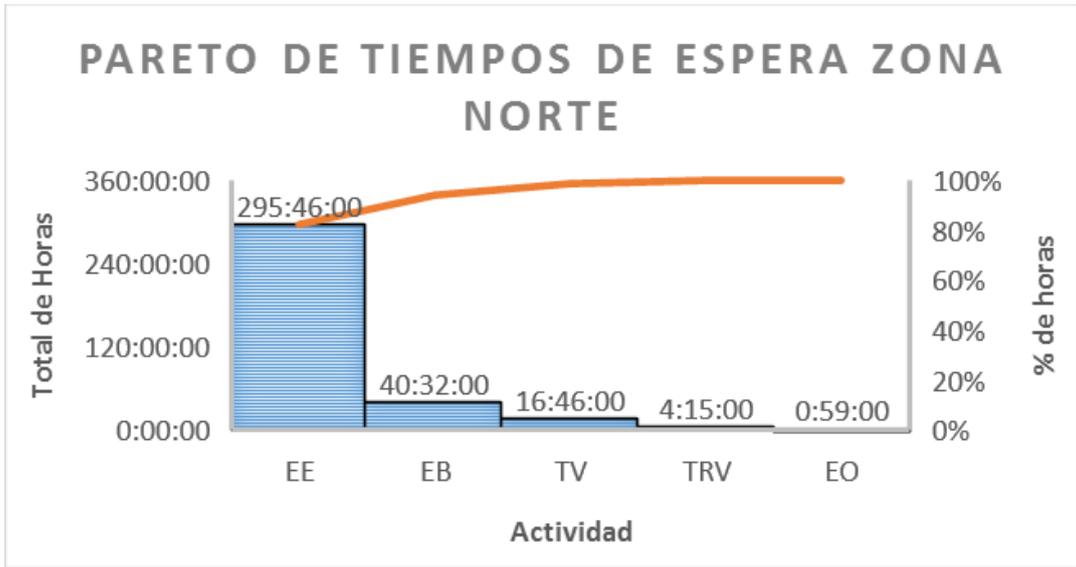


Figura 17. Diagrama de Pareto - zona Norte

Del diagrama de Pareto se concluye que, durante el seguimiento a las demoras en la operación, la espera de equipo (EE) en la zona Norte tiene un total de 295 horas acumuladas durante el mes de seguimiento, el cual representa el 81.3% de las horas improductivas totales durante un mes.

Tabla 29. Tiempos improductivos - implementado el SIC

Norte						
Fecha	Traslado en vacío	Tráfico en la vía	Espera de equipo	Espera en bocamina	Espera de orden	Total
26-nov	2:40:00	1:40:00	4:56:00	0:37:00	0:00:00	11:33:00
27-nov	0:59:00	0:00:00	4:03:00	0:00:00	1:45:00	6:47:00
28-nov	2:42:00	0:00:00	7:53:00	0:41:00	0:00:00	11:16:00
29-nov	1:53:00	0:50:00	10:06:00	0:00:00	3:25:00	17:04:00
30-nov	1:10:00	1:00:00	3:20:00	0:25:00	0:00:00	6:55:00
01-dic	1:22:00	0:00:00	8:04:00	0:00:00	0:00:00	9:26:00
02-dic	3:40:00	0:40:00	5:44:00	0:00:00	0:00:00	10:44:00
03-dic	1:10:00	0:00:00	10:15:00	0:56:00	0:00:00	12:21:00
04-dic	0:00:00	0:00:00	8:49:00	0:20:00	0:00:00	9:09:00
05-dic	0:00:00	0:00:00	4:23:00	0:58:00	0:00:00	5:21:00
06-dic	0:05:00	0:00:00	6:26:00	0:57:00	0:00:00	7:28:00
07-dic	0:00:00	0:00:00	6:55:00	1:19:00	0:00:00	8:14:00
08-dic	0:00:00	0:00:00	7:34:00	0:50:00	0:00:00	8:24:00
09-dic	0:00:00	0:00:00	11:59:00	0:38:00	0:00:00	12:37:00
10-dic	0:07:00	0:00:00	5:40:00	1:09:00	0:00:00	6:56:00
11-dic	0:17:00	0:00:00	8:28:00	0:16:00	0:00:00	9:01:00
12-dic	0:00:00	0:00:00	6:42:00	1:05:00	0:00:00	7:47:00
13-dic	0:36:00	0:43:00	5:55:00	1:11:00	0:00:00	9:08:00
14-dic	0:08:00	0:00:00	9:03:00	2:09:00	0:00:00	11:20:00
15-dic	0:11:00	0:00:00	9:42:00	1:56:00	0:00:00	11:49:00
16-dic	0:00:00	0:00:00	6:58:00	1:28:00	0:00:00	8:26:00
17-dic	0:00:00	0:00:00	6:50:00	0:00:00	0:00:00	6:50:00
18-dic	0:14:00	0:00:00	5:24:00	0:14:00	0:00:00	5:52:00
19-dic	0:25:00	0:00:00	3:57:00	0:05:00	0:00:00	4:27:00
20-dic	0:18:00	0:00:00	6:22:00	1:30:00	3:08:00	11:18:00
21-dic	0:33:00	0:00:00	5:05:00	0:07:00	0:00:00	5:45:00
22-dic	0:53:00	0:00:00	5:45:00	0:00:00	0:00:00	6:38:00
23-dic	0:07:00	0:00:00	6:50:00	0:00:00	0:00:00	6:57:00
24-dic	0:00:00	0:00:00	3:55:00	0:09:00	0:00:00	4:04:00
25-dic	0:20:00	0:00:00	8:14:00	1:09:00	0:00:00	9:43:00
26-dic	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
27-dic	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
Total	19:50:00	4:53:00	205:17:00	20:09:00	8:18:00	263:20:00

Actividad	Total horas	% de horas
TV	19:50:00	7.5%
TRV	4:53:00	1.9%
EE	205:17:00	78.0%
EB	20:09:00	7.7%
EO	8:18:00	3.2%
Total	263:20:00	100.0%

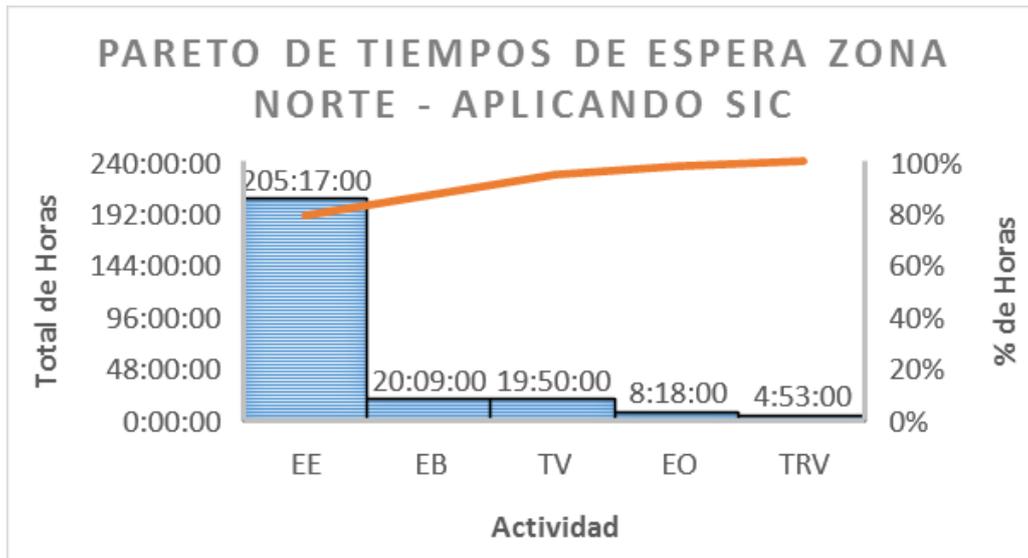


Figura 18. Diagrama de Pareto zona Norte – implementando el SIC

Del diagrama de Pareto se concluye que, durante el seguimiento a las demoras en la operación, la espera de equipo (EE) en la zona Norte tiene un total de 205 horas acumuladas durante el mes de seguimiento, el cual representa el 78.0% de las horas improductivas totales durante un mes.

Respecto al mes pasado se observa que en la Espera de equipo se tuvo una **disminución de un total de 90 horas**, después de haber **implementado el SIC** como herramienta de gestión para el incremento de la productividad.

Tabla 30. Tiempos improductivos - zona Sur

Sur						
Fecha	Traslado en vacío	Tráfico en la vía	Espera de equipo	Espera en bocamina	Espera de orden	Total
26-oct	1:20:00	0:09:00	7:25:00	0:42:00	0:00:00	9:45:00
27-oct	0:24:00	0:12:00	8:14:00	0:47:00	0:00:00	9:49:00
28-oct	0:53:00	1:28:00	7:01:00	0:04:00	0:53:00	11:47:00
29-oct	0:46:00	0:00:00	7:39:00	0:15:00	0:00:00	8:40:00
30-oct	1:04:00	0:00:00	7:56:00	0:04:00	0:00:00	9:04:00
31-oct	0:27:00	0:00:00	8:20:00	0:16:00	0:32:00	9:35:00
01-nov	0:49:00	0:20:00	3:51:00	0:20:00	0:00:00	5:40:00
02-nov	0:48:00	0:26:00	9:27:00	0:10:00	0:00:00	11:17:00
03-nov	0:28:00	0:00:00	8:06:00	0:06:00	0:00:00	8:40:00
04-nov	0:21:00	0:00:00	7:43:00	0:00:00	0:00:00	8:04:00
05-nov	0:47:00	0:00:00	8:59:00	0:08:00	0:00:00	9:54:00
06-nov	0:00:00	0:00:00	6:43:00	0:57:00	0:00:00	7:40:00
07-nov	0:00:00	0:00:00	11:05:00	0:08:00	0:00:00	11:13:00
08-nov	0:00:00	0:00:00	8:41:00	0:25:00	0:00:00	9:06:00
09-nov	0:00:00	0:00:00	7:49:00	0:47:00	0:00:00	8:36:00
10-nov	0:00:00	0:00:00	9:32:00	0:50:00	0:00:00	10:22:00
11-nov	0:10:00	0:08:00	10:37:00	0:20:00	0:00:00	11:23:00
12-nov	0:00:00	0:00:00	8:16:00	0:14:00	0:00:00	8:30:00
13-nov	0:25:00	0:13:00	3:42:00	1:52:00	0:00:00	6:55:00
14-nov	1:11:00	0:30:00	3:37:00	3:01:00	0:00:00	8:49:00
15-nov	1:18:00	0:00:00	5:06:00	1:08:00	0:00:00	7:42:00
16-nov	1:00:00	0:00:00	5:47:00	1:01:00	0:00:00	8:07:00
17-nov	0:32:00	0:00:00	4:14:00	0:38:00	0:00:00	6:11:00
18-nov	0:00:00	0:00:00	2:14:00	0:00:00	0:00:00	2:14:00
19-nov	1:00:00	0:00:00	3:46:00	1:48:00	0:00:00	6:34:00
20-nov	1:07:00	0:15:00	5:43:00	1:15:00	0:00:00	8:35:00
21-nov	2:00:00	0:00:00	5:51:00	0:26:00	0:00:00	8:37:00
22-nov	0:35:00	0:00:00	4:20:00	0:19:00	0:00:00	5:14:00
23-nov	1:03:00	0:00:00	8:21:00	0:40:00	0:00:00	0:35:00
24-nov	0:17:00	0:00:00	4:50:00	0:23:00	0:00:00	1:35:00
25-nov	0:00:00	0:00:00	3:14:00	0:00:00	0:00:00	2:35:00
26-nov	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	3:35:00
Total	18:45:00	3:41:00	208:09:00	19:04:00	1:25:00	238:38:00

Actividad	Total horas	% de horas
TV	18:45:00	7.3%
TRV	3:41:00	1.4%
EE	208:09:00	81.0%
EB	19:04:00	7.4%
EO	1:25:00	0.6%
Total	256:51:00	100.0%

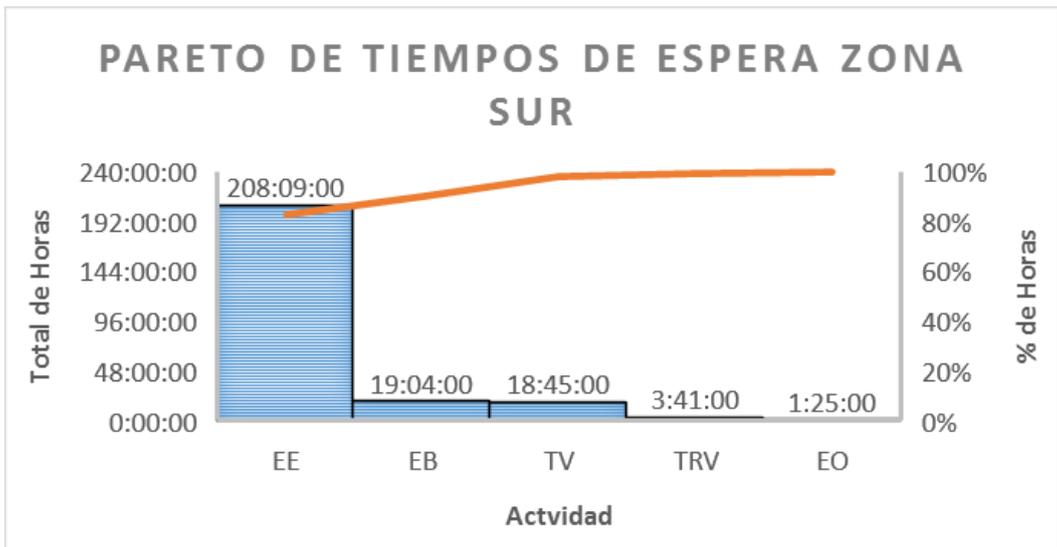


Figura 19. Diagrama de Pareto - zona Sur

Del diagrama de Pareto se concluye que, durante el seguimiento a las demoras en la operación, la espera de equipo (EE) en la zona Sur tiene un total de 208 horas acumuladas durante el mes de seguimiento, el cual representa el 81.0% de las horas improductivas totales durante un mes.

Tabla 31. Tiempos improductivos zona Sur - implementando el SIC

Sur						
Fecha	Traslado en vacío	Tráfico en la vía	Espera de equipo	Espera en bocamina	Espera de orden	Total
26-nov	0:45:00	0:00:00	2:54:00	0:03:00	0:00:00	3:42:00
27-nov	2:48:00	0:00:00	3:38:00	0:10:00	0:00:00	6:36:00
28-nov	0:30:00	0:00:00	3:41:00	0:00:00	0:26:00	4:37:00
29-nov	1:37:00	0:12:00	3:04:00	0:00:00	0:00:00	5:05:00
30-nov	1:43:00	0:00:00	7:31:00	0:23:00	0:00:00	9:37:00
01-dic	1:23:00	0:00:00	7:22:00	0:00:00	0:42:00	9:27:00
02-dic	1:24:00	0:00:00	3:15:00	0:00:00	0:00:00	4:39:00
03-dic	0:00:00	0:00:00	3:40:00	0:20:00	0:00:00	4:00:00
04-dic	0:12:00	1:15:00	3:50:00	0:00:00	0:00:00	6:32:00
05-dic	0:11:00	0:00:00	4:50:00	0:20:00	0:00:00	5:21:00
06-dic	0:55:00	0:00:00	5:55:00	0:25:00	0:00:00	7:15:00
07-dic	1:55:00	0:00:00	3:58:00	0:23:00	0:00:00	6:26:00
08-dic	0:15:00	0:00:00	2:08:00	0:00:00	0:00:00	2:23:00
09-dic	0:14:00	0:00:00	1:46:00	0:04:00	0:00:00	2:04:00
10-dic	1:59:00	0:00:00	2:49:00	1:30:00	0:45:00	7:03:00
11-dic	0:15:00	0:00:00	4:04:00	1:42:00	0:00:00	6:01:00
12-dic	0:00:00	0:00:00	1:31:00	0:41:00	0:00:00	2:12:00
13-dic	0:11:00	0:00:00	5:44:00	0:33:00	0:00:00	6:28:00
14-dic	1:35:00	0:00:00	7:27:00	1:13:00	0:00:00	10:15:00
15-dic	3:07:00	0:57:00	2:45:00	0:10:00	0:00:00	7:56:00
16-dic	0:56:00	0:00:00	4:44:00	2:03:00	0:00:00	7:43:00
17-dic	0:49:00	0:00:00	3:47:00	0:00:00	0:00:00	4:36:00
18-dic	0:28:00	0:25:00	4:40:00	0:00:00	0:00:00	5:58:00
19-dic	0:52:00	0:00:00	33:04:00	0:00:00	0:00:00	33:56:00
20-dic	0:29:00	0:00:00	7:09:00	0:00:00	0:00:00	7:38:00
21-dic	0:36:00	0:00:00	4:42:00	0:20:00	0:00:00	5:38:00
22-dic	0:07:00	0:00:00	4:36:00	0:00:00	0:00:00	4:43:00
23-dic	0:34:00	0:00:00	3:52:00	0:06:00	0:00:00	4:32:00
24-dic	0:00:00	0:00:00	4:43:00	0:42:00	0:00:00	0:35:00
25-dic	0:00:00	0:00:00	7:36:00	0:00:00	0:00:00	1:35:00
26-dic	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	2:35:00
27-dic	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	3:35:00
Total	25:50:00	2:49:00	160:45:00	11:08:00	1:53:00	192:58:00

Actividad	Total horas	% de horas
TV	25:50:00	12.6%
TRV	2:49:00	1.4%
EE	160:45:00	78.3%
EB	11:08:00	5.4%
EO	1:53:00	0.9%
Total	205:24:00	100.0%

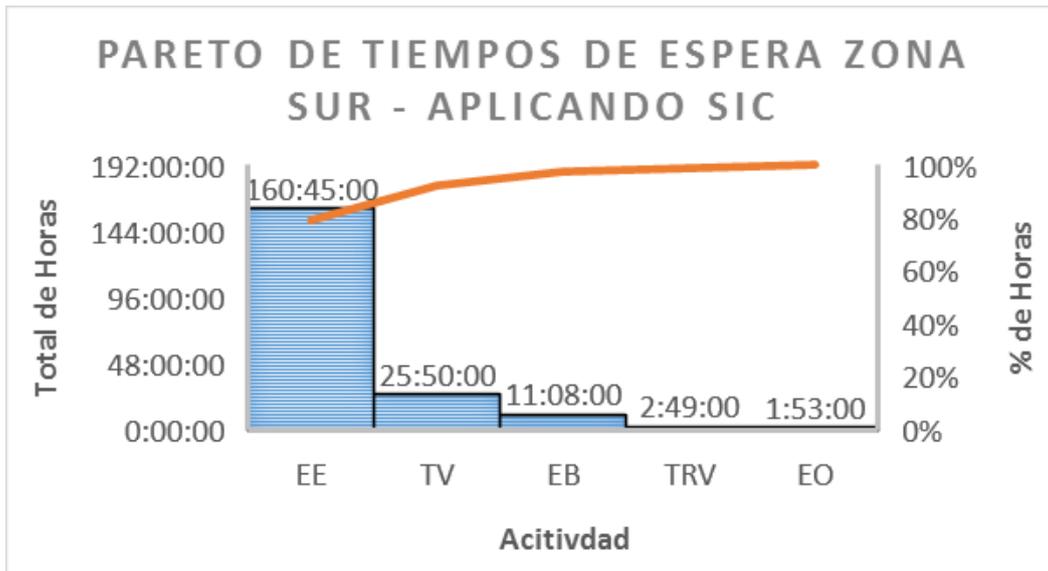


Figura 20. Diagrama de Pareto zona Sur – implementando el SIC

Del diagrama de Pareto se concluye que, durante el seguimiento a las demoras en la operación, la espera de equipo (EE) en la zona Norte tiene un total de 160 horas acumuladas durante el mes de seguimiento, el cual representa el 78.0% de las horas improductivas totales durante un mes.

Respecto al mes pasado se observa que en la Espera de equipo se tuvo una **disminución de un total de 48 horas**, después de haber **implementado el SIC** como herramienta de gestión para el incremento de la productividad.

4.1.9. Variación de tiempos aplicando la herramienta de gestión (SIC)

En el siguiente cuadro comparativo se muestra la variación de horas en los tiempos improductivos más relevantes, antes determinados.

Tabla 32. Resultados Aplicando SIC - Zona Norte

Zona Norte				
Actividad	Antes	Después	Diferencia	% de variación
TV	16:46:00	19:50:00	3:04:00	3%
TRV	4:15:00	4:53:00	0:38:00	1%
EE	295:46:00	205:17:00	-90:29:00	-90%
EB	40:32:00	20:09:00	-20:23:00	-20%
EO	0:59:00	8:18:00	7:19:00	7%
Total	363:35:00	263:20:00	100:15:00	

De la tabla anterior se desprende que, implementando la herramienta de gestión se tiene una disminución de 90 y 20 horas en la espera de equipos (EE) y espera en bocamina (EB) respectivamente en la zona Norte, siendo estas las actividades que mayor tiempo improductivo tenían según el diagrama de Pareto.

Tabla 33. Resultados aplicando SIC - zona Sur

Zona Sur				
Actividad	Antes	Después	Diferencia	% de variación
TV	18:45:00	25:50:00	7:05:00	15%
TRV	3:41:00	2:49:00	-0:52:00	-2%
EE	208:09:00	160:45:00	-47:24:00	-103%
EB	19:04:00	11:08:00	-7:56:00	-17%
EO	1:25:00	1:53:00	0:28:00	1%
Total	256:51:00	205:24:00	51:27:00	

De la Tabla 33 se evidencia que, implementando la herramienta de gestión se tiene una disminución de 47 y 7 horas en la espera de equipos (EE) y espera en bocamina (EB) respectivamente en la zona Sur, siendo estas las actividades que mayor tiempo improductivo tenían según el diagrama de Pareto.

4.1.10. Relación disponibilidad mecánica – utilización

La utilización guarda una relación directa con la disponibilidad, pero este último no es manejable operativamente, por ello se hace un análisis de estos dos factores para poder tomar las decisiones correctas si es necesario incidir en el área de mantenimiento mecánico o en el área operativa.

Tabla 34. Performance de equipos

Reporte de performance - indicadores de mantenimiento / oct-nov																
		Mantto correctivo				Mantto preventivo		KPI				% Fallas	% intervención mantenimiento			
		Horas		No Programado		Programado		N.º Paradas		% Porcentaje		Horas		Tasa Fallas	Correctivo	Preventivo
Equipo	Placa	Disponibles (HD)	Trabajadas (HT)	N.º Paradas ME	Horas en ME	N.º Paradas MCP	Horas en MCP	IT + Engrase + MP	MP	Utilización	DM	MTTR	MTBF			
MCH-08	C3U-763	228.00	195.00	9	7.5	2	1.5	0	0	86%	96%	0.8	17.7	6%	100%	0%
MCH-20	ASC-706	571.75	504.00	13	13.5	18	18.0	2	9	88%	93%	1.0	16.3	6%	75%	29%
MCH-21	ASC-721	569.25	493.00	18	17.5	9	13.5	1	2	87%	94%	1.1	18.3	5%	94%	6%
MCH-22	ASB-863	562.25	489.00	24	26.0	8	8.0	2	6	87%	92%	1.1	15.3	7%	82%	18%
MCH-23	ASM-863	570.50	469.00	15	14.0	5	3.0	2	5	82%	96%	0.9	23.5	4%	75%	29%
MCH-24	ASL-827	503.25	428.00	19	70.5	17	14.0	2	7	85%	82%	2.3	11.9	8%	92%	8%
MCH-25	ASL-704	554.50	494.00	24	36.0	8	11.0	1	2	89%	91%	1.5	15.4	6%	96%	4%
MCH-26	ASK-900	36.50	32.00	2	3.0	0	0.0	0	0	88%	91%	1.5	16.0	6%	100%	0%
MCH-27	ATP-911	423.25	342.00	18	25.0	4	3.0	1	3	81%	92%	1.3	15.5	6%	89%	11%
MCH-28	ATP-920	481.50	400.00	19	34.0	20	75.5	1	2	83%	78%	2.8	10.3	10%	98%	2%
MCH-30	C5W-716	515.50	415.00	22	78.5	7	6.0	1	3	81%	83%	2.9	14.3	7%	96%	4%
MCH-35	C8Q-788	588.75	478.00	11	11.0	4	7.5	2	5	81%	95%	1.2	31.9	3%	77%	27%
TOTAL		5605.00	4739.00	194	336.5	102	161.0	15	44	85%	90%	1.7	16.0	6%	90%	11%

Tomada del Área de Mantenimiento Mecánico Multicosailor

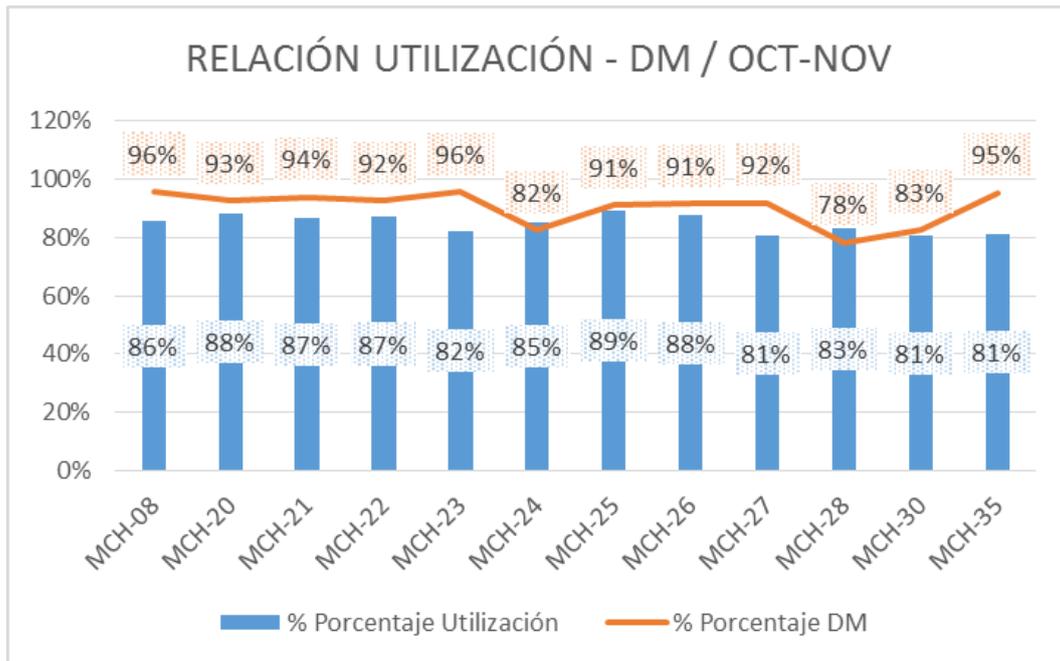


Figura 21. KPI de equipos

El gráfico evidencia que no se está aprovechando correctamente la utilización de los equipos, puesto que teniendo cada equipo una mayor disponibilidad mecánica, la utilización es menor a la disponibilidad, uno de los tantos factores y el más relevante para esta investigación son los tiempos improductivos que se tiene en la unidad, siendo más específicos, es la espera de equipo (EE), como se puede evidenciar en las Figuras 17 y 19 tanto de la zona Norte como de la zona Sur respectivamente.

Tabla 35. Performance de equipos - optimizando tiempos improductivos

Reporte de performance - indicadores de mantenimiento / nov -dic																
		Mantto correctivo				Mantto preventivo		KPI				% Fallas	% Intervención mantenimiento			
		Horas		N.º Programado		Programado		Nº Paradas		% Porcentaje		Horas		Tasa Fallas	Correctivo	Preventivo
Equipo	Placa	Disponibles (HD)	Trabajadas (HT)	N.º Paradas ME	Horas en ME	N.º Paradas MCP	Horas en MCP	IT + Engrase + MP	MP	Utilización	DM	MTTR	MTBF			
MCH-08	C3U-763	468.50	389.00	4	3.5	3	2.0	0	0.0	83%	99%	0.8	55.6	2%	100%	0%
MCH-20	ASC-706	522.00	480.00	16	20.5	23	37.0	1	3.0	92%	89%	1.5	12.3	8%	95%	5%
MCH-21	ASC-721	130.25	115.00	3	3.0	2	5.0	0	0.0	88%	93%	1.6	23.0	4%	100%	0%
MCH-22	ASB-863	510.75	465.00	18	35.0	17	22.5	3	6.0	91%	88%	1.6	13.3	8%	90%	10%
MCH-23	SM-863	517.25	441.00	10	7.5	8	7.5	1	1.0	85%	96%	0.8	24.5	4%	93%	7%
MCH-24	ASL-827	462.25	458.00	8	8.0	19	25.0	1	2.5	99%	93%	1.2	17.0	6%	92%	8%
MCH-25	ASL-704	388.25	348.00	17	74.0	9	10.0	4	6.0	90%	79%	3.2	13.4	7%	92%	8%
MCH-26	ASK-900	458.50	425.00	2	1.0	8	10.5	2	4.0	93%	96%	1.2	42.5	2%	65%	35%
MCH-27	ATP-911	565.50	496.00	10	9.0	9	12.0	1	6.0	88%	95%	1.1	26.1	4%	71%	29%
MCH-28	ATP-920	530.25	433.00	20	24.0	12	14.5	2	6.0	82%	91%	1.2	13.5	7%	84%	16%
MCH-30	C5W-716	110.50	92.00	5	15.5	4	4.5	1	2.0	83%	81%	2.2	10.2	10%	90%	10%
MCH-35	C8Q-788	544.50	472.00	20	24.0	14	18.0	3	6.0	87%	91%	1.2	13.9	7%	83%	17%
TOTAL		5208.50	4614.00	133	225.0	128	168.5	19	42.5	88%	91%	1.5	17.7	6%	88%	12%

Tomada de Área de Mantenimiento Mecánico Multicosailor

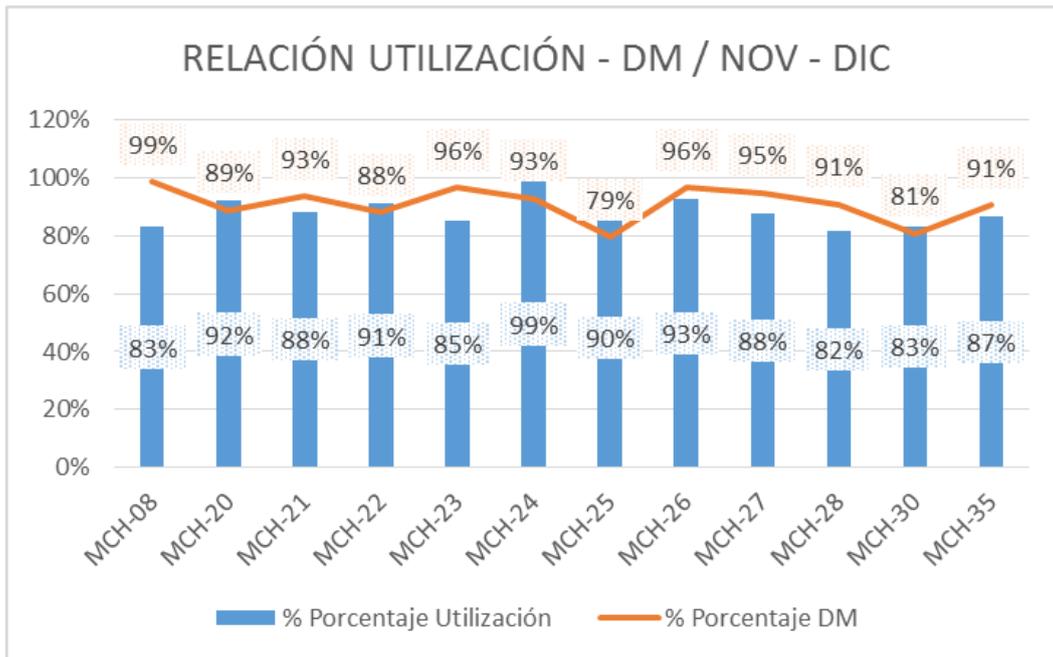


Figura 22. KPI de equipos - optimizando tiempos improductivos

En el anterior gráfico se evidencia que, la utilización de los equipos está siendo aprovechada de mejor manera ya que se evidencia un incremento en este indicador, después de haber implementado la herramienta de gestión para minimizar los tiempos improductivos que se tenían, y con respecto a la disponibilidad mecánica se evidencia también un ligero incremento, debido a que el tiempo de espera en bocamina que en un inicio no era aprovechado, ahora se destina dicho tiempo para que el área de mantenimiento mecánico lo aproveche de manera efectiva.

A. Resumen de KPI de Flota de Volquetes

A continuación, se muestra la variación que se tuvo en los KPI de la flota de volquetes, antes y después de haber optimizado los tiempos improductivos más relevantes que hacían que la productividad no sea favorable para la contrata *Multicosailor*.

Tabla 36. Resumen de variación de KPI de volquetes

KPI flota de VQ	Antes / oct-nov	Después / nov-dic
Disponibilidad mecánica	90%	91%
Utilización	85%	88%
% de intervención de Manntt.	Antes / oct-nov	Después / nov-dic
Mantto. correctivo	90%	88%
Mantto. preventivo	11%	12%

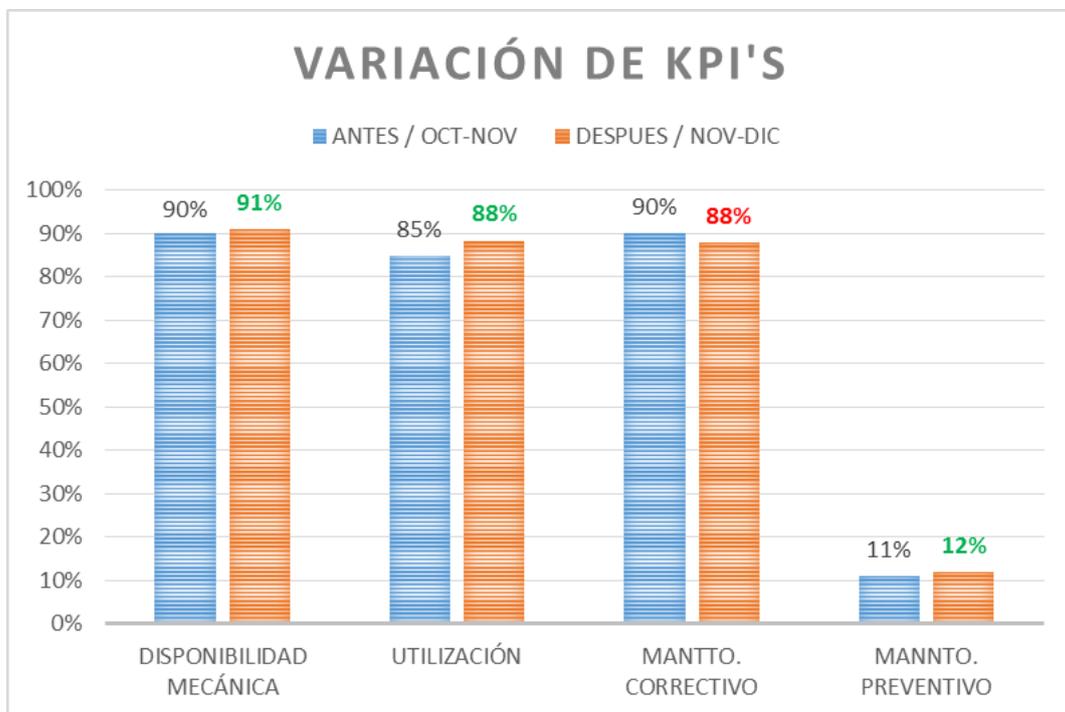


Figura 23. Resumen de variación de KPI

En el gráfico anterior se puede visualizar un incremento de un 1% en la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en la unidad minera Huarón, el cual conlleva de manera directa a un incremento de un 3% en la utilización de los equipos, además, una reducción de un 3% en la intervención de mantenimiento correctivo y enfatizando en los mantenimientos preventivos, este último se incrementa en un 1%, después de haber aprovechado los tiempos improductivos que se tenía, siendo más específicos, en los tiempos improductivos de espera en bocamina; al final este aprovechamiento óptimo de

los tiempos improductivos se refleja con el incremento en la productividad y por tanto en la rentabilidad económica que este genere.

4.2. Análisis de Resultado Económico

4.2.1. Resultado Económico zona Norte

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos después de haber implementado la herramienta de gestión SIC la cual se ve reflejada en el incremento de la productividad y por tanto en la valorización, aprovechando de manera efectiva los tiempos improductivos que se tenían a un inicio.

Tabla 37. Resultado económico de transporte de mineral zona Norte sin aplicar la herramienta de gestión SIC

Material	Zona	Cám carga	Destino	Distancia (km)	Pu \$/t	N.º de viaje	Peso (t)	Valorización
Mineral	Norte	CAM 231	Tolva	4.8	0.43514776	6	164.11	\$ 340.64
			C2	4.5	0.44346268	3	80.69	\$ 161.74
			C3	4.6	0.44057053	115	2914.54	\$ 5,868.16
			Tolva gemela	1.4	0.7380486	24	0	\$ 585.87
		CAM 232	TOLVA	4.4	0.44648629	3	75.96	\$ 149.90
			C2	4.2	0.45296545	1	23.62	\$ 44.62
			C3	4.2	0.45296545	14	388.77	\$ 743.14
			Tolva gemela	1.0	0.90909849	86	0	\$ 1,958.44
		CAM 825	Tolva	4.7	0.43780145	4	85.38	\$ 174.19
			C2	4.2	0.45296545	207	5571.1	\$ 10,699.71
				4.4	0.44648629	10	290.86	\$ 572.70
			Tolva gemela	1.1	0.85467353	7	0	\$ 161.50
		CAM 857	Tolva	5.3	0.42338135	35	1014.39	\$ 2,267.62
			C2	5.0	0.4301588	288	7656.63	\$ 16,440.71
			Tolva gemela	1.9	0.62551578	2	0	\$ 56.59
		CAM 978	Tolva	4.4	0.44648629	2	50.58	\$ 98.91
				4.7	0.43780145	16	430.22	\$ 877.72
			C2	4.1	0.45644208	1	31.3	\$ 59.00
				4.4	0.44648629	2	49.46	\$ 97.39
			Tolva gemela	1.0	0.90909849	8	0	\$ 175.11
Total						834	18827.61	\$ 41,533.65

Tabla 38. Resultado económico de transporte de desmonte zona Norte sin aplicar la herramienta de gestión SIC

Material	Zona	Cám carga	Destino	Distancia (km)	Pu \$/t	N.º de viaje	Peso (t)	Valorización
Desmonte mina	Norte	CAM 231	Portón 3	5.035	0.4301588	1	24.79	\$ 53.69
		CAM 232	Portón 3	4.69	0.43780145	18	447.94	\$ 919.75
			Tolva gemela	1.03	0.90909849	34	734.4	\$ 704.23
		CAM 825	Portón 3	4.76	0.43514776	22	543.19	\$ 1,125.11
			Tolva gemela	1.11	0.85467353	34	734.4	\$ 713.49
		CAM 857	Portón 3	5.55	0.41733006	81	1912.47	\$ 4,378.60
			Tolva gemela	1.86	0.62551578	68	1468.8	\$ 1,750.03
		CAM 978	Portón 3	4.65	0.43780145	5	129.02	\$ 262.66
			Tolva gemela	0.99	0.90909849	15	324	\$ 298.62
		Total						278

Tabla 39. Resultado económico de transporte de mineral zona Norte aplicando la herramienta de gestión SIC

Valorización zona Norte - aplicando SIC										
Material	Zona	Cam carguío	Destino	Distancia (km)	N.º viaje	Peso (t)	Pu (\$/t)	Total a valorizar		
Mineral	Norte	CAM 231	Tolva	4.75	13	318.76	0.437801455	\$ 662.43		
			C1	4.47	1	25.18	0.44346268	\$ 49.95		
			C2	4.52	7	180.81	0.44346268	\$ 362.54		
			C3	4.56	166	4122.61	0.440570532	\$ 8,285.44		
			Tolva gemela	1.36	65	0.00	0.738048604	\$ 1,582.56		
		CAM 825	Tolva	4.50	79	2254.35	0.44346268	\$ 4,495.80		
			C2	4.25	155	4468.22	0.449650532	\$ 8,543.98		
			Tolva gemela	1.11	1	0.00	0.854673529	\$ 23.07		
		CAM 857	Tolva	5.27	13	366.23	0.423381351	\$ 817.83		
			C2	5.03	180	4861.89	0.4301588	\$ 10,511.17		
		CAM 978	Tolva	4.42	65	1749.43	0.446486289	\$ 3,449.24		
			C2	4.13	139	3632.39	0.456442076	\$ 6,853.63		
			C3	4.17	2	50.80	0.452965452	\$ 96.05		
			Tolva gemela	0.99	77	0.00	0.909098495	\$ 1,688.62		
		TOTAL					963	22030.67		\$ 47,422.29

Tabla 40. Resultado Económico de transporte de Desmonte Zona Norte aplicando la Herramienta de Gestión SIC

Valorización zona Norte - aplicando SIC										
Material	Zona	Cam carguío	Destino	Distancia (km)	N.º viaje	Peso (t)	Pu (\$/t)	Total a valorizar		
Desmonte mina	Norte	CAM 231	Portón 3	5.04	7	175.73	0.4301588	\$ 380.60		
			Tolva gemela	1.36	33	0	0.738048604	\$ 730.77		
		CAM 825	Portón 3	4.76	30	714.78	0.435147755	\$ 1,481.18		
			Tolva gemela	1.11	3	0	0.854673529	\$ 62.94		
		CAM 857	Portón 3	5.54	74	1695.54	0.419273807	\$ 3,938.73		
			Tolva gemela	1.88	161	0	0.625515781	\$ 4,190.40		
		CAM 978	Portón 3	4.64	29	668.06	0.440570532	\$ 1,366.94		
			Tolva gemela	0.99	76	0	0.909098495	\$ 1,515.92		
		Total					413	3254.11		\$ 13,667.48

Tabla 41. Resumen del resultado económico zona Norte

	Antes	Después	Incremento
Mineral	\$ 41,533.65	\$ 47,422.29	\$ 5,888.64
Desmonte	\$ 10,206.18	\$ 13,667.48	\$ 3,461.30
Total	\$ 51,739.83	\$ 61,089.77	\$ 9,349.94

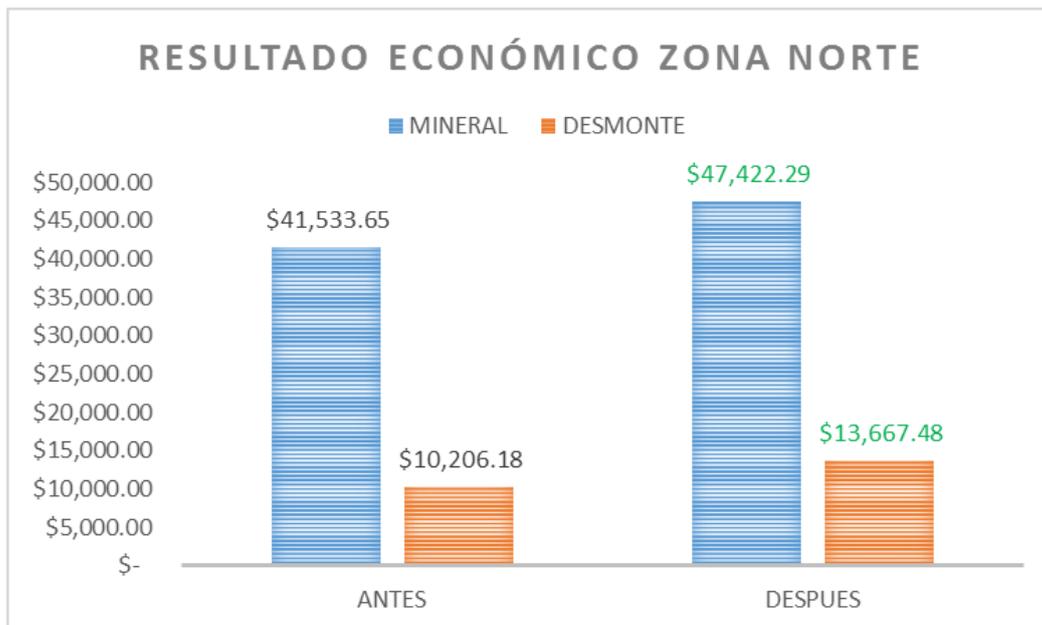


Figura 24. Resumen del resultado económico zona Norte

En el gráfico anterior se muestra que hubo un incremento en la producción de mineral y desmonte después de haber aplicado la herramienta de gestión, por tanto, este resultado se ve reflejado en la valorización, después de haber reducido y controlado los tiempos improductivos que se tenía durante la operación del día a día, logrando así un incremento total de \$ 9,394.94 durante el mes.

4.2.2. Resultado Económico Zona Sur

Tabla 42. Resultado económico de transporte de mineral zona Sur sin aplicar la herramienta de gestión SIC

Material	Zona	Cam carguío	Destino	Distancia (km)	N.º viaje	Peso (t)	Pu (\$/t)	Valorización
Mineral	Sur	CAM 500	Tolva	2.71	0.53215522	4	93.24	\$ 134.47
			C2	2.46	0.54989372	24	589.33	\$ 797.21
		CAM 871	Tolva	5.27	0.42338135	5	137.23	\$ 306.19
			C1	4.97	0.4301588	1	24.08	\$ 51.99
			C2	5.02	0.4301588	44	1230.78	\$ 2,657.74
			Tolva gemela	1.86	0.62551578	102	2456.16	\$ 2,886.12
		CAM 871A	Tolva	5.54	0.41927381	11	320.21	\$ 743.78
			C2	5.29	0.42338135	51	1446.54	\$ 3,239.80
			Tolva gemela	2.14	0.59550703	169	4069.52	\$ 5,237.82
		CAM 922	Tolva gemela	1.56	0.68459551	1	24.08	\$ 25.97
		CAM 932	Tolva	5.14	0.42781106	6	155.6	\$ 342.16
			C2	4.89	0.43260237	36	942.92	\$ 1,994.68
			Tolva gemela	1.96	0.60976119	119	2865.52	\$ 3,458.81
				1.82	0.64302089	1	24.08	\$ 28.49
		CAM 943A	Tolva	5.19	0.42555361	16	415.76	\$ 918.26
C2	4.94		0.43260237	10	291.38	\$ 622.70		
Tolva gemela	2.62		0.54068334	71	1709.68	\$ 2,446.05		
Total						673	16841.07	\$ 25,892.23

Tabla 43. Resultado económico de transporte de desmonte zona Sur sin aplicar la herramienta de gestión SIC

Material	Zona	Cam carguío	Destino	Distancia (km)	N.º viaje	Peso (t)	Pu (\$/t)	Valorización
Desmonte mina	Sur	CAM 500	Portón 3	2.98	0.50998208	1	20.35	\$ 30.93
		CAM 825	Portón 3	4.76	0.43514776	1	20.9	\$ 43.29
		CAM 871	Tolva gemela	1.86	0.62551578	22	475.2	\$ 566.19
		CAM 871A	Portón 3	5.81	0.41364364	70	1632.29	\$ 3,922.83
			Tolva gemela	2.14	0.59550703	45	972	\$ 1,268.52
		CAM 932	Portón 3	5.41	0.42128955	80	1976.1	\$ 4,478.35
			Tolva gemela	1.96	0.60976119	89	1922.4	\$ 2,352.83
		CAM 943A	Portón 3	5.46	0.41927381	19	445.9	\$ 1,020.77
Tolva gemela	2.62		0.54068334	26	561.6	\$ 814.71		
Total						354	8048.34	\$ 14,498.42

Tabla 44. Resultado económico de transporte de mineral zona Sur aplicando la herramienta de gestión SIC

Valorización zona Sur - aplicando SIC										
Material	Zona	Cam carguío	Destino	Distancia (km)	N.º viaje	Peso (t)	Pu (\$/t)	Total a valorizar		
Mineral	Sur	CAM 871A	Tolva	5.54	17	456.05	0.41927381	\$ 1,060.15		
			C2	5.30	145	3793.46	0.42338135	\$ 8,512.12		
			C3	5.34	2	49.82	0.42338135	\$ 112.64		
			Tolva gemela	2.16	28	0	0.5825487	\$ 855.70		
		CAM 922	Tolva	5.11	15	404.66	0.42781106	\$ 883.99		
			C2	4.86	63	1686.37	0.43260237	\$ 3,544.61		
			Tolva gemela	1.56	18	0	0.68459551	\$ 467.17		
		CAM 932	Tolva	5.36	10	253.2	0.42128955	\$ 572.21		
			C2	5.11	54	1416.23	0.42781106	\$ 3,097.12		
			Tolva gemela	1.82	6	0	0.64302089	\$ 170.94		
		CAM 948	Tolva	5.11	66	1910.84	0.42781106	\$ 4,178.40		
			C2	4.87	296	8636.76	0.43260237	\$ 18,180.09		
			C3	4.91	2	48.6	0.43260237	\$ 103.15		
			Tolva gemela	1.72	16	0	0.66258542	\$ 444.23		
		Total					738	18655.99	0.44796088	\$ 42,182.52

Tabla 45. Resultado económico de transporte de desmonte zona Sur aplicando la herramienta de gestión SIC

Valorización zona Sur - aplicando SIC								
Material	Zona	Cam carguío	Destino	Distancia (km)	N.º viaje	Peso (t)	Pu (\$/t)	Total a valorizar
Desmonte mina	Sur	CAM 871A	Portón 3	5.81	18	452.82	0.41364364	\$ 1,088.34
			Tolva gemela	2.16	40	0	0.5825487	\$ 1,111.85
		CAM 922	Portón 3	5.37	1	27.9	0.42128955	\$ 63.12
			CAM 932	Portón 3	5.62	66	1592.17	0.41733006
		Tolva gemela		1.82	133	0	0.64302089	\$ 3,446.44
		CAM 948	Portón 3	6.01	27	670.64	0.41020298	\$ 1,653.00
			Tolva gemela	1.72	35	0	0.66258542	\$ 883.84
		Total					320	2743.53

Tabla 46. Resumen del resultado económico zona Sur

	Antes	Despues	Incremento
Mineral	\$ 25,892.23	\$ 42,182.52	\$ 16,290.29
Desmonte	\$ 14,498.42	\$ 11,983.08	\$ -2,515.34
Total	\$ 40,390.66	\$ 54,165.60	\$ 13,774.94

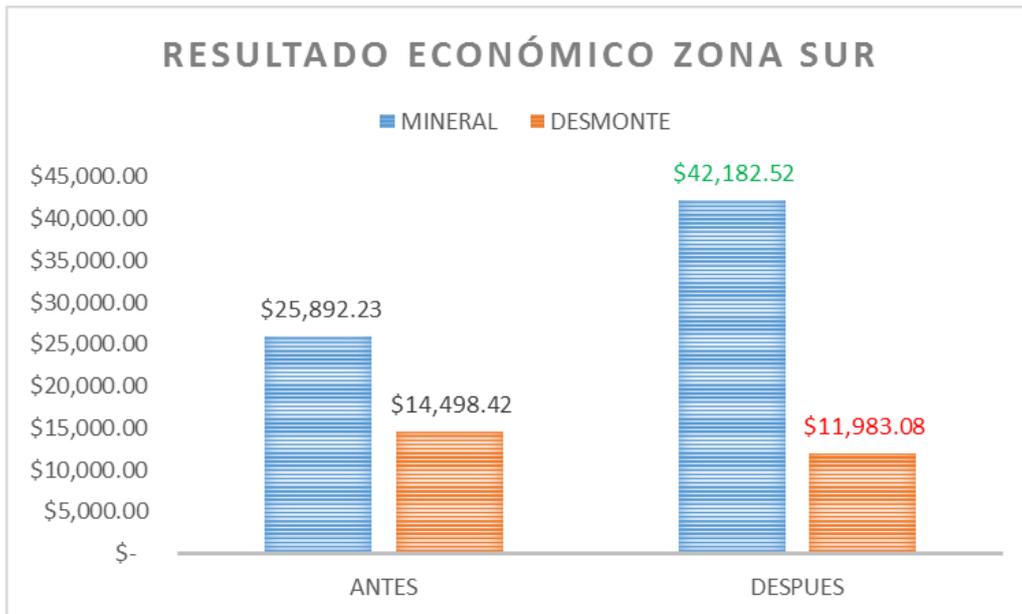


Figura 25. Resumen del resultado económico zona Sur

En el gráfico anterior se muestra que hubo un incremento en la producción de mineral y una reducción en la producción de desmonte, esto debido a que en esta zona se empezó a realizar viajes de la cámara 948, por tanto, se tuvo mayor prioridad del traslado de mineral con respecto al de desmonte, este resultado se ve reflejado en la valorización, después de haber reducido y controlado los tiempos improductivos que se tenía durante la operación del día a día, logrando así un incremento total de \$ 13,774.94 a pesar que hubo una reducción de transporte de desmonte, el cual fue compensado con la de mineral.

CONCLUSIONES

1. Aplicando la herramienta de gestión (seguimiento de intervalos cortos) se logra optimizar los tiempos improductivos; en la zona Norte se redujo de 363.35 a 263.20 horas y en la zona Sur de 256.51 a 205.24 horas durante el mes, logrando entonces optimizar un total de 151.42 horas en ambas zonas, lo cual representa un incremento en la productividad de 264 viajes en la zona Norte y 31 en la zona Sur haciendo un total de 295 viajes de ambas zonas durante el mes.
2. Según el análisis elaborado se identificó que los tres tiempos improductivos que tiene mayor influencia negativa en la producción son: espera de equipo (EE), espera en bocamina (EB) y traslado en vacío (TV), estos representan el 97% y 95.7% del total de los tiempos improductivos tanto en la zona Norte como en la zona Sur respectivamente, por lo que una vez controlados estos factores y mejor aprovechados se tiene una influencia positiva en el incremento de la productividad.
3. Aprovechando y optimizando el tiempo de espera en bocamina de manera efectiva se tuvo una reducción de un total de 20 horas, las cuales fueron destinadas hacia el área de mantenimiento mecánico para incrementar en un 1% la disponibilidad mecánica de toda la flota de volquetes con respecto al anterior mes donde no se realizaba ningún control de estos tiempos improductivos.
4. En tanto se refiere a la utilización de la flota de volquetes, se tiene un incremento de un 3% con relación al anterior mes, esto debido a que hubo un incremento en la disponibilidad de toda la flota además de controlar y aprovechar de forma óptima los tiempos improductivos que se tenían, siendo el más representativo de estos, el tiempo de espera de equipo.
5. La rentabilidad económica se incrementó en \$ 9,349.94 en la zona Norte y \$13,774.94 en la zona Sur, contabilizando los viajes realizados tanto de mineral como los de desmonte, rentabilizando en total un incremento de

\$23,124.88, puesto que la disponibilidad mecánica se incrementó y por ende, también la utilización de los equipos y esto influyó positivamente en el incremento de la productividad, lo cual se refleja en la rentabilización del mes, esto debido a que se redujo y optimizó mejor los tiempos improductivos; espera de equipo (EE), espera en bocamina (EB) y traslado en vacío (TV).

RECOMENDACIONES

1. Implementar de manera general la herramienta de gestión (seguimiento de intervalos cortos) para la operación, ya que con ello se puede optimizar de manera efectiva los tiempos improductivos generados durante la operación tanto de parte de la contrata, como también las que son generadas por compañía.
2. Aprovechar los tiempos improductivos y ceder estos al área de mantenimiento mecánico para que así estos puedan incrementar las intervenciones en mantenimiento preventivo a la flota de volquetes y reducir la intervención de mantenimientos correctivos, para tener una disponibilidad mecánica aceptable de toda la flota de volquetes.
3. Se recomienda, entonces, replantear la estructura de precios unitarios ya que solo se considera un tiempo promedio de 5.5 minutos de demoras y 6 minutos de tiempo de carguío, quedando demostrado que el tiempo promedio de tiempo de carguío es de 13 minutos por volquete, y un promedio de 45 minutos de demoras generada por parte de la compañía.
4. Aplicar la herramienta de gestión (seguimiento de intervalos cortos) en el área de mantenimiento mecánico, ya que de acuerdo con la disponibilidad de la flota de volquetes que esta área brinde, dependerá directamente en el incremento de la utilización de estos, ya que, se están optimizando los tiempos por parte del área de operaciones, entonces, estos se verán reflejados con el incremento de la productividad y por ende en la rentabilidad económica.

REFERENCIAS

1. **RIVEROS MENDOZA, Jose Humberto.** Calculo de la productividad máximo por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la Unidad Minera Arcata. Puno : Universidad Nacional de Antiplano, 2016. Vol. 1. 1.
2. **CONDORI CONDORI, Rusbel Boy.** Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en la E.E NCA Servicios Mina. Morococha. Arequipa : UNSSA, 2016. 1.
3. **APAZA RISCO, Elmer Danilo.** Disminución de tiempos Improductivos para incrementar la utilizacios de equipos de carguio y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C. Trujillo : Universidad Nacinal de Trujillo , 2017. 1.
4. **APAZA CHAMBI, Mario.** Optimización del sistema de transporte de minería para el incremento de la productividad en Cia Minera Ares - U. O. Imaculada . Puno : UNA, 2019. 1.
5. **ESCOBAR BARRERA, Dayra.** Estudio de tiempos y movimiento del proceso de acarreo en una Mina para su mejora de su eficiencia . Mexico : Senenca, 2017. 1.
6. **HINOSTROZA BALDEÓN , Madjer.** Parámetros geomecánicos en la evaluación del macizo rocoso para el diseño del tajeo de producción veta travieso en la Unidad Huarón - Pan American Silver Huarón S.A. Cerro de Pasco : UNDAC, 2019. 1.
7. **MAYHUA MENDOZA, Angel Luis y Mendoza Romero, Lucrecia.** Optimización de sistema de transporte de mineral de nivel 1070 a superficie en la unidad de producción San Cristobal - Volcan. Huancavilica : UNH, 2012. 1.
8. **DIAZ AGUADO , Maria Jose.** Carga, Transporte y Extracción en Minería Subterránea. Mexico : SEPTEN EDICIONES, 2006. 1.
9. **JANANIA ABRAHAM, Camilo.** Manual de Tiempos y Movimiento de Metodos. Mexico : Limusa, 2008. 01.
10. **MONTES ESPINOZA, Ciro.** Metodología de la Investigación Tecnológica. Huancayo : Imagen Grafica, 2010. 1.
11. **CAMIONES Mercedes-Benz** ficha técnica. **Mercedes Benz.** 1, Lima : DIVEMOTOR, 2017, Vol. 1. 1.1.

12. **Caterpillar.** Caterpillar Performance Handbook. Peoria : Caterpillar Inc, 2013. 43.
13. **BALDEÓN QUISPE, Zoila.** Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cía. Minera Condestable S.A. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. 1.
14. **CATERPILLAR.** Manuel de Rendimiento de Caterpillar. [ed.] Caterpillar Inc. 40. Peoria : Caterpillar Inc, 2010.
15. **GOMES BASTAR, Sergio.** Metodología de la Investigación. Mexico : Red Tercer Milenio, 2012. 1.
16. **ORTIZ SANCHES, Oswaldo y CANCHARI SILVERIO, Godelia.** Aplicacion de modelo de colas al acarreo minero . Lima : UNMSM, 2015, Vol. 20.
17. **MARTINES AGUILAR, Edwin Edgardo.** Mejoramiento de producción del carguío de transporte mediante la teoria de colas en Compañia Minera los Andes Perú Gold SAC. Huancayo : UNCP, 2019. 1.

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Dependiente
¿Cómo se puede optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte, implementando una herramienta de gestión para minimizar los tiempos improductivos en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón?	Implementar una herramienta de gestión que permita optimizar los tiempos improductivos para el incremento de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón.	La aplicación de una herramienta de gestión que permite optimizar los tiempos improductivos influye en el incremento de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón.	Productividad
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Independientes
¿Cómo controlar y reducir los tiempos improductivos para poder incrementar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón?	Determinar la influencia del control y reducción de los tiempos improductivos para el incremento de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón.	El control y reducción de los tiempos improductivos influye de manera directa en el incremento de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en zona Sur y zona Norte en la unidad minera Huarón.	Tiempo Improductivo
¿Cómo incrementar la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes para optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón?	Incrementar la frecuencia de mantenimientos preventivos a la flota de volquetes para incrementar la DM y con ello optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón.	Incrementando la frecuencia de mantenimientos preventivos la disponibilidad de la flota de volquetes se desarrolla y con ello se optimiza la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón.	Disponibilidad Mecánica
¿Cómo se ve afectada la productividad con respecto a la utilización de la flota de volquetes en el sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y norte en la unidad minera Huarón?	Incrementar la utilización de la flota de volquetes para poder optimizar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón.	Incrementando la utilización de la flota de volquetes se logra incrementar la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en las zonas Sur y Norte en la unidad minera Huarón.	Utilización

Anexo 2 Herramienta de Control (SIC)



SEGUIMIENTO EN INTERVALOS CORTOS

Control de Guardia

SUPERVISOR:	
GUARDIA	
FECHA	

NRO	EQUIPO	CANTIDAD		TIEMPO		PROG	REAL	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	RESULTADO FIN DE GUADIA		
		N° VIAJES	TIEMPO	ACUM	07:30																										08:00	08:30
1																																
2																																
3																																
4																																
5																																
6																																
7																																
8																																
9																																
10																																

DESVIOS DE LA GUARDIA

NRO	CONDICION /PROBLEMA	PLAN DE ACCION RESULTANTE	CONDICION FINAL

Anexo 3

Funciones del Supervisor

 Multicosailor S.A.C. <small>MULTICORPORATIVA DE SERVICIOS MINEROS</small>	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO		 PAN AMERICAN SILVER
	SUPERVISOR DE OPERACIONES		
	Código : PETS-HU-MIMU-023	Versión: 04	
	Área: Mina	Pág. 1 de 2	

1.0 PERSONAL

- 1.1 Personal de Supervisión Multicosailor.

2.0 RIESGOS ASOCIADOS:

- 2.1 Caída de personas al mismo/diferente nivel
- 2.2 Atropellamiento
- 2.3 Gaseamiento
- 2.4 Caída de rocas
- 2.5 Aplastamiento
- 2.6 Electrocuación
- 2.7 Golpes y/o cortes
- 2.8 Hipoacusia
- 2.9 Neumoconiosis

3.0 EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL (EPP)

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 3.1 Casco con suspensión | 3.6 Correa porta lámpara. |
| 3.2 Barbiquejo | 3.7 Guantes de cuero |
| 3.3 Mameluco con cintas reflectivas | 3.8 Lentes de seguridad. |
| 3.4 Zapatos o botas de seguridad | 3.9 Autorrescatador (Interior mina) |
| 3.5 Tapones auditivos y/o orejeras | |

4.0 EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 4.1 Candado y tarjeta de bloqueo.
- 4.2 Lámpara minera
- 4.3 Libreta de apuntes
- 4.4 Radio de comunicación.
- 4.5 Lapicero.
- 4.6 Vela y fosforo

5.0 PROCEDIMIENTO:

- 5.1 El personal debe verificar su EPP adecuado y completo.
- 5.2 El Supervisor dará la capacitación de acuerdo al programa, charla de 5 minutos y las órdenes de trabajo e indicará las zonas a trabajar al personal.
- 5.3 El supervisor verificará con los Operadores/Conductores la operatividad del equipo, si va a taller o no, en coordinación con el Supervisor de Mantenimiento.
- 5.4 El Supervisor ingresará a interior mina conduciendo un equipo o subiendo a un equipo utilizando los tres puntos de apoyo y colocándose el cinturón de seguridad dejando su fotocheck en garita.
- 5.5 El supervisor verificará el correcto llenado de las herramientas de gestión.
- 5.6 El Supervisor hará la inspección de las condiciones hacia el punto de carguío (podrá hacer parar al equipo y bajar a ver algunas condiciones que no se pueda observar desde la cabina prendiendo su lámpara minera).
- 5.7 El supervisor al llegar a cualquier punto de carguío bajará del equipo y hará la inspección debida de las condiciones del área.
- 5.8 El supervisor reportará por radio al jefe inmediato de la labor de la condición de alto riesgo para ser eliminada y dará la orden a los Operadores y/o conductores a no transitar por esa vía hasta eliminar la condición además de ello hará la chequera respectiva.
- 5.9 El supervisor tendrá que ir a los puntos donde haya sido comunicado por el personal a verificar la condición.

ELABORADO/ACTUALIZADO:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
			
Supervisor de Área: Jheremy Esteban Barzola	Myriel Bonilla Palomares Residente/Responsable de Empresa	Victor Cantaro Melgarejo Jefe/Supervisor de Seguridad	Wilder Larrea Valdera Gerente de Operaciones
Fecha de Elaboración/Actualización: 23/07/2019	Fecha de Revisión: 27/07/2019	Fecha de Revisión: 27/07/2019	Fecha de Aprobación: 29/07/2019

	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO		
	SUPERVISOR DE OPERACIONES		
	Código : PETS-HU-MIMU-023	Versión: 04	
Área: Mina	Pág. 2 de 2		

- 5.10 Si ocurriera un incidente/accidente el Supervisor tendrá que realizar la investigación correspondiente con apoyo del área de seguridad y los involucrados.
- 5.11 El supervisor coordinará todo trabajo en interior mina para remolque o falla de un equipo.
- 5.12 El supervisor bloqueará cualquier equipo ya sea de Multicosailor y/o Pan American Silver, si se presentará falla mecánica y/o eléctrica, si la condición lo amerita.
- 5.13 Si ve que la lámpara se quiere apagar buscar un refugio iluminado y no moverse hasta que llegue un equipo y salir a superficie.
- 5.14 El supervisor al finalizar la guardia llenará su reporte del día haciendo notar los peligros y riesgos que pudieran afectar para su contraguadía.
- 5.15 El supervisor dará el reporte del estado de equipos al encargado de mantenimiento en la reunión.

6.0 RESTRICCIONES.

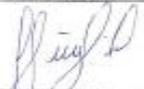
- 6.1 No cuente con lámpara minera.
- 6.2 No cuente con fotocheck.
- 6.3 Las condiciones del área de trabajo no sean las adecuadas.
- 6.4 Prohibido trabajar bajo terreno sin sostenimiento o bajo cargas suspendidas.

7.0 ANEXO O DIAGRAMAS

No hubo

8.0 HOJA DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Descripción del Cambio
04	27/07/2019	Se adiciona vela y fosforo Se modificó el ítem 5.15 "de operaciones" por "y estado de equipos al encargado de mantenimiento" Se adiciona al ítem 5.8 "de la labor" Se adiciona al ítem 5.12 "si la condición lo amerita" Se elimina del ítem 6 "Prohibido chutear y/o descampanear tolvas si no se encuentra capacitado y/o entrenado"

ELABORADO/ACTUALIZADO:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
			
Supervisor de Área: Jeremy Esteban Barzola	Miguel Bonilla Palomares Residente/Responsable de Empresa	Victor Cantaro Melgarejo Jefe/Supervisor de Seguridad	Wilder Larrea Valdera Gerente de Operaciones
Fecha de Elaboración/Actualización: 23/07/2019	Fecha de Revisión: 27/07/2019	Fecha de Revisión: 27/07/2019	Fecha de Aprobación: 29/07/2019

Anexo 5 Reporte de Operadores

	REPORTE DIARIO DE OPERACIÓN - VOLQUETE	CÓDIGO: FECHA: 08/11/2019 VERSION:01 PAGINA:01																		
UNIDAD CERRO LINDO	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN																			
GUARDIA: <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C TURNO: <input type="radio"/> DÍA <input type="radio"/> NOCHE FECHA: <input style="width: 100px;" type="text"/>																				
CAPACIDAD: <input style="width: 40px;" type="text"/> <input type="radio"/> TN																				
PLACA: <input style="width: 100px;" type="text"/>																				
ZONA: <input style="width: 100px;" type="text"/>																				
SUPERVISOR: <input style="width: 100px;" type="text"/>																				
OPERADOR: <input style="width: 100px;" type="text"/>																				
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">KM</td> <td style="width: 15%;">HM</td> <td style="width: 15%;">HR</td> <td style="width: 15%;">Combustible</td> <td style="width: 15%;">HR Tomafuerza</td> </tr> <tr> <td>Inicio</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		KM	HM	HR	Combustible	HR Tomafuerza	Inicio						Final					
	KM	HM	HR	Combustible	HR Tomafuerza															
Inicio																				
Final																				
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">Mineral</td> <td style="width: 15%;">Desmonte-Otros</td> <td style="width: 15%;">Total</td> <td style="width: 15%;">Hora Primera Lampada</td> <td style="width: 15%;">Cant. Abast. Combustible</td> </tr> <tr> <td>Viajes Total</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Gal: <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> </table>		Mineral	Desmonte-Otros	Total	Hora Primera Lampada	Cant. Abast. Combustible	Viajes Total					Gal: <input style="width: 40px;" type="text"/>						
	Mineral	Desmonte-Otros	Total	Hora Primera Lampada	Cant. Abast. Combustible															
Viajes Total					Gal: <input style="width: 40px;" type="text"/>															
ITEM	COD ACTIV	HORA RELOJ	ORIGEN			RUTA		MATERIAL		N° CUCHARAS	PESO (TN)	SCOOP		DISTANCIA	OBSERVACIONES					
		Inicio Final	Nivel	Zona	Labor	Pto de Cargo Labor	Destino	Mineral	Desmorte			N°	Nombre Operador							
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
CODIGO DE ACTIVIDADES																				
1 HORAS DE OPERACIÓN					3 HORAS PERDIDAS					4 HORAS DE MANTENIMIENTO										
101 Tiempo en Cuadrarse (carguío) 102 Carguío de Material 103 Transporte de Mineral 104 Transporte de Desmorte/Arena 105 Transporte de Relave/Lodo 106 Tiempo de Giro Descarguío 107 Descarguío de Material 108 Traslado a Labor 109 Traslado a Taller					301 Desate de Labor 302 Espera para inicio de Carguío 303 Falta de Scoop 304 Espera a Operador de Scoop 305 Scoop Inoperativo 306 Falta de Carga 307 Espera en Parrilla 308 Espera Zona de Descarga: Planta, Cancha 309 Falta de Vigía 310 Traslado en Vacío 311 Cambio de Orden 312 Tiempo de Demora en ubicar al Supervisor 313 Cparada por condiciones Climaticas 314 Incidente/Accidente 315 Atascamiento del Equipo 316 Instalación Y/O Orden de Tuberías 317 Instalación y/o Falta de Iluminación 318 Obstrucción de Via con Agua o Equipos 319 Trafico en la Via 320 Ventilación Deficiente 321 Falta de Combustible 322 Despeje de Voladura 323 Parqueo 324 Volquete en Stand By 325 Descarguío de Bancos 326 Cuneteo de Equipos 327 Paradas Planificadas y coordinadas					401 Mantenimiento Programado/Preventivo 402 Mantenimiento Correctivo 403 Mantenimiento Taller de Soldadura 404 Mantenimiento de Llantas 405 Mantenimiento de Tolvas/Loras 406 Equipo en Taller 407 Equipo Inoperativo 408 Reparación Mecánica 409 Reparación Eléctrica 410 Cambio de Llantas 411 Reparación de Llantas 412 Traslado por Falta Mecánica-Eléctrica-Neumáticos 413 Tiempo de Llegada para Atención Mecánica (llegada del Mecánico) 414 Tiempo de Demora en Ubicar al Mecánico										
2 HORAS DE PARADA PLANIFICADA										5 DAÑOS OPERACIONALES										
201 Chequeo de Equipo (Inspección Rutinaria)/Check List 202 Charla/Reparo de Guardia/Capacitación 203 registro /Revisión de Documentos en Bocamina 204 Chequeo de Labor 205 Liberación de Labor 206 Refrigerio 207 Labado de Equipo 208 Abastecimiento de Combustible										501 Carguío de Bancos 502 Rotura de Muelle 503 Daño - Tolva 504 Daño - Llanta 505 Cuneteo de Equipo 506 Daño - Compuerta 507 Daño Volquete										
										6 Recursos										
										601 Falta de Operador 602 Bloqueo de Equipos										
FIRMA: OPERADOR - VOLQUETE					FIRMA: SUPERVISOR MULTICOSAILOR					FIRMA: JEFE OPERACIONES MULTICOSAILOR										

Anexo 6
Plano en planta de unidad minera Huarón

