

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINAS Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



TESIS

OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACARREO MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE CONTROL DE FLOTA DE VOLQUETES EN  
LA MINA MARCAPUNTA – EMPRESA ECOSEM SMELTER S.A, SOCIEDAD  
MINERA EL BROCAL – PASCO

**PRESENTADO POR:**

Bach. NESTOR ALFREDO HUAYLLA SALLO

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE**

INGENIERO DE MINAS

**ASESOR:**

MGT. ODILON CONTRERAS ARANA

CUSCO - PERÚ

2024

# INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACARREO MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE CONTROL DE FLUJO DE VOLQUETES EN LA MINA MARCARUNTA - EMPRESA ECOSAM S.M.E.R.Y. S.A., SOCIEDAD MINERA EL BROCAE - PASCO

presentado por: NESTOR ALFREDO HUAYLA SALLCO con DNI Nro.: 70449013 presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO DE MINAS.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

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

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

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

Cusco, 09 de Febrero de 2024

[Firma]  
Firma

Post firma Odilon Contreras Asanza

Nro. de DNI 23823356

ORCID del Asesor 0000-0002-9164-1705

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: old: 27259:301816081

NOMBRE DEL TRABAJO

**OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACARR  
EO MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE  
UN PLAN DE CONTROL DE FLOTA DE V  
OL**

AUTOR

**NESTOR ALFREDO HUAYLLA SALLO**

RECUENTO DE PALABRAS

**34079 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**171297 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**152 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**6.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 3, 2024 4:47 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jan 3, 2024 4:48 PM GMT-5**

● **10% de similitud general**

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

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado

*Mgt/Odilon Contreras A sam*

## **DEDICATORIA**

A Dios quien de manera omnipresente me cuida y por haberme dado la fuerza y el ímpetu durante este arduo proceso.

A mi familia, mis Padres (Catalina Sallo y Gregorio Huaylla), mis hermanas Indira y Lucero que son el pilar más importante en mi vida, mi ejemplo a seguir y mayor fuerza interna quienes siempre están dándome el soporte en las decisiones que elija siempre viendo mi bienestar por delante.

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi alma mater la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y su plana de docentes quienes desde los primeros semestres supieron forjarme con los conocimientos y valores necesarios para poder desenvolverme de forma efectiva en el ámbito laboral en especial al Ingeniero Odilón Contreras Arana por brindarme sus conocimientos y su tiempo durante este arduo proceso.

A mis compañeros de trabajo y amigos quienes formaron parte de la empresa ECOSEM SMELTER S.A. y confiaron en mí dándome la oportunidad de aprender de su amplia experiencia en el sector minero, poder aportar y desenvolverme de la mejor manera en la empresa generando un impacto positivo.

## INTRODUCCION

La minería subterránea es una actividad económica que implica diversos retos y complejidades. El transporte de material es una de las operaciones unitarias de mayor relevancia económica durante todo el proceso productivo porque afecta directamente en la eficiencia y productividad de la Operación Minera.

En este contexto, la implementación de un Plan de control de flota de Volquetes se presenta como una solución para optimizar el sistema de acarreo. El presente trabajo de tesis propone aplicar un conjunto de técnicas y herramientas con el fin de controlar, monitorear y optimizar el desempeño del acarreo de Mineral interior mina.

El trabajo se divide en los siguientes capítulos, con sus respectivos aspectos:

El primer capítulo identifica los problemas, objetivos e hipótesis, así también se plantea las variables involucradas en el proceso de investigación, desarrollando la ingeniería adecuada para dar uso en la investigación.

El segundo capítulo define los conceptos y antecedentes del proceso de investigación obteniendo la información necesaria para continuar con el desarrollo de la Tesis.

El tercer capítulo amplifica sobre el tema de estudio involucrando a los aspectos generales de la mina, la geología y las principales actividades mineras de la Mina Marcapunta.

El Cuarto capítulo analiza la flota de equipos de la Zona de Marcapunta Norte mediante la implementación de un Plan de control de flota; cálculo de indicadores de rendimiento (KPI) e influencia de tiempos improductivos en el rendimiento.

El quinto capítulo desarrolla la evaluación y análisis de los resultados obtenidos de la implementación del Plan de Control de flota de volquetes.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en línea con los objetivos de la investigación.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó analizando el Sistema de Acarreo en la Mina Marcapunta de la Sociedad Minera el Brocal, detectándose que no se contaba con un control estricto de los estados operacionales y se evidenció tiempos improductivos constantes, siendo estos factores parte fundamental en una baja producción.

El objetivo del presente estudio es implementar un Plan de Control de flota de volquetes de la empresa ECOSEM SMELTER (empresa a cargo del acarreo en la Mina Marcapunta), cuya finalidad es determinar y dar uso a los KPI's Operativos, KPI's Mantenimiento, identificar los tiempos improductivos su impacto en la producción y así poder plantear alternativas a la problemática, para la investigación se seleccionó una metodología de estudio del Tipo Básica.

Con la implementación del Plan de Control de Flota de Volquetes se pudo incrementar el Performance de los Operadores de Volquete a 6.82 Viajes/Guardia y en consecuencia se obtuvo el Promedio de Tonelaje por Día de 4447.40 TMD y en Promedio Mensual de 133422 TM; plasmándose en un resultado positivo de los KPI's Operativos obteniendo una Disponibilidad Mecánica (DM) de 71.16%, Disponibilidad Física (DF) de 76.60%, Uso (Use) de 88.76%, Utilización (Utz) de 46.48% y KPI's de Mantenimiento se obtuvo un Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) de 9.06 Hrs y obteniendo un Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de 3.30 Hrs. También se identificaron tiempos improductivos constantes durante la operación ocupando un 4.4% del Tiempo Total y tomando en consideración esos datos se realizó una revisión del Costo Unitario obteniendo como resultado (Para Volúmenes acarreados con  $D < 1\text{Km}$ ) de 1.66 \$/TM-Km y (Para Volúmenes acarreados con  $D > 1\text{Km}$ ) de 0.55 \$/TM-Km.

Se recomienda continuar con el uso del Plan de Control de flota de Volquetes el cual prioriza el uso de los KPI's planteados, también continuar con el seguimiento a la identificación de Tiempos Improductivos ya que afecta a la Producción ejecutada.

Palabras Clave: **Plan de Control de Flota, Sistema de Acarreo, KPI, Rendimiento**

## ABSTRACT

The present research work was carried out analyzing the haulage system in the Marcapunta Mine of Sociedad Minera El Brocal, detecting that there was no strict control of the operational states and constant unproductive times were evidenced, being these factors a fundamental part in a low production.

The objective of this study is to implement a Control Plan for the dump truck fleet of ECOSEM SMELTER (company in charge of hauling in the Marcapunta Mine), whose purpose is to determine and make use of the Operational KPI's, Maintenance KPI's, identify unproductive times and their impact on production and thus be able to propose alternatives to the problem, for the research, a study methodology of the Basic Type was selected.

With the implementation of the Dump Truck Fleet Control Plan, it was possible to increase the Performance of the Dump Truck Operators to 6.82 Trips/Guard and consequently the Average Tonnage per Day of 4447.40 MTD and the Monthly Average of 133422 MT were obtained; resulting in a positive result of the Operational KPI's obtaining a Mechanical Availability (DM) of 71.16%, Physical Availability (DF) of 76.60%, Use (Use) of 88.76%, Utilization (Utz) of 46.48% and Maintenance KPI's obtained an Mean Time between Failures (MTBF) of 9.06 Hrs and an Mean Time to Repair (MTTR) of 3.30 Hrs. Constant unproductive times were also identified during the operation, occupying 4.4% of the Total Time and taking into consideration these data, a review of the Unit Cost was carried out, obtaining as a result (For Hauled Volumes with  $D < 1\text{Km}$ ) of 1.66 \$/TM-Km and (For Hauled Volumes with  $D > 1\text{Km}$ ) of 0.55 \$/TM-Km.

It is recommended to continue with the use of the Dump Truck Fleet Control Plan, which prioritizes the use of the KPI's proposed, as well as to continue with the follow-up of the identification of Unproductive Times, since it affects the executed Production.

**Keywords: Dump truck fleet control plan, Haulage System, KPI's, Performance**



## INDICE

CAPITULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACION .....	17
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1. Problema General .....	18
1.2.2. Problemas Específicos .....	18
1.3.    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.3.1. Objetivo General.....	19
1.3.2. Objetivos Específicos .....	19
1.4.    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5.    DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.5.1. Delimitación temporal .....	20
1.5.2. Delimitación Espacial .....	20
1.6.    HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.6.1. Hipótesis General.....	20
1.6.2. Hipótesis Específicas .....	20
1.7.    VARIABLES E INDICADORES.....	21
1.7.1. Variables .....	21
1.7.2. Operacionalización de las Variables.....	21
1.8.    METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
1.8.1. Tipo de Investigación.....	21
1.8.2. Nivel de Investigación.....	22
1.8.3. Diseño de la Investigación.....	22
1.8.4. Población y Muestra .....	22
1.8.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	22
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	24
2.1.    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	24

2.1.1.	A Nivel Internacional.....	24
2.1.2.	A Nivel Nacional .....	24
2.2.	MARCO REFERENCIAL .....	25
2.2.1.	Explotación De Minas .....	25
2.2.2.	Mina Subterránea .....	26
2.2.3.	Método De Explotación.....	27
2.2.4.	Carguío En Mina Subterránea .....	29
2.2.5.	Acarreo De Mineral.....	30
2.2.6.	Flota de Volquetes.....	31
2.2.7.	Control de Acarreo .....	32
2.2.8.	Indicadores de rendimiento .....	33
2.2.9.	Ciclo de Deming (PDCA).....	34
2.2.10.	Optimización del sistema de acarreo de mineral.....	35
2.2.11.	Programación de equipos de acarreo .....	36
2.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	37
2.3.1.	Optimización.....	37
2.3.2.	Confiabilidad De Equipos .....	37
2.3.3.	Teoría de Colas .....	37
2.3.4.	Gestión De Estados Operacionales .....	37
2.3.5.	Tiempo Improductivo .....	40
2.3.6.	Rendimiento .....	40
2.3.7.	Productividad.....	41
2.3.8.	Diagrama De Pareto.....	41
2.3.9.	Análisis De Costo Unitario .....	41
2.3.10.	Factor de esponjamiento (Fw) .....	41
2.3.11.	Volumen efectivo de tolva de volquete (VETV).....	42
2.3.12.	Incidencia o Cantidad Unitaria .....	42

## CAPITULO III: SITUACION ACTUAL DE LAS OPERACIONES DE LA MINA MARCAPUNTA.43

3.1.	UBICACIÓN Y ACCESO .....	43
3.1.1.	Ubicación .....	43
3.1.2.	Accesibilidad .....	44
3.2.	CLIMA .....	44
3.3.	BREVE HISTORIA DE LA MINA .....	44
3.4.	GEOLOGIA DEL YACIMIENTO.....	47
3.4.1.	Geología Regional.....	47
3.4.2.	Geología Local .....	48
3.4.3.	Geología Económica .....	50
3.4.4.	Geomecánica .....	52
3.5.	ACTIVIDAD MINERA .....	54
3.5.1.	Capacidad De Producción .....	54
3.5.2.	Método De Explotación.....	54
3.6.	PLANTA CONCENTRADORA.....	63
3.6.1.	Flowsheet.....	64
3.6.2.	Producto.....	64

## CAPITULO IV: OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACARREO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE CONTROL DE FLOTA DE VOLQUETES .....65

4.1.	PROGRAMACION DE LABORES DE PRODUCCIÓN (TAJEOS).....	65
4.2.	DESCRIPCION INICIAL DE LA PRODUCCIÓN EN EL ACARREO DE MINERAL. 67	
4.2.1.	Datos Históricos de Producción de Mineral acarreado .....	67
4.2.2.	Diagnóstico Inicial.....	70
4.2.3.	Identificación De Causas .....	71
4.2.4.	Formulación del Plan de Control de la Flota de Volquetes.....	72
4.3.	PLAN TECNICO DE CONTROL DE FLOTA DE EQUIPOS DE ACARREO .....	77

4.3.1.	Determinación de métodos de control de equipos de acarreo y operadores.....	77
4.3.2.	Determinación de Base de Datos de acuerdo a la información obtenida .....	78
4.3.3.	Estudio de tiempos en la flota de equipos de acarreo.....	80
4.3.4.	Cálculo de Indicadores de Rendimiento Operativos o KPI's Operativos. ....	81
4.3.5.	Distribución de Estados Operacionales Mes de ABRIL .....	81
4.3.6.	Cálculo de Indicadores de Rendimiento Operativos o KPI's Operativos de la Flota de Volquetes 84	
4.3.7.	Cálculo de KPI's Operativos en los 3 meses de estudio .....	86
4.3.8.	Cálculo de KPI's de Mantenimiento en los 3 meses de estudio .....	94
4.3.9.	Calculo de KPI's Productivos en los 3 meses de estudio.....	100
4.4.	PLAN ECONOMICO DE CONTROL DE FLOTA DE EQUIPOS DE ACARREO .	108
4.4.1.	Calculo e influencia de los tiempos improductivos .....	108
4.4.2.	Análisis de la influencia de los tiempos improductivos en la productividad mediante un diagrama de Pareto.....	109
4.4.3.	Análisis del rendimiento Existente de los Equipos de acarreo .....	111
4.4.4.	Análisis de costo unitario por tonelada Existente .....	118
4.4.5.	Replanteo del Rendimiento con la influencia de los Tiempos Improductivos. ....	120
4.4.6.	Replanteo del costo unitario por tonelada.....	122
CAPITULO V: EVALUACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		125
5.1.	EVALUACION DE RESULTADOS DE LOS KPI's OPERATIVOS .....	125
5.1.1.	Análisis de Resultados de los KPI's Operativos (DM, DF, USE, UTZ).....	125
5.2.	EVALUACION DE RESULTADOS DE LOS KPI'S DE MANTENIMIENTO .....	129
5.2.1.	Tiempo Medio Entre Fallas o Mean Time Between Failures (MTBF).....	129
5.2.2.	Tiempo Medio de Reparación o Mean Time To Repair (MTTR).....	130
5.3.	EVALUACION DE RESULTADOS DE LOS KPI's PRODUCTIVOS.....	131
5.3.1.	Performance De Operadores (Viajes/Guardia) .....	131
5.3.2.	Producción por Guardia, Diaria y Mensual.....	132

5.4.	EVALUACION DE RESULTADOS DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS.....	136
5.4.1.	Impacto de horas improductivas en la Producción.....	136
5.5.	EVALUACION DE RESULTADOS DEL DEL RENDIMIENTO Y EL ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL SISTEMA DE ACARREO.....	138
5.5.1.	Para Volúmenes acarreados Int. Mina con una D < 1Km .....	138
5.5.2.	Para Volúmenes acarreados Int. Mina con una D > 1Km .....	138
6.	CONCLUSIONES.....	141
7.	RECOMENDACIONES.....	142
8.	BIBLIOGRAFIA .....	143
9.	ANEXOS .....	147
	ANEXO 01A: DISTRIBUCIÓN DE ESTADOS OPERACIONALES MAYO (HORAS).....	147
	ANEXO 01B: DISTRIBUCIÓN DE ESTADOS OPERACIONALES JUNIO (HORAS).....	148
	ANEXO 01C: PRODUCCIÓN DIARIA POR JEFE DE GUARDIA MES DE MAYO - MKPN .	149
	ANEXO 01D: PRODUCCIÓN DIARIA POR JEFE DE GUARDIA MES DE JUNIO - MKPN .	150
	ANEXO 2A: FORMATO DEL REPORTE DIARIO DE TRABAJO ANTERIOR .....	151
	ANEXO 2B: FORMATO DEL REPORTE DIARIO DE TRABAJO NUEVO .....	152
	ANEXO 2C: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS - MERCEDES BENZ ACTROS 3344K EURO	
5	153	
	ANEXO 3: PLANO ZONA DE EXTRACCION (NV 4055 – GL615N / GL540S / GL515S / GL490S)	153

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Obras de Exploración y Desarrollo Subterráneas .....	27
<b>Figura 2</b> Métodos de Explotación Subterránea.....	28
<b>Figura 3</b> Ciclo de Acarreo en una Operación Minera .....	31
<b>Figura 4</b> Distribución de Estados Operacionales .....	38
<b>Figura 5</b> Ubicación Geográfica de la Sociedad Minera El Brocal.....	43
<b>Figura 6</b> Fundición de Tinyahuarco de Cerro Pasco Mining. Co (1906).....	47
<b>Figura 7</b> Geología Local de la Mina Marcapunta – Cuadrángulo de Pasco (22-k) .....	49
<b>Figura 8</b> Slot de Tajeo - Método Sublevel Stopping.....	56
<b>Figura 9</b> Diagrama de Procesos de P&V (SMEB).....	58
<b>Figura 10</b> Plano del Sistema de Ventilación - Mina Marcapunta.....	61
<b>Figura 11</b> Circuito Simplificado de Chancado de Cobre .....	64
<b>Figura 12</b> Formato anterior de Reporte Diario - Acarreo de Mineral .....	74
<b>Figura 13</b> Propuesta de Formato de Reporte diario - Acarreo de Mineral.....	75
<b>Figura 14</b> Factor de llenado de acuerdo a la Capacidad del equipo de carguío.....	112

## INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1</b> Construcción de Subestaciones Eléctricas interior mina - MKPN.....	59
<b>Imagen 2</b> Sostenimiento de Techo y Hastiales con Shotcrete y Pernos de Anclaje.....	60
<b>Imagen 3</b> Carguío de Mineral con Scoop R1600H a volquetes de E. SMELTER.....	62
<b>Imagen 4</b> Volquetes de ECOSEM SMELTER asignados a MKPN.....	63
<b>Imagen 5</b> Reunión Semanal de Planeamiento - SMEB.....	65
<b>Imagen 6</b> Identificación de Demoras Operativas por Labor Inaccesible.....	71
<b>Imagen 7</b> Seguimiento al uso del Formato de Reporte Diario en el Frente de Carguío.....	78
<b>Imagen 8</b> Uso del Telemando con el Scoop en el frente de Carguío. ....	114
<b>Imagen 9</b> Horas de Operación de los Volquetes en Interior Mina .....	116

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Producción Histórica - Enero 2022 .....	67
<b>Gráfico 2</b> Producción Histórica - Febrero 2022.....	67
<b>Gráfico 3</b> Comparativo de Producción Ejecutada y Producción Proyectado.....	69
<b>Gráfico 4</b> Variación de los Estados Operacionales - MKPN .....	81
<b>Gráfico 5</b> Representación de la DM de la Flota de Volquetes de MKPN .....	87
<b>Gráfico 6</b> Representación de la DF de la Flota de Volquetes de MKPN .....	89
<b>Gráfico 7</b> Representación de la USE de la Flota de Volquetes de MKPN.....	91
<b>Gráfico 8</b> Representación de la UTILIZACIÓN de la Flota de Volquetes de MKPN.....	93
<b>Gráfico 9</b> Representación del MTBF de la Flota de Volquetes de MKPN .....	96
<b>Gráfico 10</b> Representación del MTTR de la Flota de Volquetes de MKPN .....	99
<b>Gráfico 11</b> Performance de Operadores de Volquete (Viajes/Gd) - Guardia "A" .....	101
<b>Gráfico 12</b> Performance de Operadores de Volquete (Viajes/Gd) - Guardia "B".....	103
<b>Gráfico 13</b> Performance de Operadores de Volquete (Viajes/Gd) - Guardia "C" .....	105
<b>Gráfico 14</b> Diagrama de Pareto - Tiempos Improductivos .....	110
<b>Gráfico 15</b> Comparativa Disponibilidad Mecánica (DM) vs Disponibilidad Física (DF).....	126
<b>Gráfico 16</b> Análisis de la Disponibilidad Mecánica (DM) vs Uso (Use) .....	127
<b>Gráfico 17</b> Análisis de Disponibilidad Física (DF) vs Utilización (Utz).....	128
<b>Gráfico 18</b> Análisis del MTBF de la Flota de Volquetes.....	129
<b>Gráfico 19</b> Análisis del MTTR de la Flota de Volquetes.....	130
<b>Gráfico 20</b> Variación del KPI de Performance de Operadores Marcapunta Norte .....	132
<b>Gráfico 21</b> Variación de las Toneladas Métricas Diarias (TMD) en el Acarreo en Marcapunta Norte.....	134
<b>Gráfico 22</b> Análisis de la Producción Mensual - Marcapunta Norte .....	135
<b>Gráfico 23</b> Variación del Impacto de los Tiempos Improductivos en el Acarreo de Mineral MKPN .....	137

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Variables y Operacionalización .....	21
<b>Tabla 2</b> Leyes de Cabeza - SMEB.....	50
<b>Tabla 3</b> Inventario de Reservas - SMEB.....	51
<b>Tabla 4</b> Producción Total del 2022 - Mina Marcapunta.....	64
<b>Tabla 5</b> Programa de Extracción de Mineral SMEB .....	66
<b>Tabla 6</b> Producción Marcapunta Norte - marzo 2022.....	68
<b>Tabla 7</b> Promedio por Guardia de la producción Mensual - MKPN .....	69
<b>Tabla 8</b> Determinación de Causas y Consecuencias evidenciadas en Campo. ....	72
<b>Tabla 9</b> Distribución de Actividades – Formato de Reporte Diario de Trabajo Actualizado .....	76
<b>Tabla 10</b> Distribución de los Tiempos Operacionales - MKPN (abril, mayo y junio) .....	80
<b>Tabla 11</b> Equipos Operativos Mes de Abril – MKPN (Distribución de tiempos expresado en Horas).....	82
<b>Tabla 12</b> Equipos Tiempo Parcial Mes de Abril – MKPN (Distribución de tiempos expresado en Horas).....	83
<b>Tabla 13</b> Equipos Inoperativos Mes de Abril – MKPN (Distribución de tiempos expresado en Horas).....	83
<b>Tabla 14</b> Valores de DM (Abril, Mayo y Junio) - Flota de Volquetes MKPN .....	86
<b>Tabla 15</b> Valores de DF (Abril, Mayo y Junio) - Flota de Volquetes MKPN .....	88
<b>Tabla 16</b> Valores de Uso de (Abril, Mayo y Junio) - Flota de Volquetes MKPN.....	90
<b>Tabla 17</b> Valores de Utilización (Abril, Mayo y Junio) - Flota de Volquetes MKPN.....	92
<b>Tabla 18</b> Resultados de los KPI's Operativos .....	93
<b>Tabla 19</b> Valores de MTBF para identificar equipos en observación.....	95
<b>Tabla 20</b> Valores de MTTR para identificar equipos en observación .....	97
<b>Tabla 21</b> Resultados de los KPI's Mantenimiento .....	99
<b>Tabla 22</b> Valores de Rendimiento de Operadores (Viajes/Guardia) "Guardia - A" .....	100



<b>Tabla 23</b> Valores de Rendimiento de Operadores (Viajes/Guardia) "Guardia - B" .....	102
<b>Tabla 24</b> Valores de Rendimiento de Operadores (Viajes/Guardia) "Guardia - C" .....	104
<b>Tabla 25</b> Producción Diaria por Jefe de Guardia Mes de Abril – MKPN.....	106
<b>Tabla 26</b> Promedio del Rendimiento por Gd - Mes Abril MKPN .....	107
<b>Tabla 27</b> Promedio del Rendimiento por Gd - Mes Mayo MKPN .....	107
<b>Tabla 28</b> Promedio del Rendimiento por Gd - Mes Junio MKPN.....	108
<b>Tabla 29</b> Resultados de Performance de Operadores y de la Producción. ....	108
<b>Tabla 30</b> Identificación de Tiempos Improductivos durante la Operación.....	109
<b>Tabla 31</b> Horas improductivas que impactan en la ventana horaria de producción.....	110
<b>Tabla 32</b> Datos Operativos para el Cálculo del Rendimiento de Volquete MKPN .....	111
<b>Tabla 33</b> Distribución de las Actividades Durante la Guardia.....	116
<b>Tabla 34</b> Resumen del Rendimiento de Volquete MKPN con $D < 1\text{Km}$ .....	117
<b>Tabla 35</b> Resumen del Rendimiento de Volquete MKPN con $D > 1\text{Km}$ .....	117
<b>Tabla 36</b> Determinación del A.C.U. para el Acarreo de Mineral $< 1\text{Km}$ .....	118
<b>Tabla 37</b> Determinación del A.C.U. para el Acarreo de Mineral $> 1\text{Km}$ .....	119
<b>Tabla 38</b> Promedio de las Horas Improductivas (3 Meses).....	120
<b>Tabla 39</b> Calculo de Rendimiento de Volquete MKPN $< 1\text{Km}$ .....	121
<b>Tabla 40</b> Calculo de Rendimiento de Volquete MKPN $> 1\text{Km}$ .....	121
<b>Tabla 41</b> Replanteo del A.C.U. para el Acarreo de Mineral $< 1\text{Km}$ .....	122
<b>Tabla 42</b> Replanteo del A.C.U. para el Acarreo de Mineral $> 1\text{Km}$ .....	123
<b>Tabla 43</b> Resultados del Replanteo de los Costos Unitarios.....	124
<b>Tabla 44</b> Análisis del KPI de Performance de Operadores por Guardia.....	131
<b>Tabla 45</b> Análisis de la Producción por Guardia ejecutado .....	133
<b>Tabla 46</b> Análisis de la Producción por Dia (TMD) ejecutado .....	133
<b>Tabla 47</b> Análisis de la Producción Mensual ejecutado .....	135
<b>Tabla 48</b> Análisis de los Tiempos Improductivos con respecto al Tiempo Total.....	136

<b>Tabla 49</b> Determinación del Rend. Horario de acuerdo a las Horas de Operación .....	136
<b>Tabla 50</b> Tonelaje que representa la cantidad de Horas Improductivas por Mes .....	137
<b>Tabla 51</b> Resultados de Rendimiento y Costo Unitario Finales para $D < 1\text{Km}$ .....	138
<b>Tabla 52</b> Resultados de Rendimiento y Costo Unitario Finales para $D > 1\text{Km}$ .....	138
<b>Tabla 53</b> Resumen Comparativo de los Resultados de la Investigación .....	140

## **CAPITULO I:**

### **PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACION**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Sociedad Minera el Brocal S.A.A. se dedica a extraer, concentrar y comercializar minerales polimetálicos tales como: plata, zinc, cobre y plomo. Esta empresa opera en la Mina Marcapunta, ubicado en el distrito de Tinyahuarco, Pasco, Perú. La Empresa Comunal de Servicios Múltiples SMELTER (ECOSEM SMELTER) está encargada del acarreo de mineral desde las labores de avance al stock pile o tajos de relleno según corresponda las zonas de extracción establecidas en los planes semanales.

Actualmente la empresa ECOSEM SMELTER utiliza volquetes de 15 m<sup>3</sup> (Zona Norte) y 17 m<sup>3</sup> (Zona Sur) de capacidad y de doble eje, el transporte de material es producto del avance de los desarrollos primarios y tajos brindados de acuerdo a las indicaciones de la Oficina de Planeamiento las cuales son reflejadas en el programa semanal, dando un objetivo promedio de 7000 TM/día totales (desglosados en 4500 TM/día para la Zona de Marcapunta Norte y 2500 TM/día para la Zona de Marcapunta Sur).

La Empresa ECOSEM SMELTER contaba con un control básico de cuenta camiones, generados a partir de la recopilación de los reportes diarios realizados por los Operadores de

cada unidad de transporte al finalizar la guardia, solo obteniéndose información básica de la operación (cantidad de viajes, tipo de material, tonelaje).

Los problemas más comunes que presenta el Sistema de Acarreo son la falta de control operativa de equipos, la no realización de un análisis y la no determinación de indicadores de rendimiento o KPI's , lo que repercute de manera directa en el rendimiento diario de los operadores de volquetes y finalmente en la Producción Mensual lo cual se ve reflejado en las Valorizaciones, con una aplicación óptima de un control operativo se podría realizar una mejor toma de decisiones durante la operación como el uso óptimo de horas/equipo, mejor monitoreo de la producción de la flota de volquetes y determinar la influencia que tienen los tiempos improductivos en el rendimiento de las flota de volquetes.

Lo que se plantea es la implementación de un plan de control (técnico y económico) de flota de volquetes que pueda brindar estrategias para el uso de indicadores de rendimiento (KPIs) de acuerdo a una base de datos y utilizar las herramientas necesarias para generar un óptimo control y determinación del rendimiento horario acorde al contexto actual.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cómo optimizar el Sistema de Acarreo de la flota de volquetes de la Empresa ECOSEM SMELTER en la Mina Marcapunta – Zona Norte?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Qué métodos de control utilizar en la flota de volquetes para optimizar el sistema de acarreo de la Mina Marcapunta?
- ¿Cómo determinar la influencia de los tiempos improductivos en la flota de volquetes del Sistema de acarreo de la Mina Marcapunta?
- ¿Cuál es el rendimiento y costo real del transporte de la flota de volquetes de acuerdo a las condiciones actuales en el Sistema de acarreo de la Mina Marcapunta?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. *Objetivo General***

Establecer un Plan de control de Flota permitirá optimizar el sistema de acarreo de manera técnica mediante el uso KPIs Operativos y de manera económica con el Análisis del Costo unitario de las toneladas acarreadas de acuerdo a las condiciones actuales de la Empresa ECOSEM SMELTER en la Mina Marcapunta – Zona Norte.

#### **1.3.2. *Objetivos Específicos***

- Determinar métodos de control mediante el uso de KPIs en la flota de volquetes para optimizar el sistema de acarreo en la Mina Marcapunta.
- Identificar los tiempos improductivos predominantes y su influencia en la flota de volquetes del Sistema de Acarreo en la Mina Marcapunta.
- Determinar el rendimiento y costo real del transporte de la flota de volquetes en el Sistema de acarreo de la Mina Marcapunta mediante el Análisis de Costo Unitario.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En una operación Minera es bien sabido que el acarreo de mineral es una de las actividades que genera mayor costo dentro de la operación así que el plantear oportunidades de mejora en dicha actividad repercutirá en la producción y como empresa contratista en un mayor ingreso mensual.

El presente proyecto de investigación nos permitirá Optimizar el Sistema de acarreo mediante la implementación un Plan de Control (Técnico y Económico) de la flota de Volquetes ya que es la actividad que contempla un gran uso de recursos y por ende representa un gran porcentaje en el ingreso mensual de la empresa, teniendo como pilares fundamentales, el uso óptimo de las horas equipo, la influencia de los tiempos improductivos, el análisis del rendimiento y costo unitario de los equipos de acarreo interior mina en la Mina Marcapunta.

Así mismo se realizará la implementación de KPIs o Indicadores de rendimiento operativos, impactando positivamente en la estructura del Sistema de Acarreo de la Mina Marcapunta.

## **1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Delimitación temporal**

El trabajo de investigación tiene como límite temporal los meses de marzo del 2022 a junio del 2022, lo que nos permitió obtener resultados significativos que ayudarán a proyectar en los próximos años.

### **1.5.2. Delimitación Espacial**

La delimitación espacial del estudio de investigación se aplica en la Zona Norte de la Mina Marcapunta de la Sociedad Minera el Brocal, en el distrito de Tinyahuarco de la región Pasco.

## **1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. Hipótesis General**

La implementación de un Plan de Control de manera Técnica y Económica permite la optimización del Sistema de acarreo de la flota de volquetes de la empresa ECOSEM SMELTER en la Mina Marcapunta – Zona Norte.

### **1.6.2. Hipótesis Específicas**

- El uso de métodos de control como el análisis de los indicadores de rendimiento o KPI's operativos en la flota de volquetes permite optimizar el Sistema de acarreo de la Mina Marcapunta.
- La identificación de los tiempos improductivos permite determinar su influencia en la flota de volquetes del Sistema de Acarreo de la Mina Marcapunta.
- El rendimiento y costo real del transporte de la flota de volquetes considerando los tiempos improductivos permite el replanteo de nuevos costos unitarios para el acarreo de mineral acorde a las condiciones operativas actuales de la Mina Marcapunta.

## 1.7. VARIABLES E INDICADORES

### 1.7.1. Variables

#### Variable Dependiente – X

Optimización del Sistema de Acarreo

#### Variable Independiente – Y

Implementación de un Plan de Control de Flota de Volquetes

### 1.7.2. Operacionalización de las Variables

Tabla 1

*Variables y Operacionalización*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>DEPENDIENTE</b>		
Optimización del Sistema de acarreo	Producción	TMD
	KPI's Operativos	%, TMD
	KPI's de Mantenimiento	Hrs
<b>INDEPENDIENTE</b>		
Implementación de un Plan de Control de Flota de Volquetes	T. Improductivos	Hr/Gd
	Rendimiento y Análisis del Costo Unitario del acarreo de mineral	TM/Gd \$/TM-Km

Fuente: Elaboración Propia

## 1.8. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.8.1. Tipo de Investigación

Según (Hernández Sanpieri, 2014) esta investigación se cataloga del Tipo Básica.

Es Básica porque la investigación presentada servirá de base teórica para otros tipos de investigación y su objetivo no es dar solución a un problema de manera inmediata.

### **1.8.2. Nivel de Investigación**

Según (Hernández Sanpieri, 2014) en los Niveles de Investigación el presente trabajo se clasifica como Correlacional.

Es correlacional porque tiene variables que se relacionan entre sí y con el sistema de acarreo sin realizar una manipulación directa en estas variables. Al realizar la implementación de un Plan de Control de Flota de volquetes se considera una intervención observacional de uso de variables para mejorar un sistema, siendo característica de una Investigación Correlacional.

### **1.8.3. Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es No experimental porque se utiliza los datos existentes dentro del Acarreo de Mineral en la Mina Marcapunta sin afectar directamente a las variables y con esa información se realiza el análisis para la implementación de Plan de Control de Flota de volquetes.

### **1.8.4. Población y Muestra**

#### **1.8.4.1. Población**

La población está conformada por el total de la flota de 40 Volquetes que opera la Empresa ECOSEM SMELTER para la Sociedad Minera El Brocal en la Mina Marcapunta (25 Volquetes de Marcapunta Norte y 15 Volquetes de Marcapunta Sur).

#### **1.8.4.2. Muestra**

La muestra utilizada en la presente investigación son los KPI's, determinación de tiempos Improductivos y Análisis de Costo Unitario en la flota de 25 Volquetes que operan en la Zona de Marcapunta Norte.

### **1.8.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **1.8.5.1. Técnicas de recolección de Datos**

El seguimiento de las jornadas regulares por guardia y el control del equipo de acarreo se utilizarán para recopilar información y datos.



Los reportes diarios enviados por los operadores de volquete a fin de guardia y el reporte general realizado por el jefe de guardia son otras formas de recopilar información.

Las principales técnicas que utilizaremos en la investigación son:

- Observación Directa y Controlada
- Recopilación de Datos e imágenes a tiempo real
- Análisis y Determinación de la Base de Datos
- Procesamiento de Datos en el Área de Oficina Técnica

#### **1.8.5.2. Instrumentos de recolección de información**

- Formato de Reporte diario de Trabajo
- Plan Semanal de Producción Interior Mina

#### **1.8.5.3. Técnicas de Procesamiento de información y Análisis de Datos**

Se utilizarán las siguientes Técnicas de Procesamiento para evaluar y analizar la información recolectada para garantizar que el Plan de Control de equipos de acarreo interior mina se utilice correctamente, dando uso al Microsoft Excel.

El objetivo del presente estudio de investigación es evaluar y analizar la base de datos para obtener una mejor comprensión de lo que se propone. Para lograr esto, los datos se presentarán utilizando:

- KPIs de producción y KPIs de mantenimiento
- Análisis de la Base de Datos de los Tiempos Operacionales.
- Gráficos de descripción del funcionamiento del Plan de Control.
- Tablas Resumen de resultados
- Análisis de costo Unitario de las unidades a controlar.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

#### ***2.1.1. A Nivel Internacional***

(Bahamóndez, 2017) en su tesis para optar al título de Ingeniero Civil de Minas **“IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE GESTIÓN PARA REDUCCIÓN DE COSTOS OPTIMIZANDO EL DESEMPEÑO POR COMPONENTE EN EQUIPOS MINEROS”** Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile; concluye que, Es de relevancia implementar un sistema mediante la metodología Six Sigma el cual permita identificar los equipos de acarreo que reportaron un bajo rendimiento así como identificar la principal causa que genera estas condiciones en la operación y una vez identificada poder mantener informada a la organización mediante reportes que sirven como sistema de control.

#### ***2.1.2. A Nivel Nacional***

(Huarocc, 2014) en su tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas **“OPTIMIZACIÓN DEL CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL MEDIANTE EL USO DE INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO U.M. UPKAR MINING S.A.C.”** Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú; concluye que, Durante los procesos del ciclo de minado es de relevancia plantear un sistema de control que nos posibilite una mejor planificación

en consecuencia una mayor producción y rentabilidad mensual, Los KPIs son herramientas operativas que en el transcurso del desarrollo de las actividades nos permiten medir, controlar y optimizar imperfectos operativos evidenciados.

(Chura, 2019) en su tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas **“PROPUESTA DE UN PLAN DE CONTROL DE UTILIZACIÓN PARA FLOTAS DE ACARREO DE UNA MINA A TAJO ABIERTO”**, Universidad Continental, Arequipa, Perú; concluye que, Luego de un análisis general de que los procesos que involucran la flota de acarreo, se identifica los sucesos que generan mayores demoras; en esta investigación se planteara sugerencias que permitan reducir los tiempos de demora. Un plan de control adecuado posibilitara disminuir los tiempos muertos y en consecuencia incrementar el manejo de la flota de acarreo.

(Baldeón, 2011) en su tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas **“GESTIÓN EN LAS OPERACIONES DE TRANSPORTE Y ACARREO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN CIA MINERA CONDESTABLE S.A.”**, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú; concluye que, En una operación minera el carguío y acarreo representa la mayor parte del costo de minado. Los indicadores de Rendimiento son herramientas fundamentales en la determinación de los que sucede en el campo de manera concisa para una mejora en la toma de decisiones correctivas, por ende, es de suma importancia el procesamiento de datos del departamento de productividad en la mejora de los procesos.

## **2.2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.2.1. Explotación De Minas**

Según (Hartman, 1992) la explotación de minas consiste en realizar una excavación o crear una abertura para permitir el acceso desde la superficie actual al yacimiento mineral. Esta es la esencia de la extracción de minerales en la tierra.

La ubicación de la mina es fija, independientemente de que las aberturas estén de manera subterránea o en la superficie. Las condiciones únicas que prevalecen en los ámbitos físico,

geológico, medioambiental, económico y jurídico determinan las particularidades del procedimiento, el trazado, el equipo y el sistema que conforman el método minero.

### **2.2.2. Mina Subterránea**

Según (Hartman, 1992) denomina minería subterránea a la explotación de minerales que tiene lugar bajo la superficie de la tierra. Cuando un yacimiento está demasiado profundo para explotarlo desde la superficie, o cuando la proporción de desmonte de la sobrecarga respecto al mineral es demasiado alta, se utilizan métodos subterráneos. Una vez demostrada la rentabilidad, la elección de la técnica minera adecuada depende principalmente de dos factores: (1) Determinar la manera adecuada de sostenimiento de acuerdo a sus características. (2) Diseñar una configuración de apertura y una secuencia de extracción que se ajusten lo mejor posible a las características espaciales del yacimiento mineral.

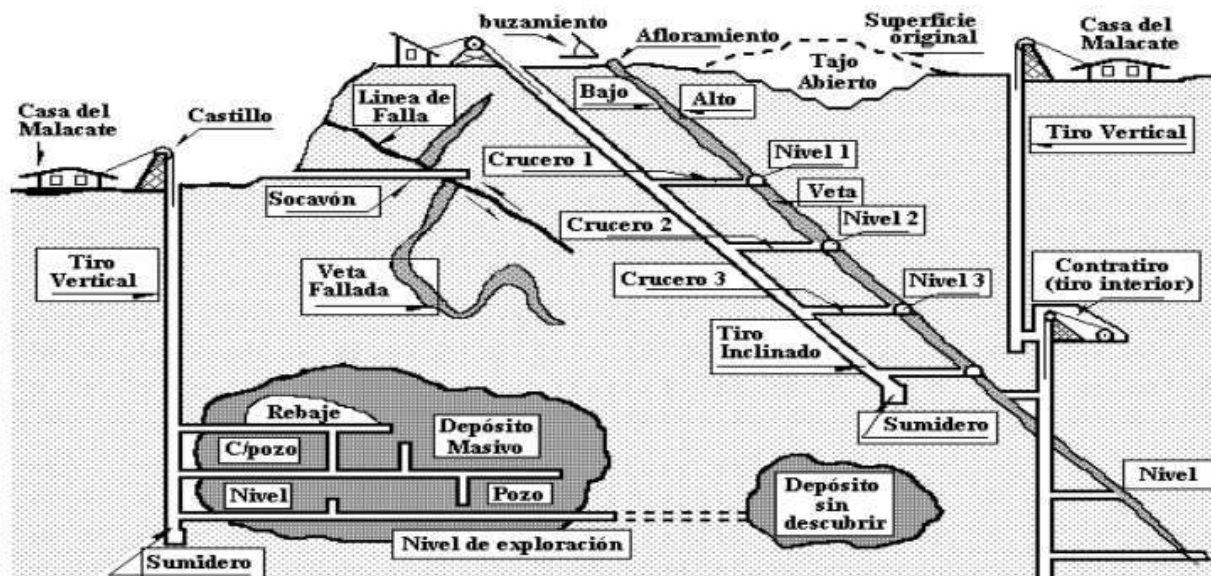
Según (Lopez, 2003),

**A. EXPLORACION:** Actividad minera fundamental para determinar aproximadamente la forma, el tamaño, la ubicación y los valores del yacimiento.

**B. DESARROLLO:** Los trabajos de desarrollo son los necesarios para demostrar, mediante diversas actividades, la viabilidad económica de la extracción de un yacimiento mineral y prepararlo para la explotación minera, en función de las zonas que resulten más económicas. Según el proyecto, los trabajos de desarrollo pueden dividirse en dos secciones. La fase inicial, denominada desarrollo general, consiste en determinar la configuración del yacimiento, el buzamiento y la disposición general de la mina. En la segunda parte, que se refiere a la técnica de extracción, se pueden seguir una serie de pautas.

Figura 1

## Obras de Exploración y Desarrollo Subterráneas



Fuente: Extraído de la siguiente Bibliografía (Lopez, 2003)

**C. PREPARACION:** Corresponde a esta actividad, la preparación de un sistema de acceso a las zonas mineralizadas, y esto se consigue mediante trabajos subterráneos cuidadosamente planificados, como pozos, elevaciones, niveles y contra perforaciones.

### 2.2.3. Método De Explotación

Según (Hartman, 1992) En función a la importancia del sostenimiento utilizado, los métodos de explotación de minería subterránea se dividen en tres categorías debido a la importancia del sostenimiento necesario. El tipo de sostenimiento de la pared y techo utilizados, la forma en que se configuran las aberturas de producción y la dirección en la que avanzan las operaciones mineras.

**Figura 2***Métodos de Explotación Subterránea*

Fuente: Extraído de la siguiente Bibliografía (IGME, 1987)

Las tareas o procedimientos incluidos en el método de explotación son:

### 2.2.3.1. Operaciones Unitarias

**A. PERFORACION:** Según (IGME, 1987) la primera acción que se lleva a cabo es la perforación de rocas en el campo de las voladuras, cuyo propósito es crear espacios adecuados en los macizos para alojar las cargas de explosivo y sus componentes iniciadores, aunque existen numerosos métodos posibles para penetrar la roca, en la minería la perforación se lleva a cabo en su mayoría mediante el uso de la energía mecánica.

**B. VOLADURA:** Según (Hartman, 1992) La voladura es el proceso de fragmentación de rocas mediante el uso de explosivos con fines mineros o extractivos. Durante los primeros años, el desarrollo de explosivos se convirtió en una disciplina científica porque los químicos buscaban mezclas explosivas perfectas, estables y potentes para diversos fines. La necesidad de reducir los costos de las voladuras y controlar los efectos del ruido y los movimientos del terreno ha llevado a la creación de diseños de voladuras cuidadosamente diseñados, respaldados por investigación en los últimos años.

**C. VENTILACION:** Según (Vargas, 2015) el objetivo principal de la Ventilación de Minas es proporcionar aire fresco para garantizar condiciones ambientales y térmicas adecuadas para los trabajadores que trabajan en minería subterránea, así como para garantizar la operación de

varios equipos e instalaciones subterráneas. Para garantizar un flujo de aire adecuado y seguro, la ventilación debe ser diseñada y mantenida correctamente.

**D. EXTRACCION:** Según (CETEMIN, 2014) el conjunto de operaciones que permiten el arranque, carguío y acarreo de mineral se conoce como extracción de una mina. El objetivo es la extracción sistemática de menas y sustancias minerales para facilitar la comercialización de la sustancia mineral.

**E. TRANSPORTE Y/O MANIPULO DE MINERALES:** Según (Ortiz & Herrera, 2002) la mayoría de las veces, el mineral se transporta al exterior de la mina a través de volquetes con descarga en el fondo, ferrocarriles, camiones convencionales de dos ejes o, en casos más raros, cintas alimentadas por tolvas. Es imprescindible contar con una infraestructura minera de gran envergadura, cuyo diseño debe estar estrechamente relacionado con el sistema de transporte en cada situación.

**F. SOSTENIMIENTO:** Según (Ortiz & Herrera, 2002) el tipo de roca y el dimensionamiento adecuado de los pilares determinan las técnicas de sostenimiento. En muchos casos, una vez que los pilares están dimensionados adecuadamente, la calidad del macizo rocoso explotado permite que no se requiera, ya que suponen un costo de producción adicional que en muchos casos es muy importante.

#### **2.2.4. Carguío En Mina Subterránea**

Según (CAMIPER, 2017) el carguío es una actividad en la operación minera que tiene como objetivo de la carga es transferir el material disparado desde el frente de carga hasta el equipo de acarreo de forma segura y eficaz.

##### **2.2.4.1. Equipos de carguío utilizados en Minería Subterránea**

Según (Gustafson, 2011) La mina subterránea tiene un trazado complejo con condiciones rocosas difíciles, como cavidades abiertas, yacimientos irregulares y tensiones con diferentes orientaciones y magnitudes.

**SCOOP O LHD:** En las minas subterráneas, los vehículos Load Haul Dump (LHD) cargan y transportan minerales. Debido a las condiciones del entorno minero, son máquinas grandes y pesadas que funcionan con energía eléctrica o diésel y tienen una velocidad relativamente baja de 20-30 km/h. Cada LHD tiene dos partes conectadas por un punto de articulación, lo que les da un alto nivel de maniobrabilidad en los túneles estrechos de la mina. El motor está en la parte trasera de la máquina y la cuchara está en la parte delantera.

Los frenos, la dirección y la cuchara funcionan hidráulicamente. Además, algunos LHD se pueden automatizar para aumentar la seguridad y la eficiencia en la mina.

**VENTAJAS:** Entre las ventajas de los vehículos LHD se encuentran:

- Su capacidad para cargar y transportar grandes cantidades de minerales en entornos mineros subterráneos
- Su alta maniobrabilidad en túneles estrechos
- Su operación hidráulica y su capacidad para ser automatizados para mejorar la eficiencia y la seguridad en la mina.

Además, los LHDs pueden ser operados por control remoto, lo que permite a los operadores trabajar desde un lugar seguro y cómodo.

### **2.2.5. Acarreo De Mineral**

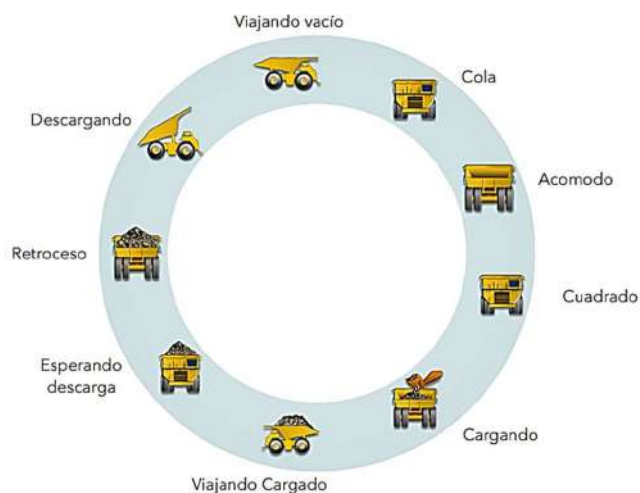
Según (CAMIPER, 2017) para cumplir con los requisitos de producción, la operación de acarreo es esencial porque es necesario transportar el material desde la zona de carguío hacia los diferentes puntos de descarga de manera segura y eficiente. La toma de decisiones depende de esta operación. La siguiente ecuación muestra la secuencia de un ciclo de camiones mineros en una operación unitaria de acarreo.

Según (MS4M-I, 2019) determina el Ciclo de acarreo conformado por los siguientes tiempos parciales:



**Figura 3**

*Ciclo de Acarreo en una Operación Minera*



Fuente: Extraído de la Bibliografía de la Empresa Mine Sense For Miners (MS4M-I, 2019)

$$TCA = TC + TVC + TED + TR + TD + TVV + TCo + TAc + TCu$$

TCA= tiempo ciclo de Acarreo [min]

TC= tiempo cargando [min]

TVC=tiempo viaje cargado [min]

TED = tiempo de espera descarga [min]

TR=tiempo de retroceso [min]

TD=tiempo descargando [min]

TVV=tiempo viaje vacío [min]

TCo=tiempo de Cola [min]

TAc=tiempo de Acomodo [min]

TCu=tiempo de Cuadrado (Encuadre) [min]

### **2.2.6. Flota de Volquetes**

En la minería subterránea, flota de volquetes es definida como el conjunto de camiones destinados a acarrear material desde áreas de extracción en minas subterráneas hasta la

superficie. Estos vehículos están diseñados para operar en secciones pequeñas con sistemas de iluminación y ventilación acorde a la necesidad. Para garantizar un flujo continuo de material y maximizar la productividad, es esencial una gestión eficiente de la flota.

### **2.2.7. Control de Acarreo**

El control de acarreo implica supervisar y coordinar el acarreo de material desde la extracción en interior mina hasta la superficie. Los indicadores clave de rendimiento, o KPIs, se utilizan para evaluar y mejorar la eficiencia operativa, optimizar las rutas y reducir los tiempos de espera. El uso de un reporte diario de trabajo mejora la gestión, garantiza el flujo continuo de material y reduce la congestión en las rutas subterráneas. El objetivo de este método es lograr una operación minera más eficiente y rentable, reduciendo los tiempos muertos y optimizando el uso de recursos.

#### **2.2.7.1. Equipos de acarreo de mineral utilizados en minería subterránea**

Según (Dammers y otros, 2019) el material extraído desde la mina se transporta a superficie u otras partes de la mina con equipos de acarreo. Estos equipos se utilizan para transportar mineral de manera segura y eficiente, reduciendo el tiempo y los costos, pueden ser de los siguientes tipos:

**A. FERROCARRILES:** En la minería subterránea, las locomotoras eléctricas o diésel arrastran vagones cargados con mineral a través de vías férreas. Tiene bajos costos operativos, pero requiere una gran inversión inicial en infraestructura de vías, señalización y electrificación. Aplicable a grandes distancias y altos volúmenes de producción, permite la automatización ofrece una alta eficiencia energética y una alta capacidad de carga.

**B. CAMIONES:** Otra alternativa es el uso de los camiones diésel los cuales transportan el mineral a través de las galerías del punto de carguío al punto de descarga asignado. Es un sistema móvil y flexible que no necesita vías fijas. Aunque tiene bajos costos de inversión inicial,

tiene altos costos operativos por consumo de combustible y mantenimiento. Aunque tiene una capacidad limitada, puede adaptarse fácilmente a las necesidades y la disposición de la mina.

**C. FAJAS DE TRANSPORTE:** El sistema de cintas transportadoras consiste en bandas continuas accionadas eléctricamente para transportar mineral. Es necesaria una infraestructura estable y costosa. Aunque es flexible en curvas, no permite el transporte continuo de gran capacidad. El chancado previo del mineral suele ser necesario. Tiene bajos costos operativos pero altos costos iniciales. Es aplicable a grandes volúmenes y distancias. Para cambios de dirección, se requieren transferencias.

### **2.2.8. Indicadores de rendimiento**

Según (Gackowiec y otros, 2020) el término Key Performance Indicators (KPI) se refiere a un conjunto de medidas que se centran en los aspectos cruciales del desempeño de una organización que son esenciales para su éxito y tienen las características:

- Los KPI son medidas utilizadas para evaluar el desempeño de los procesos que involucran a la toma de decisiones de una organización.
- Permiten el seguimiento del progreso encaminando hacia la consecución de los objetivos organizacionales.
- Proveen una perspectiva de los factores que son esenciales para el éxito de la organización.
- Son particulares y aplicables a cada sector y organización. Las KPI que se eligen deben reflejar los objetivos de la empresa.
- Deben ser medibles y su progreso debe medirse con regularidad.
- Los KPI ayudan en la toma de decisiones y la mejora de procesos.
- Para evitar perder el enfoque en los objetivos principales, su selección debe estar regida en evitar el seguimiento de una gran cantidad de indicadores.

En pocas palabras, los KPI son medidas de desempeño cuidadosamente seleccionadas que proporcionan información útil sobre los factores clave de éxito de una organización, lo que permite monitorear el progreso y tomar decisiones sobre cómo mejorar.

#### **2.2.8.1. Clasificación de Indicadores:**

Con el fin de llevar un control adecuado de los procesos, existen varias formas de clasificar los KPI, ya sea de manera cualitativa o cuantitativa. Veamos algunos ejemplos a continuación:

**A. Indicadores Productivos:** Estos se basan en mediciones realizadas en máquinas específicas. Tales como: el consumo de combustible, la carga útil, las presiones, la carga del motor, la velocidad, los errores y las advertencias.

**B. Indicadores Operativos:** necesitan analizar las actividades de las máquinas. Tales como: Los tiempos de operación, la duración del ciclo, los tiempos de carga y descarga, los tiempos de espera, los tiempos de reubicación, los tiempos improductivos, los tiempos de mantenimiento, etc.

**C. Los indicadores de mantenimiento:** Incluyen el número de fallas por día, semana o mes, el tiempo perdido por paradas, el tiempo promedio entre fallas (MTBF), las horas de mantenimiento de los trabajadores, el tiempo promedio entre paradas (MTBS), el tiempo promedio de reparación (MTTR), entre otros.

Esta segmentación permite elegir los KPIs apropiados para el monitoreo de procesos, el análisis de desempeño y la toma de decisiones en el acarreo de mineral según el rol y la responsabilidad de cada miembro de la operación minera.

#### **2.2.9. Ciclo de Deming (PDCA)**

Según (Castillo, 2019) el Ciclo de Deming también conocido como el ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) es un método de mejora continua que dan uso varias empresas para la optimización de procesos. Comienza con la planificación de procesos, para luego realizar la ejecución, posterior a esto realizar la verificación o control de resultados y finalmente se toman

medidas correctivas para mejorar los parámetros identificados inicialmente. Este método se enfoca en la identificación y resolución de problemas a través de un diagnóstico inicial, comparación y análisis de resultados, creación de medidas correctivas y búsqueda de resultados aceptables.

### **2.2.10. Optimización del sistema de acarreo de mineral**

Según (Park & Choi, 2022) la optimización del sistema de acarreo de mineral utilizando KPIs hace referencia a mejorar la eficiencia y la productividad de las operaciones de transporte en una mina.

Las siguientes formas permiten a los KPIs ayudar a optimizar el sistema de acarreo:

**Identificar Cuellos De Botella:** Los tiempos de ciclo, la utilización efectiva y la eficiencia operativa son KPIs ayudan a encontrar deficiencias y retrasos en el sistema. Los tiempos de ciclo altos, por ejemplo, pueden indicar congestión en los puntos de carga.

**Evaluar La Utilización De Equipos:** Los KPI de utilización de los equipos y disponibilidad física ayudan a determinar si la flota de camiones se está utilizando de la mejor manera. El exceso de capacidad puede indicar baja utilización.

**Monitorear La Productividad:** Los KPIs como el movimiento de mineral por hora, por equipo/operador pueden usarse para evaluar la productividad del sistema. Esto ayuda a evaluar las oportunidades de mejora con los recursos que se cuenta.

**Establecer Objetivos:** Para concentrar los esfuerzos, establezca objetivos cuantitativos de mejora en los KPIs críticos.

**Tomar Acciones Correctivas:** Un KPI por debajo del objetivo ayuda a identificar las causas principales y tomar decisiones, como cambios en la asignación de equipos, el mantenimiento y la capacitación.

#### **2.2.10.1. Estudio de tiempos operacionales**

Según (Contreras, 2018) el estudio de tiempos es un método científico que cuantifica la productividad y el esfuerzo humano en función del tiempo. Es el análisis y la determinación del

tiempo de ejecución de una operación, tarea o actividad. Por lo tanto, ayuda a mejorar los métodos de trabajo.

El estudio del movimiento incluye el estudio del tiempo. Es una técnica de mediación de trabajo que busca eliminar tiempos improductivos. Por lo tanto, distingue entre tiempo de operación efectivo y no efectivo.

### **2.2.11. Programación de equipos de acarreo**

Según (González, 2018) determinar la programación de equipos de acarreo en minería subterránea es un aspecto fundamental para una mejora en la productividad. Se tomará en cuenta las siguientes características:

**Acarreo de material en la Minería Subterránea:** Esta actividad es una de suma importancia dentro de la operación minera ya que permite optimizar su rendimiento y por ende su producción.

**Oportunidades de Mejora en la productividad de equipos:** Dentro de las oportunidades de mejora en la productividad de los equipos de acarreo se puede considerar lo siguiente: optimizar los tiempos de ciclo, reducir los tiempos muertos y aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos

**Planificación y aplicación de un control en el proceso de producción:** Planificación de operación unitarias para el ciclo de minado y establecer un control óptimo del proceso de producción a analizar

**Determinar el control de la capacidad de material:** El control de la capacidad de los equipos de acarreo de mineral se refiere a la medición y monitoreo del rendimiento de los equipos utilizados para transportar el mineral extraído desde los frentes de trabajo hasta la superficie.

- Permite identificar problemas y soluciones rápidas para cumplir con los objetivos de producción.
- Se supervisa diariamente en reuniones de producción, comparando lo que se ha hecho con lo que se ha programado.

- Permite tomar medidas correctivas inmediatas en caso de que los objetivos no se cumplan.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1. Optimización**

La optimización hace referencia a minimizar los recursos (tiempos improductivos, costos) o maximizar las eficiencias operativas (KPI's, Producción) para obtener los mejores resultados. Es un proceso que implica encontrar la mejor solución durante la operación, teniendo en cuenta limitaciones y objetivos particulares. La optimización busca la combinación más eficiente de variables en la toma de decisiones y la gestión para lograr los mejores resultados.

### **2.3.2. Confiabilidad De Equipos**

Según (Cuellar, 2017) el termino Confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo, componente o sistema se desarrolle de manera óptima durante el tiempo requerido bajo las condiciones normales de operación. Así mismo puede ser definida como la posibilidad de que un ítem permita ejecutarse durante un tiempo determinado sin llegar al punto del fallo.

### **2.3.3. Teoría de Colas**

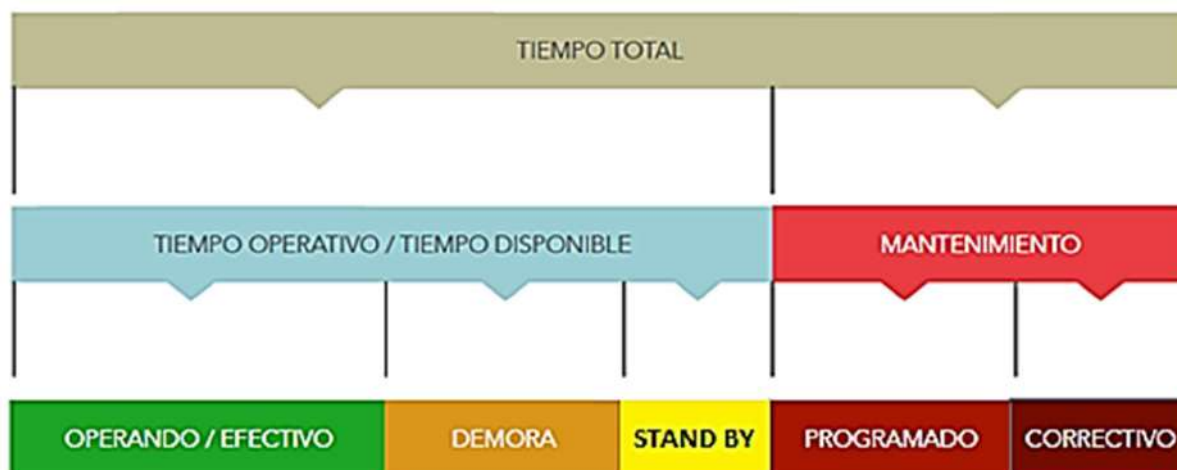
La teoría de colas se centra en el estudio matemático del flujo productivo (como camiones o material) a través de puntos clave, como entradas y salidas. Para reducir los tiempos de espera y aumentar la productividad, buscan analizar y optimizar la eficiencia del flujo y mejorar la gestión de recursos.

### **2.3.4. Gestión De Estados Operacionales**

Según la Empresa Mine Sense For Miners en su publicación (MS4M-I, 2019) es un método para controlar y evaluar los tiempos operativos de los equipos durante un período de tiempo determinado.

Se basa en tener una distribución y desglose de tiempos para calcular los distintos índices operativos que se requieren para la evaluación. Para ello, es común en la minería utilizar un sistema de evaluación y control de tiempos operativos.

Figura 4

*Distribución de Estados Operacionales*

Fuente: Extraído de la Bibliografía de la Empresa Mine Sense For Miners (MS4M-II, 2019)

Según la Empresa Mine Sense for Miners en la Bibliografía siguiente (MS4M-II, 2019)

define los siguientes Estados Operacionales de la siguiente forma:

- **OPERANDO / EFECTIVO (OT):** El equipo encendido está realizando trabajo productivo
- **DEMORA (DT):** El equipo este encendido, pero no se encuentra realizando un trabajo productivo.
- **STAND BY (SbT):** El equipo está disponible y apagado por ende no está realizando algún trabajo.
- **MANTENIMIENTO (MT):** Distribuido en dos facciones:
  - **PROGRAMADO (PrMT):** El equipo no se encuentra disponible por mantenimiento programado y está apagado.
  - **CORRECTIVO (CoMT):** El equipo no se encuentra disponible por mantenimiento correctivo y está apagado.
- **IMPRODUCTIVO (IT):** Tiempo del equipo que no se encuentra considerado en el plan de operaciones.



Según la Empresa Mine Sense for Miners en la Bibliografía siguiente (MS4M-II, 2019) define los KPI's (Indicadores de Rendimiento) de la siguiente forma:

**2.3.4.1. Tiempo Total (TT):**

Sumatoria de los tiempos parciales estipulados como estados operacionales

$$TT = OT + DT + SbT + MT$$

**2.3.4.2. Disponibilidad Mecánica (DM):**

Porcentaje del tiempo total que el equipo está disponible para operarse debido a problemas mecánicos.

$$DM = \frac{OT + DT (*) + SbT}{OT + DT(*) + SbT + MT}$$

DT (\*): Solo considera como Tiempo de Demora (DT\*) a las Demoras Operativas

**2.3.4.3. Disponibilidad Física (DF):**

Porcentaje del tiempo total en que el equipo está disponible para trabajar, independientemente de los problemas presentados

$$DF = \frac{OT + DT + SbT}{TT} = \frac{OT + DT + SbT}{OT + DT + SbT + MT}$$

DT: Considera como Tiempo de Demora (DT) la sumatoria de las Demoras Operativas y Demoras Programadas que dependan de la Empresa ejecutora.

**2.3.4.4. Uso (Use):**

Porcentaje que representa la cantidad de tiempo que el equipo ha estado operando en comparación con el tiempo que el motor ha estado encendido.

$$Use = \frac{OT}{OT + DT}$$

**2.3.4.5. Utilización (Utz):**

Porcentaje de tiempo que el equipo estuvo operativo en comparación con el tiempo total disponible para el equipo

$$Utz = \frac{OT}{TT} = \frac{OT}{OT + DT + SbT + MT}$$

#### 2.3.4.6. Tiempo Medio Entre Fallas o Mean Time Between Failures (MTBF):

Es la cantidad de tiempo (indicado en horas) que transcurre entre dos fallas sucesivas.

$$MTBF (Hrs) = \left( \frac{OT + SbT}{Numero\ de\ Fallas} \right)$$

#### 2.3.4.7. Tiempo Medio de Reparación o Mean Time To Repair (MTTR):

Es el tiempo promedio (indicado en horas) que utiliza el área de mantenimiento en retornar un equipo en óptimas condiciones.

$$MTTR(Hr) = \left( \frac{PrMT + CoMT}{Numero\ de\ Fallas} \right)$$

#### 2.3.5. Tiempo Improductivo

Según (Cueva, 2022) las horas que impiden que los equipos realicen tareas en las que no producen se denominan tiempos improductivos. Usualmente la sumatoria de dichos tiempos representa una cantidad considerable durante la guardia.

Dado que los tiempos improductivos son cruciales para la utilización de los recursos disponibles, es crucial identificar y analizar los tiempos improductivos. Esto se debe a que su cantidad es de relevancia porque permitirá optimizar los procesos operativos para mejorar la productividad de la empresa.

#### 2.3.6. Rendimiento

Según (Hernandez, 2022) es la relación entre la cantidad de trabajo producido por una cuadrilla y el tiempo requerido para completarlo. La mano de obra y el uso de la maquinaria están relacionadas con el rendimiento. En un análisis de costos unitarios, solo los equipos y la mano de obra tienen un impacto en el rendimiento.

$$R = ((VTV * Fw * FI) * V * D) * \rho$$

VTV: Volumen Nominal de la Tolva del Volquete

Fw: Factor de Esponjamiento

FI: Factor de llenado

V: Cantidad de Viajes

D: Distancia

Pe: Peso Específico de Mineral

### **2.3.7. Productividad**

Según (Cutí, 2019) se le denomina productividad a la capacidad de producir más con menos recursos. Como resultado, la cantidad adecuada de equipos de carguío y transporte permite ejecutarse con presupuestos menores.

### **2.3.8. Diagrama De Pareto**

Según (Radson & Boyd, 1997) el principio de Pareto es un método de toma de decisiones efectivo que se ha utilizado para mejorar la calidad. El principio, creado por Vilfredo Pareto (1848-1923), afirma que la mayoría de los problemas son el resultado de unas pocas fuentes o elementos.

Este concepto también se conoce como la "regla 80/20", en la que el 80% de los problemas provienen del 20% de las máquinas, las materias primas, etc.

### **2.3.9. Análisis De Costo Unitario**

Según (Hernandez, 2022) consiste en dividir el costo por unidad de medida de cada actividad, identificando los rendimientos, costos y cantidades de cada uno de los insumos, materiales y equipos a utilizar, y luego establecer los costos en diferentes componentes del rubro, como materiales, mano de obra y equipos.

El análisis de costo unitario es fundamental porque tiene en cuenta no solo los costos directos e indirectos de las actividades sino también los costos imprevistos o circunstanciales especiales que rodean el desarrollo del trabajo.

### **2.3.10. Factor de esponjamiento (Fw)**

Es la relación entre el volumen real y el volumen aparente de un material después de su manipulación, que refleja su capacidad de "esponjarse"

$$Fw = \left( \frac{1}{1 + \frac{Sw}{100}} \right)$$

Sw: Porcentaje de Esponjamiento

### **2.3.11. Volumen efectivo de tolva de volquete (VETV)**

Se refiere al espacio o capacidad real disponible para transportar materiales en la tolva de un volquete. Puede ser mayor o menor que el volumen total de la tolva debido a la geometría de la tolva o a las limitaciones físicas.

$$VETV = VTV * Fw * FI$$

Fw: Factor de Esponjamiento

FI: Factor de llenado

VTV: Volumen Nominal de la Tolva del Volquete

### **2.3.12. Incidencia o Cantidad Unitaria**

Según CAPECO, Es la cantidad de cada recurso que se utiliza para crear una unidad de la actividad o componente analizada.

$$INC. CANT Hora Hombre (HH) = \frac{C * J}{R. mo}$$

$$INC. CANT Hora Maquina (HM) = \frac{C * J}{R. eq}$$

Rmo: Rendimiento de mano de obra

Req: Rendimiento de equipo

C: Cuadrilla: Cantidad de personas requeridas según el proceso utilizado para lograr el rendimiento

J: Duración de la Jornada de trabajo en horas

### CAPITULO III:

#### SITUACION ACTUAL DE LAS OPERACIONES DE LA MINA MARCAPUNTA

##### 3.1. UBICACIÓN Y ACCESO

###### 3.1.1. Ubicación

La Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (SMEB), que se dedica a la extracción, concentración y comercialización de minerales polimetálicos, tiene sus operaciones en la unidad minera de Colquijirca y la Planta Concentradora de Huaraucaca, ubicadas en el distrito de Tinyahuarco, provincia, departamento y región de Pasco, a una altitud de 4300 m.s.n.m.

##### Figura 5

*Ubicación Geográfica de la Sociedad Minera El Brocal*



Fuente: Área de Planeamiento – SMEB

En la figura 5 se puede visualizar la ubicación de la Mina Marcapunta y sus Plantas concentradoras con referencia al departamento de Pasco.

### **3.1.2. Accesibilidad**

Para llegar a la Mina Marcapunta desde Lima, se debe tomar la carretera central hasta la ciudad de La Oroya desde allí se toma la carretera que conduce a Cerro de Pasco. Ambos trayectos están asfaltados y tienen una longitud aproximada de 288 kilómetros. El campamento de Colquijirca se encuentra a 15,8 kilómetros al sur de Cerro de Pasco. Las vías de acceso a las áreas de la mina, la planta concentradora, los depósitos de relaves y Marcapunta Norte fueron construidas por la Sociedad Minera el Brocal y son de uso público. Cerro de Pasco también está conectada con Lima a través de una línea férrea que fue otorgada en concesión a la empresa Ferrovías Central Andina S.A.

### **3.2. CLIMA**

De acuerdo con la clasificación climática de Koppen (1984), el área de estudio presenta un clima de montaña, con temperaturas mínimas que oscilan entre los 5°C y los 20°C entre los meses de mayo y agosto. Las precipitaciones pluviales se concentran entre diciembre y marzo; este clima se caracteriza por sus temperaturas bajas, que se deben a la altitud. Las temperaturas mínimas se producen en invierno, cuando el sol se encuentra más bajo en el horizonte y los días son más cortos. Las precipitaciones pluviales se producen principalmente en verano, cuando la humedad del aire es mayor.

### **3.3. BREVE HISTORIA DE LA MINA**

Actualmente, la Unidad Minera Colquijirca es uno de los principales yacimientos de la Sociedad Minera "El Brocal" S.A., empresa dedicada a la extracción y exploración de minerales de plata, plomo y zinc. La palabra "Colquijirca" proviene del quechua, donde "Golgue" se refiere a la plata y "Jirca" al cerro, lo que se traduce al español como "Cerro de Plata". La minería en Colquijirca se remonta a la época preincaica, cuando los Tinyahuarcos, establecidos en Marcapunta (Puntamarca), ya extraían plata del cerro cercano. Los Tinyahuarcos fueron

sorprendidos por los españoles el 12 de marzo de 1533 mientras transportaban 400 arrobas de plata fina y 50 arrobas de oro para salvar al Inca Atahualpa. Durante el Virreinato, se explotaba la mina a través de la apertura de pequeños tajos y la ejecución de labores con herramientas en forma de media barreta, siguiendo la dirección e inclinación de los estratos geológicos.

En la mina, se llevó a cabo la actividad en 1883 con la apertura de un socavón bajo la supervisión del Sr. Fernandini. Después de 13 años de labores difíciles, se logró cortar los mantos mineralizados. El Ingeniero Antenor Rizo Patrón Lequerica fue contratado para dirigir la fábrica de metalurgia de Huaraucaca hacia el final de 1889. La formalización y el inicio de las operaciones comenzaron en 1904 con la instalación de maquinaria hidráulica y eléctrica. Con el inicio oficial de las operaciones en 1914 y el inicio de la Primera Guerra Mundial, la empresa experimentó un crecimiento al vender sus minerales a Alemania. La concentración de minerales comenzó con un solo molino Hardinge en 1924, que procesó 140 TPD por día. La mina se convirtió en la más productiva de plata de Sudamérica durante los primeros treinta años del siglo actual, con minerales con concentraciones de hasta 6,000 onzas por tonelada métrica (Oz/TM) de plata. Sin embargo, debido a la baja cotización de los metales en los mercados internacionales, entre 1930 y 1937, las operaciones mineras se detuvieron. Las operaciones se reiniciaron en 1937 con un tratamiento de 250 toneladas por día (TPD) con dos molinos de bolas Hardinge. La explotación de bismuto se reanudó en 1941 y continuó hasta 1945. Esto dejó 5,404 toneladas métricas (TMS) de mineral y una concentración de plata de 5,4 onzas por tonelada métrica (Oz/TM) en San Gregorio. En 1962, la planta concentradora procesó 480 TPD a su máximo nivel. En 1973, se produjo un récord de 199,317 TMS de mineral mediante la explotación subterránea convencional. Mientras tanto, comenzaron los trabajos a tajo abierto "Mercedes-Chocayoc" y en la región de Marcapunta (minería sin rieles)

En 1974, el aumento en la cotización del metal a 1.5 dólares por libra (\$/Lb) llevó a abandonar las áreas de minería convencionales para aumentar la producción de cobre en

Marcapunta. El desbroce del tajo abierto se intensificó en 1975, alcanzando un beneficio máximo de 580 TPD ese año, pero disminuyó al año siguiente.

Entre 1976 y 1978, la explotación de la Mina Colquijirca finalizó por completo, lo que provocó una etapa difícil en su economía debido a su falta de capital. En mayo de 1979, hubo una recuperación económica gracias a la inversión de capitales, que incluyó a personas como el Ingeniero Alberto Benavides de la Quintana y el Sr. Dionisio Romero, entre otros.

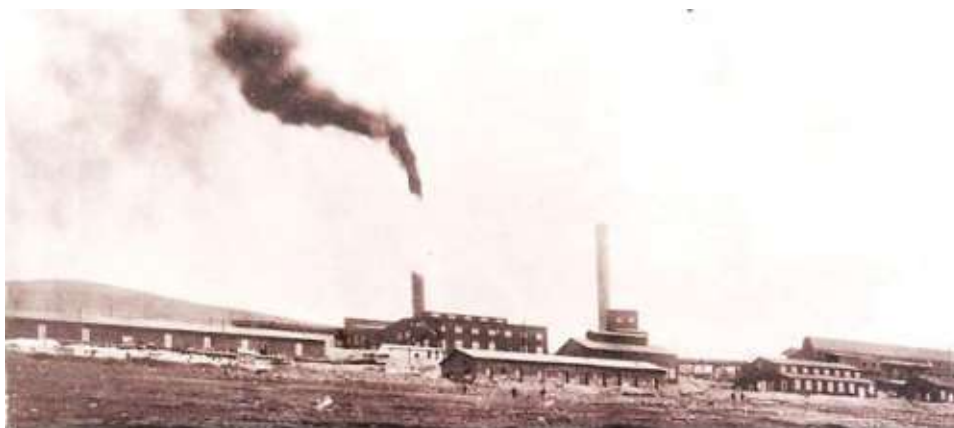
De 1980 a 1981, llegaron equipos para operaciones en tajo abierto y la planta comenzó a tratar 1,500 toneladas por día (TPD). Después de completar la expansión de la planta (lavado y celdas de circuito Pb y Zn), la planta de lavado comenzó a funcionar el 15 de diciembre de 1981. Entre 1984 y 1989, se registró una producción máxima de 1550 TPD, lo que equivale a la capacidad nominal de la concentradora. Entre 1985 y 1988, se experimentó un aumento en la capacidad de los equipos para trabajar en tajos abiertos. Entre 1989 y 1990, se contrató a COSAPI S.A. para continuar con la instalación de equipos para el tajo abierto "Principal". En el año 1991, la mina sufrió un importante crecimiento, lo que resultó en la operación de dos tajos abiertos: "Mercedes-Chocayoc" y "Principal". La planta concentradora pudo procesar 2,000 TMS diarias. Brocal siempre estaba interesado en expandir sus operaciones y continuó explorando nuevas áreas mineralizadas. Desde la década de 1980, se realizaban perforaciones diamantinas en San Gregorio y Marcapunta de forma simultánea. En 1994, la compañía comenzó a realizar perforaciones diamantinas con mayor frecuencia en sus tres proyectos: Tajo Norte, San Gregorio y Marcapunta, y esta actividad continuó hasta enero de 1997. En noviembre de 1996, la planta de concentración de Huaraucaca comenzó a realizar flotación selectiva de zinc, plata y plomo, que antes se realizaba solo como concentrado en gran volumen. Al mismo tiempo, la capacidad aumentó a 2,200 toneladas por día. Tanto geólogos nacionales como extranjeros han visitado el área de Colquijirca. Desde mediados de la década del 70, se realizaron investigaciones en la zona de Marcapunta, con una intensificación en la década de 1980. Entre los geólogos destacados que han investigado la región se encuentran Lindgren (1935), McKinstry (1936),



Jenks (1951), Rogers y Frey (1954), De las Casas (1963), Jochamowicz (1970), R. Lehne (1971), la Misión Alemana (1973), el Instituto de Energía Nuclear y Orlando Orbegoso (1975). También se incluyen el Dr. D. Noble, el Ing. G. Barba de BISA y el Dr. Cesar Vidal, quienes han realizado trabajos de cartografía geológica y revisión de sondajes diamantinos, entre otros.

### **Figura 6**

*Fundición de Tinyahuarco de Cerro Pasco Mining. Co (1906)*



Fuente: Extraído de la siguiente Bibliografía (Aquino, 2017)

## **3.4. GEOLOGIA DEL YACIMIENTO**

### **3.4.1. Geología Regional**

#### **3.4.1.1. Complejo Volcánico Marcapunta**

En este complejo se han registrado efusiones volcánicas lávicas y piroclásticas, así como la colocación de domos y la formación de diatremas, lo que respalda su categorización como Complejo Volcánico.

Se mencionan algunas de las unidades de origen ígneo que fueron interceptadas durante los sondeos diamantinos realizados en el Proyecto Cobre Marcapunta. En la parte superior de la secuencia volcánica, típicamente se observan flujos de piroclastos con diferentes fracciones que van desde tobas hasta aglomerados. Estos clastos, cuya composición mineralógica principal está conformada por feldespatos, seguidos por cuarzo/vidrio volcánico y escasas plagioclasas,

también tienen una textura porfírica que se puede apreciar. Las plagioclasas son de menor tamaño y subhedrales a euhedrales, mientras que los feldespatos y el cuarzo/vidrio volcánico se presentan como fenocristales anhedrales con dimensiones promedio entre 2 milímetros y 5 milímetros. La matriz generalmente es afanítica y puede experimentar cambios como cloritización, sericitización o argilización de intensidad incipiente a intensa.

En algunos estudios, se han detectado presencias de sulfuros como la pirita y la enargita en formas grandes, vetiformes y esparcidas. Estos sulfuros se ubican y sustituyen en la matriz de la roca y en los fenocristales de sus componentes de feldespatos. La enargita, que está estrechamente relacionada con la pirita, tiene costumbres similares. Además, se ha observado la presencia notable de alunita, que reemplaza tanto a los fenocristales de feldespatos como a la matriz de la roca. En algunas unidades ígneas, en varios segmentos, se observan texturas oquerosas (vuggy silica) que incluyen geodas de pirita, enargita y alunita, dispuestas en agregados de pequeños cristales. Estas características sugieren que la mineralización aurífera en el complejo volcánico y la mineralización cuprífera y polimetálica en las formaciones Calera y Shuco tienen una naturaleza epitermal de alta sulfuración.

#### **3.4.1.2. Grupo Pocobamba.**

Se han descubierto diversas unidades litoestratigráficas en las áreas de Smelter y Marcapunta, las cuales pertenecen a dos secuencias sedimentarias claramente definidas. La parte superior está llena de rocas carbonatadas de la Formación Calera, mientras que la parte inferior está llena de rocas detríticas con diferentes granulometrías de la Formación Shuco. Las dos formaciones forman parte de la secuencia lacustre del Terciario del Grupo Pocobamba.

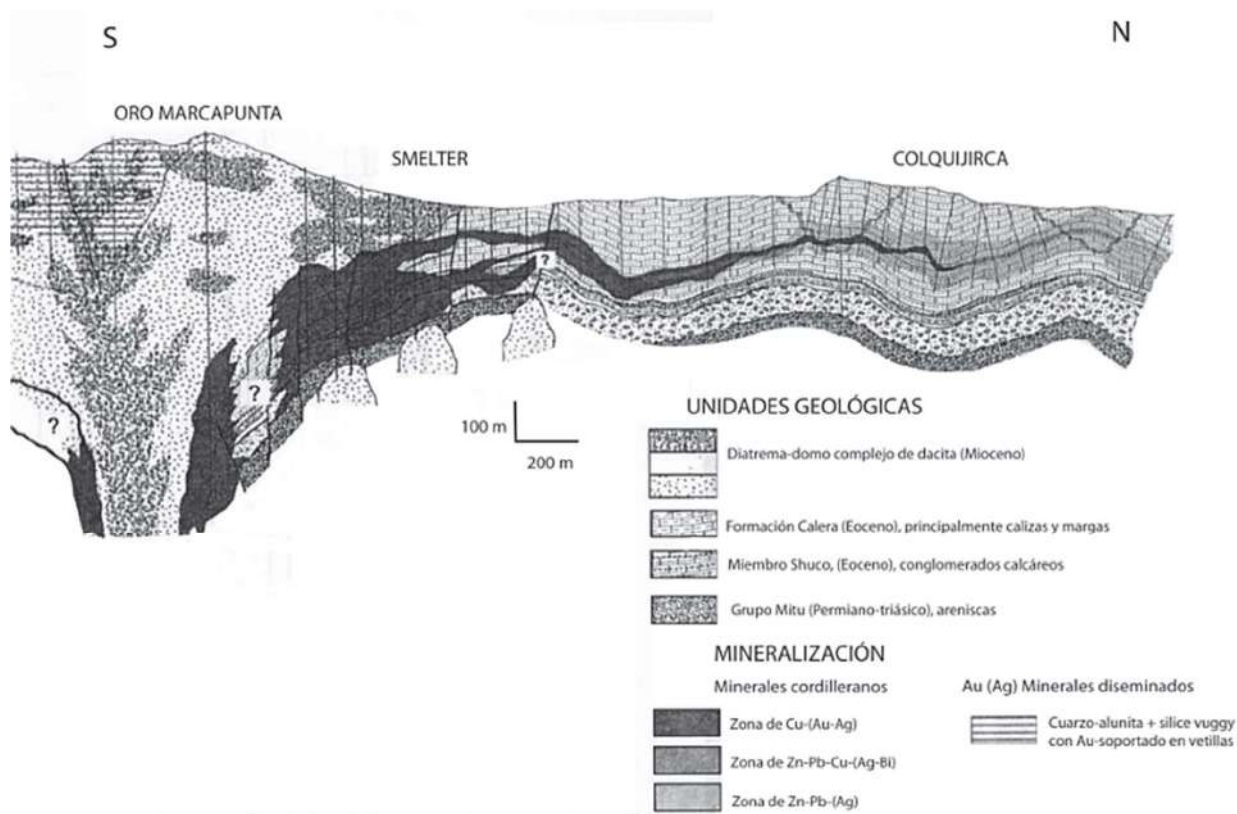
#### **3.4.2. Geología Local**

La Unidad Minera Colquijirca se ubica en un área geológica donde se encuentran varios cuerpos mineralizados que se han formado en un entorno geológico diverso y complejo (Figura 7). Un sistema de vetas polimetálicas que se extiende a lo largo de varios kilómetros en la zona

es responsable de la mineralización en la unidad minera. La geología local de la Unidad Minera Colquijirca está principalmente influenciada por las rocas intrusivas y extrusivas de la Formación Ferrobamba, que se formaron durante el Paleozoico y Mesozoico. Los principales objetivos de las actividades de exploración minera son los diques y vetas de cuarzo que rodean estas rocas ígneas. La Unidad Minera Colquijirca se encuentra en una zona de transición entre las rocas sedimentarias del Grupo Mitu y las rocas ígneas.

**Figura 7**

*Geología Local de la Mina Marcapunta – Cuadrángulo de Pasco (22-k)*



Fuente: Extraído del Boletín de Cerro de Pasco 22k - INGEMMET

En la Figura 7 se muestra la sección longitudinal del distrito minero de Colquijirca se muestran los dos tipos de mineralización.

### 3.4.3. Geología Económica

Los depósitos minerales en el distrito de Colquijirca son parte de la familia de yacimientos relacionados con pórfidos de cobre (Cu). Este tipo de depósitos se distinguen principalmente por un zonamiento distintivo, con secciones internas dominadas por el Cobre (Cu) y zonas externas donde Zinc (Zn), Plomo (Pb) y Plata (Ag) son los elementos más importantes desde un punto de vista económico. En el área de Colquijirca, particularmente en las áreas de Marcapunta y Colquijirca, hay tres áreas mineralógicas que se componen principalmente de enargita en las partes internas, calcopirita en las partes intermedias y esfalerita y galena en las partes externas.

La zona llamada Marcapunta Norte, situada directamente al sur del Tajo Norte, es la ampliación del depósito de Colquijirca. Las dos áreas internas de esta área son la de enargita y la de polímero, que contiene calcopirita, tenantita, esfalerita y galena. En comparación con zonas más al sur, Marcapunta Norte se destaca por haber sufrido un proceso de enriquecimiento supérgeno. La aparición de cuerpos de calcopirita ha resultado en la superposición de la zona de enargita y en menor medida, en la zona polimetálica formada por calcopirita, tenantita, esfalerita y galena. El resultado ha sido un sector con cierta complejidad mineralógica, especialmente en lo que respecta a los intercrecimientos.

#### 3.4.3.1. Ley de Cabeza

**Tabla 2**

*Leyes de Cabeza - SMEB*

DESCRIPCION	UNIDAD	EL BROCAL Marcapunta
<b>Mineral de Cabeza tratado</b>	TMS Oz.	3,030,696.38
<b>Leyes de Cabeza</b>	Ag /TMS	0.89
	Au Gr./TMS	0.67
	Cu %	1.78
	Pb %	
	Zn %	

Fuente: Extraído de la siguiente Bibliografía (SMEB M. A., 2022)

En la Tabla 2 se puede visualizar los valores de Leyes de cabeza para cada uno de los minerales extraídos en la Mina Marcapunta.

### 3.4.3.2. Inventario De Reservas Minerales

Los inventarios de reservas minerales son estimaciones que se basan en datos de perforación, geología y geotécnica disponibles y se actualizan periódicamente.

**Tabla 3**

*Inventario de Reservas - SMEB*

#### **RESERVAS AL 31 DE DICIEMBRE 2022**

<b>ORO</b>	<b>TMS(000)</b>	<b>OZ/TMS</b>	<b>ONZAS (000)</b>
<i>El Brocal Marcapunta</i>	29,574.00	0.03	742.00
El Brocal (Tajo Norte Smelter - Cu - Ag)	25,522.00	0.01	181.00
<b>Reservas Totales de Oro</b>			<b>923.00</b>
<b>PLATA</b>	<b>TMS(000)</b>	<b>OZ/TMS</b>	<b>ONZAS (000)</b>
El Brocal (Tajo Norte Smelter - Cu - Ag)	25,522.00	0.73	18,542.00
El Brocal (Tajo Norte Smelter - Zn - Pb - Ag)	6,119.00	2.81	17,199.00
<i>El Brocal Marcapunta</i>	29,574.00	0.71	21,005.00
<b>Reservas Totales de Oro</b>			<b>56,746.00</b>
<b>ZINC</b>	<b>TMS(000)</b>	<b>OZ/TMS</b>	<b>ONZAS (000)</b>
El Brocal (Tajo Norte Smelter - Zn - Pb - Ag)	6,119.00	2.51	154.00
<b>Reservas Totales de Oro</b>			<b>154.00</b>
<b>PLOMO</b>	<b>TMS(000)</b>	<b>OZ/TMS</b>	<b>ONZAS (000)</b>
El Brocal (Tajo Norte Smelter - Zn - Pb - Ag)	6,119.00	1.17	71.00
<b>Reservas Totales de Oro</b>			<b>71.00</b>
<b>COBRE</b>	<b>TMS(000)</b>	<b>OZ/TMS</b>	<b>ONZAS (000)</b>
<i>El Brocal Marcapunta</i>	29,574.00	1.28	379.00
El Brocal (Tajo Norte Smelter - Cu - Ag)	2,522.00	1.73	442.00
<b>Reservas Totales de Oro</b>			<b>821.00</b>

Fuente: Extraído de la siguiente Bibliografía (SMEB M. A., 2022)

Es importante destacar que estos inventarios de reservas minerales son estimaciones y están sujetos a cambios a medida que se obtiene información geológica y geotécnica adicional.

Además, las variaciones en los costos de los metales, los costos de producción y los cambios en las leyes y regulaciones mineras pueden tener un impacto en la explotación minera.

#### **3.4.4. Geomecánica**

La geomecánica es esencial en cada uno de estos procesos para garantizar la estabilidad del macizo rocoso y prevenir eventos geomecánicos desagradables como desprendimientos, colapsos y hundimientos.

Las características geológicas del macizo rocoso se identifican y evalúan mediante técnicas de muestreo, ensayos de laboratorio y observación geológica en la mina. Se utilizan técnicas de modelación y análisis geomecánico para evaluar la estabilidad del macizo rocoso de la Mina Marcapunta. Estos métodos permiten simular las condiciones de esfuerzo y las deformaciones en el macizo rocoso, lo que permite anticipar posibles fallas o deformaciones significativas. La modelación numérica, el análisis de elementos finitos y la evaluación de la estabilidad de taludes son algunas de las técnicas más utilizadas. Estos análisis son esenciales para determinar las medidas de sostenimiento y relleno necesarias para garantizar la estabilidad del macizo rocoso y prevenir riesgos para la seguridad de los trabajadores.

##### **3.4.4.1. Característica Del Macizo Rocosó**

Entre las características del macizo rocoso de esta mina se pueden mencionar las siguientes:

- **Composición:** El macizo rocoso de la Mina Marcapunta está principalmente formado por rocas ígneas de origen volcánico como andesita, dacita y riolita, así como por rocas sedimentarias como calizas y areniscas.
- **Estructura:** Una gran cantidad de fracturas y discontinuidades, que son predominantes en su estructura y tienen un impacto en su comportamiento mecánico, afectan la estabilidad de la roca maciza.
- **Dureza:** La roca del macizo rocoso es relativamente dura y resistente a la compresión, lo que dificulta su excavación.

- **Permeabilidad:** La permeabilidad de las rocas varía según su composición y estructura, lo que afecta el flujo de agua y la estabilidad de las excavaciones.
- **Alteración:** Los procesos de alteración hidrotermal en cierta roca han producido la formación de minerales secundarios como cuarzo, clorita y epidota, que tienen un impacto en su comportamiento mecánico.
- **Presencia de mineralización:** La mina Marcapunta cuenta con concentraciones significativas de sulfuros de cobre y zinc, lo que determina su valor económico y la estrategia de explotación.
- **Comportamiento frente a procesos geológicos:** La roca maciza de la mina es susceptible a procesos geológicos como la deformación, la fracturación y el deslizamiento, los cuales pueden afectar la estabilidad de las excavaciones y la seguridad de los trabajadores.

#### 3.4.4.2. Índice De Calidad De Rocas

El Índice de Calidad de Rocas (RQD, por sus siglas en inglés) El RQD es una medida numérica del grado de fracturación en un macizo rocoso. Se ha utilizado el RQD como herramienta de evaluación en la Mina Marcapunta para determinar la idoneidad del macizo rocoso en términos de su capacidad para soportar las excavaciones mineras.

Según la Sociedad Minera El Brocal, el RQD promedio en el macizo rocoso de la Mina Marcapunta es de alrededor del 50%, lo que indica una fracturación moderada a alta. Con el fin de reforzar la roca y prevenir posibles colapsos, se han implementado medidas de estabilización como pernos y mallas de acero. Además, la presencia de fracturas y discontinuidades en el macizo rocoso ha requerido una planificación y diseño meticulosos de las excavaciones para reducir el riesgo de desprendimientos de roca y accidentes laborales.

### **3.5. ACTIVIDAD MINERA**

#### **3.5.1. Capacidad De Producción**

Con una producción estable y sostenida de cobre y oro y márgenes económicos sólidos, la mina subterránea se espera que alcance los 9000 TMD a fines del 2023. La Planta #2 de El Brocal, que está equipada para procesar mineral de cobre, procesa una parte de la producción excedente de la mina subterránea. Anteriormente, esta planta se dedicaba principalmente al procesamiento de mineral polimetálico del tajo abierto. Se espera que la producción de plata disminuya debido a la disminución de la producción del tajo abierto Tajo Norte, ya que se prioriza la capacidad de la presa de relaves para el mineral de mayor margen derivado de la mina subterránea Marcapunta.

#### **3.5.2. Método De Explotación**

Desde el año 2010, se ha explotado la Mina Marcapunta – Zona Norte, el cual contiene mantos de cobre arsenical, mediante el método de Sub Level Stopping. Este método utiliza pilares corridos para garantizar la estabilidad del techo de los tajos explotados. Con este método se puede llevar a cabo una producción masiva mecanizada a un costo económico. Las actividades de preparación y explotación se suspendieron de marzo del 2020 a mayo del 2020 debido a la declaración del estado de emergencia debido a la pandemia de COVID-19. En junio del 2020, las operaciones se reanudaron con un enfoque en preparar el sector suroeste 2, un área destinada a realizar actividades de relleno cementado con el objetivo de mejorar la recuperación de los tajos secundarios (pilares). La extracción de pilares continuó en 2020, con un volumen total de 660,482 toneladas métricas y una ley promedio de cobre del 2,74 por ciento. Esta representó una recuperación parcial porque el relleno de las áreas extraídas es necesario para completar la retirada de los pilares. El reto consiste en mantener la continuidad del relleno necesario para lograr la recuperación completa de los pilares. Las rampas norte y sur continúan extrayendo en la mina subterránea. La extracción promedio de 2,500 TM/Día se produce en la



rampa sur, donde el mineral se dirige directamente a la zona industrial de la planta. Sin embargo, la rampa norte extrae en promedio 4,500 TM/Día.

### 3.5.2.1. Diseño y descripción del método de explotación

**Sublevel Stoping:** El método Sublevel Stoping divide el cuerpo mineralizado en partes apropiadas para la extracción. Consiste en extraer el mineral desde subniveles de explotación mediante disparos en planos verticales con tiros paralelos, y luego dejar el área vacía.

En la Mina Marcapunta, este método se utiliza en estructuras verticales, particularmente en mantos de gran espesor que suelen tener una altura superior a 10 metros y un ancho de 10 a 15 metros. Estas áreas están separadas por pilares de aproximadamente 8 metros de ancho que se pueden recuperar más tarde. Para facilitar la ruptura y extracción del mineral, tanto la roca mineralizada como los pilares deben cumplir con condiciones de estabilidad adecuadas y ser competentes en el autosoporte.

**Preparación:** Se realizan

- Subniveles 4m x 4m ( $\pm 1\%$ )
- Galerías 4m x 4m ( $\pm 1\%$ )

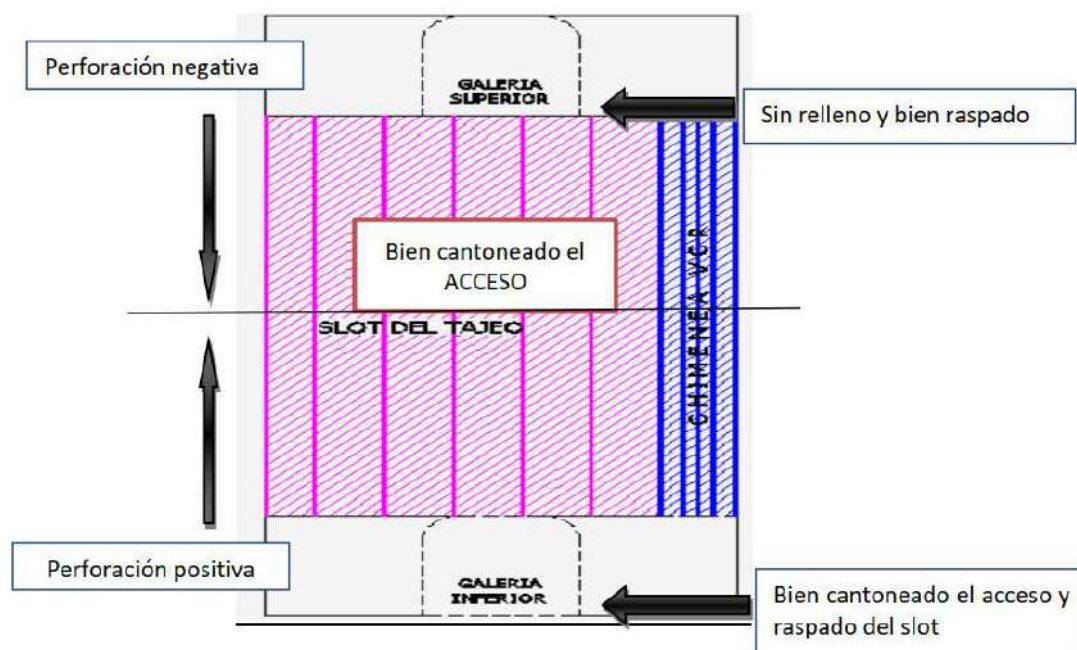
La perforación del taladro de servicio, que se acumula a través del barrido de perforación con SIMBA ITH (Wassara), es crucial para el drenaje del agua.

**Perforación Del Slot:** Se debe cumplir con el diseño de preparación y evitar el relleno, ya que esto retrasa la perforación y el piso debe estar bien raspado.

**Producción:** La producción del método de Sublevel Stoping depende de las materias manipuladas y la energía utilizada en las operaciones. El objetivo es maximizar el uso de cada recurso para mejorar la eficiencia del personal especializado, la perforación de simba, la disponibilidad de equipos, la voladura y extracción de minerales y el margen, lo que aumentará las ganancias de productividad de la empresa.

**Figura 8**

*Slot de Tajeo - Método Sublevel Stopping*



Fuente: Extraído de la siguiente Bibliografía (Mallqui, 2019)

**Taladros Largos:** Para reducir la probabilidad de ocurrencia de incidentes y/o accidentes durante el trabajo de perforación de taladros largos, este método de explotación debe considerar los estándares fundamentales para realizar un trabajo seguro. El uso del tubo guía reduce la desviación de los taladros en la perforación por debajo del 2%. Por lo tanto, debemos asegurarnos de que las brocas que se usan actualmente no se desgasten demasiado y que la columna de perforación tenga los metros de perforación correctos durante su vida útil. De esta manera, podemos garantizar que las ratios de perforación de los Simbas se cumplan.

**Método De Taladros En Paralelo:** La perforación se realizará con equipos Simbas en galerías en diferentes niveles de bloques. Las perforaciones se llevarán a cabo con taladros largos positivos en paralelo utilizando barillas de extensión de 1.50 m. Si es necesario, la

perforadora llevará 10 barras de extensión más, y los tubos Tag servirán como guía. Para lograr la profundización deseada según el proyecto, los taladros se entubarán con tubos PVC.

Una vez que se ha completado la perforación de taladros positivos, la simba se traslada a la parte superior del bloque para realizar la perforación de taladros negativos paralelos. Esto se hace perforando en conexión con los taladros negativos que están pasando. La voladura comienza en la parte inferior del bloque por guardia y luego se eleva hacia la parte superior. Por lo general, se rompen 4 filas o incluso 5 a 8 filas para mantener la ventilación fluida antes de extraer el tajo roto.

**Método De Taladros En Abanico:** Los bloques superior e inferior de las galerías son donde se realizan las operaciones de taladros en abanico. La perforación en la mina Marcapunta utiliza barras de 1.50 m, cuyas longitudes y ángulos de posición varían según el diagrama de malla de perforación en abanico, para adaptarse al contorno de la mineralización en ambos lados de los yacimientos mineralizados verticales con material circundante con excelentes características geomecánicas. En la Mina Marcapunta se utilizan los dos métodos de taladros en paralelos y abanicos según su mineralización y característica geomecánica. Inicialmente se construye una chimenea o VCR de 2.1 m x 2.1 m (creando una cara libre) y luego se disparan los taladros cercanos. Para abrir la cara libre a todo el ancho del tajo, generalmente se llama SLOT 8.0 m x 4.0 m. Luego se disparan filas de producción de 15 a 30 m horizontales a 10 m a 15 m de altura del tajo.

### **3.5.2.2. Operaciones Unitarias**

**A. Perforación:** La mina subterránea Marcapunta está utilizando el sistema de perforación Wassara para recuperar pilares (tajos secundarios) antiguos con leyes de cobre superiores al 2%. Para propulsar el martillo, este sistema utiliza un martillo de fondo (In the Hole - ITH) accionado por agua en alta presión. Las siguientes son las características principales del sistema de perforación:

- En comparación con los sistemas con martillo en cabeza (Top Hammer), permite perforar taladros de mayor longitud (hasta 100 metros) y con mayor precisión (desviaciones de 2-2.5%).
- Puede usar brocas de mayor diámetro (hasta 254 mm), lo que permite perforar roca fragmentada de mayor volumen por metro (hasta 15 toneladas por metro).

**B. Voladura:** En el método de taladros largos, se debe tener en cuenta lograr una voladura eficiente, un esquema y secuencia de salida detallado y óptimo con la sección diseñada, evitando sobre rotura y debilitamiento del tajeo, controlando la carga operante, la vibración y el banqueo excesivo.

**Figura 9**

*Diagrama de Procesos de P&V (SMEB)*



Fuente: Área de Perforación y Voladura - SMEB

En este diagrama se puede visualizar cuales son los inputs (los que alimentan la data como: Área de Geomecánica y Geología; los suministros como: materiales explosivos/aceros) y como cliente netamente se encuentra el Área de Planta con el resultado del P (80)

**C. Servicios auxiliares:** La Mina Marcapunta cuenta con varias empresas contratistas que ejecutan las actividades de Servicios Auxiliares interior mina, los más relevantes son los trabajos para su Planta de Relleno Hidráulico (Instalación de tuberías, construcción de muros de concreto, construcción de la Planta de concreto, etc.), obras civiles ejecutadas interior mina de acuerdo a necesidad (Subestaciones Eléctricas, Talleres, Lozas, Instalaciones de Agua y Aire,

etc.), También los trabajos puntuales que requiera de mano de obra calificada y el uso del equipo Telehandler Manitou o JCB se ejecutan de manera recurrente interior mina.

### Imagen 1

*Construcción de Subestaciones Eléctricas interior mina - MKPN*



Nota. Ejecución de obras civiles de Servicios Auxiliares para la construcción de una Subestación Eléctrica Nv 4085, Marcapunta Norte, 15-04-2022 / Fuente. Elaboración Propia

**D. Sostenimiento:** Entre las técnicas de sostenimiento utilizadas en la Mina Marcapunta se encuentran:

- **Anclajes:** se utilizan para soportar la roca en zonas donde se requiere una mayor estabilidad. Los anclajes están hechos de barras de acero que se colocan en perforaciones en la roca y se fijan con un mortero específico.
- **Mallas metálicas:** se utilizan para cubrir las paredes de las excavaciones y evitar que las rocas caigan. Las mallas están hechas de alambre de acero resistente y se sujetan con pernos a la roca.

- Shotcrete: este método de sostenimiento que implica colocar una capa de concreto proyectado sobre las paredes de las excavaciones. El uso de shotcrete aumenta la estabilidad de las excavaciones y reduce la probabilidad de caídas de rocas

### Imagen 2

*Sostenimiento de Techo y Hastiales con Shotcrete y Pernos de Anclaje*



Nota. Labores del Nv 4085 VN-888N sostenidas con pernos de anclaje y shotcrete, Marcapunta Norte, 01-06-2022 / Fuente. Elaboración Propia

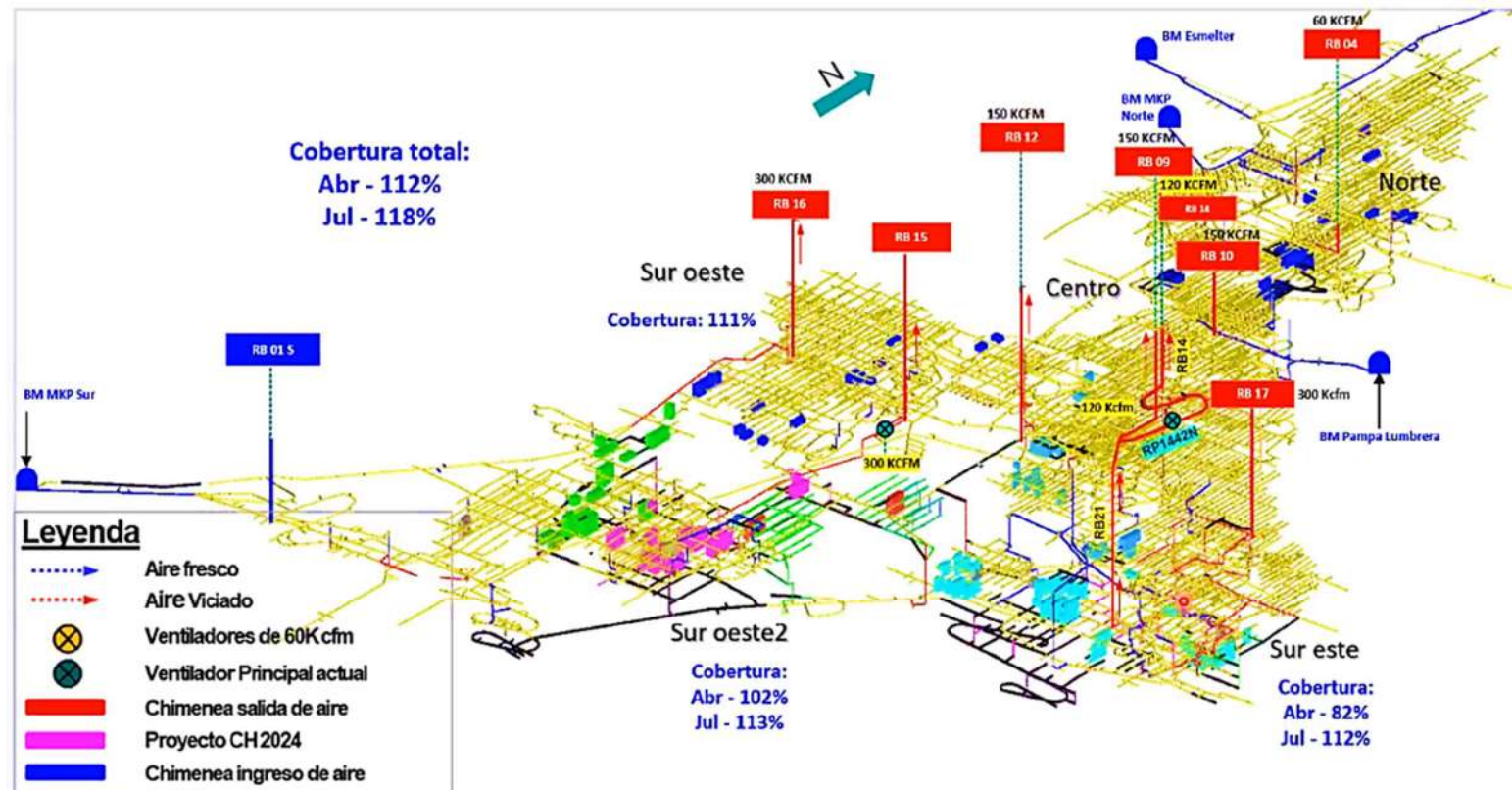
**E. Ventilación:** La importancia del sistema de ventilación en la Mina Marcapunta radica en proteger la salud y la seguridad de los empleados que trabajan en las áreas subterráneas. Una red de galerías y pozos de ventilación proporciona aire fresco a estos lugares. Esto proporciona una cantidad suficiente de aire limpio para disipar y eliminar gases dañinos como el monóxido de carbono y el dióxido de carbono, así como partículas de polvo y vapores dañinos.

Este sistema de ventilación está compuesto por ventiladores principales que llevan el aire fresco al interior de la mina y ventiladores auxiliares que llevan el aire fresco a áreas específicas del entorno subterráneo de trabajo. Por lo general, los ventiladores principales se encuentran en la superficie y, según las necesidades particulares de la mina, pueden usar varios tipos de ventiladores, como ventiladores axiales, centrífugos o mixtos. Además, se instalan cortinas y puertas de aire para controlar el flujo de aire y mejorar la calidad del ambiente en la mina.



Figura 10

Plano del Sistema de Ventilación - Mina Marcapunta



Fuente: Área Ventilación - SMEB

En el plano anterior se puede visualizar que el sistema de ventilación viene creciendo de Norte a Sur en forma progresiva donde se evidencio que las troncales de ventilación están algo desfasadas y eso genera problemas en la zona SE y SW para lo cual se estuvo viendo alternativas que permitan garantizar la cantidad y calidad de aire interior mina.

### 3.5.2.3. Carguío de mineral:

En mina Marcapunta para el carguío emplean Scooptram por parte de otra empresa contratista, realizan el uso del telemando para los tajos explotados ya que es común la caída de carga en algunas labores inestables; se carga el material suelto controlado por el operador con el telemando, se traslada y abastece a los volquetes que posteriormente descargarán en la cancha de cobre en superficie.

#### Imagen 3

*Carguío de Mineral con Scoop R1600H a volquetes de E. SMELTER*



Nota. Equipo de Carguío abasteciendo de Mineral a los Volquetes durante la Guardia en Nv 4072, Marcapunta Norte, 03-04-2022 / Fuente. Elaboración Propia

### 3.5.2.4. Acarreo De Mineral

El acarreo de mineral se ejecuta con la flota de volquetes Mercedes Benz Actros 3344k Euro 5 de la empresa ECOSEM SMELTER con cabinas adaptadas a las secciones que se tiene en interior mina.



#### Imagen 4

*Volquetes de ECOSEM SMELTER asignados a MKPN*



Nota. Flota de Volquetes Mercedes Benz Actros 3344k de 15 m<sup>3</sup> que operan en la Zona de Marcapunta Norte, Comunidad C. Smelter / Fuente. Divemotor

### 3.6. PLANTA CONCENTRADORA

Su planta concentradora de Huaraucaca se encuentran en el distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco. SMEB explota dos minas contiguas: Tajo Norte (Pb y Zn) y la mina subterránea Marcapunta Norte (Cu). Su planta concentradora de Huaraucaca tiene una capacidad actual de 18,000 TMD

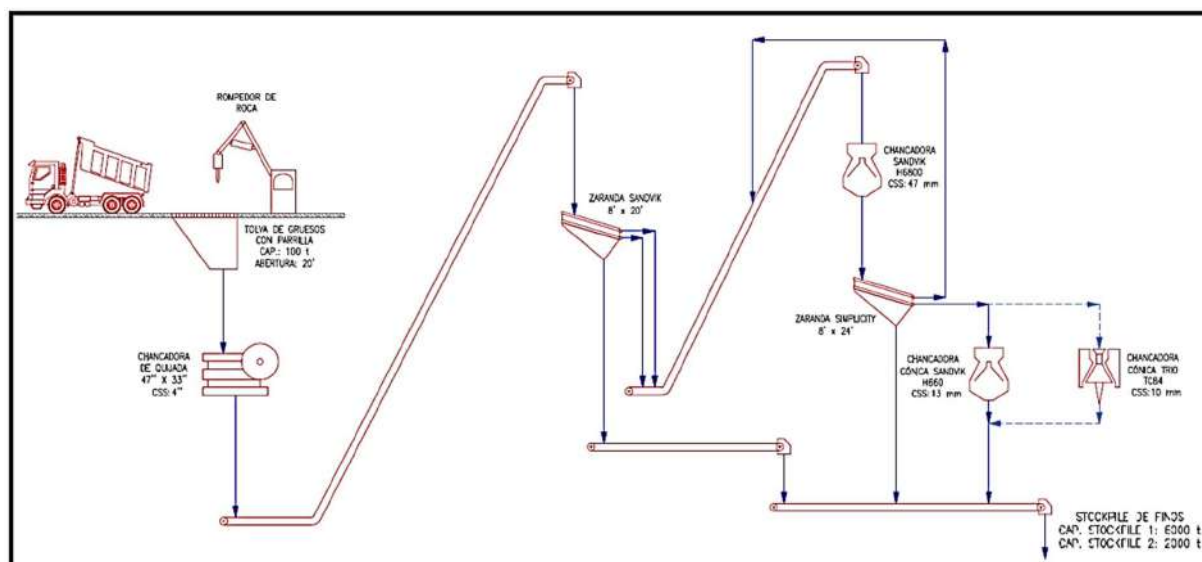
Asi mismo la Sociedad Minera el Brocal cuenta con dos Plantas procesadoras:

- Planta Polimetálica de Plomo (Pb) / Zinc (Zn) que procesa hasta 13k Tn.
- Planta de Cobre (Cu) que procesa hasta 7.5k Tn

### 3.6.1. Flowsheet

**Figura 11**

*Circuito Simplificado de Chancado de Cobre*



Fuente: Extraído de la siguiente Bibliografía (Galindo, 2022)

En la Figura 11 ejemplifica el “Diagrama de flujo de Procesos” de la Sociedad Minera el Brocal

### 3.6.2. Producto

El producto principal de la Mina Marcapunta es el Concentrado de Cobre Metálico y como producto secundario el oro y plata, el relave se concentra en la Relavera de Huachuacaja.

**Tabla 4**

*Producción Total del 2022 - Mina Marcapunta*

<b>MARCAPUNTA</b>		<b>2022</b>
<b>TONELAJE</b>	<b>TMS</b>	<b>3,030,696.38</b>
Cobre Metálico	TM	46,165.00
Onzas de Oro	Oz	23,170.00
Onzas de Plata	Oz	1,513,932.00
Recup. Au	%	34.87
Recup. Ag	%	55.46
Recup. Cu	%	85.66

Fuente: Extraído de la siguiente Bibliografía (SMEB M. A., 2022)

**CAPITULO IV:**  
**OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACARREO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN**  
**DE UN PLAN DE CONTROL DE FLOTA DE VOLQUETES**

**4.1. PROGRAMACION DE LABORES DE PRODUCCIÓN (TAJEOS)**

De acuerdo a los requerimientos de planta de la Sociedad Minera el Brocal cada miércoles en horas de la tarde se realiza la reunión de planeamiento donde se indica la programación de labores de producción para las empresas contratistas.

**Imagen 5**

*Reunión Semanal de Planeamiento - SMEB*



Nota. Reunión Semanal de Planeamiento para exponer los avances y asignar los objetivos a cumplir, Sala de Capacitación SMEB, 15-03-2022 / Fuente. Elaboración Propia

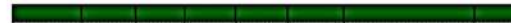
Tabla 5

Programa de Extracción de Mineral SMEB



PROGRAMA EXTRACCIÓN DE MINERAL SLS

Mes:	Junio	Semana:	1
F. Inicio:	27 May	F. Fin:	2-Jun



EXTRACCION PLANTA 1

Mineral	Tipo Minado	Sector	Nivel	Blok	Labor	Plan Men.	%Cu Ore Control	%C	Bocamina	Rotura semana	Remanente	Comentario	27-May	28-May	29-May	30-May	31-May	1-Jun	2-Jun		Total				Contrata		
													TON	TON	TON	TON	TON	TON	TON	LEY %CU (Geo)	LEY %As (Geo)	TON	LEY %CU	LEY %As		LEY %CU (Geo)	
0	0	0	4022	227	TJ730N	31,500	1.71	1.25	APW	3,800	2,000		1,000	1,500	1,500	1,500	1,000	1,200	1,500	1.80	0.77	9,300	1.67	0.77	1.80	Smelter	
0	0	0	4022	8346	TJ640N	3,000	3.04	3.03	APW	4,800	700	queda 5(+)  6(-)  17,444 tmh	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,200	2,500	1.20	0.77	10,200	1.67	0.77	2,500	Smelter
0	0	0	4022	8760	TJ682N	11,000	1.05	1.05	APW	-	4,700	queda 3(+)  Faka perforar 6(+)  9150tmh					1,500			1.20		1,500	1.67		1,200		
0	0	0	4022	8760	TJ642N	11,000	1.62	2.07	APW	4,800	3,400	perforado 7(+)  faka perforar 3faca 3572 tmh	1,500	1,500	1,500	1,500					1.60		6,000	1.67		1,600	
0	0	0	3952	8735	TJ1273	0	0.00		APW	-	6,000	solo queda remanente	1,000	1,500	1,500						1.60	0.74	4,000	1.67		1,600	
0	0	0	3952	8735	TJ1373S	11,500	1.67	1.33	APW	-		Inicio de voladura				1,500	1,500	1,200	1,500	1.67	0.52	5,700	1.67		1,670	Smelter	
0	0	0	3892	8760	TJ1713N	3,000	1.05	1.04	APW	4,800	1,500	se tiene 10(+)  perf. 11650tmh  faka perf. 21,247	1,000	500	500					1.31	0.56	2,000	1.67		1,310	Smelter	
0	0	0	4162	9187	TJ1142S	8,000	1.01	0.86	APW	-							1,500	1,200		1.20		2,700	1.67		1,200	Smelter	
0	0	0	4162	9187	TJ1161N	16,500	1.52	0.41	APW	4,800						1,500	1,500	1,000	1,600	1.60		4,000	1.67		1,600		
0	0	0	4022	8832	TJ1653N	29,500	2.41	2.42	APW	2,300								500	2,400	2.40	0.64	500	1.67		2,400		
0	0	0	4165	0	TJ1286	0	0.00		APW	-	3,000	Evaluacion geomecanica	1,000							2.00	0.37	1,000	1.67		2,000	Smelter	
0	0	0	0	0	BANCOS	0	0.00			-										-		200	1.67		-		
0	0	0	0	0	Avances	22,200	1.3		APW	-			400	900	900	1,200	400	500	500	1.29	0.41	4,800	1.67		1,290	JRC	
SUB TOTAL						292,900					36,931	23,800	7,500	7,400	7,400	7,400	7,400	7,400	7,400	7,400	1.77		51,900	-	-	1.76	

7,142.9

EXTRACCION PLANTA 2

Mineral	Tipo Minado	Sector	Nivel	Blok	Labor	Plan Men.	%Cu Ore Control	%C	Bocamina	Rotura semana	Remanente	Comentario	27-May	28-May	29-May	30-May	31-May	1-Jun	2-Jun		Total				Contrata	
													TON	TON	TON	TON	TON	TON	TON	LEY %CU (Geo)	LEY %As (Geo)	TON	LEY %CU	LEY %As		LEY %CU (Geo)
0	0	0	4055	7954	TJ515S	16,500	1.61	1.45	APW	2,800	3,000	quedan 4 (+)  4(-)  23-26	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1.30		10,500	1.67	0.10	1.30	JRC
SUB TOTAL						16,500					7,800	3,000	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1.30		10,500	1.67	0.10	1.30	

TOTAL EXTRACCIÓN

TOTAL	309,400					43,831	-						9,000	8,900	8,900	8,900	8,900	8,900	8,900	1.69		62,400	1.67	0.10	1.68	
-------	---------	--	--	--	--	--------	---	--	--	--	--	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	--	--------	------	------	------	--

Fuente: Plan Semanal de Extracción – SMEB (Reunión de Planeamiento)

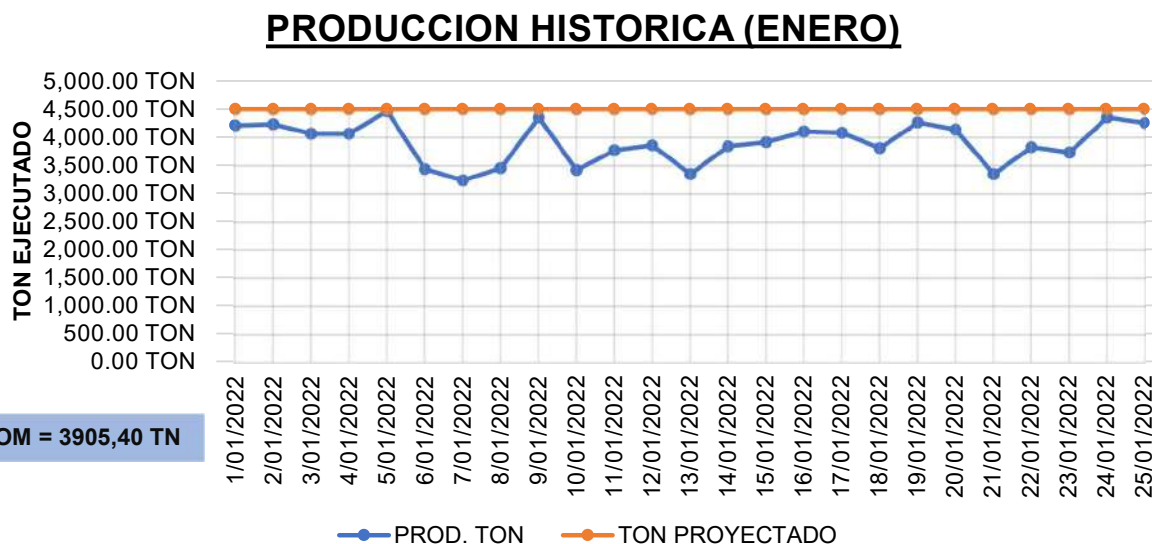
En la Tabla 5 podemos visualizar el Programa semanal de Extracción que se brinda en las reuniones de Planeamiento para así poder tener los objetivos a cumplir de acuerdo a las Zonas asignadas durante la semana como se puede visualizar a nuestra empresa se le asigna un promedio de 7000 TM por día entre la zona de Marcapunta Norte (65%) y Marcapunta Sur (35%)

## 4.2. DESCRIPCION INICIAL DE LA PRODUCCIÓN EN EL ACARREO DE MINERAL.

### 4.2.1. Datos Históricos de Producción de Mineral acarreado

**Gráfico 1**

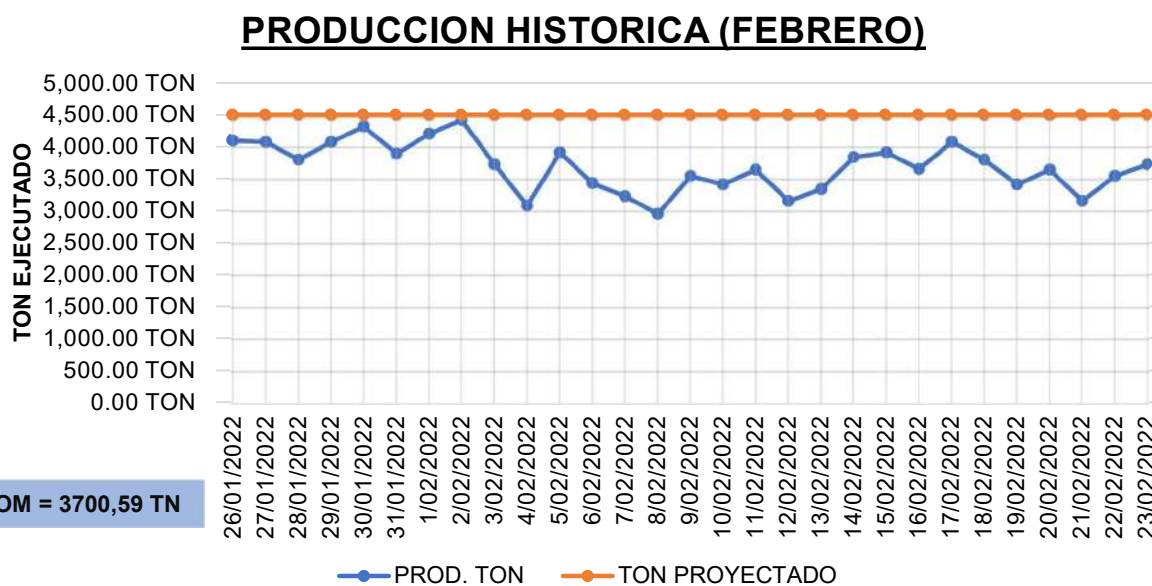
Producción Histórica - Enero 2022



Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

**Gráfico 2**

Producción Histórica - Febrero 2022



Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

Para poder llevar a cabo una descripción inicial del control de la producción con la que se dio inicio a la investigación, es de relevancia poder visualizar la producción mensual programada versus la producción ejecutada durante los meses de Enero, Febrero y Marzo, de acuerdo a esa información poder determinar si el desempeño ejecutado fue el ideal y si es que las condiciones operativas actuales son como se plantearon dentro del Costo Unitario y de no ser así poder determinar las causas raíz y/o plantear alternativas de solución.

**Tabla 6**

*Producción Marcapunta Norte - marzo 2022*

<b>FECHA</b>	<b>PROD. TON</b>	<b>TON PROYECTADO</b>
24/02/2022	3,845.60 TON	4,500.00 TON
25/02/2022	3,937.60 TON	4,500.00 TON
26/02/2022	3,808.80 TON	4,500.00 TON
27/02/2022	3,680.00 TON	4,500.00 TON
28/02/2022	3,404.00 TON	4,500.00 TON
1/03/2022	3,882.40 TON	4,500.00 TON
2/03/2022	3,753.60 TON	4,500.00 TON
3/03/2022	3,496.00 TON	4,500.00 TON
4/03/2022	3,698.40 TON	4,500.00 TON
5/03/2022	3,753.60 TON	4,500.00 TON
6/03/2022	3,735.20 TON	4,500.00 TON
7/03/2022	4,636.80 TON	4,500.00 TON
8/03/2022	4,324.00 TON	4,500.00 TON
9/03/2022	4,084.80 TON	4,500.00 TON
10/03/2022	3,919.20 TON	4,500.00 TON
11/03/2022	3,330.40 TON	4,500.00 TON
12/03/2022	3,882.40 TON	4,500.00 TON
13/03/2022	3,992.80 TON	4,500.00 TON
14/03/2022	4,489.60 TON	4,500.00 TON
15/03/2022	4,084.80 TON	4,500.00 TON
16/03/2022	3,845.60 TON	4,500.00 TON
17/03/2022	3,256.80 TON	4,500.00 TON
18/03/2022	3,477.60 TON	4,500.00 TON
19/03/2022	3,220.00 TON	4,500.00 TON
20/03/2022	3,220.00 TON	4,500.00 TON
21/03/2022	3,514.40 TON	4,500.00 TON
22/03/2022	3,422.40 TON	4,500.00 TON
23/03/2022	3,238.40 TON	4,500.00 TON
24/03/2022	3,716.80 TON	4,500.00 TON
25/03/2022	4,140.00 TON	4,500.00 TON
26/03/2022	4,232.00 TON	4,500.00 TON
<b>PROD MES (MARZO)</b>	<b>117,024.00 TON</b>	

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER



En la Tabla 6 se puede visualizar la Producción Inicial del estudio en comparativa con la Producción solicitada por Compañía, determinar que no se está cumpliendo con la Producción Objetivo y no se tiene mayor información de los motivos que causan esta diferencia.

**Tabla 7**

*Promedio por Guardia de la producción Mensual - MKPN*

<b>PRODUCCIÓN MARZO</b>	
TON PROMEDIO/GD	3,774.97 TON
TON OBJETIVO/GD	4,500.00 TON

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

En la Tabla 7 se puede visualizar la comparativa del Promedio de Tonelaje producido por guardia en comparación con el objetivo por Guardia

**Gráfico 3**

*Comparativo de Producción Ejecutada y Producción Proyectado*



Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

En el Gráfico 3 se puede visualizar que el mes de marzo no se llegó a cumplir con el objetivo planteado por la compañía minera de acuerdo a los datos históricos y solo en dos fechas se pudo cumplir con el valor objetivo.

Durante el primer mes de estudio se pudo conocer que en la empresa ECOSEM SMELTER solo existía un control básico de cuenta camiones en función al formato de reporte diario inicial realizado por los operadores de volquete, en cuya herramienta de trabajo únicamente se indicaba la cantidad de viajes ejecutados, el tipo de mineral y los puntos de origen de los viajes realizados; no teniendo mayor información de las incidencias operativas y Mecánicas que afectan directamente a la producción diaria.

#### **4.2.2. Diagnóstico Inicial**

De acuerdo al análisis inicial se diagnostica lo siguiente:

- De acuerdo al contrato se debería tener 22 volquetes en operación durante la guardia.
- De la información obtenida se corrobora que no se está cumpliendo con la producción diaria solicitada y no se tiene mayores alcances de los motivos o causas.
- De la realidad operativa se determina que la herramienta fundamental de trabajo “Reporte Diario de Trabajo” no brinda la información necesaria para Mejorar el Sistema de Acarreo y para tener una mejor toma de decisiones durante la guardia de trabajo que repercutirá de manera directa en el rendimiento de los volquetes por guardia y por consecuencia en la producción.



## Imagen 6

### *Identificación de Demoras Operativas por Labor Inaccesible*



Nota. Mapeo y evidencia de labores con existencia de incidencias operativas (Labor Inundada), Marcapunta Norte Nv 3875, 15-03-2022 / Fuente. Elaboración Propia

#### **4.2.3. Identificación De Causas**

**Interpretación:** Es de vital importancia aplicar un Plan de control de Acarreo de mineral que nos brinde las herramientas necesarias para una buena toma de decisiones durante la operación y que su implementación este dentro del alcance de la empresa; tales como en la Mano de obra (definir los operadores más productivos), Supervisores (definir los Supervisores que tienen una mejor producción mensual), De lo equipos (con la información que se obtendrá poder tener un mejor mapeo de las problemáticas más recurrentes para tomar acciones) y en el entorno (analizar las incidencias operativas que podrían estar afectando a la producción como empresa) y de acuerdo a eso ajustar de acuerdo a la realidad.

Luego de determinar el diagnóstico inicial, se realiza la búsqueda de las causas primordiales del bajo rendimiento diario de los equipos de acarreo obteniéndose lo siguiente:

**Tabla 8**

*Determinación de Causas y Consecuencias evidenciadas en Campo.*

<b>N°</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>CONSECUENCIAS</b>
1	Falta de un Plan de Control de flota de Volquetes en el acarreo de mineral.	Al no contar con un Plan de Control en el acarreo se dificulta llegar al objetivo de producción diaria y mensual planteado por la Compañía Minera.
2	Ausencia de Información relacionada a los Tiempos Improductivos y su influencia.	Al carecer de dicha información es complicado poder plantear un nuevo análisis de costo unitario ya que no refleja las condiciones actuales de acuerdo a las constantes demoras no programadas evidenciadas en campo.
3	Carencia de información del Rendimiento de los operadores de Volquete.	Al no tener información del performance real y un comparativo con un performance óptimo de los operadores de volquete se complica al realizar la toma de decisiones en relación al rendimiento por Operador de Volquete.
4	Falta de Análisis de la Influencia de los Tiempos Improductivos en el Análisis de Costo unitario.	Al no contar un Análisis de Tiempos improductivos complica el replanteo del rendimiento teórico y por ende obtener un nuevo Costo Unitario de acuerdo a las condiciones actuales.

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2.4. Formulación del Plan de Control de la Flota de Volquetes**

##### **4.2.4.1. Plan de Control de la Flota de Volquetes**

Para la implementación del Plan de Control de Flota de Volquetes se utilizará el Ciclo de Mejoramiento de Deming o PDCA (Plan, Do, Check, Act) siendo un método muy utilizado en la mejora de procesos, el cual nos brindará las pautas para poder implementar las mejoras de

control de tiempos operacionales, identificación de tiempos improductivos y cuantificación de su influencia en el Costo Unitario.

Su aplicación en la investigación se realizará de la siguiente manera:

#### **4.2.4.2. Plan (Planificar)**

De acuerdo al diagnóstico inicial e identificación de causas analizado anteriormente, se determinó la Problemática Raíz la cual es que no se cumple con la producción diaria y mensual requerida por el Área de Planeamiento Mina.

Se procede a diseñar un plan detallado que incluya la implementación del uso de KPI's como métodos de control y el análisis de tiempos operacionales.

##### **Establecer Objetivos para conseguir el Resultado:**

- Completar la Flota de Volquetes necesarios para la Producción Diaria.
- Obtener un Rendimiento igual o mayor al planteado en las Reuniones Semanales de Planeamiento.
- Determinar el Performance de los Operadores de Volquete para así poder realizar una toma de decisiones más acertada de acuerdo a su Rendimiento Diario.

##### **Planes de Acción:**

- Plan de Mejora en los Indicadores o KPI'S Operativos (Disponibilidad Mecánica, Disponibilidad Física, Uso, Utilización) que permita realizar un seguimiento a detalle a los equipos que no cumplan con la cantidad mínima establecida.
- Plan de Mejora en los Indicadores o KPI's de Mantenimiento (Tiempo Medio entre fallas ó MTBF, Tiempo Medio de Reparaciones ó MTTR) que permita identificar la eficiencia del Área de Mantenimiento.



En la figura 12 se visualiza el Reporte Diario de Trabajo anterior el cual no brindaba la información necesaria ya mencionada dejando varias incógnitas e impactando a fin de mes al momento de obtener las cantidades que se Valorizarán.

El equipo de Oficina Técnica tuvo varias reuniones con la Gerencia General sustentando el uso de esta actualización de la herramienta para lo cual fue necesario realizar una capacitación en varias fechas a los operadores de volquetes y así poder implementar el correcto uso de esta herramienta para que nos brinde la información necesaria con la que se pueda calcular los indicadores de rendimiento (KPI's) que permitan un impacto positivo en el control del acarreo de mineral, identificación de tiempos improductivos y gradualmente tener una mejora en la Producción Mensual.

**Figura 13**

*Propuesta de Formato de Reporte diario - Acarreo de Mineral*

E. SMELTER S.A. Minería y Construcción		REPORTE DIARIO VOLQUETES SUBTERRÁNEO				ZONA: MKPN MKPS		RELLENO		TURNO: DIA NOCHE				
OPERADOR:	SERNA PASTER MAURIO		HORÓMETRO	INICIAL	FINAL	ACTIVIDADES OPERATIVAS								
FECHA:	20/04/22	GUARDIA:	'E'	22345	22348	100 Transporte de Mineral								
SUPERVISOR:	ING. ALFREDO HUAYLA		KILOMETRAJE	INICIAL	FINAL	101 Transporte de Desmonte								
N° EQUIPO:	C6L: 724			312593.2	312652.8	102 Transporte de Agregados/Otros								
						103 Traslado de Equipo a labor								
						110 Otros Trabajos en Labor								
ITEM	ACTIVIDAD	TIPO DE MATERIAL	HORA INICIAL	HORA FINAL	NIVEL	LABOR TAJO	ZONA - NIVEL TAJO	N° VIAJES	P.BRUTO	P.TARA	Obs Mecánica - Detalles	DEMORAS OPERATIVAS 1		
1	102		11:25	12:05	CONTEO VICO		H.P. PARADO	07				200 Inspección de Equipos		
2	203		12:05	13:05								201 Reparo de Guardia		
3	103		13:05	13:32								202 Capacitación - Parada de Seguridad		
4	102		13:32	14:15	CONTEO VICO		S.M. TAJO	01				203 Refrigerio - Descanso Nocturno		
5	103		14:15	14:40								204 Lavado y Limpieza de Equipos		
6	102		14:40	15:20	CONTEO VICO		S.M. TAJO	01				205 Abastecimiento de Combust.		
7												206 Monitoreo de Gases		
8														
9														
10												DEMORAS OPERATIVAS 2		
11												300 Esperando Orden de trabajo		
12												301 Incidente - Accidente		
13												302 Labor sin condiciones		
14												303 Instalacion de Mangas, Bombas, etc		
15												304 Falta Ventilación		
16												305 Minuto de Vitis		
17												306 Esperando equipo de Carguo Scoop		
18												307 Tiempo en Cola Carguo-Descaiguo		
19												308 Trafico en la Vía		
20												310 Otras Demoras Operativas		
21														
22												DEMORAS MECÁNICAS		
23												400 Falla Mecánica		
24												401 Falla Eléctrica		
												402 Neumáticos		
												403 Mantenimiento Programado		
												410 Otras Demoras No Operativas		
OBSERVACIONES:														
OPERADOR			JEFE DE GUARDIA			SUPERVISOR SMEB			ECO= Económico			Pb-Zn=Plomo Zinc		
[Firma]									M1= Marginal 1			0= Otros		
									M2= Marginal 2					
									M4= Marginal 4					

Fuente: Área de Productividad – ECOSEM SMELTER

En la figura 13 se visualiza el nuevo reporte donde se añade el uso de una codificación para cada actividad y/o estado operacional; siendo relevante que los operadores utilicen el tiempo total como referencia de inicio a fin de guardia (desde que están en el reparto de guardia hasta que dejan estacionado sus equipos a fin de guardia) para tener una información más fiable ya que se cubriría toda la ventana horaria existente durante la guardia en operación.

Esta información se almacenará en una base de datos específica con el que se podrá obtener los tiempos operacionales específicos a la mano y poder calcular los KPI's Operacionales

El cuadro de codificación se distribuyó de la siguiente manera:

**Tabla 9**

*Distribución de Actividades – Formato de Reporte Diario de Trabajo Actualizado*

ACTIVIDADES OPERATIVAS			RESPONSABLE
100	Transporte de Mineral	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER
101	Transporte de Desmonte	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER
102	Transporte de Agregados/Otros	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER
103	Traslado de Equipo a labor	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER
110	Otros Trabajos en Labor	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER

DEMORAS OPERATIVAS 1			RESPONSABLE
200	Inspección de Equipos	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER
201	Reparto de Guardia	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER
202	Capacitación - Parada de Seguridad	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER
203	Refrigerio - Descanso Nocturno	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER
204	Lavado y Limpieza de Equipos	DEMORA OPERATIVA	ECOSEM SMELTER
205	Abastecimiento de Combust.	DEMORA OPERATIVA	ECOSEM SMELTER
206	Monitoreo de Gases	DEMORA NO PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER

DEMORAS OPERATIVAS 2			RESPONSABLE
300	Esperando Orden de trabajo	DEMORA NO PROGRAMADA	SMEB
301	Incidente - Accidente	DEMORA NO PROGRAMADA	SMEB
302	Labor sin condiciones	DEMORA NO PROGRAMADA	SMEB
303	Instalacion de Mangas, Bombas	DEMORA NO PROGRAMADA	SMEB
304	Falta Ventilación	DEMORA NO PROGRAMADA	SMEB
305	Mantto de Vías	DEMORA OPERATIVA	ECOSEM SMLTER
306	Esperando equipo de Carguio Scoo	DEMORA NO PROGRAMADA	SMEB
307	Tiempo en Cola Carguio-Descarguio	DEMORA NO PROGRAMADA	SMEB
308	Tráfico en la Vía	DEMORA NO PROGRAMADA	SMEB
309	Stand By	STAND BY	SMEB
310	Otras Demoras Operativas	DEMORA OPERATIVA	SMEB

DEMORAS NO OPERATIVAS			RESPONSABLE
400	Falla Mecánica	DEMORA MECANICA	ECOSEM SMELTER
401	Falla Eléctrica	DEMORA MECANICA	ECOSEM SMELTER
402	Neumáticos	DEMORA MECANICA	ECOSEM SMELTER
403	Mantenimiento Programado	DEMORA MECANICA	ECOSEM SMELTER
410	Otras Demoras No Operativas	DEMORA MECANICA	ECOSEM SMELTER
500	NO REPORTA	STAND BY	ECOSEM SMELTER

Fuente: Área de Productividad – ECOSEM SMELTER

En la Tabla 8 se puede visualizar la distribución de los tiempos operacionales y sus respectivos códigos que facilitaran la obtención de datos mediante el Reporte de Trabajo

#### 4.2.4.5. Check (Verificar)

Para analizar los datos obtenidos se realiza un seguimiento de los KPI's de Producción con el Plan de Control implementado tales como:

- Performance de Viajes ejecutados por Operador de Volquete
- Eficiencia del Tiempo de Producción

#### 4.2.4.6. Act (Actuar)

Luego de la ejecución del plan y el análisis de resultados se realiza una evaluación y contrastación con los objetivos inicialmente planteados para así poder identificar mejoras que puedan ser aplicadas en el siguiente ciclo de aplicación ya que el objetivo es ir puliendo el Plan de manera Cíclica con una buena toma de decisiones aplicadas durante la operación.

### 4.3. PLAN TECNICO DE CONTROL DE FLOTA DE EQUIPOS DE ACARREO

#### 4.3.1. Determinación de métodos de control de equipos de acarreo y operadores

Para realizar un óptimo control en el sistema de acarreo, se debe tener en cuenta los siguientes indicadores:

- 1) Eficiente control en los tiempos e indicadores de la flota de volquetes
- 2) Control directo del performance de los operadores de volquete
- 3) Evaluar el rendimiento del tonelaje movido de los jefes de guardia



Para lo cual se plantea que se realice un control mediante Indicadores de Rendimiento o KPI's Operativos (DM, DF, Uso, Utilización), KPI's Mantenimiento (MTBF, MTTR) los cuales repercuten en los KPI's Productivos (#Viajes/Gd, TMD por Jefe de Guardia).

### **Imagen 7**

Seguimiento al uso del Formato de Reporte Diario en el Frente de Carguío



Nota. Con la Supervisión de Guardia se realizó el seguimiento a los Operadores de Volquete en los frentes de Carguío, Marcapunta Norte, 03-04-2022 / Fuente. Elaboración Propia

#### **4.3.2. Determinación de Base de Datos de acuerdo a la información obtenida**

Luego de la aplicación del Formato de Reporte Diario actualizado y su operatividad en el mes de Abril se realizó la Base de Datos con los estados operacionales de acuerdo a lo evidenciado en campo y con esta base de datos poder aplicar las tablas necesarias y así obtener los indicadores de rendimiento mencionados para una mejora en el Sistema de Acarreo de la flota de volquetes en la Mina Marcapunta.



Figura 14

Ejecución de la Base de Datos - Abril 2022

	H	I	J	M	N	O	S	T	U	W	X	Y	Z	AA	AB
	ÁREA	GDA	SUPERVISOR	OPERADOR	COD EQUIPO CV	EQUIPO CV	HOROMETRO INICIAL	HOROMETRO FINAL	HOROMETRO	ACTIVIDAD	TIPO DE DEMORAS	EMPRESA RESPONSABLE	Hra Inicial	Hra Final	HRS EFECTIVAS
23226	MKPN	C	HUGO VALERO	SOLORZANO DE LA ROSA, Leonel	6	CV-06				Transporte de Mineral	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	21:20	02:00	4.67
23227	MKPN	C	HUGO VALERO	SOLORZANO DE LA ROSA, Leonel	6	CV-06				Refrigerio - Descanso Nocturno	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	02:00	03:00	1.00
23228	MKPN	C	HUGO VALERO	SOLORZANO DE LA ROSA, Leonel	6	CV-06				Traslado de Equipo a labor	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	03:00	03:25	0.42
23229	MKPN	C	HUGO VALERO	SOLORZANO DE LA ROSA, Leonel	6	CV-06				Tiempo en Cola (Carguo-Descarguo)	DEMORA NO PROGRAMADA	SMBE	03:25	03:33	0.13
23230	MKPN	C	HUGO VALERO	SOLORZANO DE LA ROSA, Leonel	6	CV-06				Transporte de Mineral	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	03:33	03:4	1.68
23231	MKPN	C	HUGO VALERO	SOLORZANO DE LA ROSA, Leonel	6	CV-06				Lavado y Limpieza de Equipos	DEMORA OPERATIVA	ECOSEM SMELTER	05:14	06:00	0.77
23232	MKPN	C	HUGO VALERO	OSORIO OLIVAS, HELMO EDWIN	8	CV-08	10346	10350	4.00	Inspección de Equipos	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	19:00	19:15	0.25
23233	MKPN	C	HUGO VALERO	OSORIO OLIVAS, HELMO EDWIN	8	CV-08				Reporto de Guardia	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	19:15	20:00	0.75
23234	MKPN	C	HUGO VALERO	OSORIO OLIVAS, HELMO EDWIN	8	CV-08				NO REPORTA	STAND BY	ECOSEM SMELTER	20:00	02:00	6.00
23235	MKPN	C	HUGO VALERO	OSORIO OLIVAS, HELMO EDWIN	8	CV-08				Refrigerio - Descanso Nocturno	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	02:00	03:00	1.00
23236	MKPN	C	HUGO VALERO	OSORIO OLIVAS, HELMO EDWIN	8	CV-08				Traslado de Equipo a labor	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	03:00	03:30	0.50
23237	MKPN	C	HUGO VALERO	OSORIO OLIVAS, HELMO EDWIN	8	CV-08				Transporte de Mineral	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	03:30	04:12	0.70
23238	MKPN	C	HUGO VALERO	OSORIO OLIVAS, HELMO EDWIN	8	CV-08				Lavado y Limpieza de Equipos	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	04:12	05:30	1.30
23239	MKPN	C	HUGO VALERO	OSORIO OLIVAS, HELMO EDWIN	8	CV-08				Lavado y Limpieza de Equipos	DEMORA OPERATIVA	ECOSEM SMELTER	05:30	06:00	0.50
23240	MKPN	C	HUGO VALERO	LOPEZ JAVARRO, LULINY YARCINO	9	CV-09	15445	15447	2.00	Inspección de Equipos	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	19:00	19:15	0.25
23241	MKPN	C	HUGO VALERO	LOPEZ JAVARRO, LULINY YARCINO	9	CV-09				Reporto de Guardia	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	19:15	20:00	0.75
23242	MKPN	C	HUGO VALERO	LOPEZ JAVARRO, LULINY YARCINO	9	CV-09				Traslado de Equipo a labor	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	20:00	20:42	0.70
23243	MKPN	C	HUGO VALERO	LOPEZ JAVARRO, LULINY YARCINO	9	CV-09				Transporte de Mineral	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	20:42	23:36	2.90
23244	MKPN	C	HUGO VALERO	LOPEZ JAVARRO, LULINY YARCINO	9	CV-09				Falla Mecánica	DEMORA MECANICA	ECOSEM SMELTER	23:36	02:00	2.40
23245	MKPN	C	HUGO VALERO	LOPEZ JAVARRO, LULINY YARCINO	9	CV-09				Refrigerio - Descanso Nocturno	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	02:00	03:00	1.00
23246	MKPN	C	HUGO VALERO	LOPEZ JAVARRO, LULINY YARCINO	9	CV-09				Falla Mecánica	DEMORA MECANICA	ECOSEM SMELTER	03:00	05:00	3.00
23247	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10	3693	3700	7.00	Inspección de Equipos	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	19:00	19:15	0.25
23248	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10				Reporto de Guardia	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	19:15	20:10	0.92
23249	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10				Traslado de Equipo a labor	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	20:10	20:39	0.48
23250	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10				Esperando equipo de Carguo Scoop	DEMORA NO PROGRAMADA	SMBE	20:39	21:00	0.35
23251	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10				Transporte de Mineral	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	21:00	01:58	4.97
23252	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10				Refrigerio - Descanso Nocturno	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	01:58	02:56	0.97
23253	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10				Traslado de Equipo a labor	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	02:56	03:24	0.47
23254	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10				Neumáticos	DEMORA MECANICA	ECOSEM SMELTER	03:24	04:29	1.08
23255	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10				Transporte de Mineral	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	04:29	05:08	0.65
23256	MKPN	C	HUGO VALERO	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	10	CV-10				Lavado y Limpieza de Equipos	DEMORA OPERATIVA	ECOSEM SMELTER	05:08	06:00	0.87
23257	MKPN	C	HUGO VALERO	GRADOS JUANPA, WILLIAN MOLIBERTO	11	CV-11	9845	9853	8.00	Inspección de Equipos	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	19:00	19:15	0.25
23258	MKPN	C	HUGO VALERO	GRADOS JUANPA, WILLIAN MOLIBERTO	11	CV-11				Reporto de Guardia	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	19:15	20:00	0.75
23259	MKPN	C	HUGO VALERO	GRADOS JUANPA, WILLIAN MOLIBERTO	11	CV-11				Traslado de Equipo a labor	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	20:00	20:13	0.22
23260	MKPN	C	HUGO VALERO	GRADOS JUANPA, WILLIAN MOLIBERTO	11	CV-11				Tiempo en Cola (Carguo-Descarguo)	DEMORA NO PROGRAMADA	SMBE	20:13	20:46	0.55
23261	MKPN	C	HUGO VALERO	GRADOS JUANPA, WILLIAN MOLIBERTO	11	CV-11				Transporte de Mineral	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	20:46	02:00	5.23
23262	MKPN	C	HUGO VALERO	GRADOS JUANPA, WILLIAN MOLIBERTO	11	CV-11				Refrigerio - Descanso Nocturno	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	02:00	03:00	1.00
23263	MKPN	C	HUGO VALERO	GRADOS JUANPA, WILLIAN MOLIBERTO	11	CV-11				Traslado de Equipo a labor	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	03:00	03:25	0.42
23264	MKPN	C	HUGO VALERO	GRADOS JUANPA, WILLIAN MOLIBERTO	11	CV-11				Transporte de Mineral	OPERACIÓN	ECOSEM SMELTER	03:25	03:00	1.58
23265	MKPN	C	HUGO VALERO	GRADOS JUANPA, WILLIAN MOLIBERTO	11	CV-11				Lavado y Limpieza de Equipos	DEMORA OPERATIVA	ECOSEM SMELTER	03:00	06:00	1.00
23266	MKPN	C	HUGO VALERO	PRNEZ BUSTAMANTE, DANIELE EDWIN	125	CV-125	7449	7457	8.00	Inspección de Equipos	DEMORA PROGRAMADA	ECOSEM SMELTER	19:00	19:15	0.25

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER.

#### 4.3.3. Estudio de tiempos en la flota de equipos de acarreo

Con la determinación de los tiempos operacionales y el análisis de la Base de Datos se obtuvo la siguiente información general de los meses de estudio, resaltando el porcentaje de tiempo de cada actividad en relación al tiempo total, información que es de suma importancia ya que nos muestra parámetros a enfocarse, como se visualiza en la siguiente tabla:

**Tabla 10**

*Distribución de los Tiempos Operacionales - MKPN (abril, mayo y junio)*

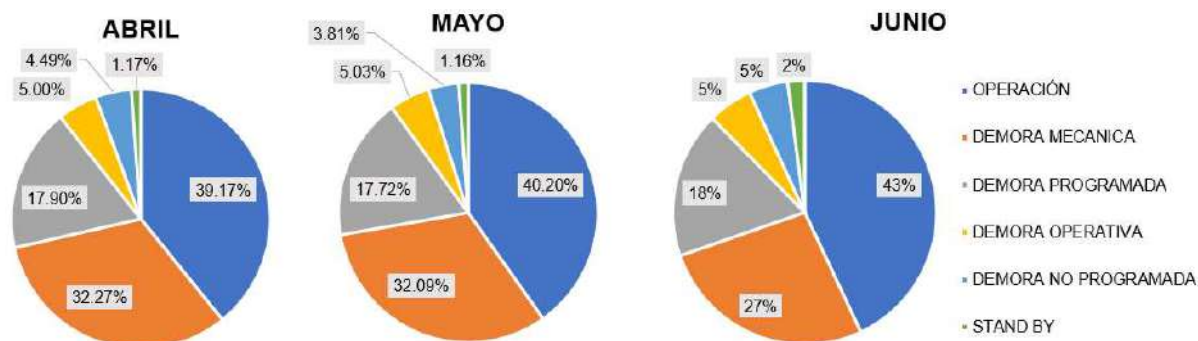
TIPO DE ACTIVIDAD	ABRIL		MAYO		JUNIO	
	HRS EFECT.	% TIEMPO	HRS EFECT.	% TIEMPO	HRS EFECT.	% TIEMPO
<b>OPERACIÓN</b>	6516.23 Hrs	39.2%	6677.10 Hrs	40.2%	7048.70 Hrs	43.0%
<b>DEMORA MECÁNICA</b>	5369.45 Hrs	32.3%	5330.55 Hrs	32.1%	4374.43 Hrs	26.7%
<b>DEMORA PROGRAMADA</b>	2977.52 Hrs	17.9%	2943.08 Hrs	17.7%	2939.55 Hrs	17.9%
<b>DEMORA OPERATIVA</b>	831.30 Hrs	5.0%	835.93 Hrs	5.0%	899.60 Hrs	5.5%
<b>DEMORA NO PROGRAMADA</b>	747.47 Hrs	4.5%	632.38 Hrs	3.8%	786.38 Hrs	4.8%
<b>STAND BY</b>	194.95 Hrs	1.2%	192.55 Hrs	1.2%	340.08 Hrs	2.1%
<b>TOTAL HORAS</b>	<b>16636.92 Hrs</b>	100%	<b>16611.60 Hrs</b>	100%	<b>16388.75 Hrs</b>	100%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 10 se puede visualizar la cantidad de horas y el porcentaje de incidencia de cada tiempo operacional con respecto al tiempo total de ejecución.

#### Gráfico 4

##### Variación de los Estados Operacionales - MKPN



Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

En el Gráfico 4 se puede visualizar que existe una tendencia la cual es que hay tiempos que están dentro de nuestro alcance como empresa el poder optimizar (Demoras Mecánicas) mediante estrategias de control constante y tiempos que competen a otras empresas contratistas que nos afectan directamente (Demora Improductivas)

#### 4.3.4. Cálculo de Indicadores de Rendimiento Operativos o KPI's Operativos.

Para poder determinar los indicadores de rendimiento se realiza el desglose de la información necesaria por Volquete obtenido en cada mes de ejecución del estudio los cuales son los siguientes:

#### 4.3.5. Distribución de Estados Operacionales Mes de ABRIL

Primero se distribuye a los Volquetes que operan en la Zona de Marcapunta norte (MKPN) de acuerdo a su operatividad, si estuvieron activos durante el Mes se determina como volquetes OPERATIVOS, si solo estuvieron como Volquetes de Recambio se determina como volquetes a TIEMPO PARCIAL y si no cumplieron con las horas mínimas de ejecución durante el Mes se determina como volquetes INOPERATIVOS

#### 4.3.5.1. Equipos operativos mes de abril

Se considera a los Volquetes como OPERATIVOS a los que tuvieron un Tiempo de Operación mayor a 250 Hrs durante el mes de estudio, se plantea ese valor ya que representa un tiempo mínimo en este rango.

**Tabla 11**

*Equipos Operativos Mes de Abril – MKPN (Distribución de tiempos expresado en Horas)*

	MT (Hrs)	IT (Hrs)	DT * (Hrs)	DT (Hrs)	OT (Hrs)	SbT (Hrs)	TT (Hrs)
<b>COD EQ.</b>	<b>DEMORA MECÁNICA</b>	<b>DEMORA NO PROG.</b>	<b>DEMORA OPERATIVA</b>	<b>DEMORA PROGRAMA DA</b>	<b>OPERACIÓN</b>	<b>STANDBY</b>	<b>Total</b>
CV-05	104.20	36.87	40.57	115.28	350.73	12.35	660.00
CV-06	176.48	37.33	29.63	109.63	257.08	4.50	614.67
CV-08	211.08	23.38	30.23	120.35	256.78	6.00	647.83
CV-10	108.07	33.78	37.65	114.23	331.27	12.42	637.42
CV-11	141.18	24.17	39.08	111.90	323.67	9.00	649.00
CV-57	105.63	39.60	48.55	115.73	316.37	17.83	643.72
CV-58	84.60	44.92	43.20	117.28	369.23		659.23
CV-60	55.67	56.43	51.75	113.15	381.75	0.75	659.50
CV-62	111.70	31.35	50.70	115.07	315.18	3.00	627.00
CV-64	206.28	40.20	32.52	116.05	264.45		659.50
CV-67	177.40	38.90	34.65	109.62	268.27	19.00	647.83
CV-68	151.38	32.63	36.22	112.77	285.08	6.58	624.67
CV-69	175.33	29.62	35.50	117.37	283.35	4.00	645.17
CV-70	157.05	33.12	40.73	109.83	284.17	3.45	628.35
CV-72	48.88	47.83	44.58	109.38	389.32	15.00	655.00
CV-74	142.78	20.80	40.12	123.30	332.50	0.50	660.00
<b>TOTAL</b>	<b>2157.73</b>	<b>570.93</b>	<b>635.68</b>	<b>1830.95</b>	<b>5009.20</b>	<b>114.38</b>	<b>10318.88</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

De acuerdo a la Tabla 11 se puede determinar que en el Mes de Abril se tuvo 16 volquetes OPERATIVOS en la flota de volquetes que operan en Marcapunta Norte.

#### 4.3.5.2. Equipos con operatividad a tiempo parcial del mes de abril

Se les considera a los Volquetes con operatividad a TIEMPO PARCIAL a los volquetes que tuvieron un tiempo de operación de entre 120 - 250 Hrs durante el mes de estudio.

**Tabla 12**

*Equipos Tiempo Parcial Mes de Abril – MKPN (Distribución de tiempos expresado en Horas)*

	MT (Hrs)	IT (Hrs)	DT *(Hrs)	DT (Hrs)	OT (Hrs)	SbT (Hrs)	TT (Hrs)
COD EQ.	DEMORA MECÁNICA	DEMORA NO PROG.	DEMORA OPERATIVA	DEMORA PROGRAMADA	OPERACIÓN	STANDBY	Total Hrs
CV-09	303.32	18.77	19.48	108.40	155.30		605.27
CV-125	134.98	25.07	24.32	91.47	171.83	46.00	493.67
CV-63	308.42	8.43	17.90	124.08	182.63		641.47
CV-65	325.27	17.38	20.05	115.13	162.92	3.28	644.03
CV-66	300.13	24.15	25.28	117.75	191.77		659.08
CV-71	288.82	12.27	23.67	117.63	190.00	26.28	658.67
CV-73	342.58	13.95	24.13	121.23	153.10	5.00	660.00
<b>TOTAL</b>	<b>2003.52</b>	<b>120.02</b>	<b>154.83</b>	<b>795.70</b>	<b>1207.55</b>	<b>80.57</b>	<b>4362.18</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

De acuerdo a la Tabla 12 se puede determinar que en el Mes de Abril se tuvo 7 volquetes de TIEMPO PARCIAL en la flota de volquetes que operan en Marcapunta Norte.

#### 4.3.5.3. Equipos inoperativos mes de abril

Se les considera a los Volquetes como INOPERATIVOS a los volquetes que tuvieron un Tiempo de Operación menor a las 120 Hrs durante el mes de estudio.

**Tabla 13**

*Equipos Inoperativos Mes de Abril – MKPN (Distribución de tiempos expresado en Horas)*

	MT (Hrs)	IT (Hrs)	DT *(Hrs)	DT (Hrs)	OT (Hrs)	SbT (Hrs)	TT (Hrs)
COD EQ.	DEMORA MECÁNICA	DEMORA NO PROG.	DEMORA OPERATIVA	DEMORA PROGRAMADA	OPERACIÓN	STANDBY	Total general
CV124	75.33	4.78	2.60	22.67	26.62		132.00
CV-59	515.33	2.55	0.67	116.83	13.62		649.00
CV-61	516.58	0.38	2.58	118.33	11.12		649.00
CV-BAW-714	15.67	9.17	9.92	24.33	72.92		132.00
CV-BAW-776	58.00	9.78	5.08	22.75	36.38		132.00

CV-BAW-921	9.00	19.52	10.25	21.72	70.20		130.68
CV-BAX-717	18.28	10.33	9.68	24.23	68.63		131.17
<b>TOTAL</b>	<b>1208.20</b>	<b>56.52</b>	<b>40.78</b>	<b>350.87</b>	<b>299.48</b>	<b>0.00</b>	<b>1955.85</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

De acuerdo a la Tabla 13 se puede determinar que en el Mes de Abril se tuvo 7 volquetes de INOPERATIVOS en la flota de volquetes que operan en Marcapunta Norte.

#### 4.3.6. Cálculo de Indicadores de Rendimiento Operativos o KPI's Operativos de la Flota de Volquetes

Para el cálculo de los KPI's Operativos se tomará como punto de partida los datos obtenidos durante el Mes de Abril del primer volquete operativo obtenido en Tabla 11 el cual es el Volquete con Código (CV-05) entonces se aplicará las siguientes formulas:

##### A. Disponibilidad Mecánica (DM)

$$DM = \frac{OT + DT(*) + SbT}{OT + DT(*) + SbT + MT}$$

Donde:

Tiempo de Operación (OT) = 350.73 HRS

Demora Operativa (DT \*) = 40.57 HRS

Stand By (SbT) = 12.35 HRS

Demora Mecánica (MT) = 104.2 HRS

$$DM = \frac{(350.73 + 40.57 + 12.35) Hrs}{(350.73 + 40.57 + 12.35 + 104.2) Hrs} = \frac{403.65 Hrs}{507.85 Hrs} \times 100\%$$

$$DM = 79.48\%$$

##### B. Disponibilidad Física (DF)

$$DF = \frac{OT + DT + SbT}{TT} = \frac{OT + DT + SbT}{OT + DT + SbT + MT}$$

Donde:

Tiempo de Operación (OT) = 350.73 HRS

Demora Operativa (DT \*) = 40.57 HRS

Demora Programada (DT) = 115.28 HRS

Stand By (SbT) = 12.35 HRS

Demora Mecánica (MT) = 104.2 HRS

$$DF = \frac{(350.73 + 115.28 + 40.57 + 12.35) \text{ Hrs}}{(350.73 + 115.28 + 40.57 + 12.35 + 104.2) \text{ Hrs}} = \frac{518.93 \text{ Hrs}}{623.13 \text{ Hrs}} \times 100\%$$

$$DF = 83.28\%$$

### C. Uso (Use)

$$Use = \frac{OT}{OT + DT(*)}$$

Donde:

Tiempo de Operación (OT) = 350.73 HRS

Demora Operativa (DT \*) = 40.57 HRS

$$Use = \frac{350.73 \text{ Hrs}}{(350.73 + 40.57) \text{ Hrs}} = \frac{350.73 \text{ Hrs}}{391.3 \text{ Hrs}} \times 100\%$$

$$Use = 89.6\%$$

### D. Utilización de equipos (Utz)

$$Utz = \frac{RT}{TT} = \frac{OT}{OT + DT + SbT + MT}$$

Tiempo de Operación (OT) = 350.73 HRS

Demora Operativa (DT \*) = 40.57 HRS

Demora Programada (DT) = 115.28 HRS

Stand By (SbT) = 12.35 HRS

Demora Mecánica (MT) = 104.2 HRS

Demora Improductiva (IT) = 36.87 HRS

$$Utz = \frac{350.73 \text{ Hrs}}{(350.73 + 115.28 + 40.57 + 12.35 + 104.2 + 36.87) \text{ Hrs}} = \frac{350.73 \text{ Hrs}}{660 \text{ Hrs}} \times 100\%$$

$$Utz = 53.14\%$$



Así como se realizó el cálculo de los KPI's para el Volquete con Código (CV-05) se realiza el cálculo para los demás volquetes OPERATIVOS y a TIEMPO PARCIAL. Para el cálculo de los KPI's Operativos de los meses de Mayo y Junio se utiliza los datos de tiempos operacionales de los ANEXO 01A y ANEXO 01B de la investigación y se calcula los KPI's en mención.

#### 4.3.7. Cálculo de KPI's Operativos en los 3 meses de estudio

Para calcular los KPI's Operativos se usará la base de datos de tiempos operacionales.

##### 4.3.7.1. Cálculo de Disponibilidad Mecánica (DM) en los 3 meses de Estudio

**Tabla 14**

*Valores de DM (Abril, Mayo y Junio) - Flota de Volquetes MKPN*

<b>VOLQUETE</b>	<b>DM - ABRIL</b>	<b>DM - MAYO</b>	<b>DM - JUNIO</b>
CV-05	79.48%	73.32%	66.46%
CV-06	62.27%	83.89%	73.09%
CV-08	58.13%	71.99%	82.60%
CV-10	77.92%	80.55%	76.77%
CV-11	72.48%	73.40%	89.93%
CV-57	78.37%	80.77%	71.81%
CV-58	82.98%	62.23%	
CV-60	88.64%	79.93%	35.00%
CV-62	76.76%	49.00%	76.73%
CV-64	59.01%	75.08%	84.98%
CV-67	64.47%	42.00%	94.18%
CV-68	68.41%	71.28%	64.48%
CV-69	64.81%	67.66%	60.92%
CV-70	67.65%	69.74%	61.00%
CV-72	90.18%	81.97%	72.94%
CV-74	72.32%	63.19%	81.70%
CV-125	64.00%	81.63%	49.00%
CV-63	39.00%	84.29%	79.95%
CV-59			85.38%
CV-61		28.00%	74.03%
CV-71	45.00%	53.00%	80.01%
CV-73	35.00%		67.74%
CV-09	36.56%		
CV-65	36.41%		59.00%
CV-66	41.97%	58.00%	49.00%
<b>PROMEDIO DM</b>	<b>63.56%</b>	<b>68.14%</b>	<b>71.16%</b>

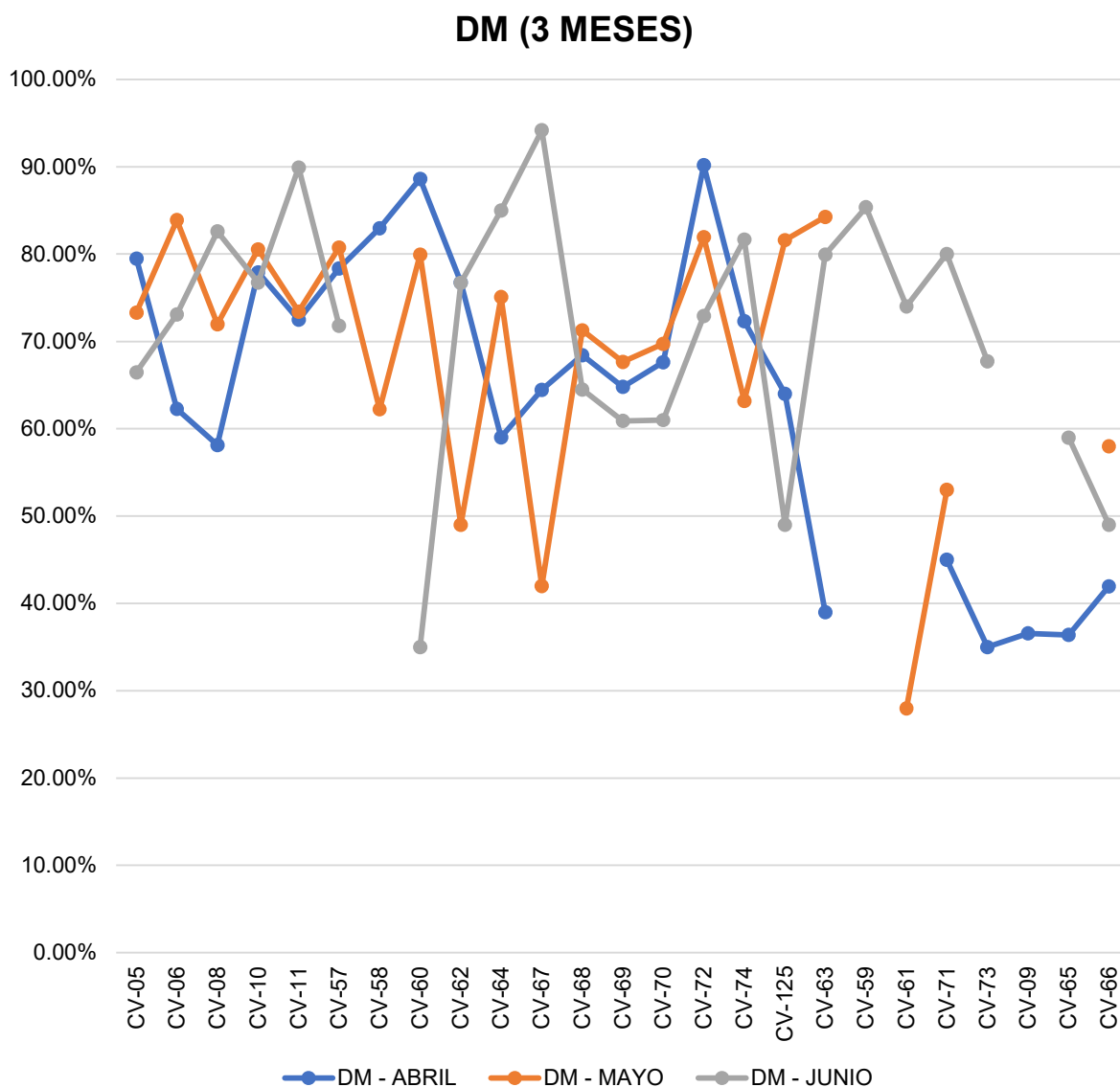
Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER



En la Tabla 14 se visualiza el cálculo de la Disponibilidad Mecánica (DM) de la flota de volquetes en los 3 meses de Estudio y será reflejado en el siguiente gráfico de líneas.

### Gráfico 5

*Representación de la DM de la Flota de Volquetes de MKPN*



En el Gráfico 5 se puede visualizar que la Línea Azul representa la DM de Abril, la Línea Naranja la DM de Mayo y la línea ploma la DM de Junio, se puede interpretar que una vez obtenido este indicador el mes de Abril y dando uso de esta información durante la operación se

tuvo una tendencia positiva para los meses próximos, lo cual beneficia a la empresa ya que se cuenta con un mayor porcentaje de equipos disponibles para la operación.

#### 4.3.7.2. Cálculo de Disponibilidad Física (DF) en los 3 meses de Estudio

**Tabla 15**

*Valores de DF (Abril, Mayo y Junio) - Flota de Volquetes MKPN*

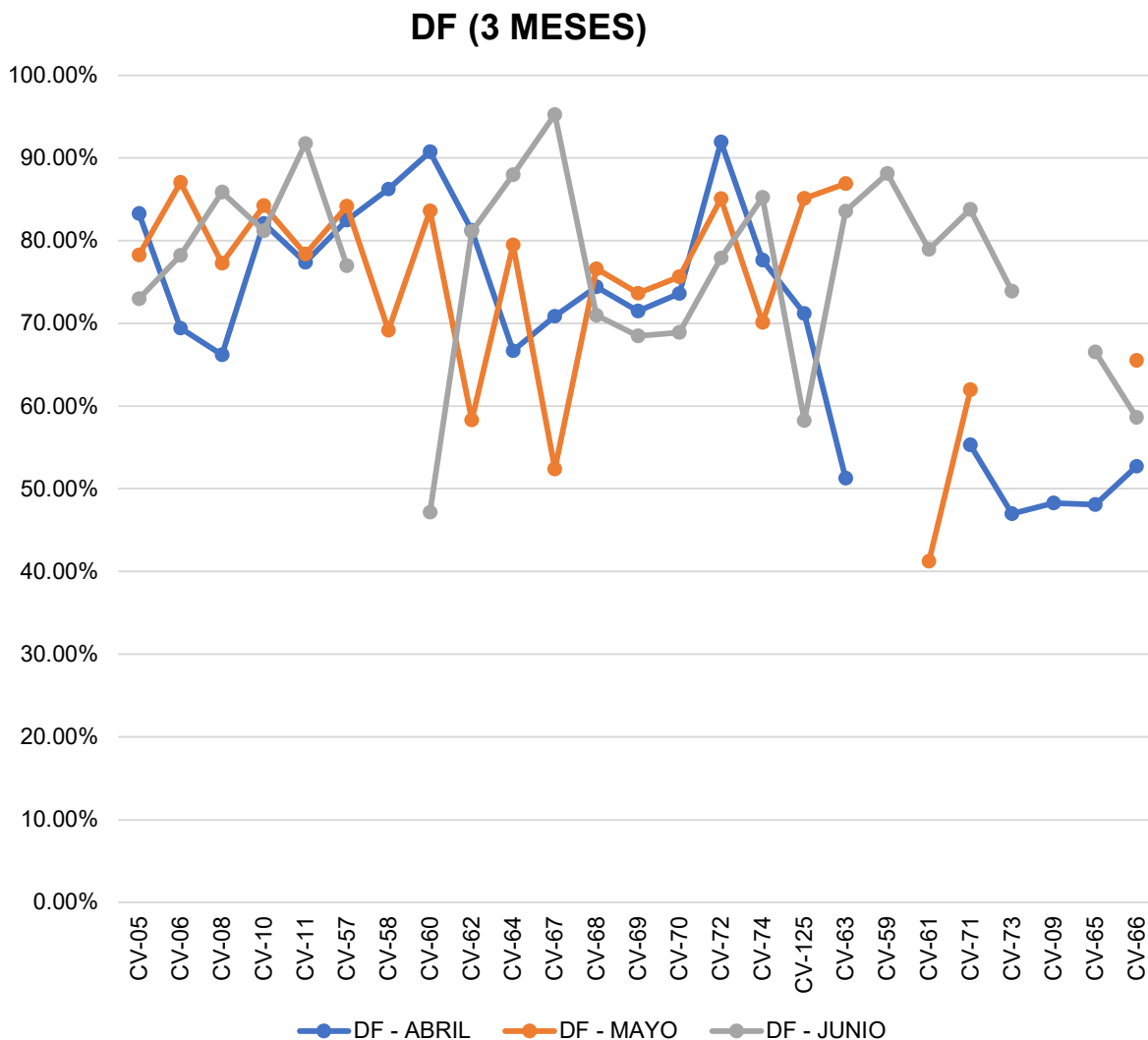
<b>VOLQUETE</b>	<b>DF - ABRIL</b>	<b>DF - MAYO</b>	<b>DF - JUNIO</b>
CV-05	83.28%	78.27%	73.00%
CV-06	69.43%	87.04%	78.24%
CV-08	66.20%	77.28%	85.86%
CV-10	82.10%	84.25%	81.20%
CV-11	77.40%	78.38%	91.75%
CV-57	82.51%	84.16%	76.96%
CV-58	86.23%	69.18%	
CV-60	90.77%	83.62%	47.18%
CV-62	81.25%	58.32%	81.13%
CV-64	66.69%	79.52%	87.96%
CV-67	70.87%	52.37%	95.25%
CV-68	74.43%	76.59%	70.97%
CV-69	71.52%	73.63%	68.49%
CV-70	73.62%	75.64%	68.89%
CV-72	91.95%	85.08%	77.91%
CV-74	77.66%	70.12%	85.25%
CV-125	71.19%	85.12%	58.23%
CV-63	51.28%	86.92%	83.56%
CV-59			88.15%
CV-61		41.23%	78.93%
CV-71	55.32%	61.99%	83.78%
CV-73	46.97%		73.90%
CV-09	48.28%		
CV-65	48.09%		66.53%
CV-66	52.73%	65.52%	58.63%
<b>PROMEDIO DF</b>	<b>70.42%</b>	<b>74.01%</b>	<b>76.60%</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

En la Tabla 15 se visualiza el cálculo de la Disponibilidad Física (DF) de la flota de volquetes evidenciando que hubo un incremento gradual del mes de Abril a Junio el cual será reflejado en el siguiente gráfico de líneas.

**Gráfico 6**

*Representación de la DF de la Flota de Volquetes de MKPN*



En el Gráfico 6 se utilizó el mismo color de leyenda que el Gráfico 5, este indicador también tuvo una tendencia a subir lo cual se refleja en la cantidad de equipos disponibles Físicamente en el Taller el cual fue incrementando con el pasar de los meses de estudio.

#### 4.3.7.3. Cálculo del Uso (USE) de los Volquetes en los 3 meses de Estudio

**Tabla 16**

*Valores de Uso de (Abril, Mayo y Junio) - Flota de Volquetes MKPN*

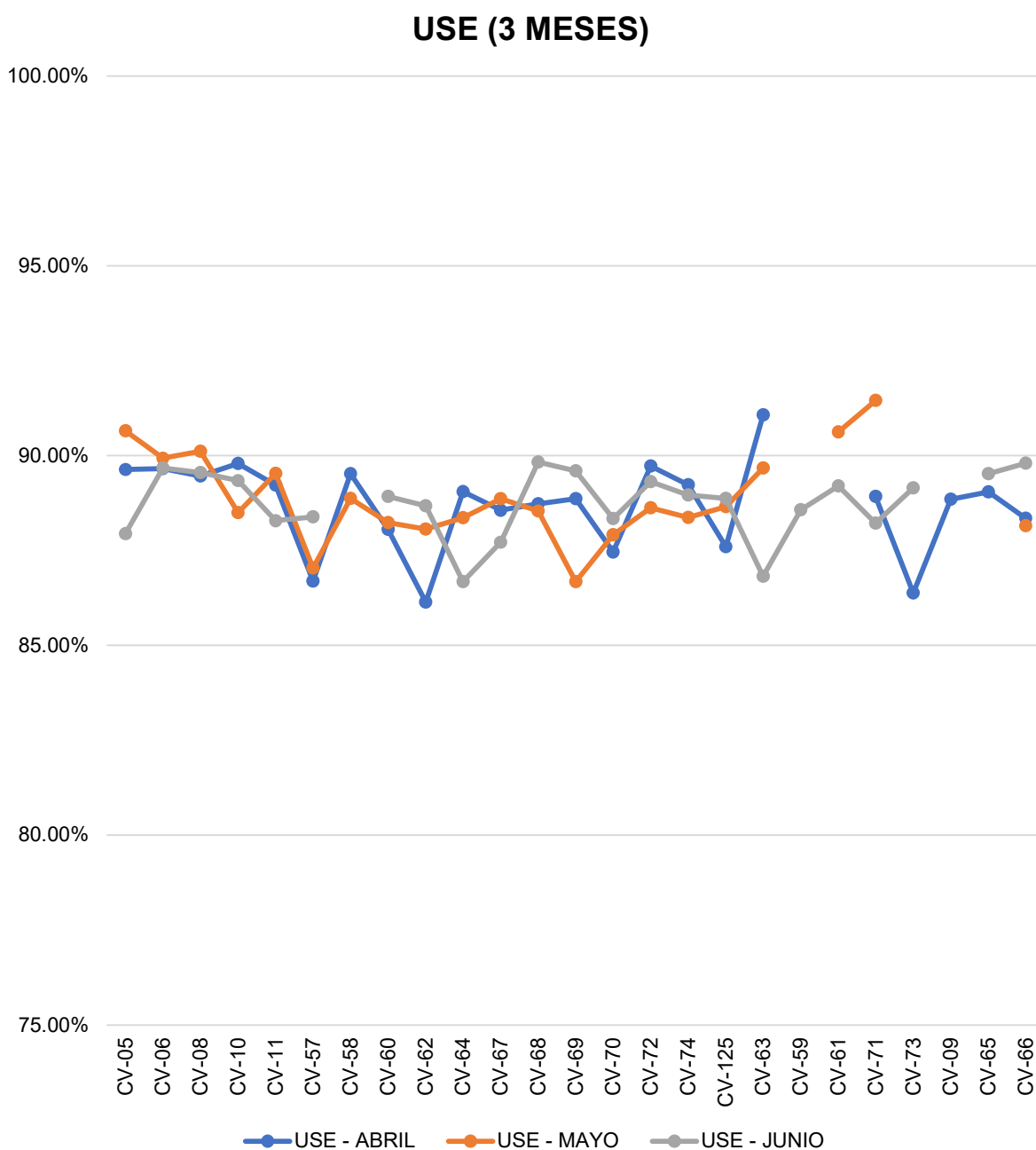
<b>VOLQUETE</b>	<b>USE - ABRIL</b>	<b>USE - MAYO</b>	<b>USE - JUNIO</b>
CV-05	89.63%	90.65%	87.94%
CV-06	89.66%	89.93%	89.68%
CV-08	89.47%	90.11%	89.55%
CV-10	89.79%	88.49%	89.34%
CV-11	89.23%	89.53%	88.28%
CV-57	86.70%	87.04%	88.39%
CV-58	89.53%	88.87%	
CV-60	88.06%	88.24%	88.92%
CV-62	86.14%	88.06%	88.68%
CV-64	89.05%	88.37%	86.68%
CV-67	88.56%	88.87%	87.72%
CV-68	88.73%	88.54%	89.83%
CV-69	88.87%	86.68%	89.60%
CV-70	87.46%	87.91%	88.34%
CV-72	89.72%	88.62%	89.31%
CV-74	89.23%	88.37%	88.97%
CV-125	87.60%	88.66%	88.87%
CV-63	91.07%	89.68%	86.82%
CV-59			88.57%
CV-61		90.62%	89.20%
CV-71	88.92%	91.45%	88.22%
CV-73	86.38%		89.15%
CV-09	88.85%		
CV-65	89.04%		89.52%
CV-66	88.35%	88.16%	89.80%
<b>PROMEDIO USE</b>	<b>88.70%</b>	<b>88.90%</b>	<b>88.76%</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

En la Tabla 16 se visualiza el cálculo del Uso (USO) de la flota de volquetes en los 3 meses de estudio el cual será reflejado en el siguiente gráfico de líneas.

**Gráfico 7**

*Representación de la USE de la Flota de Volquetes de MKPN*



En el Gráfico 7 se utilizó el mismo color de leyenda que el Gráfico 5, este indicador es importante ya que representa de manera porcentual la cantidad de tiempo que los volquetes disponibles fueron utilizados.

#### 4.3.7.4. Cálculo de la Utilización (UTZ) de los Volquetes en los 3 meses de Estudio

**Tabla 17**

*Valores de Utilización (Abril, Mayo y Junio) - Flota de Volquetes MKPN*

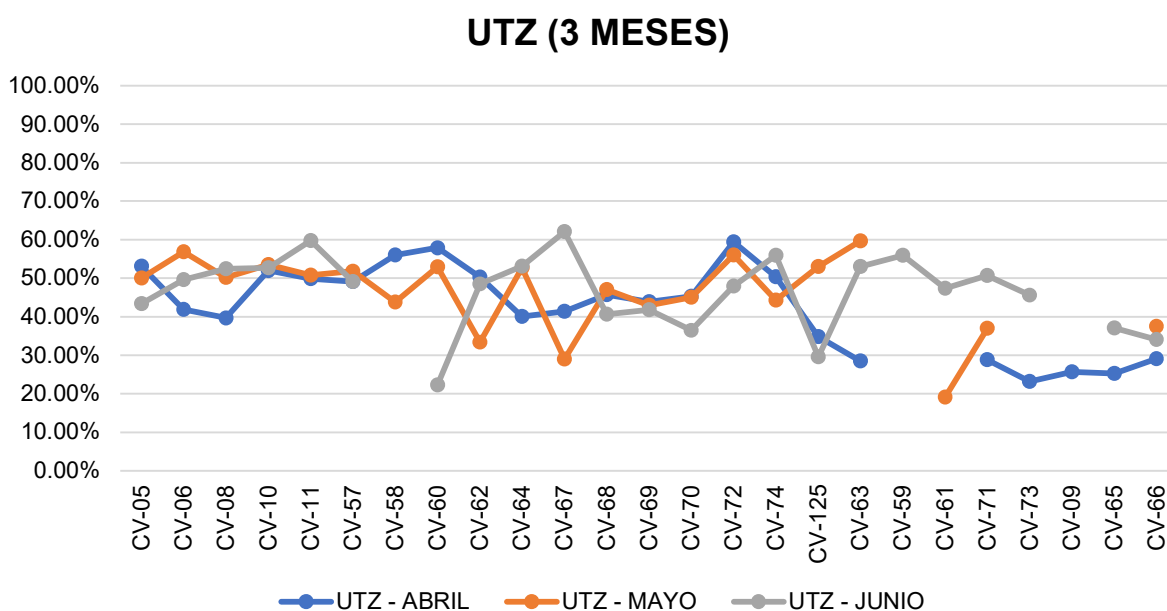
<b>VOLQUETE</b>	<b>UTZ - ABRIL</b>	<b>UTZ - MAYO</b>	<b>UTZ - JUNIO</b>
CV-05	53.14%	49.99%	43.38%
CV-06	41.82%	56.87%	49.60%
CV-08	39.64%	50.16%	52.45%
CV-10	51.97%	53.53%	52.68%
CV-11	49.87%	50.78%	59.73%
CV-57	49.15%	51.81%	49.18%
CV-58	56.01%	43.80%	
CV-60	57.88%	52.95%	22.26%
CV-62	50.27%	33.40%	48.51%
CV-64	40.10%	52.67%	53.14%
CV-67	41.41%	28.98%	62.05%
CV-68	45.64%	47.00%	40.65%
CV-69	43.92%	43.02%	41.75%
CV-70	45.22%	45.04%	36.41%
CV-72	59.44%	56.05%	47.94%
CV-74	50.38%	44.31%	55.95%
CV-125	34.81%	52.99%	29.57%
CV-63	28.47%	59.70%	53.03%
CV-59			55.91%
CV-61		19.09%	47.37%
CV-71	28.85%	37.04%	50.68%
CV-73	23.20%		45.61%
CV-09	25.66%		
CV-65	25.30%		37.11%
CV-66	29.10%	37.49%	34.13%
<b>PROMEDIO UTZ</b>	<b>42.23%</b>	<b>46.03%</b>	<b>46.48%</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

En la Tabla 17 se visualiza el cálculo del Utilización (UTZ) de la flota de volquetes en los 3 meses de estudio el cual será reflejado en el siguiente gráfico de líneas.

**Gráfico 8**

Representación de la UTILIZACIÓN de la Flota de Volquetes de MKPN



En el Gráfico 8 se utilizó el mismo color de leyenda que el Gráfico 5, este indicador es importante ya que nos representa la cantidad de tiempo operativo utilizado durante todo el tiempo existente en la guardia, así que una mejora en este indicador conlleva a que los equipos estén más activos operativamente y por ende generen una mayor Producción Mensual.

**Tabla 18**

Resultados de los KPI's Operativos

TIPO	INDICADOR	ABRIL (INICIAL)	JUNIO (OPTIMIZADO)	DIFERENCIA
KPI's Operativos	Disponibilidad Mecánica (DM)	63.56%	71.16%	7.60%
	Disponibilidad Física (DF)	70.42%	76.60%	6.18%
	Uso (Use)	88.70%	88.76%	0.06%
	Utilización (Utz)	42.23%	46.48%	4.25%

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

#### 4.3.8. Cálculo de KPI's de Mantenimiento en los 3 meses de estudio

Para calcular los KPI's de Mantenimiento, como dato preliminar utilizaremos la información del Área de Mantenimiento (Demoras Mecánicas y Numero de Fallas por equipo) y contrastaremos dicha información con la base de datos obtenida en la identificación de los estados operacionales, como primer cálculo se utiliza los datos del Volquete con código CV-05.

##### E. Tiempo medio entre fallos (MTBF)

$$MTBF (Hrs) = \left( \frac{RT + SbT}{Numero de Fallas} \right)$$

Donde:

Tiempo de Operación (OT) = 350.73 HRS

Stand By (SbT) = 12.35 HRS

Numero de Fallas = 34 Fallas

$$MTBF = \frac{(350.73 + 12.35)Hrs}{34 Fallas} = \frac{363.08 Hrs}{34 Fallas}$$

$$MTBF = 10.68 Hrs/Falla$$

##### F. Tiempo Medio De Reparación (MTTR)

$$MTTR(Hr) = \left( \frac{MT}{Numero de Fallas} \right)$$

Donde:

Demora Mecánica (MT) = 104.2 HRS

Numero de Fallas = 34 Fallas

$$MTTR = \frac{104.2 Hrs}{34 Fallas}$$

$$MTTR = 3.06 Hrs/Falla$$

#### 4.3.8.1. Cálculo del Tiempo Medio entre fallos o Mean Time Between Failures (MTBF) en los 3 meses de Estudio



Tabla 19

Valores de MTBF para identificar equipos en observación

VOLQUETE	MTBF ABRIL	MTBF MAYO	MTBF JUNIO
CV-05	● 10.68 Hrs	● 7.14 Hrs	● 7.40 Hrs
CV-06	● 5.57 Hrs	● 12.32 Hrs	● 8.39 Hrs
CV-08	● 4.87 Hrs	● 8.47 Hrs	● 13.13 Hrs
CV-10	● 11.46 Hrs	● 13.51 Hrs	● 10.54 Hrs
CV-11	● 8.75 Hrs	● 9.01 Hrs	● 19.62 Hrs
CV-57	● 6.82 Hrs	● 7.06 Hrs	● 6.91 Hrs
CV-58	● 11.19 Hrs	● 4.98 Hrs	
CV-60	● 13.66 Hrs	● 8.74 Hrs	● 1.94 Hrs
CV-62	● 8.84 Hrs	● 3.08 Hrs	● 10.51 Hrs
CV-64	● 4.72 Hrs	● 8.54 Hrs	● 12.78 Hrs
CV-67	● 5.75 Hrs	● 2.61 Hrs	● 18.33 Hrs
CV-68	● 6.48 Hrs	● 7.65 Hrs	● 5.94 Hrs
CV-69	● 5.32 Hrs	● 5.69 Hrs	● 5.01 Hrs
CV-70	● 6.12 Hrs	● 6.90 Hrs	● 5.93 Hrs
CV-72	● 19.25 Hrs	● 9.45 Hrs	● 7.86 Hrs
CV-74	● 8.32 Hrs	● 5.32 Hrs	● 10.08 Hrs
CV-125	● 6.05 Hrs	● 11.09 Hrs	● 3.30 Hrs
CV-63	● 2.37 Hrs	● 11.72 Hrs	● 8.93 Hrs
CV-59			● 15.30 Hrs
CV-61		● 1.51 Hrs	● 9.59 Hrs
CV-71	● 2.70 Hrs	● 3.91 Hrs	● 12.43 Hrs
CV-73	● 2.00 Hrs		● 6.36 Hrs
CV-09	● 2.10 Hrs		
CV-65	● 2.08 Hrs		● 4.94 Hrs
CV-66	● 2.49 Hrs	● 4.33 Hrs	● 3.23 Hrs
<b>PROMEDIO MTBF</b>	<b>6.85 Hrs</b>	<b>7.29 Hrs</b>	<b>9.06 Hrs</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

En la tabla anterior se visualiza el MTBF calculado de los 3 meses y está clasificado por un semáforo de colores el cual se determinó de la siguiente manera:

Se obtuvo el valor de las Horas Operativas por guardia de los Volquetes Operativos (Mes Abril : Promedio Mes = 313.2 Hrs // Promedio Día = 10.44 Hrs/Día // Promedio Guardia = 5.22 Hrs/Gd, entonces de la misma forma se realiza el cálculo para Mayo = 5.44 Hrs/Gd, Junio = 5.55 Hrs/Gd) se determinó el promedio de los 3 meses de estudio obteniéndose el valor de 5.4 Hrs/gd

entonces se utiliza la información teórica del MTBF con lo cual se deduce que; mientras mayor sea el valor del MTBF es mejor para la Operación ya que los Volquetes duran operativos más tiempo en promedio durante el mes; por lo tanto se consideró el valor de 5.4 Hrs/gd como la cantidad promedio de horas de una guardia completa, teniéndose la siguiente clasificación:

#### SEMÁFORO DE COLORES:

- **MTBF > 5.4 Hrs** obtienen la clasificación de color **VERDE**

**VERDE:** El Volquete no falla durante una guardia completa

- **5 < MTBF < 5.4 Hrs** obtienen la clasificación de color **AMARILLO**

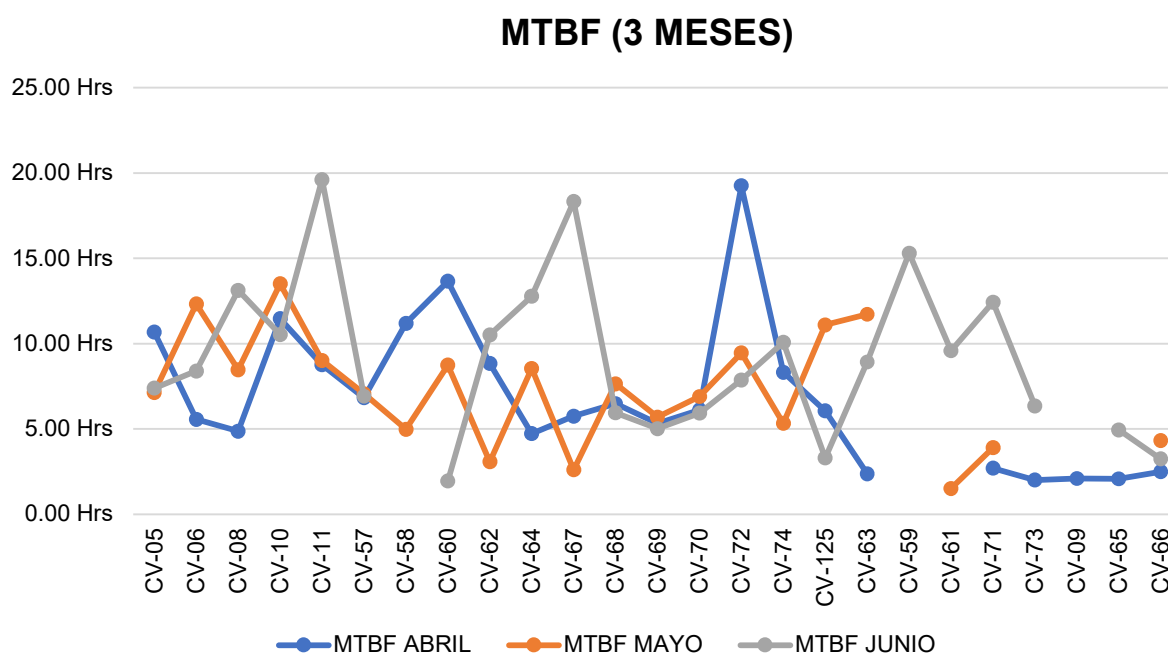
**AMARILLO:** El Volquete cumple la guardia, pero es probable que falle (revisar el volquete)

- **MTBF < 5 Hrs** obtienen la clasificación de color **ROJO**

**ROJO:** El Volquete falla más de una vez durante una guardia.

#### Gráfico 9

Representación del MTBF de la Flota de Volquetes de MKPN



Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

En el Gráfico 9 se puede visualizar la variabilidad existente del MTBF de la flota de volquetes desde Abril a Junio y de acuerdo a la información brindada poder realizar una óptima toma de decisiones en conjunto con el equipo de mantenimiento de volquetes que reflejen un bajo valor de MTBF identificados con este KPI.

#### 4.3.8.2. Cálculo del Tiempo Medio de Reparación o Mean Time To Repair (MTTR) en los 3 meses de Estudio

**Tabla 20**

*Valores de MTTR para identificar equipos en observación*

<b>VOLQUETE</b>	<b>MTTR ABRIL</b>	<b>MTTR MAYO</b>	<b>MTTR JUNIO</b>
CV-05	● 3.06 Hrs	● 2.86 Hrs	● 4.23 Hrs
CV-06	● 3.75 Hrs	● 2.63 Hrs	● 3.45 Hrs
CV-08	● 3.91 Hrs	● 3.65 Hrs	● 3.06 Hrs
CV-10	● 3.60 Hrs	● 3.67 Hrs	● 3.57 Hrs
CV-11	● 3.72 Hrs	● 3.64 Hrs	● 2.48 Hrs
CV-57	● 2.16 Hrs	● 1.92 Hrs	● 3.07 Hrs
CV-58	● 2.56 Hrs	● 3.40 Hrs	
CV-60	● 1.99 Hrs	● 2.48 Hrs	● 3.97 Hrs
CV-62	● 3.10 Hrs	● 3.61 Hrs	● 3.56 Hrs
CV-64	● 3.68 Hrs	● 3.21 Hrs	● 2.60 Hrs
CV-67	● 3.55 Hrs	● 4.09 Hrs	● 1.29 Hrs
CV-68	● 3.36 Hrs	● 3.47 Hrs	● 3.61 Hrs
CV-69	● 3.25 Hrs	● 3.11 Hrs	● 3.59 Hrs
CV-70	● 3.34 Hrs	● 3.39 Hrs	● 4.17 Hrs
CV-72	● 2.33 Hrs	● 2.34 Hrs	● 3.25 Hrs
CV-74	● 3.57 Hrs	● 3.51 Hrs	● 2.54 Hrs
CV-125	● 3.75 Hrs	● 2.80 Hrs	● 3.86 Hrs
CV-63	● 4.01 Hrs	● 2.43 Hrs	● 2.57 Hrs
CV-59			● 2.95 Hrs
CV-61		● 4.26 Hrs	● 3.74 Hrs
CV-71	● 3.61 Hrs	● 3.76 Hrs	● 3.50 Hrs
CV-73	● 4.34 Hrs		● 3.39 Hrs
CV-09	● 4.10 Hrs		
CV-65	● 4.07 Hrs		● 3.85 Hrs
CV-66	● 3.90 Hrs	● 3.60 Hrs	● 3.72 Hrs
<b>PROMEDIO MTTR</b>	<b>3.42 Hrs</b>	<b>3.23 Hrs</b>	<b>3.30 Hrs</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

En la tabla anterior se visualiza los valores de MTTR calculados durante los 3 meses y está clasificado por un semáforo de colores el cual se determinó de la siguiente manera:

Se obtuvo el valor promedio del MTTR de los meses de estudio (Abril = 3.42 Hrs, Mayo = 3.23 Hrs, Junio = 3.30 Hrs) se determinó el promedio de los 3 meses de estudio obteniéndose el valor de 3.32 Hrs/Gd entonces se utiliza la información teórica del MTTR con lo cual se deduce que; mientras menor sea el valor del MTTR o esté dentro del rango de cálculo beneficiará a la Operación ya que los volquetes saldrán operativos de una intervención Mecánica más rápido en promedio durante el mes; por lo tanto se considera el valor de 3.32 Hrs/gd como la cantidad promedio de horas óptima de intervención del Área de Mantenimiento a un equipo, de acuerdo a lo sgte:

#### **SEMAFORO DE COLORES:**

- **2.82 Hrs < MTTR < 3.82 Hrs** obtienen la clasificación de color **VERDE**

**VERDE:** La intervención Mecánica se encuentra dentro del tiempo de rango de un Mantenimiento Efectivo.

- **MTTR < 2.82 Hrs** obtienen la clasificación de color **AMARILLO**

**AMARILLO:** De acuerdo a estos valores se puede obtener 2 premisas:

- La intervención Mecánica ejecutada por el Área de mantenimiento es muy efectiva.
- Solo se están dando soluciones parche a los equipos.

Es necesario analizar los equipos con esta clasificación para determinar la premisa.

- **MTTR > 3.82 Hrs** obtienen la clasificación de color **ROJO**

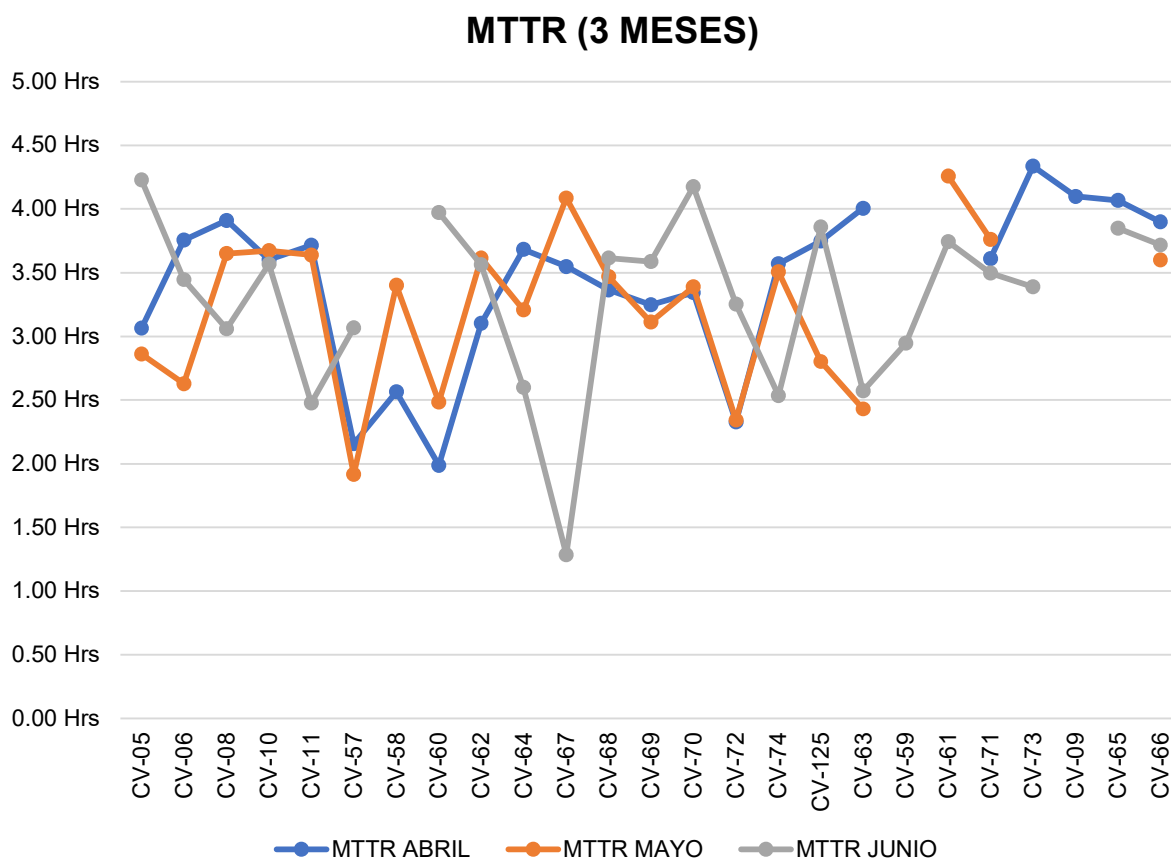
**ROJO:** De acuerdo a estos valores se puede obtener 2 premisas:

- La intervención Mecánica ejecutada por el Área de mantenimiento es deficiente.
- Los temas mecánicos presentados son más complicados de lo normal.

Es necesario identificar los volquetes con esta clasificación para darle énfasis.

**Gráfico 10**

Representación del MTTR de la Flota de Volquetes de MKPN



En el Gráfico 10 se puede observar el comportamiento del valor del MTTR de la flota de volquetes desde Abril a Junio, con la información obtenida realizar un análisis a los volquetes que cuenten con un valor promedio alto y así puedan ser reemplazados por otros volquetes mientras dura su Mantenimiento Específico no impactando en la producción ejecutada.

**Tabla 21**

Resultados de los KPI's Mantenimiento

TIPO	INDICADOR	ABRIL (INICIAL)	JUNIO (OPTIMIZADO)	DIFERENCIA
KPI's	MTBF	6.85 Hrs	7.29 Hrs	0.44 Hrs
Mantenimiento	MTTR	3.42 Hrs	3.30 Hrs	-0.12 Hrs

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

### 4.3.9. Calculo de KPI's Productivos en los 3 meses de estudio

#### 4.3.9.1. KPI de Performance de los Operadores por Guardia

Tabla 22

Valores de Rendimiento de Operadores (Viajes/Guardia) "Guardia - A"

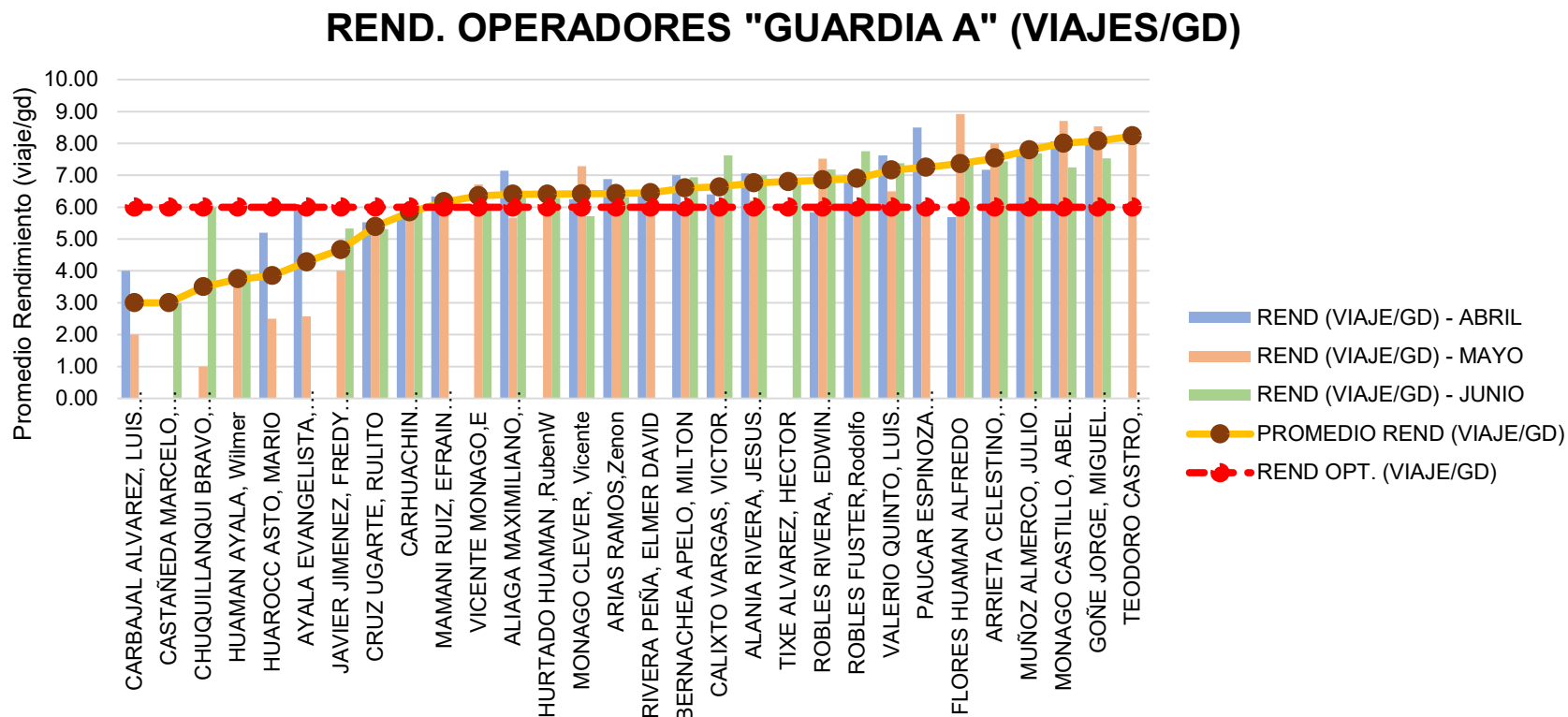
GUARDIA	OPERADOR	ABRIL			MAYO			JUNIO			PROMEDIO REND
		GD TRAB - ABRIL	REND (VIAJE/G D) - ABRIL	STATUS - ABRIL	GD TRAB - MAYO	REND (VIAJE/G D) - MAYO	STATUS - MAYO	GD TRAB - JUNIO	REND (VIAJE/G D) - JUNIO	STATUS - JUNIO	
A	CARBAJAL ALVAREZ, LUIS ANTONIO	1	4.00	REVISAR	1	2.00	REVISAR				3.00
A	CASTAÑEDA MARCELO, ROSMEL ROY							1	3.00	REVISAR	3.00
A	CHUQUILLANQUI BRAVO, RANUZZI				1	1.00	REVISAR	1	6.00	OK	3.50
A	HUAMAN AYALA, Wilmer				2	3.50	REVISAR	1	4.00	REVISAR	3.75
A	HUAROCC ASTO, MARIO	5	5.20	REVISAR	2	2.50	REVISAR				3.85
A	AYALA EVANGELISTA, WILLIAM ALEJANDRO	2	6.00	OK	7	2.57	REVISAR				4.29
A	JAVIER JIMENEZ, FREDY ALEJANDRO				4	4.00	REVISAR	3	5.33	REVISAR	4.67
A	CRUZ UGARTE, RULITO	15	5.53	REVISAR	24	5.33	REVISAR	16	5.31	REVISAR	5.39
A	CARHUACHIN ESTRELLA, Samuel	10	5.80	REVISAR	18	5.79	REVISAR	15	5.93	REVISAR	5.84
A	MAMANI RUIZ, EFRAIN ELIAQUIM	3	6.33	OK	1	6.00	OK				6.17
A	VICENTE MONAGO, E				7	6.71	OK	3	6.00	OK	6.36
A	ALIAGA MAXIMILIANO, EDUARDO	14	7.14	OK	6	5.67	REVISAR	15	6.40	OK	6.40
A	HURTADO HUAMAN, RubenW				17	6.53	OK	7	6.29	OK	6.41
A	MONAGO CLEVER, Vicente	16	6.25	OK	14	7.29	OK	14	5.71	REVISAR	6.42
A	ARIAS RAMOS, Zenon	17	6.88	OK	24	6.08	OK	16	6.31	OK	6.43
A	RIVERA PEÑA, ELMER DAVID	2	6.50	OK	5	6.40	OK				6.45
A	BERNACHEA APELO, MILTON	17	7.00	OK	23	5.87	REVISAR	16	6.94	OK	6.60
A	CALIXTO VARGAS, VICTOR LUIS	15	6.40	OK	18	5.89	REVISAR	8	7.63	OK	6.64
A	ALANIA RIVERA, JESUS ISSAC	17	7.06	OK	23	6.22	OK	9	7.00	OK	6.76
A	TIXE ALVAREZ, HECTOR							15	6.80	OK	6.80
A	ROBLES RIVERA, EDWIN JUSTINO	13	5.85	REVISAR	23	7.52	OK	16	7.19	OK	6.85
A	ROBLES FUSTER, Rodolfo	15	7.00	OK	22	5.95	REVISAR	16	7.75	OK	6.90
A	VALERIO QUINTO, LUIS ALBERTO	16	7.63	OK	24	6.50	OK	16	7.38	OK	7.17
A	PAUCAR ESPINOZA WILFREDO RICARDO	2	8.50	OK	2	6.00	OK				7.25
A	FLORES HUAMAN ALFREDO	12	5.68	REVISAR	14	8.92	OK	16	7.50	OK	7.37
A	ARRIETA CELESTINO, MARCO ANTONIO	17	7.18	OK	23	8.00	OK	16	7.44	OK	7.54
A	MUÑOZ ALMERCÓ, JULIO ELADIO	17	7.65	OK	24	8.04	OK	16	7.69	OK	7.79
A	MONAGO CASTILLO, ABEL JHONNY	16	8.06	OK	24	8.71	OK	16	7.25	OK	8.01
A	GOÑE JORGE, MIGUEL PULGAR	12	8.17	OK	17	8.53	OK	13	7.54	OK	8.08
A	TEODORO CASTRO, ARNOLD JESUS				13	8.23	OK				8.23
	<b>PROMEDIO</b>	<b>11.55</b>	<b>6.63</b>		<b>13.68</b>	<b>5.92</b>		<b>11.52</b>	<b>6.45</b>		

La Tabla 22 indica el número de Guardias durante el mes y Nro. de viajes/Gd;

**STATUS:** Representa el estado del rendimiento de c/u de los operadores utilizando el valor de 6 viajes/Guardia como valor mínimo de Rend. a cumplir entonces si no se llega al mínimo nos indica "REVISAR" y los que sobrepasan el valor nos indica un "OK".

**Gráfico 11**

Performance de Operadores de Volquete (Viajes/Gd) - Guardia "A"



En el Gráfico 11 se puede visualizar las barras que nos indican la cantidad de viajes/guardia de cada operador y se identifica a los operadores que no cumplieron con el mínimo de viajes establecidos (9 operadores de la Guardia "A"), entonces se busca la causa – raíz y de acuerdo a lo determinado se le brinda la información al Jefe de Guardia para que tome decisiones de acuerdo a su análisis.

Tabla 23

Valores de Rendimiento de Operadores (Viajes/Guardia) "Guardia - B"

GUARDIA	OPERADOR	ABRIL			MAYO			JUNIO			PROMEDIO REND
		GD TRAB - ABRIL	REND(VIAJ E/GD) - ABRIL	STATUS - ABRIL	GD TRAB - MAYO	REND(VIAJ E/GD) - MAYO	STATUS - MAYO	GD TRAB5 - JUNIO	REND(VIAJ E/GD) - JUNIO	STATUS - JUNIO	
B	MEZA VERDE, Walter	20	5.95	REVISAR	5	5.20	REVISAR				5.58
B	BALVIN LLORONA, ELMER BERNAVE	6	6.00	OK							6.00
B	TRAVEZAÑO ALMERCO, FRAK PRES	19	7.68	OK	18	4.68	REVISAR	22	6.36	OK	6.24
B	CAMAYO CERRON, Nelson	15	5.93	REVISAR	17	6.59	OK	17	6.88	OK	6.47
B	APAZA SULLCA, WILE ALFREDO	20	6.70	OK	20	5.90	REVISAR	20	6.90	OK	6.50
B	LOPEZ CHONTAY, EDWIN HUGO	15	6.20	OK	15	6.33	OK	11	7.09	OK	6.54
B	LUIS MALPARTIDA, IVAN	6	6.50	OK	18	6.33	OK	21	6.95	OK	6.60
B	POMA CHAVEZ, Walter	18	6.22	OK	19	6.42	OK	22	7.91	OK	6.85
B	CARLOS VIVAR, EFRAIN ROLANDO	8	6.88	OK							6.88
B	CARHUAZ YIDELFONSO MANFRID	10	6.40	OK	5	7.20	OK	22	7.27	OK	6.96
B	PORRAS VEGA, ARISTEDES CONVE	20	6.80	OK	19	6.42	OK	16	7.69	OK	6.97
B	OBREGON MORALES, JOSE LUIS	12	6.33	OK	6	6.67	OK	18	8.00	OK	7.00
B	PEÑA MEDRANO, Cesar							13	7.08	OK	7.08
B	ALVARADO NIÑO, LUIS	20	7.35	OK	20	8.20	OK	18	6.33	OK	7.29
B	MORALES GONZALES, Alan	19	6.11	OK	8	8.50	OK				7.30
B	APAZA VENTURA, GILBERTO JORGE	19	6.63	OK	19	7.42	OK	21	7.90	OK	7.32
B	ENCARNACION CRISTOBAL, ESTEB	13	7.69	OK	19	7.74	OK	21	6.71	OK	7.38
B	AYRA CABELLO, CARLOS ALBERTO				19	6.74	OK	22	8.14	OK	7.44
B	LOPEZ HUAYLLACAYAN, Jony	19	7.95	OK	13	7.77	OK	21	7.05	OK	7.59
B	MAMANI RUIZ, Roger	19	7.21	OK	17	7.12	OK	22	8.45	OK	7.59
B	ESPINOZA DE LA CRUZ, JORGE	17	6.94	OK	19	6.89	OK	17	9.12	OK	7.65
B	DEUDOR MONGE, JORGE ALDAIR							10	7.80	OK	7.80
B	CHAVEZ PALACIN, DAVID IVAN	20	7.90	OK	18	7.50	OK	21	8.10	OK	7.83
B	LIBERATO REYNOSO, AMADOR RUF	14	7.93	OK	19	8.37	OK	21	7.38	OK	7.89
	<b>PROMEDIO</b>	<b>15.67</b>	<b>6.82</b>		<b>15.65</b>	<b>6.90</b>		<b>18.80</b>	<b>7.46</b>		

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

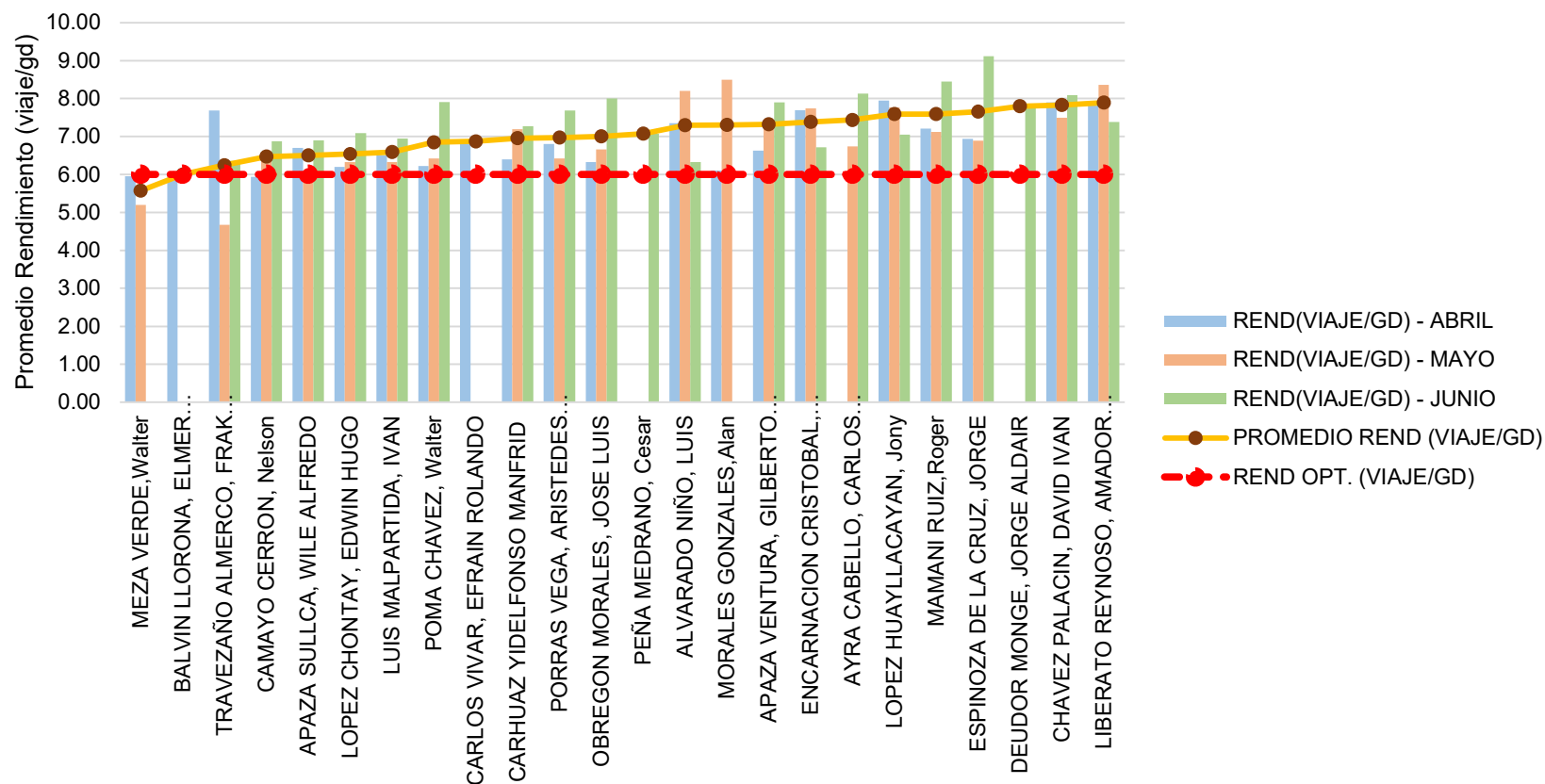
**STATUS:** Representa el estado del rendimiento de c/u de los operadores utilizando el valor de 6 viajes/Guardia como valor mínimo de Rend. a cumplir entonces si no se llega al mínimo nos indica "REVISAR" y los que sobrepasan el valor nos indica un "OK".



Gráfico 12

Performance de Operadores de Volquete (Viajes/Gd) - Guardia "B"

## REND. OPERADORES "GUARDIA B" (VIAJES/GD)



De acuerdo al Gráfico 12 se puede visualizar que únicamente 2 operadores de la Guardia "B" no cumplieron con el promedio mínimo establecido a ejecutar durante la guardia entonces se busca el motivo y depende del Jefe de guardia la toma de decisiones.

Tabla 24

Valores de Rendimiento de Operadores (Viajes/Guardia) "Guardia - C"

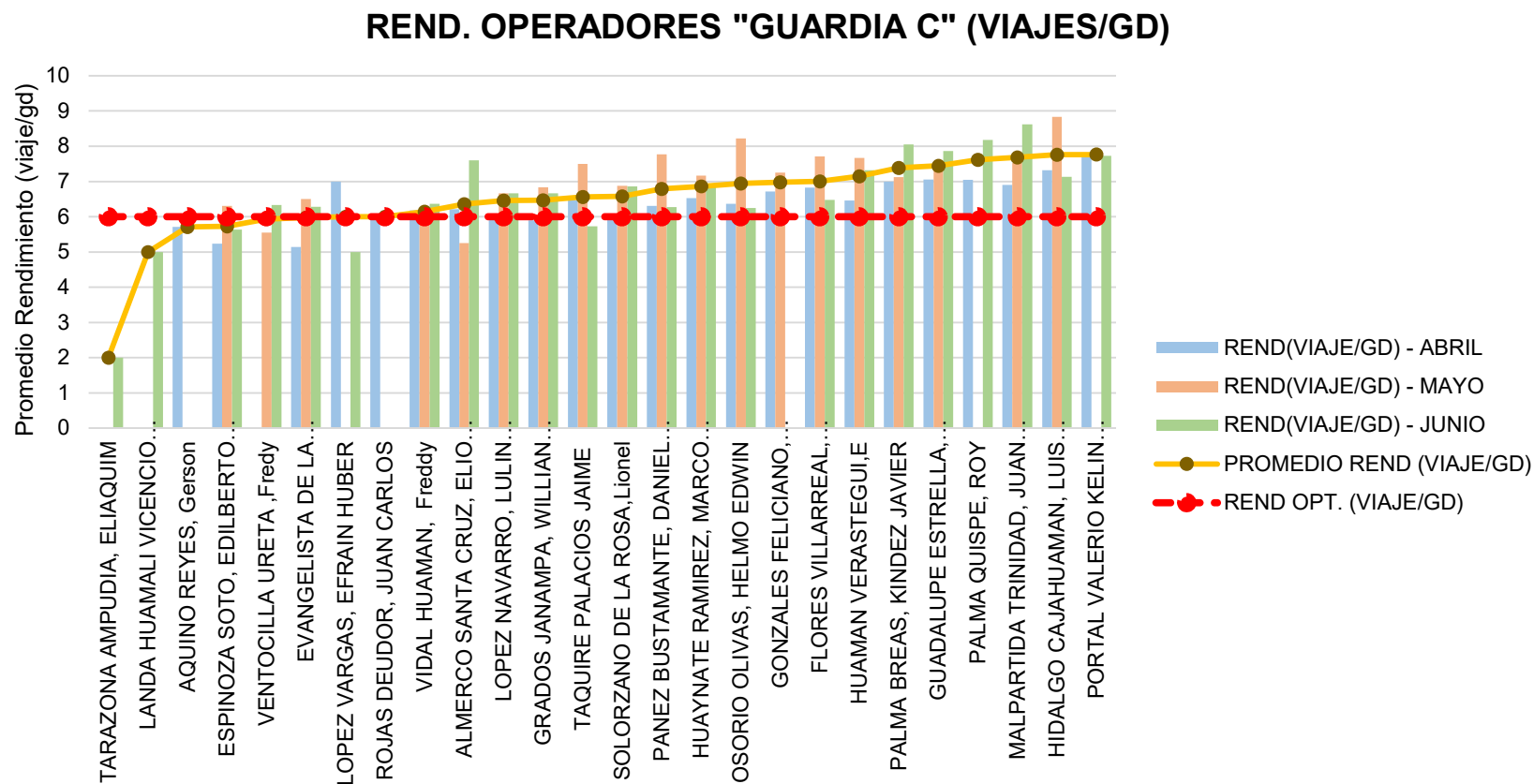
GUARDIA	OPERADOR	ABRIL			MAYO			JUNIO			PROMEDIO REND
		GD TRAB - ABRIL	REND(VIAJ E/GD) - ABRIL	STATUS - ABRIL	GD TRAB - MAYO	REND(VIAJ E/GD) - MAYO	STATUS - MAYO	GD TRAB5 - JUNIO	REND(VIAJ E/GD) - JUNIO	STATUS - JUNIO	
C	TARAZONA AMPUDIA, ELIAQUIM							1	2.00	REVISAR	2.00
C	LANDA HUAMALI VICENCIO BERNABE							1	5.00	REVISAR	5.00
C	AQUINO REYES, Gerson	7	5.71	REVISAR							5.71
C	ESPINOZA SOTO, EDILBERTO EDGAR	17	5.24	REVISAR	14	6.31	OK	11	5.64	REVISAR	5.73
C	VENTOCILLA URETA, Fredy				11	5.55	REVISAR	21	6.33	OK	5.94
C	EVANGELISTA DE LA CRUZ, Edwin	21	5.14	REVISAR	18	6.50	OK	21	6.29	OK	5.98
C	LOPEZ VARGAS, EFRAIN HUBER	3	7.00	OK				1	5.00	REVISAR	6.00
C	ROJAS DEUDOR, JUAN CARLOS	1	6.00	OK							6.00
C	VIDAL HUAMAN, Freddy	23	6.17	OK	18	5.89	REVISAR	22	6.36	OK	6.14
C	ALMERCO SANTA CRUZ, ELIO EDWIN	23	6.22	OK	19	5.25	REVISAR	20	7.60	OK	6.36
C	LOPEZ NAVARRO, LULIN YARCINO	21	6.05	OK	18	6.67	OK	21	6.67	OK	6.46
C	GRADOS JANAMPA, WILLIAN NOLBERTO	21	5.90	REVISAR	18	6.83	OK	12	6.67	OK	6.47
C	TAQUIRE PALACIOS JAIME	21	6.48	OK	6	7.50	OK	22	5.73	REVISAR	6.57
C	SOLORZANO DE LA ROSA, Lionel	21	6.00	OK	17	6.88	OK	22	6.86	OK	6.58
C	PANEZ BUSTAMANTE, DANIEL EDWIN	23	6.31	OK	18	7.78	OK	22	6.27	OK	6.79
C	HUAYNATE RAMIREZ, MARCO ANTONIO	23	6.52	OK	18	7.17	OK	22	6.91	OK	6.87
C	OSORIO OLIVAS, HELMO EDWIN	22	6.36	OK	18	8.22	OK	8	6.25	OK	6.95
C	GONZALES FELICIANO, DELSON GREGORIO	14	6.71	OK	4	7.25	OK				6.98
C	FLORES VILLARREAL, UBALDINO CRISTOPER	17	6.82	OK	17	7.71	OK	21	6.48	OK	7.00
C	HUAMAN VERASTEGUI, E	22	6.45	OK	18	7.67	OK	22	7.32	OK	7.15
C	PALMA BREAS, KINDEZ JAVIER	3	7.00	OK	17	7.12	OK	21	8.05	OK	7.39
C	GUADALUPE ESTRELLA, DIOGENES ISAAC	22	7.06	OK	17	7.41	OK	22	7.86	OK	7.44
C	PALMA QUISPE, ROY	21	7.05	OK				22	8.18	OK	7.61
C	MALPARTIDA TRINIDAD, JUAN HUGO	21	6.90	OK	17	7.53	OK	13	8.62	OK	7.68
C	HIDALGO CAJAHUAMAN, LUIS JORGE	22	7.32	OK	18	8.83	OK	8	7.13	OK	7.76
C	PORTAL VALERIO KELIN ISIDORO	20	7.80	OK				22	7.73	OK	7.76
	<b>PROMEDIO</b>	<b>17.78</b>	<b>6.44</b>		<b>15.84</b>	<b>7.06</b>		<b>16.43</b>	<b>6.56</b>		

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

**STATUS:** Representa el estado del rendimiento de c/u de los operadores utilizando el valor de 6 viajes/Guardia como valor mínimo de Rend. a cumplir entonces si no se llega al mínimo nos indica "REVISAR" y los que sobrepasan el valor nos indica un "OK".

Gráfico 13

Performance de Operadores de Volquete (Viajes/Gd) - Guardia "C"



De acuerdo al Gráfico 13 se puede visualizar que 4 operadores de la Guardia "C" no cumplieron con el promedio mínimo establecido a ejecutar durante la guardia entonces se busca el motivo y depende del Jefe de guardia la toma de decisiones.

#### 4.3.9.2. KPI de Producción (TMD y Producción mensual)

De acuerdo al control de viajes de los volquetes en la Mina Marcapunta - Zona Norte, Se realiza la siguiente Tabla Dinámica en función al Rendimiento productivo de los Jefes de Guardia (Corte mensual de Val. es cada 25 de cada mes) y se realiza el análisis de los siguientes datos:

**Tabla 25**

*Producción Diaria por Jefe de Guardia Mes de Abril – MKPN*

FECHA	GEDEON HUAMAN (A)	HUGO VALERIO (C)	ROBERTO VELAZQ. (B)	TMD ABRIL
26/03/2022		1876.80 TM	2226.40 TM	4103.20 TMD
27/03/2022		2300.00 TM	1895.20 TM	4195.20 TMD
28/03/2022		2152.80 TM	1564.00 TM	3716.80 TMD
29/03/2022		2097.60 TM	2005.60 TM	4103.20 TMD
30/03/2022		1288.00 TM	1950.40 TM	3238.40 TMD
31/03/2022		2226.40 TM	2152.80 TM	4379.20 TMD
1/04/2022	1030.40 TM	2042.40 TM		3072.80 TMD
2/04/2022	1858.40 TM	2152.80 TM		4011.20 TMD
3/04/2022	1987.20 TM	1932.00 TM		3919.20 TMD
4/04/2022	1840.00 TM	1729.60 TM		3569.60 TMD
5/04/2022	1324.80 TM	1895.20 TM		3220.00 TMD
6/04/2022	1895.20 TM	2171.20 TM		4066.40 TMD
7/04/2022	2005.60 TM	2244.80 TM		4250.40 TMD
8/04/2022	2263.20 TM		2079.20 TM	4342.40 TMD
9/04/2022	2226.40 TM		2024.00 TM	4250.40 TMD
10/04/2022	2410.40 TM		2465.60 TM	4876.00 TMD
11/04/2022	2079.20 TM		1895.20 TM	3974.40 TMD
12/04/2022	2208.00 TM		2392.00 TM	4600.00 TMD
13/04/2022	2594.40 TM		1987.20 TM	4581.60 TMD
14/04/2022	2281.60 TM		1987.20 TM	4268.80 TMD
15/04/2022		2465.60 TM	2502.40 TM	4968.00 TMD
16/04/2022		2226.40 TM	2300.00 TM	4526.40 TMD
17/04/2022		2392.00 TM	2612.80 TM	5004.80 TMD
18/04/2022		2171.20 TM	2171.20 TM	4342.40 TMD
19/04/2022		1932.00 TM	2116.00 TM	4048.00 TMD
20/04/2022		1729.60 TM	1674.40 TM	3404.00 TMD
21/04/2022		2134.40 TM	1637.60 TM	3772.00 TMD
22/04/2022	1435.20 TM	2060.80 TM		3496.00 TMD
23/04/2022	1656.00 TM	2171.20 TM		3827.20 TMD
24/04/2022	1858.40 TM	2410.40 TM		4268.80 TMD
<b>TOTAL</b>	<b>32954.40 TM</b>	<b>47803.20 TM</b>	<b>41639.20 TM</b>	<b>122396.80 TM</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 25 se presenta los datos obtenidos de la Producción diaria (TMD) que se obtiene de la suma de la guardia día y noche así como la producción mensual por Jefe de guardia durante el mes de estudio, para poder determinar una producción promedio y lograr optimizar.

**Tabla 26**

*Promedio del Rendimiento por Gd - Mes Abril MKPN*

<b>JEFE DE GD</b>	<b>PROM REND DIA</b>	<b>TOTAL MES</b>	<b>ACUM. MES</b>
<b>GEDEON HUAMAN (A)</b>	1,938.5 TMD	32,954.4 TM	32,954.4 TM
<b>ROBERTO VELAZQ. (B)</b>	2,082.0 TMD	41,639.2 TM	74,593.6 TM
<b>HUGO VALERIO (C)</b>	2,078.4 TMD	47,803.2 TM	122,396.8 TM

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 26 se visualiza los valores Promedios de la Producción diaria y Mensual del Mes de Abril.

**Tabla 27**

*Promedio del Rendimiento por Gd - Mes Mayo MKPN*

<b>JEFE DE GD</b>	<b>PROM REND DIA</b>	<b>TOTAL MES</b>	<b>ACUM. MES</b>
<b>GEDEON HUAMAN (A)</b>	1,946.6 TMD	46,717.6 TM	46,717.6 TM
<b>ROBERTO VELAZQ. (B)</b>	2,034.1 TMD	40,682.4 TM	87,400.0 TM
<b>HUGO VALERIO (C)</b>	2,206.0 TMD	39,707.2 TM	127,107.2 TM

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 27 se visualiza los valores Promedios de la Producción diaria y Mensual del Mes de Mayo (Calculado de los datos del ANEXO 01C).

**Tabla 28**

*Promedio del Rendimiento por Gd - Mes Junio MKPN*

<b>JEFE DE GD</b>	<b>PROM REND DIA</b>	<b>TOTAL MES</b>	<b>ACUM. MES</b>
<b>GEDEON HUAMAN (A)</b>	2083.8 TMD	33,340.8 TM	33,340.8 TM
<b>ROBERTO VELAZQ. (B)</b>	2350.7 TMD	51,716.1 TM	85,056.9 TM
<b>HUGO VALERIO (C)</b>	1934.6 TMD	48,365.0 TM	133,422.0 TM

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 28 se visualiza los valores Promedios de la Producción diaria y Mensual del Mes de Junio (Calculado de los datos del ANEXO 01D).

**Tabla 29**

*Resultados de Performance de Operadores y de la Producción.*

<b>TIPO</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ABRIL (INICIAL)</b>	<b>JUNIO (OPTIMIZADO)</b>	<b>DIFERENCIA</b>
Performance Operadores	Rendimiento de Operadores	6.63 Viajes/Gd	6.82 Viajes/Gd	0.19 Viajes/Gd
	Rendimiento Guardia	2033.00 TM	2123.00 TM	90.00 TM
Rendimiento de Acarreo	Rendimiento Diario	4079.89 TMD	4447.40 TMD	367.51 TMD
	Rendimiento Mensual	122396.80 TM	133422.00 TM	11025.20 TM

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

#### **4.4. PLAN ECONOMICO DE CONTROL DE FLOTA DE EQUIPOS DE ACARREO**

En el Plan de Control económico se realizó un análisis de las incidencias operativas que no dependen de la empresa considerando que el Carguío de mineral es ejecutado por otra empresa contratista, influyendo de manera directa en el rendimiento y por ende en el costo unitario establecido para dicho concepto.

##### **4.4.1. Calculo e influencia de los tiempos improductivos**

Para determinar si existe tiempos improductivos constantes que influyan en el rendimiento de la flota de volquetes se registra una Base de datos con la información necesaria, al realizar la

Base de Datos de los tiempos improductivos se puede identificar que hay conceptos que afectan en el tiempo normal estipulado para la producción diaria de tonelaje de mineral, los cuales tienen mayor relevancia en nuestro estudio en específico y se determinará el porcentaje de influencia.

#### **4.4.2. Análisis de la influencia de los tiempos improductivos en la productividad mediante un diagrama de Pareto**

De acuerdo a la información obtenida del control de tiempos improductivos; se utilizará un Diagrama de Pareto para reconocer las causas más recurrentes, e identificar los tiempos improductivos que afectan directamente al rendimiento, teniendo los siguientes conceptos:

**Tabla 30**

##### *Identificación de Tiempos Improductivos durante la Operación*

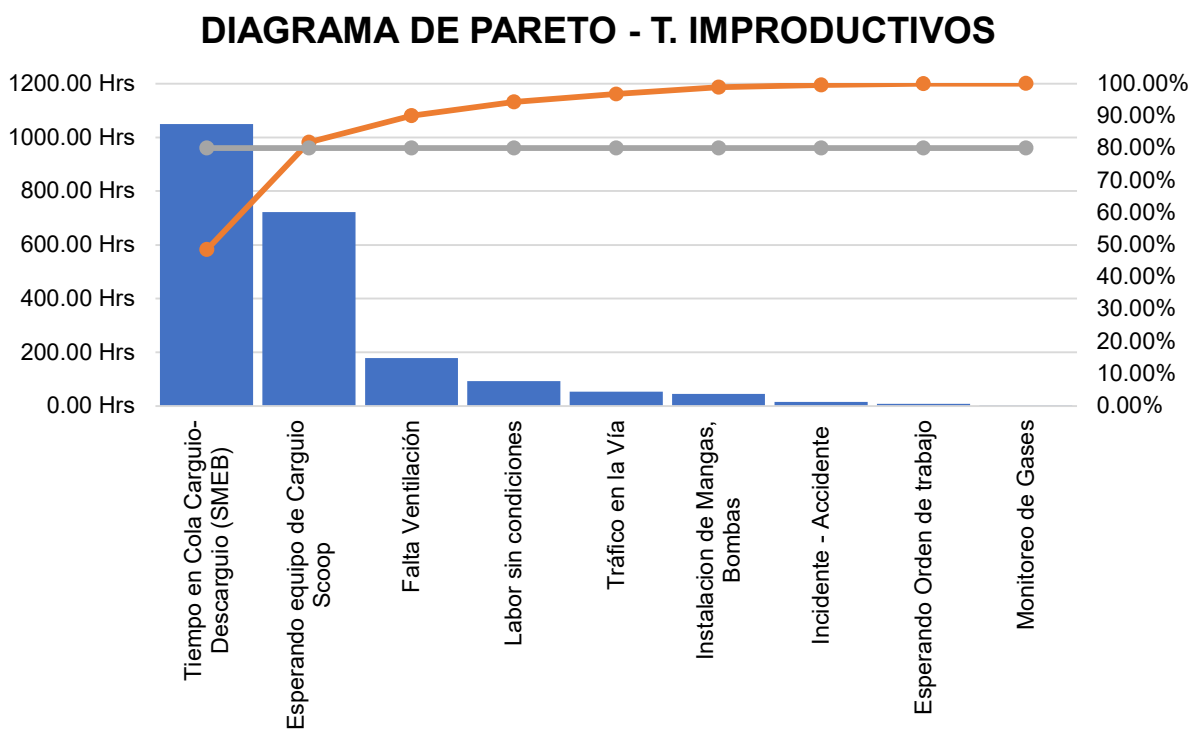
<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO</b>	<b>ABRIL (Hrs)</b>	<b>MAYO (Hrs)</b>	<b>JUNIO (Hrs)</b>	<b>TOTAL (Hrs)</b>	<b>ACUM (Hrs)</b>	<b>% ACUM</b>
Tiempo en Cola						
Carguío- Descarguío (SMEB)	339.77 Hrs	283.98 Hrs	426.42 Hrs	1050.17 Hrs	1050.17 Hrs	48.48%
Esperando equipo de Carguío Scoop	261.80 Hrs	235.85 Hrs	224.32 Hrs	721.97 Hrs	1772.13 Hrs	81.81%
Falta Ventilación	82.57 Hrs	53.15 Hrs	43.27 Hrs	178.98 Hrs	1951.12 Hrs	90.07%
Labor sin condiciones	25.53 Hrs	26.78 Hrs	40.65 Hrs	92.97 Hrs	2044.08 Hrs	94.36%
Tráfico en la Vía	20.60 Hrs	5.45 Hrs	26.77 Hrs	52.82 Hrs	2096.90 Hrs	96.80%
Instalación de Mangas, Bombas	13.18 Hrs	10.58 Hrs	21.47 Hrs	45.23 Hrs	2142.13 Hrs	98.89%
Incidente - Accidente		11.17 Hrs	3.50 Hrs	14.67 Hrs	2156.80 Hrs	99.56%
Esperando Orden de trabajo	4.02 Hrs	3.50 Hrs		7.52 Hrs	2164.32 Hrs	99.91%
Monitoreo de Gases		1.92 Hrs		1.92 Hrs	2166.23 Hrs	100.00%
<b>TOTAL</b>	<b>747.47 Hrs</b>	<b>632.38 Hrs</b>	<b>786.38 Hrs</b>	<b>2166.23 Hrs</b>		

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 30 se visualiza los conceptos de los tiempos improductivos externos a la empresa que tienen un impacto en el tiempo neto de operación.

**Gráfico 14**

*Diagrama de Pareto - Tiempos Improductivos*



Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

En el Gráfico 14 se visualiza el Diagrama de Pareto con los conceptos identificados de los tiempos improductivos más recurrentes, aplicando la norma de 80-20 se puede determinar que las 2 primeras causas son las de mayor incidencia para su mejora.

**Tabla 31**

*Horas improductivas que impactan en la ventana horaria de producción.*

MES	HRS EFECT.	ACUM. HRS
<b>ABRIL</b>	747.47 Hrs	747.47 Hrs
<b>MAYO</b>	632.38 Hrs	1379.85 Hrs
<b>JUNIO</b>	786.38 Hrs	2166.23 Hrs
<b>PROMEDIO MES</b>	<b>722.08 Hrs</b>	

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

En la Tabla 31 se obtiene un resumen de las horas identificadas como tiempos improductivos de cada mes y de los 3 meses en conjunto.



#### 4.4.3. Análisis del rendimiento Existente de los Equipos de acarreo

##### 4.4.3.1. Rendimiento existente para volúmenes acarreados hasta 1km

Tabla 32

Datos Operativos para el Cálculo del Rendimiento de Volquete MKPN

ANÁLISIS DE RENDIMIENTO UNITARIO CON DISTANCIA HASTA 1 KM			
	Eficiencia =	EF =	70%
	Utilización =	UTI =	81%
	Volumen de la Tolva del Volquete =	VTV =	15.00 m <sup>3</sup>
	Peso Específico de Mineral =	Pe =	3.20 TM/m <sup>3</sup>
	Porcentaje de Esponjamiento =	Sw =	25%
<b>A</b>	Esponjamiento =	Fw =	
	Factor de Llenado del Cucharon =	FII =	0.80
<b>B</b>	Vol. efectivo de la Tolva del Volquete =	VETV =	m <sup>3</sup>
	Distancia de transporte promedio =	D =	1.00 km
	Velocidad de transporte cargado =	VC =	10.00 km / hora
	Velocidad de transporte descargado =	VD =	15.00 km / hora
<b>C</b>	Tiempo de recorrido cargado =	TC =	min
<b>D</b>	Tiempo de recorrido descargado =	TU =	min
	Tiempo de carguío =	TL =	13.03 min
	Tiempo de descarga =	TD =	2.50 min
<b>E</b>	Ciclo normal =	CICLO =	min
<b>F</b>	Ciclo corregido por eficiencia =	CICLOF =	min
<b>G</b>	Cantidad de viajes =	V =	viajes
<b>H</b>	Rendimiento horario =	RH =	Ton-Km / hora
	Hrs Operativas/Gd =	H. Op =	8.14 Hrs
<b>I</b>	Rendimiento Dia =	RD =	0.00 Ton-Km / Guardia

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

En la Tabla 32 se tiene en los valores del Ciclo de Acarreo para distancias de hasta 1km; con este valor y otros datos necesarios se realizó el cálculo del Rendimiento Horario y por día de los Volquetes en el frente de trabajo.

**A. Determinación Del Factor de Esponjamiento (Fw):**

$$Fw = \left( \frac{1}{1 + \frac{Sw}{100}} \right)$$

Donde:

Porcentaje de Esponjamiento (Sw) = 25 %

$$Fw = \left( \frac{1}{1 + \frac{25}{100}} \right) = \frac{1}{\frac{125}{100}} = \frac{100}{125}$$

$$Fw = 0.8 = 80\%$$

**B. Volumen efectivo de la tolva de volquete (VETV):**

$$VETV = VTV * Fw * Fll$$

Donde:

Volumen de la Tol del Volquete Nominal (VTV) = 15 m<sup>3</sup>

Factor de Esponjamiento (Fw) = 80 %

Factor de Llenado de cucharon (Fll) = 80 %

$$VETV = 15 \text{ m}^3 * 0.8 * 0.8$$

$$VETV = 9.6 \text{ m}^3$$

**Figura 15**

*Factor de llenado de acuerdo a la Capacidad del equipo de carguío*

Material	Factor de llenado (Porcentaje de la capacidad colmada del cucharón)
Marga mojada o arcilla arenosa	A — 100-110%
Arena y grava	B — 95-110%
Arcilla dura y compacta	C — 80-90%
Roca bien fragmentada por voladura	60-75%
Roca mal fragmentada por voladura	40-50%

Fuente: Área de Oficina Técnica – E. SMELTER

De acuerdo al tipo de Material se opta por el Tipo C y de acuerdo a la Figura 14 se utiliza un factor de llenado de 80%.

**C. Tiempo De Recorrido Cargado (TC):**

$$TC = \frac{D}{VC} * 60 \frac{min}{Hr}$$

Donde:

Distancia de transporte promedio (D) = 1 Km

Velocidad de Transporte Cargado (VC) = 10 Km/Hr

$$TC = \frac{1 \text{ Km}}{10 \frac{\text{Km}}{\text{Hr}}} * 60 \frac{min}{Hr}$$

$$TC = 6 \text{ min}$$

**D. Tiempo De Recorrido Descargado (TU):**

$$TU = \frac{D}{VD} * 60 \frac{min}{Hr}$$

Donde:

Distancia de transporte promedio (D) = 1 Km

Velocidad de Transporte descargado (VD) = 15 Km/Hr

$$TU = \frac{1 \text{ Km}}{15 \frac{\text{Km}}{\text{Hr}}} * 60 \frac{min}{Hr}$$

$$TU = 4 \text{ min}$$

**E. Tiempo De Ciclo Normal (CICLO):**

$$CICLO = TC + TU + TL + TD$$

Donde:

Tiempo de recorrido cargado = 6 min

Tiempo de recorrido descargado = 4 min

Tiempo de carguío = 13.03 min

Tiempo de descarga = 2.5 min

$$CICLO = (6 + 4 + 13.03 + 2.5)min$$

$$CICLO = 25.53 min$$

### Imagen 8

Uso del Telemando con el Scoop en el frente de Carguío.



Nota. Se visualiza el operador del Scoop utilizando el Telemando en la Zona de Rotura de Material de Acuerdo a su PETS para después trasladar el material cerca al volquete y realizar el carguío de forma manual en el Nv 4072 – Marcapunta Norte, 03-04-2022 / Fuente. Elaboración Propia

### F. Tiempo De Ciclo Corregido Por Eficiencia (CICLOF):

$$CICLOF = \frac{CICLO}{EF * UTI}$$

Donde:

Ciclo Normal (CICLO) = 25.53 min

Factor de Eficiencia (EF) = 70 %

Factor de Utilización (UTI) = 81 %

$$CICLOF = \frac{25.53 \text{ min}}{0.7 * 0.81}$$

$$CICLOF = 44.83 \text{ min}$$

### G. Cantidad De Viajes (V):

$$V = \frac{60 \text{ min/Hr}}{CICLOF}$$

Donde:

Ciclo Corregido por Eficiencia (CICLOF) = 44.83 min

$$V = \frac{60 \text{ min/Hr}}{44.83 \text{ min/viaje}}$$

$$V = 1.34 \text{ viajes}$$

### H. Rendimiento Horario (RH):

$$RH = (VETV * V * D) * Pe$$

Donde:

Volumen efectivo de la Tolva del Volquete = 9.6 m<sup>3</sup>

Cantidad de viajes = 1.34 viajes/Hr

Distancia de transporte promedio = 1 Km

Peso específico del Mineral = 3.2 TN/m<sup>3</sup>

$$RH = \left( 9.6 \text{ m}^3 * 1.34 \frac{\text{Viajes}}{\text{Hr}} * 1 \text{ Km} \right) * 3.2 \text{ TN/m}^3$$

$$RH = 41.12 \text{ TON} - \text{K/Hora}$$

### I. Rendimiento Por Dia (RD)

$$RD = RH * H. Op$$

Donde:

Rendimiento Horario (RH) = 41.12 TON-K/Hora

Horas Operativas por Guardia (H. Op) = 8.14 Hrs

Tabla 33

*Distribución de las Actividades Durante la Guardia*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>INCIO</b>	<b>FIN</b>	<b>OPER.</b>
Charla de 5 Min y distribución de operadores	07:00	07:15	
Elaboración de orden de trabajo e IPERC y pre Check de equipo	07:15	07:30	
Traslados de equipos del parqueo a frente y viceversa	07:30	07:50	
<b>OPERACIÓN</b>	<b>07:50</b>	<b>11:40</b>	<b>3.83</b>
Traslados de equipos del parqueo a frente y viceversa	11:40	12:00	
Almuerzo	12:00	13:00	
Traslados de equipos del parqueo a frente y viceversa	13:00	13:20	
<b>OPERACIÓN</b>	<b>13:20</b>	<b>17:40</b>	<b>4.33</b>
Traslados de equipos del parqueo a frente y viceversa	17:40	18:00	
<b>HORAS DE OPERACIÓN</b>			<b>8.1 Hrs</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER.

$$RD = 41.12 \frac{TON - K}{Hora} * 8.14 Hrs$$

$$RD = 334.71 \frac{TON - K}{Guardia}$$

Imagen 9

*Horas de Operación de los Volquetes en Interior Mina*

Nota. Volquetes de ECOSEM SMELTER durante las horas de Operación interior Mina,

Marcapunta Norte, 01-06-2022 / Fuente. Elaboración Propia

#### 4.4.3.2. Resumen del Rendimiento Existente en los Volquetes con D < 1Km

**Tabla 34**

*Resumen del Rendimiento de Volquete MKPN con D < 1Km*

CALCULOS POR HORA Y GUARDIA				
Cantidad de viajes =	V =	1.34	viajes	(60/CICLOF)
Rendimiento horario =	RH =	41.12	Ton-Km / hora	(VETxVxD)*3.2
Hrs Operativas/Gd =	H. Op=	8.14	Hrs	(Dato)
Rendimiento por Guardia =	RD =	334.71	Ton-Km / Guardia	

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER.

Obtenemos el siguiente resumen del Rendimiento Horario y por Guardia para distancias < 1 km de acuerdo a los parámetros iniciales.

#### 4.4.3.3. Resumen de Rendimiento Existente en los Volquetes con D > 1Km

**Tabla 35**

*Resumen del Rendimiento de Volquete MKPN con D > 1Km*

ANÁLISIS DE RENDIMIENTO UNITARIO CON DISTANCIAS DESPUES DE 1 KM				
Eficiencia =	EF =	70%		(Dato)
Utilización =	UTI =	81%		(Dato)
Volumen efectivo transportado =	VET =	9.60	m <sup>3</sup>	(Dato)
Distancia de transporte promedio =	D =	1.00	km	(Dato)
Velocidad de transporte cargado =	VC =	10.00	km / hora	(Dato)
Velocidad de transporte descargado =	VD =	15.00	km / hora	(Dato)
Tiempo de recorrido cargado =	TC =	6.00	min	(D/VCx60)
Tiempo de recorrido descargado =	TU =	4.00	min	(D/VDx60)
Tiempo de carguío =	TL =	0.00	min	(VET/RCx60)
Tiempo de descarga =	TD =	0.00	min	(Dato = 2.5min)
Ciclo normal =	CICLO =	10.00	min	(TC+TU+TL+TD)
Ciclo corregido por eficiencia =	CICLOF =	17.56	min	(CICLO/EF)

---

**CALCULOS POR HORA Y GUARDIA**


---

Cantidad de viajes = V =	3.42	viajes	(60/CICLOF)
Rendimiento horario = RH =	104.99	Ton-Km / hora	(VETxVxD)*3.2
Hrs Operativas/Gd = H.Op =	8.14	Hrs	(Dato)
Rendimiento por Guardia = RD =	854.61	Ton-Km / Guardia	

---

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER.

Obtenemos el sgte resumen del Rendimiento Horario y por Guardia para distancias > 1 km.

#### 4.4.4. Análisis de costo unitario por tonelada Existente

##### 4.4.4.1. Análisis de costo unitario para distancias < 1 km

**Tabla 36**

*Determinación del A.C.U. para el Acarreo de Mineral < 1Km*

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIOS							
Partida	: Transporte de Mineral Int. Mina D < 1 km						
Unidad de Medida	: Ton/Km	Rendimiento del Scoop :	1,150.84 Ton/Gda				
Elaborado por	: OF. Técnica ESSA	Rendimiento del Volquete :	334.71 Ton/Gda				
		Horas P/Guardia :	8.14 Hrs				
Cliente	: SMEBSAA	Horas P/Guardia :	10.00 Hrs				
UEA	: Colquijirca						
Revisión	: 0						
Fecha de Elaboración	: Enero 2021						

Item	Descripción	Und.	Cuad.	Cant.	P.U. US\$	Parcial US\$	Total US\$
<b>1.00</b>	<b>MANO DE OBRA</b>						<b>0.23</b>
	Vigia - Cuadrador	HH	3.00	0.0261	8.98	0.23	
<b>2.00</b>	<b>MATERIALES</b>						<b>0.00</b>
			0.00	0.0000	0.00	0.00	
<b>3.00</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>						<b>0.01</b>
	Herramientas Manuales (Peon)	% MO		5.0000	0.23	0.01	
<b>4.00</b>	<b>EQUIPOS</b>						<b>1.30</b>
	Camion Volquete de 15 m3	HM	1.00	0.0243	53.58	1.30	
<b>COSTO DIRECTO</b>							<b>1.55</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

En la Tabla 36 tenemos el formato de A.C.U. para obtener el costo directo para D < 1Km

$$INC. CANT Hora Hombre (HH) = \frac{C * J}{R. mo}$$



$$INC. Cant. HH = \frac{3 \text{ Vigias} * 10 \frac{\text{Hrs}}{\text{Gd}}}{1150.84 \frac{\text{Ton}}{\text{Gd}}} = \frac{30 \frac{\text{Hrs.Vigia}}{\text{Gd}}}{1150.84 \frac{\text{Ton}}{\text{Gd}}} = 0.0261 \frac{\text{Hr.Vigia}}{\text{Ton}} * 8.98 \frac{\$}{\text{Hr.Vigia}} = 0.23 \$$$

$$Cant. Herramientas = 5 \% * MO = \frac{5}{100} * 0.23 \$ = 0.01 \$$$

$$INC. CANT Hora Maquina (HM) = \frac{C * J}{R. eq}$$

$$INC. Cant. HM = \frac{1 \text{ Volq} * 8.14 \frac{\text{Hrs}}{\text{Gd}}}{334.71 \frac{\text{Ton}}{\text{Gd}}} = \frac{8.14 \frac{\text{Hrs.Volq}}{\text{Gd}}}{334.71 \frac{\text{Ton}}{\text{Gd}}} = 0.0243 \frac{\text{Hr.Volq}}{\text{Ton}} * 53.58 \frac{\$}{\text{Hr.Volq}} = 1.30 \$$$

$$COSTO DIRECTO < 1Km = 0.23\$ + 0.01\$ + 1.30\$ = 1.55 \left( \frac{\$}{\text{TN} - \text{Km}} \right)$$

#### 4.4.4.2. Análisis de costo unitario para distancias > 1 km

Tabla 37

Determinación del A.C.U. para el Acarreo de Mineral > 1Km

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIOS							
Partida	: Transporte de Mineral Int. Mina D > 1 Km						
Unidad de Medida	: Ton/Km				Rendimiento del Scoop :	1,150.84 Ton/Hra	
Elaborado por	: OF. Tecnica ESSA				Rendimiento del Volquete :	854.61 Ton/Hra	
					Rendimiento del Volquete :	8.14 Ton/Hra	
Cliente	: SMEBSAA				Horas P/Guardia :	10.00 Hrs	
UEA	: Colquijirca						
Revisión	: 0						
Fecha de Elaboración	: Enero 2021						

Item	Descripción	Und.	Cuad.	Cant.	P.U. US\$	Parcial US\$	Total US\$
1.00	<b>MANO DE OBRA</b>						0.00
	Vigia - Cuadrador	HH	0.00	0.0000	0.00	0.00	
2.00	<b>MATERIALES</b>						0.00
			0.00	0.0000	0.00	0.00	
3.00	<b>HERRAMIENTAS</b>						0.00
	Herramientas Manuales (Peon)	% MO		5.0000	0.00	0.00	
4.00	<b>EQUIPOS</b>						0.51
	Camion Volquete de 15 m3	HM	1.00	0.0095	53.58	0.51	
<b>COSTO DIRECTO</b>							<b>0.51</b>

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

En la Tabla 37 tenemos el formato de A.C.U. para obtener el costo directo para D > 1Km

$$INC. Cant. HM = \frac{1 \text{ Volq} * 8.14 \frac{Hrs}{Gd}}{854.61 \frac{Ton}{Gd}} = \frac{8.14 \frac{Hrs.Volq}{Gd}}{854.61 \frac{Ton}{Gd}} = 0.0095 \frac{Hr.Volq}{Ton} * 53.58 \frac{\$}{Hr.Volq} = 0.51 \$$$

$$COSTO DIRECTO > 1Km = 0\$ + 0\$ + 0.51\$ = 0.51 \left( \frac{\$}{TN - Km} \right)$$

#### 4.4.5. Replanteo del Rendimiento con la influencia de los Tiempos Improductivos.

##### 4.4.5.1. Replanteo del Rendimiento para Distancias < 1Km

$$RD = RH * (H. Op - H. Imp.)$$

Donde:

Rendimiento Horario (RH) = 41.12 TON-K/Hora

Horas Operativas (H. Op) = 8.14 Hrs

Horas Improductivas (H. Im) = X Hrs

**Tabla 38**

*Promedio de las Horas Improductivas (3 Meses)*

	HRS EFECT.	PROMEDIO VOLQ. /GD
<b>ABRIL</b>	747.47 Hrs	19 volquetes
<b>MAYO</b>	632.38 Hrs	18 volquetes
<b>JUNIO</b>	786.38 Hrs	19 volquetes
<b>PROMEDIO MES</b>	<b>722.08 Hrs</b>	<b>19 volquetes</b>

Fuente: Elaboración Propia

$$H. Imp = \frac{722.08 \frac{Hrs}{Mes}}{30 \frac{Dias}{Mes} * 19 \frac{Volq}{Gd} * \frac{2Gd}{Dia}} = \frac{722.08 \frac{Hrs}{Mes}}{1140 \frac{Volq}{Mes}}$$

$$X = H. Imp = 0.63 \text{ Hr/Volq}$$

$$RD = 41.12 \frac{TON - K}{Hora} * (8.14 \text{ Hrs} - 0.63 \text{ Hrs})$$

$$RD = 308.81 \frac{TON - K}{Guardia}$$

**Tabla 39**

Calculo de Rendimiento de Volquete MKPN &lt; 1Km

<b>CALCULOS POR HORA Y GUARDIA</b>			
Cantidad de viajes =	V = 1.34	viajes	(60/CICLOF)
Rendimiento horario =	RH = 41.12	Ton-Km / hora	(VETxVxD)*3.2
Hrs Operativas/Gd =	H.Op = 8.14	Hrs	(Dato)
Hrs Improductivas/Gd =	H.Imp = 0.63	Hrs	(Dato)
Rendimiento por Guardia =	RD = 308.81	Ton-Km / Guardia	

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 39 muestra el Replanteo de Costo Unitario para distancias < 1 Km considerando la influencia de los tiempos improductivos los cuales no dependen de la empresa pero que reduce la ventana horaria de operación de la flota de volquetes de la empresa.

**4.4.5.2. Replanteo del rendimiento para distancias > 1 km.****Tabla 40**

Calculo de Rendimiento de Volquete MKPN &gt; 1Km

<b>CALCULOS POR HORA Y GUARDIA</b>			
Cantidad de viajes =	V = 3.42	viajes	(60/CICLOF)
Rendimiento horario =	RH = 104.99	Ton-Km / hora	(VETxVxD)*3.2
Hrs Operativas/Gd =	H.Op = 8.14	Hrs	(Dato)
Hrs Improductivas/Gd =	H.Imp = 0.63	Hrs	(Dato)
Rendimiento por Guardia =	RD = 788.47	Ton-Km / Guardia	

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 40 muestra el Replanteo de Costo Unitario para distancias >1 Km considerando la influencia de los tiempos improductivos los cuales no dependen de la empresa pero que reduce la ventana horaria de operación de la flota de volquetes de la empresa.

Teniendo los nuevos valores de Rendimiento por Guardia para Distancias < a 1km y > a 1km se realiza el Replanteo del Costo Unitario actualizando el Rendimiento anterior con el ultimo calculado ya que esa variación afectara directamente en el Costo Unitario.

#### 4.4.6. Replanteo del costo unitario por tonelada

##### 4.4.6.1. Replanteo del costo unitario para distancias < 1 km considerando tiempos improductivos

$$INC. Cant. HM = \frac{1 Volq * 8.14 \frac{Hrs}{Gd}}{308.81 \frac{Ton}{Gd}} = \frac{8.14 \frac{Hrs.Volq}{Gd}}{308.81 \frac{Ton}{Gd}} = 0.0264 \frac{Hr.Volq}{Ton} * 53.58 \frac{\$}{Hr.Volq} = 1.41 \$$$

$$REPLANTEO COSTO DIRECTO < 1Km = 0.23\$ + 0.01\$ + 1.41\$ = 1.66 \left( \frac{\$}{TN - Km} \right)$$

**Tabla 41**

Replanteo del A.C.U. para el Acarreo de Mineral < 1Km

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIOS							
Partida	: Transporte de Mineral Int. Mina D < 1 km						
Unidad de Medida	: Ton/Km		Rendimiento del Scoop	: 1,150.84 Ton/Gda			
Elaborado por	: OF. Tecnica ESSA		Rendimiento del Volquete	: 308.81 Ton/Gda			
Cliente	: SMEBSAA		Horas P/Guardia	: 8.14 Hrs			
UEA	: Colquijirca		Horas P/Guardia	: 10.00 Hrs			
Revisión	: 0						
Fecha de Elaboración	:						

Item	Descripción	Und.	Cuad.	Cant.	P.U. US\$	Parcial US\$	Total US\$
1.00	<b>MANO DE OBRA</b>						<b>0.23</b>
	Vigia - Cadrador	HH	3.00	0.0261	8.98	0.23	
2.00	<b>MATERIALES</b>						<b>0.00</b>
			0.00	0.0000	0.00	0.00	
3.00	<b>HERRAMIENTAS</b>						<b>0.01</b>
	Herramientas Manuales (Peon)	% MO		5.0000	0.23	0.01	
4.00	<b>EQUIPOS</b>						<b>1.41</b>
	Camion Volquete de 15 m3	HM	1.00	0.0264	53.58	1.41	
<b>COSTO DIRECTO</b>							<b>1.66</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 41 se visualiza el Replanteo del Análisis de Costo Unitario para distancias de hasta 1km en el formato existente como alternativa de solución a lo evidenciado en los meses de estudio (Abril, Mayo, Junio)

#### 4.4.6.2. Replanteo de costo unitario para distancias > 1 km considerando tiempos improductivos

$$INC. Cant. HM = \frac{1 Volq * 8.14 \frac{Hrs}{Gd}}{788.47 \frac{Ton}{Gd}} = \frac{8.14 \frac{Hrs.Volq}{Gd}}{784.27 \frac{Ton}{Gd}} = 0.0103 \frac{Hr.Volq}{Ton} * 53.58 \frac{\$}{Hr.Volq} = 0.55 \$$$

$$REPLANTEO COSTO DIRECTO > 1Km = 0\$ + 0\$ + 0.55\$ = 0.55 \left( \frac{\$}{TN - Km} \right)$$

**Tabla 42**

Replanteo del A.C.U. para el Acarreo de Mineral > 1Km

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIOS							
Partida	: Transporte de Mineral Int. Mina D > 1 Km						
Unidad de Medida	: Ton/Km	Rendimiento del Scoop	: 1,150.84 Ton/Hra				
Elaborado por	: OF. Tecnica ESSA	Rendimiento del Volquete	: 788.47 Ton/Hra				
		Rendimiento del Volquete	: 8.14 Ton/Hra				
Cliente	: SMEBSAA	Horas P/Guardia	: 10.00 Hrs				
UEA	: Colquijirca						
Revisión	: 0						
Fecha de Elaboración	:						

Item	Descripción	Und.	Cuad.	Cant.	P.U. US\$	Parcial US\$	Total US\$
1.00	<b>MANO DE OBRA</b>						0.00
	Vigia - Cadrador	HH	0.00	0.0000	0.00	0.00	
2.00	<b>MATERIALES</b>						0.00
			0.00	0.0000	0.00	0.00	
3.00	<b>HERRAMIENTAS</b>						0.00
	Herramientas Manuales (Peon)	% MO		5.0000	0.00	0.00	
4.00	<b>EQUIPOS</b>						0.55
	Camion Volquete de 15 m3	HM	1.00	0.0103	53.58	0.55	
<b>COSTO DIRECTO</b>							<b>0.55</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 42 se visualiza el Replanteo del Análisis de Costo Unitario para distancias > 1km en el formato existente como alternativa de solución a lo evidenciado en los meses de estudio (Abril, Mayo, Junio)

**Tabla 43**

*Resultados del Replanteo de los Costos Unitarios.*

TIPO	INDICADOR	ABRIL (INICIAL)	JUNIO (PLANTEADO)	DIFERENCIA
D < 1Km	Rendimiento Teórico	334.71 Ton/Gd	308.81 Ton/Gd	-25.90 Ton/Gd
	Costo Unitario	1.55 \$/TM-Km	1.66 \$/TM-Km	0.11 \$/TM-Km
D > 1Km	Rendimiento Teórico	854.61 Ton/Gd	788.47 Ton/Gd	-66.14 Ton/Gd
	Costo Unitario	0.51 \$/TM-Km	0.55 \$/TM-Km	0.04 \$/TM-Km

Fuente: Área de Oficina Técnica – ECOSEM SMELTER

## CAPITULO V:

### EVALUACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1. EVALUACION DE RESULTADOS DE LOS KPI's OPERATIVOS

Después de la implementación del Plan de Control se obtuvo los siguientes KPI's Operativos (Disponibilidad Mecánica, Disponibilidad Física, Uso y Utilización) y se procede a evaluar los resultados, la relación que tienen entre sí y el aporte que generan a la empresa:

##### 5.1.1. *Análisis de Resultados de los KPI's Operativos (DM, DF, USE, UTZ)*

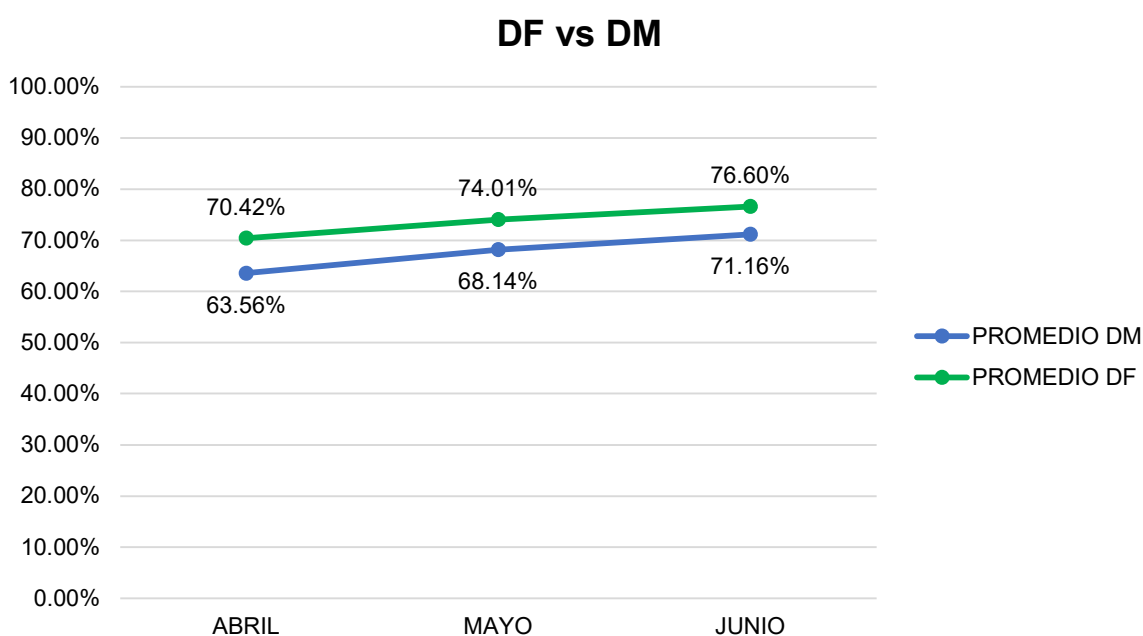
**Disponibilidad Mecánica (DM):** Con el óptimo uso del Nuevo Reporte de Trabajo Diario se obtuvo las horas de operación y las horas de mantenimiento de la flota de volquetes, luego de calcular la Disponibilidad Mecánica promedio durante los meses de estudio (Abril = 63.56%, Mayo = 68.14% y Junio = 71.16%) aplicar métodos de mejoras en conjunto con el Área de Mantenimiento y de forma gradual optimizar el porcentaje inicial; se pudo incrementar la Disponibilidad Mecánica en un 7.6% desde Abril a Junio, logrando que en promedio la flota de volquetes en los meses de Mayo y Junio estuvieran una mayor cantidad de tiempo disponibles Mecánicamente y en condiciones de operación a disposición de los Jefes de Guardia a cargo.

**Disponibilidad Física (DF):** Con la obtención del tiempo que se utiliza en actividades rutinarias poco manejables ya que forma parte de los derechos como trabajadores tales como (Refrigerio – Descanso, Capacitaciones, Parada de Seguridad, Reparto de Guardia, Inspección

de Equipos, etc.) consideradas como Demoras Programadas, se pudo calcular la Disponibilidad Física promedio mensual de la flota de volquetes y se tuvo los siguientes resultados; Abril = 70.42%, Mayo = 74.01% y Junio = 76.60%, entonces de acuerdo a estos resultados se pudo obtener un incremento porcentual del 6.18% lo cual se traduce en un uso óptimo de las demoras programadas que están dentro del alcance de la empresa y que la flota de volquetes estuvieron disponibles Físicamente un mayor tiempo en comparación del primer mes.

### Gráfico 15

Comparativa Disponibilidad Mecánica (DM) vs Disponibilidad Física (DF)



Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 15 se visualiza la relación entre ambos KPI's lo que nos muestra que la disponibilidad Física engloba a la disponibilidad Mecánica y siempre tiene que ser mayor ya que incluye Demoras Programadas que no se consideran en el cálculo de Disponibilidad Mecánica obteniéndose que en los meses de estudio hubo un incremento potencial de disponibilidad (Obteniéndose el siguiente incremento DM=7.6% y DF=6.18%) de equipos tanto Mecánica como

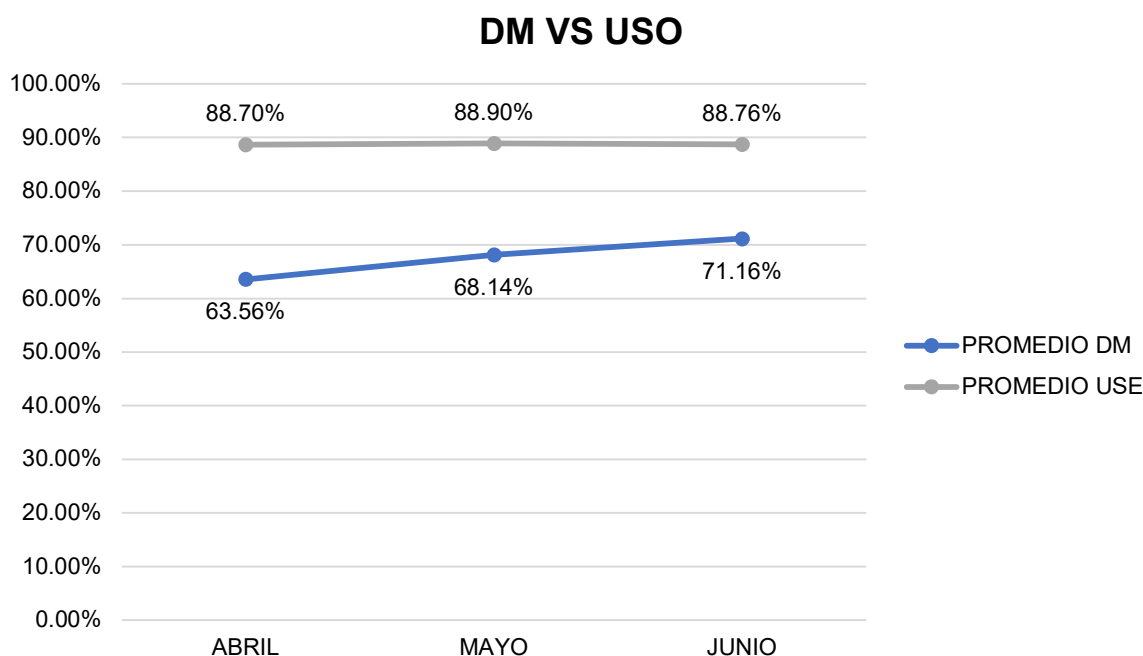


Físicamente lo cual se tendría que enlazar con el uso debido de esta disponibilidad de equipos para obtener una mejora en la Producción Mensual.

**Uso:** Durante la operación normal de la guardia existe Demoras Operativas rutinarias (Abastecimiento de Combustible, Lavado y Limpieza de equipos, Mantto de vías, etc.) que forman parte de la Operación pero consumen un porcentaje del Tiempo de Operación, entonces calculamos el porcentaje de Uso efectivo de la Disponibilidad Mecánica que se obtuvo anteriormente teniendo lo siguiente Abril =88.70%, Mayo=88.90% y Junio=88.76%, de acuerdo a estos resultados se tiene un pequeño margen de incremento en este KPI de 0.06% lo cual nos indica que los volquetes tuvieron una mayor cantidad de tiempo disponible Mecánicamente durante los meses de estudio se mantuvo casi el mismo ritmo de Uso de los volquetes por lo que se analizara con los Jefes de Guardia las causas y opciones para identificar algún tiempo mejorable y así poder incrementar este KPI dando un uso óptimo de la flota de volquetes.

### Gráfico 16

*Análisis de la Disponibilidad Mecánica (DM) vs Uso (Use)*



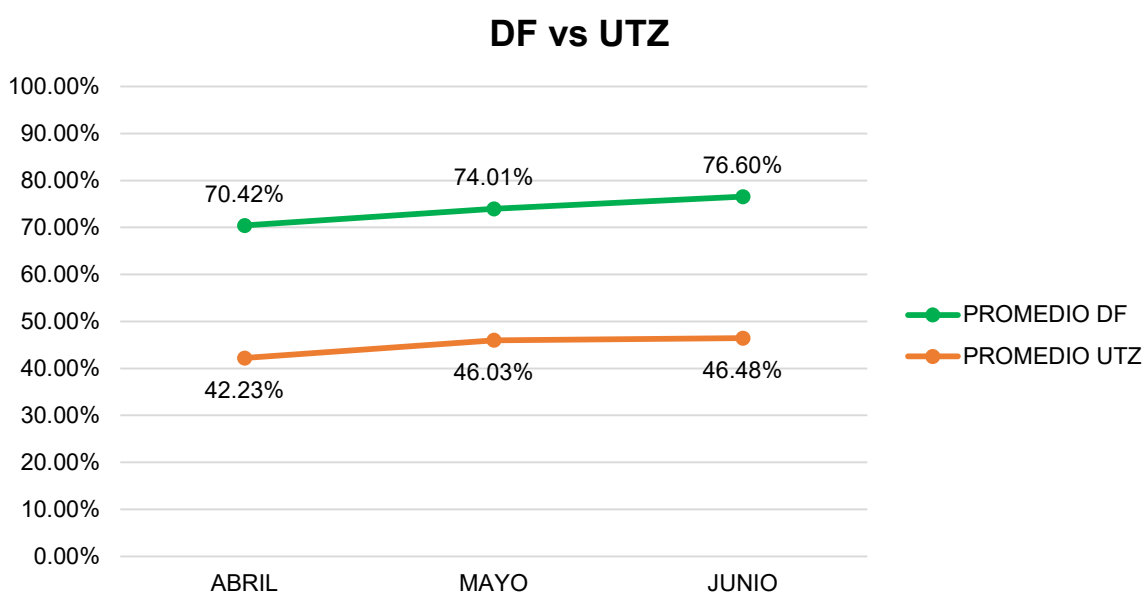
Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 16 se visualiza la relación existente entre ambos KPI's de donde podemos deducir que durante los meses de estudio se pudo identificar y mejorar algunos conceptos que influyen en la Disponibilidad Mecánica, por lo contrario, es probable que los tiempos que forman parte de las Demoras Operativas hayan sido constantes desde Abril a Junio no teniéndose un margen que nos permita incrementar potencialmente este KPI.

**Utilización:** Una vez obtenida todos los tiempos operacionales, se puede calcular el porcentaje de Utilización total en relación al tiempo total existente. Este KPI's identifica el rendimiento operacional de los Jefes de Guardia y el óptimo uso del tiempo total asignado, los resultados obtenidos son los siguientes Abril = 42.23%, Mayo = 46.03%, Junio = 46.48%; de acuerdo a estos valores se evidencia que hubo un incremento gradual de 4.25% en la Utilización de la Flota de volquetes del tiempo total existente, lo que denota que aún hay tiempos por mejorar para incrementar este valor pero al identificar estos datos gradualmente se puede ir trabajando para llegar a una Utilización óptima del tiempo total.

### Gráfico 17

*Análisis de Disponibilidad Física (DF) vs Utilización (Utz)*



Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 17 se visualiza que la Disponibilidad Física es un KPI más amplio ya que comprende el tiempo operacional real y el potencial existente, mientras que el KPI de Utilización se centra solo en el tiempo Neto de Operación Real, en el gráfico se obtuvo un mayor crecimiento de la Disponibilidad Física y en una menor escala la Utilización del tiempo total.

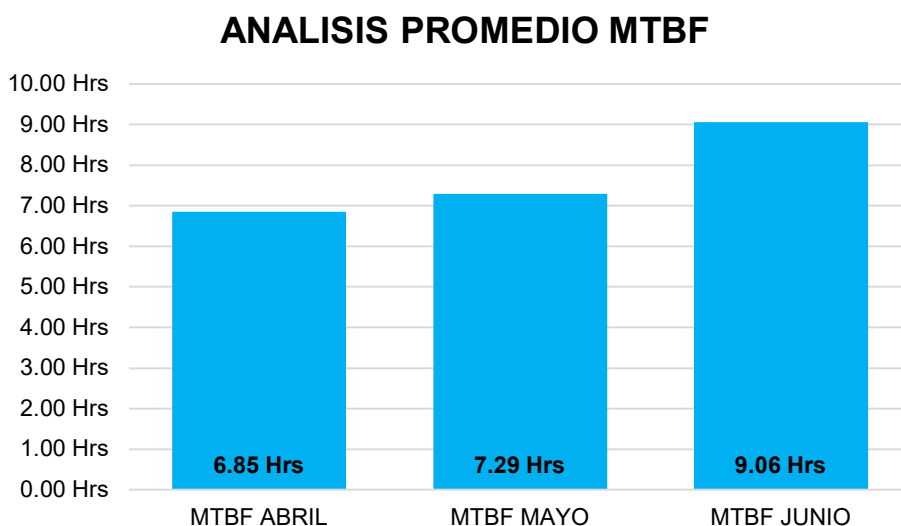
## 5.2. EVALUACION DE RESULTADOS DE LOS KPI'S DE MANTENIMIENTO

### 5.2.1. Tiempo Medio Entre Fallas o Mean Time Between Failures (MTBF)

Para determinar el Valor del Mean Time Between Failures (MTBF) o Tiempo Medio entre Fallas es la sumatoria del tiempo neto de operación y el tiempo stand by de la flota de volquetes y se divide entre la cantidad promedio de fallas, entonces se obtuvo lo siguiente Abril=6.85 Hrs, Mayo=7.29 Hrs y Junio=9.06 Hrs, de los datos obtenidos se visualiza que hubo un incremento sustancial del valor del MTBF de 2.21 Hrs desde Abril a Junio.

#### Gráfico 18

*Análisis del MTBF de la Flota de Volquetes*



Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 18 se visualiza que hubo un incremento de 2.21 Hrs en este KPI, lo que nos demuestra que los equipos se mantienen operativos durante más tiempo en promedio asociando

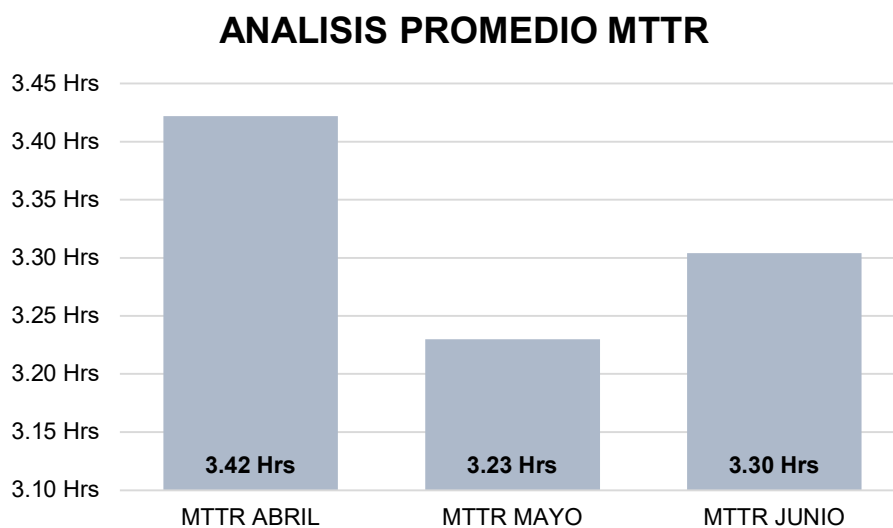
directamente en un incremento de la Disponibilidad Mecánica y Física; También influye positivamente en el KPI de Uso y Utilización ya que menos tiempo de inactividad debido a fallas implica un uso más efectivo del tiempo disponible para operar.

### 5.2.2. Tiempo Medio de Reparación o Mean Time To Repair (MTTR)

Para determinar el Valor del Mean Time To Repair (MTTR) o Tiempo Medio de Reparación se calcula dividiendo el tiempo de Demoras Mecánicas entre la cantidad promedio de fallas, entonces se obtuvo lo siguiente Abril=3.42 Hrs, Mayo=3.23 Hrs y Junio=3.30 Hrs, de los datos obtenidos se visualiza que se obtuvo una reducción de MTTR de 0.12 Hrs desde Abril a Junio.

#### Gráfico 19

*Análisis del MTTR de la Flota de Volquetes*



Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 19 se visualiza que hubo una reducción de 0.12 Hrs en promedio en este KPI, cumpliendo uno de los objetivos el cual es reducir este indicador ya que representa que en general se tuvo un mejor desempeño por parte del Área de Mantenimiento a la hora de dar solución a problemas mecánicos existentes; Entonces al obtener un MTTR bajo se asocia con

una mayor disponibilidad Física y Mecánica, un uso más eficiente y una Utilización efectiva de los volquetes, ya que las reparaciones más rápidas minimizan el tiempo de inactividad y maximizan el tiempo de operación.

### 5.3. EVALUACION DE RESULTADOS DE LOS KPI's PRODUCTIVOS

#### 5.3.1. Performance De Operadores (Viajes/Guardia)

El performance de los operadores es uno de los factores que tiene un impacto positivo en la Producción diaria y Mensual del acarreo de una operación minera. Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 44**

*Análisis del KPI de Performance de Operadores por Guardia*

<b>PROMEDIO REND. OP. (VIAJE/GD)</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>PROM/GD</b>
A	6.63 viaje/gd	5.92 viaje/gd	6.45 viaje/gd	<b>6.33 viaje/gd</b>
B	6.82 viaje/gd	6.90 viaje/gd	7.46 viaje/gd	<b>7.06 viaje/gd</b>
C	6.44 viaje/gd	7.06 viaje/gd	6.56 viaje/gd	<b>6.69 viaje/gd</b>
<b>PROMEDIO/MES (VIAJES/GD)</b>	<b>6.63 viaje/gd</b>	<b>6.62 viaje/gd</b>	<b>6.82 viaje/gd</b>	

Fuente: Elaboración Propia

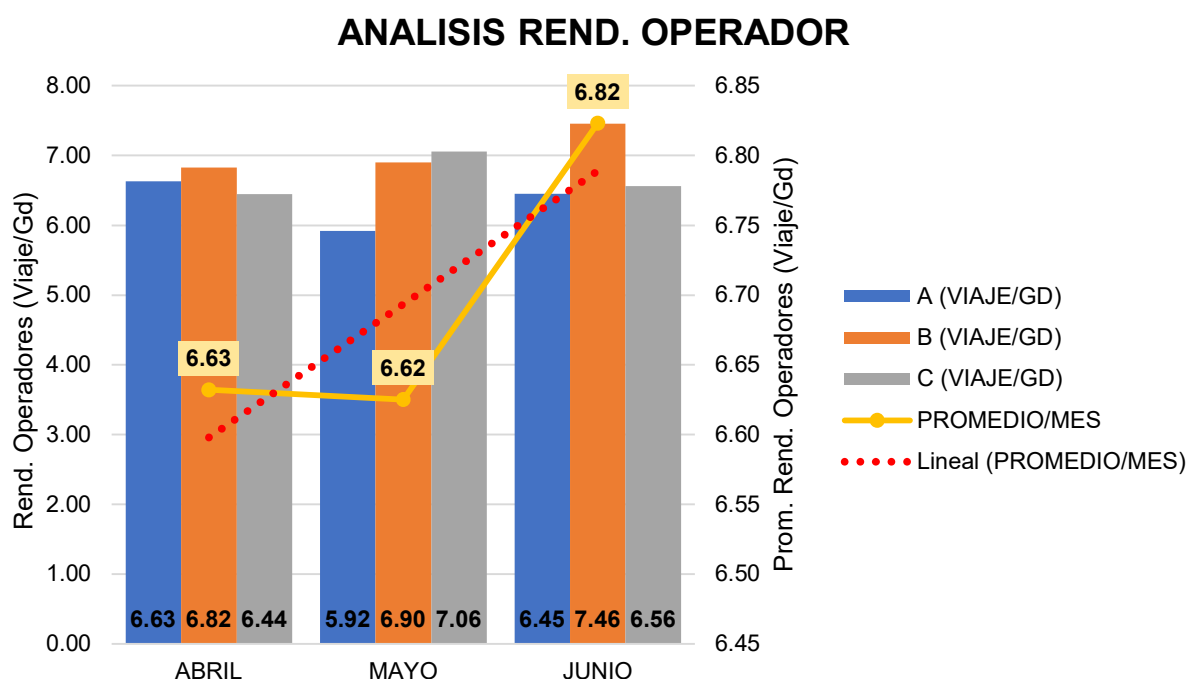
En la Tabla 44 se puede visualizar que hubo un incremento gradual de 0.19 Viajes/Guardia en promedio de Abril a Junio lo que refleja: Mayor Eficiencia en el transporte , maximizando la cantidad de mineral acarreado, así también una mejora en la capacidad de respuesta a la demanda diaria y mensual por parte del Área de Planeamiento de la Sociedad Minera el Brocal y por último una reducción de tiempos de paradas no planificadas que aumenta la disponibilidad de los volquetes y mejora la eficiencia general del acarreo.

Realizando un Análisis por guardias se puede evidenciar que la Guardia B tuvo un mejor desempeño durante el tiempo de estudio en relación a la Guardia A (Se obtuvo un valor mayor en 0.73 viajes/Gd con respecto a la Gd "A") y C (Se obtuvo un valor mayor en 0.37 Viajes/Gd con respecto a la Gd "C") entonces se buscarán los factores que intervinieron en dicho resultado, ya

sea condiciones operativas puntuales o performance especifica de algunos operadores de volquetes que no cumplen con la cantidad mínima de viajes establecidos para cumplir con el Plan de Extracción semanal por parte de Sociedad Minera el Brocal.

### Gráfico 20

Variación del KPI de Performance de Operadores Marcapunta Norte



Fuente: Elaboración Propia

El Gráfico 20 representa los datos mencionados anteriormente sobre el Performance promedio por guardia en los meses de estudio evidenciando una tendencia a la mejora en este indicador, utilizando los KPI's operativos eficientemente lo que repercute en una mayor cantidad de viajes por guardia en promedio.

#### 5.3.2. Producción por Guardia, Diaria y Mensual

Al realizar el análisis de los viajes por guardia y aplicar los KPI's operativos (DM, DF, Uso, Utilización) se puede ver reflejado en la Producción por Guardia, por Dia y Mensual obtenida en los meses de estudio los cuales nos muestran el siguiente resultado:

### 5.3.2.1. Análisis y Resultados de Rendimiento por Guardia

**Tabla 45**

*Análisis de la Producción por Guardia ejecutado*

<b>PRODUCCIÓN POR GUARDIA (TON / GUARDIA)</b>				
<b>JEFE DE GUARDIA</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>PROMEDIO</b>
GEDEON HUAMAN (A)	1938.5 TM	1946.6 TM	2083.8 TM	1989.6 TM
ROBERTO VELAZQ. (B)	2082.0 TM	2034.1 TM	2350.7 TM	2155.6 TM
HUGO VALERIO (C.)	2078.4 TM	2206.0 TM	1934.6 TM	2073.0 TM
<b>PROMEDIO PROD. GUARDIA</b>	<b>2033.0 TM</b>	<b>2062.2 TM</b>	<b>2123.0 TM</b>	

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Tabla 45 se puede evidenciar que hubo un incremento Promedio de 90 TN/Gd de Abril a Junio realizando el análisis promedio de los 3 Jefes de Guardia siendo de significancia ya que nos representa una mejora en el control de objetivos durante cada guardia de trabajo.

También se puede visualizar que el Jefe de Guardia de la Guardia "B" tuvo un mejor rendimiento promedio durante los 3 meses teniendo una diferencia con la Guardia "A" (166 TN/Gd) y con la Guardia "C" (82.6 TN/Gd) para lo cual se busca uniformizar el rendimiento de las 3 guardias para tener una mejora en conjunto como empresa.

### 5.3.2.2. Análisis y Resultados de Rendimiento por Dia (TMD)

**Tabla 46**

*Análisis de la Producción por Dia (TMD) ejecutado*

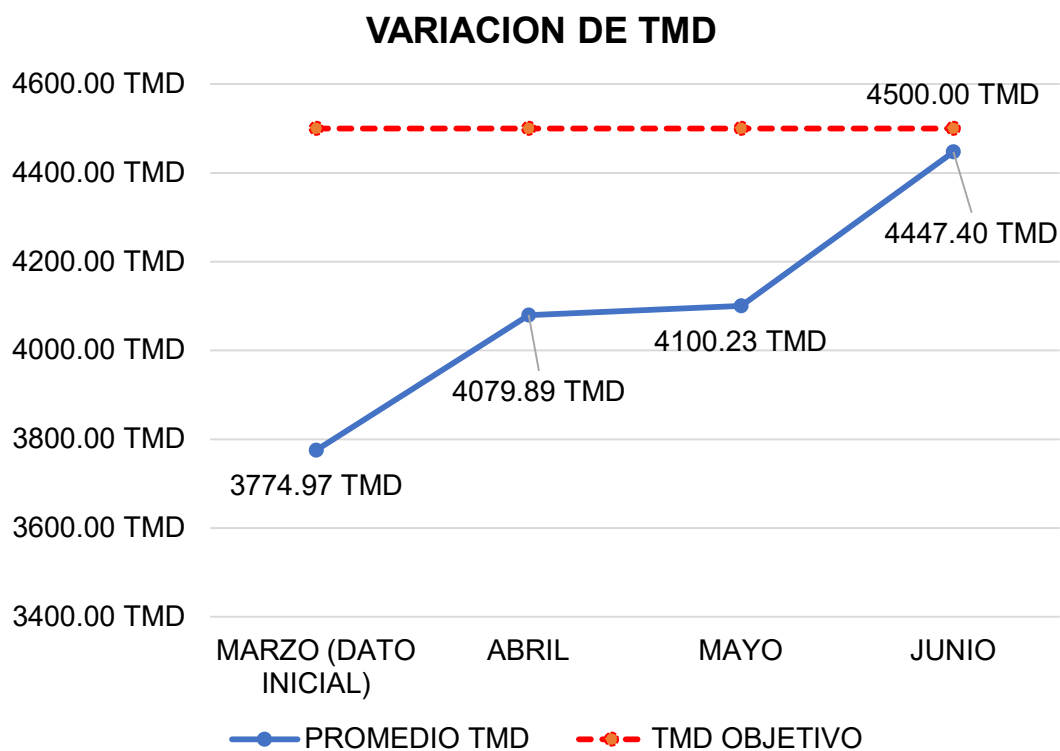
<b>MES</b>	<b>PROMEDIO TMD</b>
<b>MARZO (DATO INICIAL)</b>	3774.97 TMD
<b>ABRIL</b>	4079.89 TMD
<b>MAYO</b>	4100.23 TMD
<b>JUNIO</b>	4447.40 TMD

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Tabla 46 y con los resultados del Rendimiento por Guardia se puede determinar el Rendimiento Diario (Turno Dia y Turno Noche) ejecutados.

### Gráfico 21

Variación de las Toneladas Métricas Diarias (TMD) en el Acarreo en Marcapunta Norte



Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 21 se puede visualizar que se obtuvo un incremento en la Producción Diaria promedio de 367.51 TMD del Mes de Junio en comparación con el Mes de Abril (Mes donde se implementó el uso del Nuevo Reporte Diario de Trabajo y la determinación de los KPI's) y un total de 672.43 TMD en comparación con el Mes de Marzo donde no se contaba con los controles y determinación de estados operacionales de la Flota de Volquetes; con estos resultados podemos visualizar que estamos cercanos a cumplir con el Tonelaje Objetivo por Día (4500 TMD) requerido a extraer en la Zona de Marcapunta Norte.



### 5.3.2.3. Análisis y Resultados de Rendimiento por Mes

**Tabla 47**

*Análisis de la Producción Mensual ejecutado*

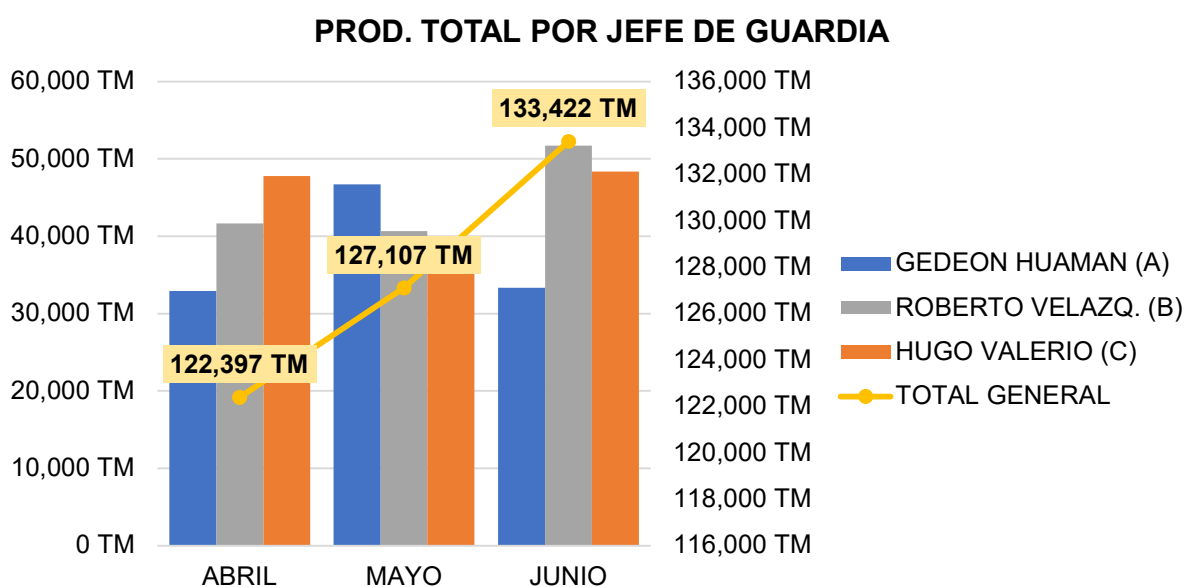
PRODUCCIÓN TOTAL (TON / MES)				
JEFE DE GUARDIA	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL PROD/JG
GEDEON HUAMAN (A)	32954.4 TM	46717.6 TM	33340.8 TM	<b>113012.80 TM</b>
ROBERTO VELAZQ. (B)	41639.2 TM	40682.4 TM	51716.128 TM	<b>134037.73 TM</b>
HUGO VALERIO (C)	47803.2 TM	39707.2 TM	48365.04 TM	<b>135875.44 TM</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>122396.8 TM</b>	<b>127107.2 TM</b>	<b>133422.0 TM</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 47 se visualiza la Producción Mensual ejecutada por los Jefes de Guardia teniendo como Guardia más Productiva a la Guardia “C” con 135 875.44 Ton siendo uno de los factores fundamentales que tuvo una mayor cantidad de guardias laboradas durante los meses de estudio y un promedio óptimo de Rendimiento por guardia, así mismo se buscara las causas por las que la Guardia “A” tuvo una Producción Total muy distinta a las Guardias “B” y “C”

**Gráfico 22**

*Análisis de la Producción Mensual - Marcapunta Norte*



Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 22 se visualiza la Producción Total por Mes ejecutado teniendo un incremento de 11 025.22 Ton del Mes de Junio al Mes de Abril.

#### 5.4. EVALUACION DE RESULTADOS DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS

**Tabla 48**

*Análisis de los Tiempos Improductivos con respecto al Tiempo Total*

	<b>HRS. IMPRODUCTIVO</b>	<b>T. HORAS TOTALES</b>	<b>% TIEMPO</b>
<b>ABRIL</b>	747.47 Hrs	16636.92 Hrs	4.5%
<b>MAYO</b>	632.38 Hrs	16611.60 Hrs	3.8%
<b>JUNIO</b>	786.38 Hrs	16388.75 Hrs	4.8%
<b>PROMEDIO</b>	<b>722.08 Hrs</b>	<b>16545.76 Hrs</b>	<b>4.4%</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 48 se evidencia que los Tiempos Improductivos durante los meses de estudio se mantienen constantes (4.4 % de las Horas Totales Promedio) ya que son Tiempos que no dependen de la empresa en optimizar así que se determinara el impacto que repercute en la Producción total de la flota de volquetes de Marcapunta Norte y así plantear una alternativa que pueda compensar este impacto.

##### 5.4.1. Impacto de horas improductivas en la Producción

**Tabla 49**

*Determinación del Rend. Horario de acuerdo a las Horas de Operación*

	<b>HORAS OPERACION</b>	<b>PROD. MENSUAL</b>	<b>TN/HR</b>
<b>ABRIL</b>	6516.23 Hrs	122396.8 TON	18.78 TN/HR
<b>MAYO</b>	6677.10 Hrs	127107.2 TON	19.04 TN/HR
<b>JUNIO</b>	7048.70 Hrs	133421.968 TON	18.93 TN/HR
<b>PROMEDIO</b>	<b>6747.34 Hrs</b>	<b>127641.99 TON</b>	<b>18.92 TN/HR</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 49 se Calcula el Rendimiento Horario calculado con las Horas Efectivas de Operación durante los meses de estudio el cual nos servirá para cuantificar la cantidad de Tonelaje que impacta estas Demoras No Programadas.

A continuación, se calcula el Tonelaje Potencial a ejecutarse si se eliminaría los Tiempos Improductivos existentes de la siguiente manera:

$$X (TON) = Rendimiento Horario \times Cant. de Horas Improductivas$$

$$X (TON) = 18.92 \frac{Ton}{Hrs} \times 722.08 Hrs = 13\ 654.44 Ton$$

**Tabla 50**

*Tonelaje que representa la cantidad de Horas Improductivas por Mes*

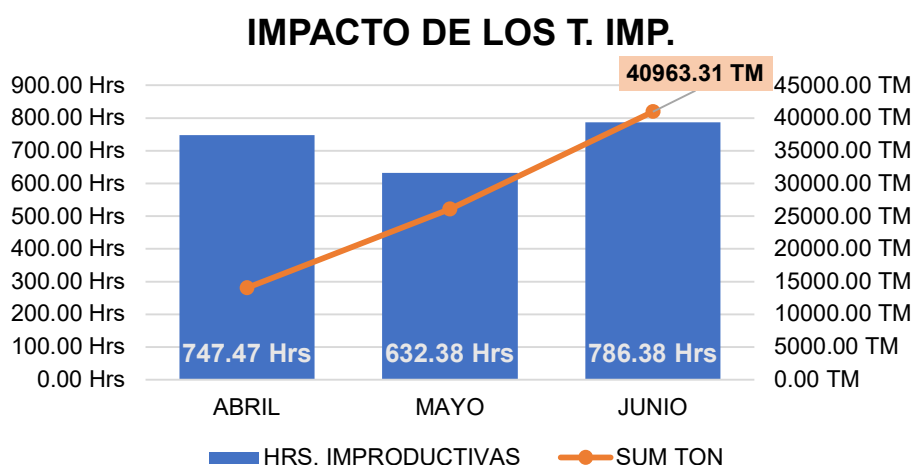
	TN/HR	HRS. IMPRODUCTIVAS	X (TON, T. IMPRODUCTIVO)
<b>ABRIL</b>	18.78 TN/HR	747.47 Hrs	14039.95 TM
<b>MAYO</b>	19.04 TN/HR	632.38 Hrs	12038.23 TM
<b>JUNIO</b>	18.93 TN/HR	786.38 Hrs	14885.13 TM
<b>PROMEDIO</b>	<b>18.92 TN/HR</b>	<b>722.08 Hrs</b>	<b>13654.44 TM</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 50 se tiene que en las 722.08 Hrs promedio por Mes que se obtuvo de Tiempo Improductivo y con un Rendimiento Horario de 18.92 Tn/Hr se dejó de Producir un aprox. de 13 654.44 Ton/Mes; obteniéndose un Total de 40 963.31 Ton. Potenciales (Gráfico 23) en los 3 meses de estudio lo cual afecta directamente a la Producción Total obtenida.

**Gráfico 23**

*Variación del Impacto de los Tiempos Improductivos en el Acarreo de Mineral MKPN*



Fuente: Elaboración Propia

## 5.5. EVALUACION DE RESULTADOS DEL DEL RENDIMIENTO Y EL ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL SISTEMA DE ACARREO

### 5.5.1. Para Volúmenes acarreados Int. Mina con una $D < 1\text{Km}$

**Tabla 51**

*Resultados de Rendimiento y Costo Unitario Finales para  $D < 1\text{Km}$*

DESCRIPCION	ACTUAL	REPLANTEO	VARIACIÓN
<b>RENDIMIENTO / GUARDIA (TEORICO)</b>	334.71 Ton/Gd	308.81 Ton/Gd	-25.91 Ton/Gd
<b>COSTO UNITARIO (CONTRATO)</b>	1.55 \$/TM-Km	1.66 \$/TM-Km	0.11 \$/TM-Km

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 51 se visualiza que el Rendimiento por guardia Teórico de acuerdo a las condiciones operativas es menor al inicial (Diferencia de -25.91 Ton/Gd para Distancias de hasta 1Km) ya que los tiempos improductivos interfieren en la ventana horaria disponible para operar; entonces es necesario actualizar este valor en el Análisis de Costo Unitario.

Como siguiente dato se tiene el Análisis de Costo Unitario inicial que no contempla los tiempos improductivos, entonces para dichos cálculos se utiliza el nuevo rendimiento calculado con el cual se obtiene un Costo Unitario acorde a las condiciones operativas existentes, teniendo un incremento de 0.11 \$/TM-Km para Distancias de hasta 1Km

### 5.5.2. Para Volúmenes acarreados Int. Mina con una $D > 1\text{Km}$

**Tabla 52**

*Resultados de Rendimiento y Costo Unitario Finales para  $D > 1\text{Km}$*

DESCRIPCION	ACTUAL	REPLANTEO	VARIACIÓN
<b>RENDIMIENTO / GUARDIA (TEORICO)</b>	854.61 Ton/Gd	788.47 Ton/Gd	-66.14 Ton/Gd
<b>COSTO UNITARIO (CONTRATO)</b>	0.51 \$/TM-Km	0.55 \$/TM-Km	0.04 \$/TM-Km

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 52 se visualiza que el Rendimiento por guardia de acuerdo a las condiciones operativas es menor al inicial (Diferencia de -66.14 Ton/Gd para Distancias > 1Km) en este cálculo también se actualiza el Rendimiento por guardia.

Como siguiente dato se tiene que el Análisis de Costo Unitario inicial no contempla los tiempos improductivos, entonces para dichos cálculos se utiliza el nuevo rendimiento calculado con el cual se obtiene un Costo Unitario acorde a las condiciones operativas existentes, teniendo un incremento de 0.04 \$/TM-Km para Distancias > 1Km.

Tabla 53

Resumen Comparativo de los Resultados de la Investigación

	TIPO	INDICADOR	ANTERIOR	OPTIMIZADO	DIFERENCIA	VARIACIÓN PORCENTUAL
<b>PLAN DE CONTROL DE FLOTA DE VOLQUETES EN LA MINA MARCAPUNTA</b>	Performance Operadores	Rendimiento de Operadores	6.63 Viajes/Gd	6.82 Viajes/Gd	0.19 Viajes/Gd	2.87%
	Rendimiento de Acarreo	Rendimiento Guardia	2033.00 TM	2123.00 TM	90.00 TM	4.43%
		Rendimiento Diaria	4079.89 TMD	4447.40 TMD	367.51 TMD	9.01%
		Rendimiento Mensual	122396.80 TM	133422.00 TM	11025.20 TM	9.01%
	KPI's Operativos	Disponibilidad Mecánica	63.56%	71.16%	7.60%	11.96%
		Disponibilidad Física	70.42%	76.60%	6.18%	8.78%
		Uso	88.70%	88.76%	0.06%	0.07%
		Utilización	42.23%	46.48%	4.25%	10.06%
	KPI's Mantenimiento	MTBF	6.85 Hrs	9.06 Hrs	2.21 Hrs	32.21%
		MTTR	3.42 Hrs	3.30 Hrs	-0.12 Hrs	-3.51%
	D < 1Km	Rendimiento Teórico	334.71 Ton/Gd	308.81 Ton/Gd	-25.90 Ton/Gd	-7.74%
		Costo Unitario	1.55 \$/TM-Km	1.66 \$/TM-Km	0.11 \$/TM-Km	7.10%
	D > 1Km	Rendimiento Teórico	854.61 Ton/Gd	788.47 Ton/Gd	-66.14 Ton/Gd	-7.74%
		Costo Unitario	0.51 \$/TM-Km	0.55 \$/TM-Km	0.04 \$/TM-Km	7.84%

Fuente: Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

1. La aplicación del Plan de Control de la flota de volquetes dio como resultado la optimización del Sistema de acarreo, identificándose que en un inicio no se contaba con información relacionada al Rendimiento y luego de la aplicación del Plan se pudo obtener un Performance de Viajes de Volquete de 6.82 Viajes/Gd repercutiendo directamente en la Producción de acarreo por guardia obteniendo 2123 TM/Gd y de Producción de acarreo mensual de 133422 TM
2. Los métodos de control utilizados fueron el uso de los Indicadores de Rendimiento o KPI's Operativos los cuales a un inicio no había determinado por falta de información obteniendo una Disponibilidad Mecánica (DM) de 71.16% en la Disponibilidad Física (DF) se obtuvo 76.60%; en el Uso (Use) se obtuvo 88.76% y en la Utilización (Utz) se obtuvo 46.48% y en los KPI's de Mantenimiento como el Tiempo medio entre falla (MTBF) se obtuvo 9.06 Hrs y en el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) se obtuvo 3.30 Hrs.
3. Con el uso del Formato de Reporte de Trabajo actualizado se identificó el Tiempo Improductivo existente promedio mensual (722.08 Hrs/Mes) siendo un 4.4 % del Tiempo Total, cuantificando su influencia en la Producción Mensual obteniendo que en Promedio Mensual representa un promedio de 13654.44 Ton/Mes entonces durante los 3 meses siendo un total de 40963.31 Toneladas.
4. De acuerdo a las condiciones actuales se obtuvo lo siguiente:
  - Para Volúmenes acarreados con Distancias de hasta 1Km se obtuvo un Rendimiento Teórico de 308.81 Ton/Gd (debido a la reducción de la ventana horaria disponible por los tiempos improductivos) y en consecuencia se obtuvo un Costo Unitario de 1.66 \$/TM-Km.
  - Para Volúmenes acarreados con Distancias de > 1Km se obtuvo un Rendimiento Teórico de 788.47 Ton/Gd (debido a la reducción de la ventana horaria disponible por los tiempos improductivos) y en consecuencia se obtuvo un Costo Unitario de 0.55 \$/TM-Km para esta partida.

## RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos es recomendable aplicar una estructura más detallada del Plan de Control de Flota de Volquetes en conjunto con los Jefes de Guardia, Oficina de Productividad y operadores de volquetes ya que su mejora facilita una buena toma de decisiones y ejecutado en el tiempo oportuno puede generar mayor cantidad de Producción y por ende Ingreso en la Valorizaciones Mensuales.
2. Se sugiere aplicar verificaciones periódicas en campo en los controles de la flota de volquetes (Como el uso de los KPI's Operativos y KPI's de Mantenimiento) ya que un uso óptimo de estos datos permitirá discernir las Guardia más productivas y poder dar mayor énfasis a las guardias de los que no lleguen al Promedio Mínimo Productivo determinando las causas que interfieran con el objetivo y aplicando la mejora continua.
3. Se sugiere identificar de Tiempos Improductivos con herramientas tecnológicas como la implementación de GPS y evidenciar de manera verídica estas demoras ya que son datos (Tiempo) que no depende de la empresa su optimización y así evidenciar que existe reducción de la ventana horaria disponible en el análisis de costo unitario para luego cuantificar el impacto que genera en la producción diaria y mensual.
4. Se recomienda que la supervisión este en constante comunicación con la empresa que ejecuta el carguío de mineral y gestionar la reducción o eliminación de estos tiempos improductivos ya que de su eficiencia depende el Rendimiento de ejecución de la flota de volquetes, como una solución temporal se realiza el Replanteo de Análisis de Costos Unitarios para esta actividad.



## BIBLIOGRAFIA

- Aquino, P. (2017). Impactos Ambientales y Sociales en Minería y Metalurgia. *Experiencias, Lecciones aprendidas y desafíos*.
- Bahamóndez, M. (2017). *"Implementacion Sistema de Gestion para reduccion de costos optimizando el desempeño por componente en equipos mineros."*. Santiago de Chile: UdeChile.
- Baldeón, Z. (2011). *"Gestion en las Operaciones de Transporte y Acarreo para el Incremento de la Productividad en Cia. Minera Condestable S.A."*. Lima: PUCP.
- CAMIPER. (2017). *Terminos basicos mineros*. Lima: Camara minero del Perú.
- Castillo, L. (2019). *El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo*. Bogotá D.C. - Colombia: U. Militar Nueva Granada.
- CETEMIN. (2014). *Metodos de Explotacion Minera*. Lima: Centro Tecnologico Minero del Perú.
- Chura, W. (2019). *" Propuesta de un plan de control de utilización para flotas de acarreo de una mina a tajo abierto"*. Arequipa: UC.
- Contreras, O. (2018). *Control de Operaciones Mineras*. Cusco: UNSAAC.
- Cuellar, D. (2017). *"Elaboracion del Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad para Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco - 2017"*. Cerro de Pasco: UAP.
- Cueva, V. (2022). *"Control de tiempos improductivos mediante el modelo de regresión lineal para mejorar la productividad en el proceso de acarreo en la empresa OPEMIP S.A.C. – U.M. San Rafael"*. Arequipa: UTP.

- Cuti, J. (2019). *"Determinación de indicadores de rendimiento en equipos de carguío, acarreo y transporte para mejorar la productividad en mina Chipmo, U.E.A. Orcopampa de Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. Arequipa"*. Cusco: UNSAAC.
- Dammers, M., Barnewold, L., & Merchiers, A. (2019). Development of an Underground Haulage System Evaluation Tool for Feasibility Studies. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 487-494.
- Gackowicz, P., Podobińska-Staniec, M., Brzychczy, E., Kühnbach, C., & Özver, T. (2020). Review of Key Performance Indicators for Process Monitoring in the Mining Industry. *Energies* 2020, 20.
- Galindo, E. (2022). *"Análisis de la Confiabilidad de la Chancadora de Mandibulas SANVIK CJ412 para el incremento de la Disponibilidad Operacional, Sociedad Minera El Brocal - 2020"*. Callao: UNC.
- González, V. (2018). *"Modelo evaluativo para el cálculo de flota de equipos de carguío y transporte en Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi"*. Santiago de Chile: UChile.
- Gustafson, A. (2011). *Automation of load haul dump machines*. Suecia: Luleå University of Technology .
- Hartman, H. (1992). *SME mining engineering handbook (Vol. 2)*. Denver: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Hernández Sanpieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Interamericana Editores.
- Hernandez, C. (2022). *"Análisis de una estructura de costos y precios unitarios (APU) para la obra mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento del centro"*

- poblado de Santa Rosa de Masisea, distrito de Masisea, provincia de Coronel Portillo-Ucayali".* Lima: UNI.
- Huaroc, P. M. (2014). *"Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E. M. Upkar Mining S.A.C."*. Huancayo: UNCP.
- IGME. (1987). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Lopez, V. (2003). *Fundamentos para la explotación de minas*. México: UNAM.
- Mallqui, Y. (2019). *"Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos en Sub Level Stopping para incrementar la productividad en mina Marcapunta Sur de Sociedad Minera El Brocal S.A.A."*. UNCP.
- MS4M-I. (2019). *Entrenamiento Supervisores: Sistema Control Sense*. Cajamarca: Mine Sense for Miners.
- MS4M-II. (2019). *Estados, Parametros y productividad*. Cajamarca: Mine Sense for Miners.
- Ñaupas Paitan, H., Mejia, E., Novoa, E., & Villagomez, A. (2014). *Metodología de la Investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogota: Ediciones de la U.
- Ortiz, F., & Herrera, J. (2002). *Curso de Laboreo I*. Madrid: UPM.
- Park, S., & Choi, Y. (2022). Development of Work Report for Evaluating KPIs of Truck Haulage Operation in Open Pit and Underground Mines. *Tunnel and Underground Space*, 327-343.

Radson, D., & Boyd, A. (1997). The pareto principle and rate analysis. *Quality Engineering*, 223-229.

Sarmiento, J. C. (2004). *Domos de Lava relacionados a la diatrema principal en el centro volcanico Marcapunta, Distrito Minero de Colquijirca - Perú Central*. UNSAAC.

SMEB. (2013). Circuito de Chancado Actual - SMEB. *Programa de Ampliaciones de Operaciones PERUMIN*.

SMEB, M. A. (2022). *Memorial Anual Integrada*.

Vargas, E. (2015). *Ventilacion de Minas*. Chile: SERNAGEOMIN.

## ANEXOS

## ANEXO 01A: DISTRIBUCIÓN DE ESTADOS OPERACIONALES MAYO (HORAS)

	CoMT	OT	DT	DT	RT	SbT	TT
EQUIPO	DEMORA MECANICA	DEMORA NO PROGRAMADA	DEMORA OPERATIVA	DEMORA PROGRAMADA	OPERACIÓN	STAND BY	Total general
CV-05	140.15	37.07	35.17	119.67	● 340.95	9.00	● 682.00
CV-06	84.13	43.67	44.13	126.97	● 394.10		● 693.00
CV-08	149.67	23.25	37.55	124.42	● 342.12	5.00	● 682.00
CV-10	99.18	32.83	46.12	119.78	● 354.67	10.00	● 662.58
CV-11	138.27	20.42	39.20	119.83	● 335.12	7.17	● 660.00
CV-125	86.88	38.10	42.17	110.98	● 329.60	14.27	● 622.00
CV-57	101.55	39.55	52.53	113.17	● 352.70	21.25	● 680.75
CV-58	200.68	19.85	36.80	119.77	● 293.90		● 671.00
CV-60	104.30	44.12	48.08	117.30	● 360.62	6.58	● 681.00
CV-63	85.05	18.92	45.98	109.08	● 399.55	10.67	● 669.25
CV-64	134.68	23.27	47.20	117.02	● 358.58		● 680.75
CV-68	135.35	37.55	37.47	107.02	● 289.43	9.00	● 615.82
CV-69	158.72	30.82	41.83	111.07	● 272.22	18.08	● 632.73
CV-70	152.47	33.52	40.83	122.12	● 297.03	13.50	● 659.47
CV-72	96.00	38.72	49.07	110.97	● 382.25	5.00	● 682.00
CV-74	192.82	14.77	38.48	121.48	● 292.45		● 660.00
<b>TOTAL</b>	<b>2059.90</b>	<b>496.40</b>	<b>682.62</b>	<b>1870.63</b>	<b>5395.28</b>	<b>129.52</b>	<b>10634.35</b>

	CoMT	OT	DT	DT	RT	SbT	TT
EQUIPO	DEMORA MECANICA	DEMORA NO PROGRAMADA	DEMORA OPERATIVA	DEMORA PROGRAMADA	OPERACIÓN	STAND BY	Total general
CV-61	383.10	18.17	13.23	119.45	● 127.88	8.17	● 670.00
CV-62	278.35	12.15	30.78	121.35	● 227.10	10.20	● 679.93
CV-66	219.57	29.78	33.58	119.78	● 249.95	14.00	● 666.67
CV-67	306.50	15.33	23.92	117.67	● 190.97	4.50	● 658.88
CV-71	233.22	24.38	22.08	115.93	● 236.30	6.08	● 638.00
<b>TOTAL</b>	<b>1420.73</b>	<b>99.82</b>	<b>123.60</b>	<b>594.18</b>	<b>1032.20</b>	<b>42.95</b>	<b>3313.48</b>

	CoMT	OT	DT	DT	RT	SbT	TT
EQUIPO	DEMORA MECANICA	DEMORA NO PROGRAMADA	DEMORA OPERATIVA	DEMORA PROGRAMADA	OPERACIÓN	STAND BY	Total general
CV-09	428.22	17.58	4.98	115.47	● 57.10	14.67	● 638.02
CV-36					● 1.75		● 1.75
CV-59	542.00		2.00	123.75	● 14.25		● 682.00
CV-65	402.50	15.60	11.53	116.63	● 111.32	2.42	● 660.00
CV-73	477.20	2.98	11.20	122.42	● 65.20	3.00	● 682.00
<b>TOTAL</b>	<b>1849.92</b>	<b>36.17</b>	<b>29.72</b>	<b>478.27</b>	<b>249.62</b>	<b>20.08</b>	<b>2663.77</b>

## ANEXO 01B: DISTRIBUCIÓN DE ESTADOS OPERACIONALES JUNIO (HORAS)

					> 250		
EQUIPO	CoMT DEMORA MECANIC A	OT DEMORA NO PROGRAMA	DT DEMORA OPERATI VA	DT DEMORA PROGRAMA DA	RT OPERACIÓ N	SbT STAND BY	TT Total general
CV-05	140.15	37.07	35.17	119.67	340.95	9.00	682.00
CV-06	84.13	43.67	44.13	126.97	394.10		693.00
CV-08	149.67	23.25	37.55	124.42	342.12	5.00	682.00
CV-10	99.18	32.83	46.12	119.78	354.67	10.00	662.58
CV-11	138.27	20.42	39.20	119.83	335.12	7.17	660.00
CV-125	86.88	38.10	42.17	110.98	329.60	14.27	622.00
CV-57	101.55	39.55	52.53	113.17	352.70	21.25	680.75
CV-58	200.68	19.85	36.80	119.77	293.90		671.00
CV-60	104.30	44.12	48.08	117.30	360.62	6.58	681.00
CV-63	85.05	18.92	45.98	109.08	399.55	10.67	669.25
CV-64	134.68	23.27	47.20	117.02	358.58		680.75
CV-68	135.35	37.55	37.47	107.02	289.43	9.00	615.82
CV-69	158.72	30.82	41.83	111.07	272.22	18.08	632.73
CV-70	152.47	33.52	40.83	122.12	297.03	13.50	659.47
CV-72	96.00	38.72	49.07	110.97	382.25	5.00	682.00
CV-74	192.82	14.77	38.48	121.48	292.45		660.00
<b>TOTAL</b>	<b>2059.90</b>	<b>496.40</b>	<b>682.62</b>	<b>1870.63</b>	<b>5395.28</b>	<b>129.52</b>	<b>10634.35</b>

					120 - 250		
EQUIPO	CoMT DEMORA MECANIC A	OT DEMORA NO PROGRAMA	DT DEMORA OPERATI VA	DT DEMORA PROGRAMA DA	RT OPERACIÓ N	SbT STAND BY	TT Total general
CV-61	383.10	18.17	13.23	119.45	127.88	8.17	670.00
CV-62	278.35	12.15	30.78	121.35	227.10	10.20	679.93
CV-66	219.57	29.78	33.58	119.78	249.95	14.00	666.67
CV-67	306.50	15.33	23.92	117.67	190.97	4.50	658.88
CV-71	233.22	24.38	22.08	115.93	236.30	6.08	638.00
<b>TOTAL</b>	<b>1420.73</b>	<b>99.82</b>	<b>123.60</b>	<b>594.18</b>	<b>1032.20</b>	<b>42.95</b>	<b>3313.48</b>

					< 120		
EQUIPO	CoMT DEMORA MECANIC A	OT DEMORA NO PROGRAMA	DT DEMORA OPERATI VA	DT DEMORA PROGRAMA DA	RT OPERACIÓ N	SbT STAND BY	TT Total general
CV-09	428.22	17.58	4.98	115.47	57.10	14.67	638.02
CV-36					1.75		1.75
CV-59	542.00		2.00	123.75	14.25		682.00
CV-65	402.50	15.60	11.53	116.63	111.32	2.42	660.00
CV-73	477.20	2.98	11.20	122.42	65.20	3.00	682.00
<b>TOTAL</b>	<b>1849.92</b>	<b>36.17</b>	<b>29.72</b>	<b>478.27</b>	<b>249.62</b>	<b>20.08</b>	<b>2663.77</b>

**ANEXO 01C: PRODUCCIÓN DIARIA POR JEFE DE GUARDIA MES DE MAYO - MKPN**

<b>FECHA</b>	<b>GEDEON HUAMAN (A) - TM</b>	<b>HUGO VALERIO (C) - TM</b>	<b>ROBERTO VELAZQ. (B) - TM</b>	<b>TMD MAYO</b>	<b>ACUM TMD</b>
25/04/2022	1729.6	2612.8		4342.4	4342.4
26/04/2022	552.0	2336.8		2888.8	7231.2
27/04/2022	1472.0	2631.2		4103.2	11334.4
28/04/2022	2373.6	2576.0		4949.6	16284
29/04/2022	2097.6		1012.0	3109.6	19393.6
30/04/2022	2079.2		2484.0	4563.2	23956.8
1/05/2022	2171.2		2244.8	4416.0	28372.8
2/05/2022	1950.4		2373.6	4324.0	32696.8
3/05/2022	2465.6		1729.6	4195.2	36892
4/05/2022	1932.0		2024.0	3956.0	40848
5/05/2022	2502.4		2263.2	4765.6	45613.6
6/05/2022		1876.8	1987.2	3864.0	49477.6
7/05/2022		1895.2	2208.0	4103.2	53580.8
8/05/2022		2005.6	2116.0	4121.6	57702.4
9/05/2022		2024.0	1950.4	3974.4	61676.8
10/05/2022		2079.2	2024.0	4103.2	65780
11/05/2022		2134.4	2171.2	4305.6	70085.6
12/05/2022		2226.4	1821.6	4048.0	74133.6
13/05/2022	1600.8	2152.8		3753.6	77887.2
14/05/2022	1968.8	2152.8		4121.6	82008.8
15/05/2022	2226.4	2134.4		4360.8	86369.6
16/05/2022	1840.0	2244.8		4084.8	90454.4
17/05/2022	2079.2	2097.6		4176.8	94631.2
18/05/2022	1472.0	2263.2		3735.2	98366.4
19/05/2022	1968.8	2263.2		4232.0	102598.4
20/05/2022	2024.0		2373.6	4397.6	106996
21/05/2022	2336.8		2097.6	4434.4	111430.4
22/05/2022	2097.6		2116.0	4213.6	115644
23/05/2022	2042.4		2079.2	4121.6	119765.6
24/05/2022	1711.2		1784.8	3496.0	123261.6
25/05/2022	2024.0		1821.6	3845.6	127107.2
<b>TOTAL</b>	<b>46717.6</b>	<b>39707.2</b>	<b>40682.4</b>	<b>127107.2</b>	

**ANEXO 01D: PRODUCCIÓN DIARIA POR JEFE DE GUARDIA MES DE JUNIO - MKPN**

<b>FECHA</b>	<b>GEDEON HUAMAN (A) - TM</b>	<b>HUGO VALERIO (C) - TM</b>	<b>ROBERTO VELAZQ. (B) - TM</b>	<b>TMD JUNIO</b>	<b>ACUM TMD</b>
26/05/2022	1766.4		1711.2	3477.6	3477.6
27/05/2022		1781.5	2032.9	3814.4	7291.992
28/05/2022		1963.5	2045.7	4009.2	11301.17
29/05/2022		2079.2	1968.8	4048.0	15349.17
30/05/2022		2281.6	2079.2	4360.8	19709.97
31/05/2022		2300.0	2208.0	4508.0	24217.97
1/06/2022		1932.0	2024.0	3956.0	28173.97
2/06/2022		2392.0	1895.2	4287.2	32461.17
3/06/2022	1876.8	2300.0		4176.8	36637.97
4/06/2022	2171.2	2392.0		4563.2	41201.17
5/06/2022	1895.2	2300.0		4195.2	45396.37
6/06/2022	1950.4	2171.2		4121.6	49517.97
7/06/2022	2005.6	2189.6		4195.2	53713.17
8/06/2022	1784.8	2226.4		4011.2	57724.37
9/06/2022	2244.8	2373.6		4618.4	62342.77
10/06/2022	2815.2	128.8	2723.2	5667.2	68009.97
11/06/2022	3036.0		3128.0	6164.0	74173.97
12/06/2022	2079.2		3128.0	5207.2	79381.17
13/06/2022	2318.4		2447.2	4765.6	84146.77
14/06/2022	2042.4	110.4	1932.0	4084.8	88231.57
15/06/2022	2079.2	128.8	1913.6	4121.6	92353.17
16/06/2022	2005.6		1950.4	3956.0	96309.17
17/06/2022		2263.2	2944.0	5207.2	101516.4
18/06/2022		2244.8	2796.8	5041.6	106558
19/06/2022		2557.6	2373.6	4931.2	111489.2
20/06/2022		1968.8	2465.6	4434.4	115923.6
21/06/2022		2263.2	2888.8	5152.0	121075.6
22/06/2022		1656.0	2576.0	4232.0	125307.6
23/06/2022		2318.4	2484.0	4802.4	130110
24/06/2022	1269.6	2042.4		3312.0	133422
<b>TOTAL</b>	<b>33340.8</b>	<b>48365.0</b>	<b>51716.1</b>	<b>133422.0</b>	





ANEXO 2B: FORMATO DEL REPORTE DIARIO DE TRABAJO NUEVO

**E. SMELTER S.A.**  
Minería y Construcción

### REPORTE DIARIO VOLQUETES SUBTERRÁNEO

ZONA: MKPN MKPS

RELLENO: DIA NOCHE

TURNOS: RELLENO NOCHE

OPERADOR: SEANA FUJETA MAND

FECHA: 20/04/22 GUARDIA: N.E.

SUPERVISOR: ING. ALFREDO HUAYLLA

N° EQUIPO: C6L-324

ITEM	ACTIVIDAD	TIPO DE MATERIAL	HORA		NIVEL	ORIGEN		LABOR TAJO	DESTINO		ZONA - NIVEL TAJO	N° VIAJES	PESAJE	
			INICIAL	FINAL		ORIGEN	LABOR TAJO		ORIGEN	LABOR TAJO			P. BRUTO	P. TARA
1	102		11:25	12:05	COMPTON	COMPTON			COMPTON		07			
2	203		12:05	13:05	COMPTON	COMPTON			COMPTON		01			
3	103		13:05	13:32	COMPTON	COMPTON			COMPTON		01			
4	102		13:32	14:15	COMPTON	COMPTON			COMPTON		01			
5	103		14:15	14:48	COMPTON	COMPTON			COMPTON		01			
6	102		14:48	15:20	COMPTON	COMPTON			COMPTON		01			
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
TOTAL VIAJES														

ACTIVIDADES OPERATIVAS

100 Transporte de Mineral

101 Transporte de Desmonte

102 Transporte de Agregados/Otros

103 Trailado de Equipo a labor

110 Otros Trabajos en Labor

DEMORAS OPERATIVAS 1

200 Inspección de Equipos

201 Reparo de Guardia

202 Capacitación - Parada de Seguridad

203 Refrigerio - Descanso Nocturno

204 Lavado y limpieza de Equipos

205 Abastecimiento de Combust.

206 Monitoreo de Gases

DEMORAS OPERATIVAS 2

300 Esperando Orden de trabajo

301 Incidente - Accidente

302 Labor sin condiciones

303 Instalación de Manguas, Bombas, etc

304 Falta Ventilación

305 Mantto de Vias

306 Esperando equipo de Carguo Scoop

307 Tiempo en Cola Carguo-Descarguo

308 Trafico en la Via

310 Otras Demoras Operativas

DEMORAS MECÁNICAS

400 Falla Mecánica

401 Falla Eléctrica

402 Neumáticos

403 Mantenimiento Programado

410 Otras Demoras No Operativas

OBSERVACIONES:

OPERADOR

*[Signature]*

JEFE DE GUARDIA

SUPERVISOR SMEB

ECOs: Escódero  
M1- Marginal 1  
M2- Marginal 2  
M4- Marginal 4

Pe- Zarfeno, Zinc  
0 = Otros



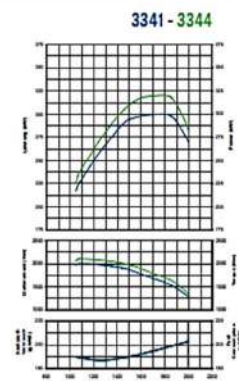
## ANEXO 2C: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS - MERCEDES BENZ ACTROS 3344K EURO 5

**ACTROS****3341 K 36 - 3344 K 36 - 3341S 36****BLUETEC 5****Motor**

	<i>Actros 3341 K 36</i>	<i>Actros 3344 K 36</i>	<i>Actros 3341S 36</i>
Modelo	MB OM 501 LA BlueTec 5, 6 cilindros en V, Euro 5		
Tipo	Inyección electrónica		
Cilindrada	11.950 cm <sup>3</sup>		
Potencia máxima (ISO 1585)	408 cv / 1.800 rpm	435 cv / 1.800 rpm	408 cv / 1.800 rpm
Par motor máximo (ISO 1585)	2000 Nm / 1.080 rpm	2100 Nm / 1.080 rpm	2000 Nm / 1.080 rpm
Consumo específico	184 gr/kwh a 1200 rpm		

**Transmisión**

	<i>Actros 3341 K 36</i>	<i>Actros 3344 K 36</i>	<i>Actros 3341S 36</i>
Caja de cambios	MB G 240 - 16 Mercedes con mando Telligent 2 (Semi automatizada)		
Marchas	16		
Relaciones Primera/Última/Reversa	11,72 / 0,69 / 10,66		
Embrague	Monodisco, diámetro 430 mm		
Toma de Fuerza	MB 131-2c		

**Ejes**

	<i>Actros 3341 K 36</i>	<i>Actros 3344 K 36</i>	<i>Actros 3341S 36</i>
Eje delantero	MB VL4/50 D - 7,5		
1º eje trasero	MB HD7 / 055DCGS-13 c/bloqueo		
2º eje trasero	MB HL7 / 055 DCS - 13 c/bloqueo		
Reducciones	i = 6,00		

**Desempeño del vehículo**

	<i>Actros 3341 K 36</i>	<i>Actros 3344 K 36</i>	<i>Actros 3341S 36</i>
Velocidad máxima (km/h) - a rpm de potencia máxima	90 (Limitado electrónicamente)		
Pendientes máximos (movimiento / arranque): con 33.000 kg (%)	76 / 54		
Pendientes máximos (movimiento / arranque): con 45.000 kg (%)	55 / 39		

**Chasis**

	<i>Actros 3341 K 36</i>	<i>Actros 3344 K 36</i>	<i>Actros 3341S 36</i>
Bastidor - Tipo	Escalera, material E 500 TM		
Suspensión delantera	Ballestas parabólicas con amortiguadores telescópicos de doble acción y barra estabilizadora		
Suspensión trasera	Ballestas parabólicas con amortiguadores telescópicos de doble acción y barra estabilizadora		
Llantas	9x22,5		
Neumáticos	315 / 80 R 22,5 perfil mixto		
Tanque de combustible (l)	400		
Tanque de urea (l)	35		85

**Sistema eléctrico**

	<i>Actros 3341 K 36</i>	<i>Actros 3344 K 36</i>	<i>Actros 3341S 36</i>
Alternador (V/A)	28V / 80A		
Batería (cantidad x V/Ah)	2 x 12 / 165		
Tensión nominal	24V		

**Frenos**

	<i>Actros 3341 K 36</i>	<i>Actros 3344 K 36</i>	<i>Actros 3341S 36</i>
Freno de Servicio	Tambor en ruedas delanteras y traseras. Accionamiento neumático de doble circuito		
Freno de Estacionamiento	Mecánico a través de resorte acumulador, con accionamiento neumático		
Freno Auxiliares	Freno motor con Top Brake		Freno motor con Top Brake. Freno remolque
Seguridad Activa	EBS (Comando y Asistencia Electrónica), ABS (Sistema Anóbloqueo), ASR (Control de Tracción Desconectable)		
Opcional	Retarder		

