

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**MEJORA DEL PROCESO DE TRANSPORTE BASADO EN LA
METODOLOGÍA LEAN PARA REDUCIR LOS IMPACTOS
AMBIENTALES EN UNA MINA UBICADA EN PATAZ 2021**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADA POR:

Bach. GARCIA GRANDEZ YULLIAN RAUL

Bach. RONDOY GÓMEZ GRISELDA MARISABEL

ASESOR: ING. BALLERO NUÑEZ GINO SAMMY

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Para mis padres y mi hermano que siempre me han apoyado en el transcurso de mi carrera profesional.

García Grandez, Yullian

Para mi madre, mi hermano y mis abuelos que siempre quisieron que sea una profesional y me apoyaron en cada aspecto de mi vida.

Griselda Rondoy

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, por darnos la sabiduría y fuerza que necesitamos para lograr todas nuestras metas.

A nuestro asesor del programa de tesis, Ing. Gino Sammy Ballero Nuñez, por su guía constante, su tolerancia, paciencia y comprensión hacia su alumnado a lo largo del curso.

Yullian García y Griselda Rondoy

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la problemática.....	1
1.2 Formulación del Problema General.....	12
1.3 Formulación de Problemas Específicos	13
1.4 Importancia y justificación del estudio	13
1.4.1 Importancia	13
1.4.2 Justificación	13
1.5 Delimitación de la investigación	15
1.5.1 Delimitación Espacial.....	15
1.5.2 Delimitación Temporal.....	15
1.6 Objetivos	15
1.6.1 Objetivo General	15
1.6.2 Objetivos Específicos	15
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1. Investigaciones relacionadas con el tema.....	16
2.1.1. Tesis nacionales.....	16
2.1.2. Tesis internacionales.....	18
2.2. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	20
2.3. Definición de términos básicos.....	25
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	47
3.1 Hipótesis Principal.....	47
3.2 Hipótesis Secundarias	47
3.3 Definición conceptual de las variables	47
3.4 Operacionalización de variables	50
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	51
4.1 Tipo y método de la investigación.....	51
4.2 Diseño de la investigación.....	51
4.3 Población de estudio.....	52

4.4	Diseño muestral	52
4.5	Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	53
4.6	Procedimiento para la recolección de datos	54
4.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	54
	CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA	
	INVESTIGACIÓN.....	56
5.1	Procedimiento operativo	56
5.2	Aplicación del enfoque DMAIC.....	57
5.2.1	Definir.....	57
5.2.2	Medir.....	76
5.2.3	Analizar	109
5.2.4	Mejorar	124
5.2.5	Controlar.....	148
5.3	Análisis e interpretación de resultados	172
5.4	Simulación de mejora.....	176
5.5	Prueba de hipótesis	180
	CONCLUSIONES	195
	RECOMENDACIONES	196
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	197

INDICE DE TABLAS

Table N°1: Valor de exportaciones por sector económico (Valor FOB en millones de US\$).....	7
Table N° 2: Producción minera metálica según región	8
Table N° 3: Emisión de dióxido de carbono, según sector económico, 2000 - 2018.....	10
Table N° 4: Algunos usos de metales en los sectores económicos.....	28
Table N° 5: Impactos ambientales asociados a los desechos mortales.....	31
Table N° 6: Tipo de métricas ambientales.....	33
Table N° 7: Operacionalización de variables	50
Table N° 8: Población de un estudio / cantidad de registros de viaje.....	52
Table N° 9: Identificación de residuos ambientales en el área mina	76
Table N° 10: Volquete T4C-934.....	79
Table N° 11: Cuadro resumen de descuento por hora jornal - Volquete T4C-934	80
Table N° 12: Costo por alquiler de hora máquina - Volquete T4C-934.....	81
Table N° 13: Volquete T2W-866.....	82
Table N° 14: Cuadro resumen de descuento por hora jornal - Volquete T2W-866	83
Table N° 15: Costo por alquiler de hora máquina - Volquete T2W-866.....	84
Table N° 16: Registro días operativos	86
Table N° 17: Registro días demora operativa.....	87
Table N° 18: Registro días inoperativos	87
Table N° 19: Tiempos de carga y descarga de material	88
Table N° 20: Registro de actividad: Transporte mina a planta.....	89
Table N° 21: Registro de actividad: Transporte de mina a relavera.....	91
Table N° 22: Registro de actividad: Transporte de relavera a botadero.....	92
Table N° 23: Registro de actividad: Transporte de planta a desmontera.....	94
Table N° 24: Registro días operativos	99
Table N° 25: Registro días demora operativa.....	100
Table N° 26: Registro días inoperativos	100
Table N° 27: Registro de actividad: Transporte de mina a planta	101
Table N° 28: Registro de actividad: Transporte de mina a relavera.....	102
Table N° 29: Registro de actividad: Transporte de relavera a botadero.....	103
Table N° 30: Registro de actividad: Transporte de planta a desmontera.....	105

Table N° 31: Resumen tonelajes transportados	109
Table N° 32: Tiempo de recorridos actual.....	120
Table N° 33: Tiempos de carga y descarga de material	120
Table N° 34: Tiempo de recorridos mejorado	137
Table N° 35: Resumen tiempos de recorridos actual - mejorado	138
Table N° 36: Planteamiento costo/beneficio	139
Table N° 37: Flujo de ingreso.....	139
Table N° 38: Costos operativos	140
Table N° 39: Flujo de caja	141
Table N° 40: Periodo de recuperación	141
Table N° 41: VAN - TIR - COK.....	142
Table N° 42: B/C	142
Table N° 43: Volquete T4C – 934 mejorado.....	156
Table N° 44: Costo por alquiler de hora máquina mejorado - Volquete T4C-934.....	157
Table N° 45: Registro de actividad mejorado: Transporte mina a planta.....	158
Table N° 46: Registro de actividad mejorada: Transporte de mina a relavera.....	159
Table N° 47: Registro de actividad mejorado: Transporte de relavera a botadero.....	160
Table N° 48: Registro de actividad mejorado: Transporte de planta a desmontera	161
Table N° 49: Volquete T2W – 866.....	164
Table N° 50: Costo por alquiler de hora máquina - Volquete T2W-866.....	165
Table N° 51: Registro de actividad mejorado: Transporte de mina a planta.....	166
Table N° 52: Registro de actividad mejorado: Transporte de mina a planta.....	166
Table N° 53: Registro de actividad mejorado: Transporte de mina a relavera.....	167
Table N° 54: Registro de actividad mejorado: Transporte de relavera a botadero.....	168
Table N° 55: Registro de actividad mejorado: Transporte de planta a desmontera	169
Table N° 56: Comparación de tiempos de recorridos actual vs mejorado.....	172
Table N° 57: Resumen tonelajes transportados mejorados	173
Table N° 58: Resumen variación toneladas transportadas.....	173
Table N° 59: Resumen comparación toneladas vendidas	175
Table N° 60: Comparación de uso de galones actual vs mejorado.....	176
Table N° 61: Tabla de resumen estadístico descriptivos 1	182
Table N° 62: Prueba de normalidad N° 1	183
Table N° 63: Prueba de T de Student de eficiencia.	183

Table N° 64: Tabla de resumen estadístico descriptivos 2	185
Table N° 65: Prueba de normalidad N° 2	186
Table N° 66: Prueba de T de Student de eficiencia de tiempos reducidos	186
Table N° 67: Tabla de resumen estadístico descriptivos 3	188
Table N° 68: Prueba de normalidad N° 3	189
Table N° 69: Prueba de T de Student del rendimiento de los tiempos reducidos.....	189
Table N° 70: Tabla de resumen estadístico descriptivos 4	191
Table N° 71: Prueba de normalidad N° 4	192
Table N° 72: Prueba de T de Student de la reducción de combustible.....	193
Table N° 73: Cuadro resumen de resultados de la investigación	194

INDICE DE FIGURAS

Figure N° 1: Presencia de minerales en la zona norte - 2019	2
Figure N° 2: Presencia de minerales en la zona sur - 2019	3
Figure N° 3: PBI Minero Variación interanual hasta febrero (%)	3
Figure N° 4: PBI Minero Variación interanual hasta marzo (%)	4
Figure N° 5: Inversiones mineras según rubro (millones de US\$) enero - marzo.....	4
Figure N° 6: Evolución mensual de las inversiones mineras (millones de US\$)	5
Figure N° 7: Inversiones mineras según rubro (millones de US\$)	5
Figure N° 8: Estructura del valor de las exportaciones (enero-marzo).....	6
Figure N° 9: Posición del Perú en el ranking mundial de producción minera.....	9
Figure N° 10: Diagrama de Ishikawa de procesos ineficientes que causan impactos ambientales nocivos para el ambiente	12
Figure N° 11: Ciclo de Shewart.....	21
Figure N° 12: Mejora continua	23
Figure N° 13: Tarjeta amarilla	37
Figure N° 14: Las 7 mudas	40
Figure N° 15: Veta de oro.....	45
Figure N° 16: Bocamina	45
Figure N° 17: Número de viajes realizados en cada área	53
Figure N° 18: Ciclo DMAIC	56
Figure N° 19: Mapa de procesos de la empresa.....	57
Figure N° 20: Mapa de procesos del área mina	58
Figure N° 21: Diagrama SIPOC del área mina.....	59
Figure N° 22: Diagrama SIPOC del proceso de transporte	60
Figure N° 23. Diagrama de flujo del proceso de transporte	62
Figure N° 24: Encuesta - Pregunta N° 1	63
Figure N° 25: Encuesta – Pregunta N° 2	64
Figure N° 26: Encuesta – Pregunta N° 3	65
Figure N° 27: Encuesta – Pregunta N° 4	66
Figure N° 28: Encuesta – Pregunta N° 5	67
Figure N° 29: Encuesta – Pregunta N° 6	68
Figure N° 30: Encuesta – Pregunta N° 7	69

Figure N° 31: Encuesta – Pregunta N° 8	70
Figure N° 32: Encuesta – Pregunta N° 9	71
Figure N° 33: Encuesta – Pregunta N° 10	72
Figure N° 34: Encuesta – Pregunta N° 11	73
Figure N° 35: Encuesta – Pregunta N° 12	74
Figure N° 36: Vetas en periodo de 2017 - 2021	78
Figure N° 37: Resumen de valorización – Volquete T4C-934.....	80
Figure N° 38: Resumen de valorización - Volquete T2W-866	83
Figure N° 39: Power BI de indicadores – Volquete T4C - 934.....	84
Figure N° 40: Recuento de horas trabajadas en marzo – VolqueteT4C - 934.....	85
Figure N° 41: Recorridos de material minero.....	88
Figure N° 42: Registro de actividad: Transporte mina a planta	90
Figure N° 43: Registro de actividad: Transporte de mina a relavera.....	91
Figure N° 44: Registro de actividad: Transporte de relavera a botadero.....	93
Figure N° 45: Registro de actividad: Transporte de planta a desmontera	94
Figure N° 46: Cantidad y costo de galones consumidos en marzo – Volquete T4C-934	95
Figure N° 47: Costo de alquiler sin IGV en marzo – volquete T4C-934	96
Figure N° 48: Toneladas de material transportado – Volquete T4C-934.....	97
Figure N° 49: Power BI de indicadores – Volquete T2W - 866.....	98
Figure N° 50: Recuento de horas trabajadas en marzo – Volquete T2W-866.....	98
Figure N° 51: Registro de actividad: Transporte de mina a planta.....	101
Figure N° 52: Registro de actividad: Transporte de mina a relavera.....	102
Figure N° 53: Registro de actividad: Transporte de relavera a botadero.....	104
Figure N° 54: Registro de actividad: Transporte de planta a desmontera	105
Figure N° 55: Cantidad y costo de galones consumidos en marzo – Volquete T2W-866	106
Figure N° 56: Costo de alquiler sin IGV en marzo – Volquete T2W-866	106
Figure N° 57: Toneladas de material transportado – Volquete T2W-866.....	108
Figure N° 58: Diagrama de Pareto.....	110
Figure N° 59: Diagrama de Pareto – área de operaciones mineras	111
Figure N° 60: Diagrama de Ishikawa	113
Figure N° 61: Diagrama de recorrido actual.....	118

Figure N° 62: Matriz FODA.....	122
Figure N° 63: Registro de contaminantes - área de transporte	123
Figure N° 64: Sistema de telemetría GPS.....	126
Figure N° 65: Interfaz de la plataforma	126
Figure N° 66: Interfaz de seguimiento.....	127
Figure N° 67: Indicadores de interfaz.....	127
Figure N° 68: Capacitaciones	129
Figure N° 69: Cronograma de actividades.....	131
Figure N° 70: Formato de registro de capacitaciones ambientales.....	132
Figure N° 71: Diagrama de recorrido mejorado	136
Figure N° 72: Pilares 6S	144
Figure N° 73: Diagrama de funcionamiento.....	145
Figure N° 74: Diagrama de clasificación.....	146
Figure N° 75: Mapa de responsabilidad	148
Figure N° 76: Registro de cumplimiento.....	149
Figure N° 77: Programa de capacitación	150
Figure N° 78: Horas hombre capacitadas	151
Figure N° 79: Registro toneladas área planta - Volquete T4C	152
Figure N° 80: Registro toneladas área planta – Volquete T2W	152
Figure N° 81: Comparación material transportado.....	153
Figure N° 82: Diagrama de transporte.....	155
Figure N° 83: Resumen de valorización mejorado – Volquete T4C- 934.....	157
Figure N° 84: Cantidad y costo de galones consumidos en marzo – Volquete T4C-934	158
Figure N° 85: Registro de actividad mejorado: Transporte mina a planta	159
Figure N° 86: Registro de actividad mejorada: Transporte de mina a relavera.....	160
Figure 87: Registro de actividad mejorado: Transporte de relavera a botadero.....	161
Figure N° 88: Registro de actividad mejorado: Transporte de planta a desmontera	162
Figure N° 89: Toneladas de material transportado mejorado – Volquete T4C-934.....	163
Figure N° 90: Resumen de valorización mejorado - Volquete T2W-866	165
Figure N° 91: Cantidad y costo de galones consumidos en marzo mejorado – Volquete T2W-866.....	166
Figure N° 92: Registro de actividad mejorado: Transporte de mina a relavera	167

Figure N° 93: Registro de actividad mejorado: Transporte de relavera a botadero	168
Figure N° 94: Registro de actividad mejorado: Transporte de planta a desmontera	169
Figure N° 95: Toneladas de material transportado mejorado – Volquete T2W-866....	171
Figure N° 96: Comparación toneladas transportadas - área planta.....	174
Figure N° 97: Resumen comparación toneladas vendidas.....	175
Figure N° 98: Simulación Promodel.....	176
Figure N° 99: Simulación Promodel - Toneladas transportadas.....	177
Figure N° 100: Cuadro de indicadores de la simulación de transporte de material minero	178
Figure N° 101: Gráficos explicativos de Promodel	178
Figure N° 102: Objetivo comparativo de estadística paramétrica y no paramétrica	180
Figure N° 103: Tasa de eficiencia actual sin mejora y mejorado	181
Figure N° 104: Eficiencia de los tiempos reducidos sin mejora y mejorado..	184
Figure N° 105: Rendimiento de trabajo sin mejora y mejorado	187
Figure N° 106: Reducción del uso de combustible sin mejora y mejorado.....	190

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia	198
Anexo N° 2. Formato de encuesta para los trabajadores de mina	198
Anexo N° 3. Validación de instrumento de investigación Juicio de Expertos	198
Anexo N° 4. Formulario de encuesta de Grado de conocimiento del trabajador	198
Anexo N° 5. Respuestas de la encuesta de Grado de conocimiento del trabajador.....	198

RESUMEN

Las pequeñas y medianas empresas mineras que buscan mitigar la contaminación ambiental, también buscando optimizar sus procesos, vienen creciendo en número en las últimas décadas. Sabiendo que hoy en día se está dando más importancia a los impactos ambientales, es necesario implementar medidas para la reducción de estos, que a su vez optimice los procesos que generan más sobre costo en las empresas del sector minero.

Considerando lo descrito, el presente trabajo buscó dar solución a las posibles ineficiencias del proceso de transporte de los minerales en una empresa minera ubicada en el Departamento de La Libertad, provincia de Patate, causados por eventos específicos que afectan las metas y los objetivos específicos de la empresa. Por ello, se implementó un sistema de mejora de procesos con la ayuda de la metodología Lean, siendo la finalidad mejorar sus operaciones y que al mismo tiempo se compruebe la reducción de contaminación al medio ambiente.

Se obtuvieron los parámetros necesarios para estudiar el tiempo de transporte de minerales y desmonte de distintas áreas a sus centros de destino, así mismo las toneladas transportadas, y los recursos utilizados para estos procesos. Se propuso una mejora con el uso de la herramienta de telemetría, y con métodos Lean para mejorar el tiempo de ciclo y los recursos utilizados. Así mismo, se pudo realizar una comparación del sistema actual con el sistema mejorado gracias a los recursos propuestos. Adicionalmente, la simulación del proceso analizado, mediante el software Promodel, refuerza lo antes expuesto para presentar un escenario mejorado.

Palabras Clave: Mejora de proceso, impacto ambiental, metodología lean, transporte de minerales, Telemetría.

ABSTRACT

Small and medium-sized mining companies that seek to mitigate environmental pollution, also seeking to optimize their processes, have been growing in number in recent decades. Knowing that more importance is being given to environmental impacts today, it is necessary to implement measures to reduce these, which in turn optimize the processes that generate more over-cost in mining companies.

Considering what has been described, this work seeks to solve the possible inefficiencies of the mineral extraction and distribution process in a mining company located in the Department of La Libertad, Pataz province, caused by specific events that affect the objectives and goals of the company. For this reason, a process improvement system was implemented with the tools of the Lean methodology, in order to improve its operations and at the same time verify the reduction of pollution to the environment.

The necessary parameters were obtained to study the time of transport of minerals and clearing from different areas to their destination centers, as well as the tons transported, and the resources used for these processes. An improvement was proposed with the use of the telemetry tool, and with Lean methods to improve cycle time and resources used. Similarly, a comparison of the current system with the enhanced system was made possible by the proposed resources. Additionally, the simulation of the analyzed process, using Promodel software, reinforces the above to present an improved scenario.

Key Words: Process improvement, Environmental impact, Lean methodology, Mineral transport.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis describe la importancia de mejorar los procesos y a la par mitigar los impactos ambientales negativos que son generados en el sector minero. Los avances que se han ido implementando en el rubro ambiental ha cobrado significativa importancia en los últimos años en nuestro país, son conocidos casos donde se han detenido importantes proyectos millonarios (Proyecto minero Conga 2012, un claro ejemplo) por temas ambientales y sociales, basando su oposición a la minera, por un motivo de contaminación ambiental.

En este sentido, la presente investigación pretende implementar metodologías lean como un kit de herramientas para mejorar el proceso de transporte y evaluar a detalle los impactos ambientales identificados en las etapas de este proceso, con la ayuda de una nueva metodología que es “Lean & Environment” que a través de la herramienta mapeo de la cadena de valor nos permitirá identificar y reducir los desperdicios mortales y encontrar oportunidades de mejora. Al reducir los desperdicios encontrados, se logrará eliminar los impactos ambientales negativos. Estos pasos se implementan de manera inicial, siempre enfocados en obtener beneficios ambientales, reducción de costos y tiempos.

En el primer capítulo, se realiza el planteamiento del problema general y los problemas específicos, los objetivos tanto generales como específicos, para evaluar la problemática tomamos como herramienta el diagrama de causa efecto luego realizamos las delimitaciones de la investigación, justificación del estudio, las cuales estarán conformadas por la justificación teórica, práctica, social y metodológica.

En segundo capítulo, se investiga de manera profunda el marco teórico, teniendo presente los antecedentes nacionales e internacionales asociadas a las variables a estudiar y la definición de términos básicos del proyecto que facilitará una mayor comprensión al objetivo del trabajo, también se desarrolla la hipótesis general y específicas, así como la definición de variables y operacionalización de estas.

En el tercer capítulo, se plantea las hipótesis tomando como hipótesis general mejorar la productividad de los vehículos de carga de material minero.

En el cuarto capítulo, se desarrolla la metodología de la investigación que es de tipo aplicada, nivel explicativo y de diseño experimental no comprobada con un enfoque cuantitativo, la población y la muestra están establecidas por la delimitación temporal de esta tesis, en adición a esto las técnicas e instrumentos de recolección de datos se encuentran debidamente detallados en este capítulo, así como también las técnicas de análisis y procesamiento de la información.

En el quinto capítulo, se propone las mejoras en la empresa en estudio con la ayuda de la herramienta DMAIC, al igual que el análisis de resultados y la prueba de hipótesis.

Finalmente, se encuentran las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la problemática

La sociedad en la actualidad es más consciente de los daños irreparables al ambiente que está ligado al desarrollo humano. Utilizar excesivamente los recursos y cada vez más la generación de residuos, trae consigo, irónicamente, un lindero para el propio desarrollo.

Benjamín Martínez Director del Área de Medio Ambiente IMEDDES explica que dentro de los problemas medioambientales que alteran negativamente global y localmente; efecto invernadero y cambio climático, reducción y pérdida de biodiversidad, extenuación de la capa de ozono, deforestación y degradación del suelo son los más preocupantes de los últimos años

Un ejemplo de la pérdida de biodiversidad se halla en el Informe Planeta Vivo de 2018, World Wildlife Fund (WWF), hallando que en la era moderna hay unas 8000 especies amenazadas, de un total de 82 845 especies evaluadas, que están en la Lista Roja de la International Union for Conservation of Nature (UICN). Estas cifras tienen como máximo responsable a la sobre explotación humana del ecosistema, recolección de especies de la naturaleza que no se pueden reponer, siendo la explotación de depósitos minerales una de las actividades que más aporta a la degradación del ambiente y que cada vez más de acentúa en la economía y la cultura peruana.

La minería en el Perú ha ido intensificándose en las últimas décadas, la inversión en el sector minero entre los años 1992 y 1998 fue de US\$3,000 millones y en el año 1997 y 2007 incrementó hasta US\$7,000 millones, esto se vio reflejado en la ampliación de áreas para exploración y explotación minera y a su vez nuevos programas de crecimiento. En los últimos años, según estadísticas del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en Perú para el mes de junio del 2019 estuvieron registrados 141 centros mineros formales, correspondiendo a la gran y mediana empresa minera. La minería ha sido fundamentalmente polimetálica, es decir que se encuentran diferentes tipos de minerales en una misma unidad. La mayor concentración de centros mineras se encuentra en la zona centro con un 43%,

especialmente en Junín, en el sur del país se contabiliza un 37% de mineras en donde la región líder es Arequipa (Osinergmin, 2019).

En la zona norte del Perú se encuentran 26 mineras a junio de ese año, donde resalta la explotación de plata y oro. En menor cantidad se encuentra la extracción de cobre, zinc y plomo.

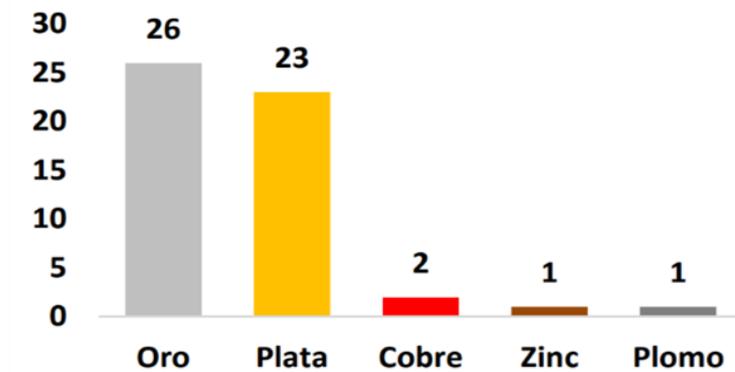


Figure N° 1: Presencia de minerales en la zona norte - 2019

Fuente: Osinergmin – Reporte de análisis económico minería

La mayor explotación de minerales está focalizada en el sur de Cajamarca y la sierra de la Libertad, siendo las principales empresas mineras operativas Yanacocha (Newmont Goldcorp, Buenaventura), Minera Poderosa y Barrick Misquichilca (Barrick Gold). La producción de oro nacionalmente de estas empresas llegó, a junio del 2019, a un 25%. Además, las empresas que estuvieron en el top, liderando el ranking de mineras con un mayor porcentaje de producción de este mineral a nivel mundial en el 2018, fueron Barrick Gold y Newmont Goldcorp.

En la zona centro del Perú reside la mayor cantidad de empresas mineras, 63 a junio de 2019, siendo la mayoría polimetálicas. La extracción de plomo, plata, cobre y zinc son las más resaltantes. En Junín, Ancash y Pasco se agrupa el 40% de estas empresas mineras.

En la zona sur se registraron 52 empresas mineras, resaltando las empresas extractoras de plomo, cobre y plata. Son 28 mineras las que extraen plata, mientras que solo son 10 las que se concentran en el cobre y el plomo. Cabe resaltar que en la mina San Rafael ubicada en Puno, únicamente en la zona sur, se extrae el estaño. La actividad minera resalta en el sur de Ayacucho, Cuzco, Tacna, Moquegua, Apurímac y la sierra de Arequipa (Osinergmin, 2019).

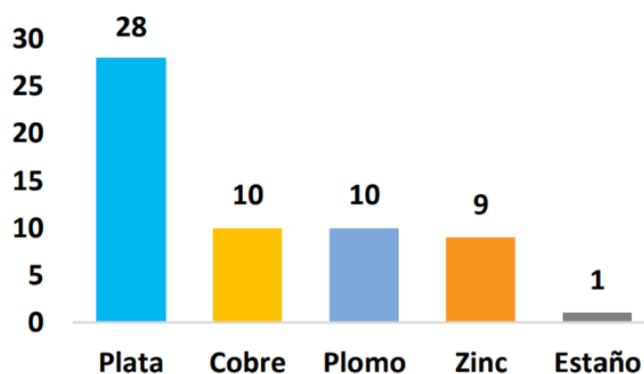


Figure N° 2: Presencia de minerales en la zona sur - 2019
 Fuente: Osinergmin – Reporte de análisis económico minería

Con la expansión masiva de las actividades mineras viene también sus impactos, ya sean positivos o negativos. Entre los impactos positivos se tiene el crecimiento económico que, si se utiliza responsablemente los recursos, estos podrían ayudar significativamente e incluso a eliminar la pobreza de la población ubicada en zonas alto andinas hasta un 27%, en el campo de salud ocurre lo mismo, los proyectos deben implementarse con una adecuada coordinación entre estado y empresas, de esta manera asegurando su éxito (Roque Benavides, 2012).

Es bien conocido que una de las actividades que más contribuye al Producto Bruto Interno (PBI) en el Perú es el sector minero, en febrero del presente año, el subsector minero indicó un aumento considerable de 47.5 (p.p) en comparación al resultado de mayo del mismo año, mes donde se presentó, generado por la pandemia, una mayor caída de la economía. Adicionalmente, en febrero, que presenta una reducción interanual de solo 2.2%, posiciona a dicho mes, con respecto a enero del presente, con una subida de 4.9 p. p (MINEM, 2021).

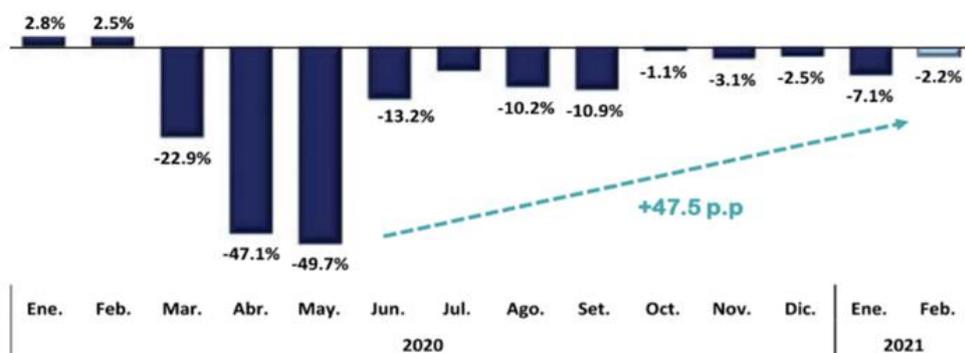


Figure N° 3: PBI Minero Variación interanual hasta febrero (%)
 Fuente: MINEM – Boletín estadístico minero

Sin embargo, fue en el mes marzo que, gracias a un efecto rebote por el reporte negativo de marzo de 2020 (-23.3%) ocasionado por el inicio de restricciones en el país para salvaguardar el bienestar de los trabajadores, se registró una variación positiva del 20.4% interanual.

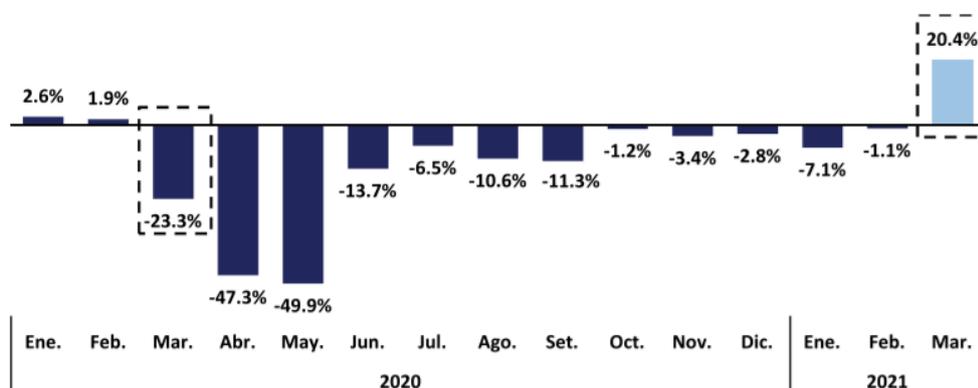


Figure N° 4: PBI Minero Variación interanual hasta marzo (%)

Fuente: MINEM – Boletín estadístico minero

También, las inversiones mineras en marzo de 2021 sumaron US\$ 372 millones, lo que significó una subida de 25.1% intermensual. No obstante, en relación a marzo del 2020, se evidenció una contracción de 5.9% (US\$ 395 millones). Se resalta que la inversión en los rubros de Exploración y Otros presentaron variaciones positivas interanuales de 20.1% y 240.5% respectivamente (MINEM, 2021).

Rubro	Marzo			Enero-Marzo			
	2020	2021	Var. %	2020	2021	Var.%	Part%
Planta Beneficio	153	85	-44.2%	390	268	-31.3%	28.4%
Infraestructura	109	107	-2.0%	205	219	6.7%	23.2%
Desarrollo y Preparación	38	33	-13.8%	113	103	-9.1%	10.9%
Equipamiento Minero	52	46	-12.0%	172	94	-45.3%	10.0%
Exploración	21	25	20.1%	65	62	-4.8%	6.6%
Otros	22	76	240.5%	106	197	85.4%	20.9%
TOTAL	395	372	-5.9%	1,052	943	-10.3%	100.0%

Figure N° 5: Inversiones mineras según rubro (millones de US\$) enero - marzo

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - MINEM

En el mes de abril se reportó un aumento en las inversiones, estas llegaron a la cifra de US\$ 352 millones, lo que significó una subida de 34.4% comparado a lo presentado en abril (US\$ 262 millones) del año anterior. A pesar que hubo una disminución de 5.8% intermensual con respecto a marzo, se registró que en 5 de los 6 rubros donde se realizaron inversiones, mostraron variaciones interanuales positivas (Figura 7).

Agregando lo obtenido en el mes de abril a meses previos, la inversión minera acumulada al mes de abril del presente fue de US\$ 1 298 millones, mostrando una disminución de 1.2% en comparación al periodo similar de 2020.

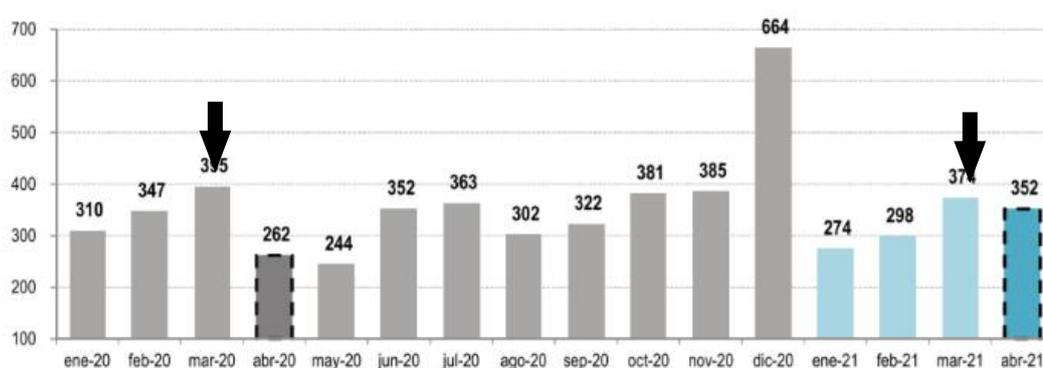


Figure N° 6: Evolución mensual de las inversiones mineras (millones de US\$)

Fuente: MINEM – Boletín estadístico minero 2021

Rubro	Abril			Enero-Abril			
	2020	2021	Var. %	2020	2021	Var. %	Part%
Planta Beneficio	103	117	13.6%	492	384	-21.9%	29.6%
Infraestructura	48	77	58.3%	253	295	16.6%	22.8%
Desarrollo y Preparación	17	46	166.4%	130	150	15.4%	11.6%
Equipamiento Minero	23	36	55.7%	196	131	-33.3%	10.1%
Exploración	13	23	72.5%	79	86	9.1%	6.6%
Otros	57	54	-5.5%	164	252	53.8%	19.4%
TOTAL	262	352	34.4%	1,314	1,298	-1.2%	100.0%

Figure N° 7: Inversiones mineras según rubro (millones de US\$)

Fuente: MINEM – Boletín estadístico minero 2021

En marzo de 2021, el total de las exportaciones mineras subieron a US\$ 2 926 millones, que es el resultado de la suma tanto de los mineros metálicos como los minerales no metálicos señalados en la tabla 1, haciendo evidencia del notorio incremento de 60.5% interanual, cifra que superó inclusive a reportes pre pandemia. Las cifras acumuladas de las exportaciones mineras alcanzaron US\$ 8 360 en los primeros tres meses del año, contando los mineros metálicos como los minerales no metálicos, tuvo un aumento del 29.5% en relación al periodo similar del año anterior. Esto fue a causa del crecimiento de la demanda de los minerales extraídos para la restauración de la economía mundial (MINEM, 2021).

Cabe resaltar que la minería sigue siendo la actividad económica que más contribuye en la Balanza Comercial del país, de esta forma los resultados a marzo representan al subsector minero con un 63.6% de las exportaciones totales, incluyendo a minerales metálicos con un 62.5% y no metálicos con un 1.1%, expresado en la tabla N° 1.

Es preciso señalar que los principales minerales exportados son oro, plomo, zinc, cobre, y hierro que juntos, siendo el 94% del valor total de las exportaciones mineras y el 59.8% del valor nacional exportado.

En la figura 8, muestra el porcentaje de los minerales metálicos y no metálicos, 62.5% y 1.1% respectivamente, en comparación con el resto de productos exportados.

Manifestando una vez más, la gran importancia que tiene la minería en el crecimiento de la economía del país.

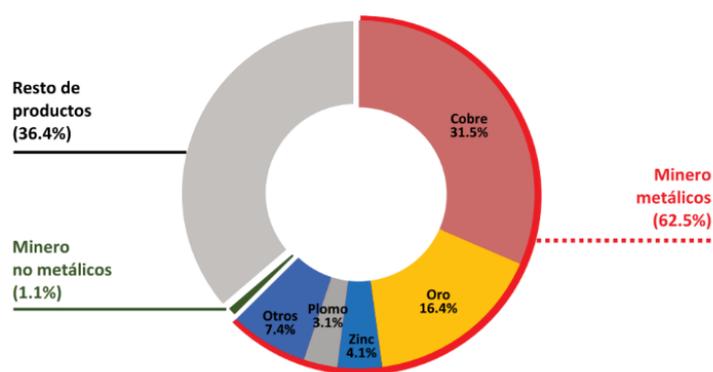


Figure N° 8: Estructura del valor de las exportaciones (enero-marzo)
Fuente: MINEM – Boletín estadístico minero

Table N°1: Valor de exportaciones por sector económico (Valor FOB en millones de US\$)

Descripción	Marzo			Enero-Marzo			
	2020	2021	Var. %	2020	2021	Var.%	Part.%
I. Productos tradicionales	2,038	3,262	60.1%	7,252	9,526	31.4%	72.5%
a) Minero metálicos	1,795	2,874	60.1%	6,343	8,210	29.4%	62.5%
Cobre	821	1,486	81.1%	2,852	4,140	45.1%	31.5%
Estaño	33	47	44.6%	101	158	57.3%	1.2%
Hierro	82	202	147.9%	283	626	121.4%	4.8%
Oro	507	733	44.4%	2,104	2,149	2.1%	16.4%
Plata refinada	5	11	132.4%	17	27	62.0%	0.2%
Plomo	123	142	15.6%	386	408	5.6%	3.1%
Zinc	183	179	-2.2%	490	537	9.4%	4.1%
Molibdeno	42	74	75.7%	110	164	49.6%	1.2%
Otros	0	0	11.0%	0	0	-33.8%	0.0%
b) Petróleo y gas natural	145	138	-5.2%	538	484	-10.0%	3.7%
c) Pesqueros	88	237	169.6%	305	764	150.2%	5.8%
d) Agrícolas	10	13	40.5%	66	69	5.6%	0.5%
II. Productos no tradicionales	810	1,094	35.1%	3,031	3,565	17.6%	27.1%
a) Agropecuarios	387	435	12.3%	1,533	1,739	13.4%	13.2%
b) Pesqueros	93	148	59.0%	296	384	30.0%	2.9%
c) Textiles	76	131	71.7%	286	352	22.7%	2.7%
d) Maderas y papeles	19	21	12.5%	65	61	-6.1%	0.5%
e) Químicos	119	138	16.6%	361	402	11.4%	3.1%
f) Minerales no metálicos	27	51	87.2%	111	151	36.1%	1.1%
g) Sidero - metalúrgicos y joyería	51	128	149.4%	230	345	49.5%	2.6%
h) Metal - mecánicos	32	32	0.3%	124	104	-16.0%	0.8%
i) Resto	5	10	79.4%	24	27	14.6%	0.2%
III. Otros	12	18	40.6%	39	43	10.4%	0.3%
TOTAL	2,860	4,374	52.9%	10,322	13,135	27.3%	100.0%

Fuente: MINEM – Boletín estadístico minero 2021

La exportación de productos mineros metálicos tuvo un incremento de un 7.7% con respecto al mes anterior, en cifras viene siendo US\$ 2 874 millones, que es el mejor resultado en lo que va del año.

En cambio, el valor de las exportaciones mineras no metálicas llegó a la cifra de US\$ 51 millones, revelando un importante aumento de 87.2% interanual, esto se debió principalmente al mayor volumen exportado de baldosas de cerámica (Chile y Ecuador), antracitas (Corea del Sur), fosfato de calcio natural (Brasil y Estados Unidos), entre otros. (MINEM, 2021)

La producción minera por regiones muestra que en La Libertad y Cajamarca existe la mayor producción de oro en el país, que solo en ambos departamentos resulta 3,365,205 gramos finos de oro en el mes de abril 2020 y 4,076,237 gramos finos de oro en el mismo periodo de 2021, al igual que otros minerales metálicos, como lo es en Ancash y Arequipa para el cobre, Ancash y Lima para el zinc, Pasco y Ancash para la plata, entre otros.

Table N° 2: Producción minera metálica según región

PRODUCTO / REGIÓN	ENERO-ABRIL						
	2020	2021	VAR. %	2020	2021	VAR. %	PART. %
COBRE / TMF	125,249	173,151	38.2%	640,079	704,210	10.0%	100.0%
ANCASH	21,859	37,569	71.9%	128,243	148,594	15.9%	21.1%
AREQUIPA	20,623	33,578	62.8%	118,014	136,653	15.8%	19.4%
APURIMAC	13,004	26,498	103.8%	86,323	90,899	5.3%	12.9%
CUSCO	13,606	16,698	22.7%	70,888	77,985	10.0%	11.1%
TACNA	20,818	19,484	-6.4%	80,989	76,919	-5.0%	10.9%
JUNIN	16,725	11,436	-31.6%	54,577	64,340	17.9%	9.1%
MOQUEGUA	13,789	14,093	2.2%	54,601	54,621	0.0%	7.8%
ICA	518	4,233	717.8%	10,815	16,851	55.8%	2.4%
PASCO	-	4,093	+	12,073	15,840	31.2%	2.2%
LIMA	2,162	3,086	42.7%	12,398	12,023	-3.0%	1.7%
CAJAMARCA	1,787	1,974	10.5%	9,014	7,765	-13.9%	1.1%
HUANCAVELICA	41	207	408.2%	542	880	62.4%	0.1%
PUNO	296	159	-46.2%	1,040	680	-34.6%	0.1%
AYACUCHO	22	40	84.6%	198	137	-30.9%	0.0%
LA LIBERTAD	-	5	+	-	23	+	0.0%
HUANUCO	-	-	-	363	-	-	0.0%
ORO / G FINOS	5,067,681	7,529,760	48.6%	32,609,786	30,233,179	-7.3%	100.0%
LA LIBERTAD	1,978,663	2,472,353	25.0%	9,212,212	10,145,868	10.1%	33.6%
CAJAMARCA	1,386,542	1,603,884	15.7%	8,716,428	6,063,216	-30.4%	20.1%
AREQUIPA	453,901	1,343,784	196.1%	4,706,573	5,372,264	14.1%	17.8%
AYACUCHO	376,596	818,148	117.2%	3,081,423	3,185,214	3.4%	10.5%
CUSCO	127,867	229,740	79.7%	959,784	1,262,505	31.5%	4.2%
PUNO	116,054	254,815	119.6%	1,654,518	1,114,855	-32.6%	3.7%
TACNA	278,136	181,175	-34.9%	914,840	675,311	-26.2%	2.2%
PASCO	2,571	134,708	+	292,468	467,207	59.7%	1.5%
MADRE DE DIOS	7,664	97,409	+	1,317,107	444,225	-66.3%	1.5%
LIMA	94,500	112,516	19.1%	405,323	396,163	-2.3%	1.3%
APURIMAC	109,624	104,097	-5.0%	614,817	383,449	-37.6%	1.3%
ANCASH	102,719	79,155	-22.9%	396,072	371,132	-6.3%	1.2%
HUANCAVELICA	18,105	35,490	96.0%	172,492	146,664	-15.0%	0.5%
ICA	353	41,062	+	54,414	124,401	128.6%	0.4%
MOQUEGUA	14,387	13,486	-6.3%	52,586	49,506	-5.9%	0.2%
PIURA	-	7,936	+	58,730	31,198	-46.9%	0.1%
ZINC / TMF	16,515	128,984	681.0%	367,888	519,380	41.2%	100.0%
ANCASH	4,163	48,942	+	142,211	194,179	36.5%	37.4%
LIMA	1,674	20,160	+	55,535	82,412	48.4%	15.9%
JUNIN	4,419	19,252	335.7%	47,727	82,149	72.1%	15.8%
PASCO	-	14,878	+	53,663	64,559	20.3%	12.4%
ICA	1,534	16,186	954.9%	30,442	59,876	96.7%	11.5%
AYACUCHO	1,723	4,970	188.4%	13,720	18,030	31.4%	3.5%
AREQUIPA	1,953	3,037	55.3%	9,331	11,134	19.3%	2.1%
HUANCAVELICA	515	1,172	127.4%	3,586	5,457	52.2%	1.1%
CUSCO	534	384	-28.0%	2,363	1,484	-37.2%	0.3%
PUNO	-	2	+	64	100	56.6%	0.0%
HUANUCO	-	-	-	9,248	-	-	0.0%
PLOMO / TMF	4,383	21,562	391.9%	74,462	85,615	15.0%	100.0%
PASCO	-	5,983	+	25,327	24,851	-1.9%	29.0%
LIMA	819	4,485	447.6%	13,276	17,662	33.0%	20.6%
JUNIN	122	3,334	+	7,751	13,337	72.1%	15.6%
ANCASH	931	2,001	114.9%	7,656	7,756	1.3%	9.1%
AREQUIPA	1,270	2,105	65.8%	6,131	7,542	23.0%	8.8%
ICA	180	1,969	995.1%	2,779	6,720	141.8%	7.8%
HUANCAVELICA	501	1,115	122.4%	4,255	5,051	18.7%	5.9%
AYACUCHO	183	291	59.2%	1,969	1,516	-23.0%	1.8%
CUSCO	378	271	-28.3%	1,618	1,060	-34.5%	1.2%
PUNO	-	8	+	66	119	80.0%	0.1%
HUANUCO	-	-	-	3,634	-	-	0.0%
PLATA / KG FINOS	77,260	256,891	232.5%	836,992	1,044,637	24.8%	100.0%
PASCO	6	50,227	+	127,102	207,107	62.9%	19.8%
ANCASH	23,297	43,821	88.1%	178,874	183,042	2.3%	17.5%
JUNIN	19,227	37,537	95.2%	125,987	177,245	40.7%	17.0%

Fuente: MINEM – Boletín estadístico minero 2021

Perú es el segundo productor de plata, cobre y zinc a nivel mundial, asimismo, es el primer productor de oro, zinc, estaño plomo, estaño en América Latina en el 2020.

PRODUCTO	LATINOAMÉRICA	MUNDO
Oro	1	8
Cobre	2	2
Plata	2	2
Zinc	1	3
Plomo	1	4
Estaño	1	4
Molibdeno	2	4
Cadmio	2	8
Roca Fosfórica	2	10
Diatomita	1	5
Indio	1	6
Andalucita <i>y minerales relacionados</i>	1	4
Selenio	1	10

Figure N° 9: Posición del Perú en el ranking mundial de producción minera

Fuente: MINEM – Boletín estadístico minero 2021

A pesar que la producción minera, al igual que otros sectores, afrontó un difícil escenario a causa del COVID-19 ocasionando en la mayoría de casos la paralización temporal de sus operaciones; sin embargo, los países implementaron proyectos de reactivación económica para poder minimizar al máximo los efectos que causó la pandemia y de manera gradual activar las operaciones de los distintos sectores económicos.

Lo que resultó en la recuperación progresiva del sector minero, permitiendo registrar un aumento de 3.8% interanual y 0.1% en la producción a nivel mundial de oro y molibdeno, respectivamente. Sin embargo, la reactivación de la producción de plata, cobre, zinc, plomo y estaño todavía permanecen en la etapa de recuperación (MINEM, 2021).

Sin embargo, a pesar de los notables beneficios, también existen importantes impactos ambientales negativos, los cuales son impactos al ambiente biológico: deterioro de la salud y estabilidad de la vegetación natural y acuática, impacto a la vida silvestre y al ganado a través de la pérdida de alimento y refugio; impactos sobre la calidad del suelo: remoción del suelo, contaminación del suelo, erosión del suelo resultantes de la modificación de la superficie; impactos e incrementos de niveles de ruido sobre la línea base, debido a: voladuras a tajo abierto y labores subterráneas,

motores de maquinaria pesada, actividades de construcción, manipulación de materiales; impactos sobre la calidad del aire: incremento de emisiones a la atmosfera de material particulado, emisiones de metales pesados sobre la atmosfera afectando directa e indirectamente el ambiente; impactos sobre los recursos hídricos: cambios en las condiciones del caudal máximo, cambios de la calidad del cuerpo de agua debido a descargas de efluentes o derrames accidentales. (Aquino, 2017).

Entre todas las nefastas consecuencias gracias a la actividad minera antes mencionadas, resaltan dos: la contaminación del aire y el cambio climático, siendo los principales problemas ambientales que afectan al planeta.

El origen de ambos es común, son el resultado de un modelo energético, que se basa en la quema de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo) que expulsan al ambiente una gran cantidad de CO₂, teniendo como resultado un cambio climático que se está viendo por todo el mundo, y que a su vez también ocasionan la emisión de otros agentes polutivos como son el NO_x (óxidos de nitrógeno), SO_x (óxidos de azufre) y partículas finas que emiten la contaminación del aire. La generación eléctrica, transporte e industrias son las responsables de emitir la mayor cantidad de CO₂, teniendo como principal agente causante las emisiones de carbón en países urbanos, el tráfico y los centrales eléctricos en países como Estados Unidos y China y en zonas como Centroeuropa.

En el Perú, los últimos años se ha registrado; en los sectores residencial y comercial, transporte y, minería extractiva; una preocupante subida en las emisiones de CO₂, especialmente en el sector de transportes, lo que demuestra que es necesario realizar cambios.

Table N° 3: Emisión de dióxido de carbono, según sector económico, 2000 - 2018

Sectores económicos	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total ^{1) 2)}	21 384	19 983	20 305	19 741	21 571	20 852	19 908	21 681	23 176	24 776	27 731	30 092	30 288	32 487	33 277	35 375	36 681	35 241	36 952
Residencial y comercial	2 954	3 160	3 613	2 918	2 257	2 062	1 771	1 818	1 872	1 968	2 002	2 082	2 248	2 382	2 462	2 599	2 747	3 542	3 735
Público	794	767	708	679	651	750	714	670	674	815	827	805	890	1 006	1 002	1 125	896	272	323
Transportes	9 492	8 649	8 132	8 381	9 840	9 228	10 039	10 409	12 719	14 462	17 085	18 235	19 277	20 717	21 184	22 752	24 386	23 483	24 403
Agropecuario	129	115	110	116	136	125	129	125	142	142	155	146	133	134	132	134	137	137	138
Pesca extractiva	242	267	275	349	282	266	288	281	315	363	471	226	216	178	217	189	212	198	123
Minería extractiva	572	553	573	600	722	729	808	836	999	992	1 134	1 253	1 225	1 319	1 275	1 438	1 668	1 331	1 277
Industria	7 202	6 473	6 894	6 696	7 684	7 691	6 160	7 542	6 456	6 034	6 058	7 344	6 298	6 751	7 005	7 138	6 635	6 278	6 954

Fuente: Instituto nacional de estadísticas e informática - INEI

Energía y Minas, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesa entre otros. Las leyes actuales con respecto al cuidado del medio ambiente en todos los sectores son aún muy pobres, por lo que se necesita ordenar y gestionar la actual legislación. Sin embargo, aún con estos obstáculos el Estado promueve mediante nuevos programas el cuidado del medioambiente, a través del Ministerio del Ambiente, para que incentive a las organizaciones a gestionar su desempeño ambiental y así reducir los impactos nocivos al planeta.

En otro orden de ideas, en la actualidad existe una predisposición por las empresas a nivel mundial a buscar la optimización de todo lo previamente inventado, dicho de otro modo, mejorar y gestionar los procesos para aumentar la productividad, mejorar la calidad del producto o servicio y disminuir tiempos y costos. Es en este aspecto, en donde se encuentra la metodología Lean.

El objetivo final de esta metodología es generar una nueva cultura del proceso de la mejora basada en el trabajo en equipo y la constante comunicación entre partes, por ello es de suma importancia adaptar el método a cada caso correctamente. La filosofía Lean no presume nada, busca continuamente nuevas maneras de realizar las cosas de manera más eficiente, ágil, flexible y económica.

Se conoce que los procesos mineros traen consigo importantes beneficios como lo es el crecimiento de la economía, mayor inversión al país y un incremento de exportaciones, más a su vez los beneficios conllevan nefastas repercusiones. Por lo que la necesidad de optimizar los procesos mineros para reducir lo más posible los impactos ambientales negativos se convirtió en un tema de gran envergadura.

Se muestra en la figura 10, las causas posibles de la problemática en el Diagrama de Ishikawa o también llamado Causa – Efecto, que está dividido en las categorías de medio ambiente, mano de obra, maquinaria y equipos, procesos, materia prima y materiales y por último métodos.

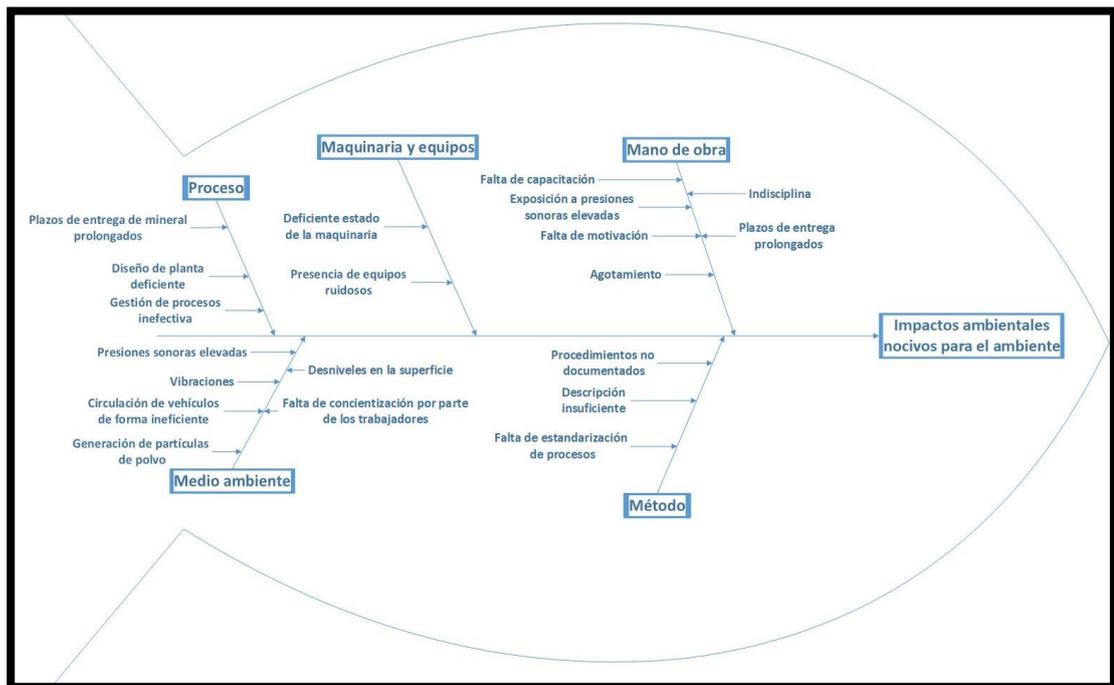


Figure N° 10: Diagrama de Ishikawa de procesos ineficientes que causan impactos ambientales nocivos para el ambiente

Fuente: Elaboración propia

Existen muchas empresas mineras en el Perú que implementan sus propios modelos para mejorar sus procesos como por ejemplo la implementación del Ciclo de Deming cuyo objetivo es reducir los costos incrementando sus ingresos (Volcán Compañía Minera S.A.A.), Robot Minero Explorador el cual realiza tareas operativas en menor tiempo y reduciendo costos (Minera Yanacocha S.R.L.), etc. Estos modelos o implementaciones tienen como objetivo mejorar y optimizar sus procesos reduciendo sus tiempos y disminuyendo sus costos con el fin de aumentar su productividad, pero ninguno se enfoca en los procesos ambientales negativos.

Después de lo anterior planteado, se busca iniciar una nueva perspectiva acerca de la metodología Lean, donde se quiere emplear el requisito mundial de mejorar los aspectos ambientales que generan las actividades mineras extractivas, así como también los procesos de transporte que generan una significativa contaminación al aire.

1.2 Formulación del Problema General

¿En qué medida la mejora del proceso de transporte basado en la metodología Lean reducirá los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021?

1.3 Formulación de Problemas Específicos

- a) ¿En qué medida la reducción del tiempo de transporte basado en la metodología Lean permitirá reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021?
- b) ¿En qué medida el incremento del rendimiento de transporte basado en la metodología Lean permitirá reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021?
- c) ¿En qué medida reducir el costo de uso de combustible basado en la metodología Lean permitirá reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021?

1.4 Importancia y justificación del estudio

1.4.1 Importancia

Este estudio que propone un modelo el cual permite mejorar los procesos, basado en la metodología Lean, y a su vez influye en la reducción de los impactos ambientales negativos, en una mediana compañía minera de la provincia de Pataz; contribuye a un mayor desarrollo en cuanto a procesos en el sector minero, ayudando a consumir una menor cantidad de recursos que es de vital importancia al buscar la sostenibilidad ambiental en este sector que de por sí es uno de los mayores causantes de daños ambientales irreparables en el Perú, también incentiva la interiorización del cuidado ambiental de los trabajador en cada una de sus actividades diarias, siendo una de los aspectos más importantes para la mitigación de contaminación ambiental en el sector minero.

1.4.2 Justificación

Teórica

Según los autores Juan Carlos Hernández Matías y Antonio Vizán Idoipe (2013), indican que “La metodología Lean, mejora un sistema de producción centrándose en encontrar y eliminar todo tipo de desperdicios o procesos que utilizan excesos de recursos”. (Pág. 10)

Este trabajo de investigación se realiza con la finalidad de mejorar los procesos de transporte en un centro minero, también enfocándose en la reducción de consumo de recursos, con la ayuda de “Lean & Green”, que es un modelo de estudio en el que combina el aspecto de optimizar procesos con el de mitigar los impactos ambientales relacionados a estos procesos.

Metodológica

Con la finalidad de lograr la mejora del proceso de transporte y a su vez reducir los impactos ambientales, se emplea técnicas de investigación para recolectar datos necesarios y analizar la información, como lo es la aplicación de la metodología Lean & Green que permite aplicar una serie de módulos para optimizar y disminuir el manejo de los impactos ambientales ocasionados por las diferentes actividades del sector minero y una vez sea demostrado su validez se utilizará como un aporte en otros trabajos de investigación.

Social

Según Osinergmin “Los conflictos sociales relacionados con la minería se dividen en socio ambientales, laborales o asuntos del gobierno (local, regional o nacional), siendo los socios ambientales los de mayor incidencia. Para mayo de 2016, de los 77 conflictos mineros activos, 76 fueron socio ambientales y uno por asuntos del gobierno”. (pág. 198)

En la actualidad el papel de la ecología y la minería frente a la crisis ambiental hace que el desarrollo de soluciones frente a estos impactos sea de suma importancia, la presente investigación tiene como una de sus principales finalidades mejorar la calidad de vida, tanto de los trabajadores de la minera como de las comunidades aledañas a esta, incentivando el cuidado ambiental como un hábito diario.

Práctica

Según los autores Juan Carlos Hernández Matías y Antonio Vizán Idoipe (2013) Indican que “La metodología Lean, mejora un sistema de producción centrándose en encontrar y eliminar todo tipo de desperdicios o procesos que utilizan excesos de recursos”. (Pág. 10)

La aplicación de la metodología Lean permite mejorar los tiempos en el área de transporte, específicamente el transporte de material en el centro minero en estudio, optimizando el uso de vehículos y reduciendo el uso de combustible y, por consiguiente, reduciendo los impactos ambientales dañinos ocasionados en este proceso.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Delimitación Espacial

La presente investigación estudia la mejora de procesos para la reducción de impactos ambientales en una mina ubicada en la provincia de Pataz, departamento de La Libertad, Perú.

1.5.2 Delimitación Temporal

La presente investigación se efectúa y analiza de acuerdo a datos históricos de las actividades de cada proceso de transporte, que se vieron afectados durante el periodo comprendido entre el 1 de marzo del 2021 al 31 de marzo del 2021.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Determinar en qué medida la mejora del proceso de transporte basado en la metodología Lean reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

1.6.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar en qué medida la reducción del tiempo de transporte basado en la metodología Lean permite reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.
- b) Determinar en qué medida el incremento de rendimiento de transporte basado en la metodología Lean permite reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.
- c) Determinar en qué medida reducir el costo de uso de combustible basado en la metodología Lean permite reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Investigaciones relacionadas con el tema

2.1.1. Tesis nacionales

Existen variedad de investigaciones donde su principal objetivo es reducir o eliminar los impactos ambientales en una empresa y a la vez aumentar la productividad y mejorar los procesos basados en la metodología Lean-Green u otra herramienta. En relación a lo nacional se analizaron las siguientes investigaciones:

Vargas (2019), en su tesis “Mejoramiento del sistema de Carguío y Transporte Del Mineral Marginal En La Cancha N°35 – Planta Pre Concentradora, Unidad Minera San Rafael – Melgar Puno”, basada en el sector minero donde se centra en las áreas de carguío y transporte el cual son las áreas de mayor inversión. Definió la teoría necesaria para comprender, analizar y proponer mejoras factibles en los procesos de estudio, luego realizó un resumen de la situación actual de la empresa para entender sus actividades generales y así describir los procesos en estudio a mejorar finalmente se planteó las mejoras propuestas en función a los puntos críticos identificados y detallar la justificación e impacto de la mejora de los procesos, todo esto se realizó en función a un estudio de tiempos, para ver las demoras operativas en el área de carguío y transporte con el fin de evaluar el rendimiento de los equipos y así calcular el número óptimo de unidades para la flota de equipos, produciendo con ello un beneficio útil y reducir costos para la empresa.

El trabajo de Vargas (2019) se relaciona con la presente investigación porque su finalidad es mejorar los procesos, con la identificación y análisis de las causas y efectos de los puntos críticos de los procesos de la empresa para establecer una viabilidad económica de cada propuesta de mejora en la cual la tesis concluye lo siguiente:

la identificación de la presencia de colas en los equipos de transporte, significando una disminución en su productividad, frente a ello se realiza un análisis matemático aplicando el modelo de líneas de espera, logrando eliminar los tiempos muertos y se obtuvo un cierre de ciclo en cada frente de trabajo. Dándonos como resultados 1.33 volquetes, demostrando que en la cola habría

más de un volquete en espera, el cual logró una disminución en el costo del equipo de transporte de 87.82 \$/hr a 69.42\$/hr por la disminución efectuada en la flota de equipos de transporte. (p. 182)

La tesis se titula “MEJORA DEL PROCESO DE TRANSPORTE EN UNA EMPRESA DE EXPLOSIVOS BASADO EN BUSINESS INTELLIGENCE” Lima, 2019” Autores: Mosqueira Mostacero, Eliana Paola y Napa Carbajal, Fredy Sebastián.

Esta tesis de investigación guarda relación con el trabajo de investigación debido a que tiene similitud con la primera variable que es la mejora de proceso de transporte utilizando la herramienta de Business Intelligence.

Para el planteamiento del problema se identificaron 3 que son: Comportamiento inseguro de los transportistas, demora en los tiempos de entrega y altos sobrecostos en la operación. (Pág. 4) estos problemas se identificaron mediante la aplicación de técnicas y herramientas como Diagrama de Ishikawa, árbol de problemas, entre otros.

El objetivo de la investigación es “Determinar en qué medida la implementación de Business Intelligence mejora los procesos de transporte en una empresa de explosivos” (Mosqueira y & Napa, 2019, pág. 8) para lo cual realizaron un procesamiento de datos donde se logró cuantificar la situación actual de la empresa mediante la creación de reportes; lo que a su vez permitió identificar qué impacto tienen los problemas previamente determinados que existen en los procesos, para luego ofrecer información fiable a las áreas pertinentes donde permite la toma de decisiones.

Esta tesis concluye con una comparación de resultados obtenidos entre el año 2018 antes de la implementación BI con el año 2019 con la implementación de BI, demostraron que la aplicación de la herramienta de Business Intelligence permitió mejorar los procesos de transportes reduciendo los costos en un 68%, se redujo en un 60% las alertas con riesgo de peligrosidad.

Riveros (2016), en su tesis titulada “Cálculo De La Productividad Máxima Por Hora De Los Volquetes En El Transporte Minero Subterráneo En La Unidad Minera Arcata 2016” basada en una empresa minera dedicada a la explotación

de plata y oro, siendo de tipo subterránea; describe los trabajos realizados en la operación unitaria de transporte, las mediciones de tiempos para aplicar fórmulas y calcular la productividad horaria de los volquetes.

En el diagnóstico del problema se pudo verificar que la productividad del transporte minero subterráneo tiene influencia directa en las tarifas unitarias donde depende el grado de rentabilidad de la empresa y no se estaba cumpliendo con la distancia de acarreo desde el interior de la mina hacia la superficie por ende se hizo un estudio de tiempo de transporte para encontrar el cuello de botella e implementar soluciones. Con esto se concluyó que con la determinación de los ciclos totales de acarreo y transporte se pudo calcular la productividad horaria real y con este resultado se logró establecer las tarifas unitarias por cada zona de trabajo aumentando en un 77.90 % la producción óptima posible.

2.1.2. Tesis internacionales

Bonzi (2016) en su tesis titulada “Propuestas De Mejora De La Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota De Carguío y Transporte En Minera Los Pelambres”, encontró diversos problemas en el área de carguío y transporte, para el diagnóstico de estos problemas, realizó un estudio de tiempos el cual logró encontrar que los caminos angostos retrasan el traslado de los materiales también la demora en los relevos de operadores y la falta de limpieza de los caminos generan tiempos muertos y sobres costos. Gracias a este diagnóstico se logró mejorar estos procesos llegando a una conclusión de tener información de las necesidades de cada área, puesto que una actividad provechosa en todo grupo de trabajo es el “Feedback”. Con el seguimiento de la estiba y factor de carga de los camiones, y de la pendiente de las rampas de acceso, la cantidad de derrames en los caminos y el tiempo en su limpieza es elevada. Este desafío influye directamente en las demoras no programadas, lo que disminuye los tiempos efectivos de las palas y camiones. Para la solución de esto se incorporó nuevas tecnologías a los sistemas actuales de operación, el cual permitirá disminuir los tiempos de pérdidas operacionales (inspección manual de los dientes) y de las demoras no programadas, junto con una disminución de las horas de inspección por parte de las cuadrillas de

mantención.

CCatamayo (2017) en su tesis “Aplicación De Filosofía Lean En La Preparación Minera, Mina El Teniente Codelco Chile”, Basada en la mina Codelco, la cual se dedica a la explotación de cobre, encontró dificultades como sobre excavación, acumulación de marina y elevada cantidad de interferencias operativas; las cuales causaban retrasos y disminución de productividad para ello se planteó como objetivo principal diagnosticar la causa de los tiempos perdidos de las operaciones para analizar los procesos del ciclo de minado y sus variables asociadas mediante la metodología Lean, con la herramienta Mapeo de Cadena de Valor, logró representar la secuencia de actividades en un mapa de flujo el cual tiene varias etapas, la primera se definen todos los datos a recopilar, la segunda se realiza un mapeo del estado actual de la empresa, el tercero se desarrolla un mapeo del estado futuro y finalmente se implementa el estado futuro donde se ve el plan de optimización para identificar posibles soluciones y aplicación de medidas correctivas.

La tesis concluyó con el resultado del análisis del principal problema que es la sobre excavación y es por esta razón en el estado futuro propone cambiar el explosivo usado cotidianamente por Emulsión bombeable. Esto redujo la sobre excavación hasta 18%, mayor eficiencia de avance de la excavación hasta el 95% y reducir el tiempo de emisión de gases pos tronadura hasta 20 min.

Henao y Gelves (2019) en su tesis titulada “Aplicación De La Metodología Kaizen A Las Operaciones En La Mina En La Empresa De Explotación De Cobre Miner S. A.” Basada en la empresa minera Miner S.A., dedicados a la comercialización de concentrados de cobre y oro; plantearon un análisis de los procesos que necesitan ser intervenidos puesto que se constata improductividad y aumentos de costos. Cuyo objetivo es reducirlos, mediante la optimización de recursos he incremento de la productividad, en la cual debe resaltar los esfuerzos en procesos estructurados y sistemáticos que impacten a las competencias de la organización. En primer lugar, se evalúa las consecuencias de los KPI de los últimos períodos de la operación en la mina, área que comprende los procesos de extracción, y seleccionaron los indicadores por intervenir, que se caracterizan por las consecuencias que requieran un análisis. La gestión se enmarcó en una descripción detallada de los elementos que

constituyen cada proceso con el fin de que se tenga la información detallada de los recursos que intervienen. Los indicadores escogidos son el “porcentaje de eficiencia de la perforación y la voladura” y el consumo se exponen las propuestas de mejora mediante el uso de la herramienta diagrama de Ishikawa, puesto que permite identificar las causas de los problemas de rendimiento en los dos procesos seleccionados. Para lograr que este análisis fuese lo más completo posible y poder compartir la filosofía Kaizen. Con esto concluyen que la metodología Kaizen es aplicable en el sector minero, su implementación se lleva a un bajo costo de inversión y de personal, depende en gran medida de la decisión y la actitud de los directivos y participantes por trabajar en la mejora continua.

2.2. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

Mejoramiento de procesos:

Según Perugachi (2016) es una “revisión que conlleva al mejoramiento continuo (incremental y/o radical) de los procesos de una institución, apoyado en las mejores prácticas y en el uso de la tecnología de información” (p.19), lográndose a través de lo siguiente:

- Estándar de procesos de negocio
- Valoración
- Diseño de procesos
- Diseño de estructuras organizacionales

El mejoramiento de procesos viene siendo vital para el manejo de negocios en estos últimos años, tener un ambiente de elevado nivel competitivo, una economía mundialmente globalizada y un mercado competitivo es de suma importancia para poder conseguir las metas propuestas por una empresa. Poder reconocer los procesos en una empresa que necesiten ser gestionados para una mejora continua, ayuda a esta a poder extenderse y crecer. Lo vital para una mejora continua es una evaluación continua, esto se puede trazar mediante el Ciclo de Shewart:

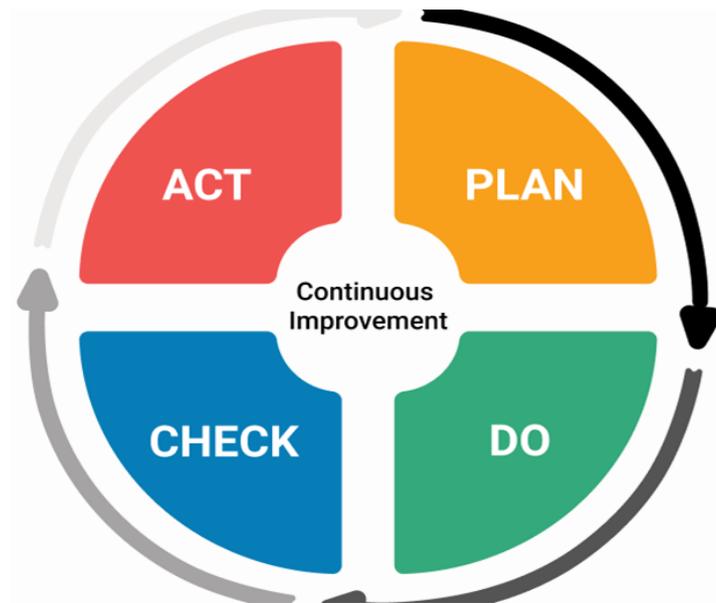


Figure N° 11: Ciclo de Shewart
Fuente: Excellence Management

A. Planificar la mejora

Para poder realizar las mejoras necesarias para un correcto proceso de optimización se debe instaurar un Plan de Mejora. Este debe incluir todos los pasos y herramientas que faciliten el camino para llevar el proceso a la excelencia

B. Ejecutar

La frase “mejorar las cosas” refleja esta sección del ciclo, se debe verificar exhaustivamente todos los resultados en cada fase, desde el inicio hasta el término del proceso. De esta manera, medir los tiempos que se demoran en realizar las tareas previstas y el lugar más adecuado para que estas actividades sean ejecutadas. Quiere decir, evaluar la eficiencia de las operaciones, vista desde el punto no solo del área de calidad (teniendo en cuenta a los proveedores), sino también de la percepción de los usuarios.

C. Evaluar

Se requiere la búsqueda continua de todas las posibles causas raíces de los errores, relacionando las expectativas de los clientes con los flujos de salida del proceso. Se sugiere la utilización de las siguientes herramientas para una correcta verificación y evaluación de los procesos:

- Reiteración del ciclo

- Llevar a cabo de auditorías
- Utilización de técnicas de benchmarking

D. Actuar

Esta fase consiste en ser parte en el proceso para solucionar los problemas de calidad, analizando los factores que puedan intervenir en el ámbito de aplicación, la forma más operativa para actuar, y uno de los puntos clave es la gestión de calidad de este, es la formación de Grupos de Mejora, reuniendo a las personas que los desarrollan y que por tanto los conocen bien.

Metodología Lean Manufacturing:

Es, ante todo, una filosofía de gestión que ha cobrado una gran importancia en una cantidad elevada de organizaciones líderes en el mundo, ya que se ha orientado en eliminar aquellas actividades que no agregan valor al producto o servicio y demostrar lo relevante que es el hecho que el trabajo fluya, que no exista tiempos muertos o de espera, etc.

Lean se enfoca en la reducción y si es posible eliminación de mudas, con el uso de una serie de herramientas (5S, TPM, kanban, jidoka, kaizen, SMED, entre otros), que inicio en Japón. Esta metodología tiene tres pilares importantes que incluyen el control total de la calidad, filosofía de mejora continua, beneficio del potencial a través de la cadena de valor, eliminación de despilfarro y la implicación de los operarios (Rajadell, 2012).

Los Pilares de Lean Manufacturing

Para poder implementar en una planta industrial la metodología Lean se debe conocer los conceptos, técnicas y herramientas con la finalidad de lograr tres objetivos: competitividad, rentabilidad, y satisfacción de todos los clientes. Estos pilares son:

- Concepto kaizen: La filosofía de la mejora continua.
- Calidad a la hora de tomar decisiones: control total de la calidad.
- Just in time.

Primer pilar: KAIZEN

Kaizen, según Masaki Imai su creador, es el resultado de la conjugación de dos términos, kai, cambio y, zen, mejora, resultando en el significado “cambio para mejorar”, implicando un cambio de cultura constante para evolucionar y realizar nuevas prácticas, a esto se le conoce como “mejora continua” (Rajadell, 2012).

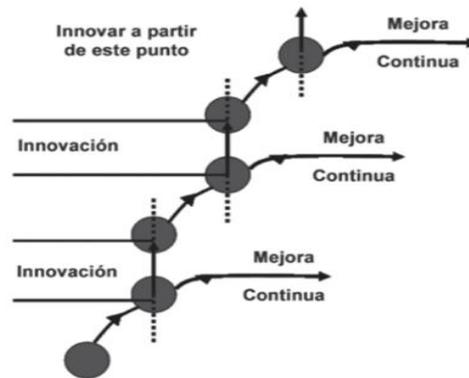


Figure N° 12: Mejora continua

Fuente: Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad

Segundo pilar: Control Total de la Calidad

El norteamericano Feigenbaum planteó estas palabras por primera vez, en mayo 1957 en la revista Industrial Quality Control, donde explicaba que todas las áreas y departamentos de una compañía, tienen una responsabilidad en el control total de la calidad, ya que así incluyen a toda la empresa en el mismo (Rajadell, 2012). El CTC tiene tres características básicas:

- Todas las áreas de la empresa tienen participación del control de calidad. Si se aplica durante la fabricación, impulsa a la reducción de costos de producción, errores y defectos, de esta manera baja el costo para el cliente y aumenta la rentabilidad de la empresa.
- Si bien todos los empleados son parte del CTC, también se debe incluir a los proveedores, distribuidores y otros, clientes internos y externos.
- El CTC tiene que estar completamente incluido con todas las funciones en la empresa.

Tercer pilar: Just in time (JIT)

Taiichi Ohno, primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, fue el impulsor de este sistema de producción llamado Just in Time, cuyo objetivo era

disminuir costes gracias a la eliminación de mudas. Con JIT se busca tener una producción en la que esta sea solo lo necesario, lo requerido por el mercado, y el momento preciso. Se dice que un proceso productivo trabaja con JIT cuando dispone de “los artículos exactos, en el plazo de tiempo y las cantidades demandadas”. Lead Time se define como el periodo de tiempo que más preocupa a los clientes, siendo el tiempo que transcurre desde el pedido solicitado por el cliente hasta que este lo recibe. Es de mucha importancia ya que es el tiempo con el que el cliente puede planificar sus compras con anticipación y evidentemente mientras más corto, fiable y seguro sea el plazo de entrega, mejor.

Los esfuerzos deben centrarse, si es posible, en la eliminación o de otra manera en la reducción de los tiempos “muertos” o desperdiciados en todo el proceso con el fin de optimizar el flujo y minimizar los plazos de entrega, asegurándose a su vez una alta calidad y disminución de costes y de esta manera aumentar la productividad.

Gestión de transporte

Este ha sido uno de los factores más importantes para el adecuado progreso o por otro lado el retraso de empresas y negocios, por ende, es de suma relevancia que se tenga una óptima gestión del mismo. Esta área constituye, de los costos logísticos, casi el 50% de una empresa, que consiste en gestionar una estrategia para la correcta elección de los medios de transporte que se utilizarán y sus movimientos.

Para poder diseñar un sistema logístico conveniente se debe implementar procesos de planificación, abastecimiento, producción, disposición y servicio al cliente. Para integrar todas estas áreas, se debe mejorar las redes de distribución, la ubicación de la empresa, almacenes o centros de distribución, el gestionamiento de los inventarios y de qué manera unir todos estos componentes con la cadena de suministros. El desarrollo de una idónea gestión de transporte ayuda a poder unificar las partes antes mencionadas.

De esta manera, es el transporte y su correcta gestión la que permite a las empresas disminuir sus costos y ahorrar tiempos.

El internet de las cosas

Es la combinación de productos, maquinarias, automóviles y camiones y otros objetos de uso cotidiano con conectividad a internet y potentes capacidades de análisis de datos que prometen transformar el modo que trabajamos. Por lo general, el término Internet de las Cosas se refiere a escenarios en los que la conectividad de red y la capacidad de cómputo se extienden a objetos, sensores y artículos de uso diario que habitualmente no se consideran computadoras, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos con una mínima intervención humana.

El concepto de combinar computadoras, sensores y redes para monitorear y controlar diferentes dispositivos ha existido durante décadas. Sin embargo, la reciente confluencia de diferentes tendencias del mercado tecnológico está permitiendo que la Internet de las Cosas esté cada vez más cerca de ser una realidad generalizada. Estas tendencias incluyen la conectividad omnipresente, la adopción generalizada de redes basadas en el protocolo IP, la economía en la capacidad de cómputo, la miniaturización, los avances en el análisis de datos y el surgimiento de la computación en la nube.

Para la implementación del internet de las cosas se utilizan diferentes modelos de conectividad, cada uno de los cuales tiene sus propias características. Los cuatro de los modelos de conectividad descritos por la Junta de Arquitectura de Internet incluyen: Device-to-Device (dispositivo a dispositivo), Device-to-Cloud (dispositivo a la nube), Device-to-Gateway (dispositivo a puerta de enlace) y Back-End Data-Sharing (intercambio de datos a través del back-end). Estos modelos destacan la flexibilidad en las formas en que los dispositivos puedan conectarse y proporcionar un valor para el usuario.

2.3. Definición de términos básicos

Eventos Kaizen:

Significa mejora continua en japonés, también son conocidos como eventos de mejora de procesos rápidos, son actividades diseñadas para eliminar el desperdicio y realizar cambios rápidos en el lugar de trabajo. Son un medio principal para implementar otras herramientas como las 6S (5S + Seguridad). Kaizen se basa en la filosofía de desarmar algo, comprender como se mejora para posteriormente poder

aplicar mejoras, así como también que los pequeños cambios incrementales que se aplican de forma rutinaria y se mantienen por un tiempo prolongado, dan como resultado mejoras significativas en forma general.

La filosofía Kaizen se considera en numerosas ocasiones como el “bloque de construcción” de todos los métodos de producción ajustada. Sus resultados usualmente vienen de:

- El enfoque de Kaizen en pensar rápidamente de la planificación a la implementación.
- El enfoque de Kaizen en hacer un crecimiento continuo en lugar de buscar la alternativa correcta.
- El enfoque de Kaizen en la importancia que le da a la inclusión de todos los trabajadores en su proceso e incentivándolos a trabajar en equipo.
- El enfoque de Kaizen en abordar las causas principales de los problemas.
- El enfoque de Kaizen en la mejora de procesos desde una perspectiva de sistemas.

Las tres fases de un evento Kaizen

Normalmente requieren que una organización fomente una cultura en la que todos los empleados estén perfectamente capacitados para identificar y resolver errores. La mayoría de las organizaciones que han implementado Kaizen han establecido métodos y reglas básicas que se comunican bien y se refuerzan mediante la capacitación. Generalmente tienen tres fases:

Fase 1: Planificación y preparación

Primeramente, se selecciona un área objetivo y un problema, luego se elige un problema más específico de “eliminación de desechos” dentro de esta área para el enfoque del evento Kaizen. Se recopila información referente al área de proceso y se establecen objetivos y medidas de mejora. Se selecciona y capacitan cuidadosamente un equipo y un líder, asegurándose de aprovechar una variedad de experiencia, con más razón a trabajadores de la planta que estén íntimamente relacionados con el proceso objetivo.

Fase 2: Implementación – El evento

La implementación se centra en el evento Kaizen real, con una duración de dos a cinco días, dependiendo de su alcance. La primera parte incluye una evaluación del estado actual del proceso, para que todos en el equipo comprendan el problema que se está trabajando por resolver. Al equipo se le asignan funciones específicas para la investigación y análisis. A medida que se profundiza en la investigación, se van agregando detalles al VSM del proceso y realizan estudios de tiempo de las operaciones relevantes. La siguiente parte se centra en seleccionar, desarrollar, implementar y probar nuevas ideas. Una vez se identifique y mida la actividad sin valor agregado, los miembros del equipo realizan una lluvia de ideas, registrando todos estos debates, para que al final se seleccione la idea más adecuada y prometedora.

Fase 3: Presentación y seguimiento

Las actividades de recapitulación y seguimiento garantizan que los resultados de un evento Kaizen se mantengan en la organización, las mejoras realizadas deben compartirse con toda la organización. La celebración también es importante para reconocer las contribuciones de los miembros del equipo e incentivar una cultura de participación.

La minería:

Es el conjunto de actividades que se realizan en un yacimiento para poder obtener recursos de una mina, a través de la explotación o extracción de minerales contenidos en el suelo y subsuelo. Esta actividad se desarrolla en todo el mundo, teniendo como rol fundamental el ser fuente de crecimiento y desarrollo.

Los minerales

Son un conjunto de elementos químicos, no metales y metales, encontrados en rocas. Los yacimientos de mineral son formados por depósitos con altas concentraciones de minerales

Table N° 4: Algunos usos de metales en los sectores económicos

Actividades económicas	
Enseres domésticos <ul style="list-style-type: none"> - Artículos de tocador - Artículos de cocina - Belleza y cosméticos - Artefactos de uso cotidiano: ducha, terma, sanitarios, etc. - Artículos de vestir 	Construcción y edificaciones <ul style="list-style-type: none"> - Materiales de construcción - Herramientas e instrumentación de obras - Techos de hormigón armado, pilares, cimientos, cercas, etc.
Cultivo y agricultura <ul style="list-style-type: none"> - Maquinarias ligeras y pesadas - Abonos fertilizantes 	Medicina <ul style="list-style-type: none"> - Fármacos - Equipos y herramientas - Artefactos que se introducen en el cuerpo
Industria <ul style="list-style-type: none"> - Bebidas de latas - Plástico - Cubiertos, lápices, tajadores, borradores, libros, papel, etc. 	Transporte <ul style="list-style-type: none"> - Autopistas - Vehículos de transporte (aviones, barcos, cohetes)
Ciencia y tecnología <ul style="list-style-type: none"> - Vehículos espaciales - Teléfonos móviles - TV 	Arte <ul style="list-style-type: none"> - Cuadros artísticos - Instrumentos de música - Dijes y joyas

Fuente: Osinergmin

Principios de extracción de minerales

Extracción minera subterránea

Es aquella que se dedica a la extracción de minerales por debajo de la tierra o superficie terrestre, este tipo de minera usualmente se realiza cuando la de cielo abierto no es factible, por razones medioambientales o económicas, este tipo de minas que excavan de arriba hacia abajo, lo que se vuelve ineficiente a profundidades mayores a los 60 metros.

Surge cuando se descubre una concentración mineral bajo tierra, con un valor económico lo suficientemente alto para poder compensar la inversión de la construcción de un centro minero.

Tipos de minas subterráneas

En función de su localización y sus características, las minas subterráneas se pueden diferenciar en dos tipos:

Pozos mineros

Se caracterizan por ser fosas o excavaciones que se encuentran por debajo del suelo, usualmente en valles y otras llanuras, estas se cavan de forma vertical y la mayoría se encuentra por debajo del mar, suponiendo riesgos de derrumbes que suceden frecuentemente y para la extracción del agua se requiere la instalación de bombas desde niveles inferiores hasta la superficie.

Minas de montaña

El acceso resulta más sencillo que los anteriores mencionados. Son construidos pasillos con caminos horizontales y excavaciones en las laderas, en su mayoría. El desagüe se realiza con la ayuda de la gravedad.

Ventajas de la minería subterránea respecto a las minas a cielo abierto

Una de las más importantes ventajas es la mínima expulsión de agentes contaminantes en zonas aledañas al centro minero, ya que los minerales son extraídos desde las profundidades subterráneas, no generando mayores daños en el área externa de la mina y al medio ambiente. Esto hace que no se cree un desorden que las minas a cielo abierto usualmente presentan.

No requiere el rompimiento y la explotación del suelo con dinamitas, este tipo de minería se lleva a cabo excavando pozos y pasajes de manera estratégica desde el área externa de la tierra hasta los acopios de betas o hacia yacimientos ricos en minerales, de esta manera, su extracción resulta más sencilla y se prevén exponer al exterior todos los residuos que resultan de la explotación.

Tampoco se alteran las zonas verdes como bosques, ríos, zonas residenciales y áreas agrícolas.

Suelen asegurar una vida más extensa para la misma explotación, beneficiándose la empresa a largo plazo, aumentando la producción y los ingresos.

Son por estas razones por la que la mina subterránea es la más empleada por las empresas que se dedican a la explotación de minerales

Desventajas de la minería subterránea respecto a las minas a cielo abierto

Por otro lado, la minería que es subterránea necesita mayor capital económico que la minería a cielo abierto para su explotación. El capital se invierte, mayormente, en los preparativos para hacer las perforaciones, en los implementos para salvaguardar la seguridad y salud de los trabajadores y las instalaciones de los sistemas de ventilación de manera efectiva.

Estas minas son más peligrosas que las de tajo abierto, los trabajadores y otras personas que laboran en el entorno de la zona minera se encuentran en constante peligro por derrumbes, gases tóxicos y otras sustancias nocivas para la salud. Es probable que exista más riesgo de explosiones, incendios o inundaciones. Esto implica un mayor costo en el área de seguridad de riesgos para las empresas.

La zona de trabajo y la automatización de procesos es a su vez, limitada. En las minas de socavón no es posible el uso de máquinas de gran tamaño a comparación de la minería a tajo abierto, haciendo que la productividad no sea máxima si se compara con el alto coste.

Lean & Green:

Esta metodología ofrece estrategias y técnicas prácticas sobre cómo mejorar los resultados Lean mientras se alcanzan objetivos de desempeño ambiental. Este conjunto de herramientas contiene estrategias y técnicas que pueden permitir identificar fácilmente los desechos ambientales y a su vez tener oportunidades de mejorar los procesos.

[Vínculo entre los desechos ambientales y los siete desechos mortales de Lean](#)

Table N° 5: Impactos ambientales asociados a los desechos mortales

Desperdicios mortales	Impactos ambientales
Sobre-producción	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor consumición de sustancias primas y energía en la fabricación de productos innecesarios. - Productos adicionales pueden estropearse o quedar obsoletos que requerirán eliminación. - Materiales peligrosos adicionales resultantes de emisiones extras, eliminación de residuos, exposición de los trabajadores, etc.
Inventario	<ul style="list-style-type: none"> - Se necesita más espacio para poder almacenar los productos en proceso. - Desechos originados por productos deteriorados. - Se necesitan más materiales que son necesarios para poder reparar los productos en estados deteriorados. - Se necesita tener un uso de energía elevado para tener almacenados los productos.
Defectos	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancia prima y energía que se acaba en vano. - Reciclar y disponer de los productos defectuosos. - Se requiere mayor espacio para re-procesos. Mas consumo de energía.
Transporte Movimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Un consumo de combustible alto. - Difusiones de combustión producidas por los vehículos. - Se requiere más espacio para el movimiento (mas consumo de luz eléctrica, aire acondicionado, otros) - Embalaje adicional para transportar materiales peligrosos.
Sobre-procesos	<ul style="list-style-type: none"> - Una alta cantidad de partes y materia prima agotada por unidad de producto. - Procesos que no son necesarios. Una generación de residuos más de lo habitual, alto consumo de energía, altas emisiones.
Esperas	<ul style="list-style-type: none"> - Alto consumo de energía que no es necesaria en los tiempos de espera. - Deterioro potencial de los materiales o daños en los componentes que causen residuos

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

A pesar de estas relaciones entre los “desechos mortales” de Lean y los desechos ambientales, los esfuerzos de implementación de Lean a menudo pasan por alto las

oportunidades para prevenir o reducir los desechos ambientales. Una compañía puede mejorar su desempeño Lean asegurándose a su vez que los desechos

ambientales se identifiquen explícitamente para de esta manera poder reducirlos con las herramientas adecuadas.

Para poder seguir el procedimiento de esta metodología se debe asegurar de haber reconocido debidamente los desechos ambientales en la organización.

1. Agregue métricas ambientales a las métricas ajustadas.

Para comprender los esfuerzos Lean de una empresa que están afectando el medio ambiente es necesario añadir una o más métricas de desempeño ambiental a las métricas utilizadas para evaluar el cumplimiento de la implementación Lean.

Table N° 6: Tipo de métricas ambientales

TIPOS DE MÉTRICAS AMBIENTALES	
. Salida de merma	. Emisiones Aéreas
. Materiales usados	. Residuos Sólidos
. materiales peligrosos	. Residuos peligrosos
. Uso de energía	. Agua contaminada
. Uso de residuos	

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

La aplicación de métricas ambientales en la evaluación Lean demostrará que la empresa pueda documentar los beneficios ambientales que son parte de la implementación Lean, así como identificar objetivos de mejora.

2. Muestre el compromiso y el apoyo de la dirección.

Es importante que la gerencia de su empresa muestre su apoyo para mejorar el rendimiento medioambiental y Lean. El apoyo tiene que ser de la gerencia hasta el operario y del operario a la gerencia, viceversa para asegurar el éxito a largo plazo de la herramienta Lean y medioambientales. La alta dirección muestra apoyo de la siguiente manera:

- Invertir en formación Lean y medioambiental.
- Proporcione recursos, herramientas e incentivos para que los empleados tengan éxito.
- Incluya conceptos de Lean y medio ambiente en discursos, boletines y otras comunicaciones.
- Anime a los gerentes Lean.

- Establezca metas y objetivos de desempeño relacionados con Lean y el medio ambiente.
- Realice un seguimiento del progreso de Lean y del medio ambiente y responsabilice a las personas por el cumplimiento de esos objetivos.
- Reconozca y recompense los logros de Lean y medioambiental.

3. Incluir el desperdicio ambiental en los esfuerzos de capacitación Lean.

Una manera de capacitar a los empleados de poder ver los desechos ambientales es integrarlos en programas como las siguientes sugerencias.

- Cabe la posibilidad que una empresa desee incluir una sección sobre cómo identificar y eliminar los desechos ambientales en las presentaciones introductorias de capacitación Lean.
- Considerar la posibilidad de modificar los siete desperdicios mortales de Lean para incluir un octavo desperdicio, desperdicio ambiental, en presentaciones y materiales de capacitación.
- Considere realizar una “caminata de desechos” durante las capacitaciones Lean donde los trabajadores caminan por el taller y anotan los desechos ambientales que observan.
- Desarrolle listas de verificación o una guía de bolsillo con desechos ambientales comunes para usar durante eventos y caminatas sobre desechos.

4. Hacer que los desechos ambientales sean visibles y fáciles de eliminar.

Una empresa puede aprovechar el enfoque Lean en los enfoques visuales para respaldar los esfuerzos medioambientales de una empresa como las siguientes sugerencias:

- Mostrar cómo se desempeñan las áreas de producción individuales en relación con los objetivos de las métricas ambientales junto con las métricas Lean.
- Incorporar los desechos ambientales en los tableros de control de actividad y producción, lecciones de un punto y otros letreros sobre desechos en el piso de producción.

- Aplicar los conceptos de 6S y a prueba de errores a las áreas de trabajo donde ocurren el uso y manejo de químicos y las actividades de recolección y manejo de desechos. Utilice colores, letreros y otros controles visuales para reforzar el manejo adecuado de productos químicos y los procedimientos ambientales y de manejo de desechos.

5. Reconocer y recompensar el éxito.

Uno de los mejores pasos en la metodología Lean & Environment de una empresa puede ser reconocer los beneficios medioambientales que la empresa haya logrado. Es posible que los gerentes de producción y los operadores de línea no estén acostumbrados a recibir premios o reconocimientos por las mejoras ambientales. El reconocimiento puede ser tan simple como un anuncio en un boletín de la empresa, o puede configurarse como una competencia entre áreas de producción para lograr la mayor ganancia.

Es posible que su empresa no siempre tenga éxito con sus esfuerzos Lean y medioambientales, por lo que es aún más importante reconocer y recompensar los esfuerzos exitosos, aprender de los errores y probar continuamente cosas nuevas y trabajar para mejorar el desempeño de su empresa.

Introducción 6S

Descripción general del etiquetado amarillo

El objetivo de es identificar los elementos que no se necesitan en un área de trabajo y deshacerse de ellos. Esto se realiza mediante un proceso llamado etiquetado rojo. Durante un proyecto de etiquetado rojo, puede examinar su área de trabajo para identificar cualquier problema ambiental, de salud y seguridad al mismo tiempo, utilizando etiquetas amarillas u otras señales visuales.

Una estrategia de etiqueta amarilla es un método simple para identificar desechos ambientales y elementos que pueden ser dañinos para la salud humana o el medio ambiente en el área de trabajo, evaluar la necesidad de estos elementos y alternativas potenciales, y abordarlos de manera apropiada. Una estrategia de etiqueta amarilla

está diseñada para complementar una estrategia de etiqueta roja. Las etiquetas amarillas resaltan los peligros de EHS u oportunidades de mejora.

Los pasos básicos del etiquetado amarillo son los mismos que los del etiquetado rojo, por lo que puede implementarlos juntos o por separado. El proceso se puede dividir en cuatro pasos:

1. Identificar objetivos y criterios de etiqueta amarilla.
2. Haga y adjunte etiquetas amarillas.
3. Evalúe y cuide los artículos marcados en amarillo.
4. Documente los resultados.

Paso 1: Identificar los objetivos y criterios de la etiqueta amarilla

Al comienzo de un proyecto de etiquetado amarillo, su equipo debe identificar dos tipos de objetivos: (a) las áreas físicas donde se realizará el etiquetado; y (b) los tipos específicos de elementos que evaluará. Involucre al personal de EHS en su equipo de etiquetado amarillo para ayudarlo a encontrar desperdicios adicionales y oportunidades de mejora.

Los elementos potenciales a considerar en el etiquetado amarillo incluyen:

- Peligros de EHS en el lugar de trabajo;
- Productos químicos y otros materiales peligrosos; y
- Residuos ambientales.

Después de elegir los objetivos, su equipo debe acordar los criterios para evaluar los artículos con etiqueta amarilla. Puede seguir usando el etiquetado rojo y los criterios de etiquetado rojo de su empresa para determinar si un artículo es necesario en el área de trabajo según su utilidad para el trabajo en cuestión, la frecuencia con la que se usa y la cantidad que se necesita. Para las etiquetas amarillas, es posible que desee utilizar criterios relacionados con el riesgo de un artículo, la disponibilidad de materiales o equipos alternativos o la oportunidad de mejorar el desempeño ambiental.

Paso 2: crear y pegar etiquetas amarillas

Las etiquetas amarillas pueden ser tan simples como notas adhesivas amarillas que indiquen el motivo de la etiqueta amarilla, o también pueden contener datos estándar que permitirán a su empresa evaluar las mejoras de rendimiento de 6S y que respaldarán el sistema general de seguimiento de materiales de su empresa. A continuación, se muestra un ejemplo de etiqueta amarilla.

Category (circle one)	1. Health or safety concern 2. Environmental concern		
Item Name and Number			
Description of Issue or Question			
Division Responsible:		Date:	

Figure N° 13: Tarjeta amarilla

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

Es mejor adjuntar etiquetas amarillas a los elementos durante un evento breve y enfocado, para obtener una instantánea del estado actual del área de trabajo. A menos que exista un peligro inmediato para la seguridad de las personas, no pierda tiempo en esta etapa corrigiendo problemas o evaluando qué hacer con los artículos. En su lugar, utilice las etiquetas amarillas para resaltar posibles problemas u oportunidades de EHS en el área de trabajo objetivo.

Paso 3: Evaluar y cuidar los elementos marcados en amarillo

El siguiente paso consiste en aplicar los criterios del Paso 1 para determinar qué hacer con los elementos marcados en amarillo.

- Si encontró un problema de seguridad, salud o medioambiental mientras lo marcaba en amarillo, como una infracción de cumplimiento o un exceso de desperdicio medioambiental, pregunte "por qué" cinco veces para identificar la causa raíz del mismo (consulte el ejemplo a continuación) y luego pregunte "cómo". para abordarlo.

- Si un artículo es innecesario (etiquetado en rojo) y peligroso (etiquetado en amarillo), asegúrese de seguir los procedimientos adecuados para la eliminación de desechos peligrosos.
- Si quedan artículos peligrosos en un área de trabajo después de realizar la clasificación (artículos con una etiqueta amarilla pero no roja), averigüe si puede evitar la necesidad de usar esos materiales o si existe una alternativa menos tóxica.

Paso 4: Documentar los resultados

El último paso en una estrategia de etiqueta amarilla es documentar la información necesaria del proceso de etiquetado amarillo en un libro de registro u otro sistema de seguimiento que utilice su empresa. Esto debe hacerse al mismo tiempo que registra los datos de las etiquetas rojas, idealmente como parte del mismo sistema. Esto le permitirá realizar un seguimiento de las mejoras y los ahorros que han resultado de sus esfuerzos de etiquetado amarillo.

Al igual que con cualquier proyecto Lean, es importante compartir sus resultados con otros, celebrar su éxito e identificar cualquier elemento de seguimiento. Publicar los resultados de los proyectos de etiquetado amarillo en los tableros de actividades puede mostrar a otros en su empresa lo que ha podido lograr y puede generar ideas para mejorar aún más.

Marco legal ambiental:

- Ley N° 27651

En enero de 2002, se promulgó la Ley N° 27651 “Formalización de la Pequeña Minería y Minería Artesanal”; asimismo, en abril de 2002 se publicó el Decreto Supremo N° 013-2002-EM que reglamenta dicha Ley. Las normas antes mencionadas establecen que los pequeños productores mineros y los productores mineros artesanales que para el inicio o reinicio de actividades de exploración, construcción, extracción, procesamiento, transformación y almacenamiento o sus modificaciones y ampliaciones, deberán contar con la Certificación Ambiental expedida por la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas. Por tanto, para obtener dicha certificación pueden presentar

Declaraciones de Impacto Ambiental – DIA para los proyectos de la Categoría I y Estudios de Impacto Ambiental Semidetallados – EIA sd para los proyectos de la Categoría II. Cabe rescatar que las Categorías I y II pueden entenderse como categorías ambientales, que para su clasificación recoge los principios establecidos por la Ley N° 27446 “Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental” (SEIA)

- Ley N° 27446

La ley del sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental publicada el día 23 de abril del 2001, fue modificada por el Decreto Legislativo N° 1013 en la fecha del 28 de junio del 2008.

La presente Ley tiene por finalidad: a) la creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión; b) el establecimiento de un proceso uniforme que comprenda los requerimientos, etapas y alcances de las evaluaciones del impacto ambiental de proyectos.

Mudas:

La definición en japonés significa “inutilidad, ociosidad, superfluo, residuos, despilfarro”, son términos usados principalmente por Taiichi Ohno. Se explicará a continuación:



Figure N° 14: Las 7 mudas
Fuente: PrevenControl

Sobreproducción

Elaborar más de lo que se demanda o antes que de lo que se va a necesitar viene siendo muy frecuente en las industrias. Existe una falsa creencia donde dice que es preferible producir en grandes cantidades y colocarlos en almacén para tener en stock cuando la demanda del mercado sea requerida. Teniendo en cuenta, esta práctica mala finaliza en un desperdicio, ya que usamos más materia prima y financiera de lo necesitado y recursos de mano de obra.

Esperas

Se desenvuelve en el desarrollo de las actividades productivas donde existe un valor agregado, en términos industriales se define como “cuello de botella”, quiere decir un tiempo donde un área está en espera ya que en el área anterior la producción es lenta, esto introduce demoras de los materiales, instrumentos, personal, equipos, etc.

Transporte

Se traduce como pasos no necesarios de productos o materiales agregando desperdicio tanto de tiempo como de manipulación excesiva de los artículos, produciendo daños y disminuyendo la calidad de este.

Actividades no apropiadas o sobre producción

Desarrollar funciones extras en un mismo resultado, que no se necesita, es un desecho que se debe mitigar por la dificultad de encontrar, siendo en bastantes ocasiones el

encargado del proceso no tiene conocimiento de sus deberes. Es importante eliminar todo lo que no sea necesario, con el fin de optimizar el ciclo.

Sobre inventario

Significa la acumulación de almacenes y la falta de circulación en la zona de trabajo, que daña a los elementos de un producto tanto a sus partes y la finalización de ello. Esto afecta a la organización de una manera negativa dañando su economía.

Defectos

Los errores en la producción generan un impacto negativo en los procesos significativos, porque genera sobrecostos en la materia prima y en los trabajadores para reprocesarlo trayendo consigo, aparte de los elevados costos, la insatisfacción del cliente.

Noción de Hoshin: Eliminación de desperdicios

Se conoce como brújula, es un grupo de acciones que tiene como fin eliminar los dispendios, lo que no es productivo y que no tenga un valor agregado. Lo primordial del sistema Hoshin es poder involucrar a todo el personal, de modo que puedan sugerir resultados fáciles y con un acceso rápido buscando la mejora de los trabajos en la empresa al igual que en los procesos de producción (Rajadell, Sánchez, 2012). Indudablemente, lo primordial en una organización es la inclusión de todos los trabajadores, desde la alta dirección hasta los obreros.

Tipos de despilfarros:

- Despilfarros por “sobreproducción”

Es el resultado de la fabricación excesiva es el resultado de la inversión en maquinaria con capacidad mayor a lo demanda una empresa. Además de producir en exceso, se pierde tiempo y material en resultados innecesarios, representando consumo vano de la materia prima, aumentando el coste en transporte internos y llenando de stock los almacenes. La principal razón es la sobreutilización que sobrepasa la capacidad de los equipos, produciendo más de la cuenta.

Algunas posibles causas:

- Actividades incapaces.
- Sin automatización.
- Cuellos de botella.
- Actividades no confiables.
- Incomunicación.

Posibles respuestas a la sobreproducción:

- Producción unitaria.
- Implementación kanban.
- Estandarizar los procesos para tener un orden de producción.

- **Despilfarros de “tiempo de espera”**

Es el tiempo perdido como resultado un proceso de trabajo ineficiente, provocando inactividad de los trabajadores mientras otros estén saturados (Rajadell, Sánchez, 2012). Una empresa jamás va a recuperar el dinero perdido en los desperdicios de fabricación, de tal modo es importante implementar adecuadamente los tiempos.

Algunas posibles causas:

- Forma de trabajo poco consistentes.
- Incapacidad.
- Sobreproducción.
- Falta de capacitación de los operarios para utilizar las máquinas.
- Tiempos de preparación de máquinas o cambios de utillajes completos.
- Operaciones “caravana”: falta de personal

Propuestas de respuesta de este tipo de despilfarro:

- Equilibrio en la línea de producción.
- “Poka-yoke”
- “Jidoka”
- Evaluar el sistema para entregas de proveedores.

- **Despilfarros de “transporte”, “movimientos innecesarios”**

Es el producto de una utilización de innecesarios materiales, implementado

una línea de producción reduciendo los cuellos de botella (Rajadell, Sánchez, 2012). Por lo que es de vital importancia estandarizar los equipos y el trayecto que recorre los suministros, además, cuantas más veces el material es movido, más resultará dañado.

Algunas posibles causas:

- Mala distribución en la planta.
- Programas no uniformes.
- Tiempo de mantenimiento largos.
- Pobre eficiencia para los operarios y máquinas.

Posibles respuestas para este tipo de desperdicios

- Diferente distribución en flujo en base a la producción, para tener una cadena de procesos moviéndose de forma constante de forma que cada pieza de trabajo sea correctamente procesada en el tiempo de ciclo fijado.
- Operarios que realizan varias funciones.

Residuos ambientales:

Es un uso innecesario de recursos o una sustancia que se libera al aire, el agua o la tierra que podría dañar la salud de las personas o el medio ambiente. Estos desechos ambientales incluyen:

- Energía, agua o materias primas consumidas en exceso para la satisfacción del cliente de lo que es necesario.
- Contaminantes y desechos de materiales liberados al medio ambiente, como emisiones al aire, descargas de aguas residuales, desechos peligrosos y desechos sólidos (basura o desechos desechados).
- Sustancias peligrosas que dañan negativamente a la salud de las personas y al medio ambiente durante su uso cuando se está haciendo la producción o su presencia en productos.

Al igual que otros desechos Lean, los desechos ambientales no agregan valor al cliente, representando costos para la empresa y la sociedad en general.

Telemetría:

La telemetría es una tecnología que permite medir y rastrear magnitudes físicas de forma remota para que un operador pueda obtener, generalmente de manera inalámbrica, datos de diferentes zonas. Los sistemas telemétricos aportan información sobre los estados de procesos y permiten controlarlos a distancia.

El funcionamiento de la telemetría se basa en la conversión de señales captadas por un sensor a señales eléctricas que son transmitidas para su registro y posterior medición. Algunos tipos de señales pueden ser vibraciones, temperatura, presión y voltaje.

Los usos de la telemetría son amplios y habitualmente de nivel industrial y transporte, por ejemplo, podemos encontrarla en la supervisión de los niveles de agua en presas, monitoreo de la calidad de aire, control del suministro eléctrico, administración de sistemas de riego, perforación de pozos petroleros y telecontrol de naves espaciales.

Contar con sistemas de telemetría en las flotas vehiculares hoy por hoy es un deber por parte de las empresas de transporte, sobre todo si desean evitar pérdidas económicas y mejorar la productividad, la eficiencia y la rentabilidad de la empresa, respecto a sus competidores.

Es por esto que la tecnología es un gran aliado en el rubro del transporte de carga, ya que te permite medir y controlar un sinnúmero de variables en los camiones.

Vetas:

Las vetas o depósitos vetiformes, son yacimientos que poseen una estructura tabular, siendo su origen diques magmáticos o una zona de falla mineralizada. En estas vetas existen sectores de alta o mediana ley, incluso también áreas que son estériles, pueden tener un ancho entre 1 hasta 200 metros.

Las vetas son encontradas gracias a estudios geográficos donde se miden la longitud y profundidad de éstas.

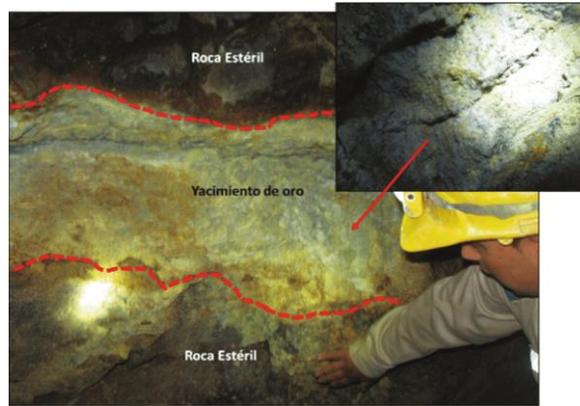


Figure N° 15: Veta de oro

Fuente: Wikipedia

Es necesario explicar que estas vetas se exploran haciendo bocaminas en las entradas de los yacimientos.



Figure N° 16: Bocamina

Fuente: Wikipedia

5S (5S + Seguridad):

Las 6S se basan en el sistema de mejora de procesos 5S diseñado como un mecanismo de mejora para la calidad y productividad, mejorando también la calidad de vida del trabajo. Se deriva de la creencia de que, en el deber diario de una empresa, los hábitos de la organización, y el equilibrio son fundamentales para un flujo de actividades eficaces. Los pilares 5S, clasificar, poner en orden, brillar, estandarizar y mantener, conceden una metodología para ordenar, limpiar, realizar y conservar un ambiente

de trabajo ideal. Las 6S utilizan estos 5 pilares más un pilar adicional para la seguridad.

Los Pilares 5S

Clasificar - Seiri: Se basa en dividir en lo que se necesita de lo que no se necesita para las operaciones de producción actuales. Un modo con eficacia para poder identificar estos elementos que no se necesitan tienen el nombre de “etiquetado rojo”

Poner en orden – Seiton: En esta segunda fase, se intenta ubicar estos elementos innecesarios en el cual se puedan encontrar fácilmente y se logre en que sean guardados. Se centra en inventar métodos de almacenamiento que sean con eficiencia y efectividad para ordenar los artículos.

Brillar – Seiso: Después se suprime el desorden que estuvo obstruyendo las zonas de trabajo y se ordenan los componentes restantes, el siguiente movimiento es asear la zona de trabajo, tomando importancia que todo el personal este comprometido.

Seguridad: Este pilar se centra en eliminar los peligros y crear un entorno seguro para trabajar, una vez que se ha organizado y limpiado el lugar de trabajo, los peligros potenciales se vuelven más fáciles de reconocer.

Estandarizar – Seiketsu: Este pilar se utiliza para mantener los primeros 3 pilares, colocando estereotipos en un lugar que tenga buena visibilidad y debe ser sencillo de comprender por todos. Se utilizan mayormente los controles visuales que ayuda a comunicar el cómo se tiene que desarrollar este trabajo.

Disciplina – Shitsuke: Este pilar tiene la costumbre de conservar adecuadamente los métodos correctos y a menudo es el pilar más complicado de implementar ya que por la misma naturaleza que se tiene como humanos es común que exista resistencia al cambio. Este periodo consta en transformar las 5S en una manera natural de proceder, es pensado como el inicio de una mejoría continua, porque se requiere de mucha disciplina, práctica y en particular de mucho compromiso.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

En el presente capítulo se enuncian las hipótesis que están en relación con los objetivos de la presente el cual es aplicar una metodología capaz de mejorar los procesos de transporte en una empresa minera.

3.1 Hipótesis Principal

Si se realiza una mejora de procesos de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021

3.2 Hipótesis Secundarias

- a) Si se realiza una reducción de tiempo de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.
- b) Si se realiza un incremento del rendimiento de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.
- c) Si se realiza una reducción del costo de uso de combustible basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

3.3 Definición conceptual de las variables

Variable independiente

X: Mejoramiento de procesos de transporte basado en la metodología Lean

Está basada en los Modelos de Excelencia, cuyo principal objetivo es orientar a las empresas en la búsqueda constante del perfeccionamiento, por lo que se constituyen guías prácticas que tienen como finalidad crear y mejorar una cultura de calidad.

Indicadores

$$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{Producción alcanzada}) \times \text{Tiempo invertido}}{(\text{Producción prevista}) \times \text{Tiempo previsto}} \times 100$$

Valores: Numéricos continuos

Variable dependiente

Y: Impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz

Operacionalmente se define como los impactos que dañan la salud humana o el medio ambiente, que tienen una repercusión directa negativa en el medio ambiente.

Indicador general

$$\begin{aligned} & \% \text{ de reducción de emisiones} \\ & = \frac{\text{Total de emisiones emitidas} - \text{Total de emisiones reducidas}}{\text{Total de emisiones emitidas}} \times 100 \end{aligned}$$

Indicadores específicos

a. El proceso de transporte de minerales (Tiempo de entrega y tiempo de ciclo)

$$\% \text{ eficiencia} = \frac{\text{TTC} - \text{Tiempo reducido de transporte al area de chancado}}{\text{Tiempo total de ciclo}} \times 100$$

b. Procesos de espera del mineral (Rendimiento: % de elementos de trabajo completados por día)

$$\% \text{ de cumplimiento de trabajo} = \frac{\text{Hrs. De Trabajo Util}}{\text{Hrs. De Trabajo Total}} \times 100$$

c. Procesos de gestión de combustible (Generación de uso de combustible – Costo por proceso - Índice de reducción de costo de combustible)

$$\begin{aligned} & (\%) \text{Índice de reducción de costo de combustible} \\ & = \frac{\text{Total de costos reducidos por galón}}{\text{Costo total por galón}} \times 100 \end{aligned}$$

Valores: Numéricos continuos

3.4 Operacionalización de variables

Table N° 7: Operacionalización de variables

Variables Dependientes	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Reducción de tiempo de transporte	Es el tiempo que se reduce por una implementación de mejora el cual hace que sea más optimo el proceso.	Es una variable que mide el Tiempo de transporte durante la transformación del material, por lo que es preciso utilizar adecuadamente los tiempos.	Tiempo de ciclo y tiempo de entrega: - Reducción del tiempo transcurrido del vehiculo desde el área de extracción hasta la área de chancado: % de eficiencia (subproceso 1)	$\frac{TTC - \text{Tiempo reducido de transporte de cada área}}{\text{Tiempo total de ciclo}} \times 100$
Rendimiento de transporte	Es el tiempo realizado que da como resultado un proceso de trabajo eficiente.	Es una variable fundamental que mide los tiempos de ciclo de entrega entre el tiempo total del ciclo	Rendimiento: % de elementos de trabajo completados por día.	$\frac{\text{Hr. de Trabajo Util}}{\text{Hr. de Trabajo Total}} \times 100$
Costo del uso de combustible	Material de combustión para que un transporte puede realizar sus funciones o movilizarse.	Es una variable que mide el total de costos reducidos entre el total de litros reducidos	Generación de uso de combustibles. Costo por proceso (%): Índice de reducción de costo de combustible	$\frac{\text{Total de costos reducidos por galon}}{\text{Costo total por galon}} \times 100$

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y método de la investigación

Según el autor Lozada (2014) señala lo siguiente sobre una investigación aplicada “busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo” (p. 34).

De acuerdo a esta definición se deduce que es de tipo aplicada porque se diseñaron propuestas para solucionar los problemas más relevantes que sucedieron en el proceso de transporte de una empresa minera en Pataz – Perú, con el fin de reducir los tiempos de transporte y con eso disminuir los impactos negativos que generan, con esto se analizó las principales causas como se muestra en el diagrama de Ishikawa y el diagnóstico de la problemática con el diagrama de recorrido.

Asimismo, según los autores Hernández y Mendoza (2018) manifiestan que una investigación explicativa, “Van más allá de la descripción de fenómenos, conceptos o variables o del establecimiento de relaciones entre estas; están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos de cualquier índole” (p.112).

Lo complementan los autores Feria Ávila, Blanco Gómez y Valledor Estevil (2019) al señalar que una investigación explicativa “se propone ir más allá de la descripción y reflejar las regularidades generales, estables y esenciales que rigen la dinámica y desarrollo de los fenómenos educacionales, sus regularidades y cualidades que no son observables directamente, sus relaciones causas-efectos” (p.3).

Con estas definiciones y en relación a la investigación se determinó que es de tipo explicativo, porque se busca responder las causas de los problemas con varias herramientas que guían temas que abordan a la reducción de los impactos ambientales buscado entender como mejoró los procesos de transporte de una empresa minera en Pataz.

4.2 Diseño de la investigación

Según Palella y Martins (2006) hace referencia que una investigación de diseño cuasi experimental, “es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes tendentes a incrementar los conocimientos” (p.95).

Según los autores Hernández et.al. (2018) una investigación cuantitativa es un

conjunto de procesos organizado de manera secuencial para comprobar ciertas suposiciones” (p.6). Afirman que esta ruta es apropiada cuando se busca estimar magnitudes u ocurrencia de fenómenos y probar hipótesis.

En base a las definiciones anteriores, el diseño de esta investigación es de tipo cuasi experimental porque la selección de los datos no fue de manera aleatoria, se asignó un grupo en relación a los datos históricos de la empresa, para realizar el análisis de la variable independiente: Impacto ambiental y su efecto en la variable dependiente principal: Mejora de procesos. Se procedió a plantear una situación actual y los resultados, con la ayuda de distintos softwares que estima los beneficios esperados. Del mismo modo la investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que se mostró la mejora de los procesos de transporte mediante un análisis numérico de indicadores que ayudaron a estimar y simular las mejoras de las diferentes variables.

4.3 Población de estudio

Comprenderá el total de registros de viajes realizados por los volquetes entre el 1 de marzo del 2021 al 31 de marzo del año 2021 aplicado a las diferentes actividades mineras que generan impactos negativos al medio ambiente de una empresa ubicada en la provincia de Pataz. La mina actualmente posee 7 volquetes.

Table N° 8: Población de un estudio / cantidad de registros de viaje

	Marzo	Viajes
Volquetes	7	1565
Excavadoras	3	640
Retroexcavadoras	3	700
Track Drill	1	300
Tractor Shantui	1	320
Total	15	3525

Fuente: Elaboración propia

Lepkowski (2008) citado por Hernández y Mendoza et. al (2018) explican que una población es la agrupación de “todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p.198).

4.4 Diseño muestral

Para Thomas C. Kinnear y James R. Taylor (1993) “La selección de los elementos de la población, se basa en parte en el criterio del investigador”. (p.202)

En esta investigación, la muestra se compone, por los números de viajes de los volquetes durante el periodo del mes de marzo 2021, dando un total de 1565 viajes realizado por 7 volquetes. El tamaño de la muestra serán los registros de viaje, hojas de ruta, de dos volquetes T4C – 934 y T2W – 866 que se detallan en la tabla 10 y 13 del capítulo 5 en el mes de marzo ya que en este periodo hubo una mayor productividad de las maquinas comparado a los meses anteriores por la reactivación económica vista. Por otro lado, para el cálculo de la muestra (número de viajes realizado por los 2 volquetes) se procedió a realizar la fórmula. Lo cual:

N: Tamaño de población. N = 1565

Z: Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza. Z=1,96

e: Error muestral deseado. e=5%

p: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado. Este dato es desconocido y se supone que p=q=0.5 que es lo más seguro.

q: Probabilidad de que no ocurra, quiere decir es 1-p

$$x = \frac{(1.96^2 * 1565 * 0.5 * 0.5)}{(0.05^2 * (1565 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5)} * 2$$

$$x = 617 \text{ viajes}$$

El resultado comprende como muestra 617 viajes por 2 volquetes escogidos aleatoriamente y se compone de la siguiente manera:

Actividad	VOLQUETE T4C - 934	VOLQUETE T2W - 866
Mineral a planta	53	58
Mineral a relavera	77	78
Relavera a botadera	84	96
Planta a desmonte	90	81
Total	304	313

Figure N° 17: Número de viajes realizados en cada área

Fuente: Elaboración propia

4.5 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se utilizará las siguientes técnicas de recolección de datos para el análisis de variables que están sujetas a medición

Encuestas: Conformada por cuestionarios (la cual se puede ver en el anexo 4 con el nombre de encuesta de grado de conocimiento del trabajador y validado como se muestra en el anexo 3) hacia los trabajadores de la mina acerca del proceso de transporte de los minerales de la zona de extracción a la zona de chancado y de la zona de chancado a la zona de distribución, el cual es el objetivo principal de estudio.

Datos históricos: Información recopilada de la base de datos de una empresa minera situada en el departamento de La Libertad, para poder realizar el análisis correspondiente. Se utilizará documentos del área de extracción de minerales, área de transportes y del área de chancado, como KPI's de producción, indicadores de desempeño, resumen de consumo, entre otros.

Trabajo de gabinete: Consiste en la descripción de los materiales usados para los posteriores resultados, así como también conocer las características técnicas de todos los volquetes que se estudiarán, métodos de carguío y transporte del mineral, factores que alteran el funcionamiento de los volquetes D6X-735, que tiene como finalidad tener conocimiento de todos los parámetros que participan en el cálculo de la productividad de estas maquinarias en las distintas zonas de trabajo.

4.6 Procedimiento para la recolección de datos

El procedimiento para la recolección de datos será el siguiente:

1. Se realizó una encuesta con 10 preguntas a los ingenieros de mina (el cual lo podemos ver en el anexo 2) para conocer el proceso de transporte minero más detalladamente.
2. Al obtener las respectivas respuestas se trasladó toda la información a Excel, lo que permitió una mejor visualización de las operaciones.
3. Se procedió a extraer los datos históricos de la empresa mediante la transferencia de datos, informes y reportes de avances de fuentes secundarias de la empresa minera, la cual se usará para la presente investigación.
4. Finalmente, con los datos en Excel se procedió a crear un dashboard en Power BI para poder analizar los indicadores de tiempo y costo de la situación actual del proceso de transporte del mineral.

4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se procesará y analizará la información mediante herramientas de Lean Manufacturing.

Para el estudio de la data recolectada, se utilizará las siguientes herramientas:

Diagrama de Ishikawa: Esta herramienta de Lean está diseñada para identificar las causas raíces de un problema. Gracias a esto, podemos analizar y comprender cada una de las causas de que genera el problema de la presente investigación. Se utilizó esta herramienta en el capítulo I y V.

Software Promodel: Este software nos permitirá realizar una simulación de la mejora que se está implementando, explicando cada detalle y mostrando los resultados esperados de la presentación del proceso de mejora de transporte de minerales. Se utilizó esta herramienta en el capítulo V.

Diagrama de Flujo: Es una de las herramientas más avanzadas y analíticas que se relaciona con Lean, proporcionando una visualización más concisa y resumida de las métricas más importantes del flujo: tiempo de ciclo, rendimiento y trabajo en curso. Se utilizará para poder mostrar el nivel de estabilidad del flujo actual y ayudará a comprender en qué etapa se requiere más énfasis para poder predecir el proceso de manera adecuada. Se utilizó esta herramienta en el capítulo V.

Diagrama de recorrido: Esta herramienta se utilizó para tener una mejor visualización del recorrido que realiza el transporte de área a área. Logrando identificar los tiempos y los cuellos de botella. Se utilizó esta herramienta en el capítulo V.

Microsoft Excel: Este programa permite procesar y analizar de manera sencilla la información gracias a gráficos y tabulaciones, lo que permitirá examinar los datos recopilados. Se utilizó esta herramienta en el capítulo V.

Power BI: Es un servicio de análisis de negocio que proporciona una vista detallada de los datos más críticos de una organización gracias a su conexión a una gran variedad de fuentes de datos, desde archivos de Excel hasta sitios en la web, se podrá crear dashboards de los indicadores, mostrándose de forma clara y precisa. Se utilizó esta herramienta en el capítulo V.

Software SPSS: Este programa fue utilizado con el fin de analizar estadísticamente los datos que se trabajaron en Excel y procesarlos para la prueba de hipótesis. Se utilizó esta herramienta en el capítulo V.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Procedimiento operativo

El análisis de esta investigación tiene como enfoque principal conocer, definir, medir y minimizar las causas de los errores generados en el proceso de transporte de material en una unidad minera que a su vez identifica y reduce los impactos ambientales negativos, esta evaluación se realiza utilizando el enfoque de la herramienta DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), que ofrece una estructura sólida para la solución de problemas y que va de la mano con la metodología Lean Manufacturing. En este proyecto se busca agregar concientización ambiental a los esfuerzos Lean que puede aumentar el valor, agilizar esta implementación, reducir los costos de consumo, aumentar la responsabilidad de todos los trabajadores y reducir el riesgo de incumplimiento, a este nuevo enfoque se le llama Lean & Green. Se muestra a continuación el ciclo DMAIC:

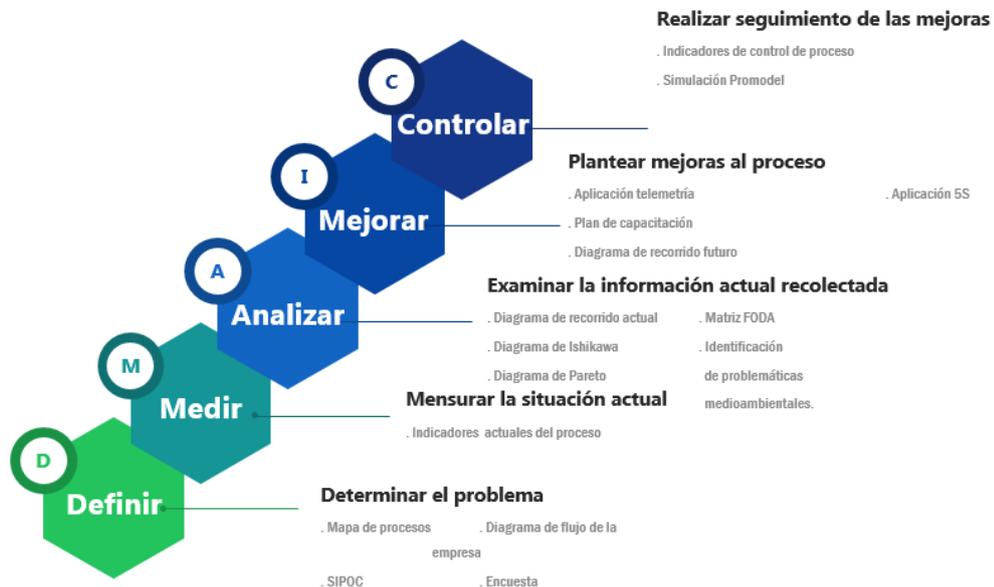


Figure N° 18: Ciclo DMAIC

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente sección se evalúa cada fase del ciclo DMAIC, incluyendo herramientas de la metodología Lean y al mismo tiempo enfocándonos en la evaluación ambiental.

5.2 Aplicación del enfoque DMAIC

5.2.1 Definir

En esta fase se compila la mayor cantidad de información facilitado por el uso de técnicas y herramientas de recolección de datos y así poder abarcar y entender la problemática.

Mapa de procesos:

El propósito de este gráfico es identificar y conocer los procesos de manera estratégica de la empresa con un punto de vista local-global, localizando cada operación en la cadena de valor y a la vez relacionando el objetivo de la organización con procesos que lo constituyen, por consiguiente, ayuda a los trabajadores como herramienta de aprendizaje.

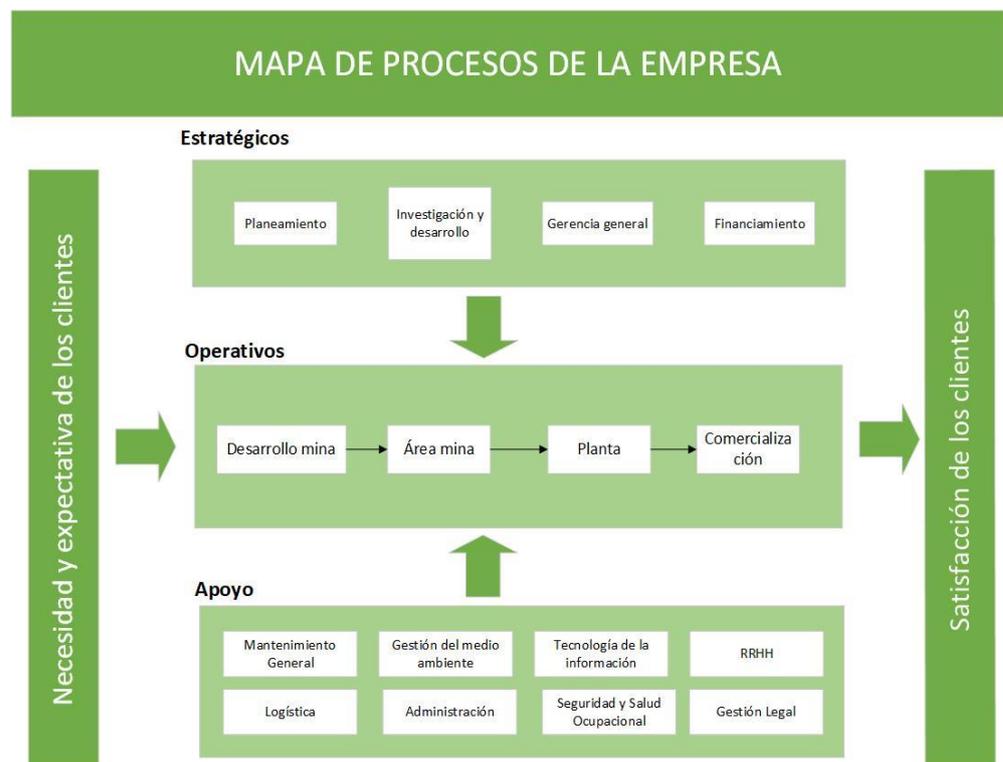


Figure N° 19: Mapa de procesos de la empresa
Fuente: Elaboración propia

En la figura 19, se encuentran en los procesos estratégicos, el área de planeamiento, investigación y desarrollo, gerencia general y financiamiento; por otro lado, en los procesos operativos; señala desarrollo mina, área mina, planta y, comercialización. Y finalmente en los procesos de apoyo, se

encuentran el área mantenimiento general, gestión del medio ambiente, tecnología de la información, recursos humanos, logística, administración, seguridad y salud ocupacional y, gestión legal.

Luego de haber ordenado el mapa de procesos generales, se procedió a analizar el problema en el área de mina, especialmente en el área de transporte, ya que como se explicó en el capítulo 1 es uno de los procesos en el que se presenta más problemas de contaminación ambiental a nivel mundial.

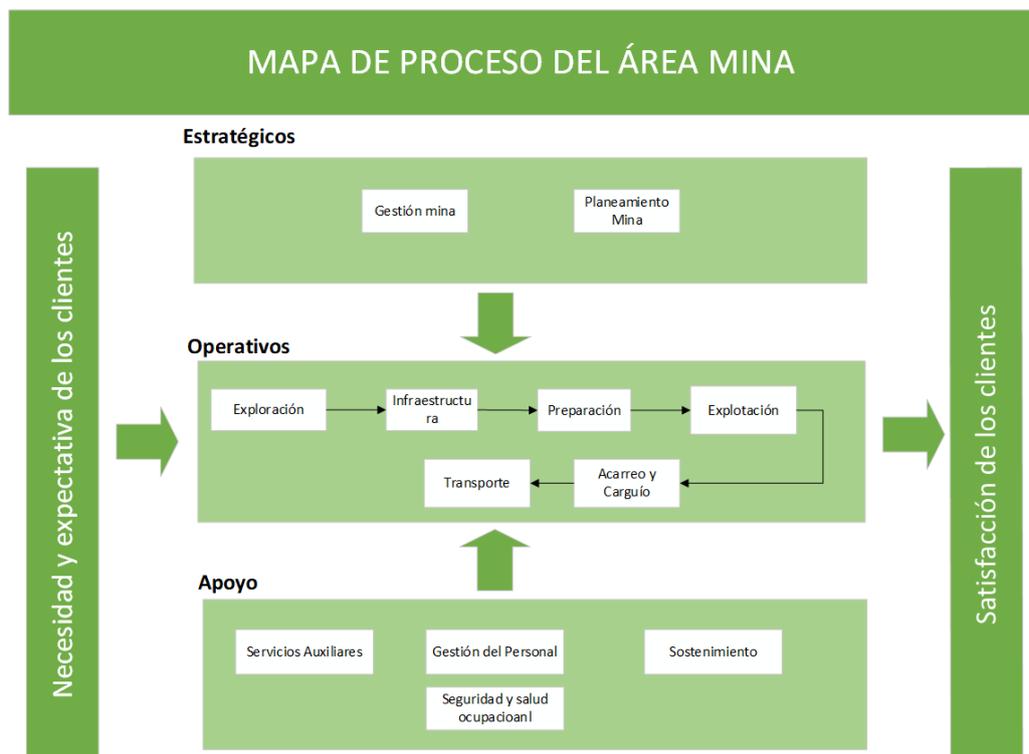


Figure N° 20: Mapa de procesos del área mina

Fuente: Elaboración propia

Se precisa en la figura 20, como procesos estratégicos, gestión mina y planeamiento mina; en los procesos operativos, exploración, infraestructura, preparación, explotación y, acarreo y carguío; por ultimo en los procesos de apoyo se tiene servicios auxiliares, gestión del personal, sostenimiento y, seguridad y salud ocupacional.

Se busca explicar cuáles son los procesos del área Mina, adicionalmente para complementar la información anterior, se realiza un diagrama SIPOC para detallar los procesos en esta área, cuales son los proveedores, que se necesita para cada ciclo de operación y cuáles son las salidas.

Diagrama SIPOC:

En este diagrama se reconocieron 8 procesos que están incluidas en el área de mina, se detallan en la siguiente figura a los Proveedores (traducción de Supplier), Entradas (traducción de Inputs), Procesos (traducción de Outputs) y Clientes (traducción de Customer)

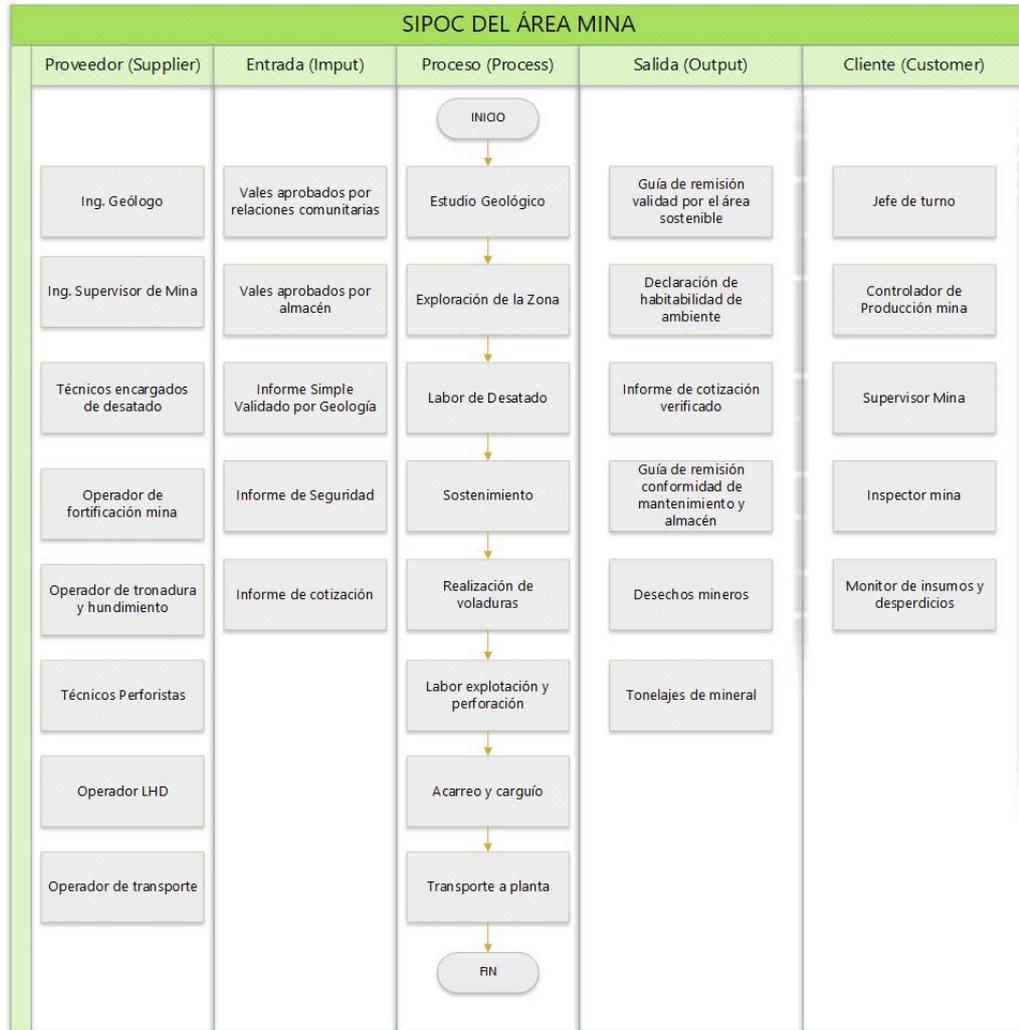


Figure N° 21: Diagrama SIPOC del área mina

Fuente: Elaboración propia

Los antes vistos son las operaciones que forman parte del proceso que se desarrolla en el área de mina, como se aprecia en la figura 21.

De igual manera, se detalla este diagrama de una manera más específica, de acuerdo a las actividades que se desea estudiar, el proceso de transporte del material que se extrae de mina; y se muestra de la misma manera en la figura 22 señalando los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes.

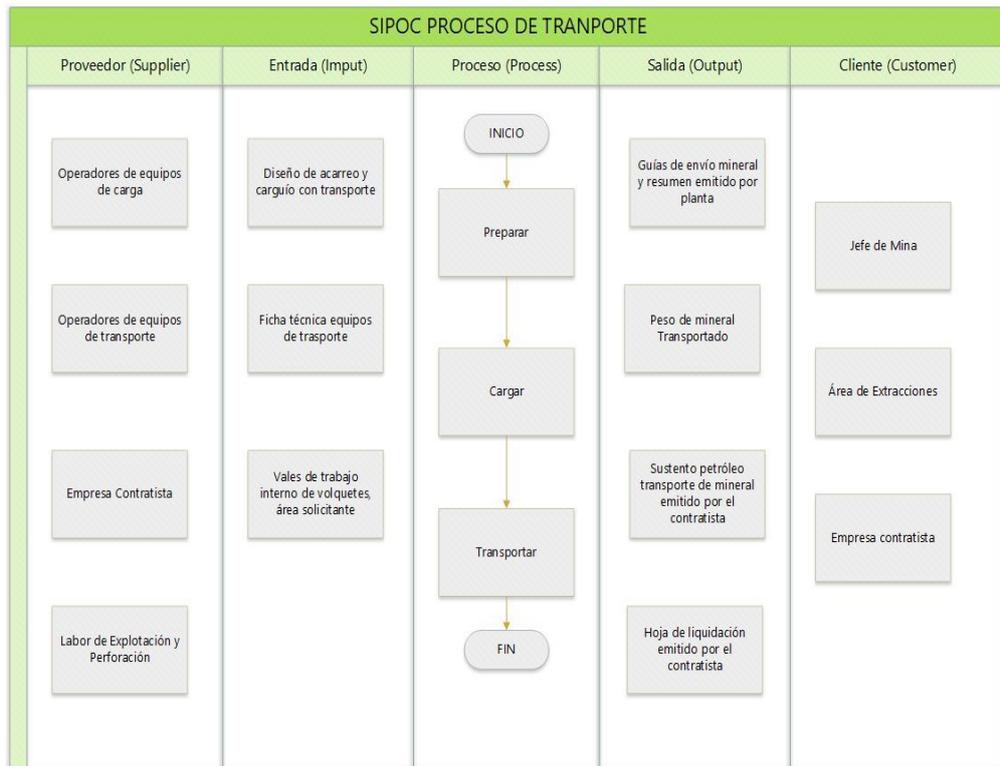


Figure N° 22: Diagrama SIPOC del proceso de transporte
Fuente: Elaboración propia

Diagrama de flujo:

Es de vital importancia la identificación de procesos a estudiar por área y supervisor de área, ya que de esta manera se puede identificar qué tipo de flujo es el que está llevando actualmente la empresa.

Se muestra en la figura 23 el flujograma del proceso de transporte, especificando todas las operaciones realizadas en esta parte del proceso que involucra a todas las áreas donde es trasladado el material que se extrae de mina. Los procesos son los siguientes:

- Traslado de material con alta ley de la zona de mina a la zona de planta: Posterior a la voladura, en el momento que se carga el mineral al volquete se mide con la ayuda de un análisis gravimétrico la cantidad de ley en el material, que quiere decir la medición de la cantidad de oro aproximadamente presente por tonelada; si esta presenta una alta ley entonces se prepara para su traslado a la zona de planta.
- Traslado de material de desmonte o con baja ley de la zona de mina a la zona de relavera: En cambio si el material que se analiza posee una

baja ley, al igual que el desmonte ocasionado por la acción de la voladura, se traslada a la zona de relavera, para darle un uso adicional a este material estéril.

- Traslado de desmonte de la zona de planta a la zona de desmonte: Una vez procesado el material en la planta, esta genera a su vez desperdicios de material, este es trasladado a la zona de desmonte para su posterior venta.
- Traslado del material de desmonte de la zona de relavera a la zona de botadero: Después del uso que se le da a este material en la relavera, se procede a trasladarla a la zona de botadero para darle un tratamiento adecuado, especialmente separación en materiales potencialmente generadores de acidez y materiales no generadores de acidez.

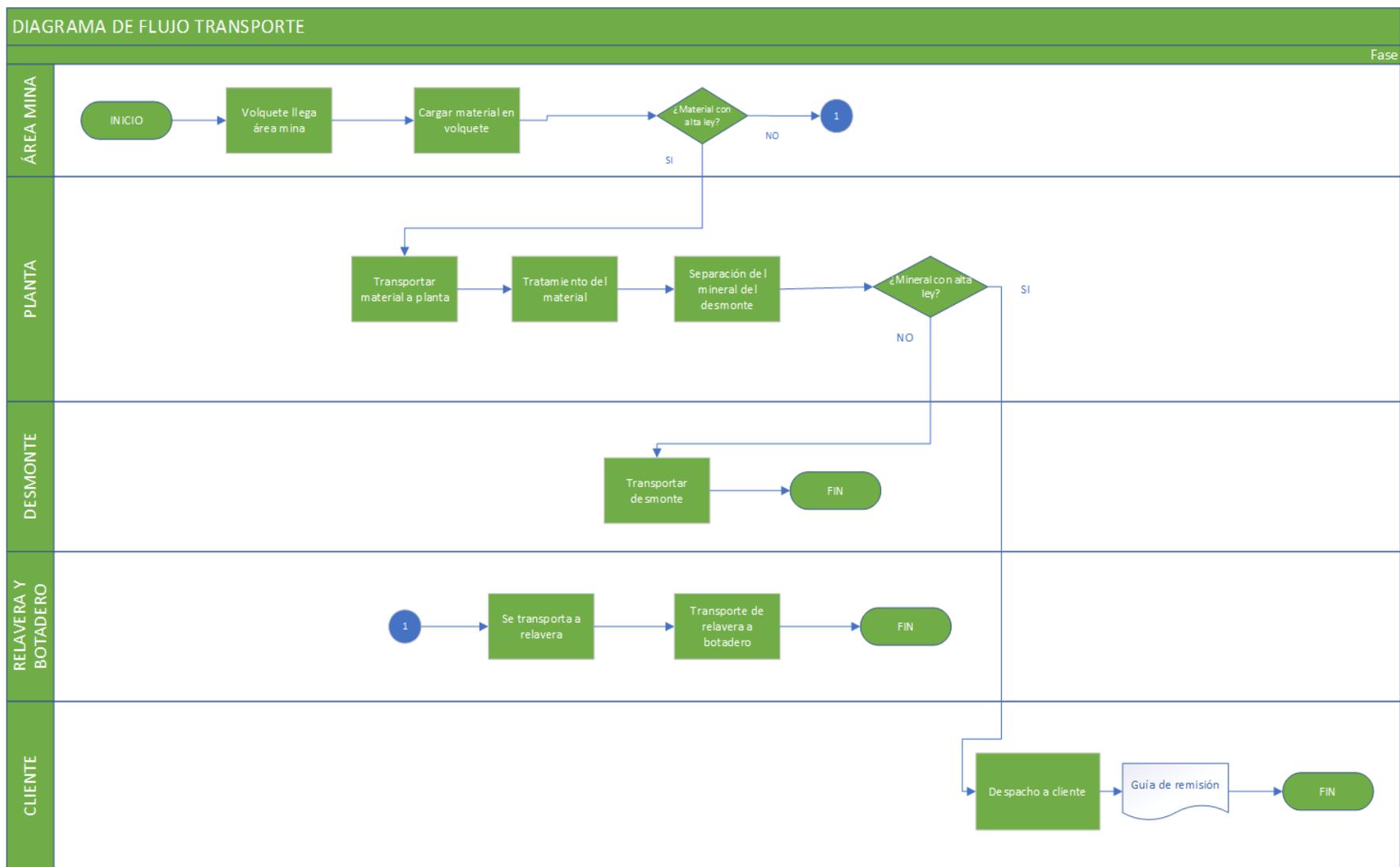


Figure N° 23. Diagrama de flujo del proceso de transporte

Fuente: Elaboración propia

Encuestas:

Con el propósito de recopilar una mayor cantidad de información de la empresa extractiva, se utiliza esta herramienta compuesta de 12 preguntas que permiten tener un mayor entendimiento del grado de conocimiento de los trabajadores acerca del funcionamiento de la empresa, sus normas de seguridad y si poseen conocimientos del área ambiental. El formato de esta encuesta se encuentra en el anexo.

Se desarrolló esta herramienta con la ayuda de Formulario Google, evaluando de esta manera a los encuestados por medio del link de la encuesta a completar. Los encuestados fueron 5 técnicos de mina, 5 supervisores de planta y 5 jefes de turno.

Se presentan los resultados de esta encuesta:

Pregunta 1: Se ha venido realizando en los últimos años un plan de manejo ambiental.



Figure N° 24: Encuesta - Pregunta N° 1

Fuente: Elaboración propia

Se presenta que existe 9 de las 15 personas que están indecisos en cuanto a si se ha realizado en los últimos años un plan de manejo ambiental, 3 trabajadores que están de acuerdo que la empresa minera ha realizado planes ambientales, 13 que están en desacuerdo y 1 en total desacuerdo. De este resultado se puede concluir que la mayoría de trabajadores, siendo el 60% la mayoría, no se encuentran seguros o informados acerca de los temas ambientales de la empresa, y los que sí están informados son escasos, siendo estos únicamente los ingenieros ambientales encargados de estos temas.

Pregunta 2: Usted conoce cuales son los impactos ambientales negativos de sus operaciones mineras.

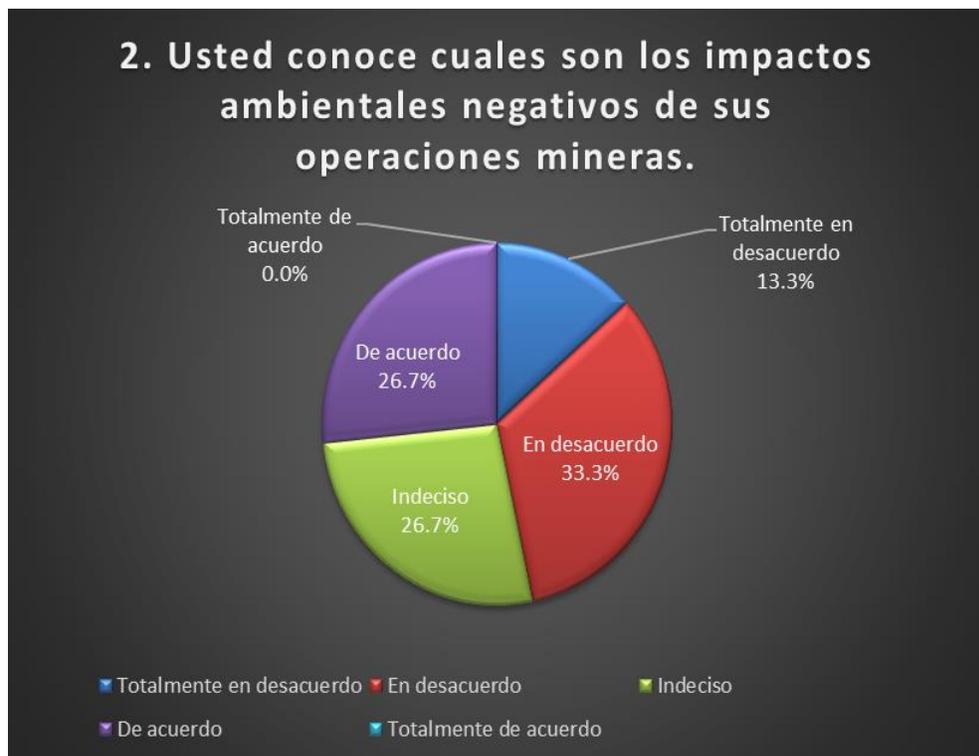


Figure N° 25: Encuesta – Pregunta N° 2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29, se observa que son 5 trabajadores los que están en desacuerdo acerca del grado de conocimiento de los impactos ambientales negativos de las operaciones mineras en la empresa, 4 trabajadores no están seguros si conocen o no de estos impactos, sin embargo, existen igualmente 4 trabajadores que se muestran de acuerdo en torno al conocimiento de estos impactos negativos,

habiendo 2 que afirman no tener ningún conocimiento de este aspecto. Se puede concluir que los valores de 33.3% y el 26.7% señalan que son la mayoría quienes no conocen los impactos negativos de las operaciones mineras.

Pregunta 3: Existe un adecuado control de residuos sólidos y gases contaminantes emitidos por las maquinarias.

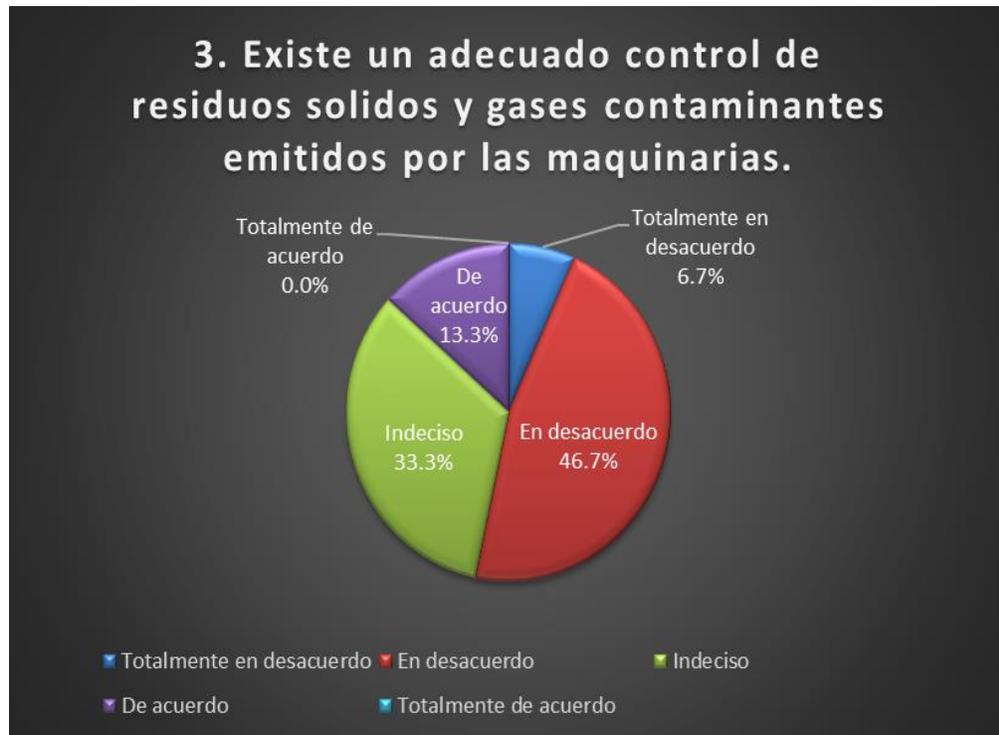


Figure N° 26: Encuesta – Pregunta N° 3

Fuente: Elaboración propia

Se observa que son 7 trabajadores de la mina concuerdan que no existe un adecuado control de residuos sólidos y gases contaminantes emitidos por las maquinarias usadas, 5 trabajadores se encuentran indecisos acerca de este tema y son 2 los que están de acuerdo que sí existe un control de residuos y gases contaminantes. Se concluye que 46.7% se encuentran en desacuerdo que exista un manejo de residuos, así como también un 33.3% no se encuentra al tanto de este tema y un 6.7% está totalmente en desacuerdo, sin embargo, hay un 13.3% que sí están de acuerdo, lo que muestra que, de haber un control ambiental, no todos los trabajadores no están informados o no muestran interés en este importante proceso.

Pregunta 4: La mina cumple con las leyes medioambientales que indica el Ministerio del Ambiente.

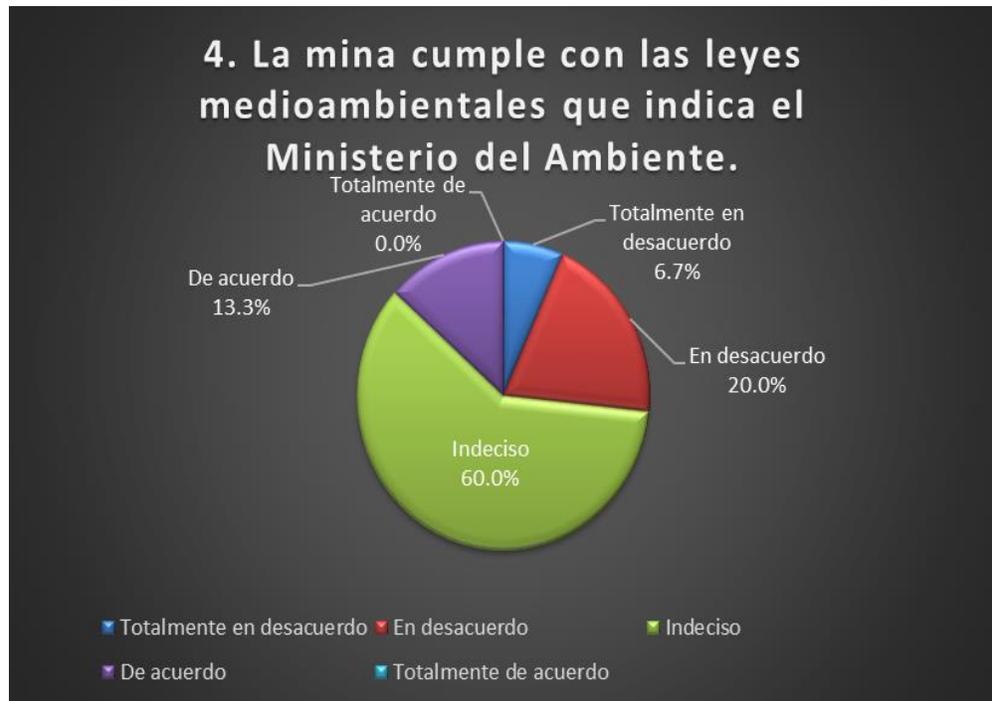


Figure N° 27: Encuesta – Pregunta N° 4
Fuente: Elaboración propia

En la figura 31 se observa que son 9 (60%) personas las que se muestran indecisas en si la empresa cumple con las leyes ambientales requeridas por el Ministerio del Ambiente, siendo 3 trabajadores (20%) que opinan, independientemente si la empresa en realidad cumple o no, que no se está cumpliendo con estas leyes, y 1 persona está en total desacuerdo que se cumplan estas leyes, sin embargo, son 2 personas (13.3%) que están de acuerdo que la mina cumple con las leyes establecidas por el MINAM.

Se concluye con este primer grupo de preguntas, que los trabajadores no tienen conocimiento de los aspectos ambientales de la mina, ya sea por falta de inclusión por parte de la gerencia o por falta de interés en el tema.

Pregunta 5: ¿Existen demoras en el proceso de transporte o entrega debido a una documentación incorrecta?



Figure N° 28: Encuesta – Pregunta N° 5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 32, se muestra que un 66.7%, que son 10 trabajadores, y un 26.7%, que son 4 trabajadores, opinan que las veces que existen demoras en el proceso de transporte debido a una documentación incorrecta son “a veces” y “a menudo” respectivamente y, un 6.7% opina que este problema se repite “siempre”. Por lo que se concluye que las demoras en este proceso existen y se repiten muy a menudo en la empresa.

Pregunta 6: ¿Existen demoras en el proceso de carguío por falta de personal debidamente formado?



Figure N° 29: Encuesta – Pregunta N° 6

Fuente: Elaboración propia

Se observa que un 53.3%, que representa a 8 trabajadores, opina que la frecuencia con la que existe demoras en el proceso de carguío por falta de personal capacitado es “a veces”, un 26.7%, 4 trabajadores, opinan que este problema sucede “a menudo” y un 20%, representando a 3 trabajadores, opinan que esto sucede “rara vez”. Se puede inferir que existe demoras en este proceso en un 80%, lo que quiere decir que el proceso de carguío se ve muy afectado por la falta de personas y operadores debidamente capacitados.

Pregunta 7: ¿Existe un correcto manejo y control de utilización de vehículos de transporte?

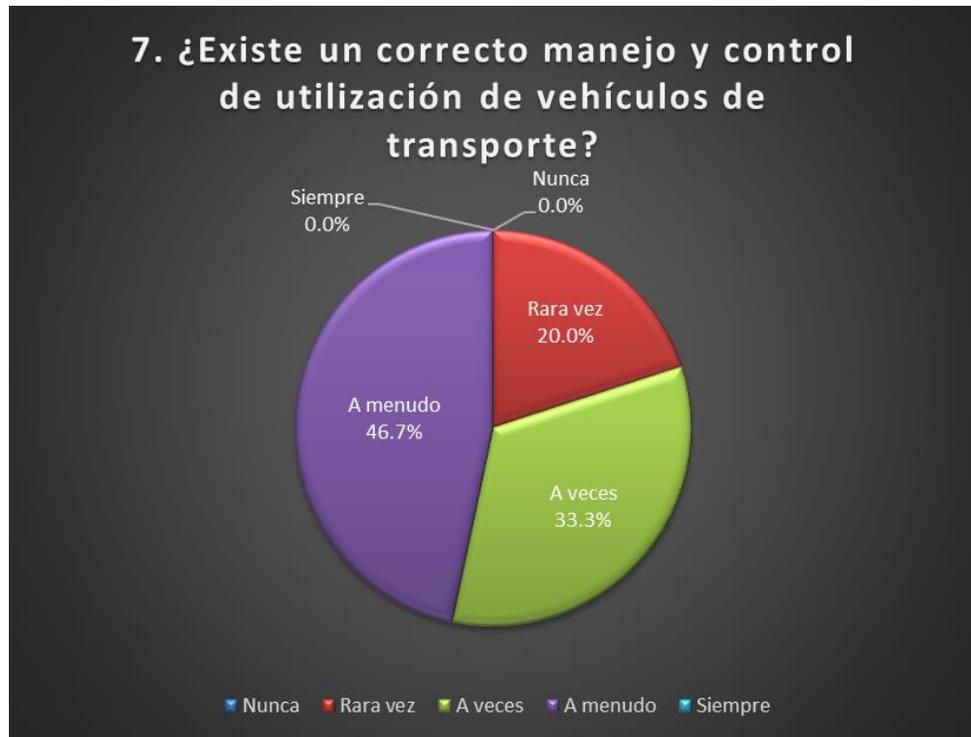


Figure N° 30: Encuesta – Pregunta N° 7

Fuente: Elaboración propia

En esta pregunta se cuestiona si existe un correcto manejo de los vehículos de transporte, lo que muestra que 7 trabajadores opinan que sí existe “a menudo” un control de la utilización de vehículos, sin embargo, 5 trabajadores opinaron que esto solo sucede “a veces” y 3 opinan que sucede “rara vez”. Se concluye existe un correcto control de los vehículos en un 53.3%, por lo que necesita una mejora.

Pregunta 8: ¿Se detecta rápidamente la causa raíz de un problema de transporte?

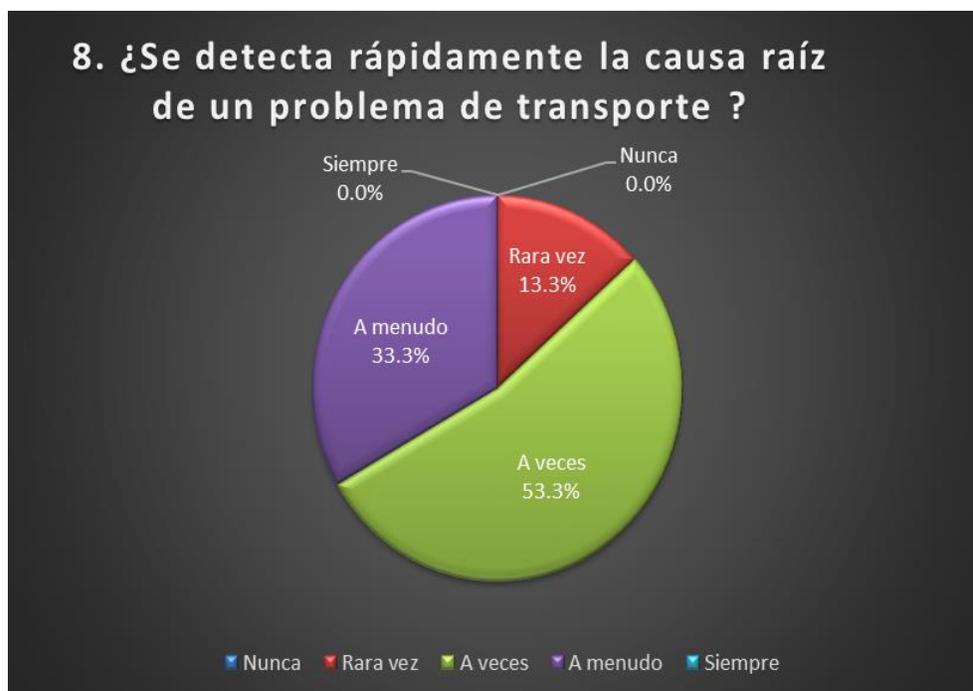


Figure N° 31: Encuesta – Pregunta N° 8

Fuente: Elaboración propia

En la figura 35, se examina que la respuesta que tuvo una mayor frecuencia fue “a veces” con un 53.3% en la pregunta de si se detecta rápidamente la causa raíz de un problema de transporte, así como también un 13.3% en la respuesta “rara vez” y un 33.3% con la respuesta “a menudo”. Lo que se puede concluir que se no detecta un problema de raíz en el proceso de transporte en un 66%, lo que indica un punto a mejorar.

Se concluye con este segundo grupo de preguntas, que existen también demoras en el proceso de transporte de mineral, sin embargo, se analizará más a detalle si las causas son por las razones antes mencionadas.

Pregunta 9: ¿Existe un adecuado mantenimiento de las maquinarias pesadas?

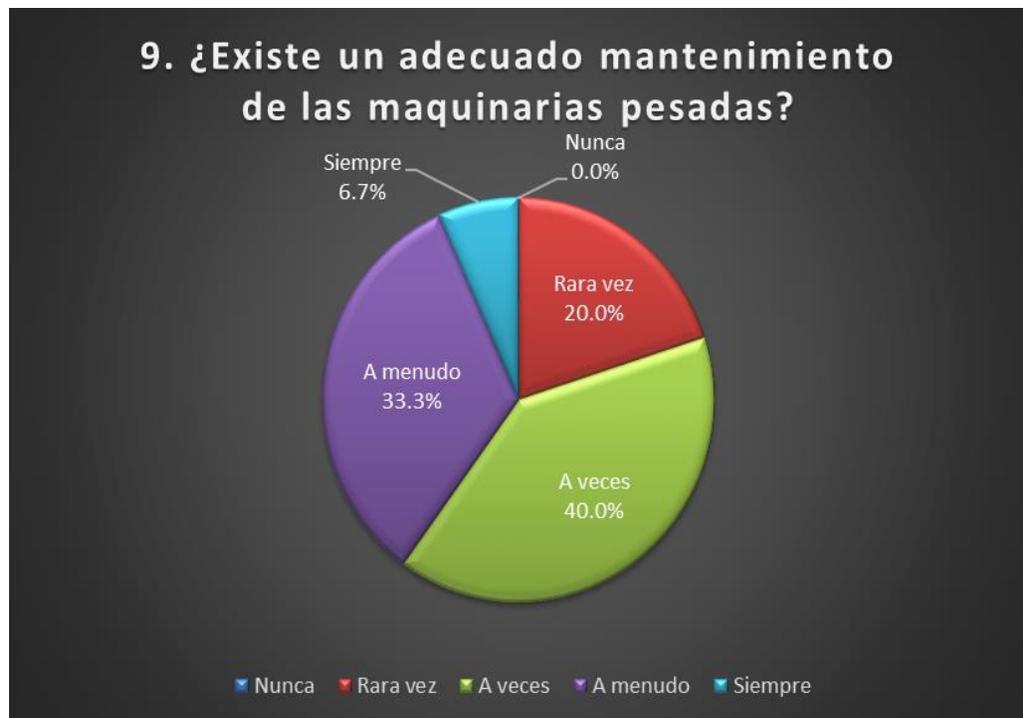


Figure N° 32: Encuesta – Pregunta N° 9

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que en la figura 36 que las opiniones en este tema estas divididas, mostrando un 40% con la opinión de que se realiza un mantenimiento adecuado de las maquinarias “a veces”, un 33.3%, representando a 5 trabajadores, que esta acción se realiza “a menudo” y en un 20% los que opinan que se realiza “rara vez”. Con estos datos se puede concluir que la mayoría de trabajadores, representando un 60%, creen que no se está cumpliendo con el mantenimiento adecuado de las maquinarias pesadas.

Pregunta 10: ¿Se calcula el equipamiento minero de acuerdo a los volúmenes extraídos periódicamente?

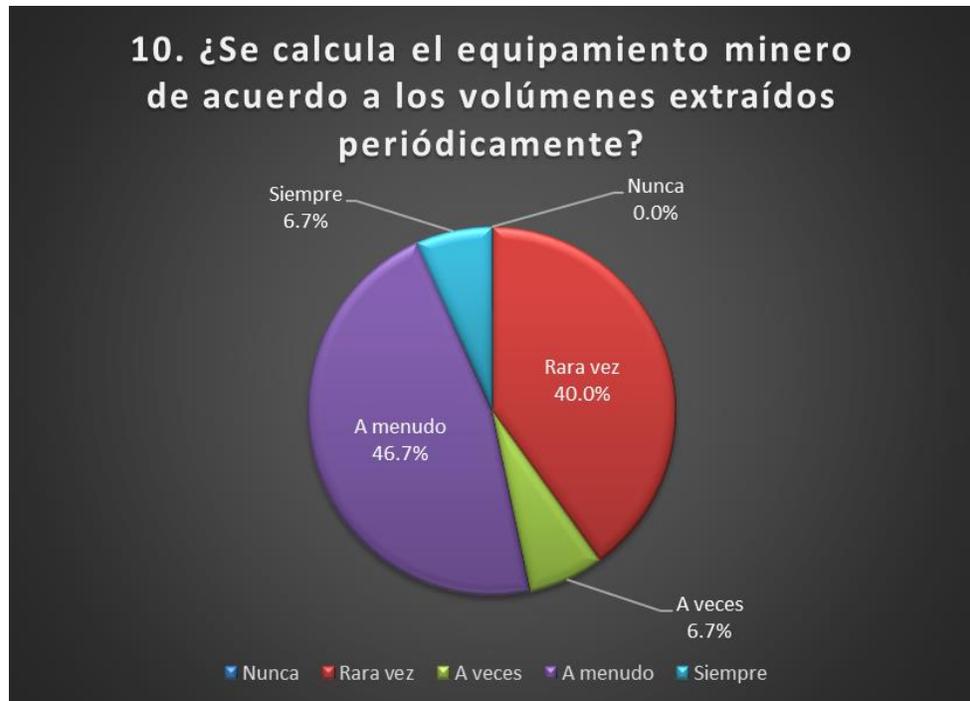


Figure N° 33: Encuesta – Pregunta N° 10

Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 37, podemos ver que 7 trabajadores opinan que se calcula el equipamiento minero de acuerdo a los volúmenes extraídos “a menudo”, y 6 trabajadores “rara vez”, pudiendo calcular que un 53.3% opinan que sí hay un correcto equipamiento, sin embargo, un 46.6% opina que esta operación se realiza rara vez o a veces por lo que se necesita una mayor investigación de este proceso.

Pregunta 11: ¿Se cumple con la guía que regula las reglas de seguridad minera?



Figure N° 34: Encuesta – Pregunta N° 11

Fuente: Elaboración propia

Se observa que 6 trabajadores piensan que se cumple con la guía de reglas de seguridad minera “a menudo” que representa un 40% de todos los trabajadores, a su vez 2 trabajadores piensan que esto se cumple “siempre” con un 13.3%, sin embargo, son 4 los que opinan que esto sucede “rara vez” y 3 opinan que ocurre “a veces”, representando el 26.7% y 20% del total de encuestados. Con estos datos se puede concluir que a pesar que una mayoría opine que sí se cumplen estas reglas de seguridad minera con frecuencia, el % de trabajadores que opina que esto ocurre en rara vez y a veces es mayor, por lo que se investigará más del tema.

Pregunta 12: ¿Se tiene un registro adecuadamente detallado de las horas de trabajo de las maquinas?



Figure N° 35: Encuesta – Pregunta N° 12

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 38, son 5 los trabajadores que opinan que “a veces” se tiene un registro adecuado de las horas de trabajo de las máquinas, a su vez la misma cantidad opina que esto sucede “a menudo” y un 20%, que son 3 trabajadores, opinan que estos registros se cumplen “siempre”. Con esto se puede concluir que el 53% de trabajadores piensan que sí se tiene un registro adecuado, comparado con el 46% de trabajadores que opinan que esto no se cumple a menudo.

Con este último grupo de preguntas, se puede concluir que las opiniones acerca de si la empresa maneja actualmente de manera adecuada los procesos, son indecisas y están divididas, por lo que se analizará a detalle el funcionamiento de la empresa.

Prosiguiendo con el tema en estudio, se analiza los residuos ambientales en el área de mina y de esta manera poder tener en cuenta los impactos que esta ocasiona

Identificación de residuos ambientales en el proceso del área mina

Proceso	Impacto ambiental
Acarreo y carguío (Transporte)	<ul style="list-style-type: none"> - Ruido: Se genera por las emisiones de sonido causando por el arranque de las maquinarias pesadas. - Emisión de gases: Los gases emitidos tienen su origen en la combustión de la maquinaria, la emisión natural durante el proceso de extracción (CO₂, CO, grisú mezcla explosiva de metano y aire) - Pérdida de suelos fértiles: Erosión, la contaminación, la sobreexplotación de los pastos y la destrucción de los bosques. - Desperdicio de combustible
Exploración	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de espacios naturales, ríos y lagos. - Derrumbes de suelo
Explotación	<ul style="list-style-type: none"> - Ruido: Se genera por voladuras (Explotación) - Emisión de gases: La emisión en voladuras, y la emisión en procesos directamente relacionados con la actividad minera, combustión de carbón (CO_x, NO_x, SO_x), piro metalurgia (SO₂) - Partículas en suspensión. - Formación de aerosoles tóxicos: Se producen durante la explotación.
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de suelos fértiles. - Desertización: Pérdida de suelo fértil por

	<p>deforestación, erosión.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desestabilización de ladera por excavaciones y alteraciones en el nivel freático.
--	--

Table N° 9: Identificación de residuos ambientales en el área mina

En el cuadro anterior se identifica, de acuerdo al mapa de procesos del área mina, cuales son los impactos ambientales de estas operaciones, por lo que, si los trabajadores de la mina afirman que no se está cumpliendo con una adecuada gestión ambiental en los últimos años, la probabilidad que estén causando estos impactos nocivos al ambiente es sumamente alta.

En resumen, con la encuesta se llegó a la conclusión que existen tres problemáticas específicas: un carente conocimiento por parte de los trabajadores en el ámbito ambiental de la minera, existen demoras en los procesos de transporte que conlleva a deducir el porqué de las opiniones divididas acerca de la correcta gestión de la empresa, y con el cuadro anterior mostrado, se infiere que la minera está ocasionando impactos ambientales negativos, especialmente el área de transporte.

5.2.2 Medir

En esta etapa se miden las actividades que se realizaron. Se muestra el total de las horas trabajadas por máquina y el número de viajes por máquina, de acuerdo a la muestra se tomará en cuenta 2 volquetes, en el mes de marzo del 2021; teniendo así un mes de análisis y medición para el proceso de transporte, que es el objeto de estudio de esta investigación. Así mismo, el tipo de jornada por turno al día, las observaciones que vienen a ser la labor que realizaron diariamente y el tiempo por recorrido.

Cabe destacar que estos datos son los registrados de las labores por 10 horas de trabajo al día en una veta de oro, como se les llama a las masas tubulares de

mineral (oro y otros minerales como pirita, calcopirita y galena) que se encuentran en fisuras, grietas o hendiduras de un cuerpo rocoso.

Es necesario explicar que estas vetas se exploran haciendo bocaminas en las entradas de los yacimientos, lo que se muestra en la figura xx, es el avance que se ha realizado en las diferentes vetas. Las de color verde son las vetas que han sido avanzadas en el periodo de 2017, 2018 y 2019; la de color azul con las

vetas que se avanzaron en el periodo del 2020; y la veta de color rojo es lo analizado en el primer trimestre del 2021.

En la presente investigación se analizará las operaciones de 2 volquetes en el mes de marzo de una bocamina (veta). Se resalta también que las actividades de explotación de mineral se realizan diariamente en diferentes vetas, sin embargo, las actividades planificadas de los volquetes son independientes.

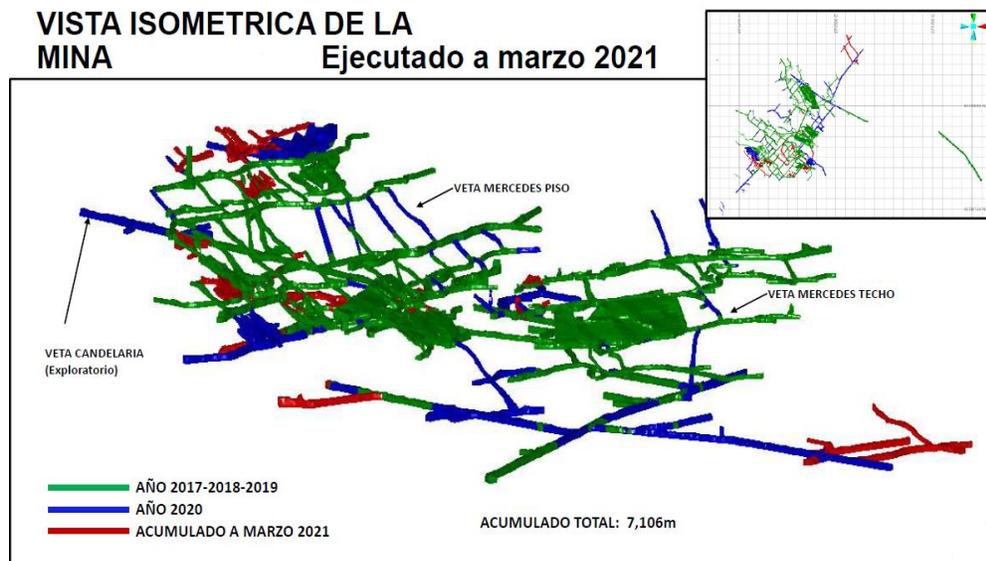


Figure N° 36: Vetas en periodo de 2017 - 2021

Fuente: Elaboración propia

Evaluamos las siguientes maquinas:

Table N° 10: Volquete T4C-934

VOLQUETE T4C-934										
Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
1.03/2021	MARZO	000528	8,847.40	8,851.10	7.35	1.23		1.60	DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
2.03/2021	MARZO	000529	8,851.10	8,856.60	6.75	1.38			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 4 VUELTAS
3.03/2021	MARZO	000530	8,856.60	8,866.15	9.55	0.332	99.3		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 14 VIAJES
4.03/2021	MARZO	000531	8,866.15	8,876.02	9.87	0.355			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 14 VIAJES
5.03/2021	MARZO	000532	8,876.02	8,886.27	10.25	0.333			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 15 VIAJES
6.03/2021	MARZO	000533	8,886.27	8,895.24	8.97	0.340	122.2		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 13 VIAJES
7.03/2021	MARZO	000534	8,895.24	8,888.00					INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
8.03/2021	MARZO	000535	8,888.00	8,890.00	2.74	1.00		2.00	DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 2 VUELTAS
9.03/2021	MARZO	000537	8,890.00	8,897.85	7.85	1.25			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
10.03/2021	MARZO	000538	8,897.85	8,897.00					INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
11.03/2021	MARZO	000539	8,897.00	8,905.60	8.60	0.50	80.6		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 10 VUELTAS
12.03/2021	MARZO	000540	8,905.60	8,914.84	9.24	0.48			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 11 VUELTAS
13.03/2021	MARZO	000541	8,914.84	8,922.22	7.38	0.46	69.8		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 9 VUELTAS
14.03/2021	MARZO	000542	8,922.22	8,931.70	9.48	0.43		0.70	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 12 VUELTAS
15.03/2021	MARZO	000543	8,931.70	8,940.40	8.70	0.51			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 10 VUELTAS
16.03/2021	MARZO	000544	8,940.20	8,948.20	8.00				OPERATIVO	CARGA DE MATERIAL TOP SOIL
17.03/2021	MARZO	000545	8,948.20	8,957.66	9.46	0.50			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 11 VUELTAS
18.03/2021	MARZO	000546	8,957.66	8,964.20	7.50	1.13		5.00	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
19.03/2021	MARZO	000547	8,964.20	8,964.20	-				SIN REPORTE	SIN REPORTE
20.03/2021	MARZO	000548	8,964.20	8,969.70	5.50		204.3		OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
21.03/2021	MARZO	000549	8,969.70	8,979.40	9.70				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
22.03/2021	MARZO	000550	8,979.40	8,992.90	13.50				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
23.03/2021	MARZO	000551	8,992.90	9,001.70	8.80				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
24.03/2021	MARZO	000552	9,001.70	9,010.07	8.37	0.57			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 9 VUELTAS
25.03/2021	MARZO	000553	9,010.07	9,019.86	9.79	0.53			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 11 VUELTAS
26.03/2021	MARZO	000554	9,019.86	9,028.16	8.30				OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
27.03/2021	MARZO	000555	9,028.16	9,036.06	7.90				OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
28.03/2021	MARZO	000556	9,036.06	9,043.56	7.50		310.2		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
29.03/2021	MARZO	000557	9,043.56	9,052.68	9.12	0.78			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 8 VUELTAS
30.03/2021	MARZO	000558	9,052.68	9,056.00	5.60		61.8		OPERATIVO	CARGA DE MATERIAL TOP SOIL
31.03/2021	MARZO	000559	9,056.00	9,079.00	23.70	11.50		24.00	OPERATIVO	2 VIAJE DE MINERAL DE MINA A CONSORCIO HORIZONTE (RETAMAS)
					249.47		948.2	33.30		

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DE VALORIZACION	
TOTAL HORAS ACUMULADAS	249.47
TOTAL HORAS MINIMAS	180.00
DSCTO POR HORAS INOPERATIVAS	10.00
NETO A PAGAR	239.47

Figure N° 37: Resumen de valorización – Volquete T4C-934

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 10, se muestra las horas trabajadas diarias del Volquete T4C-934 en el mes de marzo del año 2021, también se puede ver la cantidad de combustible utilizado y la actividad que se realiza diariamente. Con estos datos podemos detectar los tiempos muertos por máquina y el cálculo del coste neto a pagar por máquina alquilada.

En la figura 37, se muestra un cuadro de resumen de las horas trabajadas, y el descuento por horas inoperativas.

Table N° 11: Cuadro resumen de descuento por hora jornal - Volquete T4C-934

DESCUENTO POR HORA JORNAL POR CONTRATO	0
Hora minimas por Contrato	180
Descuento por Horas Inoperativas por Contrato	5
Descuento por Horas calentamiento	0
DEMORA OPERATIVA	2
INOPERATIVO	2
OPERATIVO	26
SIN REPORTE	1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11, se muestra las horas mínimas por contrato la cantidad de demora operativa, inoperativa y operativo, estos datos nos ayudan a calcular el valor neto a pagar por máquina. El descuento por horas inoperativas se calcula multiplicando el descuento por horas inoperativas por contrato que son 5 horas por día inoperativo, por el número de días que el volquete no estuvo en funcionamiento.

Table N° 12: Costo por alquiler de hora máquina - Volquete T4C-934

DESCRIPCION	COSTOS		ACTUAL	
	UND	P.U.	CANTIDAD	PARCIAL
MOVIMIENTO DE TIERRAS		PEN S/.	HM	PEN S/.
ALQUILER DE VOLQUETE T4C-934	H.M	140.00	239.47	33,525.80
VALORIZACION BRUTA				33,525.80
SUB TOTAL				33,525.80
I.G.V. 18 %				6,034.64
TOTAL (S/.)				39,560.44

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 12, nos indica el costo en soles por alquiler del Volquete T4C-934 según la cantidad de hora neta trabajada en el mes de y marzo la cual generó un costo de S/. 39,560.44.

Este cálculo se llega multiplicando el costo por hora del volquete por el número total de horas acumuladas de este, con un resultado de S/. 33,525.80. A este cálculo se le incrementa el IGV (18%) del total, siendo este S/. 6,034.64, por lo tanto, para cuantificar cuanto sería el precio del alquiler de este volquete, se suma el sub total con el IGV hallado, dando como resultado la cantidad mencionada en el anterior párrafo.

Table N° 13: Volquete T2W-866

VOLQUETE T2W-866									
Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Jornada	Observaciones
1/03/2021	MARZO	000424	9.205.00	9.206.70	10.19	0.23		DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
2/03/2021	MARZO	000425	9.206.70	9.206.70				INOPERATIVO	EQUIPO INOPERATIVO POR NEUMÁTICOS
3/03/2021	MARZO	000426	9.206.70	9.214.50	10.19	0.23	46.9	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
4/03/2021	MARZO	000427	9.214.50		10.19	0.23		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
5/03/2021	MARZO	000428	9.221.60	9.229.20	10.19	0.23	46.9	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
6/03/2021	MARZO	000429	9.229.20	9.237.90	10.19	0.23		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
7/03/2021	MARZO	000430	9.237.90	9.237.90				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
8/03/2021	MARZO	000431	9.237.90	9.237.90				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
9/03/2021	MARZO	000432	9.237.90	9.237.90				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
10/03/2021	MARZO	000433	9.237.90	9.239.60				DEMORA OPERATIVA	TRASLADO DE MATERIALES
11/03/2021	MARZO	000434	9.239.60	9.248.40	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
12/03/2021	MARZO	000435	9.248.40	9.256.80	11.45	0.93	73.0	DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
13/03/2021	MARZO	000436	9.248.40	9.256.90	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
14/03/2021	MARZO	000437	9.256.90	9.265.80	10.11	0.38	46.5	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
15/03/2021	MARZO	000438	9.265.80	9.271.80	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
16/03/2021	MARZO	000439	9.271.80	9.279.70	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
17/03/2021	MARZO	000440	9.279.70	9.287.90	10.11	0.38	69.8	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
18/03/2021	MARZO	000441	9.296.30	9.304.50	1.04			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - PATIO DE TRANSFERENCIAS
19/03/2021	MARZO	000442	9.304.50	9.312.90	7.68		20.1	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - PATIO DE TRANSFERENCIAS
20/03/2021	MARZO	000443	9.256.80	9.262.10	11.45	0.93		OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
21/03/2021	MARZO	000444	9.262.10	9.271.70	11.45	0.93		OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
22/03/2021	MARZO	000445	9.287.90	9.301.40	10.11	0.38	75.9	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
23/03/2021	MARZO	000446	9.301.40	9.309.90	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
24/03/2021	MARZO	000447	9.349.80	9.358.00	11.68		50.1	OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS
25/03/2021	MARZO	000448	9.358.00	9.366.60	8.60			OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS
26/03/2021	MARZO	000449	9.366.60	9.373.80	10.68	0.48		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
27/03/2021	MARZO	000450	9.373.80	9.379.10	10.68	0.48		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
28/03/2021	MARZO	000451	9.379.10	9.387.60	10.68	0.48	73.7	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
29/03/2021	MARZO	000452	9.387.60	9.393.90	10.68	0.48		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
30/03/2021	MARZO	000453	9.393.90	9.404.20	10.68	0.48	49.1	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
31/03/2021	MARZO	000454	9.406.20	9.417.10	22.42	10.86		OPERATIVO	02 VIAJE DE MINERAL DE MINA A CONSORCIO HORIZONTE (RETAMAS)
TOTAL					271.00		551.93		

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DE VALORIZACION	
TOTAL HORAS ACUMULADAS	249.47
TOTAL HORAS MINIMAS	180.00
DSCTO POR HORAS INOPERATIVAS	10.00
NETO A PAGAR	239.47

Figure N° 38: Resumen de valorización - Volquete T2W-866

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 13, se muestra las horas trabajadas diarias del Volquete T2W-866 en el mes de marzo del año 2021, también se puede ver la cantidad de combustible utilizado y la actividad que se realiza diariamente. Con estos datos podemos detectar los tiempos muertos por máquina y el cálculo del coste neto a pagar por máquina alquilada.

En la figura 38, se muestra un cuadro de resumen de las horas laboradas y el descuento por horas inoperativas, y como resultado de la resta, las horas neto a pagar.

Table N° 14: Cuadro resumen de descuento por hora jornal - Volquete T2W-866

DESCUENTO POR HORA JORNAL POR CONTRATO	0
Hora minimas por Contrato	180
Descuento por Horas Inoperativas por Contrato	5
Descuento por Horas calentamiento	0
DEMORA OPERATIVA	3
INOPERATIVO	4
OPERATIVO	24
SIN REPORTE	0

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 14, se muestra las horas mínimas por contrato la cantidad de demora operativa, inoperativa y operativo, estos datos nos ayudan a calcular el valor neto a pagar por máquina.

El descuento por horas inoperativas se calcula de la misma manera que el volquete anterior.

Table N° 15: Costo por alquiler de hora máquina - Volquete T2W-866

DESCRIPCION	COSTOS		ACTUAL	
	UND	P.U.	CANTIDAD	PARCIAL
MOVIMIENTO DE TIERRAS		PEN S/.	HM	PEN S/.
ALQUILER DE VOLQUETE T4C-934	H.M	140.00	239.47	33,525.80
VALORIZACION BRUTA				33,525.80
SUB TOTAL				33,525.80
I.G.V. 18 %				6,034.64
TOTAL (S/.)				39,560.44

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 15, nos indica el costo en soles por alquiler del Volquete T2W-866 según la cantidad de hora neta trabajada en el mes de marzo la cual generó un costo de S/. 39,560.44.

Entrando más al detalle, se presenta un informe de los indicadores de ambos volquetes en marzo:

Volquete T4C – 934:



Figure N° 39: Power BI de indicadores – Volquete T4C - 934

Fuente: Elaboración propia

Se procede a analizar cada indicador:

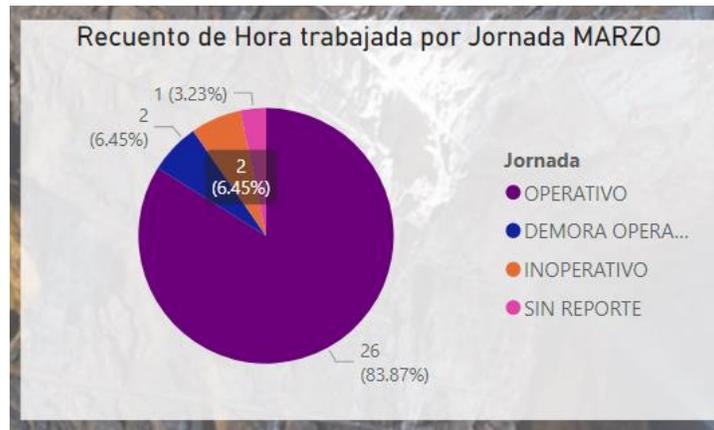


Figure N° 40: Recuento de horas trabajadas en marzo – VolqueteT4C - 934
Fuente: Elaboración propia

En la figura 40, se estructura el indicador del recuento de los días operativos, los días de demora operativa, los días inoperativos y los días que no se registraron reportes, estos datos brindados por la empresa de estudio en la tabla 9.

Sin embargo, si se estudia con más detenimiento la hoja de ruta, se puede ver que no todos los días se trabaja en la máxima productividad del volquete.

Table N° 16: Registro días operativos

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
2/03/2021	MARZO	000529	8,851.10	8,856.60	6.75	1.38			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 4 VUELTAS
3/03/2021	MARZO	000530	8,856.60	8,866.15	9.55	0.332	99.3		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 14 VIAJES
4/03/2021	MARZO	000531	8,866.15	8,876.02	9.87	0.355			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 14 VIAJES
5/03/2021	MARZO	000532	8,876.02	8,886.27	10.25	0.333			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 15 VIAJES
6/03/2021	MARZO	000533	8,886.27	8,895.24	8.97	0.340	122.2		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 13 VIAJES
9/03/2021	MARZO	000537	8,890.00	8,897.85	7.85	1.25			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
11/03/2021	MARZO	000539	8,897.00	8,905.60	8.60	0.50	80.6		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 10 VUELTAS
12/03/2021	MARZO	000540	8,905.60	8,914.84	9.24	0.48			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 11 VUELTAS
13/03/2021	MARZO	000541	8,914.84	8,922.22	7.38	0.46	69.8		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 9 VUELTAS
14/03/2021	MARZO	000542	8,922.22	8,931.70	9.48	0.43		0.70	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 12 VUELTAS
15/03/2021	MARZO	000543	8,931.70	8,940.40	8.70	0.51			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 10 VUELTAS
16/03/2021	MARZO	000544	8,940.20	8,948.20	8.00				OPERATIVO	CARGA DE MATERIAL TOP SOIL
17/03/2021	MARZO	000545	8,948.20	8,957.66	9.46	0.50			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 11 VUELTAS
18/03/2021	MARZO	000546	8,957.66	8,964.20	7.50	1.13		5.00	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
20/03/2021	MARZO	000548	8,964.20	8,969.70	5.50		204.3		OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
21/03/2021	MARZO	000549	8,969.70	8,979.40	9.70				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
22/03/2021	MARZO	000550	8,979.40	8,992.90	13.50				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
23/03/2021	MARZO	000551	8,992.90	9,001.70	8.80				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
24/03/2021	MARZO	000552	9,001.70	9,010.07	8.37	0.57			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 9 VUELTAS
25/03/2021	MARZO	000553	9,010.07	9,019.86	9.79	0.53			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 11 VUELTAS
26/03/2021	MARZO	000554	9,019.86	9,028.16	8.30				OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
27/03/2021	MARZO	000555	9,028.16	9,036.06	7.90				OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
28/03/2021	MARZO	000556	9,036.06	9,043.56	7.50		310.2		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
29/03/2021	MARZO	000557	9,043.56	9,052.68	9.12	0.78			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 8 VUELTAS
30/03/2021	MARZO	000558	9,052.68	9,056.00	5.60		61.8		OPERATIVO	CARGA DE MATERIAL TOP SOIL
31/03/2021	MARZO	000559	9,056.00	9,079.00	23.70	11.50		24.00	OPERATIVO	2 VIAJE DE MINERAL DE MINA A CONSORCIO HORIZONTE (RETAMAS)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16, se resume los días que la empresa registró como “operativos”, sin embargo, se ve que las mínimas horas trabajadas por el volquete es de 5.00 horas en un día y su máxima jornada es, sin contar el viaje realizado al consorcio horizonte para despachar el mineral, de 10.25 horas en un día. Por lo que concluimos que el volquete T4C – 934 no se encuentra trabajando en su máxima potencia.

Table N° 17: Registro días demora operativa

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
1/03/2021	MARZO	000528	8,847.40	8,851.10	7.35	1.23		1.60	DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
8/03/2021	MARZO	000535	8,888.00	8,890.00	2.74	1.00		2.00	DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 2 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se muestra los días en que hubo demora operativa en la operación de carguío de mineral a planta, concluimos que estas demoras no se ocasionan por la tarea en sí, ya que también se observa que hay días operativos en los que esta operación se realiza en un máximo de 8 horas al día. Se concluye que, en esta operación no hubo una adecuada planificación de transporte de mineral.

Table N° 18: Registro días inoperativos

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
7/03/2021	MARZO	000534	8,895.24	8,888.00					INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
10/03/2021	MARZO	000538	8,897.00	8,897.00					INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
19/03/2021	MARZO	000547	8,964.20	8,964.20	-				SIN REPORTE	SIN REPORTE

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, también se puede observar que existen días en los que el volquete esta inoperativo, y la causa es por falta de frente, que quiere decir que en esos días no hubo ni explotación ni extracción de minerales. En el caso del día en el que no hubo reporte, la empresa informa que tal día hubo una equivocación en la documentación de la actividad del volquete que género que este se perdiera, por lo que no se registró la causa del por qué aquel día el volquete no estuvo en operación.

Con estos datos se puede concluir que existe una falta de capacitación de los trabajadores ya que, sin la documentación adecuada de la jornada del vehículo, la tarea de optimizar los procesos se vuelve una actividad más complicada.

A continuación, se analiza el recuadro por observaciones, en esta etapa se analiza el tiempo de 4 recorridos: traslado del material extraído de la zona de mina al área de planta, el traslado del desmonte ocasionado por la voladura de la zona de mina a la relavera, el traslado del desmonte del área de planta a la

desmontera y el traslado del desmonte de la zona de relavera a la zona de botadero.

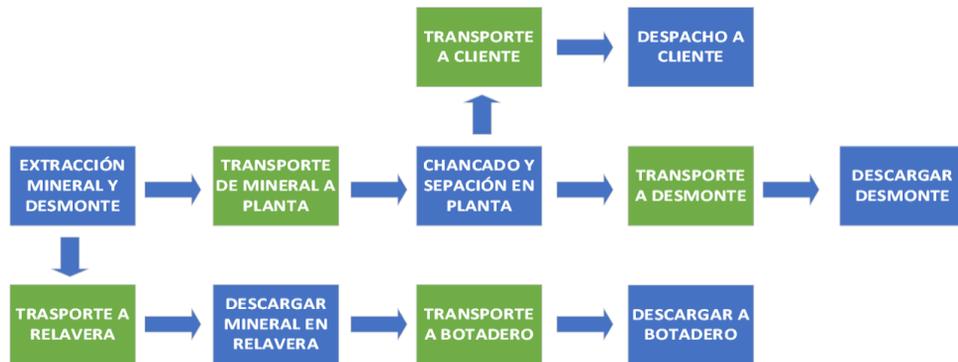


Figure N° 41: Recorridos de material minero

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama 41 se muestra, en los recuadros verdes, los procesos de transporte que se van a analizar, especialmente en los 4 recorridos dentro de la zona netamente minera.

Se debe tomar en cuenta que los tiempos fijos, siendo estos los tiempos promedio de carga, descarga y otras demoras, también están incluidas en toma de estos tiempos por vuelta. Siendo estos los siguientes:

Table N° 19: Tiempos de carga y descarga de material

AREA	DECARGA	CARGA
AREA MINA	-	15 MIN
PLANTA	7 MIN	14 MIN
RELAVERA	6 MIN	15 MIN
BOTADERO	7 MIN	-
DESMONTE	8 MIN	-
CLIENTE	7MIN	-

Fuente: Elaboración propia

En horas, el tiempo de carga en el área mina sería de 0.25 horas; el tiempo de descarga en el área planta sería 0.12 horas, y el tiempo de carga 0.23; en el área de relavera el tiempo de carga y descarga sería 0.1 y 0.25 horas

respectivamente; en el área de botadero el tiempo de descarga es 0.12 horas; en el área de desmonte es 0.13 horas y finalmente en cliente es 0.12 horas de igual manera.

Estos tiempos son incluidos en la tabla 19 dependiendo del área al que el material está siendo trasladado.

Área de mina – área planta:

En este recorrido el tiempo de carga es 15 min, 0.25 horas, y el tiempo de descarga en el área de planta es 7 min, 0.12 horas. Estos tiempos son contabilizados en cada vuelta. La carga que traslada es en promedio 22 toneladas por viaje, por lo que el primer día traslada 110 toneladas, el segundo día 88 toneladas, el tercer día 44 toneladas, el cuarto día 110 toneladas y el quinto día 110 toneladas; lo que en el mes de marzo resulta en un total de 462 toneladas trasladadas por el presente volquete.

Table N° 20: Registro de actividad: Transporte mina a planta

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
1/03/2021	MARZO	000528	8.847.40	8.851.10	7.35	1.23		1.60	DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
2/03/2021	MARZO	000529	8.851.10	8.856.60	6.75	1.38			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 4 VUELTAS
8/03/2021	MARZO	000535	8.888.00	8.890.00	2.74	1.00		2.00	DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 2 VUELTAS
9/03/2021	MARZO	000537	8.890.00	8.897.85	7.85	1.25			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
18/03/2021	MARZO	000546	8.957.66	8.964.20	7.50	1.13		5.00	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, se muestra el registro de actividad, para una mejor visualización. Se realiza de igual manera en el transporte de todas las áreas.

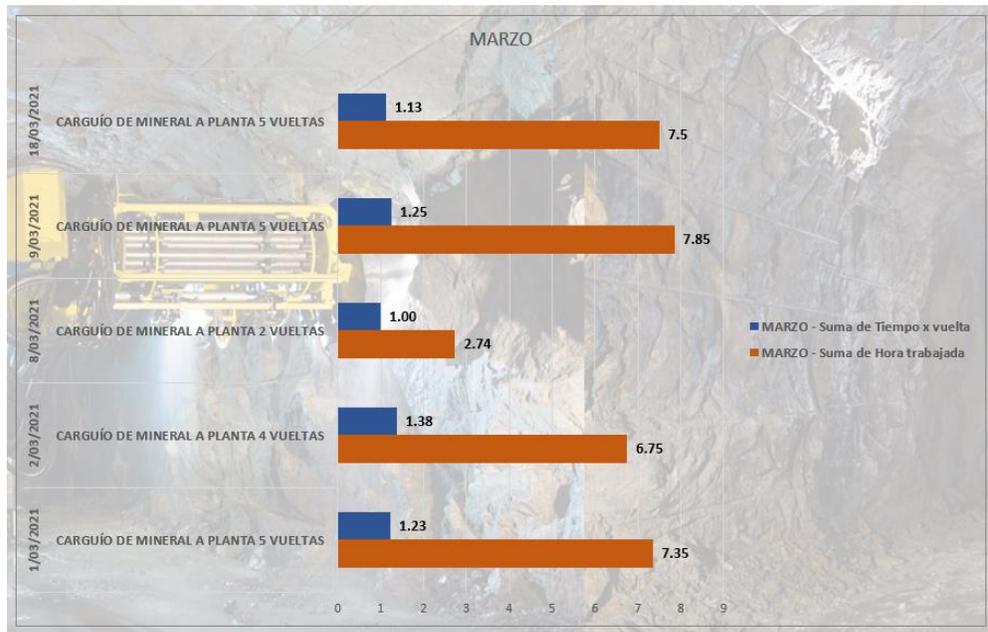


Figure N° 42: Registro de actividad: Transporte mina a planta

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 42, los tiempos de vueltas que demora al trasladar el material de la zona de mina a la zona de planta varían de acuerdo al número de vueltas que realizan, sin embargo, se puede ver las diferencias en los tiempos de transporte, el día 1-03 el volquete realizó 5 vueltas en 7.35 horas, con un tiempo de 1.23 horas por vuelta, pero el 2-03 realizó 4 vueltas en 6.75 horas, con un tiempo de vuelta de 1.38, como se ve el tiempo por vuelta aumenta el segundo día. Sin embargo, el día 8-03 realizó 2 vueltas en 2.74 horas, con un tiempo por vuelta de 1 hora, habiendo incrementado considerablemente el tiempo de traslado.

También se ve que el día 18-03 realizó 5 vueltas en 7.50 horas con un tiempo de 1.13 horas por vuelta.

Así mismo, la producción de material trasladado es desigual por día, esto es a causa de la mala planificación de los volquetes.

Área de mina – relavera:

En este recorrido el tiempo de carga del desmonte es 15 min, 0.25 horas, y el tiempo de descarga en el área de relavera es 6 min, 0.1 horas. Estos tiempos son

contabilizados en cada vuelta. La carga que es trasladada es en promedio 20 toneladas por viaje, por lo que el primer día trasladó 280 toneladas de desmonte, el segundo día 280 toneladas, el tercer día 300 toneladas y el cuarto día 260 toneladas; por lo que en el mes de marzo se trasladó un total de 1120 toneladas de desmonte del área de mina al área de relavera.

Table N° 21: Registro de actividad: Transporte de mina a relavera

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
3/03/2021	MARZO	000530	8.856.60	8.866.15	9.55	0.332	99.3		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 14 VIAJES
4/03/2021	MARZO	000531	8.866.15	8.876.02	9.87	0.355			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 14 VIAJES
5/03/2021	MARZO	000532	8.876.02	8.886.27	10.25	0.333			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 15 VIAJES
6/03/2021	MARZO	000533	8.886.27	8.895.24	8.97	0.340	122.2		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 13 VIAJES

Fuente: Elaboración propia

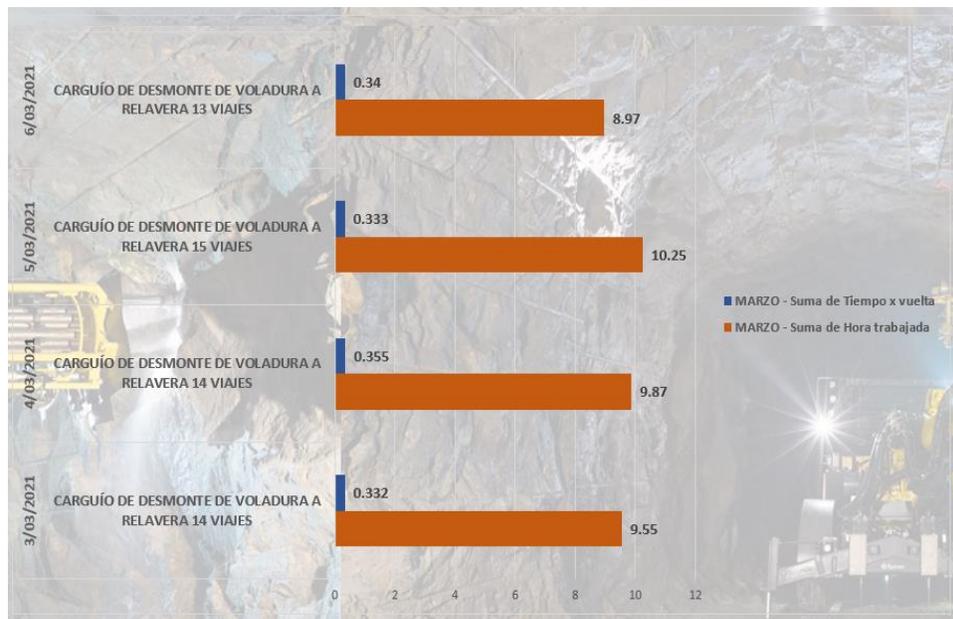


Figure N° 43: Registro de actividad: Transporte de mina a relavera

Fuente: Elaboración propia

En la figura 43, se observa los tiempos que tardaron al trasladar el desmonte de la zona de mina a la relavera, para hacer un uso complementario de este material sobrante. El día 6-03 el volquete realizó 13 vueltas en 8.97 horas con un tiempo por vuelta de 0.34 horas siendo 20.4 minutos, sin embargo, el día 5-03 realizó

15 vueltas en 10.25 horas, incluso extendiendo sus horas laborales en el día, con un tiempo por vuelta de 0.333.

Así mismo, el traslado de este desmonte al día es irregular, por la misma razón del caso anterior.

Zona relavera – botadero:

En este recorrido el tiempo de carga del desmonte proveniente de la relavera es de 15 min, 0.25 horas; y el tiempo de descarga en el botadero es de 7 minutos, 0.12 horas. Estos tiempos son contabilizados en cada vuelta. La carga movilizada en promedio es de 25 toneladas por viaje, el primer día movilizó 250 toneladas de desmonte, el segundo día 275 toneladas, el tercer día 225 toneladas, el cuarto día 300 toneladas, el quinto día 250 toneladas y el sexto día 275 toneladas; resultando en 1575 toneladas de desmonte trasladadas desde el área de relavera al área de botadero en el mes de marzo por el presente volquete.

Table N° 22: Registro de actividad: Transporte de relavera a botadero

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
11/03/2021	MARZO	000539	8,897.00	8,905.60	8.60	0.50	80.6		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 10 VUELTAS
12/03/2021	MARZO	000540	8,905.60	8,914.84	9.24	0.48			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 11 VUELTAS
13/03/2021	MARZO	000541	8,914.84	8,922.22	7.38	0.46	69.8		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 9 VUELTAS
14/03/2021	MARZO	000542	8,922.22	8,931.70	9.48	0.43		0.70	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 12 VUELTAS
15/03/2021	MARZO	000543	8,931.70	8,940.40	8.70	0.51			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 10 VUELTAS
17/03/2021	MARZO	000545	8,948.20	8,957.66	9.46	0.50			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 11 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia

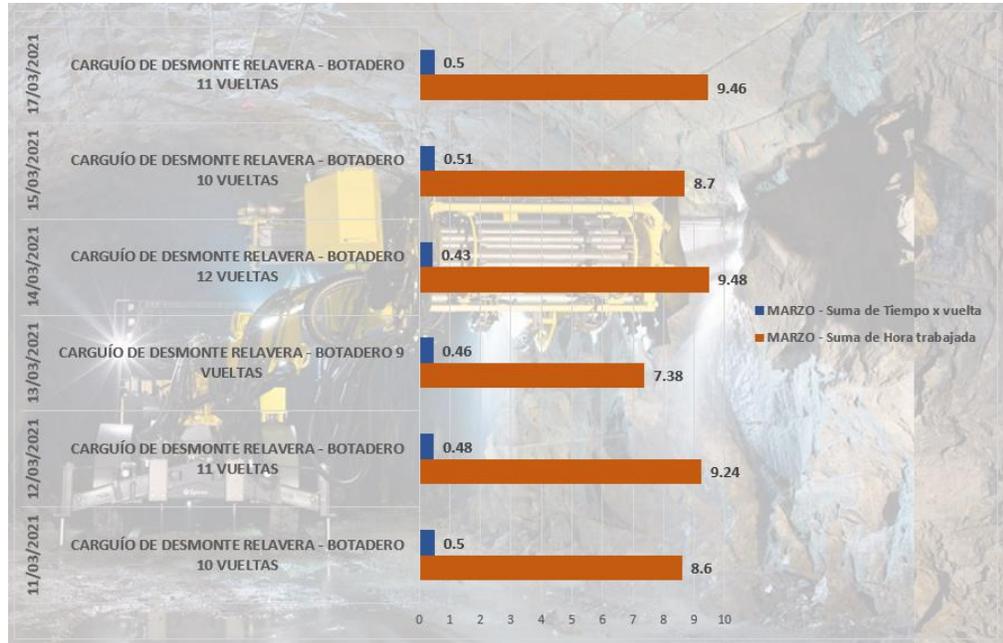


Figure N° 44: Registro de actividad: Transporte de relavera a botadero

Fuente: Elaboración propia

Se muestra los tiempos que demora el volquete en trasladar de la zona de relavera al botadero, donde se gestiona con otra compañía el uso que se le debe dar. Como se ve, el tiempo que requiere en trasladar el desmonte, el día 11-03, fue de 8.6 horas con un tiempo por vuelta de 0.5 horas realizando 10 vueltas, sin embargo, el día 17-03 realizó 11 vueltas en 9.46 horas con un tiempo por vuelta igual al del día 11. Esto quiere decir que a pesar de que ambos días trabajaron con el mismo tiempo por vuelta, el vehículo trabajo menos y realizó menos viajes.

Al igual que los casos anteriores la cantidad de toneladas movilizadas son irregulares.

Área planta – desmontera:

En este recorrido el tiempo de carga del desmonte proveniente de planta es de 14 min, 0.23 horas; y el tiempo de descarga en la desmontera es de 8 minutos, 0.13 horas. Estos tiempos son contabilizados en cada vuelta. La carga de desmonte promedio trasladado en esta área es de 21 toneladas por viaje, por lo

que el primer día movilizó 189 toneladas de desmonte, el segundo día 231 toneladas, en el caso de los 3 días siguientes, no se tiene registro del número de vueltas realizadas, sin embargo, se tiene registro de la cantidad de desmonte trasladado, en el 26-03 se movilizó 210 toneladas, el 27-03 189 toneladas, y el 28-03 147 toneladas, cabe resaltar que con estos datos no podemos asumir el número de viajes realizados ya que no se podría comprobar, finalmente el día 23-03 se trasladó 168 toneladas; dando como resultado 1134 toneladas trasladadas en estas áreas.

Table N° 23: Registro de actividad: Transporte de planta a desmontera

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
24/03/2021	MARZO	000552	9,001.70	9,010.07	8.37	0.57			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 9 VUELTAS
25/03/2021	MARZO	000553	9,010.07	9,019.86	9.79	0.53			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 11 VUELTAS
26/03/2021	MARZO	000554	9,019.86	9,028.16	8.30				OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
27/03/2021	MARZO	000555	9,028.16	9,036.06	7.90				OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
28/03/2021	MARZO	000556	9,036.06	9,043.56	7.50		310.2		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
29/03/2021	MARZO	000557	9,043.56	9,052.68	9.12	0.78			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 8 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia

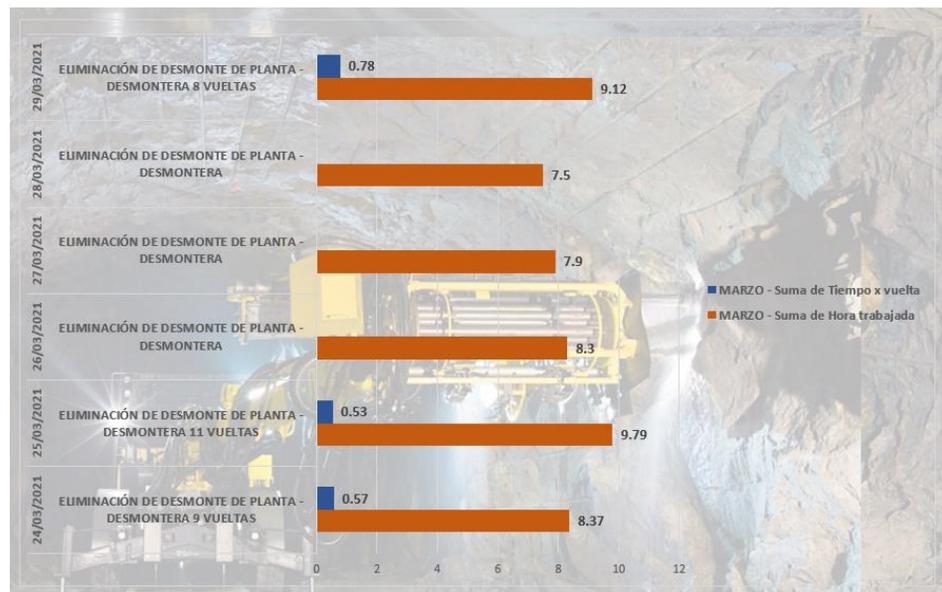


Figure N° 45: Registro de actividad: Transporte de planta a desmontera

Fuente: Elaboración propia

En la figura 45, se muestra el tiempo que tarda el volquete en trasladar el desmonte de planta a la zona de desmontera para su posterior uso. Como se aprecia a simple vista, vemos que los días 26, 27 y 28 no hubo un registro del número de vueltas que realizó el vehículo, lo que hace que la tarea de analizar datos se complique, esto puede deberse a la descoordinación de los operarios de transporte o a la falta de capacitaciones de los mismos. Sin embargo, se igual manera que las anteriores rutas, los tiempos por vuelta varían por día.

Con todos estos datos podemos asumir que, no se está llevando una adecuada planificación de las horas de trabajo del vehículo, ya que hay unos días más productivos que otros. Esto también puede deberse a la ineficiente labor de registro de datos de los operarios del vehículo.

A su vez, la cantidad de material y de desmonte trasladado no es la óptima, haciendo que el proceso se retrase.

Continuando con el análisis de los indicadores del Power BI



Figure N° 46: Cantidad y costo de galones consumidos en marzo – Volquete T4C-934

Fuente: Elaboración propia

De la figura 46 se muestra la cantidad de combustible en unidad galón consumido en el mes de marzo por el volquete T4C – 934, esto nos ayuda a identificar los desechos de gases sólidos por máquina.



Figure N° 47: Costo de alquiler sin IGV en marzo – volquete T4C-934

Fuente: Elaboración propia

De la Figura 47, nos muestra el costo total bruto de alquiler por la cantidad de horas máquina trabajada, no está incluido el costo de combustible.

Continuando con el análisis, también se muestra un gráfico de la cantidad de toneladas métricas (TM) al día y por área se extrae con el presente volquete.

Las medidas de color rojo en los días 1, 2, 8, 9 y 18 de marzo, muestra las toneladas métricas de material que es trasladado del área de mina al área de planta para su posterior transformación.

Las medidas de color azul en los días 3, 4, 5 y 6 de marzo, muestran las toneladas métricas de desmonte ocasionado por la voladura en el área mina que es trasladado a la relavera para hacer un uso adicional a este desmonte.

Las medidas de color marrón en los días 11, 12, 13, 14, 15 y 17 de marzo, muestran las toneladas métricas de desmonte provenientes de la relavera trasladadas al botadero para su posterior disposición.

Las medidas de color celeste en los días 24, 25, 26, 27, 28 y 29 de marzo, muestran las toneladas métricas de desmonte provenientes del área de planta a la zona de desmonte para su consiguiente disposición.

Finalmente se muestra de color morado, en la fecha del 31 de marzo, el despacho al cliente, que fueron de 64 toneladas en dos viajes.

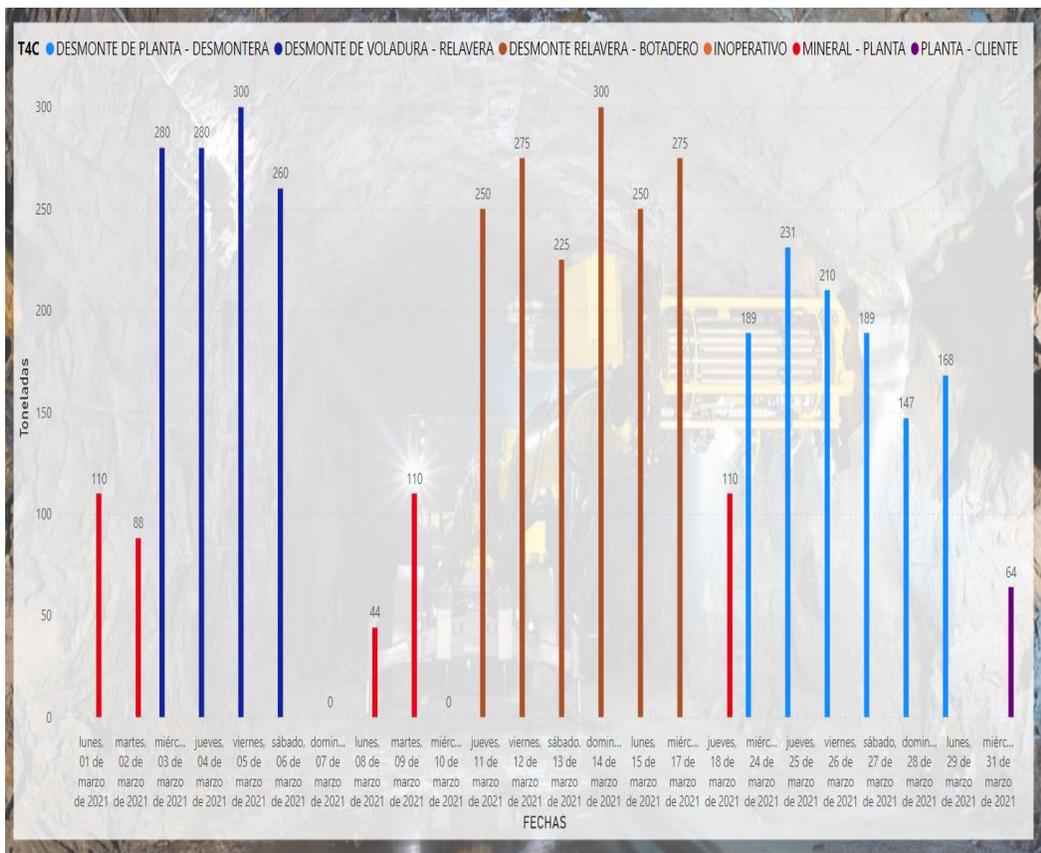


Figure N° 48: Toneladas de material transportado – Volquete T4C-934

Fuente: Elaboración propia

En el grafico 48 se muestra las toneladas tanto de los minerales trasladados a planta como las toneladas de desmonte que se traslada de área en área por día, con el presente volquete. Se puede ver que existen días donde el volquete no estuvo en funcionamiento por lo que no traslada ningún material, representando una perdida en cuanto a costos y a la demora de la operación planificada.

Volquete T2W – 866:



Figure N° 49: Power BI de indicadores – Volquete T2W - 866

Fuente: Elaboración propia

Se procede a analizar cada indicador:

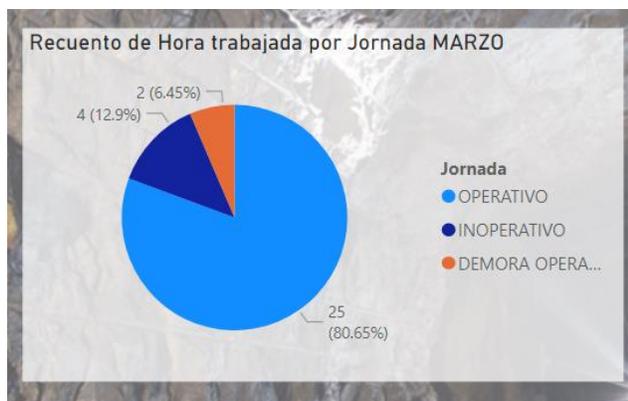


Figure N° 50: Recuento de horas trabajadas en marzo – Volquete T2W-866

Fuente: Elaboración propia

En la figura 50, se estructura el indicador del recuento de los días operativos, los días de demora operativa, los días inoperativos y los días que no se registraron reportes, estos datos brindados por la empresa de estudio en la tabla 13.

Sin embargo, si se estudia con más detenimiento la hoja de ruta, se puede ver que no todos los días se trabaja en la máxima productividad del volquete, al igual que el volquete estudiado anteriormente.

Table N° 24: Registro días operativos

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Jornada	Observaciones
3/03/2021	MARZO	000426	9,207.40	9,218.80	11.40	0.25	58.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 19 VIAJES
4/03/2021	MARZO	000427	9,218.80	9,230.86	12.06	0.32		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
5/03/2021	MARZO	000428	9,230.86	9,244.16	13.30	0.35	106.5	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 19 VIAJES
6/03/2021	MARZO	000429	9,244.16	9,254.81	10.65	0.36		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 15 VIAJES
11/03/2021	MARZO	000434	9,239.60	9,249.44	9.84	0.46		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 12 VUELTAS
12/03/2021	MARZO	000435	9,249.44	9,259.67	10.23	2.50	136.2	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
13/03/2021	MARZO	000436	9,259.67	9,268.23	8.56			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO
14/03/2021	MARZO	000437	9,268.23	9,277.36	9.13	0.47	74.3	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 11 VUELTAS
15/03/2021	MARZO	000438	9,277.36	9,287.68	10.32	0.50		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 12 VUELTAS
16/03/2021	MARZO	000439	9,287.68	9,295.08	7.40			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO
17/03/2021	MARZO	000440	9,295.08	9,304.18	9.10	0.55	112.6	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 10 VUELTAS
18/03/2021	MARZO	000441	9,304.18	9,305.22	1.04			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - PATIO DE TRANSFERENCIAS
19/03/2021	MARZO	000442	9,305.22	9,312.90	7.68		36.6	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - PATIO DE TRANSFERENCIAS
20/03/2021	MARZO	000443	9,312.90	9,322.50	9.60			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA
21/03/2021	MARZO	000444	9,322.50	9,330.80	8.30			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA
22/03/2021	MARZO	000445	9,330.80	9,337.59	6.79	0.61	103.7	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 7 VUELTAS
23/03/2021	MARZO	000446	9,337.59	9,346.32	8.73	0.57		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 9 VUELTAS
24/03/2021	MARZO	000447	9,346.32	9,358.00	11.68		85.7	OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS
25/03/2021	MARZO	000448	9,358.00	9,366.60	8.60			OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS
26/03/2021	MARZO	000449	9,366.60	9,375.20	8.60			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
27/03/2021	MARZO	000450	9,375.20	9,381.96	6.76	1.33		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 4 VIAJES
28/03/2021	MARZO	000451	9,381.96	9,389.06	7.10	1.06	130.5	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 5 VIAJES
29/03/2021	MARZO	000452	9,389.06	9,397.26	8.20			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
30/03/2021	MARZO	000453	9,397.26	9,407.26	10.00	0.64	76.4	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 10 VIAJES
31/03/2021	MARZO	000454	9,407.26	9,417.10	9.84	5.45		OPERATIVO	02 VIAJE DE MINERAL DE MINA A CONSORCIO HORIZONTE (RETAMAS)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, se resume los días que la empresa registró como “operativos”, sin embargo, se ve que las mínimas horas trabajadas por el volquete es de 1.04 horas en un día y su máxima jornada es, sin contar el viaje realizado al consorcio horizonte para despachar el mineral, de 13.30 horas en un día. Por lo que concluimos que el volquete T2W - 866 no se encuentra trabajando en su máxima potencia.

Table N° 25: Registro días demora operativa

Fecha	Mes	N° Report	Hora inici	Hora término	Hora trabajad	Tiempo x vuelt	D-2	Jornada	Observaciones
1/03/2021	MARZO	000424	9,205.00	9,207.40	2.40	0.85		DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 2 VIAJES

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, se muestra los días en que hubo demora operativa en la operación de carguío de desmonte de voladura a relavera, realizando solo 2 viajes, concluimos que estas demoras no se ocasionan por la tarea en sí, ya que también se observa que hay días operativos en los que esta operación se realiza en un máximo de 13.30 horas al día. Se concluye que, en esta operación tampoco hubo una adecuada planificación de transporte de mineral.

Table N° 26: Registro días inoperativos

Fecha	Mes	N° Report	Hora inici	Hora término	Hora trabajad	Tiempo x vuelt	D-2	Jornada	Observaciones
2/03/2021	MARZO	000425	9,207.40	9,207.40	-			INOPERATIVO	EQUIPO INOPERATIVO POR NEUMÁTICOS
7/03/2021	MARZO	000430	9,254.81	9,237.90				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
8/03/2021	MARZO	000431	9,237.90	9,237.90				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
9/03/2021	MARZO	000432	9,237.90	9,237.90				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26, también se puede observar que existen días en los que el volquete esta inoperativo, y la causa es por una falla en los neumáticos y por falta de frente, que quiere decir que en esos días no hubo ni explotación ni extracción de minerales.

Con estos datos se puede concluir que se puede perder todo un día de trabajo por la falta de un mantenimiento adecuado de los vehículos, y que el stand by por falta de frente es un problema relativamente repetitivo en la empresa, por lo que resulta un problema grave para la empresa, ya que se pierden días de trabajo y por ende ingresos.

A continuación, se analiza el recuadro por observaciones:

Área de mina – área de planta:

Los tiempos de carga y descarga son los mismos tomados en el volquete anterior. La carga de material de alta ley que se traslada por viaje es en promedio 22 toneladas, por lo que el primer día se traslada 110 toneladas, aquí como en

los casos anteriores del volquete previo estudiado, no hay registro del número de viajes realizados, pero sí existe un registro del material trasladado que en el día 20-03 es de 154 toneladas y el día 21-03, 132 toneladas; lo que resulta en 418 toneladas trasladadas en el mes por este volquete.

Table N° 27: Registro de actividad: Transporte de mina a planta

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Jornada	Observaciones
12/03/2021	MARZO	000435	9,249.44	9,259.67	10.23	2.50	136.2	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 5 VUELTAS
20/03/2021	MARZO	000443	9,312.90	9,322.50	9.60			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA
21/03/2021	MARZO	000444	9,322.50	9,330.80	8.30			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA

Fuente: Elaboración propia

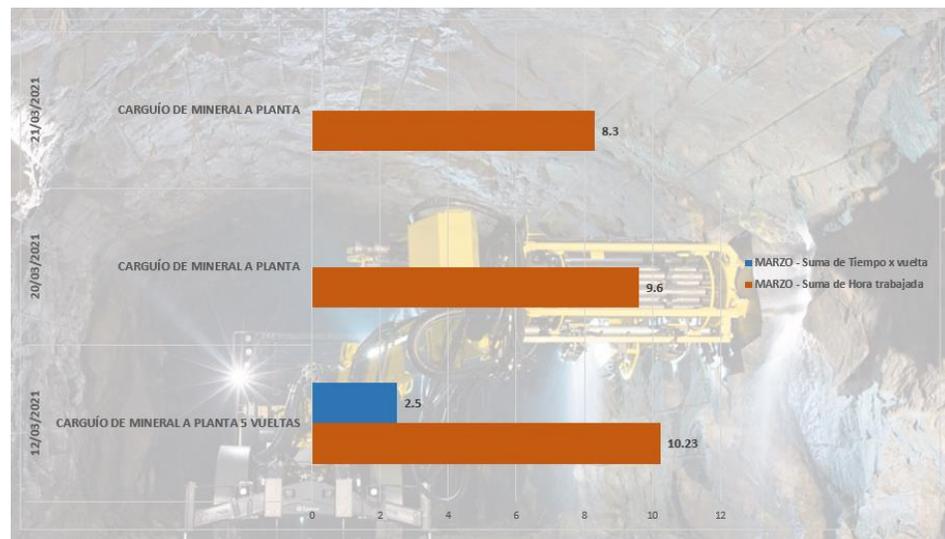


Figure N° 51: Registro de actividad: Transporte de mina a planta

Fuente: Elaboración propia

El día 12-03 realizó 5 vueltas en 10.23 horas con un tiempo de 2.5 horas por vuelta, sin embargo, como se observa, en esta hoja de ruta y esta operación tampoco se registró el número de vueltas que realizó el volquete, esto ocasiona que no se pueda analizar adecuadamente el tiempo trabajado por el vehículo y consecuentemente el trabajo de optimizar el proceso se complique.

Área de mina – relavera:

Los tiempos de carga y descarga son los mismos tomados en el volquete anterior. La carga de desmonte promedio es la misma que el volquete anterior,

por lo que el primer día se moviliza 40 toneladas, el segundo día 380 toneladas, el tercer día 360 toneladas, el cuarto día 380 toneladas y el quinto día 300 toneladas; dando como resultado 1460 toneladas de desmonte trasladadas en el mes por este volquete.

Table N° 28: Registro de actividad: Transporte de mina a relavera

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Jornada	Observaciones
1/03/2021	MARZO	000424	9,205.00	9,207.40	2.40	0.85		DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 2 VIAJES
3/03/2021	MARZO	000426	9,207.40	9,218.80	11.40	0.25	58.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 19 VIAJES
4/03/2021	MARZO	000427	9,218.80	9,230.86	12.06	0.32		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
5/03/2021	MARZO	000428	9,230.86	9,244.16	13.30	0.35	106.5	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 19 VIAJES
6/03/2021	MARZO	000429	9,244.16	9,254.81	10.65	0.36		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 15 VIAJES

Fuente: Elaboración propia

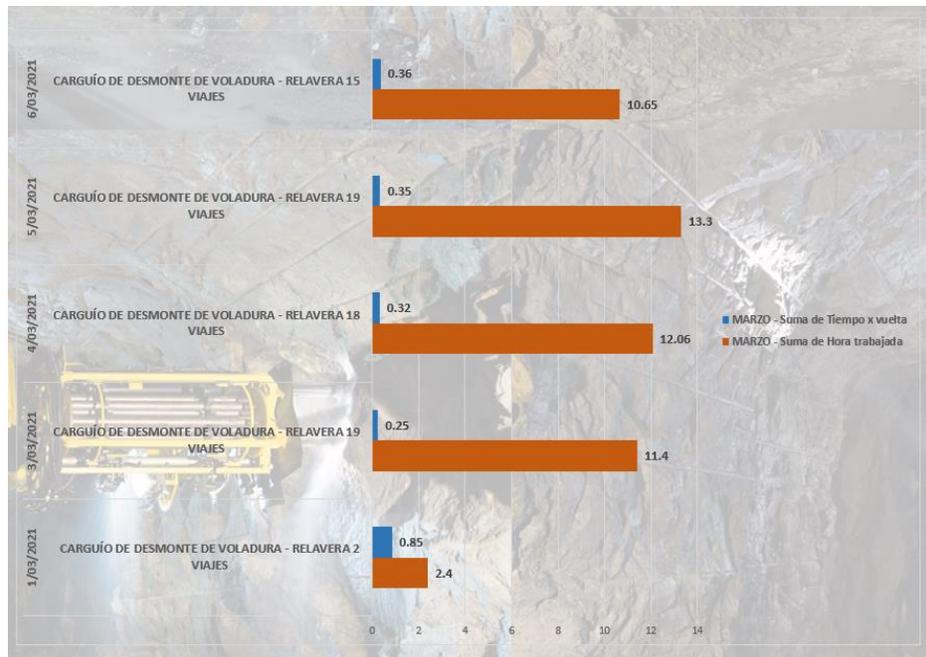


Figure N° 52: Registro de actividad: Transporte de mina a relavera

Fuente: Elaboración propia

De la figura 52, se obtiene los tiempos que el vehículo demora en trasladar el desmonte de la voladura de la zona de mina a la relavera. Se observa que el día 3-03 el volquete realizó un recorrido de 19 viajes en 11.4 horas, con 0.25 horas

por viaje, comparado con el día 5-03 que recorrió el mismo número de viajes, pero en 13.3 horas, con 0.35 horas por viaje, al igual que el día 4-03 que realizó 18 viajes, pero tuvo un tiempo por viaje de 0.32 horas. Quiere decir que los tiempos por viaje varían en una medida considerable, haciendo los recorridos improductivos y lentos. También se visualiza que están sobrepasando la jornada diaria de trabajo, inducidos con la finalidad de cumplir con los tonelajes programados a extraer, sin embargo, esto puede generar molestias en los trabajadores pudiendo bajar su rendimiento.

Zona relavera – botadero:

Los tiempos de carga y descarga son los mismos tomados en el volquete anterior. La carga de desmonte promedio que se traslada en estas áreas es la misma que el volquete anterior por lo que, el primer día se traslada 300 toneladas, el segundo día 275 toneladas, el tercer día 275 toneladas, el cuarto día 300 toneladas, el quinto día 225 toneladas, el sexto día 250 toneladas, el séptimo día 175 toneladas y el octavo día 225 toneladas; dando como resultado un total de 2025 toneladas de desmonte trasladadas en estas dos áreas.

Table N° 29: Registro de actividad: Transporte de relavera a botadero

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Jornada	Observaciones
11/03/2021	MARZO	000434	9,239.60	9,249.44	9.84	0.46		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 12 VUELTAS
13/03/2021	MARZO	000436	9,259.67	9,268.23	8.56			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO
14/03/2021	MARZO	000437	9,268.23	9,277.36	9.13	0.47	74.3	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 11 VUELTAS
15/03/2021	MARZO	000438	9,277.36	9,287.68	10.32	0.50		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 12 VUELTAS
16/03/2021	MARZO	000439	9,287.68	9,295.08	7.40			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO
17/03/2021	MARZO	000440	9,295.08	9,304.18	9.10	0.55	112.6	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 10 VUELTAS
22/03/2021	MARZO	000445	9,330.80	9,337.59	6.79	0.61	103.7	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 7 VUELTAS
23/03/2021	MARZO	000446	9,337.59	9,346.32	8.73	0.57		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 9 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia

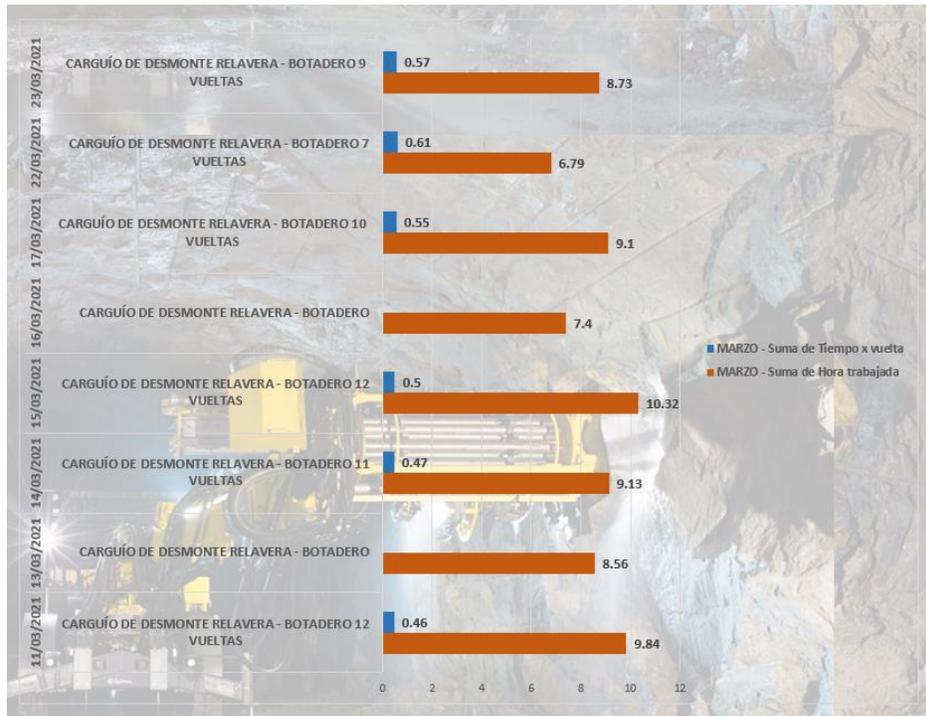


Figure N° 53: Registro de actividad: Transporte de relavera a botadero

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, en el gráfico 53 se obtiene los tiempos de viaje del traslado de desmonte desde el área de relavera hasta el botadero, podemos ver que la productividad en esta ruta también varía, ya que, si se realiza una comparación, en el día 15-03 recorrió 12 vueltas, pero fueron en 10.32 horas con un tiempo por vuelta de 0.5, pasando la jornada establecida; el día 11-03 realizó 12 vueltas con un tiempo de viaje de 0.46 horas, contando los tiempos de carga y descarga de los materiales. Esto quiere decir que el volquete no está siendo lo suficientemente productivo, sin considerar que una vez más en esta ocasión hubo un día que no se registró el número de vueltas, lo que hace pensar que esta equivocación sucede a menudo.

Área planta – desmontera:

Los tiempos de carga y descarga son los mismos tomados en el volquete anterior. La carga promedio es la misma que el vehículo anterior, pero igualmente no hay registro de la cantidad de viajes solo de las toneladas

registradas en el punto de destino, el primer día se recibió 147 toneladas y el cuarto día 126 toneladas, en el segundo día se registró un movimiento de 84 toneladas, el tercer día 105 toneladas y el quinto día 210 toneladas; dando un total de 672 toneladas trasladadas en estas áreas.

Table N° 30: Registro de actividad: Transporte de planta a desmontera

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Jornada	Observaciones
26/03/2021	MARZO	000449	9,366.60	9,375.20	8.60			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
27/03/2021	MARZO	000450	9,375.20	9,381.96	6.76	1.33		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 4 VIAJES
28/03/2021	MARZO	000451	9,381.96	9,389.06	7.10	1.06	130.5	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 5 VIAJES
29/03/2021	MARZO	000452	9,389.06	9,397.26	8.20			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA
30/03/2021	MARZO	000453	9,397.26	9,407.26	10.00	0.64	76.4	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 10 VIAJES

Fuente: Elaboración propia

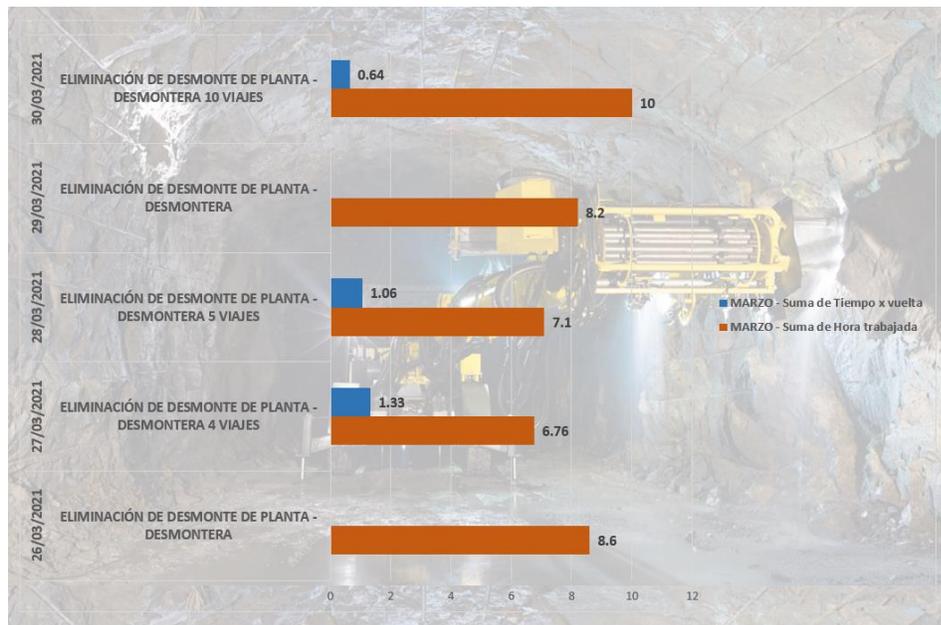


Figure N° 54: Registro de actividad: Transporte de planta a desmontera

Fuente: Elaboración propia

En este recorrido se obtiene los tiempos de eliminación de desmonte de la planta a la zona de desmonte, podemos ver que en el día 27-03 el tiempo por vuelta fue de 1.33 horas, realizando 4 viajes en 6.76 horas; sin embargo, el 30-03 tuvo

un tiempo por vuelta de 0.64 horas habiendo realizado 10 viajes en 10 horas. Con estos datos se demuestra que el volquete no está haciendo las rutas adecuadamente, a su vez se muestra que al igual que el volquete anterior, tampoco están registradas el número de vueltas realizadas el 26 y 29 de marzo.

Continuando con el análisis de los indicadores del Power BI



Figure N° 55: Cantidad y costo de galones consumidos en marzo – Volquete T2W-866

Fuente: Elaboración propia

De la figura 55 se muestra la cantidad de combustible en unidad galón consumido en el mes de marzo por el volquete T2W - 866, esto nos ayuda a identificar los desechos de gases sólidos por máquina.



Figure N° 56: Costo de alquiler sin IGV en marzo – Volquete T2W-866

Fuente: Elaboración propia

De la Figura 56, nos muestra el costo total bruto de alquiler por la cantidad de horas máquina trabajada, no está incluido el costo de combustible.

Las medidas de color rojo en los días 12, 20 y 21 de marzo, muestran las toneladas métricas de material que es trasladado del área de mina al área de planta para su posterior transformación.

Las medidas de color azul en los días 1, 3, 4, 5 y 6 de marzo, muestran las toneladas métricas de desmonte ocasionado por la voladura en el área mina que es trasladado a la relavera para hacer un uso adicional a este desmonte.

Las medidas de color marrón en los días 11, 13, 14, 15, 16, 17, 22 y 23 de marzo, muestran las toneladas métricas de desmonte provenientes de la relavera trasladadas al botadero para su posterior disposición.

Las medidas de color celeste en los días 26, 27, 28, 29 y 30 de marzo, muestran las toneladas métricas de desmonte provenientes del área de planta a la zona de desmonte para su consiguiente disposición.

Finalmente se muestra de color crema, en la fecha del 31 de marzo, el despacho al cliente. Que en dos vueltas trasladó 64 toneladas de mineral de alta ley.

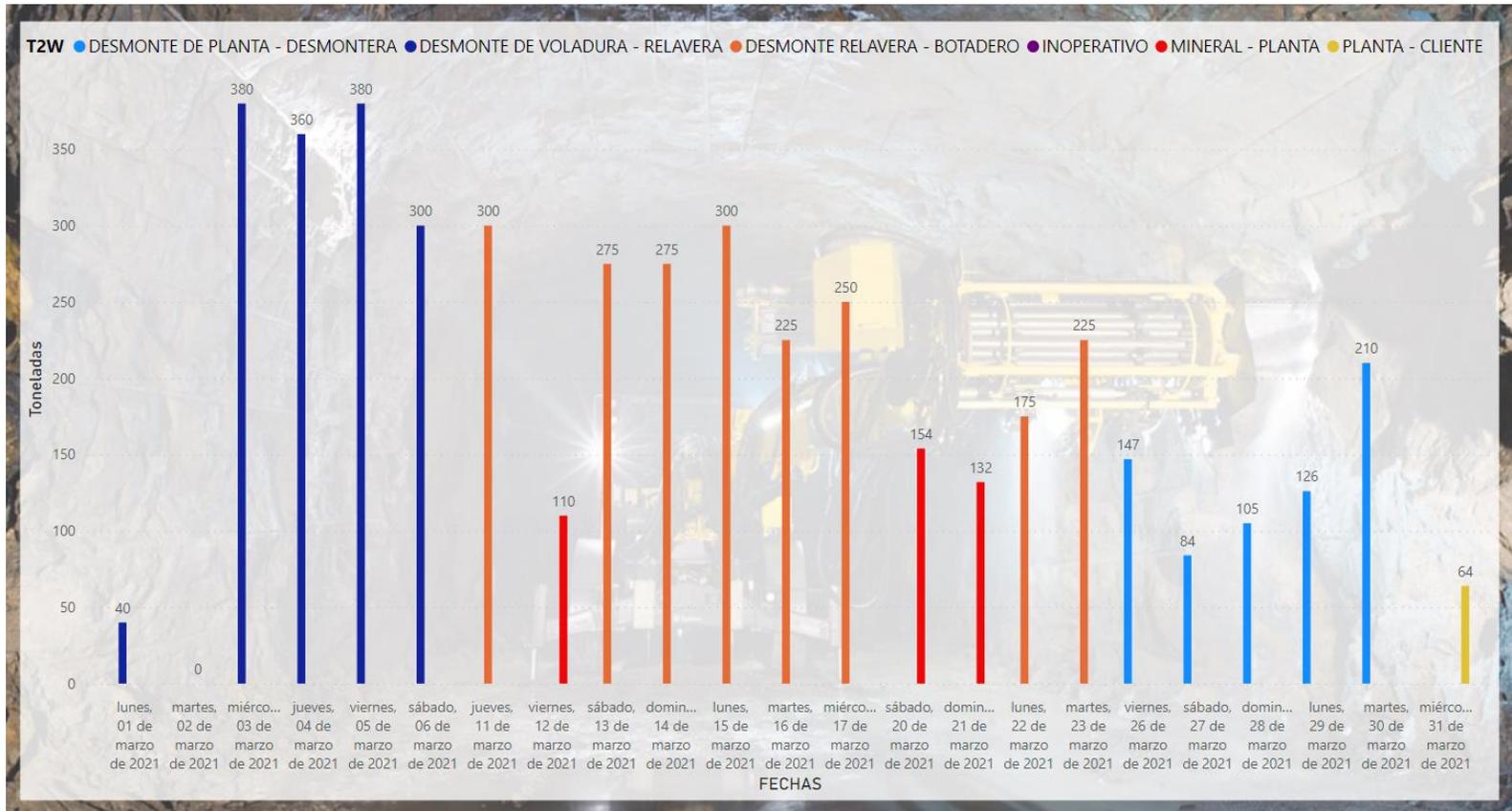


Figure N° 57: Toneladas de material transportado – Volquete T2W-866

Fuente: Elaboración propia

En este grafico observamos la cantidad de toneladas tanto de mineral trasladado a planta como de desmonte trasladado a su área de destino, por día. Se observa, que existe una mayor cantidad de días inoperativos en comparación con el volquete anterior, de igual manera representa pérdidas a la empresa y retrasos en los procesos planificados.

Como resumen de las toneladas cargadas por cada volquete:

Table N° 31: Resumen tonelajes transportados

ÁREAS	VOLQUETES		TOTAL
	T4C (TON)	T2W (TON)	
MINA - PLANTA	462	418	880
MINA - RELAVERA	1440	1800	3240
RELAVERA - BOTADERO	1950	2600	4550
PLANTA - DESMONTERA	1638	1365	3003
PLANTA - CLIENTE	64	64	128

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31, se observa las toneladas tanto de minera como de desmonte trasladados por ambos volquetes en el mes.

En la sección, se llega a la conclusión de que ambos volquetes no están siendo operados en su óptima capacidad, ya que tiene días más productivos que otros, esto se debe a que existen demoras en el momento de trasladar los materiales a su área de destino, haciendo que los volquetes realicen menos recorridos por día por no trabajar idóneamente, por lo que se concluye que no existe una adecuada planificación de la cantidad de tiempo mínimo requerido para trasladar dichos materiales y de la cantidad de recorridos por volquete programados.

También se encuentra que los operarios no realizan adecuadamente la tarea de registrar datos importantes de los recorridos de los volquetes, por lo que debe de haber un control diario de los registros entregados al supervisor por parte de los operarios de los volquetes.

5.2.3 Analizar

En esta fase se resume la información recaudada en las secciones anteriores y se busca profundizar en la problemática, por lo que se usará herramientas de la metodología Lean en esta etapa.

Diagrama de Pareto

Como se explicó en el capítulo 1, las actividades mineras generan un gran ingreso en bruto tanto para las empresas mineras como para el estado, sin embargo, también posee un elevado costo de producción e infraestructura, por lo que en el siguiente Pareto se muestra a detalle los costos de consumo por área en la empresa minera de estudio:

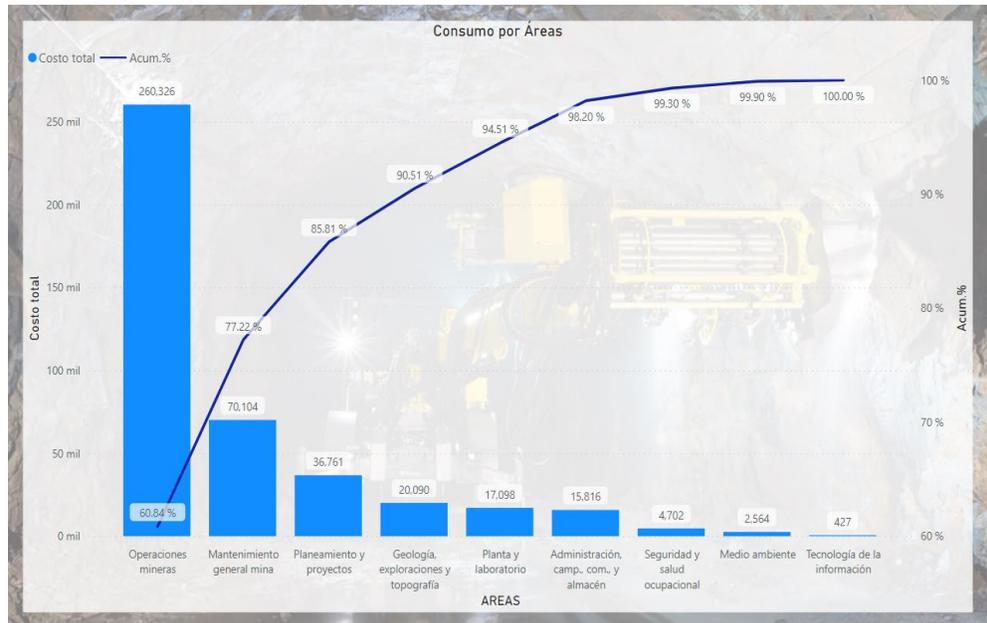


Figure N° 58: Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

En la figura 58, se muestra el gráfico de Pareto de todas las áreas de la empresa minera en estudio, donde se encuentran 3 áreas que conforman más del 80% del total de consumo por mes en la minera.

En primera instancia se encuentra el área de “Operaciones mineras”, en donde se encuentran todas las operaciones netamente de extracción del mineral, que refleja un 60.8% de consumo total de la minera, ya que es el área de más importancia de la mina. En este punto está involucrado tanto la gestión como el planeamiento de mina y los procesos de extracción y transporte del mineral a la zona de planta, así como también los servicios auxiliares, en los que se

encuentra a su vez: drenaje y bombeo, redes de electrificación y redes de agua; también se encuentra la sub área de seguridad y salud ocupacional, que se encarga de verificar y controlar el cumplimiento de normas tanto mineras como de bioseguridad. En segundo lugar, se encuentra el área de mantenimiento general de mina, en el que se encuentra las operaciones de revisión y mantenimiento de todos los equipos que trabajan en el centro minero. El tercer lugar, encontramos el área de planeamiento y proyectos, en los que se encuentran las operaciones de gestión y elaboración de proyectos, como lo son la implementación de campamentos, ampliaciones de planta, habilitación de villas staff, ampliaciones de plataformas, apoyo comunitario, la construcción de chancadoras provisionales, entre otros. Por último, se puede visualizar las siguientes áreas que conforman más del 10%, que vienen a ser las que requieren de menor costo de consumo (costo total) de recursos.

Mediante este diagrama de Pareto se pudo identificar que el mayor porcentaje de áreas que tienen un mayor consumo de recursos es el de operaciones mina.

Dentro de esta área se encuentran operaciones que a su vez requieren un consumo de recursos que es importante su análisis, como se ve en el siguiente Pareto:

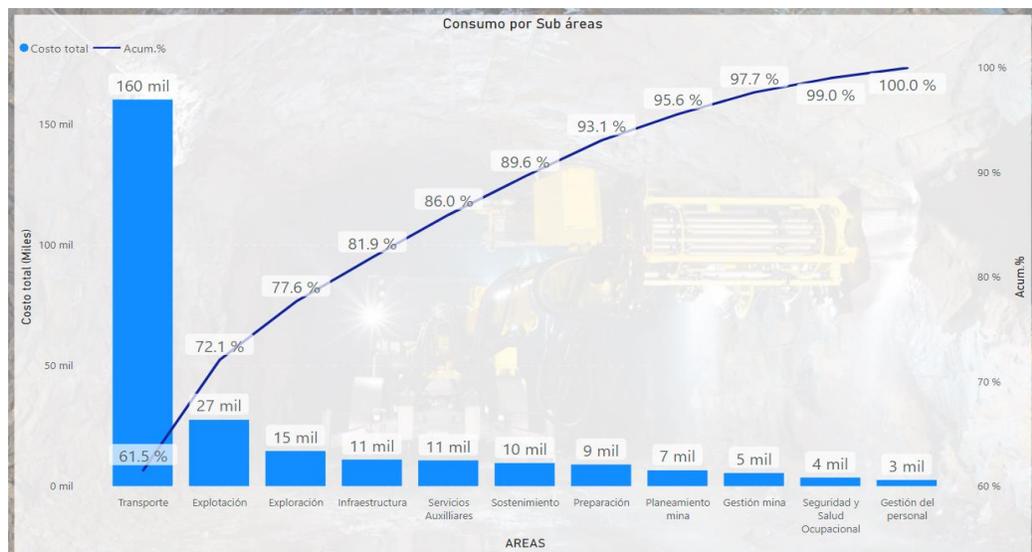


Figure N° 59: Diagrama de Pareto – área de operaciones mineras

Fuente: Elaboración propia

En la figura 59, se muestra el Pareto de las sub áreas del área de “Operaciones mineras”, donde se aprecian 3 procesos que conforman más del 80% del total de operaciones que consumen recursos.

El primer lugar se encuentra el proceso de transporte, en donde se aprecia el mayor porcentaje reflejado en un 61.5% del total de sub procesos, ya que es en esta etapa en la que se consume una mayor cantidad de recursos, con un estimado de consumo de petróleo de 1,155 galones al mes, siendo las excavadoras las que mayor incidencia representan con una participación del 42.56% del total consumido, cabe destacar que respecto a las horas máquinas, que los volquetes son los equipos con mayor uso debido a la constante eliminación de material posterior a cada voladura. Este dato representa un mayor costo de consumo, ya que el alquiler de las maquinarias pesadas depende de las horas trabajadas en mención. En segundo lugar, se tiene al proceso de explotación, resaltando que los equipos requeridos en esta etapa requieren de contante mantenimiento por el desgaste de las mismas, a su vez los equipos de protección de personal adicionales, debido a la pandemia actual. En tercer lugar, se tiene el proceso de exploración, en el cual tiene que realizar estudios y pruebas previos a todos los procesos. Finalmente, se puede observar las operaciones que se encuentran dentro del 10% que son los procesos que requieren menos consumo de recursos.

Con ambos diagramas de Pareto se identificó que donde existe un mayor costo de producción es el área de “operaciones mineras”, y que, dentro de esta área, el proceso que consume más recursos de la empresa es el transporte ya que existe un elevado consumo de combustible de todas las maquinarias y a su vez al ser estas alquiladas, el costo mensual se incrementa considerablemente, contando también el costo requerido para su mantenimiento constante.

Diagrama de Ishikawa:

En el capítulo 1 se realizó un Diagrama de Ishikawa o llamado también Causa – Efecto, en el cual se mencionó las posibles causas que provocan los impactos

ambientales nocivos en un centro minero, explicando de una manera más específica las causas de estos impactos ambientales nocivos.

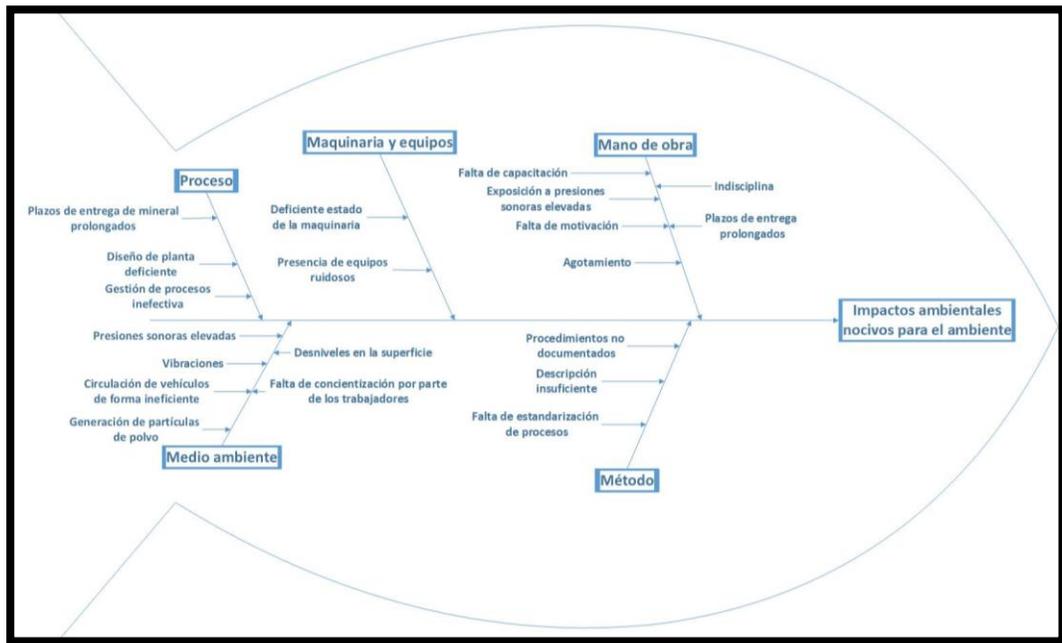


Figure N° 60: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

El diagrama que se muestra en la figura, está compuesto por las categorías:

Proceso, conformada por 3 procesos:

- Plazos de entrega de mineral prolongados: En esta parte del proceso, al extraerse el mineral y no haber la maquinaria necesaria para su transporte, una documentación atrasada o errónea, el mineral se mantiene en un área de depósito temporal y al estar un tiempo prolongado en el suelo, puede causar una pérdida de las propiedades o alteraciones físicas del suelo, probablemente permanente.
- Diseño de planta deficiente: Cuando se tiene el centro de planta localizado a una distancia relativamente lejana del centro de explotación de mina, hay una mayor exposición de gases emitidos por la combustión de las maquinarias de transporte de mineral, de igual manera el ruido generado causa contaminación sonora a los trabajadores y a la fauna existente.

- Gestión de procesos inefectiva: Como se vio con anterioridad, el existir una deficiente gestión tanto en los procesos mineros como en los procesos de gestión de residuos causa una contaminación sumamente importante en el ambiente, especialmente en el área de transporte

Maquinaria y equipos, conformada por 2 procesos:

- Deficiente estado de la maquinaria: Cuando una maquina pesada o ligera trabaja al límite de su funcionamiento o en un estado deficiente, esta emite un exceso tanto de emisiones sólidas, gases tóxicos, y contaminación sonora; lo que viene siendo arriesgado y profundamente perjudicial al medio ambiente.
- Presencia de equipos ruidosos: Como ya se mencionó, cuando no se tiene un adecuado mantenimiento de las distintas maquinarias y estas trabajan de forma deficiente, emiten agentes contaminantes y a su vez genera ruido excesivo que perjudica principalmente a los trabajadores.

Mano de obra, conformada por 6 procesos:

- Falta de capacidad: Si los trabajadores u operarios que son encargados de manejar las maquinarias no están adecuadamente capacitados para el uso de estas, no realizan un trabajo adecuado pudiendo afectar los equipos. De igual manera, al no tener interiorizado los temas ambientales y los impactos sumamente dañinos que pueden causar tanto en el ambiente como a la salud de las personas, no buscan evitar o reducir ciertas actividades que podrían mejorar la vida alrededor de la minera.
- Exposición a presiones sonoras elevadas: Los trabajadores laboran con equipos de seguridad mineros, sin embargo, si los equipos no están debidamente funcionando o por el otro lado, si los equipos de seguridad no son los adecuados o no están en optimo estado, los trabajadores de primera línea son los más perjudicados.

- Falta de motivación: Habitualmente el trabajador puede llegar a sentirse desmotivado en sus actividades, por tareas rutinarias o por el contrario no tener una agenda ordenada, ya que esta empresa no cuenta con un buen orden de actividades programadas para cada trabajador, no cuenta con un organigrama adecuado lo que hace que las labores no estén correctamente designadas. Otro factor es que en la mayoría de casos los trabajadores suelen quedarse más tiempo en la minera que lo programado por distintas razones, pero más frecuentemente por problemas en las agendas de viajes, lo que incentiva la falta de motivación al momento de laborar en mina.
- Agotamiento: Como ya se mencionó cuando no se respeta la agenda previamente programada de los viajes de los trabajadores al centro minero, pueden llegar a quedarse por más de 3 meses, lo cual puede causar un agotamiento del trabajador.
- Indisciplina: A su vez, por lo anterior mencionado, cuando estos trabajadores que pueden tener agotamiento tanto físico como mental, no están supervisados pueden llegar a dejar de laborar y tener tiempos muertos lo que resulta en una amplia pérdida de costos para la empresa y también contaminación ambiental.
- Plazos de entrega prolongados: Al haber retrasos en los plazos de entrega, toda la agenda diaria se retrasa, generando costos adicionales de alquiler de maquinaria, mano de obra, equipos de seguridad, entre otros; ocasionando a su vez que los impactos ambientales negativos ya generados sean mayores.

Método, conformado por 3 procesos:

- Procedimientos no documentados: Al documentar adecuadamente las operaciones diarias en cada proceso, se puede realizar una gestión óptima tanto de las operaciones como de las implementaciones de proyectos ambientales; por lo que cuando no se tiene un registro ordenado y adecuado se vuelve más complicado la dirección de los

procesos y la optimización de estos.

- Descripción insuficiente: Al igual que el punto anterior, cuando no existe descripciones adecuadas de los procesos y de los costos de estos procesos, es más complicada la gestión de costos y operaciones ambientales.
- Falta de estandarización de procesos: Los dos puntos anteriores llevan a una deficiente estandarización de procesos, las tareas no están definidas apropiadamente y esto ocasiona desorden.

Medio ambiente, conformado por 6 procesos:

- Presiones sonoras elevadas: Se genera por voladuras, maquinaria pesada de arranque y de transporte, chancadoras, etc.
- Vibraciones: Las ondas aéreas son causadas por explosiones de las voladuras al extraer los minerales, es una onda de presión que se extiende por el aire mitigándose con la distancia que genera vibraciones.
- Circulación de vehículos de forma ineficiente: Al igual que lo explicado en la categoría de maquinaria y equipos, los vehículos que no circulan de forma eficiente generan un exceso, ya de por sí emitido con el funcionamiento habitual, de gases de combustión (CO₂, CO, grisú – mezcla explosiva de metano y aire-).
- Generación de partículas de polvo: Tanto del uso de las maquinarias como de las actividades propias de extracción, voladura o arranque de material o durante los procesos de carga y transporte o relacionado con los procesos metalúrgicos, y además por la remoción eólica de material fino en escombreras, emiten partículas de polvo que son dañinas para los operarios y la vida silvestre de la zona.
- Desniveles en la superficie: La desestabilización de laderas por sobrecargas y/o excavaciones y alteraciones en el nivel freático causan desniveles en la superficie, cambian el relieve, aumenta la escorrentía y a su vez causan erosión que en muchos casos no se puede reparar.
- Falta de concientización por parte de los trabajadores: En los puntos

anteriores se explicó que la falta de capacitación lleva a una escasa concientización en los ámbitos ambientales de los trabajadores, lo que aminora los esfuerzos de los ingenieros ambientales en reducir los impactos ambientales generados por las operaciones mineras.

Con el diagrama de Ishikawa se llega a la conclusión de que existen numerosas causas que generan impactos ambientales negativos, sin embargo, el proceso donde participa las maquinarias pesadas se prioriza ya que es el área que genera más costo de consumo, como se vio en el diagrama de Pareto explicado con anterioridad.

Diagrama de recorrido actual

En la siguiente sección, se usa el Diagrama de Recorrido, donde se analiza todos los tiempos de recorrido promedio de ambos volquetes a todas las locaciones, ya que es una herramienta adecuada para este tipo de análisis. Estos datos se analizaron con la extracción de material de una de las tres vetas presentes en la empresa.

Con los datos de las tablas 9 y 12 se calculó los tiempos por viaje del mineral de la zona de carguío o mina (bocamina) a la planta y de los desmontes, de la zona de carguío o mina (bocamina) a la zona relavera y de la zona relavera a la zona de botadero, también de la zona de planta a la zona de desmonte y de la zona de planta a los clientes.

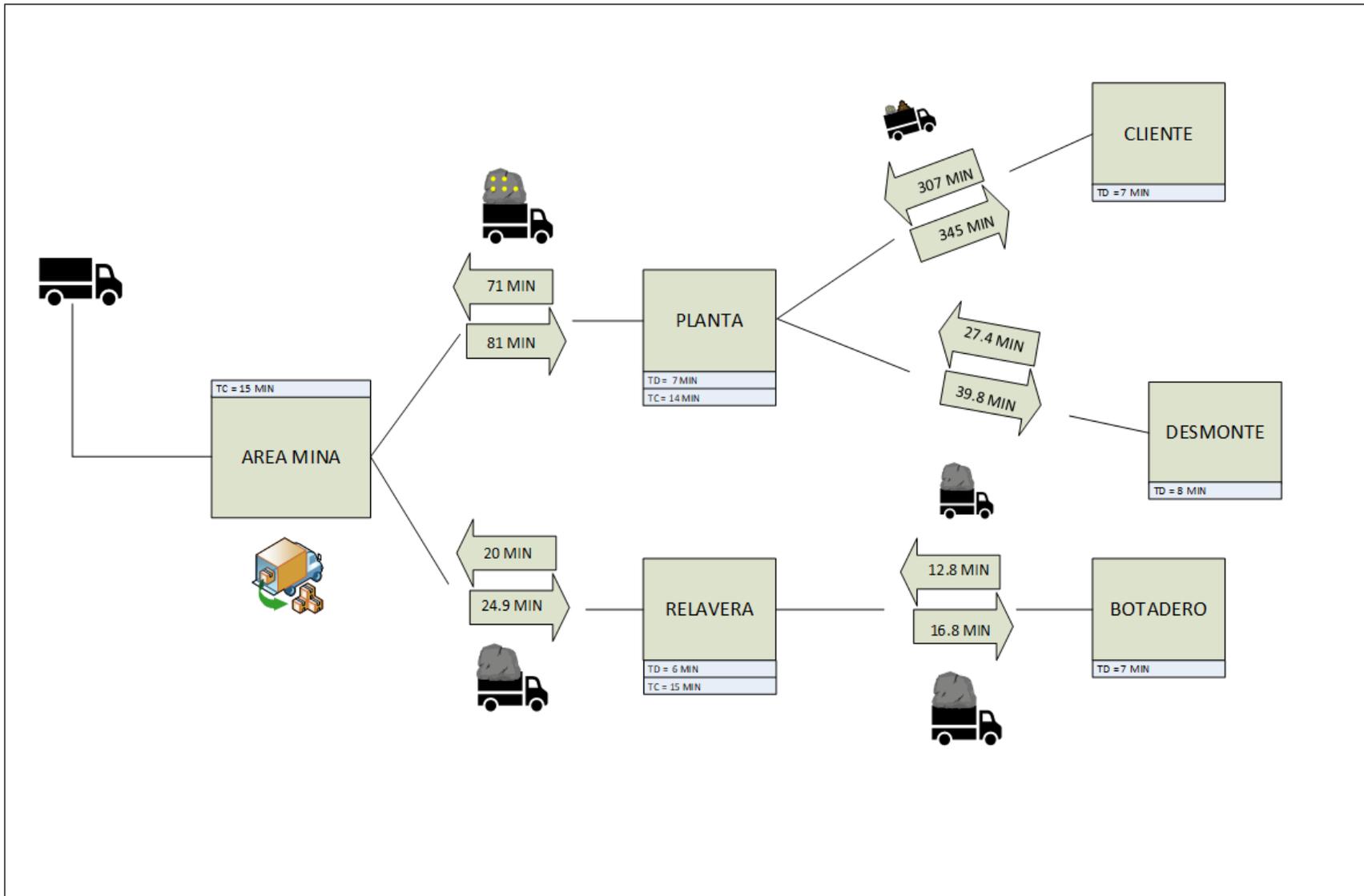


Figure N° 61: Diagrama de recorrido actual

Fuente: Elaboración propia

El horómetro, que es la herramienta que contabiliza las horas trabajadas de los volquetes, comienza a medir las horas desde que sale del área mina donde se cargó de mineral, dependiendo de la ley de oro concentrada en los tonelajes cargados, se traslada a el área de planta o el área de relavera. En la figura 61, se muestra el diagrama de recorrido actual de la empresa y sus tiempos.

Si los tonelajes cuentan con alta ley de oro se traslada a la planta, esta operación de ida y vuelta es en promedio 152 minutos, con tiempo de transporte de 81 minutos y de retorno de 71 minutos; luego posterior a los procesos realizados en planta, donde se minimiza el tamaño del material y se realiza unos tratamientos, para su posterior entrega, se traslada hasta los clientes cuyo tiempo es 652 min en un viaje, con un tiempo de ida y de retorno de 345 y 307 minutos respectivamente. El desmonte que emite la planta al concentrar el mineral también es trasladado de esta zona a la zona de desmonte con un promedio de 67.2 min en una vuelta, con un tiempo de 24.9 minutos de ida y 20 minutos de retorno.

Si los tonelajes cuentan con una baja ley de oro por tonelada, no es conveniente trasladarlo a planta, incluso si hubiese oro presente, ya que el costo de operar todas estas toneladas no es rentable para el oro que se pueda conseguir, por lo que es trasladado a la zona de relavera, al igual que el desmonte provocado por las voladuras, este proceso tiene un tiempo promedio de 44.9 minutos.

Posteriormente, el material de desmonte es trasladado de la zona de relavera a la zona de botadero con un tiempo promedio de 29.6 min, donde este material es vendido a terceros.

Gracias a este diagrama, se puede identificar los tiempos de demora de transporte del mineral y desmonte de un área a otra.

Table N° 32: Tiempo de recorridos actual

Áreas de recorrido	Tiempo actual	
	Tiempo de transporte:	Tiempo de retorno:
Mina – Planta	1.35 hrs * 60 min/hrs = 81 minutos	1.18 hrs * 60 min/hrs = = 71 minutos
Mina – Relavera	0.42 hrs * 60 min/hrs = 24.9 minutos	0.3 hrs * 60 min/hrs = 20 minutos
Planta – Desmontera	0.67 hrs * 60 min/hrs = 39.8 minutos	0.46 hrs * 60 min/hrs = = 27.4 minutos
Relavera – Botadero	0.28 hrs * 60 min/hrs = 16.8 minutos	0.21 hrs * 60 min/hrs = = 12.8 minutos

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32 se muestra el tiempo en horas de cada recorrido y el tiempo en minutos, para una mejor visualización.

Tiempo fijo: tiempo de carga, tiempo de descarga, otras demoras.

Tiempo variable: tiempo de transporte (cargado) y tiempo de retorno (vacío)

Table N° 33: Tiempos de carga y descarga de material

AREA	DECARGA	CARGA
AREA MINA	-	15 MIN
PLANTA	7 MIN	14 MIN
RELAVERA	6 MIN	15 MIN
BOTADERO	7 MIN	-
DESMONTE	8 MIN	-
CLIENTE	7MIN	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33, se muestra los tiempos promedios de carga y descarga dependiendo del área, incluyendo también los tiempos de otras posibles demoras.

Matriz interno y externo de la empresa - FODA

Para analizar más extensamente la empresa se realiza la Matriz FODA, ello permite identificar aspectos internos y externos los cuales están representados en debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

En primera instancia, en Debilidades, como se pudo observar con la medición de los recorridos de los vehículos de carga y el tiempo que toma cada recorrido a cada punto de acopio, se llegó a la conclusión de que al tener demoras en los tiempos de transporte, hace que la operación sea ineficiente y que por consecuencia ocasione altos costos de operación, debido a que no está llegando a su capacidad optima de producción (mayor tiempo de transporte, menor producción); otra debilidad es el inadecuado flujo de información ya que evita que estos procesos puedan ser gestionados adecuadamente.

En segundo lugar, las Amenazas, se representan por nuevos competidores, el mundo de la extracción de minerales crece cada vez más rápido y no solo por compañías ya existentes, también nacen nuevos competidores con las mismas posibilidades de crecer y posicionarse en el mercado con una adecuada planificación, por lo que no se debe descartar esta amenaza. A su vez con la creciente presencia de la nueva competencia se desarrollan nuevas tecnologías como por ejemplo aquellas que ayudan a emitir menos gases tóxicos al medio ambiente entre otras.

En tercer lugar, las Fortalezas, se representan por la cadena de valor competitiva de la empresa ya que al ser extractor de uno de los minerales más pedidos por el mercado tiene numerosos socios estratégicos competitivos a bajos costos.

Por último, se tiene a las Oportunidades de la organización, estas se presentan con la oportunidad de abrirse a nuevos mercados, incluso los internacionales como Chile, Colombia y USA; a esto se le agrega que el sector de minería es ideal para introducir nuevas aplicaciones de transformación digital a través de implementaciones de nuevas herramientas de inteligencia de negocio para detectar problemáticas y solucionarlas, como tiempos desperdiciados o ineficientes.

MATRIZ FODA	
DEBILIDADES	FORTALEZAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Demora en tiempos de transporte 2. Altos sobrecostos operativos 3. Flujo de información inadecuado 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cadena de valor competitiva 2. Posicionamiento en el mercado
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Nuevos competidores 2. Desarrollo de nuevas tecnologías 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apertura a nuevos mercados, como los internacionales 2. Sector idóneo para transformación digital 3. Nuevos proyectos de expansión 4. Posicionamiento en el mercado

Figure N° 62: Matriz FODA

Fuente: Elaboración propia

Identificación de problemáticas medioambientales en el área de transporte

Se continúa con la utilización de la metodología Lean & Green adecuada a nuestros procesos, como ya se explicó con anterioridad, esta metodología considera que se puede mejorar y optimizar el desempeño de una empresa en todas las áreas operacionales y, simultáneamente, el ámbito ambiental con el fin de incrementar continuamente la capacidad para generar valor.

En el diagrama anterior se identificó los tiempos de recorrido por área, en el siguiente paso para la mejora Lean & Green se analiza los desperdicios netamente de este proceso.

En el gráfico 63, se realiza una descripción del insumo de recursos y salidas del proceso, como contaminación y desechos.

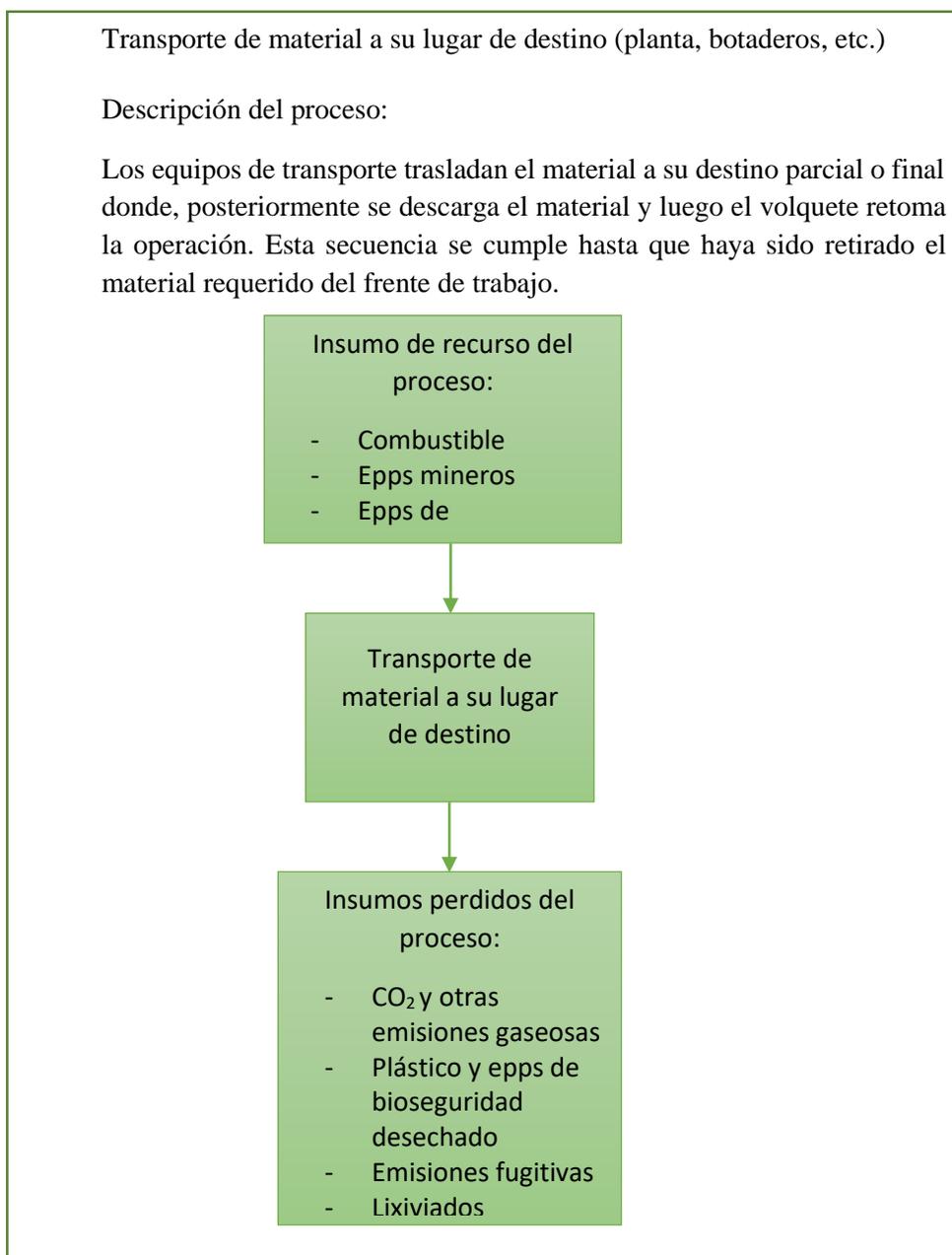


Figure N° 63: Registro de contaminantes - área de transporte

Fuente: Elaboración propia

En el grafico anterior, se realiza un registro de los insumos y desperdicios netamente del proceso de transporte.

Insumos que entran:

- Combustible: necesario para el funcionamiento de los vehículos de carga

- Epps mineros: son aquellas que se necesita para toda actividad minera:
 - Casco con lámpara minera
 - Casco de seguridad con cintas reflectantes
 - Lentes de seguridad
 - Guantes
 - Respirador con filtros mixtos
 - Auto – rescatador
 - Botas o zapatos de seguridad
 - Barbiquejo
 - Buzo o chaleco con cintas reflectantes
 - Cinturón de seguridad
- Epps de bioseguridad: aquellos que se necesita para prever el contagio del Covid 19
 - Mascarillas desechables
 - Caretas faciales

Insumos que salen:

- CO2 y otras emisiones gaseosas: emisiones gaseosas provenientes del combustible usado por los vehículos de carga
- Plástico y epps de bioseguridad desechados
- Emisiones fugitivas: emitidas al tener lonas que cubren la tolva del volquete en mal estado o colocadas incorrectamente
- Lixiviados: estos se generan durante el proceso de transporte debido a tolvas no herméticas
- Sedimentación de emisiones fugitivas de concentrados

5.2.4 Mejorar

En la primera sección del DMAIC, definir, se encontró uno de los principales problemas en la empresa estudiada: Demoras y falta de optimización en los procesos de transporte, por lo que se propone esta herramienta tecnológica para solucionar el problema antes mencionado.

Propuesta del uso de la Telemetría para el proceso de transporte

De acuerdo a nuestro análisis de Pareto se verificó que el proceso de transporte comprende un gasto significativo en más del 50% de los costos de la empresa y uno de los procesos que genera más residuos, es por eso que se propone como una opción una herramienta tecnológica, la cual es el uso de la Telemetría; tecnología que nos ayuda a obtener datos del proceso de transporte para su posterior monitoreo en tiempo real mediante señales de radio y sensores.

La propuesta del uso de la telemetría nos ayudará a mejorar el uso adecuado de combustible, identificación de tiempos muertos, eficiencia y rendimiento de los volquetes.

El uso de esta tecnología como propuesta de mejora, generará un mayor conocimiento y se verá de una forma más clara el proceso de transporte en campo. Por lo presente es relevante explicar el desarrollo de esta herramienta:

- Para el desarrollo de esta herramienta tecnológica primero se analizó el sistema de telemetría por medio de un GPS (Global Positioning System) y GPRS (General Packet Radio Service), los cuales se colocan dentro del volquete a monitorear sin tener que desmontar partes del vehículo. Al desplazamiento de este el GPS y el GPRS funcionan de manera conjunta proporcionando datos de parámetros como la velocidad, distancia, tiempo de recorrido entre otros.

Estos datos mencionados son rastreados en tiempo real por medio de una plataforma Mix Telematics, este software se utiliza con un fácil registro y análisis de los datos obtenidos por el GPS y GPRS y ser transmitidos y cargados en una nube para su almacenamiento.

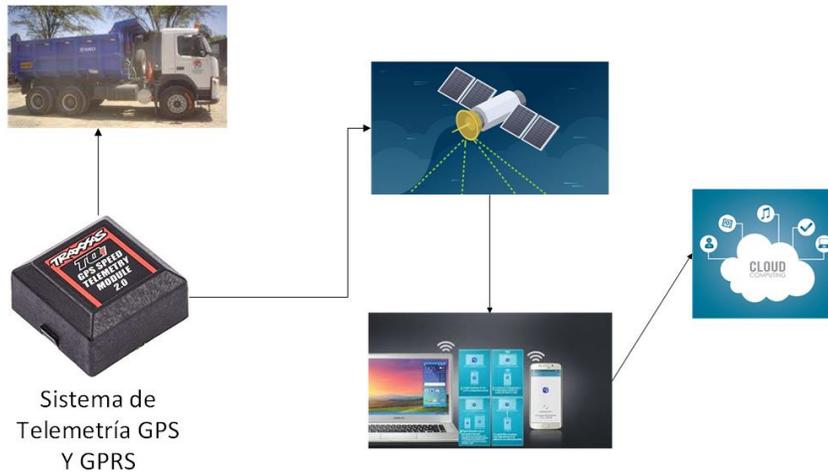


Figure N° 64: Sistema de telemetría GPS

Fuente: Elaboración propia

- Luego se capacita a los trabajadores por parte del personal especializado sobre el correcto uso y funcionamiento de la plataforma. La interfaz de la plataforma se muestra en la siguiente figura.

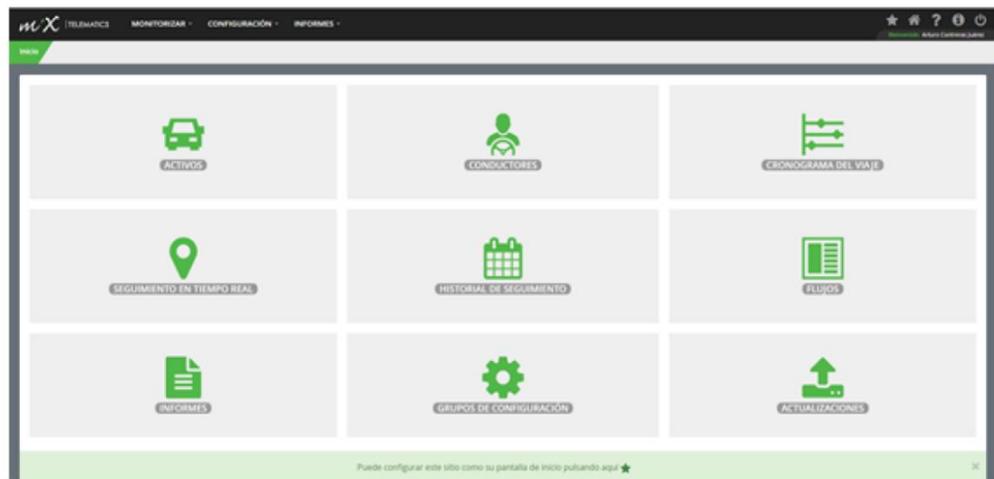


Figure N° 65: Interfaz de la plataforma

Fuente: Elaboración propia

- Con este interfaz se realiza el seguimiento en tiempo real de los volquetes a analizar, con el propósito de obtener un diagnóstico del estado actual a la unidad de transporte. Como en la siguiente figura nos

La propuesta de esta herramienta tecnológica hace más escalable una solución viable a este proceso de transporte, en base a principales componentes los cuales aterrizan la idea de mejora. Nos muestra un tablero de control que logra mostrar en tiempo real y guardarlo en una base de datos el transcurso de un volquete. También permite realizar intercambio de información anterior a la propuesta para su análisis estadístico.

Plan de Capacitación

Otro de los problemas principales que se encontró en la empresa estudiada es: falta de interés y/o capacitación a la mayoría de los trabajadores en ámbitos medioambientales que la empresa minera pudiese ocasionar, encontrando también que el cronograma que habían intentado implementar no terminó en resultados favorables.

Consecuentemente, se identificó que el área de transporte en la empresa es el área con mayor costo y una de las áreas con mayor impacto ambiental, por lo que esta problemática se concentra específicamente a los operarios de los volquetes, siendo 7 transportistas, al momento de trasladar tanto el material como el desmonte generado por las voladuras.

Por lo que se propone en la presente investigación un plan de capacitación sobre temas ambientales mineros para los 7 trabajadores en esta área de la minera.

Plan de capacitación sobre temas ambientales mineros:

Lo que se busca con este plan de capacitación es generar cambios permanentes en el comportamiento de los trabajadores, por medio de conocimiento transmitido y es poder desarrollar nuevas habilidades en el ámbito.

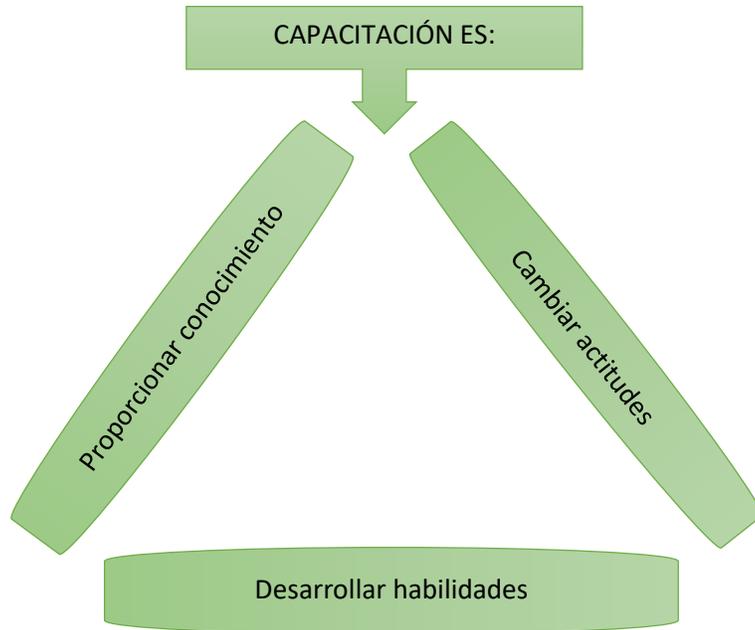


Figure N° 68: Capacitaciones

Fuente: Elaboración propia

1. Objetivos:

- Capacitar a operarios de transporte minero para que conozcan cuáles son sus obligaciones y derechos para que sean capaces de realizar sus actividades de manera adecuada.
- Describir buenas prácticas orientadas a evitar usos inadecuados de herramientas y a las operaciones de transporte sostenible
- Asegurar la interiorización y concientización del personal enfocados en minimizar todos los residuos posibles.

2. Alcance:

Este plan de capacitación está dirigido a los 7 trabajadores del área de transporte de mineral del área mina.

El proceso de transporte cubre los siguientes recorridos:

- a) Traslado de material de alta ley desde la zona de mina hasta el área de planta.
- b) Traslado del desmonte provocado por la voladura o mineral de baja

ley desde la zona de mina hasta el área de relavera.

- c) Traslado del desmonte del área de planta hasta la zona de desmonte.
- d) Traslado del mineral del área de planta hasta el cliente.
- e) Traslado del desmonte del área de relavera hasta la zona de botadero.

3. Referencias legales

Decreto Supremo N°040-2014 –EM “Reglamento de Protección y Gestión ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y almacenamiento Minero. Art. 153.

2. Proceso de capacitación

Primera etapa

- Se elabora el material necesario (presentaciones), las cuales son realizadas por el área de Medio Ambiente y área Legal.
- Se elabora un cronograma de las capacitaciones a realizar por temas y los meses en los que se realizará. Las capacitaciones se realizarán 2 veces por mes, con una duración de 3 horas cada capacitación.

Tema	Objetivo	Población	Meses					Responsable
			Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	
Marco legal ambiental	Brindar conocimiento de las obligaciones legales en torno al medio ambiente que son aplicadas en las operaciones mineras, área de transporte	Operadores de los vehículos de carga, volquetes del area de transporte de la empresa en estudio						Área Legal
Objetivos ambientales	Dar a conocer los objetivos que tiene la empresa minera en el ámbito medioambiental							Área de Medio Ambiente
Obligaciones ambientales específicas	Difundir y concientizar acerca de las obligaciones medioambientales específicas del area de la empresa minera							Área de Medio Ambiente
Plan de contingencia	Dar a conocer el plan de contingencia en función al área de transporte							Área de Medio Ambiente

Figure N° 69: Cronograma de actividades

Fuente: Elaboración propia

- Las presentaciones se centran en temas puntuales y relevantes acerca de las repercusiones que tiene el no tener un adecuado cuidado del medio ambiente en la realización de todas sus tareas. El periodo de realización de esta presentación no debe superar los 15 días.
- Realizada la presentación, se debe revisar y validar por el área de medio ambiente, anterior a ser emitida al área de transporte.
- Una vez aprobada, el área de medio ambiente, en función al cronograma realizado, da inicio a la capacitación del personal de transporte.
- Se registra las capacitaciones en el formato de participación, siendo debidamente registrados por el área de medio ambiente.

EMPRESA MINERA		FORMATO DE REGISTRO DE CAPACITACIONES AMBIENTALES		
		Empresa minera		
		Código		
		Versión: 02		
		Fecha de aprob.: 20/08/2021		
TITULO DE LA CAPACITACIÓN	<input type="text"/>	FECHA:	<input type="text"/>	
NOMBRE DEL CAPACITADOR	<input type="text"/>	TIEMPO:	<input type="text"/>	
OBJETIVO DE LA CAPACITACIÓN	<input type="text"/>			
OBSERVACIONES	<input type="text"/>			
No	Nombre del Participante	N° de identificación	Cargo	Firma del participante
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Figure N° 70: Formato de registro de capacitaciones ambientales

Fuente: Elaboración propia

→ El área de Medio Ambiente, lleva un registro mensual de cómo se está ejecutando las capacitaciones con la ayuda de un registro de capacitaciones ambientales.

Segunda etapa

→ Posterior al recibimiento de la capacitación mencionada, se procede a realizar la supervisión de estas.

→ El personal supervisor se debe encargar de asegurar la participación y registro de todos los participantes, con la ayuda del formato de participación.

→ Una vez terminada la capacitación y completado el formato de participación adecuado, se procede a enviar los documentos al área de medio ambiente.

→ Esta área es la encargada de llevar un control mensual de su ejecución.

→ A su vez, esta área es la encargada de realizar los reportes

mensuales correspondientes, con la finalidad de hacer un seguimiento controlado con el formato de informe de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

→ Finalmente, el área de medio ambiente se encarga de realizar la evaluación de la eficacia de las capacitaciones, con la ayuda de entrevistas aleatorias a los operarios anualmente, cuyos resultados son registrados en un formato de evaluación de eficacia de capacitación en ámbito medio ambiental.

3. Monitoreo y medición

La forma adecuada de monitorear estas capacitaciones, es la presencia del área de medio ambiente de manera no planificada, en las capacitaciones que se comuniquen.

Estas asistencias espontáneas tienen como finalidad:

- Verificar y asegurar la calidad de estas capacitaciones dictadas
- Brindar ayuda o soporte a los supervisores sobre posibles dudas por parte de los participantes
- Compendiar en base a información de primera fuente, las opiniones o sugerencias de los participantes en estas capacitaciones, siendo estas registradas en los formatos de participación para ser analizadas posteriormente por el personal de medio ambiente adecuado a fin de realizar las mejoras respectivas.

4. Indicador

Para medir el cumplimiento del presente plan de capacitación, se establece el indicador de cumplimiento, mostrando cuantos participantes dentro del área de estudio recibieron capacitación:

$$CPC = \left(\frac{\text{Cantidad de capacitaciones culminadas}}{\text{Cantidad total de capacitaciones}} \right) * 100$$

El plan tiene como objetivo inicial tener un acumulado de entre 90% y 100% de cumplimiento, siendo el área de medio ambiente el encargado de darle seguimiento a este indicador, que a su vez debe ser registrado

en el formato de informe de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

5. Evidencias de capacitación

- Formato de participación
- Informe de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente
- Formato de evaluación de eficacia de capacitación en ámbito medio ambiental
- Material de las presentaciones para la capacitación

Diagrama de recorrido futuro

Gracias a las propuestas antes mencionadas, se presencia en este punto una mejora en cuanto al tiempo del proceso de transporte por recorrido.

El propósito del diagrama de recorrido futuro es mostrar la situación de las operaciones posterior a las propuestas explicadas, en donde dichos tiempos serán ingresados al programa FlexSim donde se podrá visualizar la condición futura optima, tomando como referencia las hojas de ruta de dos volquetes y su productividad en el mes de marzo.

Con esta herramienta se mostrará los nuevos tiempos de recorrido por área, las labores realizadas por día en el mes, su optimización, entre otros. Se ve que el tiempo de recorrido de un área a otra es mejor en esta situación futura mostrada, ya que, con la herramienta de telemetría, se pudo optimizar la productividad de los volquetes, haciendo que la carga por recorrido sea la máxima de su capacidad, también esta herramienta, al controlar el funcionamiento y estado del vehículo hace que la tarea de realizar mantenimientos preventivos sea más eficiente y con esto se evita las fallas de estos, evitando que existan días inoperativos. Para obtener los tiempos nuevos por recorrido y área, se estiman a reducir con la herramienta de telemetría tomando en cuenta algunos criterios. De esta manera los ciclos por actividad se reducen considerablemente.

Cabe destacar que en los procesos de mejora no se cambia ningún proceso, ya que todos son necesarios y el propósito de estas propuestas son optimizar la cantidad de carga por viaje y minimizar el tiempo de estos

De la figura 71, se aprecia que el proceso inicia con el traslado de los materiales extraídos de la zona mina a la planta, el tiempo de traslado es ahora de 56 minutos, el tiempo desde el área de planta a los clientes es el mismo ya que este proceso está bien planificado. El tiempo de traslado del desmonte de la planta a la zona de desmonte se redujo a 28.9 minutos por viaje.

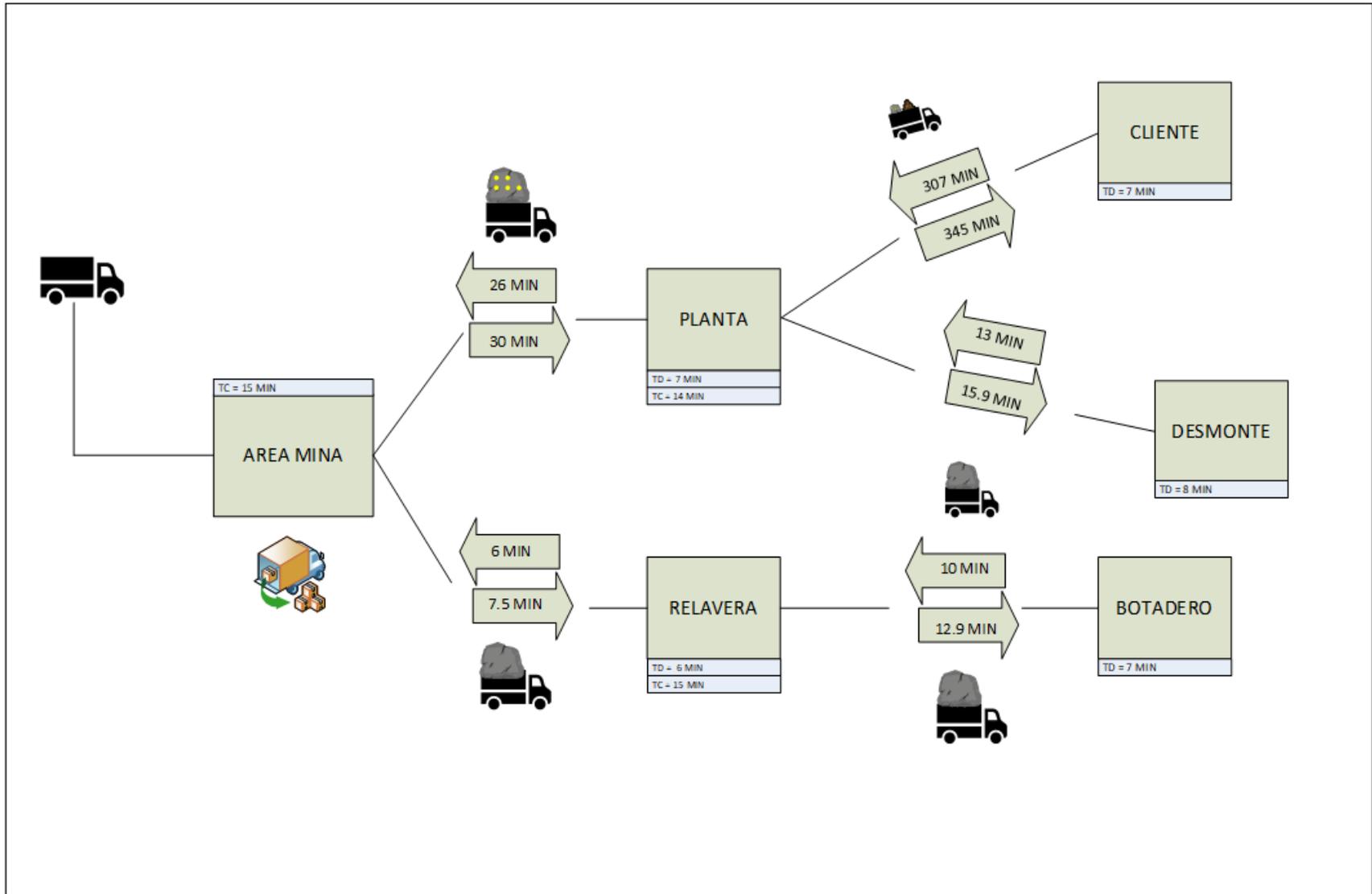


Figure N° 71: Diagrama de recorrido mejorado

Fuente: Elaboración propia

El tiempo que se redujo al trasladar el desmonte del área de mina a la zona de relavera es de 13.5 minutos por viaje, y este a su vez ser trasladado de esta zona al área de botadero tuvo una reducción en el tiempo a 22.9 minutos por vuelta.

Table N° 34: Tiempo de recorridos mejorado

Áreas de recorrido	Tiempo futuro	
	Tiempo de ida:	Tiempo de regreso:
Mina – Planta	$0.5 \text{ hr} * 60 \text{ min/hrs} = 30$ minutos	$0.43 \text{ hr} * 60 \text{ min/hrs} =$ 26 minutos
Mina – Relavera	$0.125 \text{ hrs} * 60 \text{ min/hrs} =$ 7.5 minutos	$0.1 \text{ hr} * 60 \text{ min/hrs} =$ 6 minutos
Planta – Desmontera	$0.27 \text{ hrs} * 60 \text{ min/hrs} =$ 15.9 minutos	$0.22 \text{ hr} * 60 \text{ min/hrs} =$ 13 minutos
Relavera – Botadero	$0.215 \text{ hrs} * 60 \text{ min/hrs} =$ 12.9 minutos	$0.17 \text{ hr} * 60 \text{ min/hrs} =$ 10 minutos

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34, se expresa de manera ordenada los tiempos de traslado por área, de esta manera se puede hacer una comparación más adecuada.

Se toma los mismos tiempos de carga y descarga por área, ya que esos tiempos no se cambian.

Resumen

En la siguiente tabla se observa la variación de la situación actual vs la mejorada:

Table N° 35: Resumen tiempos de recorridos actual - mejorado

Áreas de recorrido	Tiempo actual total	Tiempo futuro total	Variación
Mina – Planta	2.53 hrs * 60 min/hrs = 152 minutos	0.93 hr * 60 min/hrs = 56 minutos	63 %
Mina – Relavera	0.75 hrs * 60 min/hrs = 44.9 minutos	0.225 hrs * 60 min/hrs = 13.5 minutos	70 %
Planta – Desmontera	1.12 hrs * 60 min/hrs = 67.2 minutos	0.48 hrs * 60 min/hrs = 28.9 minutos	57 %
Relavera – Botadero	0.49 hrs * 60 min/hrs = 29.6 minutos	0.038 hrs * 60 min/hrs = 22.9 minutos	23 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 35, muestran los recorridos de los vehículos de carga, cada uno con su respectivo tiempo total antes y después de la propuesto de mejora en este trabajo de investigación.

Primeramente, con el recorrido de Mina a Planta se evidencia un tiempo estimado de viaje con 152 minutos y luego una reducción a 56 minutos, calculando una variación del 63%. Para el recorrido de Mina a Relavera se muestra un tiempo de 44.9 minutos por viaje y posteriormente con una reducción a 13.5 minutos, que presentó una variación del 70%. Para el recorrido de Planta a Desmontera mostraba un tiempo total de 67.2 minutos por vuelta y con la mejora presentó una reducción a 28.9 minutos, con una variación de 57%. Por último, Relavera a Botadero tuvo un tiempo de 29.6 minutos por viaje y luego tuvo con un tiempo de 22.9 minutos, variación de 23%.

Cabe resaltar que en el análisis de planificación para los recorridos y la cantidad de vueltas se tomó los viajes máximos que puede realizar un volquete en su jornada laboral, contabilizando también los tiempos de carga y descarga del material, optimizando al máximo su productividad.

Planteamiento Costo/Beneficio

Para saber si esta herramienta es rentable primero se tiene que saber que la relación entre costo y beneficio sea mayor a 1, con esta premisa se realizó el siguiente análisis con un flujo de caja de la siguiente manera.

Primero se pondrá en detalle la inversión inicial que debe asumir la empresa para la aplicación del modelo tecnológico y se realizará un estado de flujo económico para calcular la rentabilidad con los indicadores económicos detallados más adelante.

La inversión para implementar el modelo tecnológico se detalla en la tabla 36 y considera los materiales a utilizar para la implementación, la instalación del modelo telemetría, la consultoría, el servicio del personal capacitado para la instalación del modelo tecnológico y la infraestructura necesaria junto con los servidores para su puesta en operación. También se considera una reserva del 8.17%, de la inversión para prevalecer los riesgos y mitigar hechos fortuitos o imprevistos.

Table N° 36: Planteamiento costo/beneficio

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo Total	%
Consultoría	1		\$33,878.00	21.89%
Instalación telemetría	100	450	\$45,000.00	29.08%
Licencias	1	2000	\$2,000.00	1.29%
Materiales			\$30,500.00	19.71%
Servidores	1	15000	\$15,000.00	9.69%
Reserva	1	\$12,637.75	\$12,637.75	8.17%
Capacitación			\$15,749.80	10.18%
		TOTAL	\$154,765.55	100%

Fuente: Elaboración propia

También se incluye el costo por capacitación de los trabajadores para la utilización de este modelo y para tener un mejor conocimiento de la empresa como resultado de las encuestas.

Flujo de ingreso por reducción mina

El ahorro que genera la implementación del modelo se plantea con una reducción proyectada del 2% de los gastos generados en el área mina a través

de una estimación por la simulación de la instalación de esta tecnología representado un beneficio de US\$ 126,804.90 también existe un ahorro en el Stock con una reducción del 1.6% obteniendo un beneficio de US\$ 26,848.00. En la tabla 37, se muestra los resultados, cálculo y el ahorro total generado.

Table N° 37: Flujo de ingreso

Concepto	% a reducir	Costo Mina	Ahorro anual
Reducción de costo mina	2%	\$6,340,245.00	\$126,804.90
Concepto	% a reducir	Costo Mina	Ahorro anual
Reducción de Stock	1.60%	\$1,678,000.00	\$26,848.00
		Total	\$153,652.90

Fuente: Elaboración propia

Costos operativos

En los costos operativos se consideran al personal necesario para soportar la infraestructura y las aplicaciones del proyecto, así como los reemplazos de esta implementación. La suma de ambos conceptos suma US\$ 16,924.00 dólares americanos por cada año analizado se evaluará con una inversión hasta el cuarto año.

Table N° 38: Costos operativos

Inversión de egresos	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Soporte Software e infraestructura	\$16,300.00	\$16,300.00	\$16,300.00	\$16,300.00	\$16,300.00
Reemplazo por avería	\$624.00	\$624.00	\$624.00	\$624.00	\$624.00
Total	\$16,924.00	\$16,924.00	\$16,924.00	\$16,924.00	\$16,924.00

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja

Para realizar un análisis económico se desarrolló un flujo de caja de los siguiente 5 años de operación la cual se detalla en la siguiente tabla que se expresa en dólares americanos:

Table N° 39: Flujo de caja

FLUJO DE CAJA						
Inversiones	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial	-\$154,765.55					
Ahorro		\$153,652.90	\$158,262.49	\$163,010.36	\$167,900.67	\$172,937.69
Costos						
Costo operativo		\$16,924.00	\$16,924.00	\$16,924.00	\$16,924.00	\$16,924.00
Flujo operativo						
Ingresos/Ahorro		\$153,652.90	\$158,262.49	\$163,010.36	\$167,900.67	\$172,937.69
Costos		-\$16,924.00	-\$16,924.00	-\$16,924.00	-\$16,924.00	-\$16,924.00
Utilidad operativa antes de impuesto		\$136,728.90	\$141,338.49	\$146,086.36	\$150,976.67	\$156,013.69
Flujo económico	-\$154,765.55	\$136,728.90	\$141,338.49	\$146,086.36	\$150,976.67	\$156,013.69

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 39 se pudo analizar la inversión, los costos de operación y el cálculo de los beneficios se obtuvo con el ahorro según el impacto de reducción detallado en la tabla 40. La implementación del modelo tecnológico reduce los costos de labor, debido a la reducción de tiempos de utilización de los vehículos. Para el análisis de los 5 años de implementación de este modelo se estima un incremento de ahorro del 3% con respecto al primer año y un recupero de lo invertido a partir del segundo año.

Table N° 40: Periodo de recuperación

PERIODO DE RECUPERACION		
AÑO	FLUJO	ACUMULADO
0	-\$154,765.55	
1	\$136,728.90	\$136,728.90
2	\$141,438.49	\$278,167.39
3	\$146,186.36	\$424,353.75
4	\$151,076.67	\$575,430.42
5	\$156,113.69	\$731,544.11

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 40 se muestra el cálculo del periodo de recuperación de lo invertido, con el acumulado de los beneficios por año se puede ver que en año 2 con \$/ 278,167.39 supero el importe de la inversión.

Resultados de la aplicación tecnológica

Gracias al flujo de caja económico se puede calcular el índice de rentabilidad, en primer lugar, el costo de oportunidad para emplearlo se obtuvo una tasa de descuento de 10.89% (0.1089), dato que se toma de un documento de estimación por Osinergmin 2021. (El costo promedio Ponderado del Capital WACC. Documento N° 37).

Con esta tasa se calculó en análisis de los indicadores financieros VAN y TIR. Donde el TIR es mayor al COK y el VAN es mayor al monto invertido, quiere decir que es un proyecto rentable.

Table N° 41: VAN - TIR - COK

COK	10.89%
TIR	87%
VAN	\$383,507.18

Fuente: Elaboración propia

Como se visualiza en la tabla, se obtiene un resultado de Beneficio/Costo mayor a la unidad, por lo que el uso de la Telemetría sería rentable si se aplica en el proceso de transporte. En conclusión, la relación Beneficio/Costo da como resultado que por cada sol invertido en la aplicación de la telemetría se recuperará 2.48 dólares, con lo que se afirma que es un proyecto con una relación positiva de Beneficios sobre Costos.

Table N° 42: B/C

B/C	\$2.48
------------	---------------

Fuente: Elaboración propia

Metodología 5S

Siguiendo con la metodología Lean Green, relacionado a la herramienta 6S nos ayudó a reducir los desperdicios generados en el área mina y en el proceso de transporte logrando mejorar el desempeño ambiental, lo que lleva a una mayor productividad, mejor condición de la mina, orden y limpieza en el lugar de trabajo, mejor clima laboral aumentado la seguridad por buenas condiciones de trabajo.

Para la implementación de esta herramienta se propondrá una reunión con los integrantes o autoridades del área mina y con todos los operarios que forman parte del sistema de transporte. Para esta reunión se espera dar a conocer a los operarios sobre el por qué cumplir con esta filosofía e incentivarlos a que la desarrollen día a día en sus labores de trabajo. Se debe buscar que el operario crea en que van a mejorar y que lo realice con un gran compromiso hacia la mejora continua de todo el equipo y de toda la empresa. De igual forma, en estas capacitaciones se impartirán todos los conceptos para el desarrollo de las 6S buscando que los operarios entiendan bien de la mejor forma estos puntos.

De acuerdo a la siguiente imagen se puede observar los seis pilares de la 6S y la mejora por cada pilar.

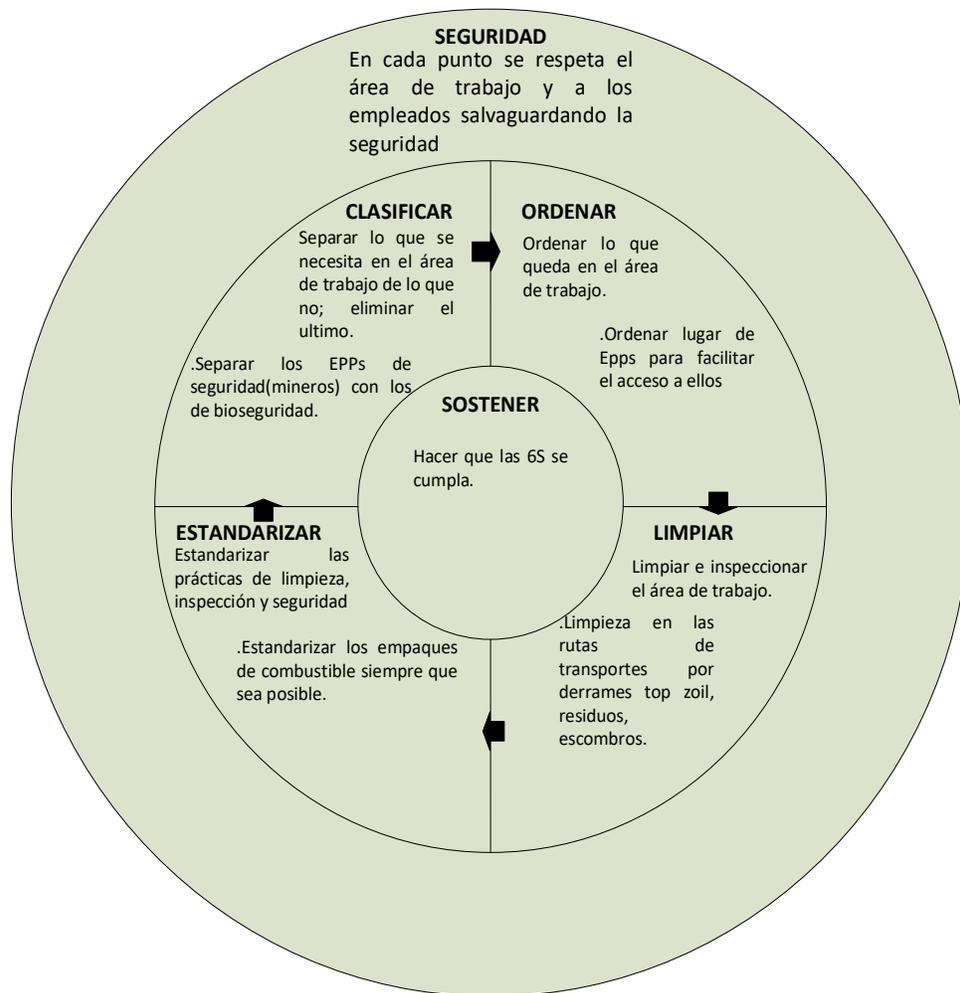


Figure N° 72: Pilares 6S
Fuente: Elaboración propia

Se detalla la implementación de la mejora de acuerdo a cada pilar:

Clasificar.

Las acciones de clasificar preparan el área de trabajo para que estos sean más seguros y productivos, eliminando todos los elementos innecesarios del lugar. El primer y más directo impacto de la clasificación está relacionado con la seguridad. Ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las zonas de trabajo, dificulta observar el funcionamiento de los equipos y máquinas, las salidas de emergencia quedan obstaculizadas haciendo todo esto, que el área de trabajo sea más insegura. Por

ende, con un diagrama de flujo y la aplicación de etiquetas amarillas, que pueden ser tan simples como notas adhesivas amarillas indiquen el motivo de su clasificación, o también pueden contener datos estándar que permitirán la evaluación de las mejoras de rendimiento de 6S y que respaldarán el sistema general de seguimiento de materiales.

Para su implementación se capacitará a los operarios el funcionamiento del diagrama como se indica a continuación la cual se muestra un ejemplo del diagrama de flujo con la aplicación de las etiquetas amarillas.

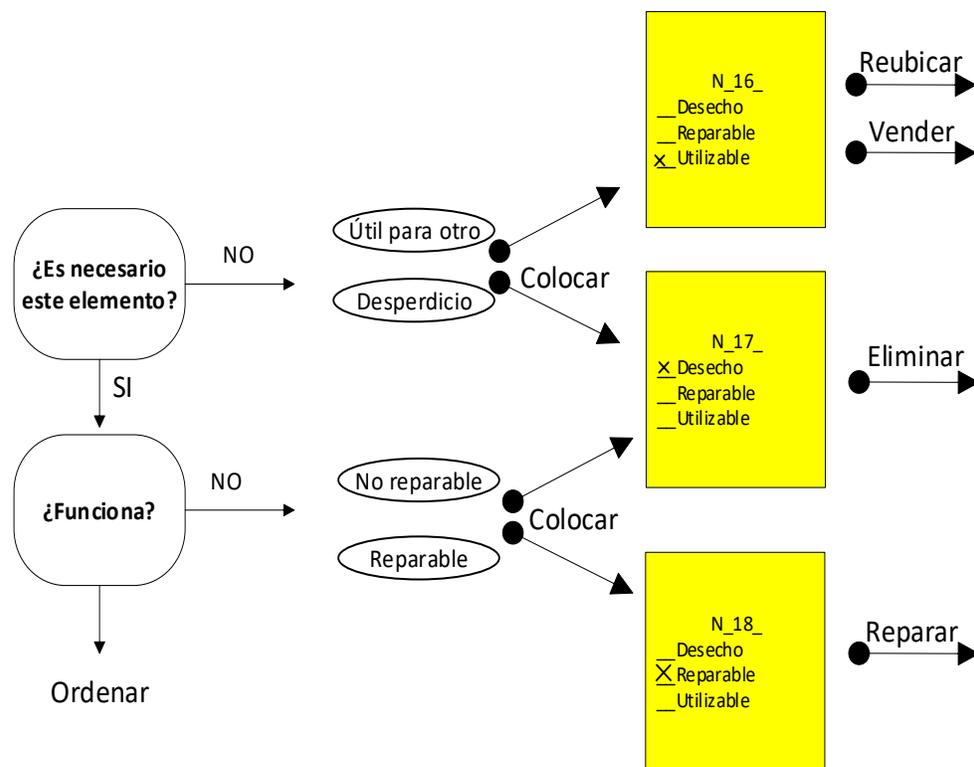


Figure N° 73: Diagrama de funcionamiento
Fuente: Elaboración propia

Se estima que esto mejorará a reducir los desperdicios y a tener un ambiente laboral más seguro.

Los elementos no deben permanecer en el área, más de dos semanas en espera de su destino final, ya sea venta, reubicación, donación, reparación o

eliminación. Se debe tener un registro de las Tarjetas Amarillas utilizadas para tener un control de ellas.

Ordenar.

Este pilar pretende ubicar los elementos necesarios en sitios donde se puedan encontrar fácilmente para su uso y nuevamente retornarlos al correspondiente sitio. Con esta aplicación se mejorará la identificación y marcación de los controles de las maquinarias, equipos, expediente, instrumentos, etc. De igual modo, permite la ubicación de documento, herramientas y materiales de forma rápida, mejora y las coordinaciones para la ejecución de trabajos. Esta etapa, se ordena lo que se ha clasificado, para que luego se verifique la decisión a realizar para organizar el puesto de trabajo, clasificar los elementos identificados como se indica en el siguiente diagrama.

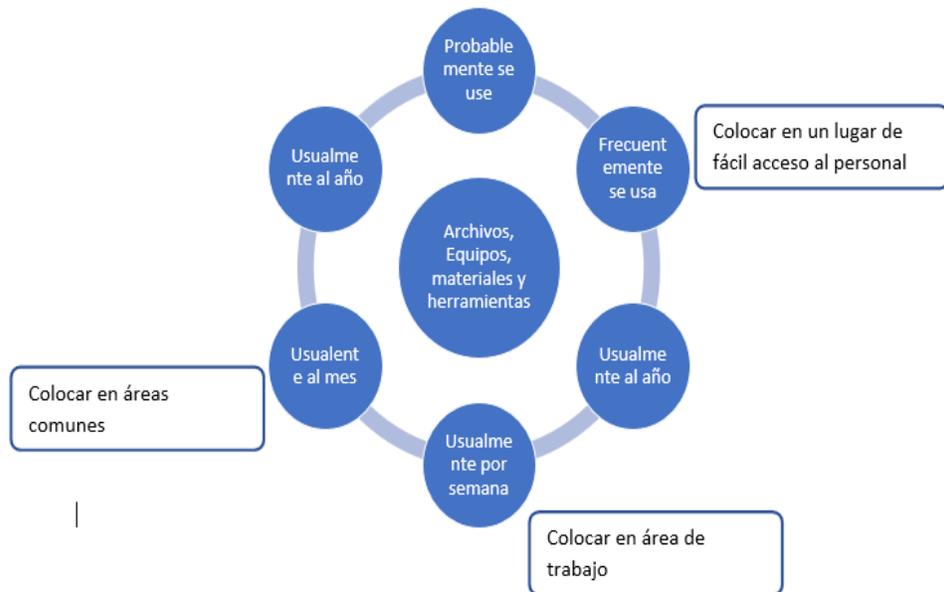


Figure N° 74: Diagrama de clasificación

Fuente: Elaboración propia

Esto mejorará a tener un área de trabajo ordenado ayudándonos a reducir tiempos de transporte y al adecuado uso de los quipos contaminantes. Como ejemplo si no tenemos las mallas que cubren los volquetes para evitar el

derrame de partículas minerales, se obtendrá desperdicios e impactos al medio ambiente.

Limpiar.

En esta parte se pretende incrementar la actitud de limpieza del sitio de trabajo y lograr mantener la clasificación y el orden de los elementos. El proceso de implementación se debe apoyar en un fuerte programa de entrenamiento y suministro de los elementos necesarios para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución. Una adecuada limpieza implicará un buen mantenimiento de los equipos y áreas estéticamente agradables. Exige que se realice un trabajo creativo de identificación de las causas raíces de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones para su eliminación, de lo contrario, sería imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo. Se trata de evitar que la suciedad y el polvo se acumulen en el lugar de trabajo. Esta etapa incluye también, la inspección y monitoreo de las condiciones de Orden y Aseo del área. No solo el área de trabajo se mantendrá limpio. Los equipos de transporte deben tener un adecuado mantenimiento general para no evitar la propagación de emisiones tóxicas. La telemetría es una herramienta que controlará si un quipo necesita de mantenimiento de acuerdo al estado del motor.

Estandarizar.

La estandarización mejorará y mantendrá el estado de limpieza alcanzado con los tres primeros pasos y enseñar al operario a realizar procedimientos, que contengan los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y acciones a seguir en caso de identificar algo anormal, además de normalizar la utilización de la señalización. La condición estándar definida debe quedar registrada mediante fotografías del área.

Para esto gracias a la herramienta del mapa de Responsabilidad por área, mecanismo de control visual que nos permitirá realizar reconocimientos a los

responsables o dueños de área y notificar oportunidades de mejora durante inspecciones rutinarias realizadas a las distintas áreas.

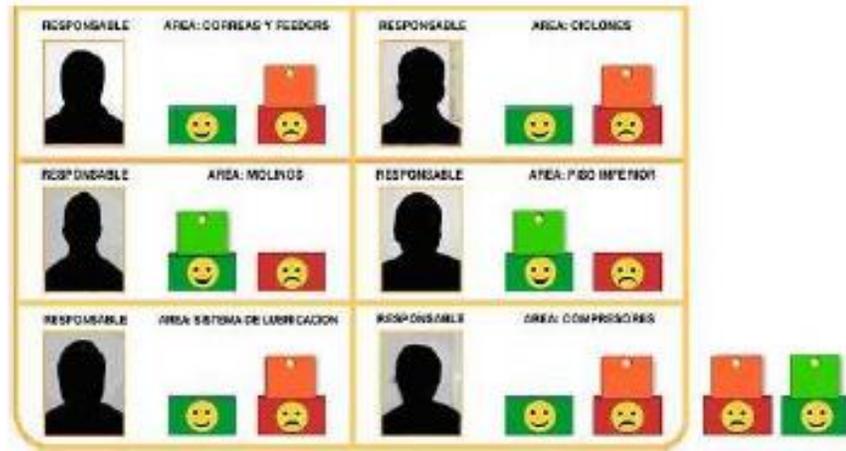


Figure N° 75: Mapa de responsabilidad

Fuente: Elaboración propia

Mantener

Disciplinar o mantener no es claramente visible y no puede medirse objetivamente a diferencia de los otros principios que se explicaron anteriormente. Existe en la mente y en la voluntad de las personas y solo la conducta demuestra la presencia; sin embargo, se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina. Se pueden obtener los siguientes beneficios si se logra establecer en los operarios una conducta disciplinaria:

- Evitar sanciones
- Aumentar Eficacia
- Apreciación a los trabajadores

5.2.5 Controlar

En esta última etapa del DMAIC, el punto principal es el controlar y monitorear el proceso estudiado. Se medirá mediante un gráfico de control.

Gráfico de control

El objetivo de este gráfico es mantener un control para el seguimiento del proceso de capacitación con respecto a las horas hombre capacitadas y garantizar que se cumplan las horas programadas en el programa de capacitación.

$$CPC = \left(\frac{\text{Cantidad de capacitaciones culminadas}}{\text{Cantidad total de capacitaciones}} \right) * 100$$

EMPRESA MINERA		PROGRAMA DE CAPACITACION AMBIENTAL EN EL AREA DE TRANSPORTE			Versión: 0
		REGISTRO DE CUMPLIMIENTO			RE-SST-XX
					Fecha 15-05-2019
					Página 1 de 1
TIPO	CAPACITACIÓN <input checked="" type="checkbox"/>	REUNION <input type="checkbox"/>			
TEMA DE CAPACITACIÓN	PROGRAMA DE CAPACITACION AMBIENTAL EN EL AREA DE TRANSPORTE				
No.	TITULO DE CAPACITACION	FECHA	JEFE A CARGO	FIRMA	
1	Marco legal ambiental	15/05/2021	Ingeniero ambiental		
2	Marco legal ambiental	30/05/2021	Ingeniero ambiental		
3	Objetivos ambientales	15/06/2021	Ingeniero ambiental		
4	Objetivos ambientales	30/06/2021	Ingeniero ambiental		
5	Obligaciones ambientales específicas	15/07/2021	Ingeniero ambiental		
6	Obligaciones ambientales específicas	30/07/2021	Ingeniero ambiental		
7	Plan de contingencia	15/08/2021	Ingeniero ambiental		
8	Plan de contingencia	16/08/2021	Ingeniero ambiental		

Figure N° 76: Registro de cumplimiento

Fuente: Elaboración propia

$$CPC = (10/10) * 100$$

$$CPC = 100\%$$

Se muestra en el registro anterior que todas las capacitaciones fueron realizadas en la fecha determinada, por lo que a continuación se muestra el registro de las capacitaciones más detalladamente por día, y si cumplió con las horas programadas.

		PROGRAMA DE CAPACITACIÓN										
		Código: PROG-CS-001	Version: 00									
Código	TEMA	OBJETIVO	TIPO	FECHA	Horas Duración					% AVANCE	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
						MAY	JUN	JUL	AGO			
1	MARCO LEGAL AMBIENTAL	Brindar conocimiento de las obligaciones legales en torno al medio ambiente que son aplicadas en las operaciones mineras, área de transporte	INTERNO	15/05/2021	3	X				100%	ÁREA LEGAL	Horas cumplidas
			INTERNO	30/05/2021	3	X				92%		Se realizó 2.75 horas
2	OBJETIVOS AMBIENTALES	Dar a conocer los objetivos que tiene la empresa minera en el ámbito medioambiental	INTERNO	15/06/2021	3		X			100%	ÁREA DE MEDIO AMBIENTE	Horas cumplidas
			INTERNO	30/06/2021	3		X			100%		Horas cumplidas
3	OBLIGACIONES AMBIENTALES ESPECÍFICAS	Difundir y concientizar acerca de las obligaciones medioambientales específicas del área de la empresa minera en estudio: procesos de transporte	INTERNO	15/07/2021	3			X		93%	ÁREA DE MEDIO AMBIENTE	Se realizó 2.8 horas
			INTERNO	30/07/2021	3			X		100%		Horas cumplidas
6	PLAN DE CONTINGENCIA	Dar a conocer el plan de contingencia en función al área de transporte	INTERNO	15/08/2021	3				X	92%	ÁREA DE MEDIO AMBIENTE	Se realizó 2.75 horas
			INTERNO	30/08/2021	3				X	100%		Horas cumplidas

Figure N° 77: Programa de capacitación

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en el registro la capacitación de los días 15-05, 15-06, 30-06, 30-07 y 30-08 se cumplió con las 3 horas programadas del cronograma, sin embargo, fueron los días 30-05, 15-07 y 15-08 los que tuvieron un porcentaje de avance del 92%, 93% y 92% respectivamente.

Para los datos necesarios en el gráfico de control se procedió a determinar el límite inferior permitido, este límite se halló en base a lo que se sugiere que la empresa limite los valores a 3 desviaciones estándar de la media, lo que significa que los valores se encontrarían dentro del 99.73% de todos los valores.

El límite inferior se obtiene de la siguiente manera:

$$LCI = P + z\sigma$$

Donde, el promedio es 2.91 horas y una desviación estándar de 0.07, dando como resultado el $LCI = 2.71$. Cabe destacar que no se está hallando el límite superior ya que entre los valores no existe ningún valor que se encuentre por encima de las horas programadas establecidas.

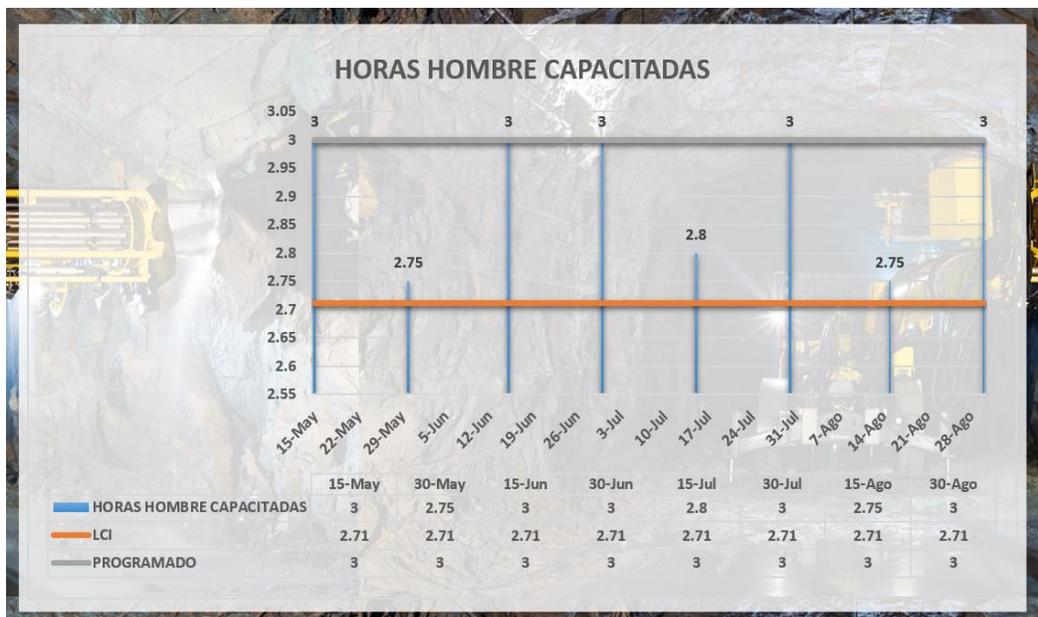


Figure N° 78: Horas hombre capacitadas
Fuente: Elaboración propia

En la figura 78, se muestra que todos los puntos que respectan a las horas hombre capacitadas se encuentran dentro del rango mínimo, por lo que se puede afirmar que el proceso de capacitación en temas ambientales de los trabajadores del área de transporte se encontraría bajo control.

Registro de toneladas entregadas al área de planta

Área de mina - planta

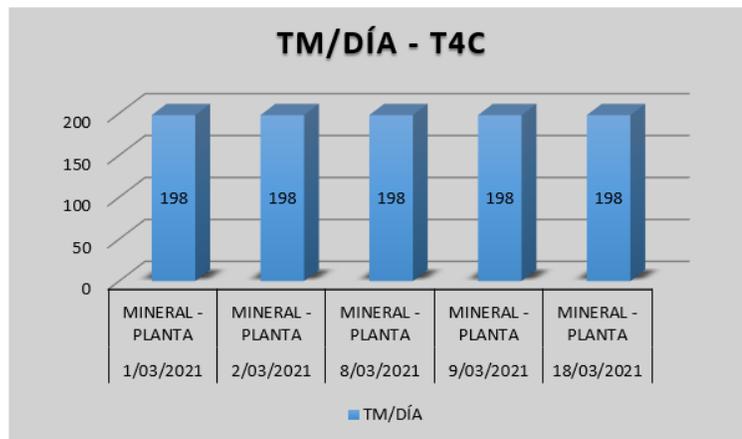


Figure N° 79: Registro toneladas área planta - Volquete T4C

Fuente: Elaboración propia

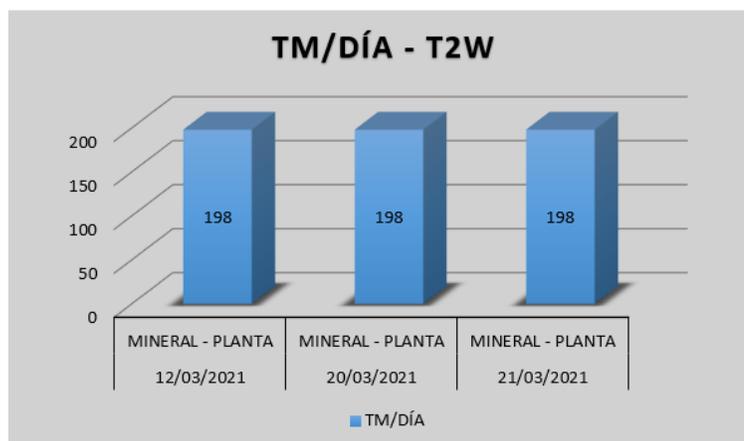


Figure N° 80: Registro toneladas área planta – Volquete T2W

Fuente: Elaboración propia

En los gráficos 79 y 80, se muestra la cantidad de toneladas trasladadas del área de mina al área de planta de ambos vehículos, se ve que, ya que los procesos han sido adecuadamente diseñados para realizar 9 vueltas por día trasladando 198 toneladas por viaje, considerando los tiempos de carga, descarga y posibles demoras, existe muy poca probabilidad de desestabilizar este proceso por lo cual se tomó todos los días programados para este recorrido como exitosos. Trasladando en los 8 días que el volquete realizó esta actividad un total de 1584 toneladas de mineral de alta ley al área de planta para su concentración y su posterior venta al cliente.

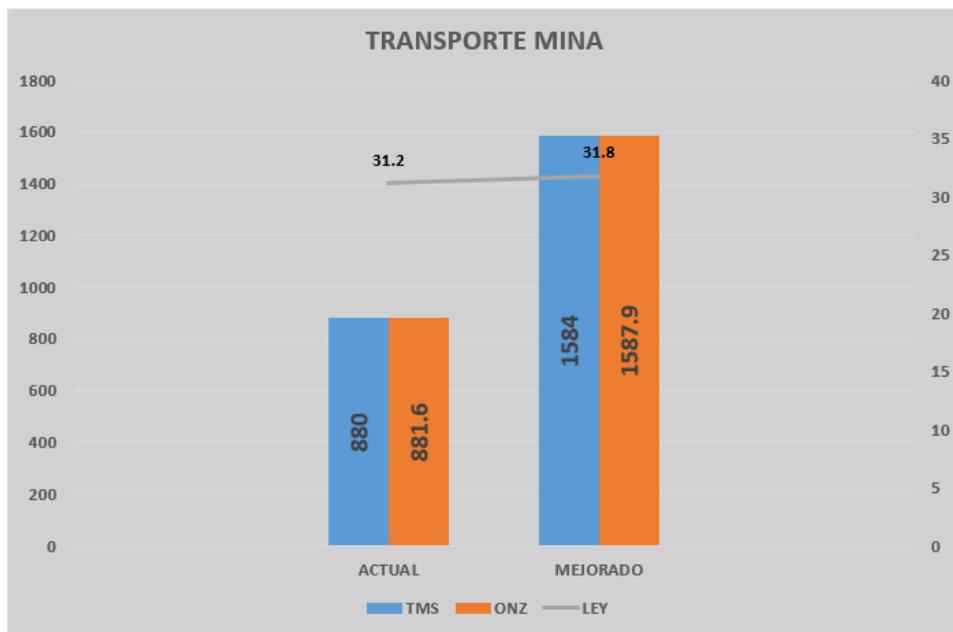


Figure N° 81: Comparación material transportado

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que hubo un incremento considerable en la cantidad transportada de mineral de alta ley a planta. Por lo que como consecuencia resultaría en una mayor producción de oro en menor tiempo que en los procesos programados actuales, resultando a su vez en una venta de mineral de oro en frecuencias más cortas.

Por lo que se considera que los tiempos reducidos en el proceso de transporte de mineral del área mina a la planta están bajo control, ya que la producción es la misma de la planificada con el proceso de mejora, verificada con la simulación del Promodel.

Control de nuevos tiempos en hojas de ruta

En la siguiente sección se muestran los resultados obtenidos luego de la aplicación de la metodología Lean junto a la propuesta de mejora como parte de controlar.

A partir de la mejora propuesta, se analiza nuevamente las hojas de ruta de ambos volquetes. De esta manera se podrá describir las métricas con las implementaciones realizadas.

Las hojas de rutas mejoradas, son el resultado de tomar los tiempos óptimos de recorrido por viaje, contando los tiempos de carga y descarga, hacer un análisis de cuantos viajes son los que se necesitaron para completar las toneladas de carga de material.

Los tiempos de carga y descarga se mantienen, ya que no se alteró ninguno de estos procesos.

Se mejora el proceso de transporte con el siguiente diagrama, donde el T es el tiempo que el horómetro mide de horas por día. La secuencia que se sigue es: primeramente, el vehículo llega al punto de salida, las áreas ya mencionadas, posteriormente se verifica el tipo de material a cargar de acuerdo a su tipo, luego se carga el material y por último se traslada al área de destino dependiendo del tipo de material. Si el horómetro mide menos de 10 horas de funcionamiento por día se vuelve al punto de salida, si por el contrario mide más de 10 horas separa la labor por el día.

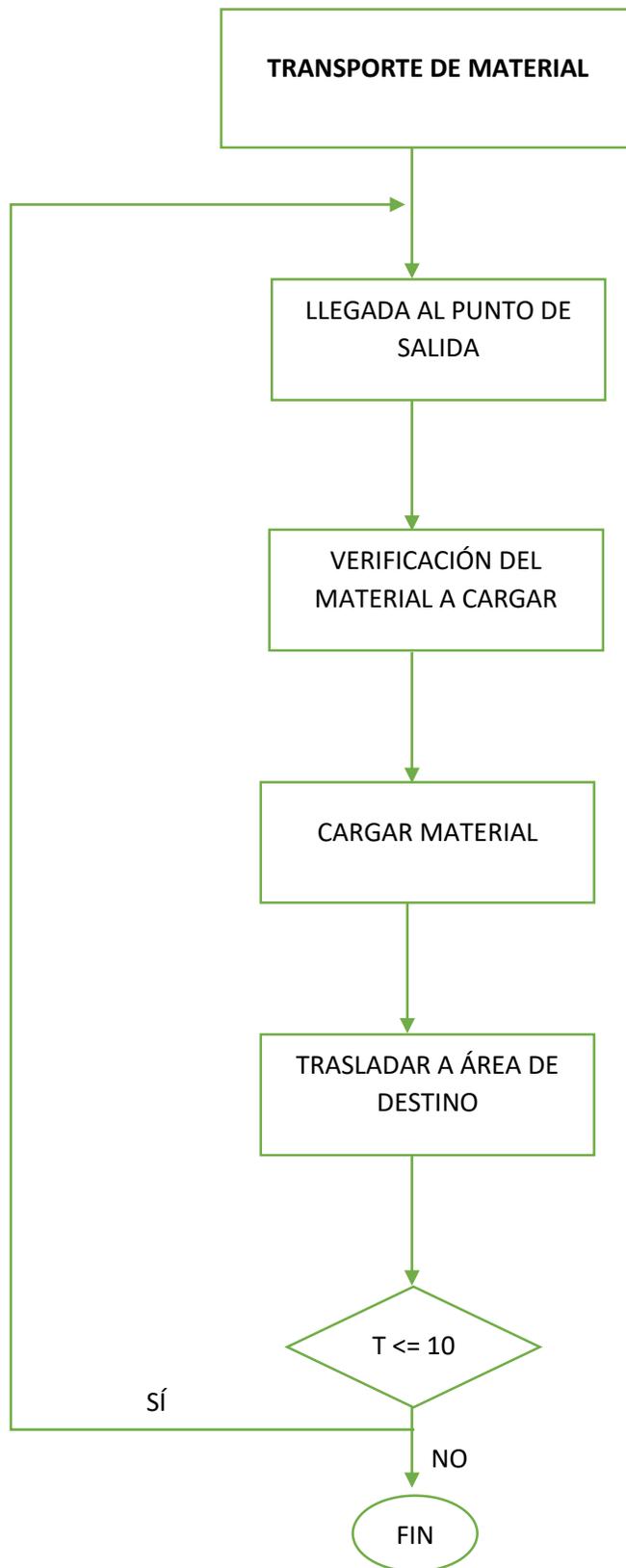


Figure N° 82: Diagrama de transporte
Fuente: Elaboración propia

Volquete T4C – 934:

Table N° 43: Volquete T4C – 934 mejorado

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
1/03/2021	MARZO	000528	8,847.40	8,858.85	11.45	0.93		1.60	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
2/03/2021	MARZO	000529	8,858.85	8,856.60	11.45	0.93			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
3/03/2021	MARZO	000530	8,856.60	8,866.79	10.19	0.230	76.1		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 18 VIAJES
4/03/2021	MARZO	000531	8,866.79	8,876.98	10.19	0.230			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 18 VIAJES
5/03/2021	MARZO	000532	8,876.98	8,887.17	10.19	0.230			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 18 VIAJES
6/03/2021	MARZO	000533	8,887.17	8,897.36	10.19	0.230	70.3		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 18 VIAJES
7/03/2021	MARZO	000534	8,897.36	8,888.00	-				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
8/03/2021	MARZO	000535	8,888.00	8,899.45	11.45	0.93		2.00	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
9/03/2021	MARZO	000537	8,899.45	8,897.00	11.45	0.93			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
10/03/2021	MARZO	000538	8,897.00	8,897.00					INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
11/03/2021	MARZO	000539	8,897.00	8,907.11	10.11	0.38	33.0		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
12/03/2021	MARZO	000540	8,907.11	8,917.22	10.11	0.38			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
13/03/2021	MARZO	000541	8,917.22	8,927.33	10.11	0.38	20.22		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
14/03/2021	MARZO	000542	8,927.33	8,937.44	10.11	0.38		0.70	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
15/03/2021	MARZO	000543	8,937.44	8,947.55	10.11	0.38			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
16/03/2021	MARZO	000544	8,947.55	8,948.20	0.65				OPERATIVO	CARGA DE MATERIAL TOP SOIL
17/03/2021	MARZO	000545	8,948.20	8,958.31	10.11	0.38			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
18/03/2021	MARZO	000546	8,958.31	8,969.76	11.45	0.93		5.00	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
19/03/2021	MARZO	000547	8,969.76	8,964.20					SIN REPORTE	SIN REPORTE
20/03/2021	MARZO	000548	8,964.20	8,969.70	5.50		110.2		OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
21/03/2021	MARZO	000549	8,969.70	8,979.40	9.70				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
22/03/2021	MARZO	000550	8,979.40	8,992.90	13.50				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
23/03/2021	MARZO	000551	8,992.90	9,001.70	8.80				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS (ALLAUCA)
24/03/2021	MARZO	000552	9,001.70	9,012.38	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
25/03/2021	MARZO	000553	9,012.38	9,023.06	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
26/03/2021	MARZO	000554	9,023.06	9,033.74	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
27/03/2021	MARZO	000555	9,033.74	9,044.42	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
28/03/2021	MARZO	000556	9,044.42	9,055.10	10.68	0.48	196.4		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
29/03/2021	MARZO	000557	9,055.10	9,065.78	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
30/03/2021	MARZO	000558	9,065.78	9,056.00					OPERATIVO	CARGA DE MATERIAL TOP SOIL
31/03/2021	MARZO	000559	9,056.00	9,079.00	22.42	10.86		24.00	OPERATIVO	2 VIAJE DE MINERAL DE MINA A CONSORCIO HORIZONTE (RETAMAS)
					283.32		506.2	33.30		

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DE VALORIZACION	
TOTAL HORAS ACUMULADAS	283.32
TOTAL HORAS MINIMAS	180.00
DSCTO POR HORAS INOPERATIVAS	10.00
NETO A PAGAR	273.32

Figure N° 83: Resumen de valorización mejorado – Volquete T4C- 934

Fuente: Elaboración propia

En la figura 83, se muestra las horas optimas trabajadas por el vehículo, donde las horas trabajadas se ha incrementado, al igual que la cantidad de galones utilizados, sin embargo, esto viene a ser beneficioso para la empresa ya que a pesar que tiene un costo más elevado de consumo, el transporte de los diferentes materiales a su destino es más rápido y por ende la producción total se acelera.

Table N° 44: Costo por alquiler de hora máquina mejorado - Volquete T4C-934

DESCRIPCION	UND	P.U.	CANTIDAD	PARCIAL
MOVIMIENTO DE TIERRAS		PEN S/.	HM	PEN S/.
ALQUILER DE VOLQUETE T4C-934	H.M	140.00	273.32	38,264.80
VALORIZACION BRUTA				38,264.80
SUB TOTAL				38,264.80
I.G.V. 18 %				6,887.66
TOTAL (S/.)				45,152.46

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 44, se ve que el costo por alquiler del volquete T4C – 934 según las horas netas trabajadas en el mes de marzo se incrementó por usar en su máxima potencia del volquete, sin embargo, de igual manera esto se traduce en inversión a largo plazo, ya que, si el volquete trabaja más, ya no se necesitaría una flota más grande. Lo que resulta en un ahorro elevado en costo de vehículos adicionales.



Figure N° 84: Cantidad y costo de galones consumidos en marzo – Volquete T4C-934

Fuente: Elaboración propia

Analizando de igual manera la cantidad de galones, se observa que hubo una gran disminución de esta cantidad, ya que se mejoró la eficiencia en el uso de este recurso.

Área de mina – área planta:

Siendo el tiempo de carga y descarga de 15 min y 7 min, respectivamente, los mismos tiempos que se tomó en el análisis actual. En estos tiempos de recorrido se estandarizó los tiempos por vuelta, resultando en 0.93 horas, 55.8 minutos, por vuelta.

Table N° 45: Registro de actividad mejorado: Transporte mina a planta

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inici	Hora término	Hora trabajad	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
1/03/2021	MARZO	000528	8,847.40	8,858.85	11.45	0.93		1.60	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
2/03/2021	MARZO	000529	8,858.85	8,856.60	11.45	0.93			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
8/03/2021	MARZO	000535	8,888.00	8,899.45	11.45	0.93		2.00	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
9/03/2021	MARZO	000537	8,899.45	8,897.00	11.45	0.93			OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
18/03/2021	MARZO	000546	8,958.31	8,969.76	11.45	0.93		5.00	OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia



Figure N° 85: Registro de actividad mejorado: Transporte mina a planta
Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, el tiempo de recorrido por vuelta se estandarizó tomando en cuenta también los tiempos de carga, descarga y demoras. Por lo que se calculó que por día realizarían 9 viajes, en la que trasladarían 22 toneladas por viaje, esto da como resultado que cada día trasladen 198 toneladas, lo que, en el total de 5 días, se movilizaría un total de 990 toneladas de mineral de alta ley desde la zona de mina hasta el área de planta.

Área de mina – relavera:

El tiempo de carga, descarga y demoras se tomó como los mismos del análisis actual. En estos tiempos de recorrido se estandarizó los tiempos por vuelta, siendo este de 0.23 horas, 13.8 minutos.

Table N° 46: Registro de actividad mejorada: Transporte de mina a relavera

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inici	Hora término	Hora trabajad	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
3/03/2021	MARZO	000530	8,856.60	8,866.79	10.19	0.230	76.1		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 18 VIAJES
4/03/2021	MARZO	000531	8,866.79	8,876.98	10.19	0.230			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 18 VIAJES
5/03/2021	MARZO	000532	8,876.98	8,887.17	10.19	0.230			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 18 VIAJES
6/03/2021	MARZO	000533	8,887.17	8,897.36	10.19	0.230	70.3		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA A RELAVERA 18 VIAJES

Fuente: Elaboración propia



Figure N° 86: Registro de actividad mejorada: Transporte de mina a relavera

Fuente: Elaboración propia

Dando como resultado que se realizaran como máximo 18 vueltas por jornada, en la que se trasladaría 20 toneladas por viaje, en total el volquete traslada 360 al día y en los 4 días que se realizó esta actividad estaría movilizand 1440 toneladas de desmorte del área de mina al área de relavera.

Zona relavera – botadero:

El tiempo de carga, descarga y demoras se tomó como los mismos del análisis en el proceso actual. En este recorrido se disminuyó el tiempo de viaje por vuelta, resultando en 0.38 horas, 22.8 minutos en promedio.

Table N° 47: Registro de actividad mejorado: Transporte de relavera a botadero

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inici	Hora término	Hora trabajad	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
11/03/2021	MARZO	000539	8,897.00	8,907.11	10.11	0.38	33.0		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
12/03/2021	MARZO	000540	8,907.11	8,917.22	10.11	0.38			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
13/03/2021	MARZO	000541	8,917.22	8,927.33	10.11	0.38	20.22		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
14/03/2021	MARZO	000542	8,927.33	8,937.44	10.11	0.38		0.70	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
15/03/2021	MARZO	000543	8,937.44	8,947.55	10.11	0.38			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
17/03/2021	MARZO	000545	8,948.20	8,958.31	10.11	0.38			OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMORTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia

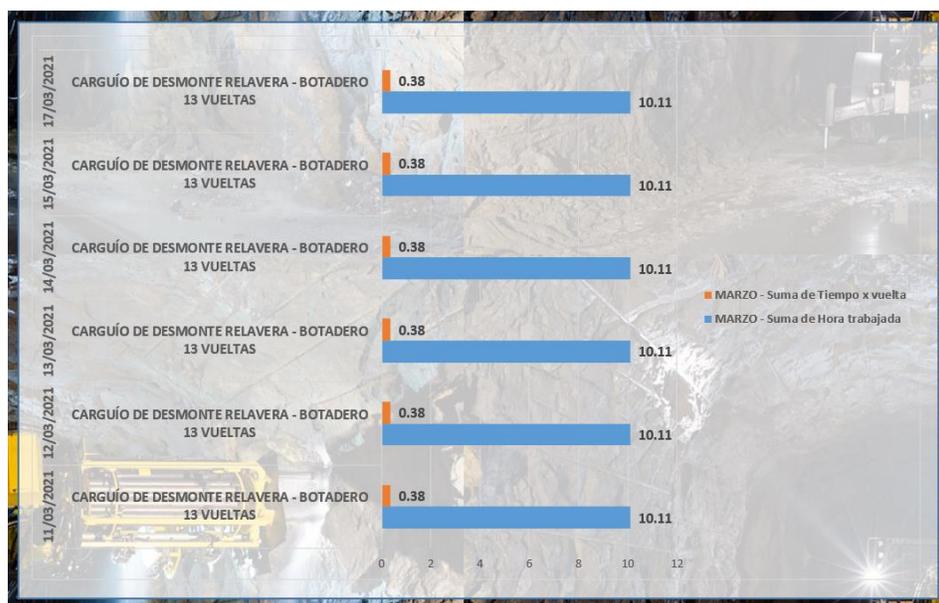


Figure 87: Registro de actividad mejorado: Transporte de relavera a botadero

Fuente: Elaboración propia

Se calculó que como máximo podría dar un total de 13 vueltas por jornada, trasladando 325 toneladas al día, que da como consecuencia 1950 toneladas de desmonte trasladadas desde la zona de relavera al botadero en el mes.

Área planta – desmontera:

Se toman los mismos tiempos de carga, descarga y tiempos de demora que en el análisis actual de procesos. En este recorrido se disminuyó el tiempo a 0.48 horas por vuelta, 28.9 minutos.

Table N° 48: Registro de actividad mejorado: Transporte de planta a desmontera

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Hora en Mina	Jornada	Observaciones
24/03/2021	MARZO	000552	9,001.70	9,012.38	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
25/03/2021	MARZO	000553	9,012.38	9,023.06	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
26/03/2021	MARZO	000554	9,023.06	9,033.74	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
27/03/2021	MARZO	000555	9,033.74	9,044.42	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
28/03/2021	MARZO	000556	9,044.42	9,055.10	10.68	0.48	196.4		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS
29/03/2021	MARZO	000557	9,055.10	9,065.78	10.68	0.48			OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia

Como máximo podría realizar 13 vueltas por jornada, trasladando 273 toneladas por día, dando como resultado el traslado de 1638 toneladas en los 6 días programados.

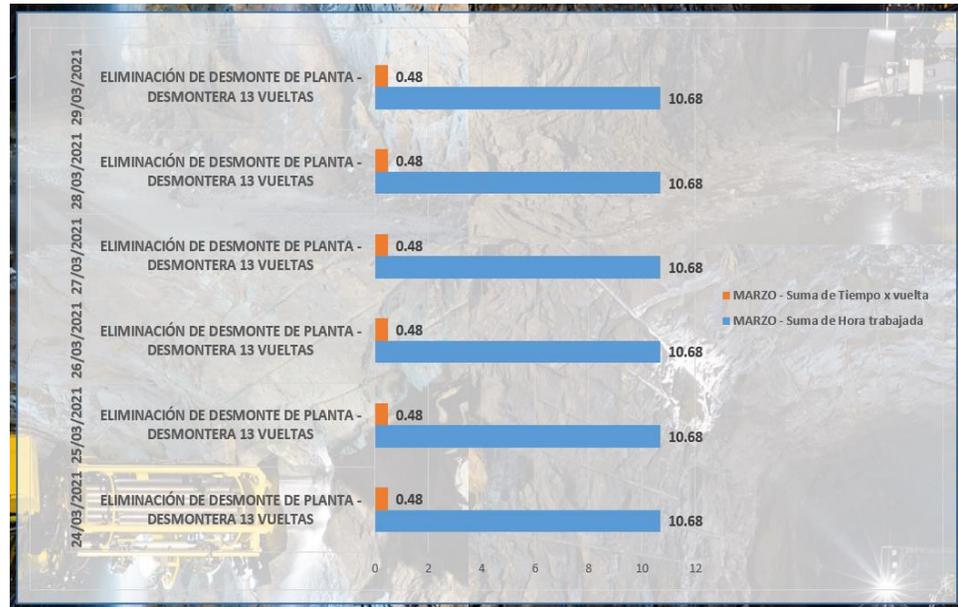


Figure N° 88: Registro de actividad mejorado: Transporte de planta a desmontera
Fuente: Elaboración propia

En la imagen 89 podemos ver que la cantidad de material transportado es mucho mayor y estandarizado. Al igual que en el análisis de los procesos actuales, la cantidad de mineral de alta ley transportada del área de mina al área de planta está de color rojo, el desmonte de voladura del área de mina al área de relavera es de color azul, el desmonte proveniente de la relavera trasladada al botadero se encuentra de color marrón, el desmonte proveniente de la planta y trasladada al área de desmonte es de color celeste, por último, los minerales trasladados al cliente se encuentran de color morado.

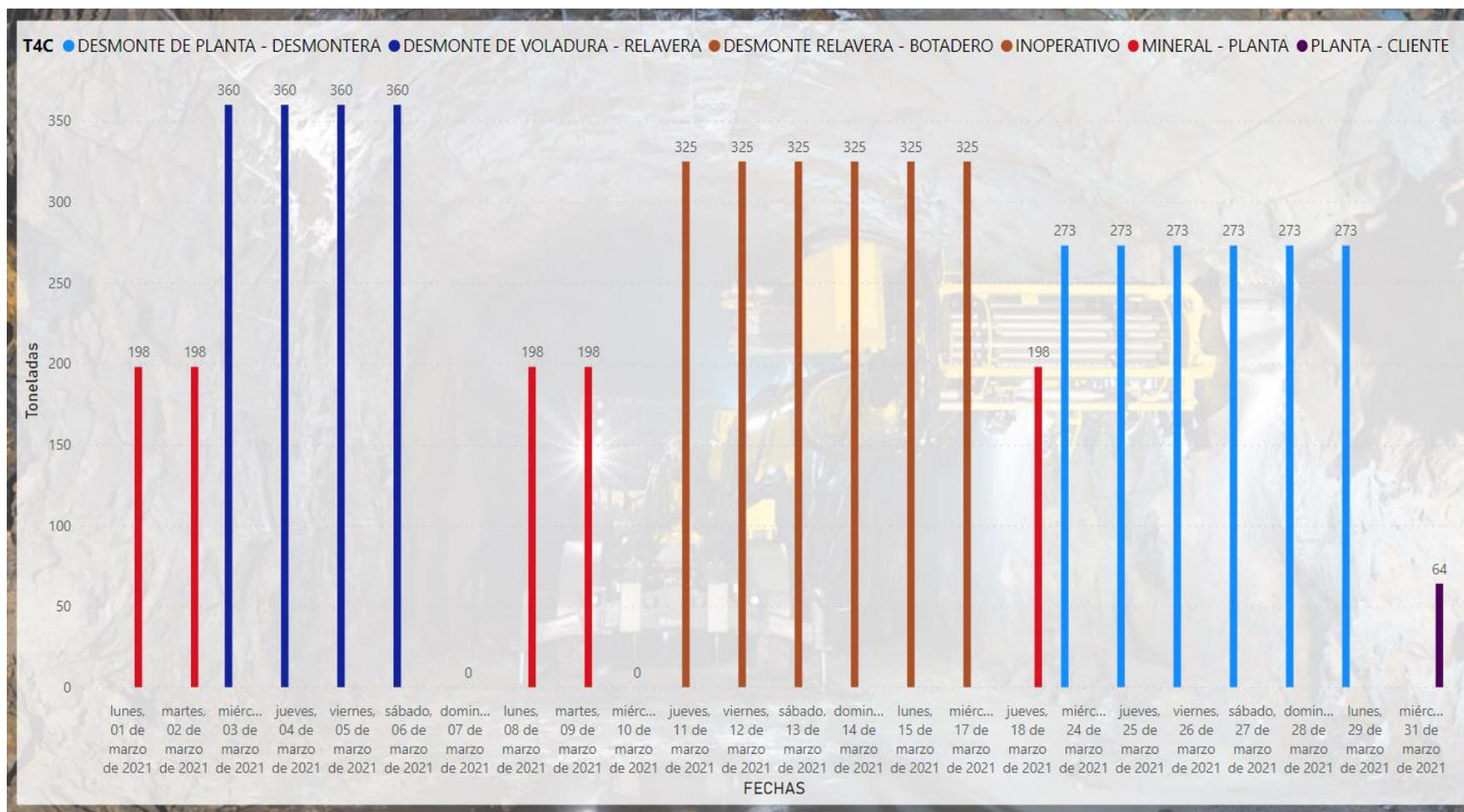


Figure N° 89: Toneladas de material transportado mejorado – Volquete T4C-934

Fuente: Elaboración propia

Volquete T2W – 866:

Table N° 49: Volquete T2W – 866

Fecha	Mes	N° Reporte	Hora inicio	Hora término	Hora trabajada	Tiempo x vuelta	D-2	Jornada	Observaciones
1/03/2021	MARZO	000424	9,205.00	9,206.70	10.19	0.23		DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
2/03/2021	MARZO	000425	9,206.70	9,206.70				INOPERATIVO	EQUIPO INOPERATIVO POR NEUMÁTICOS
3/03/2021	MARZO	000426	9,206.70	9,214.50	10.19	0.23	30.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
4/03/2021	MARZO	000427	9,214.50		10.19	0.23		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
5/03/2021	MARZO	000428	9,221.60	9,229.20	10.19	0.23	60.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
6/03/2021	MARZO	000429	9,229.20	9,237.90	10.19	0.23		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
7/03/2021	MARZO	000430	9,237.90	9,237.90				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
8/03/2021	MARZO	000431	9,237.90	9,237.90				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
9/03/2021	MARZO	000432	9,237.90	9,237.90				INOPERATIVO	STAND BY POR FALTA DE FRENTE
10/03/2021	MARZO	000433	9,237.90	9,239.60				DEMORA OPERATIVA	TRASLADO DE MATERIALES
11/03/2021	MARZO	000434	9,239.60	9,248.40	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
12/03/2021	MARZO	000435	9,248.40	9,256.80	11.45	0.93	70.0	DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
13/03/2021	MARZO	000436	9,248.40	9,256.90	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
14/03/2021	MARZO	000437	9,256.90	9,265.80	10.11	0.38	60.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
15/03/2021	MARZO	000438	9,265.80	9,271.80	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
16/03/2021	MARZO	000439	9,271.80	9,279.70	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
17/03/2021	MARZO	000440	9,279.70	9,287.90	10.11	0.38	70.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
18/03/2021	MARZO	000441	9,296.30	9,304.50				OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - PATIO DE TRANSFERENCIAS
19/03/2021	MARZO	000442	9,304.50	9,312.90			60.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - PATIO DE TRANSFERENCIAS
20/03/2021	MARZO	000443	9,256.80	9,262.10	11.45	0.93		OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
21/03/2021	MARZO	000444	9,262.10	9,271.70	11.45	0.93		OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
22/03/2021	MARZO	000445	9,287.90	9,301.40	10.11	0.38	60.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
23/03/2021	MARZO	000446	9,301.40	9,309.90	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
24/03/2021	MARZO	000447	9,349.80	9,358.00			50.0	OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS
25/03/2021	MARZO	000448	9,358.00	9,366.60				OPERATIVO	MOVIMIENTO DE TIERRAS
26/03/2021	MARZO	000449	9,366.60	9,373.80	10.68	0.48		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
27/03/2021	MARZO	000450	9,373.80	9,379.10	10.68	0.48		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
28/03/2021	MARZO	000451	9,379.10	9,387.60	10.68	0.48	40.0	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
29/03/2021	MARZO	000452	9,387.60	9,393.90	10.68	0.48		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
30/03/2021	MARZO	000453	9,393.90	9,404.20	10.68	0.48	30.0	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
31/03/2021	MARZO	000454	9,406.20	9,417.10	22.42	10.86		OPERATIVO	02 VIAJE DE MINERAL DE MINA A CONSORCIO HORIZONTE (RETAMAS)
				TOTAL		242.00		530	

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DE VALORIZACION	
TOTAL HORAS ACUMULADAS	242.00
TOTAL HORAS MINIMAS	180.00
DSC TO POR HORAS INOPERATIVAS	20.00
NETO A PAGAR	222.00

Figure N° 90: Resumen de valorización mejorado - Volquete T2W-866

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 90, se muestra las horas optimas trabajadas por el vehículo, donde las horas trabajadas se ha incrementado, al igual que la cantidad de galones utilizados, como se vio en el volquete anterior, esto viene a ser beneficioso para la empresa ya que a pesar que tiene un costo más elevado de consumo, el transporte de los diferentes materiales a su destino es más rápido y por ende la producción total se acelera.

Table N° 50: Costo por alquiler de hora máquina - Volquete T2W-866

DESCRIPCION	COSTOS		ACTUAL	
	UND	P.U. PEN S/.	CANTIDAD HM	PARCIAL PEN S/.
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
ALQUILER DE VOLQUETE T2W-866	H.M	140.00	222.00	31,080.00
VALORIZACION BRUTA				31,080.00
SUB TOTAL				31,080.00
I.G.V. 18 %				5,594.40
TOTAL (S/.)				36,674.40

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 50, se ve que el costo por alquiler del volquete T2W – 866 según las horas netas trabajadas en el mes de marzo se incrementó por usar en su máxima potencia del volquete, sin embargo, de igual manera esto se traduce en inversión a largo plazo, ya que, si el volquete trabaja más, ya no se necesitaría una flota más grande. Lo que resulta en un ahorro elevado en costo de vehículos adicionales.



Figure N° 91: Cantidad y costo de galones consumidos en marzo mejorado – Volquete T2W-866

Fuente: Elaboración propia

Analizando de igual manera la cantidad de galones, se observa que hubo una gran disminución de esta cantidad, ya que se mejoró la eficiencia en el uso de este recurso.

Área de mina – área planta:

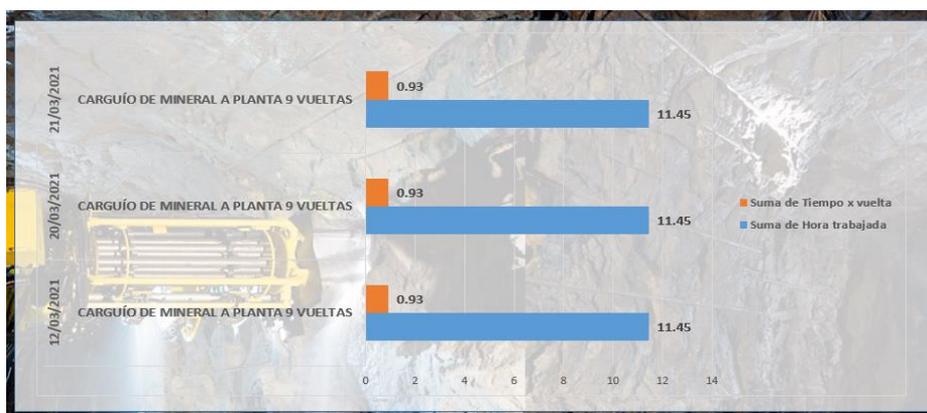
Siendo el tiempo de carga los mismos tiempos que se tomó en el análisis actual. En estos tiempos de recorrido se estandarizó los tiempos por vuelta, resultando en 0.93 horas, 55.8 minutos, por vuelta.

Table N° 51: Registro de actividad mejorado: Transporte de mina a planta

Mes	N° Report	Hora inici	Hora términ	Hora trabajad	Tiempo x vuelt	D-2	Jornada	Observaciones
MARZO	000435	9,248.40	9,256.80	11.45	0.93	70.0	DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
MARZO	000443	9,256.80	9,262.10	11.45	0.93		OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS
MARZO	000444	9,262.10	9,271.70	11.45	0.93		OPERATIVO	CARGUÍO DE MINERAL A PLANTA 9 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia

Table N° 52: Registro de actividad mejorado: Transporte de mina a planta



Fuente: Elaboración propia

Este volquete realizó 9 vueltas por día, trasladando 22 toneladas por viaje, en los 3 días que realizó esta operación movilizó en total 594 toneladas

Área de mina – relavera:

El tiempo de carga, descarga y demoras se tomó como los mismos del análisis actual. En estos tiempos de recorrido se estandarizó los tiempos por vuelta, siendo este de 0.23 horas, 13.8 minutos.

Table N° 53: Registro de actividad mejorado: Transporte de mina a relavera

Mes	N° Report	Hora inici	Hora términ	Hora trabajad	Tiempo x vuelt	D-2	Jornada	Observaciones
MARZO	000424	9,205.00	9,206.70	10.19	0.23		DEMORA OPERATIVA	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
MARZO	000426	9,206.70	9,214.50	10.19	0.23	30.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
MARZO	000427	9,214.50		10.19	0.23		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
MARZO	000428	9,221.60	9,229.20	10.19	0.23	60.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES
MARZO	000429	9,229.20	9,237.90	10.19	0.23		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE DE VOLADURA - RELAVERA 18 VIAJES

Fuente: Elaboración propia

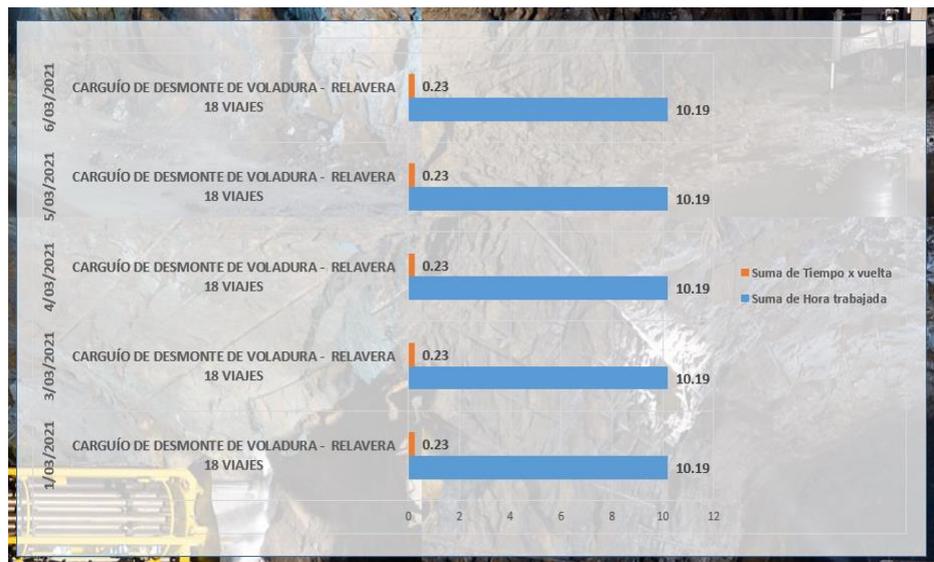


Figure N° 92: Registro de actividad mejorado: Transporte de mina a relavera

Fuente: Elaboración propia

En este recorrido dio como resultado un total de 18 vueltas por jornada, transportando por día 360 toneladas, con un total de 1800 toneladas en los 5 días en los que se programó estos viajes.

Zona relavera – botadero:

El tiempo de carga, descarga y demoras se tomó como los mismos del análisis en el proceso actual. En este recorrido se disminuyó el tiempo de viaje por vuelta, resultando en 0.38 horas, 22.8 minutos en promedio.

Table N° 54: Registro de actividad mejorado: Transporte de relavera a botadero

Mes	N° Report	Hora inici	Hora términ	Hora trabajad	Tiempo x vuelt	D-2	Jornada	Observaciones
MARZO	000434	9,239.60	9,248.40	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
MARZO	000436	9,248.40	9,256.90	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
MARZO	000437	9,256.90	9,265.80	10.11	0.38	60.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
MARZO	000438	9,265.80	9,271.80	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
MARZO	000439	9,271.80	9,279.70	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
MARZO	000440	9,279.70	9,287.90	10.11	0.38	70.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
MARZO	000445	9,287.90	9,301.40	10.11	0.38	60.0	OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS
MARZO	000446	9,301.40	9,309.90	10.11	0.38		OPERATIVO	CARGUÍO DE DESMONTE RELAVERA - BOTADERO 13 VUELTAS

Fuente: Elaboración propia

En este recorrido resultó en un total de 13 vueltas como máximo por jornada, transportando 25 toneladas por viaje como promedio, con un resultado de 325 toneladas de desmonte por día; y en los 8 días 2600 toneladas en el mes.

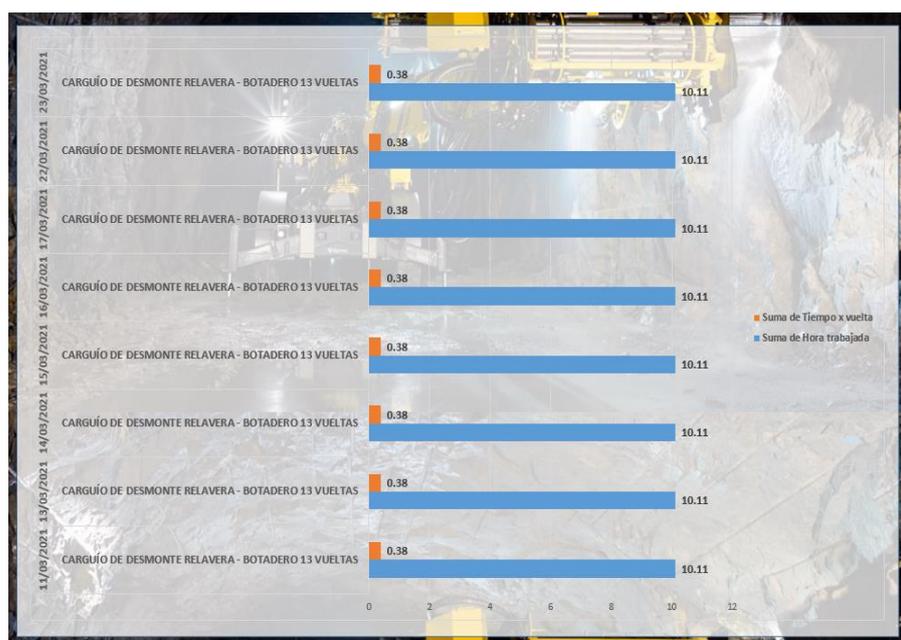


Figure N° 93: Registro de actividad mejorado: Transporte de relavera a botadero

Fuente: Elaboración propia

Área planta – desmontera:

Se toman los mismos tiempos de carga, descarga y tiempos de demora que en el análisis actual de procesos. En este recorrido se disminuyó el tiempo a 0.48 horas por vuelta, 28.9 minutos.

Table N° 55: Registro de actividad mejorado: Transporte de planta a desmontera

Mes	N° Report	Hora inici	Hora términ	Hora trabajad	Tiempo x vuelt	D-2	Jornada	Observaciones
MARZO	000449	9,366.60	9,373.80	10.68	0.48		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
MARZO	000450	9,373.80	9,379.10	10.68	0.48		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
MARZO	000451	9,379.10	9,387.60	10.68	0.48	40.0	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
MARZO	000452	9,387.60	9,393.90	10.68	0.48		OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES
MARZO	000453	9,393.90	9,404.20	10.68	0.48	30.0	OPERATIVO	ELIMINACIÓN DE DESMONTE DE PLANTA - DESMONTERA 13 VIAJES

Fuente: Elaboración propia

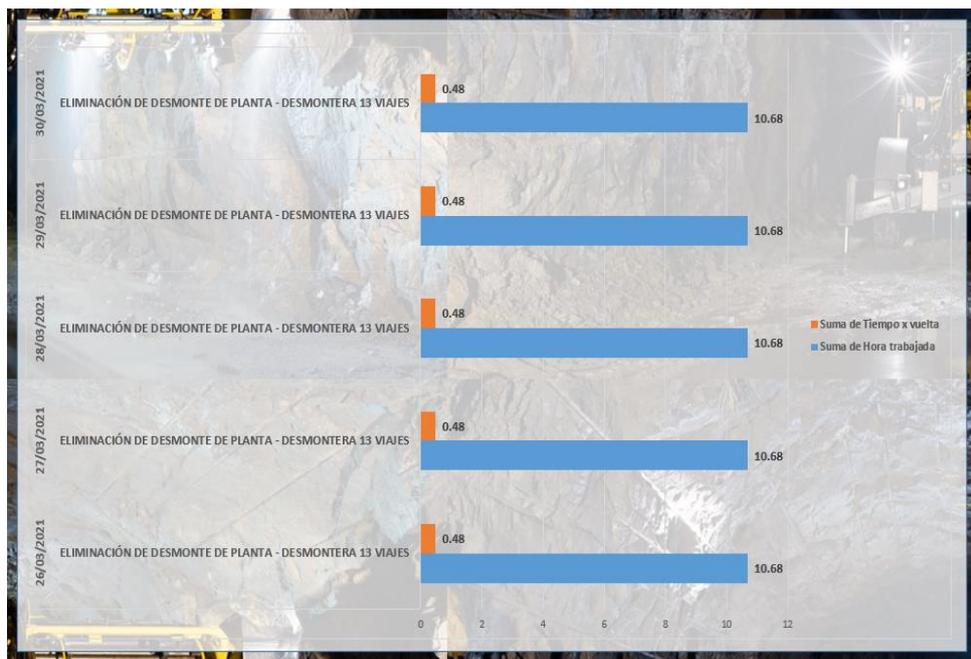


Figure N° 94: Registro de actividad mejorado: Transporte de planta a desmontera

Fuente: Elaboración propia

Como máximo podría realizar 13 vueltas por jornada, trasladando 273 toneladas por día, dando como resultado el traslado de 1365 toneladas en los 5 días programados.

En la imagen 95 podemos ver que la cantidad de material transportado es mucho mayor y estandarizado. Al igual que en el análisis de los procesos

actuales y del volquete anterior, los colores que representan la cantidad de material transportado son los mismos.

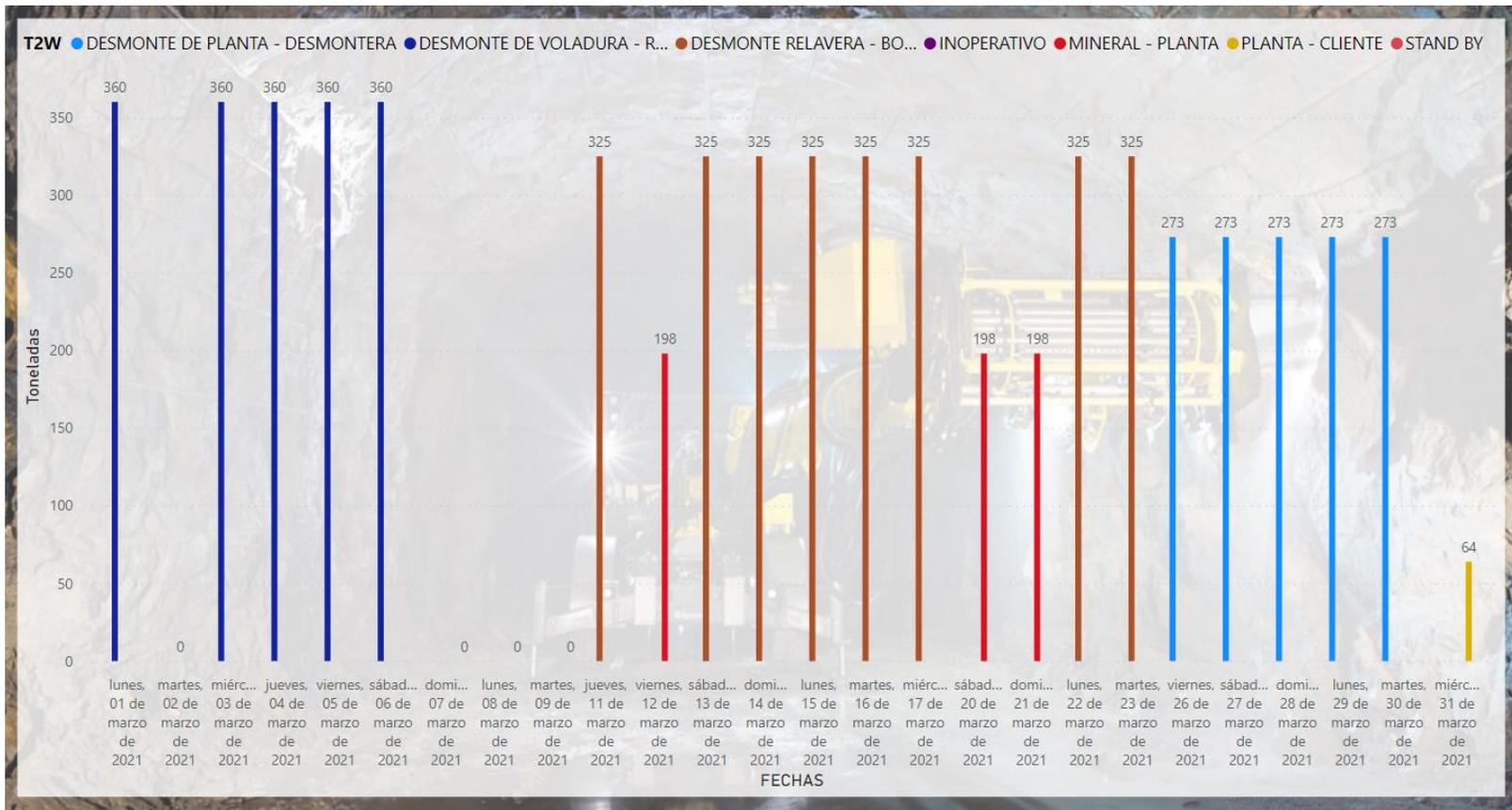


Figure N° 95: Toneladas de material transportado mejorado – Volquete T2W-866

Fuente: Elaboración propia

5.3 Análisis e interpretación de resultados

En esta sección se realiza una comparación de todos los datos recolectados y mejorados con la finalidad de tener una mejor visualización de la misma.

Table N° 56: Comparación de tiempos de recorridos actual vs mejorado

Áreas de recorrido	Tiempo actual total	Tiempo futuro total	Variación
Mina – Planta	2.53 hrs * 60 min/hrs = 152 minutos	0.93 hr * 60 min/hrs = 56 minutos	 63 %
Mina – Relavera	0.75 hrs * 60 min/hrs = 44.9 minutos	0.225 hrs * 60 min/hrs = 13.5 minutos	 70 %
Planta – Desmontera	1.12 hrs * 60 min/hrs = 67.2 minutos	0.48 hrs * 60 min/hrs = 28.9 minutos	 57 %
Relavera – Botadero	0.49 hrs * 60 min/hrs = 29.6 minutos	0.038 hrs * 60 min/hrs = 22.9 minutos	 23 %
Promedio	73.4 minutos	30.3 minutos	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 56, como se mostró en la sección de “Mejora”, se muestran los recorridos de los vehículos de carga, cada uno con su respectivo tiempo total, antes y después de la propuesta de mejora en el trabajo de investigación.

Primeramente, con el recorrido de Mina a Planta se evidencia un tiempo estimado de viaje con 152 minutos y luego una reducción a 56 minutos, calculando una variación del 63%. Para el recorrido de Mina a Relavera se muestra un tiempo de 44.9 minutos por viaje y posteriormente con una reducción a 13.5 minutos, que presentó una variación del 70%. Para el recorrido de Planta a Desmontera mostraba un tiempo total de 67.2 minutos por vuelta y con la mejora presentó una reducción a 28.9 minutos, con una variación de 57%. Por último, Relavera a Botadero tuvo un tiempo de 29.6 minutos por viaje y luego tuvo con un tiempo de 22.9 minutos, variación de 23%. La cual en promedio se tuvo en una situación actual de 73.4 minutos a 30.3 minutos teniendo una mejora del 59%.

Cabe resaltar que en el análisis de planificación para los recorridos y la cantidad de vueltas se tomó los viajes máximos que puede realizar un volquete en su jornada

laboral, contabilizando también los tiempos de carga y descarga del material, optimizando al máximo su productividad.

Se muestra las toneladas cargadas por ambos volquetes:

Table N° 57: Resumen tonelajes transportados mejorados

ÁREAS	VOLQUETES		TOTAL
	T4C (TON)	T2W (TON)	
MINA - PLANTA	990	594	1584
MINA - RELAVERA	1440	1800	3240
RELAVERA - BOTADERO	1950	2600	4550
PLANTA - DESMONTERA	1638	1365	3003
PLANTA - CLIENTE	64	64	128

Fuente: Elaboración propia

Las cantidades de toneladas tanto de mineral de alta ley como desmonte se han incrementado considerablemente. Al hacer un análisis con el cuadro de las toneladas de los procesos actuales y mejorados:

Table N° 58: Resumen variación toneladas transportadas

ÁREAS	ACTUAL	%	MEJORADO	% VARIACIÓN
MINA - PLANTA	880	100%	1584	↑ 80%
MINA - RELAVERA	2580	100%	3240	↑ 26%
RELAVERA - BOTADERO	3600	100%	4550	↑ 27%
PLANTA - DESMONTERA	1806	100%	3003	↑ 66%
PLANTA - CLIENTE	128		128	

Fuente: Elaboración propia

Si tomamos el proceso actual con el 100% de capacidad, en los procesos mejorados vemos que en el recorrido de mina a planta existe un incremento de 80%, lo que quiere decir que la capacidad aumentó en las del doble de los tonelajes producidos actualmente. En el recorrido de mina a relavera vemos un incremento del 26% de las toneladas de desmonte transportadas, acelerando el proceso de limpieza de la zona de trabajo. En el recorrido de relavera a botadero vemos un incremento del 27% del desmonte trasladado. En el recorrido de planta de desmontera se ve un incremento del 66% de desmonte trasladado.

Con esto se quiere demostrar que la producción que estaba programada para un mes, con las mejoras se pudo realizar en un periodo menor incluso duplicando la productividad en el traslado de mineral de mina a planta, que es la operación más importante de la empresa.

Comparación de toneladas transportadas al área planta y toneladas vendidas

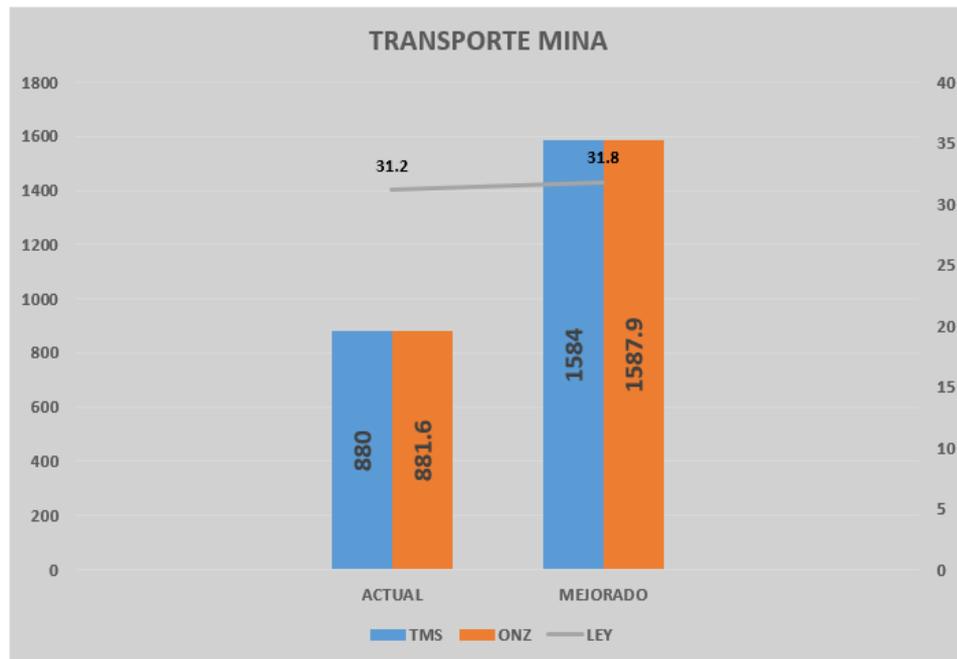


Figure N° 96: Comparación toneladas transportadas - área planta

Fuente: Elaboración propia

En la figura 96, se muestra la comparación de la extracción de mina, la actividad más importante, con los dos volquetes estudiados en el mes de marzo. Las TMS son las toneladas métricas secas que se extraen para trasladar a planta donde será concentrado, las onzas de oro por tonelada métrica, y la ley quiere decir la cantidad de gramos de oro por tonelada métrica seca, donde el TMS en el estado actual es de 880 toneladas con 881.6 onzas de oro en todo el porcentaje de material antes mencionado y la ley de mineral es de 31.2 gramos por tonelada; comparado con el proceso mejorado se transportó 1584 de TMS, con una cantidad de 1587.9 onzas de oro en todo el porcentaje de mineral mencionado y por último, la ley de mineral es de 31.8 gramos por tonelada. Estos datos del proceso mejorado fueron como resultado de una estimación con ayuda de los ingenieros de la empresa en estudio, en cuanto a las onzas y la ley de mineral.

Se sabe que por 2 vueltas ambos volquetes trasladan 64 toneladas cada uno al cliente, esto se debe a que la ruta para la entrega del mineral es larga, ya que por vuelta tiene un tiempo de 10.86 horas en solo una vuelta. Sin embargo, la cantidad que se despacha en total es mayor, por lo que se tomará la producción total de toneladas de mineral listos para entrega al cliente total que ambos volquetes ingresan al área de planta.

La cantidad total que se producen con el ingreso de las 1,584 toneladas trasladadas desde el área mina hasta la planta son 1,620 toneladas de mineral con un registro de 1,374 onzas de oro. Como se ve en el siguiente cuadro, la comparación del proceso actual con el mejorado es amplia, la comercialización de toneladas de oro se incrementa.

Table N° 59: Resumen comparación toneladas vendidas

ACTUAL			
MES	TMS	Au g/t	Oz Au
Mar-31	722	573	24.66
MEJORADO			
MES	TMS	Oz Au	Au g/t
Mar-31	1,620	1,374	31.43

Fuente: Elaboración propia

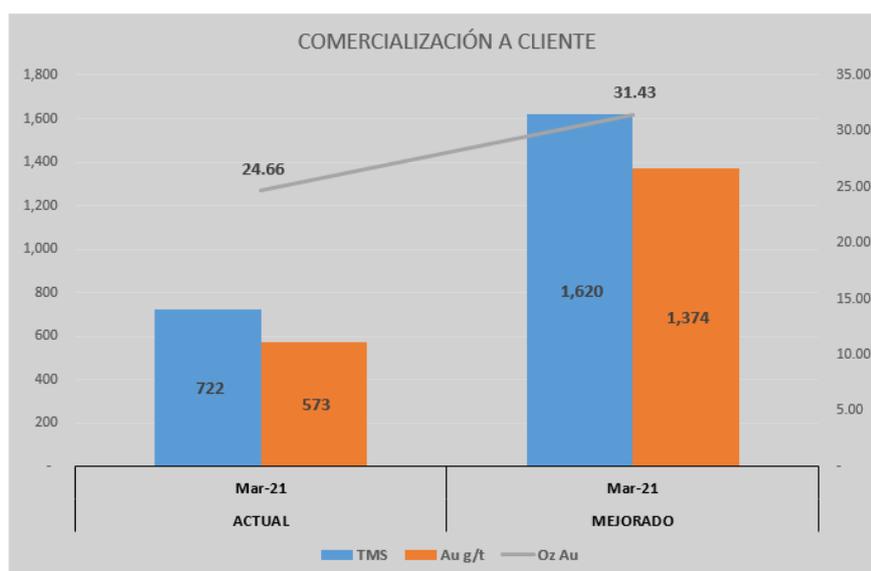


Figure N° 97: Resumen comparación toneladas vendidas

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de galones usados en ambos volquetes

Table N° 60: Comparación de uso de galones actual vs mejorado

	ACTUAL	MEJORADO	% VARIACIÓN
T4C - 934	948.23	568.03	↓ 40%
T2W - 866	920.54	551.93	↓ 40%

Fuente: Elaboración propia

5.4 Simulación de mejora

Mediante el programa de simulación Promodel, se simulará el proceso de transporte de materiales en la mina y nos servirá para verificar la optimización del proceso que se pudo obtener al proponer la mejora en conjunto con la Metodología Lean descrita en los puntos anteriores.

En primer lugar, se ha definido las locaciones como las 6 áreas en donde los materiales son cargados y descargados. En segundo lugar, el ambiente de operación es toda el área donde se realiza la extracción y transporte de material a sus diferentes destinos. En tercer lugar, las entidades los personajes principales son ambos volquetes operados por los 7 choferes de volquetes. Por último, la información de los tiempos de recorrido dará como resultado las nuevas cantidades de material trasladado en total.

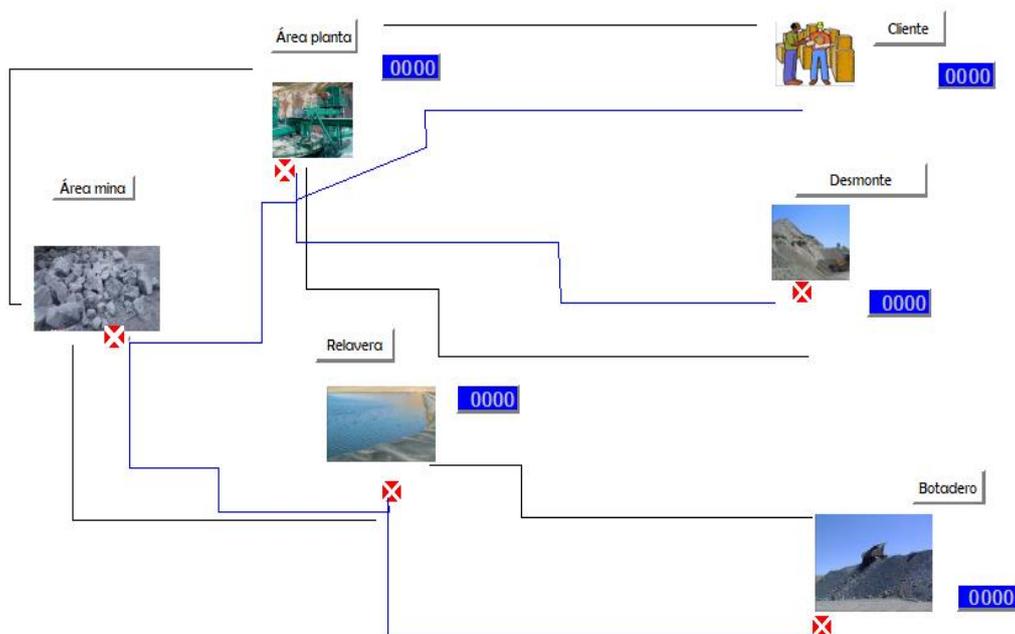


Figure N° 98: Simulación Promodel

Fuente: Elaboración propia

En la figura 98, se observa las locaciones, los recursos, las rutas que son recorridas por ambos volquetes, etc. Al igual que el diagrama de recorrido, se plasmó en el Promodel las distintas áreas en las que los volquetes cargan y descargan los distintos minerales, con un tiempo distinto en casa área al igual que los tiempos de recorrido. También se muestra un contador de toneladas por viaje en cada área, lo que al finalizar la simulación se mostrará la cantidad de toneladas registradas en cada área por ambos volquetes.

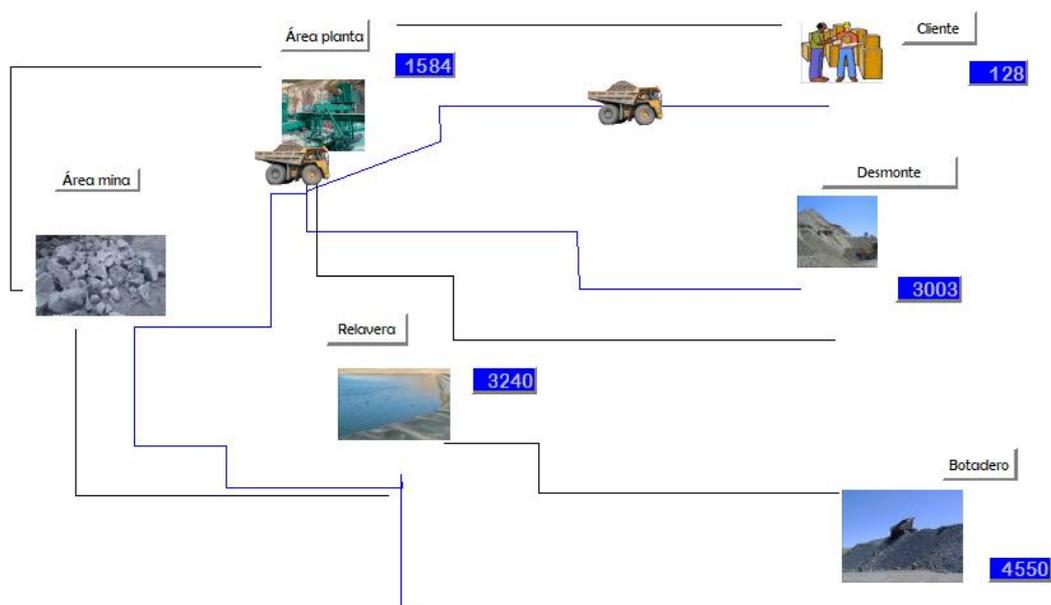


Figure N° 99: Simulación Promodel - Toneladas transportadas
Fuente: Elaboración propia

En figura 99, las toneladas tanto de mineral como de desmonte registrados en cada área, demostrando que, comparado con el proceso actual existe un incremento en la cantidad de toneladas transportadas.

A continuación, se muestra el cuadro de indicadores de la simulación ejecutada:

Cuadro de indicadores			
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)
Volquete 1	72.00	12,249.30	78.00
Volquete 2	72.00	363.03	34.50
Volquete 3	90.00	1,520.25	34.50
Volquete 4	78.00	1,231.98	44.90
Volquete 5	104.00	3,150.60	44.90
Volquete 6	78.00	1,607.70	50.90
Volquete 7	65.00	1,528.75	50.90
Volquete 8	4.00	703.00	666.00

Figure N° 100: Cuadro de indicadores de la simulación de transporte de material minero
Fuente: Elaboración propia

Como primer paso se procede a explicar, lo que significa la cantidad de 8 volquetes en la simulación, por temas de visualización se tuvo que colocar como entidades esta cantidad de volquetes ya que, al hacer la simulación de dos de estos, había días en que ambos vehículos realizaban la misma tarea por lo que se tuvo que colocar más de dos entidades (volquetes).

Para facilitar el entendimiento de la simulación se resumió en los siguientes cuadros:

Volquete 1						
D	L	M	M	J	V	S
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			
D	L	M	M	J	V	S
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			
Mina a planta			1	Volquete 1		
Mina a relavera			2	Volquete 2 y 3		
Relavera a botadera			2	Volquete 4 y 5		
Planta a desmonte			2	Volquete 6 y 7		
Planta a cliente			1	Volquete 8		
No se simula			0			

Figure N° 101: Gráficos explicativos de Promodel
Fuente: Elaboración propia

Se tiene los siguientes resultados:

- En estos se ve que en la entidad llamada “volquete 1” se refiere a las

actividades realizadas por ambos volquetes en el recorrido de Mina a planta, con un total de 72 vueltas, con un tiempo total en sistema de ambos volquetes de 12,249.30 minutos y con un tiempo en operación promedio de 78 minutos por viaje, que es el tiempo de ciclo total, contando los tiempos de carga y descarga de material. Esta actividad se realizó los días resaltados de color verde, que fueron el 1-03, 2-03, 8-03, 9-03, 18-03, 12-03, 20-03 y 21-03.

- El “volquete 2” y “volquete 3” corresponden a las actividades realizadas por ambos volquetes en el recorrido de Mina a relavera, con un total de 72 más 90, 162 vueltas, con un tiempo total en el sistema de 363.03 más 1520.25, 1883.28 minutos y con un tiempo en operación promedio de 34.50 minutos por viaje, que es el tiempo total de ciclo, contabilizando los tiempos de carga y descarga. Esta actividad se realizó los días resaltados de color amarillo, que fueron el 1-03, 3-03, 04-03, 05-03 y 06-03.
- El “volquete 4” y “volquete 5” corresponden a las actividades realizadas por ambos volquetes en el recorrido de Relavera a botadero, con un total de 78 más 104, 182 vueltas, con un tiempo total en el sistema promedio de 1,231.98 más 3,150.60, 4,382.58 minutos y con un tiempo en operación promedio de 44.90 minutos por viaje, el tiempo de ciclo total. Se realizó esta actividad el 11-03, 12-03, 13-03, 14-03, 15-03, 17-03, 22-03 y 24-03, resaltadas de color anaranjado.
- El “volquete 6” y “volquete 7” se requieren a las actividades realizadas por ambos volquetes en el recorrido de Planta a desmonte, con un total de 78 más 65, 143 vueltas, con un tiempo de ciclo total de 1,607.70 más 1,528.75, 3,136.45 minutos y con un tiempo en operación promedio de 50.90 minutos por viaje, contabilizando también los tiempos de carga y descarga del material. Se realizó esta actividad el 24-03, 25-03, 26-03, 27-03, 28-03, 29-03 y 30-03, resaltadas de color celeste.
- El “volquete 8” corresponde al recorrido de Planta a cliente con ambos volquetes, que es el despacho del mineral al cliente, realizó 4 vueltas en total con un tiempo de ciclo total 703 minutos y con un tiempo en operación promedio de 666 minutos por viaje. Esta actividad se realizó el 31-03, resaltado de color morado.

Es importante señalar, que estos tiempos resultantes van alineados a la propuesta de mejora basado en la metodología Lean

5.5 Prueba de hipótesis

Para la validación se tiene como objetivo contrastar mediante las tablas referentes a cada variable, las hipótesis planteadas durante la investigación.

En primer lugar, se establece el nivel de significancia (α), el cual es el error que se muestra al momento de procesar la prueba, es por ello que se decidió usar un nivel de confianza del 95%, por lo que conlleva un nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Se realiza la prueba de normalidad planteando una hipótesis nula y alternativa para cada prueba, siguiendo una distribución normal con análisis paramétrico.

Se realiza la elección del tipo de prueba, para lo cual se procedió a analizar mediante un cuadro comparativo entre la variable fija, el cual se aplica un resultado antes y después siendo así, un estudio longitudinal de dos medidas y para la variable aleatoria corresponde a un porcentaje de tipo numérica; de esta manera cruzando los dos datos se determina que la prueba para este caso específico es la T-student con muestra relacionadas. Como se detalla en la siguiente tabla.

POBLACIÓN DE ESTUDIO	CONDICION	DATOS CUANTITATIVOS		DATOS CUALITATIVOS
		PRUEBA PARAMETRICA	PRUEBA NO PARAMETRICA	PRUEBA NO PARAMETRICA
DOS GRUPOS	INDEPENDIENTE	T-student para muestras independientes	U- Mann Whitney	χ^2 (Homogeneidad)
	EMPAREJADOS	T-student para muestras relacionadas	Wilcoxon	Mc. Nemar (dicotómicas)
DE MÁS DE DOS GRUPOS	INDEPENDIENTE	ANOVA (Análisis de varianza)	Kruskal Wallis	χ^2 (Homogeneidad)
	EMPAREJADOS	ANOVA Medidas repetidas	Friedman	Cochran (dicotómicas)

Figure N° 102: Objetivo comparativo de estadística paramétrica y no paramétrica

Fuente: Elaboración propia

Hipótesis General

H0: No hay mejora el proceso de transporte basado en la metodología Lean, entonces No Reducirá los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

H1: Si hay mejora el proceso de transporte basado en la metodología Lean, entonces Reducirá los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Para validar la hipótesis 1 se realizó una tabla de la eficiencia actual, sin la propuesta de mejora y con la propuesta de mejora, como indica la siguiente figura.

Actividad	% Eficiencia actual sin mejora del proceso de transporte	% Eficiencia actual con mejora del proceso de transporte
Mineral a planta	22,56	59,77
Mineral a relavera	13,42	45,15
Relavera a botadera	12,20	38,94
Planta a desmonte	18,84	31,25

Figure N° 103: Tasa de eficiencia actual sin mejora y mejorado
Fuente: Elaboración propia

Para calcular estos porcentajes se sumó el tiempo trabajado del volquete 1 y 2 de todo el mes de marzo y la producción realizada de todo el mes de marzo por área plantándolo en la fórmula de eficiencia según la matriz de consistencia de consistencia ((Producción alcanzada) *(Tiempo invertido) / (producción prevista) *(tiempo previsto)) *100. Luego se simuló en el programa SPSS, el cual arrojó los siguientes resultados.

Table N° 61: Tabla de resumen estadístico descriptivos 1

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
EF1	Media		16,7550	2,41377
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	9,0733	
		Límite superior	24,4367	
	Media recortada al 5%		16,6856	
	Mediana		16,1300	
	Varianza		23,305	
	Desv. típ.		4,82754	
	Mínimo		12,20	
	Máximo		22,56	
	Rango		10,36	
	Amplitud intercuartil		9,13	
	Asimetría		,433	1,014
	Curtosis		-3,014	2,619
	EF2	Media		43,7775
Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	24,5510	
		Límite superior	63,0040	
Media recortada al 5%			43,5850	
Mediana			42,0450	
Varianza			145,994	
Desv. típ.			12,08282	
Mínimo			31,25	
Máximo			59,77	
Rango			28,52	
Amplitud intercuartil			22,94	
Asimetría			,761	1,014
Curtosis			,668	2,619

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente paso se realiza una prueba de normalidad para para esto identificamos nuestra hipótesis nula y alterna.

H0: No hay diferencia significativa si mejoramos el proceso de transporte basados en la metodología Lean, entonces Reducirá los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

H1: Existe diferencia significativa si mejoramos el proceso de transporte basados en la metodología Lean, entonces Reducirá los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Ya que la muestra consta de 4 datos y es menor a 30 se analizó la normalidad con Shapiro – Wilk. Como demuestra la siguiente tabla.

Table N° 62: Prueba de normalidad N° 1

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EF1	,255	4	.	,920	4	,539
EF2	,205	4	.	,972	4	,854

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados del SPSS, se calcula la normalidad:

Si P-Valor < 0.05 se rechaza la H0 y se acepta H1

Si P-Valor >= 0.05 se acepta H0 y se rechaza H1

Donde H0 sigue una distribución normal y H1 no sigue una distribución normal.

Entonces se acepta H0 ya que el nivel de significancia es mayor a 0.05 siendo una distribución normal, como se muestra en lo siguiente:

NORMALIDA

P- Valor Actual sin mejora = 0.539	>	α = 0.05
P-Valor mejora = 0.854	>	α = 0.05

Al determinar que es una distribución normal, el siguiente paso es calcular la Prueba de T-Student, cuyo resultado se muestra en la siguiente tabla. Ver Tabla N° 63.

Table N° 63: Prueba de T de Student de eficiencia.

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
						Inferior	Superior		
Par1	EF1 - EF2	-27,02250	10,63878	5,31939	-43,95117	-10,09383	-5,080	3	,015

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo una significancia de 0.015 por lo cual se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), lo cual quiere decir que existe diferencia significativa si mejoramos el proceso de transporte basados en la metodología Lean, entonces Reducirá los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Hipótesis Específica 1

H0: No hay una reducción de tiempo de transporte basado en la metodología Lean entonces no se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

H1: Si se realiza una reducción de tiempo de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Para la validación de prueba de hipótesis 1 se tomó en cuenta la tabla de resultados de la eficiencia de los tiempos reducidos sin la propuesta mejora y con las propuestas de mejora como se muestra en la siguiente figura.

Actividad	% Eficiencia de los tiempos reducidos sin mejora del proceso de transporte	% Eficiencia de los tiempos reducidos con mejora del proceso de transporte
Mineral a planta	22,56	59,77
Mineral a relavera	13,42	45,15
Relavera a botadera	12,20	38,94
Planta a desmonte	18,84	31,25

Figure N° 104: Eficiencia de los tiempos reducidos sin mejora y mejorado

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de estos porcentajes, se utilizó la fórmula del indicador mostrada en la matriz de consistencia $((TTC - \text{Tiempo reducido de transporte de cada área}) / TTC) * 100$ seguido de esto se pasó a simular en el programa SPSS, el cual dio los siguientes resultados:

Table N° 64: Tabla de resumen estadístico descriptivos 2

Descriptivos				
		Estadístico	Error típ.	
EF1	Media	57,4900	10,41185	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	24,3548	
		Límite superior	90,6252	
	Media recortada al 5%	58,2561		
	Mediana	64,3850		
	Varianza	433,627		
	Desv. típ.	20,82371		
	Mínimo	27,14		
	Máximo	74,05		
	Rango	46,91		
	Amplitud intercuartil	36,33		
	Asimetría	-1,664	1,014	
	Curtosis	3,008	2,619	
	EF2	Media	74,9975	7,52423
Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	51,0520	
		Límite superior	98,9430	
Media recortada al 5%		75,4028		
Mediana		78,6450		
Varianza		226,456		
Desv. típ.		15,04847		
Mínimo		53,83		
Máximo		88,87		
Rango		35,04		
Amplitud intercuartil		27,52		
Asimetría		-1,288	1,014	
Curtosis		2,048	2,619	

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la normalidad se tiene como hipótesis nula y alterna de la siguiente manera:

H0: No existe diferencia significativa si reducimos los tiempos de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

H1: Si existe diferencia significativa si reducimos los tiempos de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Como la muestra cobra de 4 datos y es menor a 30 se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Ver Tabla 65.

Table N° 65: Prueba de normalidad N° 2

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EF1	,338	4	.	,837	4	,187
EF2	,281	4	.	,913	4	,498

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados del SPSS, se calcula la normalidad:

Si P-Valor < 0.05 se rechaza la H0 y se acepta H1

Si P-Valor >= 0.05 se acepta H0 y se rechaza H1

Donde H0 sigue una distribución normal y H1 no sigue una distribución normal.

Entonces se acepta H0 ya que el nivel de significancia es mayor a 0.05 siendo una distribución normal, como se muestra en lo siguiente:

NORMALIDA

P- Valor Actual sin mejora = 0.187	>	$\alpha = 0.05$
P-Valor mejora = 0.498	>	$\alpha = 0.05$

Al determinar que es una distribución normal, el siguiente paso es calcular la Prueba de T-Student, cuyo resultado se muestra en la siguiente tabla. Ver Tabla N° 66.

Table N° 66: Prueba de T de Student de eficiencia de tiempos reducidos

Prueba de muestras relacionadas									
	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1 EF1 - EF2	-17,50750	10,73003	5,36502	-34,58137	-,43363	-3,263	3	,047	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo una significancia de 0.047 por lo cual se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), lo cual quiere decir que si existe diferencia significativa si reducimos los tiempos de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Hipótesis Específica 2

H0: No se realiza un incremento del rendimiento de transporte basado en la metodología Lean entonces no se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

H1: Si se realiza un incremento del rendimiento de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Para la validación de prueba de hipótesis 2 se tomó en cuenta la tabla de resultados del rendimiento de los tiempos de transporte sin la propuesta mejora y con las propuestas de mejora como se muestra en la siguiente figura.

Actividad	% Rendimiento de trabajo sin mejora del proceso de transporte	% Rendimiento de trabajo con mejora del proceso de transporte
Mineral a planta	16,42	33,81
Mineral a relavera	23,13	30,09
Relavera a botadera	20,67	29,85
Planta a desmonte	19,60	31,54

Figure N° 105: Rendimiento de trabajo sin mejora y mejorado
Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de estos porcentajes, se utilizó la fórmula del indicador mostrada en la matriz de consistencia (Horas útiles trabajadas por día / Horas totales trabajadas) *100 seguido de esto se pasó a simular en el programa SPSS, el cual dio los siguientes resultados:

Table N° 67: Tabla de resumen estadístico descriptivos 3

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
TRABAJO SIN MEJORA	Media		,2000	,01472
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,1532	
		Límite superior	,2468	
	Media recortada al 5%		,2006	
	Mediana		,2050	
	Varianza		,001	
	Desv. típ.		,02944	
	Mínimo		,16	
	Máximo		,23	
	Rango		,07	
	Amplitud intercuartil		,06	
	Asimetría		-,941	1,014
	Curtosis		1,500	2,619
	TRABAJO MEJORADO	Media		,3150
Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	,2845	
		Límite superior	,3455	
Media recortada al 5%			,3144	
Mediana			,3100	
Varianza			,000	
Desv. típ.			,01915	
Mínimo			,30	
Máximo			,34	
Rango			,04	
Amplitud intercuartil			,04	
Asimetría			,855	1,014
Curtosis			-1,289	2,619

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la normalidad se tiene como hipótesis nula y alterna de la siguiente manera:

H0: No existe diferencia significativa si incrementamos el rendimiento de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

H1: Si existe diferencia significativa si incrementamos el rendimiento de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Como la muestra cobra de 4 datos y es menor a 30 se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Ver Tabla 68.

Table N° 68: Prueba de normalidad N° 3

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRABAJO SIN MEJORA	,250	4	.	,953	4	,734
TRABAJO MEJORADO	,283	4	.	,863	4	,272

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados del SPSS, se calcula la normalidad:

Si P-Valor < 0.05 se rechaza la H0 y se acepta H1

Si P-Valor >= 0.05 se acepta H0 y se rechaza H1

Donde H0 sigue una distribución normal y H1 no sigue una distribución normal.

Entonces se acepta H0 ya que el nivel de significancia es mayor a 0.05 siendo una distribución normal, como se muestra en lo siguiente:

NORMALIDA

P- Valor Actual sin mejora = 0.734	>	$\alpha = 0.05$
P-Valor mejora = 0.272	>	$\alpha = 0.05$

Al determinar que es una distribución normal, el siguiente paso es calcular la Prueba de T-Student, cuyo resultado se muestra en la siguiente tabla. Ver Tabla N° 69.

Table N° 69: Prueba de T de Student del rendimiento de los tiempos reducidos

	Prueba de muestras relacionadas							
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
Inferior				Superior				
Par 1 TRABAJO SIN MEJORA-TRABAJO MEJORADO	-,11500	,04796	,02398	-,19131	-,03869	-4,796	3	,017

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo una significancia de 0.017 por lo cual se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), lo cual quiere decir que si existe diferencia significativa si incrementamos el rendimiento de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Hipótesis Específica 3

H0: No se realiza una reducción del costo de uso de uso combustible basado en la metodología Lean entonces no se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

H1: Si se realiza una reducción del costo de uso de uso combustible basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Para la validación de prueba de hipótesis 2 se tomó en cuenta la tabla de resultados de la generación de uso de combustible por proceso sin la propuesta mejora y con las propuestas de mejora como se muestra en la siguiente figura.

Actividad	% Reducción de uso de combustible sin mejora del proceso de transporte	% del uso de combustible con mejora del proceso de transporte
Mineral a planta	20,57	30,54
Mineral a relavera	28,98	72,13
Relavera a botadera	25,90	62,77
Planta a desmonte	24,55	54,22

Figure N° 106: Reducción del uso de combustible sin mejora y mejorado

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de estos porcentajes, se utilizó la fórmula del indicador mostrada en la matriz de consistencia (Total de costos reducidos por galón de cada área / Costo total por galón) *100 seguido de esto se pasó a simular en el programa SPSS, el cual dio los siguientes resultados:

Table N° 70: Tabla de resumen estadístico descriptivos 4

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
TRABAJO SIN MEJORA	Media		25,0000	1,74351
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	19,4514	
		Límite superior	30,5486	
	Media recortada al 5%		25,0250	
	Mediana		25,2250	
	Varianza		12,159	
	Desv. típ.		3,48701	
	Mínimo		20,57	
	Máximo		28,98	
	Rango		8,41	
	Amplitud intercuartil		6,65	
	Asimetría		-,366	1,014
	Curtosis		,856	2,619
TRABAJO MEJORADO	Media		54,9150	8,91011
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	26,5591	
		Límite superior	83,2709	
	Media recortada al 5%		55,3128	
	Mediana		58,4950	
	Varianza		317,560	
	Desv. típ.		17,82022	
	Mínimo		30,54	
	Máximo		72,13	
	Rango		41,59	
	Amplitud intercuartil		33,33	
	Asimetría		-1,048	1,014
	Curtosis		1,197	2,619

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la normalidad se tiene como hipótesis nula y alterna de la siguiente manera:

H0: No existe diferencia significativa si reducimos el costo de uso de combustible en el proceso de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

H1: Si existe diferencia significativa si reducimos el costo de uso de combustible en el proceso de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Como la muestra cobra de 4 datos y es menor a 30 se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Ver Tabla 71.

Table N° 71: Prueba de normalidad N° 4

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRABAJO SIN MEJORA	,199	4	.	,988	4	,949
TRABAJO MEJORADO	,234	4	.	,945	4	,685

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados del SPSS, se calcula la normalidad:

Si P-Valor < 0.05 se rechaza la H0 y se acepta H1

Si P-Valor >= 0.05 se acepta H0 y se rechaza H1

Donde H0 sigue una distribución normal y H1 no sigue una distribución normal.

Entonces se acepta H0 ya que el nivel de significancia es mayor a 0.05 siendo una distribución normal, como se muestra en la siguiente tabla:

NORMALIDA

P- Valor Actual sin mejora = 0.949	>	$\alpha = 0.05$
P-Valor mejora = 0.685	>	$\alpha = 0.05$

Al determinar que es una distribución normal, el siguiente paso es calcular la Prueba de T-Student, cuyo resultado se muestra en la siguiente tabla. Ver Tabla N° 72.

Table N° 72: Prueba de T de Student de la reducción de combustible.

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	TRABAJO SIN MEJORA - TRABAJO MEJORADO	-29,91500	14,39213	7,19607	-52,81609	-7,01391	-4,157	3	,025

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo una significancia de 0.025 por lo cual se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), lo cual quiere decir que si existe diferencia significativa si reducimos el costo de uso de combustible del proceso de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.

Table N° 73: Cuadro resumen de resultados de la investigación

Hipótesis Específica	Variables Independientes	Variables Dependientes	Indicador	Pre-test	Post-test	Diferencia
Si se realiza una reducción de tiempo de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.	Impactos ambientales	Reducción de tiempo de transporte	Reducción del tiempo transcurrido del vehículo de cada área: % de eficiencia	57.49%	75%	18% ↑
Si se realiza un incremento del rendimiento de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.	Impactos ambientales	Rendimiento de transporte	Rendimiento: % de elementos de trabajo completados por día	19.95%	31.32%	11% ↑
Si se realiza una reducción del costo de uso de combustible basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021.	Impactos ambientales	Costo de uso de combustible	(%) Índice de reducción de costo de combustible	25%	54.91%	30% ↑

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Se concluye que con la aplicación de la Metodología Lean y la propuesta de mejora de una herramienta tecnológica, se reducen las horas de recorrido de los volquetes al momento de trasladar, tanto mineral de alta ley como desmonte desechado de los procesos de voladura, con un promedio de 73.4 minutos antes de la mejora y después bajó a 30.3 minutos obteniendo una mejora significativa del 18%.
2. De la misma manera, con la aplicación de la metodología Lean y la propuesta de mejora de una herramienta tecnológica se logró aumentar el rendimiento de transporte de cada área, de 19.95% a 31.32% obteniendo como variación 11% de mejora; con esto se aumenta la cantidad de mineral producido en 3094 en promedio por viaje.
3. Mediante el control de actividades del proceso de transporte con la ayuda de una herramienta tecnológica y enfocado a la metodología Lean, permite aumentar el índice de reducción de costo de uso de combustible de 25% a 54.91% obteniéndose una mejora del 30% el cual se traduce en una reducción de 1.9 galones por hora con una disminución en costos de S/5,616.1.

RECOMENDACIONES

1. En un periodo de 2 meses evaluar al personal del área de transporte sobre la importancia de la aplicación de la Telemetría, para tener conocimiento de lo beneficioso que puede resultar y así generar un compromiso de todos los trabajadores a seguir incrementando la eficiencia en el transporte de los minerales a cada área.
2. Realizar un control de los registros que arrojan los indicadores de tiempo de transporte para que no haya una gran variabilidad y tener un layout del recorrido de los transportes para tener una mejor supervisión.
3. Realizar un correcto seguimiento a los impactos ambientales negativos que ocasiona el área mina y el proceso de transporte de la empresa minera, con la ayuda de indicadores ambientales, de esta manera poder tener un control de éstos y así gestionar los temas ambientales de una manera adecuada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides Ganoza (2012). *La minería responsable*. Recuperado de http://www.mzweb.com.br/bvn/La_Mineria_Responsable_y_sus_Aportes_al_Desarrollo_del_Peru_Por_Roque_Benavides_Ganoza.pdf
- Bonzi, R. (2016). *Propuestas de mejora de la utilización efectiva en base a disponibilidad de la flota de carguío y transporte en minera Los Pelambres* (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Ccatamayo, B. (2017). *Aplicación de filosofía Lean en la preparación minera, mina El Teniente Codelco Chile* (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Codelco (2019). *Molienda "Todo a la juguera"*. Recuperado de https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/artic/20190109/asocfile/20190109005343/molienda_media_t_cnico_060119.pdf
- Consejo Minero de Chile (2002). *Gestión de Residuos Industriales Sólidos Mineros y Buenas Prácticas*. Recuperado de http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/ProduccionLimpia/ampl_residuos_solidos.pdf
- Factor CO₂ (2017). Cambio climático y contaminación del aire. Recuperado de <https://www.factorco2.com/es/cambio-climatico-y-contaminacion-del-aire-5-emejanzas-5-diferencias-y-5-reflexiones/noticia/1063>
- Feria A., Blanco G., Valledor E. (2019). *La dimensión metodológica del diseño de la investigación científica*. Las Tunas, Cuba: Editorial Académica Universitaria (Edacun)
- Gonzales M. (2020). *Minería y salud ambiental*. Colombia. Editorial UNIMINUTO
- Gregorio A., Muñoz D., Salcedo E., Sossa G (2011). *Aplicación lean manufacturing en la Industria colombiana. Revisión de literatura en tesis y proyectos de grado*. Recuperado de http://www.laccei.org/LACCEI2011-Medellin/RefereedPapers/PE298_Arrieta.pdf

- Henao R. & Gelves V. (2019). *Aplicación De La Metodología Kaizen A Las Operaciones En La Mina En La Empresa De Explotación De Cobre Miner S. A.* (Tesis Para optar el grado de Maestría). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
- Hernández J., Vizán A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación.* Recuperado de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- INEI (2020). *Anuario de estadísticas ambientales 2020.* Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1760/libro.pdf
- López C. (2017). *Características predominantes de la gestión administrativa en las instituciones educativas del nivel primaria de la RED N° 2 –La Molina-2017.* Recuperado de <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/2139/TM%20CE-Ge%203814%20L1%20-%20Lopez%20Castillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez B. (2019). *Problemáticas ambientales globales.* Recuperado de <https://www2.dipc.es/proyectos/agenda21/espadanweb/ARCHIVOSPDF/DOCUMTRABAJO/doc5.PDF>
- MINEM (2020). *Anuario minero 2020.* Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2020/AM2020.pdf>
- MINEM (2021). *Boletín estadístico minero Edición N° 03 – 2021.* Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2021/BEM%2003-2021.pdf>
- MINEM (2021). *Boletín estadístico minero Edición N° 04 – 2021.* Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2021/BEM%2004-2021.pdf>
- Mosqueira, M. & Napa C. (2019). *Mejora del proceso de transporte en una empresa de explosivos basado en Business Intelligence* (Tesis de Pregrado).

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2727/>

Oficina de Comunicación y Marketing, Universidad Ica Garcilaso de la Vega (2019). *Productos que más exporta el Perú y qué profesionales participan*. Recuperado de <https://www.uigv.edu.pe/wp/conoce-los-productos-que-mas-exporta-el-peru-y-que-profesionales-participan/>

Osinermin (2019). *Reporte de análisis económico sectorial sector minería*. Recuperado de https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/RAES/RAES-Mineria-diciembre-2019-GPAE-OS.pdf

Parella S., Martins P. (2006). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas, Venezuela: Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Perugachi (2004). *Optimización de procesos, la concesión de radiofrecuencias en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Editora Nacional

Ríos Ravello (2017). *Evaluación de inversión del servicio de consultoría ambiental basado en la metodología lean six sigma para empresas mineras en Cajamarca – 2018*. Recuperado de <https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:61c60083-dbec-4b21-af20-6af84a90263f#pageNum=1>

Rivera P. (2018). *Elaboración e implementación de un plan de manejo Integral de residuos sólidos en una unidad minera*. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3186/rivera-pino-luis-ricardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Riveros, M. (2016). *Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Vargas, F. (2019). *Mejoramiento del sistema de carguío y transporte del mineral marginal en la cancha N°35 – planta pre concentradora, Unidad Minera*

San Rafael – Melgar Puno (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco, Cusco, Perú.

ANEXO

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN		INDICADORES	
Mejora de procesos de transporte basado en la metodología Lean para reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021	PREGUNTA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL				
	¿En qué medida la mejora de procesos de transporte basado en la metodología Lean reducirá los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021?	Determinar en qué medida la mejora de procesos de transporte basado en la metodología Lean reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021	Si se realiza una mejora de procesos de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021	VI: Impactos ambientales		$\% \text{ de reducción de emisiones} = \frac{\text{Total de emisiones emitidas} - \text{Total de emisiones reducidas}}{\text{Total de emisiones emitidas}} \times 100$	
				VD: Mejora de Procesos		$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{Producción alcanzada}) \times \text{Tiempo invertido}}{(\text{Producción prevista}) \times \text{Tiempo previsto}} \times 100$	
	PREGUNTAS ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Dimensiones de la mejora de procesos (VI)	Dimensiones de los impactos en los Procesos ambientales (VD)	INDICADORES	
	¿En qué medida la reducción del tiempo de transporte basado en la metodología Lean permitirá reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021?	Determinar en qué medida la reducción del tiempo de transporte basado en la metodología Lean permite reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021	Si se realiza una reducción de tiempo de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021	Impactos ambientales	Reducción de tiempo de transporte	Tiempo de ciclo y tiempo de entrega: - Reducción del tiempo transcurrido del vehículo de cada área: % de eficiencia (subproceso 1)	$\frac{TTC - \text{Tiempo reducido de transporte de cada área}}{\text{Tiempo total de ciclo}} \times 100$
¿En qué medida el incremento del rendimiento de transporte basado en la metodología Lean permitirá reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021?	Determinar en qué medida el incremento del rendimiento de transporte basado en la metodología Lean permite reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021	Si se realiza un incremento del rendimiento de transporte basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021	Impactos ambientales	Rendimiento de transporte	Rendimiento: % de elementos de trabajo completados por día: % de cumplimiento de trabajo	$\frac{\text{Hr. de Trabajo Util}}{\text{Hr. de Trabajo Total}} \times 100$	
¿En qué medida reducir el costo de uso de combustible basado en la metodología Lean permitirá reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021?	Determinar en qué medida reducir el costo de uso de combustible basado en la metodología Lean permite reducir los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021	Si se realiza una reducción del costo de uso de combustible basado en la metodología Lean entonces se reduce los impactos ambientales en una mina ubicada en Pataz 2021	Impactos ambientales	Costo de uso de combustible	- Generación de uso de combustibles. Costo por proceso (%): Índice de reducción de costo de combustible	$\frac{\text{Total de costos reducidos por galon}}{\text{Costo total por galon}} \times 100$	

Anexo N° 2. Formato de encuesta para los trabajadores de mina

Validez de instrumento de investigación Juicio de Expertos

TESIS: MEJORA DEL PROCESO DE TRANSPORTE BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN PARA REDUCIR LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN UNA MINA UBICADA EN PATAZ 2021

FECHA	
TRABAJADOR	
CORREO	

Estimados trabajadores, se les pide cordialmente que dedique unos minutos de su tiempo a completar la siguiente encuesta.

Su respuesta será confidencial y serpa utilizada únicamente con fines informativos, y conocer el proceso del área de mina.

Marque con un aspa "X" la respuesta que crea conveniente:

Sección 1:

Instrucciones: Para cada pregunta colocará un grado de apreciación del 1 al 5 donde: 1.- Totalmente en desacuerdo 2.- En desacuerdo 3.- Indeciso 4.- De acuerdo 5.- Totalmente de acuerdo
--

<u>Sección</u>	<u>Pregunta</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Carencias en el sector ambiental	1. Se ha venido realizando en los últimos años un plan de manejo ambiental.					
	2. Usted conoce cuales son los impactos ambientales negativos de sus operaciones mineras.					
	3. Existe un adecuado control de residuos sólidos y gases contaminantes emitidos por las maquinarias.					
	4. La mina cumple con las leyes medioambientales que indica el Ministerio del Ambiente.					

Sección 2:

Instrucciones: Para cada pregunta colocará un grado de apreciación del 1 al 5 donde:

1.- Nunca 2.- Rara vez 3.- A veces 4.- A menudo 5.- Siempre

<u>Sección</u>	<u>Pregunta</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Demoras en los procesos de transporte	5. ¿Existen demoras en el proceso de transporte o entrega debido a una documentación incorrecta?					
	6. ¿Existen demoras en el proceso de carguío por falta de personal debidamente formado?					
	7. ¿Existe un correcto manejo y control de utilización de vehículos de transporte?					
	8. ¿Se detecta rápidamente la causa raíz de un problema de transporte?					

Sección 3:

<u>Sección</u>	<u>Pregunta</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Seguimiento del funcionamiento de la empresa	9. ¿Existe un adecuado mantenimiento de las maquinarias pesadas?					
	10. ¿Se calcula el equipamiento minero de acuerdo a los volúmenes extraídos periódicamente?					
	11. ¿Se cumple con la guía que regula la reglas de seguridad minera?					
	12. ¿Se tiene un registro adecuadamente detallado de las horas de trabajo de las maquinas?					

CARTA DE PRESENTACIÓN

Sr. Mg. Ing. Rivera Lynch, César

Presente

Asunto: Validación de instrumento a través de juicio de experto

Nos es grato comunicamos con usted para expresarle nuestros saludos y, asimismo, hacer de su conocimiento que, conocedores de su trayectoria académica y profesional, molestamos su atención al elegirlo como JUEZ EXPERTO para revisar el instrumento de medición que pretendemos utilizar en la investigación: **“MEJORA DEL PROCESO DE TRANSPORTE BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN PARA REDUCIR LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN UNA MINA UBICADA EN PATAZ 2021.”**

Los instrumentos de medición a validar son:

- “Encuesta de grado de conocimiento del trabajador”
Objetivo: Registrar información relevante relacionada con el conocimiento que poseen los trabajadores acerca del funcionamiento y cuestiones ambientales de la empresa.

El expediente de validación que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación
- Matriz de Consistencia
- Instrumento 1 – Encuesta de grado de conocimiento del trabajador

Expresándole nuestros más sinceros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Bach.Ing. García Grández, Yullian Raúl/ Bach.Ing. Rondoy Gómez, Griselda Marisabel

Validez de instrumento de investigación Juicio de Expertos

TESIS: MEJORA DEL PROCESO DE TRANSPORTE BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN PARA REDUCIR LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN UNA MINA UBICADA EN PATAZ 2021.

Indicaciones:

Estimado Juez, una vez analizados los ítems pertinentes a la encuesta de grado de conocimiento del trabajador, por favor califique con una escala de 1 al 5 señalando con una "X" la alternativa que usted considere correcta.

Criterios de valoración:

1= Deficiente, 2=Baja, 3=Regular, 4=Aceptable,5= Muy aceptable

Criterios	Descripción	Puntuación				
		1	2	3	4	5
Claridad	El cuestionario se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.				X	
Consistencia	El cuestionario posee una estructura concisa.					X
Coherencia	El cuestionario tiene relación lógica con la variables de estudio.				X	
Suficiencia	Las preguntas desarrolladas bastan para obtener información requerida.					X
Objetividad	El cuestionario esta expresado a través de información neutral e imparcial.				X	
	Subtotal				12	10
	Total					22

Puntajes a validar

De 5 a 10 Formato invalido, replantar.

De 11 a 15 Formato invalido, cambiar.

De 16 a 20 Formato valido, mejorar

De 20 a 25 Formato invalido,

ok

Opinión final:

Instrumento validado



Mg. César Rivera Lynch

Anexo N° 4. Formulario de encuesta de Grado de conocimiento del trabajador



ENCUESTA DE GRADO DE CONOCIMIENTO DEL TRABAJADOR

Datos personales

*Obligatorio

Nombres y Apellidos *

Tu respuesta _____

Correo *

Tu respuesta _____

ENCUESTA DE GRADO DE CONOCIMIENTO DEL TRABAJADOR

Carencias en el sector ambiental

1. Se ha venido realizando en los últimos años un plan de manejo ambiental.

Totalmente en desacuerdo
 En desacuerdo
 Indeciso
 De acuerdo
 Totalmente de acuerdo

2. Usted conoce cuales son los impactos ambientales negativos de sus operaciones mineras.

Totalmente en desacuerdo
 En desacuerdo
 Indeciso
 De acuerdo
 Totalmente de acuerdo

3. Existe un adecuado control de residuos solidos y gases contaminantes emitidos por las maquinarias.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

4. La mina cumple con las leyes medioambientales que indica el Ministerio del Ambiente.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

ENCUESTA DE GRADO DE CONOCIMIENTO DEL TRABAJADOR

Demoras en los procesos de transporte

5. ¿Existen demoras en el proceso de transporte o entrega debido a una documentación incorrecta?

- Nunca
- Rara vez
- A veces
- A menudo
- Siempre

6. ¿Existen demoras en el proceso de carguío por falta de personal debidamente formado?

- Nunca
- Rara vez
- A veces
- A menudo
- Siempre

7. ¿Existe un correcto manejo y control de utilización de vehículos de transporte?

- Nunca
- Rara vez
- A veces
- A menudo
- Siempre

8. ¿Se detecta rápidamente la causa raíz de un problema de transporte ?

- Nunca
- Rara vez
- A veces
- A menudo
- Siempre

ENCUESTA DE GRADO DE CONOCIMIENTO DEL TRABAJADOR

Seguimiento del funcionamiento de la empresa

9. ¿Existe un adecuado mantenimiento de las maquinarias pesadas?

- Nunca
- Rara vez
- A veces
- A menudo
- Siempre

10. ¿Se calcula el equipamiento minero de acuerdo a los volúmenes extraídos periódicamente?

- Nunca
- Rara vez
- A veces
- A menudo
- Siempre

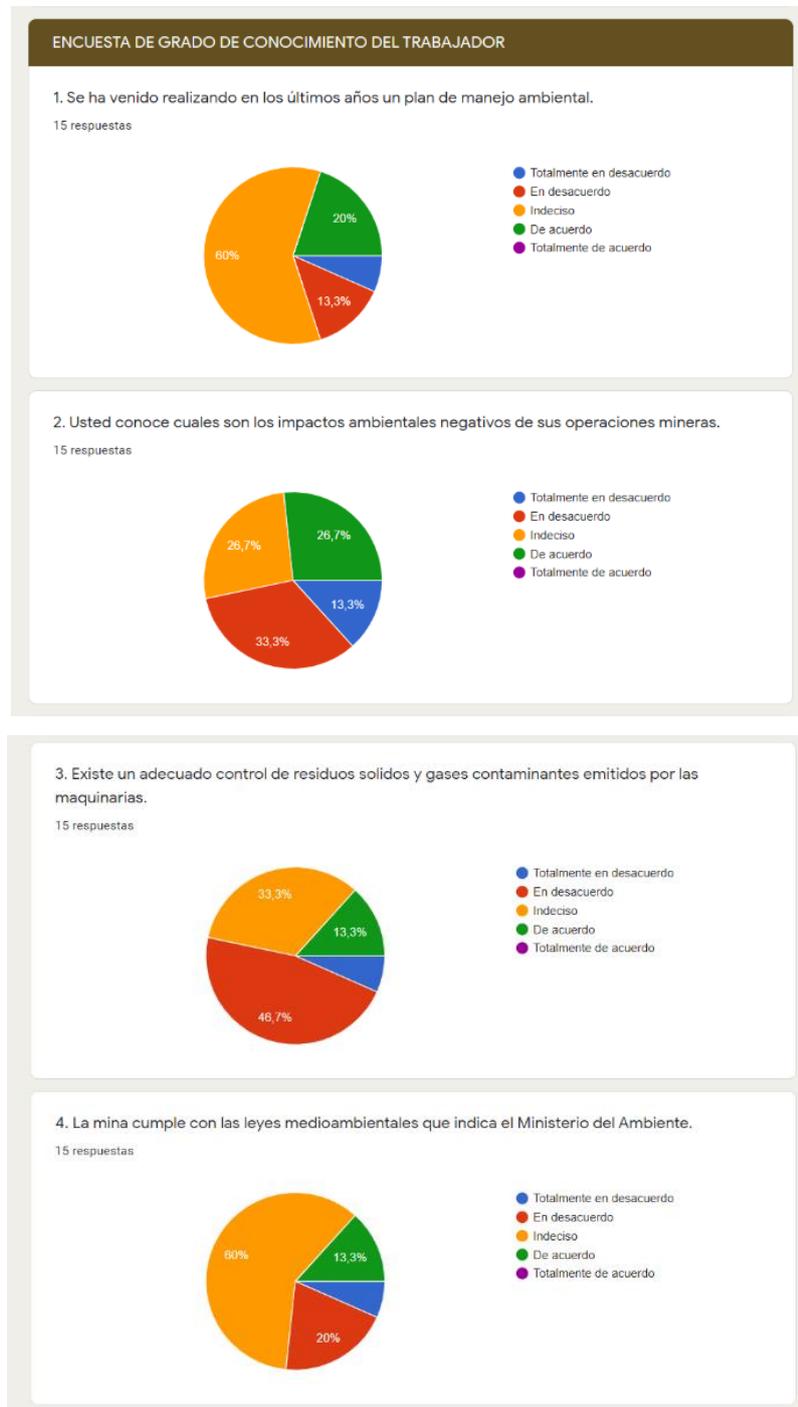
11. ¿Se cumple con la guía que regula la reglas de seguridad minera?

- Nunca
- Rara vez
- A veces
- A menudo
- Siempre

12. ¿Se tiene un registro adecuadamente detallado de las horas de trabajo de las máquinas?

- Nunca
- Rara vez
- A veces
- A menudo
- Siempre

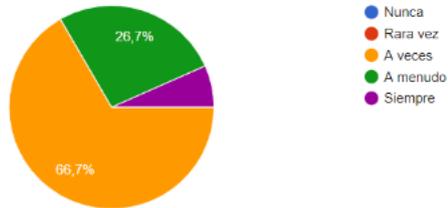
Anexo N° 5. Respuestas de la encuesta de Grado de conocimiento del trabajador



ENCUESTA DE GRADO DE CONOCIMIENTO DEL TRABAJADOR

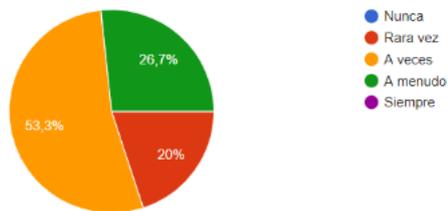
5. ¿Existen demoras en el proceso de transporte o entrega debido a una documentación incorrecta?

15 respuestas



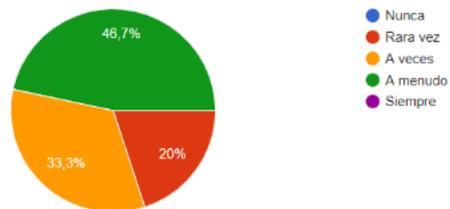
6. ¿Existen demoras en el proceso de carguío por falta de personal debidamente formado?

15 respuestas



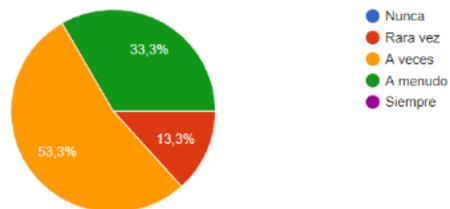
7. ¿Existe un correcto manejo y control de utilización de vehiculos de transporte?

15 respuestas



8. ¿Se detecta rápidamente la causa raíz de un problema de transporte ?

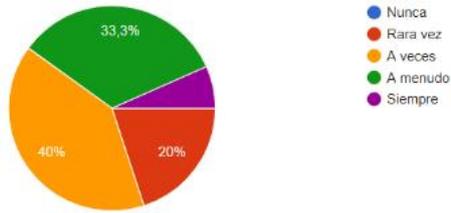
15 respuestas



ENCUESTA DE GRADO DE CONOCIMIENTO DEL TRABAJADOR

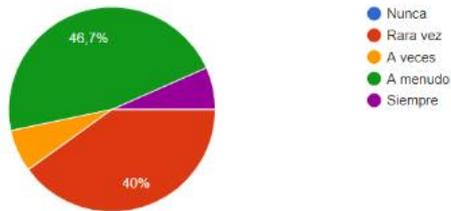
9. ¿Existe un adecuado mantenimiento de las maquinarias pesadas?

15 respuestas



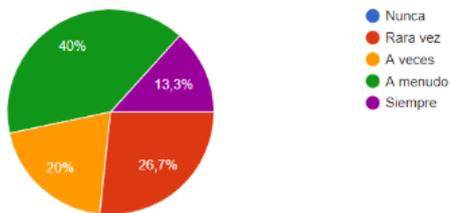
10. ¿Se calcula el equipamiento minero de acuerdo a los volúmenes extraídos periódicamente?

15 respuestas



11. ¿Se cumple con la guía que regula la reglas de seguridad minera?

15 respuestas



12. ¿Se tiene un registro adecuadamente detallado de las horas de trabajo de las maquinas?

15 respuestas

