

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“INCREMENTAR CAPACIDAD DE TANQUE DE
COMBUSTIBLE DE 1000 Gal A 2000 Gal A LA FLOTA DE
CAMIONES CATERPILLAR 797-F, PARA MEJORAR SU
AUTONOMÍA Y PRODUCTIVIDAD”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

ELABORADO POR:

JOSUÉ VÍLCHEZ ESPEJO

ASESOR

ING. ADOLFO JESUS CHÁVEZ VALDIVIA

LIMA-PERU

2021

RESUMEN

El presente trabajo se realizó a razón de aumentar la capacidad de tanque de combustible de 1000 gal a 2000 gal a la flota de camiones Caterpillar 797-F, para mejorar su autonomía y productividad t/h. Para ello se utilizó la metodología de tipo aplicada, y se empleó un diseño cuasi experimental, la unidad de análisis correspondió a la flota de camiones CATERPILLAR modelo 797F, en mina a Tajo Abierto. Los resultados, con respecto a la autonomía en longitud de tramo, velocidad y aceleración, fueron los mismos para los camiones con tanque de 1000 y 2000 gal. No obstante, para el indicador de recarga de combustible, su valor aumentó en 1000 gal, en beneficio de tanque de 2000 gal, este valor indica que la autonomía es mejor que un camión con tanque de 1000 gal. Por el lado de la producción; los costos de transporte se redujeron en -0.059 \$/t; y la productividad del camión aumentó en 57 t/h. Dichos valores señalan que con un tanque de 2000 gal el costo de transporte disminuye, ahorrando 0.059 dólares por tonelada. Finalmente, el trabajo concluyó sosteniendo que con un tanque de 2000gal, la autonomía, con respecto a la recarga de combustible, mejora de 800 gal o 10.06 h/día a 1800 gal o 21.38 h/día. Además, la producción se incrementa en 57 t/h, reduciendo los costos de transporte en \$0.059. Por lo tanto, la hipótesis planteada queda válida y es cierta.

Palabras claves: Capacidad, Tanque, Flota, Autonomía, Productividad, Producción, Costo De Transporte, Mina, 797-F.

ABSTRACT

The report was made at the rate of increasing the fuel tank capacity from 1000 gl to 2000 gl and productivity t / h. For this, an applied-type methodology was followed, and a quasi-experimental design was used, the analysis unit corresponded to the CATERPILLAR model 797F truck fleet, in the Cuajone Economically Administrative Unit, of the Southern Copper Mining Company. The results, with respect to the autonomy in length of section. speed and acceleration were the same for the 1000 and 2000 gl tank trucks. However, for the fuel refill indicator, its value increased by 1000, in benefit of a 2000 gl tank, this value indicates that the autonomy is better than a truck with a 1000 gl tank. On the production side; transportation costs were reduced by - 0.059 \$ / t; and the truck's productivity increased by 57 t / h. These values indicate that with a 2000 gl tank the transport is cheaper, saving 0.059 dollars per ton. Finally, the report concluded by stating that with a 2000gl tank, autonomy, with respect to refueling, improves from 800 to 1800. In addition, production increases by 57 t / h, reducing transportation costs by \$ 0.059. Therefore, the hypothesis is valid and true.

Keywords: Capacity, Tank, Fleet, Autonomy, Productivity, Production, Transportation Cost, Mine, 797-F.

PRÓLOGO

En el presente trabajo, titulado “Incrementar capacidad de tanque de combustible de 1000 gal a 2000 gal a la flota de camiones Caterpillar 797-F, para mejorar su autonomía y productividad t/h”, se tomó en cuenta el tema de investigación porque al incrementar la capacidad del tanque de 1000 gal a 2000 gal a la flota de camiones Caterpillar 797F mejora su autonomía e incrementa significativamente la productividad t/h.

La investigación fue de tipo aplicada, y se empleó un diseño cuasi experimental, la unidad de análisis correspondió a la flota de camiones Caterpillar 797F, en la Unidad Económicamente Administrativa Cuajone, de la Empresa Minera Southern Perú. A lo largo de los capítulos, encontraremos la descripción teórica que abarca los conceptos de acarreo en minería, autonomía de flota, los indicadores de Productividad.

Se recolectó la data, con la toma de tiempos de ingreso al grifo, la hora a que ingresa y salida, duración del servicio de abastecimiento de combustible y las veces que ingresa. Cómo y qué instrumentos se emplean se recolectó los datos tomando tiempos en los grifos y a través del sistema dispatch con el módulo de sistema de combustible.

La investigación concluye al indicar que al incrementar la capacidad de tanque de combustible de 1000 a 2000 gal a la flota de camiones Caterpillar 797-F mejora la autonomía e incrementa su productividad t/h.

El estudio se divide en cinco capítulos:

El **primer capítulo**, Compuesto las generalidades, descripción del problema de investigación, objetivos y antecedentes.

El **capítulo dos**, se compone del marco teórico, y marco conceptual.

En el **capítulo tres**, compuesta por la hipótesis y operacionalización de variables.

El **capítulo cuatro**, compuesta por la metodología, compuesto por el tipo, el diseño y la unidad de análisis.

El **capítulo cinco**, compuesta por el desarrollo del trabajo de investigación, los resultados y la prueba de hipótesis.

El **capítulo seis**, compuesta por el análisis y discusión de resultados.

Finalmente, se compone por las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
PRÓLOGO	III
ÍNDICE.....	V
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Descripción del Problema de Investigación.....	2
1.3. Objetivo del estudio	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.4. Antecedentes Investigaciones.....	6
1.4.1. Antecedentes internacionales	6
1.4.2. Antecedentes nacionales	12
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	18
2.1. Marco teórico.....	18
2.2.1. Acarreo en minería.....	18
2.2.1.1. Equipos de carguío en minería superficial.....	19
2.2.1.2. Equipo de acarreo en minería superficial.....	20
2.2.1.3. Relaciones específicas.....	20
2.2.2. Autonomía de flota de camiones.....	23
2.2.2.1. Flota.....	24
2.2.2.2. Sistema de control de combustible	25
2.2.2.3. Factores que determinan la autonomía.....	25
2.2.3. Indicadores de productividad de acarreo.	27
2.2.3.1. Disponibilidad mecánica (%)	27
2.2.3.2. Utilización Mecánica (%).....	27
2.2.3.3. Consumo de combustible de equipos de carguío (gal/h).....	27
2.2.3.4. Consumo de combustible de equipos de transporte (gal/h)	28
2.2.3.5. Nivel de producción.....	28
2.2.3.6. Costos de carguío y transporte	28
2.2. Marco conceptual.....	32
CAPÍTULO III	35

HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	35
3.1. Hipótesis	35
3.1.1. Hipótesis general.....	35
3.2. Definición de variables.	35
3.2.1. Operacionalización de las variables.....	37
CAPÍTULO IV	39
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
4.1. Tipo y diseño de la investigación.....	39
4.2. Unidad de análisis	40
4.3. Etapas de la Investigación.	42
4.3.2. Procesamiento de Datos:.....	42
4.3.3. Análisis de la Información:	42
4.4. Matriz de consistencia	43
.....	45
CAPÍTULO V	45
DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	45
5.1. Recolección de datos	45
5.2. Procesamiento y Análisis de Datos:.....	47
5.2.2. Cálculo y resultado de pérdida de producción y su valorización de los meses de enero a mayo de 2021.	51
5.2.2.1. Pérdida de horas y producción de enero:.....	52
5.2.2.2. Valorización de la pérdida de producción de enero:.....	57
5.2.2.3. Pérdida horas y producción de febrero:.....	60
5.2.2.4. Valorización de la pérdida de producción de febrero:	61
5.2.2.5. Pérdida de horas y producción de marzo:.....	62
5.2.2.6. Valorización de la pérdida de producción de marzo:	63
5.2.2.7. Pérdida de horas producción de abril:.....	64
5.2.2.8. Valorización de la pérdida de producción de abril:.....	66
5.2.2.9. Pérdida de horas y producción de mayo:.....	67
5.2.2.10. Valorización de la pérdida de producción de mayo:	68
5.2.3. Descripción de camiones cat 797-f con tanque de 2000 galones.....	71
5.2.3.1. Descripción de un tanque de 2000 gal.....	71
5.2.3.2. Rendimiento nominal del tanque de 2000 galones	72
5.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS:.....	75
.....	78

CAPÍTULO VI	78
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	78
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de costos según la actividad de minado \$/t	5
Figura 2: Ubicación del complejo minero Cuajone.....	41
Figura 3: Camión Caterpillar modelo 797F.	46
Figura 4: Ubicación del tanque de combustible.....	47
Figura 5: Horas excedidas y perdida de producción por camión de enero al ingresar por segunda vez al grifo. Fuente: Elaboracion propia.....	57
Figura 6 : Horas excedidas y producción perdida por camión de febrero al ingresar por segunda vez al grifo. Fuente: Elaboracion propia.....	60
Figura 7 : Horas excedidas y producción perdida por camión de marzo al ingresar por segunda vez al grifo. Fuente: Elaboracion propia.....	62
Figura 8: Horas excedidas y producción perdida por camión de abril al ingresar por segunda vez al grifo. Fuente: Elaboracion propia.....	65
Figura 9: Horas excedidas y producción perdida por camión de mayo al ingresar por segunda vez al grifo. Fuente: Elaboracion propia	67
Figura 10: Horas excedidas y la pérdida en la producción mensual, de enero a mayo por el segundo ingreso al grifo. Fuente: Elaboración propia.....	70
Figura 11: Perdida de produccion y su valorizacion en US\$ mensual de enero a mayo por el segundo ingreso al grifo. Fuente: Elaboracion propia	70
Figura 12: Vista interna del tanque de combustible.....	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	37
Tabla 2: Matriz de consistencia	43
Tabla 3: Indicadores de Rendimiento de la Flota de Camiones CATERPILLAR 797-F.	51
Tabla 4 : Horas de servicio en el grifo por camión del mes de enero.	52
Tabla 5: Frecuencia de ingresos al grifo por camión del mes de enero.....	52
Tabla 6: Horas fuera de ciclo den ruta por segundo ingreso al grifo.	55
Tabla 7: Resultado de indicadores para de cada camión del mes de enero.....	56
Tabla 8: <i>Indicadores de valorización del mes enero.</i>	57
Tabla 9: Indicadores y Valoración de la pérdida de producción del mes de enero.	59
Tabla 10: Resultado de indicadores para de cada camión del mes de febrero.....	60
Tabla 11: <i>Indicadores de valorizacion del mes de febrero.</i>	61
Tabla 12: Indicadores y Valoración de la pérdida de producciones mes de febrero.	61
Tabla 13: Resultado de indicadores para cada camión del mes de marzo.	62
Tabla 14 : <i>Indicadores de valorizacion mes de marzo.</i>	63
Tabla 15: Indicadores y Valoración de la pérdida de producciones mes de febrero.	63
Tabla 16 : Resultado de indicadores para cada camión mes de abril.	64
Tabla 17: Indicadores de valorización mes de abril.	66
Tabla 18: Indicadores y Valoración de la pérdida de producción mes de abril.	66
Tabla 19: Resultado de indicadores para cada camión mes de mayo.	67
Tabla 20: Indicadores de valorización mes de mayo.....	68
Tabla 21: Indicadores y Valoración de la pérdida de producción mes de mayo.....	68
Tabla 22: Valoración total de la pérdida de enero a marzo.	69
Tabla 23: Indicadores de rendimiento con tanque de 2000 gal Caterpillar 797-F.	74
Tabla 24: Diferencia de Rendimientos entre un camión con tanque 1000 y 2000 galones.	75
Tabla 25 : Costo Beneficio para remplazo de tanque a 2000 gal.....	83

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

En la actividad de minería superficial es importante la gestión en campo de la autonomía este es el nombre de la distancia máxima que se recorre repostando combustible el coche o cargando la batería (en el caso de un coche eléctrico). La autonomía de un camión es una cualidad, que consiste en la cantidad de combustible que transporta y el consumo del camión, lo cual determina la autonomía.

Es por ello que, una mayor producción requiere optimizar los recursos, respecto a los equipos de acarreo se busca incrementar la autonomía de operación aumentando la capacidad de los tanques de combustible y disminuyendo el tiempo por volquete fuera de ruta debido a la alteración de su ciclo normal de operación originada por ir al grifo. Actualmente la flota de volquetes CATERPILLAR 797-F (7 volquetes) cuentan con tanques de combustible de capacidad de 1,000 galones, el consumo operativo es de 79.5 gal/h, esto da una autonomía de 10.06 h/día operativas, esto equivale a decir que al día ingresa 2 veces al grifo.

El marco metodológico de la investigación es de tipo aplicado, de diseño cuasi experimental, de nivel explicativo, con un método científico la unidad de análisis de la investigación será los tanques de almacenamiento de combustible, uno de capacidad de 1000 gal y de 2000 gal.

1.2. Descripción del Problema de Investigación

En la actualidad, la industria minera es afectada principalmente por la variabilidad de los precios de los metales básicos (oro, plata, cobre, etc.), por lo que las empresas se enfocan en reducir costos y mejorar el desempeño de sus recursos a largo plazo. En las operaciones mineras existen problemas de productividad, especialmente el incumplimiento de los cronogramas diarios de producción, que se reflejan en la entrega incompleta del mineral a las plantas metalúrgicas. Debido a este problema, los ingenieros de minas analizan y evalúan deficiencias en las actividades que involucra el proceso productivo y determinan qué factores y/o circunstancias que afectan el desarrollo del proceso productivo con la finalidad de incrementar la productividad (Cooperación, 2020).

El proceso productivo más costoso en minería superficial es el de carga y transporte de materiales, porque involucra un gran número de sistemas, con una mecanización compleja y un rendimiento productivo de cada uno y en sí engloba a un proceso seguido de operaciones (García S., 2010). La finalidad de la carga y transporte es dejar el material fragmentado por la voladura y llevarlos al destino indicado, que se puede resumir en el siguiente orden: preparar el área de trabajo, posicionamiento del equipo, retirar los materiales dispersos de la superficie de trabajo (carga), transferir el material al equipo de transporte para su traslado.

El transporte en camino al destino (fábrica, almacén, vertedero, etc.), descargar y devolver el equipo de traslado al inicio para cargas nuevas. Este ciclo se realiza en forma continua hasta que se limpie la carga pendiente. Este proceso de producción tiene el mayor impacto en los costos operativos (representando del 45% al 65% de los costos de la mina). Por lo tanto, es muy importante asegurarse de que un entorno operativo sea adecuado para lograr el mejor rendimiento de los equipos involucrados en algunos del equipo físico involucrado y los indicadores de productividad (Salomón, 2018).

Generalmente, la eficiencia de los equipos en el campo depende si estos se encuentran disponibles o son confiables, ello de acuerdo a los parámetros técnicos de la maquinaria y de la relación entre el sistema de mantenimiento y las operaciones realizadas por el operador. La relevancia del mantenimiento de los sistemas del sector minero es importante, pero no se analiza la productividad de los equipos como parámetro de disponibilidad técnica y tiempo no productivo durante el mantenimiento, ni se considera la tasa de consumo de combustible de camiones y retroexcavadoras (Wireman, 2010). La mayoría de los expertos se limitan al análisis de la usabilidad técnica provocada por un mantenimiento efectivo, pero no logran correlacionarlo con fluctuaciones en la productividad y la eficiencia. La gestión del combustible es fundamental en la industria minera. El combustible es un factor de costo importante, los vehículos mineros, especialmente los camiones, la tasa de consumo de combustible aumenta como consecuencia de las distancias y pendientes de las rutas de transporte. Además, las consecuencias de las interrupciones del suministro de combustible pueden generar costos muy altos porque implican grandes riesgos en áreas remotas.

El control preciso del área donde se realiza el proceso de llenado también es esencial para minimizar los peligros para el personal y el medio ambiente (Salomón, 2018).

En las operaciones mineras a tajo abierto se realiza en forma constante la búsqueda de oportunidad de mejora en las labores de perforación, voladura, carguío y el transporte del proceso de minado con la finalidad de incrementar la utilización efectiva de todos los sistemas que intervienen en el proceso con el objetivo de reducir costos y elevar la productividad, los costos por actividad unitaria están distribuidos en porcentaje con respecto al costo total de minado (CONCYTEC, 2020).

En la figura 1, la actividad de transporte representa 51% del costo total de operación, por lo que es el más alto de las actividades, en ella tanto el costo de combustible 11% y Mantenimiento 34%, son resultados del uso de camiones gigantes de gran capacidad y motores de alto rendimiento, actualmente empresas que pertenecen a la Gran Minería a Tajo Abierto adquieren cada vez equipos de mayor volumen y eficiencia para mejorar su productividad, por tal razón el alto consumo de combustible y costos altos de mantenimiento (CONCYTEC, 2020).

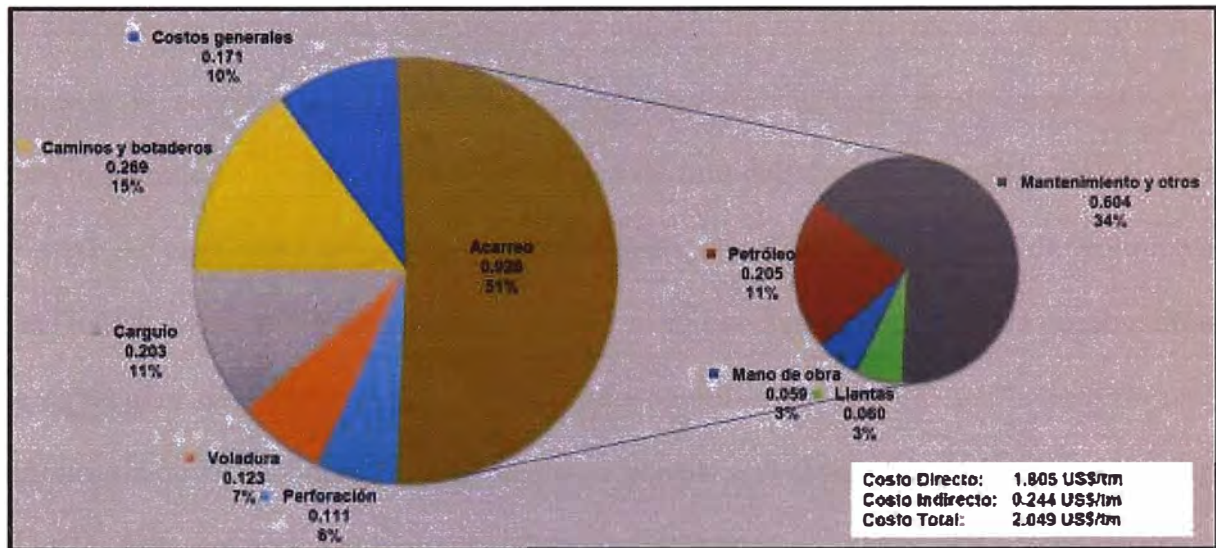


Figura 1: Distribución de costos según la actividad de minado \$/t.

Fuente: Administración Truck Dispatch 2020, Mina Cuajone-Southern Perú

Por lo que es motivo de análisis de este informe en la labor de transporte el camión Caterpillar 797F de capacidad de tolva 363 toneladas métricas y de tanque de combustible de 1000 galones (Relianz mining Solutions, 2020) con un consumo promedio de 79.5 galones por hora y autonomía de combustible de 10.006 horas, de las 18.57 horas efectivas de trabajo al día, por lo que ingresa dos veces al día al grifo, acumulando horas sin uso efectivo en la actividad de transporte y como consecuencia se reduce su porcentaje de utilización y pérdida en la productividad de la flota (Mina Cuajone-Southern Perú, 2020).

La autonomía de un camión es una cualidad: Evidentemente, la cantidad de combustible que puede transportar un camión es limitada y junto con el consumo del camión, determina la autonomía (Rumbo Minero, 2014)

El mal uso de los activos, disminuyen la autonomía de la operación respecto a los equipos de acarreo, disminuyendo la capacidad de sus tanques de combustible e incrementando el tiempo por volquete fuera de ruta debido a la alteración de su ciclo normal de operación originada por ir al grifo. Actualmente la flota de volquetes CATERPILLAR 797-F (siete camiones mineros) cuentan con tanques de combustible de capacidad de 1,000 galones, el consumo operativo es de 79.5 gal/h, esto da una autonomía de 10.06 horas operativas, esto equivale a decir que al día ingresa 02 veces al grifo. Ello genera la problemática de la investigación.

¿Cuál es el efecto que causa la limitada capacidad del tanque de combustible a la Autonomía y la Productividad de la flota de camiones Caterpillar 797-F?

1.3. Objetivo del estudio

1.3.1. Objetivo general

Incrementar la capacidad de tanque de combustible de 1000 a 2000 gal a la flota de camiones Caterpillar 797-F, para mejorar su autonomía y productividad t/h.

1.4. Antecedentes Investigaciones

1.4.1. Antecedentes internacionales

Bahamóndez (2017) tituló a su informe “Implementación sistema de gestión para reducción de costos optimizando el desempeño por componente en equipos mineros”; para su titulación como Ingeniero Civil de Minas. Estudio expuesto en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas, Santiago, Chile.

La investigación tuvo como objetivo general del componente de equipo de carga y transporte de Minera Escondida propuso, desarrollar e implementar un sistema de gestión que incremente el desempeño, el cual no fue lo esperado. La metodología de investigación se pudo identificar una investigación aplicada, un nivel descriptivo y explicativo, un diseño experimental aplicó el método analítico. Los resultados de la investigación determinaron que, con base las mejoras, fue posible en 4 meses reducir el número de operaciones de camiones generadas en un 52% cada mes, y reducir el número de operaciones de montacargas en un 20% cada mes, lo que significó que el número promedio aumentó, la vida útil de cada cable utilizado fue del 5% y la vida útil de cada balde utilizado fue del 26%. Esto significa que el beneficio económico estimado de Escondida Minerals en la reducción del uso de estos ingredientes fue de US \$ 2,96 millones. Además, el costo del motor de tracción se redujo en gran medida debido a la reducción sustancial de eventos operativos relacionados con los eventos operativos obtenidos. La investigación concluyó que, la metodología usada para implementar un sistema de gestión que puede reducir costos mediante la optimización de componentes en equipos de minería para optimizar el rendimiento. Este método correspondió a la metodología Six Sigma, que tuvo como objetivo reducir la variabilidad de eventos o fallas en el sistema, en este caso También se determinó que el principal motivo de esta situación en los componentes está relacionado con los malos hábitos operativos del operador (Bahamóndez, 2017).

Gaete (2019) publicó el estudio titulado “Interfaz computacional para gestión de KPI de operaciones de carguío y transporte de minera Centinela”; para su titulación como Ingeniero Civil de Minas.

Su informe se presentó en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas, Santiago, Chile.

El propósito del estudio fue a través del software de inteligencia empresarial, se generó un ranking de los supervisores de transporte de carga y descarga en función de los KPI, mejorando así su gestión, distribuyendo las mejores prácticas y mejorando en general el desempeño. El marco metodológico fue aplicado, descriptivo, experimental; además se aplicó el método analítico y se usó la observación como técnica. Se determinó que, el cotejo en la cubicación después de la implementación en la fase 05 mejoró en un 3.2%, en la fase 06 mejoró en un 3.9% en la fase 08 mejoró en un 4.4%, en general el chancado fue de 2 934 123 mejorando en un 0.7%. La investigación concluyó que, el KPI seleccionado tuvo un impacto significativo en el negocio, esto se verificó en los resultados, del tajo de fundación Esperanza, que fue el primer mes de capacitación de operadores. La columna "Cubed" mostró el contenido extraído real, y la columna "JigSaw" mostró el contenido extraído del factor de ajuste aplicado por el comando Jigsaw. El factor de ajuste se aplicó al factor de carga para medir el movimiento de la mina. Si el factor de carga fue menor o mayor que un cierto valor, automáticamente será ajustado para que no lo exceda. Al verificar el movimiento real de la mina, este factor se actualiza todos los meses. La diferencia entre los dos movimientos fue positiva en todas las etapas de la mina y los objetos rotos se introducen en ella, la cantidad total de movimiento fue casi 500.000 toneladas más de lo esperado (Gaete, 2019).

García (2018) realizó la investigación titulada “¿Cómo mejorar el rendimiento de la flota en una empresa transportadora en cuanto a mantenimiento y combustible?; para obtener la especialización en Gerencia Logística Integral. Expuesto en la Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia.

La investigación planteó como propósito general buscar la mejora del rendimiento de la flota en base al mantenimiento y el combustible. El marco metodológico fue de tipo aplicada, con un nivel descriptivo, un método de investigación analítico y un diseño no experimental. Los resultados determinaron que, para obtener los datos del número de kilómetros recorridos, se necesitó la aplicación de una fórmula para hallar el consumo de combustible: el volumen de repostaje de combustible fue litros. $100 \text{ consumos} (l / 100 \text{ kilómetros}) = \text{número de kilómetros recorridos de mejora para la eficiencia de la gestión, el consumo del vehículo y el odómetro correspondientes deben controlarse cada mes. Los administradores de flotas podrán asignar vehículos menos costosos en rutas de larga distancia y vehículos más costosos en rutas de corta distancia. La investigación concluyó que, establecer parámetros para establecer un plan de mantenimiento que permitirá a cualquier empresa desarrollar un plan de mantenimiento, aumentando así la productividad de la flota y evitando pérdidas importantes. De igual forma, implemente una estrategia de mantenimiento preventivo, que ayudará a evitar averías o averías en el camino. Para reducir costos, se recomienda utilizar un modelo de indicadores de gestión y gestión operativa, que ayudará a diagnosticar la flota y generar posibles soluciones.$

A través del análisis se han identificado las principales dificultades que puede enfrentar la flota en términos de suministro y mantenimiento de combustible y se han planteado cuatro conceptos sobre el suministro de combustible. El control básico como primer paso es la base para optimizar el suministro de combustible, es el control básico para cada kilometraje de viaje, donde puede ver la distancia por galón kilómetro (García, 2018).

González (2018) publicó la tesis titulada “Modelo evaluativo para el cálculo de flota de equipos de carguío y transporte en Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi”; optando por titularse de Ingeniero Civil de Minas. Informe expuesto en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas, Santiago, Chile.

Desarrollada a razón de generar un modelo que optimice los equipos de traslado y carga. El marco metodológico de la investigación fue de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental, de nivel explicativo. Los resultados muestran que, para el modelo de cálculo del equipo de carga asignado manualmente, el tonelaje alcanzado fue el 94,7% del tonelaje informado y el cambio de tonelaje de cada fase no superó el 10%. Para el modelo de carga de distribución automática, el tonelaje fue el 102,4% del tonelaje planificado, en todas las etapas el límite inferior fue del 95% y el límite superior fue del 118%. Cabe mencionar que estos modelos fueron diferentes en enfoque: el primero busca la verificación de la capacidad de carga de las palas y el otro busca desarrollar la mejor distribución y suma en función del cumplimiento del tonelaje en cada etapa.

La investigación concluyó que, la principal ventaja del modelo fue la determinación de la cantidad de camiones necesarios para cumplir con un cierto modelo de tonelaje. Esta información no fue irrelevante, porque en esta etapa el número de camiones disponibles debe considerarse como información de trazabilidad (González, 2018).

Quiroga (2016) presentó el trabajo de investigación titulado “Diseño de herramienta para control de KPI de operadores de carguío y transporte - Mina Los Bronces”; optando por titularse como Ingeniero Civil de Minas. Se expuso el trabajo en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas, Santiago, Chile.

El propósito general de la investigación fue diseñar el control de KPI de operadores de carguío y transporte. Contó con el método analítico, aplicada en el tipo, de nivel explicativo y experimental en el diseño, Se aplicó la observación. Se observó una tendencia a la disminución (en la mayoría de los casos) en el tiempo de carga del operador, acompañada de un aumento en el factor de carga. El 75% de los casos mostrados se consideraron exitosos. La investigación concluyó que, la herramienta de cálculo diseñada brindó apoyo al Departamento Mina Los Bronces para aumentar la productividad de los trabajadores y por ende de los demás operadores de traslado y carga mediante la asistencia y control posterior. Maneje estos indicadores principales del proceso minero (KPI) del operador de la mina.

Además, promovió y facilitó la identificación de brechas (o GAP) relacionadas con el valor esperado del indicador. Además, se proporcionó un instrumento nuevo para evaluar la organización, capacitación y programación periódica para apoyar métodos para mejorar los hábitos operativos de los operadores. El enfoque del trabajo se determinó con el apoyo de esta herramienta (Quiroga, 2016).

1.4.2. Antecedentes nacionales

Carhuari (2019) elaboró la investigación titulada “Optimización del uso del equipo de carguío y acarreo en minería superficial en la Compañía Minera Corporación del Centro Gold Mining S.A.C. - Región la Libertad”; para titularse de Ingeniero de Minas. Exponiéndose en la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Puno.

Su razón de ser fue la optimización de los equipos de remolque y carga, apoyada en la metodología de aumento de producción. Fue de tipo aplicada fue de nivel descriptivo, el diseño de la investigación fue experimental puro, la población se conformó por las operaciones unitarias de la compañía. Determinándose que, el promedio del comparativo de disponibilidad mecánica planificada, pre prueba y post prueba fue de un DM planificada de 90%, un DM de pre prueba de 66%, una DM post prueba de 64%; el comparativo de utilización planificada, pre prueba y pos prueba fue de utilización planificada de 85%, pre prueba de 75% y post prueba de 85%; el comparativo de producción horaria existió una diferencia de 7 % promedio entre los resultados de Kpi pre prueba, las t/h las de la post prueba.

La investigación concluyó que, el desempeño de los equipos de carga y remolque de la minera de oro Compañía Minera Corporación del Centro SAC en la región de La Libertad aumentó en un 10%, y el uso de los equipos de carga que aumentó en un 10% por hora. La producción aumentó en un 7%., OEE aumentó en un 3%. Si bien la disponibilidad de maquinaria disminuyó en un 2%, la velocidad promedio de los equipos de transporte aumentó en un 11%. En general, el rendimiento de los equipos de carga y descarga aumentó en un 9% y no se alcanzó la meta del 10% (Carhuari, 2019).

Segama (2019) realizó la tesis titulada “Incremento de productividad mediante optimización del sistema de transporte con camiones en el Tajo norte - Sociedad Minera El Brocal”; optando por titularse de Ingeniero de Minas. Exponiendo su trabajo en la Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería de minas, Huancayo.

La tesis planteó como propósito general establecer cómo mejorar la productividad optimizando el sistema de transporte planificado del Tajo Norte para 2019-2020. El marco metodológico de la investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo, la población y muestra fue de 42 volquetes. Se estableció que, los simuladores de cálculo de flotas de camiones fueron muy utilizados en minas a cielo abierto, que realizaron cálculos bastante similares, los parámetros especificados por otros simuladores fueron 42. Por tanto, el volumen de extracción entre el mineral y el depósito llegó a 21 Mt. La reducción de los costos de transporte también fue evidente, llegando a más de dos millones de dólares siendo de mucha relevancia para las instituciones que buscan la reducción de costes para aumentar o mantener las ganancias.

Al buscar el camino más corto, el camino de diseño se reducirá, el límite entre mineral y desperdicio es aproximadamente del 21%. La investigación concluyó que, el trabajo de investigación de 1 ° determinó que el número de camiones volquete calculado de acuerdo con el plan de remoción de minas fue de 42 camiones volquete, aumentando la producción de 19,58 Mt a 21,3 Mt. Optimizar las rutas de transporte generó un valor presente neto de aproximadamente US \$ 2,2 millones durante el período 2019-2020, lo que indicó que esto redujo costos y aumentó las ganancias de la empresa. La ruta de diseño de 3 ° puede reducir la distancia entre un 13% y un 28%; alcanzar una longitud entre 2,95 km y 3,22 km (Segama, 2019).

Campos y Valencia (2019) publicaron el trabajo de investigación titulado “Aumento de la productividad de una operación minera a cielo abierto mediante la identificación y mejoras de factores que influyen en el ciclo de carguío y acarreo”; optando por titularse como Ingeniero de Minas. Expuso su trabajo en la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería de Minas, Lima.

A fin de incrementar la productividad de las operaciones mineras a cielo abierto. La metodología de investigación fue de tipo aplicado, la observación fue la técnica, la información se desarrolló en el sistema Mine Star fueron 3 operadores de pala y 10 operadores de camión. Los resultados del estudio determinaron que, a través de medidas de mejora la productividad incrementa, por lo que la ganancia anual aumentó de 1,197 millones de dólares a 1,392 millones de dólares, a través de mejoras en las aplicaciones se incrementó las ganancias en 195 millones de dólares.

Los resultados muestran que, a través de un buen diseño de voladuras, ya sea en la red de la perforación o en los explosivos utilizados, aumentó el factor de potencia y se reducirá el tamaño de los fragmentos del material detonante. Para que la seguridad de los equipos y operadores mejore, las rocas voladoras se reducen a cero, lo que reduce el impacto de la vibración, protege las paredes del talud y evita la caída de rocas. La investigación concluyó que, al reducir los escombros se mejora la eficiencia de ejecución de la carga, pues el material con buena fragmentación ocupa un mayor volumen en el balde de la pala, reduciendo así el tiempo de llenado de la tolva del camión y aumentando la carga útil del camión, el material ocupa más materiales. El espacio interno de la tolva se distribuye uniformemente, el proceso de minería global se mejoró continuamente para acercarse al tiempo óptimo calculado. El tiempo de espera en la zona de descarga fue así: en este caso, el tiempo de espera se redujo de 3,33 minutos a 1,93 minutos, pero todavía está demasiado lejos del tiempo óptimo de 1 minuto. La disponibilidad de maquinaria fue un factor que incide directamente en la productividad de la mina, factor que debe ser estudiado en profundidad para incrementar su valor (Campos & Valencia, 2019).

Villanueva (2019) presentó la investigación titulada “Evaluación técnico - financiera de estrategias de mantenimiento aplicables a una flota de camiones mineros 797F en una operación minera al Sur del Perú”; optando por titularse como Magister en Ingeniería de Mantenimiento. Investigación presentada a la Universidad Católica de Santa María, Escuela de Posgrado, Arequipa.

El objetivo es determinar una estrategia para mantener la flota de camiones de transporte de mineral CAT 797F. El marco metodológico de la investigación fue de tipo aplicado, de nivel explicativo, de diseño no experimental. Se determinó que, la estrategia correctiva, obtuvo una disponibilidad esperada de 70.86%, confiabilidad de sistema de 63.54%; la estrategia condicional obtuvo una disponibilidad 87.42% y la confiabilidad del sistema de 63.54%; la estrategia sistemática obtuvo una disponibilidad esperada de 88.98% y una confiabilidad del sistema de 14.52%. La investigación concluyó que, la mejor estrategia de mantenimiento para la flota de camiones mineros 797F fue una estrategia de mantenimiento basada en ingeniería de confiabilidad, con un índice de disponibilidad pronosticado del 92.5%, confiabilidad del 82.88% y economía pronosticada un ahorro de \$ 16,358,400.00. Un ciclo de vida de 10 años, la edad de cada dispositivo. Las tecnologías que definieron la criticidad de los equipos de acuerdo a su confiabilidad que identificarán fallas importantes para ayudar a enfocar los esfuerzos de mejora de mantenimiento que requieren un bajo grado de especialización y se pudieron aplicar en base al análisis de riesgos (Villanueva, 2019).

Champi (2016) desarrolló el trabajo de investigación titulada “Reducción de las demoras operativas y optimización de tiempos por abastecimiento de combustible con el sistema VR -300 GPM en los volquetes de mina - Unidad Operativa Cuajone”; para obtener el título de Ingeniero de Minas. Expuesta en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología, geofísica y minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Arequipa.

Buscó reducir los retrasos en la operación, que afectan principalmente a los retrasos en la operación. El marco metodológico de la investigación fue de nivel descriptivo y correlacional, el tipo de diseño fue experimental, La observación fue la técnica. Los resultados de la investigación determinaron que, el tiempo de protección a 32 minutos, el costo operativo fue de 1 147 dólares estadounidenses / tonelada y el tonelaje anual fue de 140 108 016 toneladas. El periodo de protección se cambia a 07 minutos, el costo operativo se redujo a 1.133 USD / tonelada y el tonelaje anual aumentó en 144.822.424 toneladas. Comparado con el costo operativo inicial de US \$ 1.147 / t, esto representó un ahorro del 1,16%. Lo ideal fue cambiar el tiempo de protección de 2 minutos, ahorrando costes. Los costos operativos fueron de US \$ 1.131 / tonelada y el tonelaje anual fue de 145.799.577 toneladas el sistema VR-300 GPM se aplicó al proceso de suministro de combustible de los camiones mineros en todo el sistema de suministro combinado (combustible, grasa, lubricación) se redujo el tiempo de retardo de operación de 18 minutos a 8 minutos, camión de mina. La investigación concluyó que, todo el proyecto se invirtió US \$ 824.033, dependiendo de los ahorros mensuales, el proyecto se pagó en el primer mes, y luego se ahorró \$ 14.139.702,00 por año, el tiempo promedio de repostaje fue de 18 minutos, debido al largo tiempo de inactividad de las colas, engranajes, suministros y salidas de camiones, así como debido al mal manejo del personal de grifería, el tiempo promedio de repostaje es de 18 minutos (Champi, 2016).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. Marco teórico

2.2.1. Acarreo en minería

El acarreo y el carguío son parte del proceso de transporte del material de la superficie al equipo de traslado para ser transportado correctamente al destino (fábrica, vertedero, inventario). Opcionalmente, estos sistemas de cargan depositan de forma directa los materiales en una ubicación definida (Domínguez, 1995).

Este proceso se realiza tanto en minería a cielo abierto como en minería subterránea. En el proceso de producción de la mina, es el proceso con mayor costo y costo de transporte de material, porque involucra un gran número de flotas, nivel de mecanización alto, y un buen rendimiento de producción de cada equipo es bajo y es en realidad un proceso continuo y continuo. Proceso de funcionamiento lento (Escamilla, 2011).

Diferentes combinaciones de equipo y secuencia de operación pueden cumplir con los requisitos de producción. La combinación de equipo y secuencia de operación está directamente relacionada con la capacidad que tiene el sistema y el periodo necesario para finalizar la operación, considerando los factores de disponibilidad, eficiencia y costo (García S., 2010).

2.2.1.1. Equipos de carguío en minería superficial

El proceso de producción más costoso es la carga y transporte de materiales, porque es el proceso que involucra una flota, un rendimiento y mecanización alto. El objetivo de este proceso eliminar los materiales trasladándolo a un determinado destino, que se puede resumir en el siguiente orden (Rojas, 1996).

Secuencia:

- Preparar el área de trabajo.
- La ubicación del equipo
- Retirar los materiales atronados del área de trabajo (carga), Transferir los materiales para su traslado.
- Transportar los materiales al destino (plantas, inventario, pilas, etc.).
- Descargar información.
- Devuelva el equipo de transporte al punto de carga (si es necesario).

2.2.1.2. Equipo de acarreo en minería superficial

El proceso de producción de acarreo - carguío y traslado resumiéndose del siguiente modo:

Una vez disparado el material y verificar el área para confirmar un funcionamiento seguro preparar el área de carga, para lo cual se requiere equipo de soporte si es necesario, se requerirán bulldozers, topadoras de ruedas, cargadores de servicio. Una vez finalizada esta operación, coloque el equipo de remolque y su correspondiente flota de equipo de transporte para que la operación comience. En las minas abiertas, el ciclo del sellado no solo es una operación, porque generalmente hay más de un área para cargar, y cuando el equipo de carga y transporte se opera en un sector, el apoyo es preparar otro (Domínguez, 1995).

Se extrae el material roto del frente de la operación a través del equipo de carga, y luego colocarlo en el equipo de transporte, que es colocando el equipo (cargador frontal o pala) sobre el elemento, siendo recargado en el equipo de carga y el equipo de transporte. El equipo de carga utiliza un balde para penetrar el material de voladura, llenarlo y trasladarlo al punto de descarga, donde es vaciado el balde en el equipo. Es proceso es continuo hasta el límite del sistema o que se agote el material (Escamilla, 2011).

2.2.1.3. Relaciones específicas

- Perforación

La perforación de una cuadrícula determinada afectará en gran medida el buen desarrollo de los procesos de transporte y transporte, porque el tamaño de grano esperado del material dependerá del diseño de la cuadrícula que se relaciona con los factores físicos de la roca que se perforará. Una buena malla perforada y buenas perforaciones agujeros perforados según especificaciones técnicas asegurarán primero el buen funcionamiento del equipo de carga, y asegurarán un mejor funcionamiento del transporte menos daño causado por la tolva golpeando la tolva, el factor de llenado, mejor descarga de material, etc. (López, 2008).

- Voladura

Un buen efecto de voladura es de similar importancia, porque el análisis del tamaño de partícula también depende del factor de carga aplicado u obtenido en los diferentes sectores a tronar, por lo que la proyección del material la onda de trueno material aumentará con aumento del factor de carga. Hay diferentes tipos de equipos para cada carga, existen salientes de material adecuados para los cargadores, las olas deben tener menor altura y mayor ductilidad, y para palas de cable, idealmente deben tener olas más altas y poca maleabilidad. El rendimiento del equipo de carga se mejorará de acuerdo con la geometría del elemento a cargar, lo que significa una menor preparación en el área de carga, por lo que las operaciones se pueden iniciar en un menor tiempo (López, 2008).

- Características del material

La condición geológica del reservorio afectará la selectividad de los materiales durante la carga. Comparado con operar en reservorios grandes, operar en reservorios con contexto de alta ley o requisitos de selectividad más altos es muy importante. La dureza y la abrasividad del material afectarán el costo de desgaste del acero del equipo. La densidad del material también cambiará el costo y la capacidad del equipo (García S., 2010).

- Dimensiones de los equipos de minería a cielo abierto

La etapa más relevante de un proyecto es la participación en el proceso de producción, el costo estimado del proyecto puede variar mucho en función de la elección de la maquinaria utilizada y la adecuada selección de los diferentes equipos industriales. usar. Por lo tanto, al desarrollar depósitos minerales, el tamaño del equipo dependerá del análisis de una gran cantidad de información, incluida información técnica e información práctica, que ayudará a determinar la mejor opción para extraer y gestionar. Los datos técnicos vienen de varias industrias y distribuidores de sistemas de minería, y los datos reales se obtienen de la experiencia en sistemas mineros, datos estadísticos e investigaciones relacionadas con la minería que sean similares o diferentes a al proyecto. El comportamiento de las variables intervinientes del proceso de selección de flota (Paredes, 2017).

En el negocio unitario, la carga y el transporte son los rubros que más análisis involucran, ya que están directamente conectados entre sí. Por lo tanto, el tamaño de la flota considera estos dos negocios unitarios como una colección, y debe apoyarse en el análisis de equipos. que sean compatibles entre sí y compatibles con el funcionamiento de diferentes combinaciones.

Con base en las características desarrolladas, varias opciones de los sistemas se incluyen en el análisis, representando el primer paso en el diseño dimensional definir las limitaciones técnicas y/o económicas del equipo a evaluar. En muchos casos, es posible abandonar alternativas solo después de una evaluación económica de la flota de carga y transporte, lo que crea dificultades adicionales porque se requiere una evaluación más completa de la flota que eventualmente será descartada (Rojas, 1996).

El desempeño requerido para el desarrollo es el dato que permite el diseño de las operaciones unitarias y así realizar la definición del desempeño del equipo para que se ajuste al plan para ese período. Al mismo tiempo, se necesita detalles básicos de la finca (García S. , 2010).

2.2.2. Autonomía de flota de camiones

En el campo de la automoción, este es el nombre de la distancia máxima que se puede recorrer repostando el coche o no cargando la batería (en el caso de un coche eléctrico) o el combustible (León, 1998).

La autonomía de un camión es una cualidad: Evidentemente, la cantidad de combustible que puede transportar un camión es limitada y junto con el consumo del camión, determina la autonomía. El método de cálculo más básico es multiplicar el litro de capacidad del depósito de combustible por el número de kilómetros que el coche puede recorrer por litro (teniendo en cuenta su consumo medio).

Expandir la capacidad del tanque de combustible puede transportar más combustible, pero a expensas de aumentar el peso del automóvil y reducir su rendimiento, lo que demuestra que es necesario encontrar un equilibrio entre todos los factores (Hustrulid & Mark, 1998).

2.2.2.1. Flota

Una "flota de transporte" se conoce como un conjunto de vehículos que se utilizan para el traslado de personas, materiales, dependiendo de la economía de una institución. La administración de la flota, tiende a variar por su tipo. El método de la flota de autobuses para el transporte de pasajeros es diferente del método de la flota de camiones para trasladar cargas. En primera instancia, la comodidad del pasajero es fundamental al momento de realizar una evaluación de la calidad del servicio; depende también de los plazos que se cumple y sus costos (CAT, 2000).

Se diferencian en tres tipos, de acuerdo al tamaño:

- Flota pequeña: inicialmente son familiares, autónomos. Cuenta con hasta 5 o 6 vehículos, y su trabajo se dirige a clientes o empresas grandes. El área de transporte no es relevante y el propietario de la institución tiene la responsabilidad. El consumo de combustible varía mucho y es difícil de cuantificar (Hustrulid & Mark, 1998).

- Flota mediana: 6 a 30 vehículos. Se destinan principalmente a organizaciones familiares que se han desarrollado gracias a unas buenas ventajas de gestión y que se especializan en barreras de mercado o mercados emergentes. Estas empresas tienen una buena clientela en el país y al exterior, su departamento de transporte desataca, sujetos de confianza las gestionan. A medida del aumento de carros, su estructura puede incluir un almacén, mantenimiento y servicio (Hustrulid & Mark, 1998).
- Flota grande: Son instituciones con grandes cantidades de carros. La estructuran delegaciones y actúan como operadores de logística y repartición de marcas. Disponen de diferentes tipos de carros para diferentes servicios (Hustrulid & Mark, 1998).

2.2.2.2. Sistema de control de combustible

Para que se determine un sistema administrativo de combustible en una flota de carros industriales es una comprensión precisa del consumo de combustible. Este conocimiento es fundamental para la implementación de un sistema avanzado de control de combustible, que engloba criterios para diferentes recargas en base al viaje, el tipo de traslado, etc. al ser más preciso y detallado, el consumo podrá ser controlado (Pfelider, 1992).

2.2.2.3. Factores que determinan la autonomía

La autonomía de un carro tiende a depender de diferentes factores. Las condiciones requeridas para su ampliación autónoma de acuerdo a las condiciones y el entorno

donde funciona. Algunos aspectos no dependen del conductor, mientras que otros pueden influir. Cuando se cumplen todos los factores, se puede obtener la máxima autonomía en condiciones muy favorables (León, 1998).

- Factores independientes del operador

Existen varios entornos externos que afectan la autonomía de diferentes formas:

- Condición del tráfico
- Conducir tramo corto
- Topografía
- Temperatura exterior y viento
- Estado de la carretera y revestimiento de la superficie (Quiroga J., 2011).
- Factores afectados por el conductor

El conductor sabe qué aspectos afectarán al kilometraje, para conducir el vehículo con menor consumo energético:

- Recargue regularmente de combustible
- Mantenimiento
- Modo de conducción
- Configuraciones climáticas
- Velocidad y aceleración
- Mantener la función

- Tipo y presión de neumáticos.

Una velocidad constante menor tendrá un efecto beneficioso sobre la autonomía.

2.2.3. Indicadores de productividad de acarreo.

2.2.3.1. Disponibilidad mecánica (%)

La disponibilidad mecánica es el objetivo principal del mantenimiento y se define como la confianza al mantener un sistema a componente. Luego del mantenimiento lleva a cabo sus funciones en periodo determinado. En la práctica, la disponibilidad mecánica significa el porcentaje de tiempo obtenido al dividir la suma del tiempo medio de mantenimiento entre equipos y el tiempo medio entre fallos por el tiempo medio entre fallos. Instalaciones y sistemas para operación y / o producción continua (CAT, 2000).

2.2.3.2. Utilización Mecánica (%)

La utilización mecánica se relaciona directamente con la disponibilidad mecánica, pues es el porcentaje en que la máquina opere y ejecute sus labores en la labor de mina. Representa un porcentaje pues se considera la efectividad de su uso como un 100%, si se consideraran algunas mermas de tiempo el porcentaje se reduce notoriamente (Galsser, 1984).

2.2.3.3. Consumo de combustible de equipos de carguío (gal/h)

En el carguío las maquinas que se disponga para la ejecución de esta labor se tiene que calcular su consumo de combustible (Komatsu, 2005)

2.2.3.4. Consumo de combustible de equipos de transporte (gal/h)

El transporte de la misma forma se necesita controlar su consumo de combustible (Komatsu, 2005).

2.2.3.5. Nivel de producción

La mayor parte de la industria minera en el país se refiere a minerales metálicos que se comercializan principalmente en forma de materias primas, concentrados o productos refinados, que en raras ocasiones tienen cierto valor agregado (CAT, 2000).

- Producción Diaria (m³/Día): Carga removida durante el día.
- Producción por equipo de transporte (m³/volq): Es la carga del volquete, dependiendo de su capacidad y la cantidad de recorridos efectivos que se ejecuta (CAT, 2000).

2.2.3.6. Costos de carguío y transporte

- Costo de Carguío (US\$/t): El costo de los equipos cuyo objetivo es el carguío de material
- Costo de Transporte (US\$/t): El costo de los equipos que transportan la carga
- Carguío

Esta etapa consiste en atacar el balde del equipo de carga al frente de la mina para remover el material que fue destrozado por la voladura. Existen diversos equipos

encargados de la carga, como pala eléctrica, pala hidráulica, excavadora, cargador frontal, etc. (Wireman, 2010)

- Ciclo de carguío
- La pala realiza un trabajo repetitivo a lo largo del día, luego describe cada etapa y registra el tiempo (en minutos) (Wireman, 2010).
- Hang: El tiempo desde que un montacargas carga el camión anterior hasta que otro camión ingresa al área de carga.
- Tiempo de maniobra El tiempo de maniobra para que el conductor del camión se coloque en la posición correcta para la carga (Wireman, 2010).
- Tiempo de carga En el proceso de carga de material desde el área minera hasta la tolva del camión se ha pasado el número de viajes necesario, en este caso el camión CAT 797F requiere una pala CAT 7495 para 4 viajes (Wireman, 2010).
- Productividad

Tasa de excavación: Esta es la cantidad de material que el montacargas carga en el camión solo durante el tiempo de carga. Generalmente expresado en toneladas por hora (Salomón, 2018):

$$Dig Rate = \frac{Tonelaje (ton)}{Tiempo Carguío (min)} \times \frac{60 min}{1h}$$

- Productividad Efectiva

Considera la productividad de una pala cuya suspensión es cero (CAT, 2000).

$$P. Efect. = \frac{Tonelaje (ton)}{(T. carguío + T. Cuadrado)(min)}$$

- Productividad Real u horaria

Es el tonelaje del montacargas cargado en el camión por ciclo, es decir, la cantidad de suspensión (CAT, 2000).

$$P. Real = \frac{Tonelaje (ton)}{(T. Carguío + T. Cuadrado + Hang)(min)} \times \frac{60 min}{1h}$$

- Acarreo

Esta actividad se ocupa de la transferencia (manipulación) de materiales desde el área de carga al área de descarga (trituradora). También tiene un ciclo de trabajo (CAT, 2000).

- Ciclo de acarreo
 - Viajando vacío: El camión viaja sin carga, esta actividad se inicia cuando el camión recibe la tarea asignada al equipo de carga.
 - Esperando para cargar: Después de colocar correctamente el camión vacío, esperará un rato hasta que el equipo de carga esté listo para la primera descarga (García S., 2010).
 - Tiempo de carga: Esta actividad comienza cuando el equipo de carga descarga el material por primera vez. El evento termina cuando el conductor del camión se descarga por última vez y se le notifica al conductor

del camión que comience a moverse al destino asignado por Control (García S., 2010).

- Traje de viaje: El camión cargado viaja al destino de descarga designado: trituradora, almacén o vertedero (García S., 2010).

- La cola está cargada: Los camiones cargados se alinean en el borde del área de descarga hasta que alguien se encarga de ellos (García S., 2010).

- Traje de operación: El camión cargado maniobrará para estacionarlo en la posición correcta para descargar el material (García S., 2010).

- Descargando: En esta actividad, el camión levantará la tolva para descargar completamente el material (García S., 2010).

- Tiempo de ciclo del camión: Cada actividad del ciclo del camión está asociada a una duración, por lo que el tiempo total del ciclo del camión es la suma de los tiempos individuales de cada actividad (García S., 2010)

- Disponibilidad mecánica: Definido como el porcentaje de tiempo que el equipo (cargado o transportado) no se mantiene (García S., 2010).

- Utilización operativa: El equipo solo realiza el porcentaje de disponibilidad de maquinaria requerido para las tareas de producción (García S., 2010).

- Número de ciclos por hora

$$\# \text{ Ciclos por hora} = \frac{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{h}} \right)}{\text{Ciclo camión} \left(\frac{\text{min}}{\text{ciclo}} \right)}$$

- Productividad del camión

$$\text{Prod. Camión} \left(\frac{\text{ton}}{\text{h}} \right) = \frac{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{h}} \right) \times \text{CargaC} \left(\frac{\text{ton}}{\text{ciclo}} \right)}{\text{Ciclo Camión} \left(\frac{\text{min}}{\text{ciclo}} \right)} \times \text{Util.} \times \text{Disp. Mec.}$$

2.2. Marco conceptual

a) Acarreo: El acarreo y la carga son parte del proceso de transporte del material al equipo de traslado para que pueda ser transportado correctamente al destino (fábrica, vertedero, inventario) (Domínguez, 1995).

- b) Flota: Una "flota de transporte" se conoce como un conjunto vehicular que se utilizan para trasladar personas o materiales, dependiendo de la economía que se tiene. La metodología de la flota de autobuses para trasladar pasajeros es diferente del método de los camiones de carga. Inicialmente, la comodidad del pasajero es fundamental en la evaluación de la calidad del servicio; en el segundo caso, depende en gran medida del cumplimiento de los plazos y costes de entrega (CAT, 2000).
- c) Sistema de control de combustible: La base de establecimiento de un sistema administrativo del combustible en una flota industrial es una comprensión precisa del consumo de combustible. Este conocimiento es fundamental para la implementación de un sistema avanzado de control de combustible, que toma en cuenta criterios de acuerdo al viaje, que se va a trasladar, etc. Si más preciso es, más eficiente será el control (Pfelider, 1992).
- d) Factores que determinan la autonomía: La autonomía de un vehículo depende de varios factores. Las condiciones necesarias para ampliar la autonomía varían según el entorno y las condiciones en las que está funcionando el vehículo. Algunos factores no dependen del conductor, mientras que otros pueden influir. Cuando se cumplen todos los factores,

se puede obtener la máxima autonomía en condiciones muy favorables (León, 1998).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Al incrementar la capacidad del tanque de 1000 gal a 2000 gal a la flota de camiones Caterpillar 797F mejorará su autonomía e incrementa significativamente la productividad t/h.

3.2. Definición de variables.

- Variable independiente: Capacidad de tanque de combustible

El tanque de combustible es un recipiente seguro para almacenar líquidos inflamables. Aunque se puede llamar a cualquier tanque de almacenamiento de combustible, el término generalmente se aplica a la parte del sistema del motor en la que el combustible se almacena y acciona mediante una bomba de combustible, o se libera (gas presurizado) en el motor. Los tanques de combustible varían en tamaño y complejidad (León, 1998).

- Variable dependiente: Indicadores de productividad de acarreo

Los indicadores de productividad son herramientas que utilizan las empresas para evaluar su desempeño y los niveles de eficiencia de sus procesos. Con ellos, se puede determinar con precisión el mejor método para optimizar los resultados y reducir los gastos (Rojas, 1996)

3.2.1. Operacionalización de las variables

Tabla 1: *Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala
Capacidad del tanque de combustible	El tanque de combustible es un recipiente seguro para almacenar líquidos inflamables. Aunque se puede llamar a cualquier tanque de almacenamiento de combustible, el término generalmente se aplica a la parte del sistema del motor en la que el combustible se almacena y acciona mediante una bomba de combustible, o se libera (gas presurizado) en el motor. Los tanques de combustible varían en tamaño y complejidad.	La capacidad del tanque de la CAT 797-F tiene una capacidad de 1000 gal lo que se desea es incrementar esta capacidad para generar resultados favorables, al doble de la capacidad mencionada.	Almacenamiento	Capacidad del tanque de combustible	Gal	Razón
				Duración del servicio de abastecimiento	Horas	Razón
				Nº de veces de ingreso por día.	Cantidad	Razón
			Autonomía	Longitud de tramo	Km	Razón
				Recarga de combustible	# veces	Razón
				Velocidad y aceleración	m/s	Razón

Indicadores de Productividad de Acarreo

Los indicadores de productividad son herramientas que utilizan las empresas para evaluar su desempeño y los niveles de eficiencia de sus procesos. Con ellos, se puede determinar con precisión el mejor método para optimizar los resultados y reducir los gastos.

Los índices de productividad determinan la eficiencia, la efectividad, la producción en ratio de cumplimiento, para poder medir los resultados específico y generales de la organización minera entre ellos se puede determinar los indicadores productivos.

	Disponibilidad mecánica	%	Razón
	Utilización mecánica	%	Razón
Acarreo	Consumo de combustible de equipos de carguío	(gal/h)	Razón
	Consumo de combustible de equipos de transporte	(gal/h)	Razón
Producción	Costos de transporte	(US\$/t)	Razón
Productividad	Productividad del camión	(t/h)	Razón

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y diseño de la investigación

La investigación fue de tipo aplicada, que tiene como objetivo resolver determinados problemas o métodos específicos, y se centra en la búsqueda y consolidación de conocimientos para el conocimiento aplicado, enriqueciendo así el desarrollo cultural y científico. Considerando que la investigación aplicada se basa en los problemas que la sociedad actual necesita resolver, algunos de sus ejemplos corresponden a los siguientes aspectos: cómo mejorar la calidad del aire en las ciudades, tecnologías que dotan a los productos de durabilidad, métodos para resolver problemas de producción y se encuentran los atributos de las semillas que les permiten ser desfavorables (Lino, 2009). El desarrollo de la investigación será aplicado pues se desarrollará apoyándose en las teorías existentes, pues se basa en la comunidad minera de gran capacidad específicamente en el proceso de acarreo y en la capacidad de combustible que pueda almacenar el camión para optimizar su autonomía y mejorar sus indicadores de productividad.

El diseño fue cuasi experimental, es un tipo de investigación que se caracteriza porque el objeto de investigación no se selecciona al azar, sino que se descubre o establece previamente. Sin embargo, no puede controlar variables ni interferir con elementos dentro del alcance del sujeto de investigación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). El diseño cuasi experimental se define como un plan de trabajo utilizado para estudiar los efectos de los cambios de tratamiento y / o proceso sin asignar sujetos o unidades de observación según criterios aleatorios. El diseño cuasi experimental, se aplicará pues se pretende verificar la mejora con respecto al incremento de la capacidad de almacenamiento de combustibles.

$$\begin{array}{l} \text{ME: O1} \overset{x}{\text{---}} \text{O2} \\ \text{MC: O3} \text{---} \text{O4} \end{array}$$

Dónde: ME es el tanque de combustible de 2000 gl, O1 y O3 es la observación de la variable de indicadores de productividad y O2 y O4 es la observación de los indicadores de productividad en los grupos de tratamiento.

4.2. Unidad de análisis

Es la unidad que necesita información, el individuo o grupo de individuos de donde se obtienen los datos; la unidad de investigación corresponde a la entidad a medir, y se refiere al objeto u objeto de interés en la encuesta (Carrillo, 2015). Para la investigación, la unidad de análisis por la particularidad de la investigación serán dos tipos de tanques (propuesto y tradicional).

La unidad de análisis corresponde a la flota de camiones CATERPILLAR modelo 797F, en la Unidad Económicamente Administrativa Cuajone, de la Empresa Minera Southern Copper.

Actualmente, la Mina Cuajone explota 450000 toneladas por día, con una ratio de desbroce de 5 a 1, 5 toneladas de estéril por uno de mineral, razón por la cual flota CAT. 797F es asignada la actividad de desbroce transportando material estéril hacia los depósitos de desmonte por su gran capacidad de tolva de 363 toneladas métricas por viaje de las diferentes fases de minado para garantizar el descubrimiento del mineral para el proceso (Mina Cuajone-Southern Perú, 2020). En la Figura 2, geográficamente, el complejo minero Cuajone se ubica en el distrito de Torata, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua (Mina Cuajone-Southern Perú, 2020).



Figura 2: Ubicación del complejo minero Cuajone.

Fuente: Southern Copper UEA- Cuajone.

4.3. Etapas de la Investigación.

4.3.1. La recolección de datos:

Se realizó con la toma de tiempos en campo desde la hora que es asignado el camión al grifo abandono del ciclo de acarreo, durante la duración de abastecimiento de combustible y salida del grifo, adicionalmente se adquirió información del sistema dispatch (sistema de gestión de camiones) con el módulo de sistema de combustibles.

4.3.2. Procesamiento de Datos:

Los datos fueron procesados en MS Excel para determinar los indicadores de estudio, para ello se tomó dos casos de tanques de 1000 gl y 2000 gl.

4.3.3. Análisis de la Información:

El análisis de la información consistió en realizar la cuantificación en horas, toneladas y su valoración en dólares la perdida por la autonomía actual de los camiones Caterpillar 797-F con capacidad de tanque de 1000 galones al ingresar dos veces al grifo.

4.4. Matriz de consistencia

Tabla 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	MUESTRA
Problema General:	Objetivo General:	Hipótesis General:	Variable Independiente:	Dimensiones Variable Independiente:	Indicadores Variable Independiente:	Tipo de Investigación:	Población:
La limitada capacidad del tanque de combustible afecta la autonomía y productividad de la flota de camiones Caterpillar 797-F	Mejorar su autonomía y productividad t/h.	Al incrementar de la capacidad del tanque de 1000 gal a 2000 gal a la flota de camiones Caterpillar 797F mejora su autonomía e incrementa significativamente la productividad t/h.	Capacidad de tanque de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento • Autonomía 	Capacidad del tanque de combustible. Duración del servicio de abastecimiento. N° de veces de ingreso (por día). Longitud de tramo. Recarga de combustible. Velocidad y aceleración.	Tipo aplicada	Tanques de combustible
			Variable dependiente:	Dimensiones Variable dependiente:	Indicadores Variable Dependiente	Nivel de Investigación:	Muestra:

Elevación de indicadores	<ul style="list-style-type: none"> •Acarreo •Producción • Productividad 	<p>Disponibilidad mecánica. Utilización mecánica. Consumo de combustible de equipos de carguío. Consumo de combustible de equipos de transporte. Costos de transporte. Productividad del camión.</p>	<p>Nivel explicativo</p> <hr/> <p>Método General: Método científico</p> <hr/> <p>Diseño:</p>	<p>Un tanque de combustible convencional y uno propuesto</p>
			<p>Diseño cuasi experimental.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

5.1. Recolección de datos

Se recolecto datos del mes de enero a mayo del presente año, de la base de datos del sistema de control de volquetes que es responsable de gestionar la flota de camiones y palas, el cual almacena en tiempo real todos los acontecimientos que se suscitan en la operación tal como, tiempo de atención en el grifo, ciclos de acarreo, tiempos inoperativos de los equipos, para lo cual se realizó un chequeo minucioso de la información seleccionando la información que se utilizara en el presente trabajo.

La unidad de análisis de la investigación camión CATERPILLAR 797-F (ver Figura 3,4), tiene una capacidad de 363 t en la tolva, el número de unidades es 7 camiones y la información seleccionada y almacenada es, horas totales que se utilizó para el servicio de abastecimiento de combustible.

Tiempo de duración de servicio, número de veces que ingreso al grifo, producción por hora (t/h) y adicionalmente se realizó levantamientos en campo como registro del tiempo que el camión esta fuera de ruta para dirigirse al grifo por segunda vez al servicio de abastecimiento de combustible en el día, esta información está registrada en fichas ubicadas en los anexos del 1 al 6. Así mismo se recopiló datos de indicadores para cálculos de beneficio, valoración de pérdidas de la Superintendencia de Ingeniería Mina responsable de desarrollar los planes mensuales de minado tales como, ley cabeza mensual, porcentaje de recuperación del mineral, utilidad de cobre fino (\$/lb), ratio de desbroce, disponibilidad mecánica y utilización tal como indica el anexo 7.



Figura 3: *Camión Caterpillar modelo 797F.*

Fuente: *Southern Copper UEA- Cuajone -Gerencia de Operaciones Mina.*



Figura 4: *Ubicación del tanque de combustible.*

Fuente: *Cía. Ferreyros – Servicios de Mantenimiento en UEA- Cujone.*

5.2. Procesamiento y Análisis de Datos:

A continuación, se realiza los cálculos de los indicadores que afectan directamente en la producción de los camiones y su valoración en US\$ por efecto del segundo ingreso al grifo para el abastecimiento de combustible en el periodo de enero a mayo del presente año y se utilizara fórmulas matemáticas y con ello se desarrollara un programa en una hoja de cálculo de Excel, para facilitar el ingreso de los datos y determinar los resultados de forma inmediata y almacenados en Tablas y representados en gráficos con histogramas por cada camión y mensualmente, los datos a procesar se encuentran registrados en los anexos N°1 al N° 7.

Fórmulas que se utilizan para el procesamiento de los datos, se encuentran programados en una hoja de Excel:

1. *Capacidad Operativa del Tanque de 1000 gal (Copt):*

$$Coptq = Cntq (gal) - Cntq (gal) \times \%min \dots \dots \text{Fórmula 1}$$

2. *Autonomía actual de los camiones con tanque de 1000 gal (Aa):*

$$Aa = \frac{Coptq \frac{gal}{h}}{Ccph \frac{gal}{h}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 2}$$

3. *Horas Efectivas de Trabajo (Heft):*

$$Heft = \%Dm \times \%U \times Hnt \dots\dots\dots \text{Fórmula 3}$$

4. *Frecuencia de Ingreso al Grifo (Fig):*

$$Fig = \frac{Heft (h)}{Aa (h)} \dots\dots\dots \text{Fórmula 4}$$

5. *Tiempo Promedio de Servicio por camión (Tps):*

$$Tps \text{ Camion } X = \frac{Htsg}{Ni_g} \dots\dots\dots \text{Fórmula 5}$$

6. *Total, de Horas de Servicio Óptimo por Camión (Htso):*

$$Htso \text{ Camion } X = Dm \times Tps \dots\dots\dots \text{Fórmula 6}$$

7. *Horas Excedidas por Servicio al Ingresar por segunda Vez (Hexs):*

$$Hexs \text{ Camion } X = Htsg - Htso \dots\dots\dots \text{Fórmula 7}$$

8. *Producción Perdida por Camión en el mes (Ppd):*

$$Pp \text{ Camion } X = (Hexs + Tfr) \times Phc \dots\dots\dots \text{Fórmula 8}$$

9. *Toneladas de Mineral perdidas por segundo Ingreso al Grifo (Tpm):*

$$Tpm = \frac{Ppd}{(Rd+1)} \dots\dots\dots \text{Fórmula 9}$$

10. *Toneladas de Cobre Fino Perdidas por segundo ingreso al Grifo (Tcpt):*

$$Tcpt = Tpm \times LeyCu \times \%R \times \%F \times \%Ref \dots\dots\dots \text{Fórmula 10}$$

11. Valoración de la Perdida en US\$ (V_p):

$$V_p = UCu \frac{US\$}{lb} \times T_{cp} lb \dots \dots \dots \text{Fórmula 11}$$

5.2.1. Cálculo del rendimiento actual de la flota Caterpillar 797-F con capacidad de tanque 1000 gal.

Se va a calcular el rendimiento actual que proporciona el tanque de combustible de capacidad de 1000 galones, y se utilizara las *fórmulas 1 al 4*, los datos a procesar se encuentran en los anexos 1 al 6, se realiza y describe de la siguiente forma:

- **Capacidad efectiva de operación del Tanque de 1000 gal (C_{optq}):**

Capacidad Nominal de Tanque (C_{ntq}):

$$C_{ntq} = 1000 \text{ gal} \dots \dots \dots \text{Anexo 1}$$

Porcentaje de combustible programado para servicio (% min):

$$(\%min) = 20\% \dots \dots \dots \text{Anexo 1}$$

$$C_{optq} = C_{ntq}(gal) - C_{ntq}(gal) \times \%min \dots \dots \dots \text{Fórmula 1}$$

$$C_{optq} = 1000gal - 1000gal \times 20\% = 800gal$$

$$\mathbf{C_{optq} = 800 \text{ gal.}}$$

- **La autonomía actual de Tanque 1000 gal CAT 797 – F (Aa):**

Consumo de combustible promedio por hora (Ccph):

$$CCph = 79.5 \text{ gal/h} \dots\dots \textit{Anexo 1}$$

$$Aa = \frac{Coptq \text{ gal}}{Ccph \frac{\text{gal}}{h}} \dots\dots\dots \textit{Fórmula 2}$$

$$Aa = \frac{800 \text{ gal}}{79.5 \frac{\text{gal}}{h}} = 10.06 \text{ h}$$

$$\mathbf{Aa = 10.06 h}$$

- **Horas efectivas de trabajo del camión al día (Heft):**

Horas Nominales de trabajo al día (Hnt):

$$Hnt = 24 \text{ h} \dots\dots\dots \textit{Anexo 1}$$

Disponibilidad Mecánica de los camiones (% Dm):

$$Dm = 90\% \dots\dots\dots \textit{Anexo 1}$$

Utilización de los Camiones (%U):

$$\%U = 86\% \dots\dots\dots \textit{Anexo 1}$$

$$\mathit{Heft} = \%Dm \times \%U \times Hn \dots\dots\dots \textit{Fórmula 3}$$

$$\mathit{Heft} = 90\% \times 86\% \times 24h = 18.57$$

$$\mathbf{\mathit{Heft} = 18.57 h.}$$

- **Número de ingresos al grifo (Fig):**

Horas efectivas de trabajo del camión (Heft) = 18.57 h.

La autonomía actual de Tanque 1000 gal CAT 797 – F (Aa) = 10.06 h.

$$Fig = \frac{Heft (h)}{Aa (h)} \dots\dots\dots F\acute{o}rmula 4$$

$$Fig = \frac{18.57}{10.06} = 1.85 h$$

$$Fig = 1.85 \text{ veces}$$

Tabla 3: Indicadores de Rendimiento de la Flota de Camiones CATERPILLAR 797-F.

Capacidad nominal del tanque (gal)	1,000
Porcentaje de combustible mínimo para ingresar al grifo (%)	20%
Consumo de combustible promedio (gal/h).	79.5
Horas Nominales de trabajo al día (h)	24
Disponibilidad Mecánica (%)	90%
Utilización (%)	86%
Capacidad Efectiva del Tanque de Operación (gal)...Fórmula 1	800
Autonomía del Camión 797F (h)Fórmula 2	10.06
Horas efectivas de trabajo (h).....Fórmula 3	18.56
Frecuencia de ingreso al grifo al día.Fórmula 4	1.85

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Cálculo y resultado de pérdida de producción y su valorización de los meses de enero a mayo de 2021.

Para los cálculos de resultados se utilizaron las *Fórmulas 5 al 11* y los datos a procesar se encuentran en los *Anexos 1 al 7*.

5.2.2.1. Pérdida de horas y producción de enero:

- **Tiempo promedio de servicio en el grifo para cada camión (Tps):**

$$Tps \text{ Camión } X = \frac{Htsg}{Ni_g} \dots\dots\dots \text{Fórmula 5}$$

Tabla 4 : *Horas de servicio en el grifo por camión del mes de enero.*

Camión	Horas de Servicio (Htsg)
V130	14.1
V131	16.6
V132	14.5
V133	15.8
V134	16.6
V135	15.8
V136	14.2
TOTAL	107.6

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 5: *Frecuencia de ingresos al grifo por camión del mes de enero.*

Camión	F. de ingresos a servicio (Fig)
V130	52
V131	55
V132	42
V133	51
V134	53
V135	59
V136	48
TOTAL	360

Fuente: *Elaboración propia.*

Utilizando la *Fórmula 5* y los datos de la *Tablas 4 y 5, Anexo 1*, se obtiene el tiempo promedio de atención en el grifo para cada camión en el mes de enero:

$$Tps \text{ Camión } 130 = \frac{14.1}{52} = 0.27h$$

$$Tps \text{ Camión } 131 = \frac{16.6}{55} = 0.30h$$

$$Tps \text{ Camión } 132 = \frac{14.5}{42} = 0.35h$$

$$Tps \text{ Camión } 133 = \frac{15.8}{51} = 0.31h$$

$$Tps \text{ Camión } 134 = \frac{16.6}{53} = 0.31h$$

$$Tps \text{ Camión } 135 = \frac{15.8}{59} = 0.27h$$

$$Tps \text{ Camión } 136 = \frac{14.2}{48} = 0.30h$$

- **Horas totales de servicio óptimo por camión (Htso):**

$$Htso \text{ Camión } X = Dm \times Tps \dots\dots\dots \text{Fórmula 6}$$

Número de días del mes enero = Dm

Dm = 31 días

Utilizando la *Fórmula 6* y el número de días del mes de enero se obtiene hora total óptima de servicio en el grifo por cada camión en el mes:

$$Htso \text{ Camión } 130 = 31 \times 0.27 = 8.43 h$$

$$Htso \text{ Camión } 131 = 31 \times 0.30 = 9.37 h$$

$$Htso \text{ Camión } 132 = 31 \times 0.35 = 10.73 h$$

$$Htso \text{ Camión } 133 = 31 \times 0.31 = 9.59 h$$

$$Htso \text{ Camión } 134 = 31 \times 0.31 = 9.70 h$$

$$Htso \text{ Camión } 135 = 31 \times 0.27 = 8.32 h$$

$$Htso \text{ Camión } 136 = 31 \times 0.30 = 9.15 h$$

- **Total, horas excedidas por servicio al ingresar por segunda vez al grifo al día (Hexs):**

$$Hexs \text{ Camión } X = Htsg - Htso \dots \dots \dots \text{Fórmula 7}$$

Total, horas de servicio en el mes (Htsg)..... Tabla 4

$$Hexs \text{ Camión } 130 = 14.1h - 8.43h = 5.71h$$

$$Hexs \text{ Camión } 131 = 16.6h - 9.37h = 7.26h$$

$$Hexs \text{ Camión } 132 = 14.5h - 10.73h = 3.81h$$

$$Hexs \text{ Camión } 133 = 15.8h - 9.59h = 6.19h$$

$$Hexs \text{ Camión } 134 = 16.6h - 9.70h = 6.89h$$

$$Hexs \text{ Camión } 135 = 15.8h - 8.32h = 7.51h$$

$$Hexs \text{ Camión } 136 = 14.2h - 9.15h = 5.02h$$

- **Producción que se pierde al ingresar por segunda vez al grifo (Pp):**

Producción promedio por hora de del camión (Phc):

$$Phc = 600 \frac{t}{h} \dots\dots\dots \text{Anexo 1}$$

Tabla 6: Horas fuera de ciclo den ruta por segundo ingreso al grifo.

Camión	Tiempo fuera de ruta (Tfr)
V130	0.7
V131	0.8
V132	0.37
V133	0.67
V134	0.73
V135	0.93
V136	0.57
TOTAL	4.77

Fuente: Elaboración propia.

Para el caculo de la producción perdida se rempaza los resultados de la *Fórmula 7* y datos de la *Tabla 6*, en la *Fórmula 8* y a continuación se detalla.

$$Pp \text{ Camión } X = (Hexs + Tfr) \times Phc \dots\dots\dots \text{Fórmula 8}$$

$$Pp \text{ Camión } 130 = (5.71h + 0.70h) \times 600 \frac{t}{h} = 3845 t$$

$$Pp \text{ Camión } 131 = (7.26h + 0.80h) \times 600 \frac{t}{h} = 4833 t$$

$$Pp \text{ Camión } 132 = (3.81h + 0.37h) \times 600 \frac{t}{h} = 2505 t$$

$$Pp \text{ Camión } 133 = (6.19h + 0.67h) \times 600 \frac{t}{h} = 4112 t$$

$$Pp \text{ Camión } 134 = (6.89h + 0.73h) \times 600 \frac{t}{h} = 4572t$$

$$Pp \text{ Camión 135} = (7.51h + 0.93h) \times 600 \frac{t}{h} = 5067t$$

$$Pp \text{ Camión 136} = (5.02h + 0.57h) \times 600 \frac{t}{h} = 3351t$$

Tabla 7: Resultado de indicadores para de cada camión del mes de enero.

Enero	Total, horas de servicio al mes	Tiempo Promedio de servicio	Total, Horas de servicio Óptimo	Horas excedido por servicio	Tonelaje Perdido
31días	Htsg	Tps	Htso	Hexs	Pp
V130	14.1	0.27	8.43	5.71	3,845
V131	16.6	0.3	9.37	7.26	4,833
V132	14.5	0.35	10.73	3.81	2,505
V133	15.8	0.31	9.59	6.19	4,112
V134	16.6	0.31	9.7	6.89	4,572
V135	15.8	0.27	8.32	7.51	5,067
V136	14.2	0.3	9.15	5.02	3,351
TOTAL	107.67	0.3	65.29	42.38	28,285.31

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se muestra el resultado de los indicadores de las *Fórmulas 7 al 8*, Tps, Htso, Hexs, Pp, por el segundo ingreso al grifo por cada camión correspondiente al mes de enero.

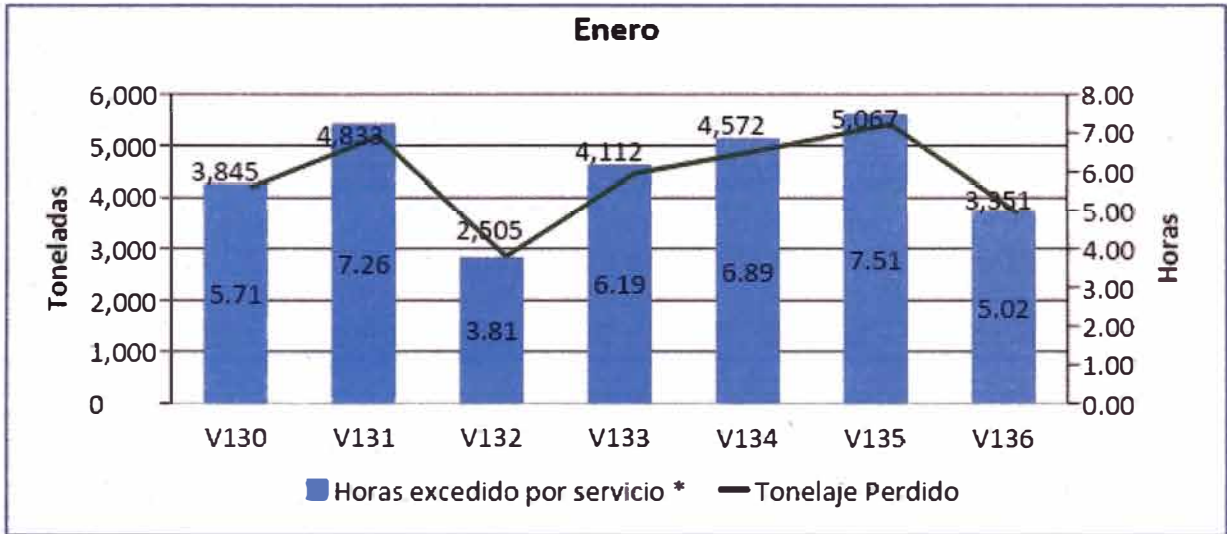


Figura 5: Horas excedidas por servicio y producción perdida por camión del mes enero al ingresar por segunda vez al grifo. Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2. Valorización de la pérdida de producción de enero:

Para el cálculo de la valorización se utiliza las *Fórmulas del 9 al 11*, y los datos a procesar en la *Tabla 7 y 8*.

Tabla 8: Indicadores de valorización del mes enero.

Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.61%
Recuperación Concentradora (%)	84.00%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Factor de conversión 1 t	2204.62 lb
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45

Fuente Elaboración propia.

- **Cálculo del tonelaje de mineral que no se transporta a concentradora para su beneficio (Tpm):**

De la *Tabla 7 y 8* se obtiene la producción pérdida total (Pp) del mes y la relación de desbroce de enero y se reemplaza en la *Fórmula 9*.

$$T_{pm} = \frac{Pp}{(Rd+1)} \dots\dots\dots \text{Fórmula 9}$$

$$T_{pm} = \frac{28285.31t}{(5.17 + 1)} = 4584.33 t$$

- **Tonelaje de concentrado de mineral perdido (Tcpt):**

$$T_{cpt} = T_{pm} \times LeyCu \times \%R \times \%F \times \%Ref \dots\dots\dots \text{Fórmula 10}$$

Se reemplaza los indicadores de la **Tabla 8** en la **Fórmula 10** y se obtiene:

$$T_{cpt} = 28285t \times 0.613\% \times 84\% \times 97.5\% \times 99.7\% = 22.95 t$$

$$T_{cpt} = 22.95 t$$

- **Conversión de toneladas a libras de Tcpt, 1t = 2204.62 lb:**

$$T_{cpt} lb = 2204.62 \frac{lb}{t} \times T_{cpt} t$$

$$T_{cpt} lb = 2204.62 \frac{lb}{t} \times 22.95t = 50588 lb$$

$$T_{cpt} lb = 50588 lb$$

- **Valoración de la Perdida US\$ (Vp):**

$$Vp = UCu \frac{US\$}{lb} \times T_{cpt} lb \dots\dots\dots \text{Fórmula 11}$$

$$Vp = 1.45 \frac{US\$}{lb} \times 50588 lb = 73352.87 US\$$$

$$Vp = 73352.87 US\$.$$

Tabla 9: Indicadores y Valoración de la pérdida de producción del mes de enero.

Producción perdida Mensual (t)	28,285.31
Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Producción de Mineral Perdido (t)	4,584.33
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.61%
Recuperación Concentradora. (%)	84.00%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Toneladas Mineral a Vender (t)	22.95
Libras Mineral a Vender (Lb) (Factor de conversión 2204.62)	50,588
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45
PERDIDA MENSUAL US\$	73,352.87

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se muestra los resultados de la valoración de la pérdida de producción en US\$ con los datos de la Tabla 8, replazándolos en la Fórmulas 9 al 11.

Para los meses de febrero a mayo se utilizaron las mismas fórmulas que el mes de enero:

- **Las fórmulas del 5 al 8**, para los cálculos de pérdidas de horas y producción.
- **Las fórmulas del 9 al 11**, para calcular la valorización de la pérdida de producción en US\$.

La metodología para determinar los resultados es igual a los que se realizó para el mes de enero, los caculos para los meses de **febrero a mayo** se realizaron con las los datos que se encuentran registradas en las fichas de los **Anexos 2 al 7** según corresponde al mes de recolección de datos y los resultados de los cálculos se registran a partir Tabla **10 y Figura 8**, con el mismo formato y secuencia del mes de enero que a continuación indicamos:

5.2.2.3. Pérdida horas y producción de febrero:

Tabla 10: Resultado de indicadores para de cada camión del mes de febrero.

Febrero	Total, horas de servicio al mes	Tiempo Promedio de servicio	Total, Horas de servicio Óptimo	Horas excedido por servicio	Tonelaje Perdido
28 días	Htsg	Tps	Htso	Hexs	Pp
V130	9.8	0.3	8.35	1.49	933
V131	17.5	0.34	9.4	8.06	4,988
V132	13.6	0.3	8.29	5.33	3,338
V133	8.2	0.28	7.94	0.28	178
V134	9.5	0.22	6.18	3.31	2,145
V135	12.7	0.27	7.56	5.13	3,243
V136	15.4	0.29	7.98	7.41	4,661
TOTAL	86.71	0.29	55.69	31.01	19,486.84

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se muestra la pérdida de producción, y horas excedidas de servicio por el segundo ingreso al grifo por camión del mes de febrero.

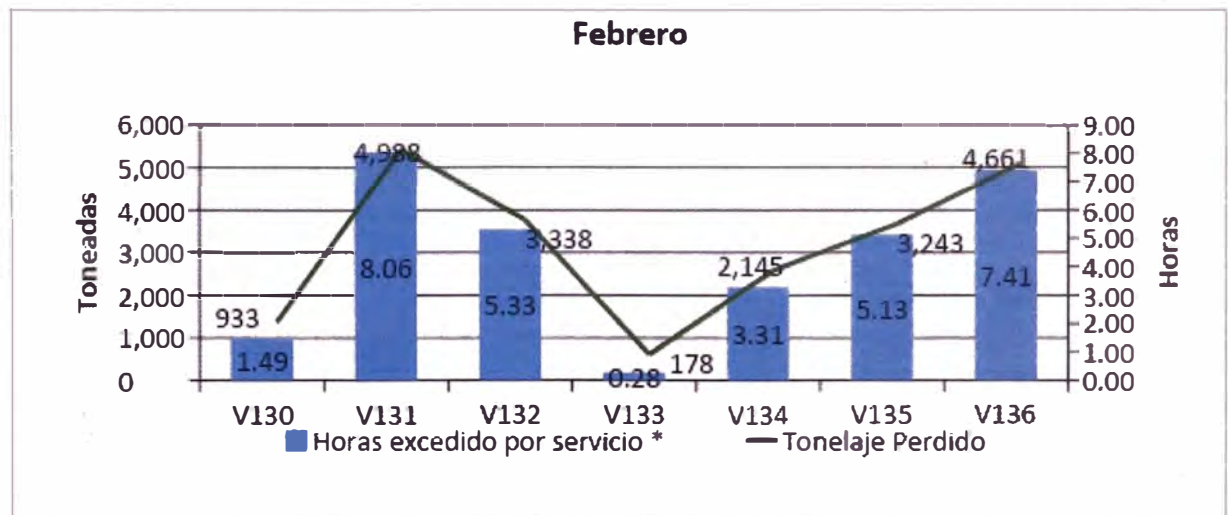


Figura 6: Horas excedidas y producción perdida por camión del mes febrero al ingresar por segunda vez al grifo.

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.4. Valorización de la pérdida de producción de febrero:

Tabla 11: *Indicadores de valorización del mes de febrero.*

Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.631%
Recuperación Concentradora. (%)	84.24%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Factor de conversión 1 t	2204.62 lb
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Indicadores que se utilizara para el caculo de la valorización de la pérdida de producción de los camiones del mes de febrero, los datos se encuentran en Anexo 7.*

Tabla 12: *Indicadores y Valoración de la pérdida de producciones mes de febrero.*

FEBRERO	
Producción perdida Mensual (t)	19,486.84
Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Toneladas de Mineral Perdido (t)	3,158.32
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.631%
Recuperación Concentradora. (%)	84.24%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Toneladas Mineral a Vender (t)	16.32
Libras Mineral a Vender, Factor de conversión 2204.62 lb	35,978
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45
PERDIDA MENSUAL US\$	52,168.15

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Se muestra los resultados de los cálculos de valoración de la perdida de producción en US\$ con los datos de la Tabla 11 en la Fórmulas 9 al 11.*

5.2.2.5. Pérdida de horas y producción de marzo:

Tabla 13: Resultado de indicadores para cada camión del mes de marzo.

Marzo	Total, horas de servicio al mes	Tiempo Promedio de servicio	Total, Horas de servicio Optimo	Horas excedido por servicio	Tonelaje Perdido
31 días	Htsg	Tps	HTSO	Hexcs	Pp
V130	17.5	0.31	9.70	7.82	4,690
V131	17.5	0.31	9.53	7.99	4,801
V132	17.7	0.28	8.58	9.13	5,546
V133	17.2	0.34	10.65	6.53	3,881
V134	14.3	0.29	8.89	5.45	3,297
V135	16.4	0.29	8.91	7.47	4,521
V136	18.5	0.31	9.57	8.96	5,379
TOTAL	119.19	0.30	65.83	53.35	32,115.07

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Pérdida de producción, horas excedidas de servicio por el segundo ingreso al grifo por camión y total del mes de marzo.

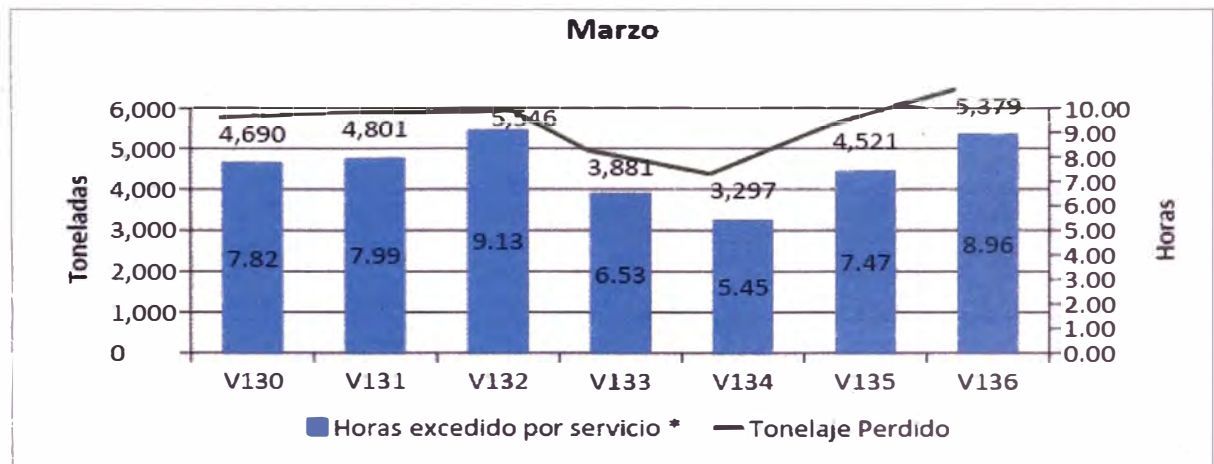


Figura 7: Horas excedidas y producción perdida por camión del mes de marzo al ingresar por segunda vez al grifo.

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.6. Valorización de la pérdida de producción de marzo:

Tabla 14 : *Indicadores de valorización mes de marzo.*

Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.652%
Recuperación Concentradora. (%)	84.11%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Factor de conversión 1 t	2204.62 lb
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Indicadores que se utilizara para el caculo de la valorización de la pérdida de producción de los camiones del mes de marzo, los datos se encuentran en Anexo 7.*

Tabla 15: *Indicadores y Valoración de la pérdida de producciones mes de febrero.*

MARZO	
Producción perdida Mensual (t)	32,115.07
Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Toneladas de Mineral Perdido (t)	5,205.04
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.65%
Recuperación Concentradora. (%)	84.11%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Toneladas Mineral a Vender (t)	27.75
Libras Mineral a Vender, Factor de conversión 2204.62 lb	61,172
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45
PERDIDA MENSUAL (US\$)	88,699.35

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Se muestra los resultados de los cálculos de valoración de la perdida de producción en US\$ con las fórmulas 9 al 11 y datos de la Tabla 14.*

5.2.2.7. Pérdida de horas producción de abril:

Tabla 16 : *Resultado de indicadores para cada camión mes de abril.*

Abril	Total, horas de servicio al mes	Tiempo Promedio de servicio	Total, Horas de servicio Optimo	Horas excedido por servicio	Tonelaje Perdido
30 días	Htsg	Tps	Htso	Hexcs	Pp
V130	17.9	0.31	9.24	8.62	5,329
V131	14.4	0.29	8.65	5.76	3,563
V132	14.7	0.28	8.32	6.38	3,940
V133	14.0	0.26	7.91	6.06	3,747
V134	14.2	0.27	8.19	6.01	3,712
V135	16.9	0.31	9.39	7.51	4,644
V136	15.0	0.28	8.50	6.52	4,027
V137	9.0	0.29	8.68	0.29	179
TOTAL	107.06	0.29	60.19	46.86	28,962.19

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Se muestra la perdida de producción y horas excedidas de servicio por el segundo ingreso al grifo por camión del mes de abril.*

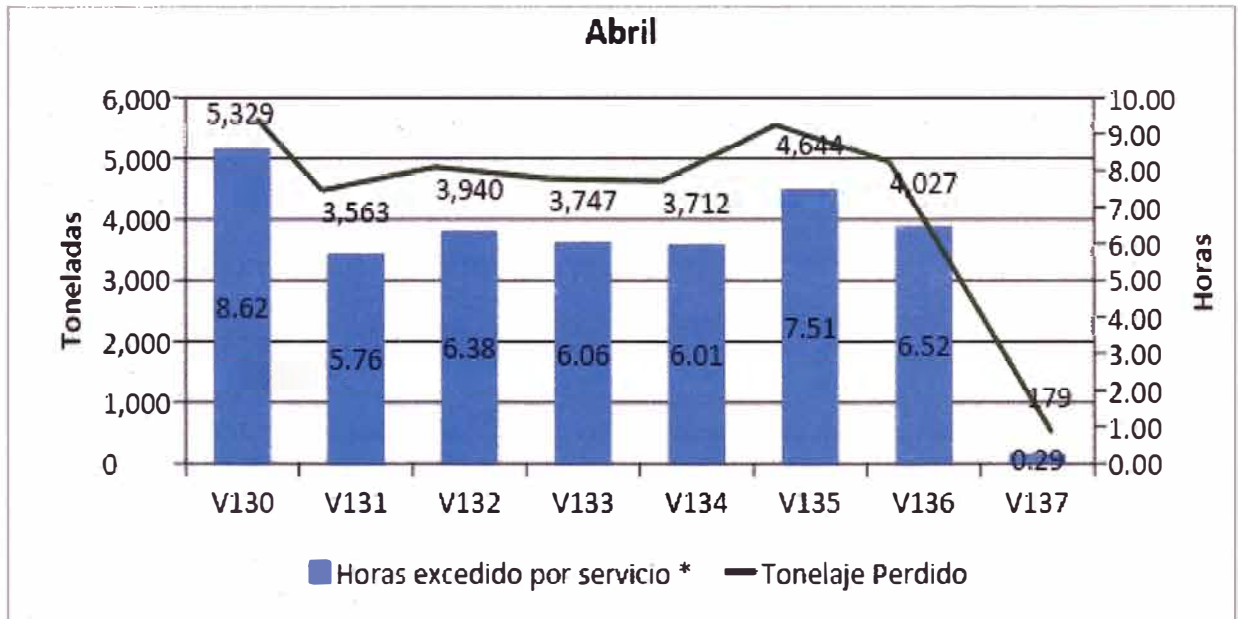


Figura 8: Horas excedidas y producción perdida por camión del mes de abril al ingresar por segunda vez al grifo.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.8. Valorización de la pérdida de producción de abril:

Indicadores que se utilizara para el caculo de la valorización de la pérdida de producción de los camiones del mes de abril, *Anexo 7*.

Tabla 17: *Indicadores de valorización mes de abril.*

Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.652%
Recuperación Concentradora. (%)	84.11%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Factor de conversión 1 t	2204.62 lb

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Indicadores que se utilizara para el caculo de la valorización de la pérdida de producción de los camiones del mes de abril, Anexo 7.*

Tabla 18: *Indicadores y Valoración de la pérdida de producción mes de abril.*

Producción Perdida Mensual (t)	28,962.19
Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Toneladas de Mineral Perdido (t)	4,694.03
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.645%
Recuperación Concentradora. (%)	84.00%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Toneladas Mineral a Vender (t)	24.72
Libras Mineral a Vender, Factor de conversión 2204.62 lb	54,503
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45
PÉRDIDA MENSUAL (US\$)	79,029.04

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Se muestra los resultados de valoración de la perdida de producción en US\$ con las Fórmulas 9 al 11 y datos de la Tabla 17.*

5.2.2.9. Pérdida de horas y producción de mayo:

Tabla 19: Resultado de indicadores para cada camión mes de mayo.

Mayo	Total, horas de servicio al mes	Tiempo Promedio de servicio	Total, Horas de servicio Óptimo	Horas excedido por servicio	Tonelaje Perdido
31 días	Htsg	Tps	Htso	Hexcs	Pp
V130	11.2	0.23	7.09	4.12	2,903
V131	14.3	0.29	8.86	5.43	3,827
V132	12.5	0.23	7.04	5.45	3,840
V133	12.1	0.27	8.51	3.57	2,517
V134	11.1	0.21	6.59	4.47	3,148
V135	14.1	0.25	7.66	6.42	4,529
V136	14.1	0.26	8.10	6.01	4,235
TOTAL	89.31	0.25	53.85	35.46	5,000.19

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se muestra la perdida de producción, número de ingresos y horas de servicio por el segundo ingreso al grifo por camión del mes de mayo.

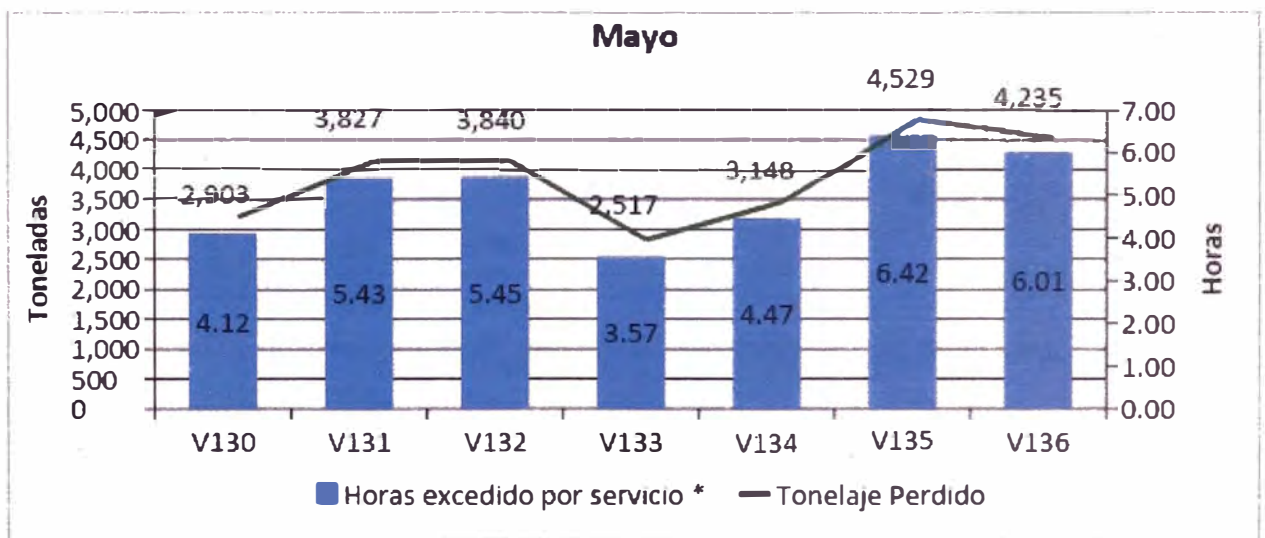


Figura 9: Horas excedidas y producción perdida por camión del mes de mayo por el segundo ingreso al día al grifo.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.10. Valorización de la pérdida de producción de mayo:

Tabla 20: *Indicadores de valorización mes de mayo.*

Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.652%
Recuperación Concentradora. (%)	84.11%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Factor de conversión 1 t	2204.62 lb
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Indicadores que se utilizara para el caculo de la valorización de la pérdida de producción de los camiones del mes de mayo, Anexo 7.*

Tabla 21: *Indicadores y Valoración de la pérdida de producción mes de mayo.*

Producción Perdida Mensual (t)	25,000.19
Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17
Toneladas de Mineral Perdido (t)	4,051.90
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.653%
Recuperación Concentradora. (%)	84.50%
Recuperación Fundición. (%)	97.50%
Recuperación Refinería. (%)	99.70%
Toneladas Mineral a Vender (t)	21.73
Libras Mineral a Vender Factor de conversión 2204.62 lb	47,914
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45
PÉRDIDA MENSUAL (US\$)	69,475.17

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Se muestra los resultados de la valoración de la perdida de producción en US\$ con las fórmulas 9 al 11 y datos de la Tabla 20.*

Tabla 22: Valoración total de la pérdida de enero a marzo.

Mes		Horas totales de servicio al grifo	Ingresos totales al mes	Tiempo de Servicio	Horas de servicio optimo en grifo	Horas de ingreso por segunda vez	Ingresos al grifo por segunda vez	Tiempo fuera de ruta	Horas totales por segundo Servicio	Tonelaje Perdido	US\$
		Htsg	Nig	Tps	Htso	Hexcs	Fig	Tfr	Hexcs	Pp	US \$
Enero	31 días	107.7	360.0	0.3	65.3	42.4	143.0	4.8	47.1	28285	73353
Febrero	28 días	86.7	304.0	0.3	55.7	31.0	108.0	3.6	34.6	19487	52168
Marzo	31 días	119.2	394.0	0.3	65.8	53.4	177.0	5.9	59.3	32115	88699
Abril	30 días	107.1	373.0	0.3	60.2	46.9	163.0	5.4	52.3	28962	79029
Mayo	31 días	89.3	361.0	0.2	53.8	35.5	144.0	4.8	40.3	25000	69475
Total		509.9	1792.0	0.3	300.9	209.1	735.0	24.5	233.6	133850	362725
Perdida Promedio Mensual										26770	72545
Perdida Proyectado anual										321239	870539

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: Resultado de indicadores de horas excedidas por servicio, número de ingresos excedidos al grifo, pérdida de producción y su valoración en US\$, en forma mensual, en el periodo de enero a mayo del 2020 y su proyección anual, por efecto del ingreso al servicio de abastecimiento de combustible por segunda vez en el día.

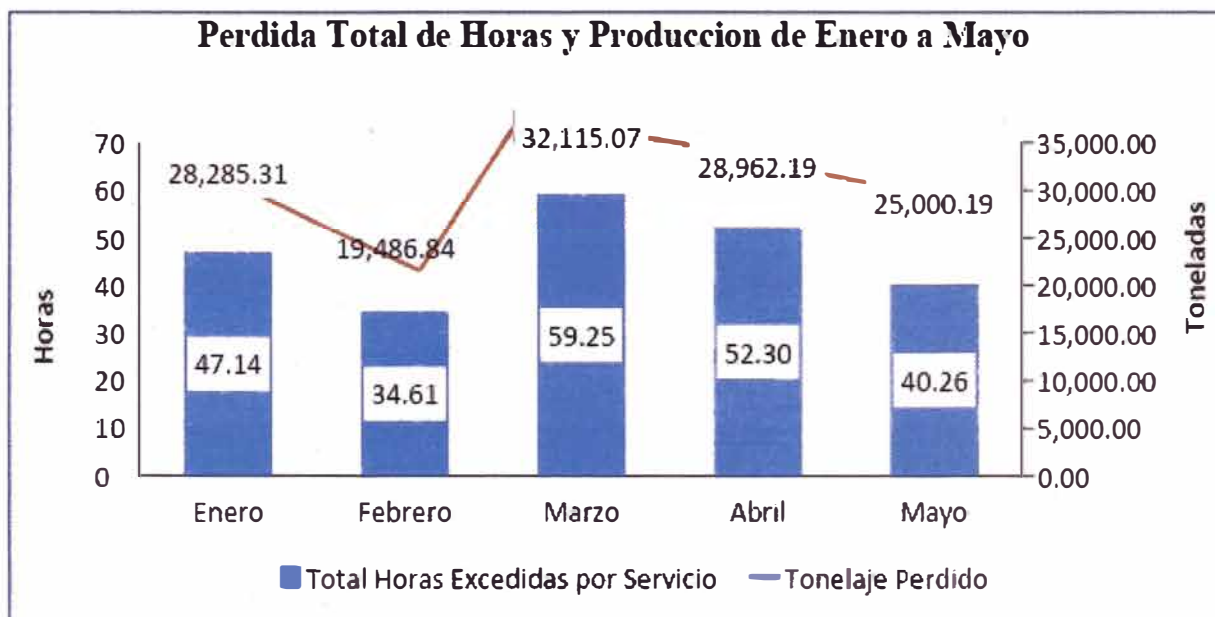


Figura 10: Horas excedidas y la pérdida en la producción mensual, de enero a mayo por el segundo ingreso al grifo. **Fuente:** Elaboración propia.

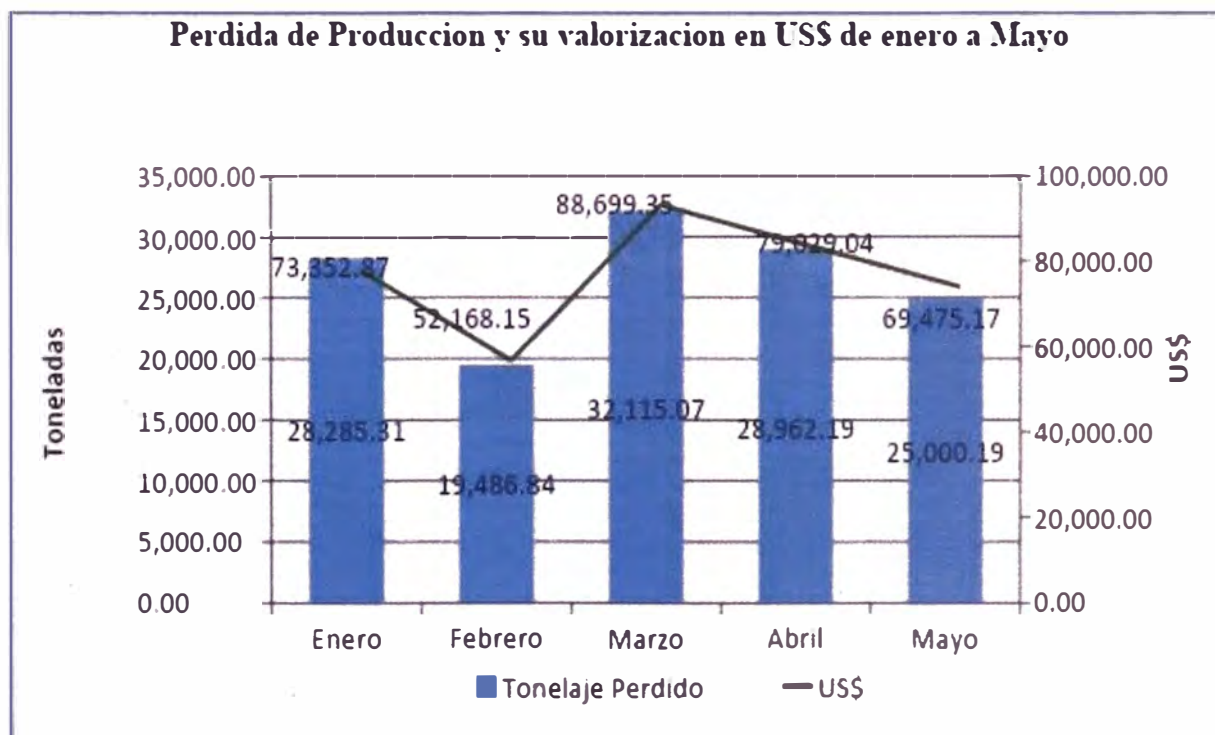


Figura 11: Perdida de producción y su valorización en US\$ mensual, de enero a mayo por el segundo ingreso al grifo. **Fuente:** Elaboración propia.

5.2.3. Descripción de camiones CAT-797-F con tanque de 2000 galones.

5.2.3.1. Descripción de un tanque de 2000 gal.

- Descripción: Este tanque de combustible proporciona una capacidad de 2000 galones, junto con el sistema de llenado rápido de combustible para mayores tasas de abastecimiento. Este tanque proporciona entre 20 y 51 horas de combustible, según las tasas de consumo de combustible que varían de acuerdo a su aplicación.
- Valor del cliente: Dimensionar el tanque según la estrategia de repostaje específico del sitio, permitirá al cliente optimizar la carga útil de la máquina. Al aumentar el tamaño del tanque de combustible, ayuda a aumentar la disponibilidad y utilización del camión.
- Estructura del tanque: En la Figura 12 se muestra el llenado de combustible del tanque de 2000 gal.

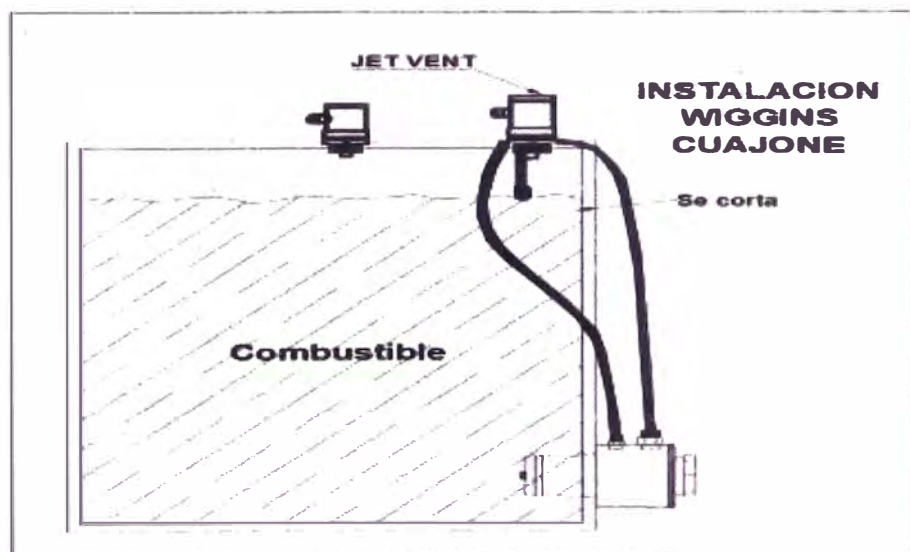


Figura 12: Vista interna del tanque de combustible.

Fuente: Southern Copper – Mantenimiento Mina – UEA Cuajone.

5.2.3.2. Rendimiento nominal del tanque de 2000 galones

Se va a calcular el rendimiento que proporciona el tanque de combustible de capacidad de 2000 galones, y se utilizara las *fórmulas N°1 al N° 4*, tal igual como se realizó para el tanque de 1000 galones los datos a procesar se encuentran en el *Anexos N°8*, se realiza y describe de la siguiente forma:

- **Capacidad efectiva de operación del Tanque de 2000 gal (Coptq2):**

Capacidad Nominal de Tanque (Cntq2):

Cntq = 2000 gal..... Anexo N° 1

Porcentaje de combustible programado para servicio (%min):

(%min2) = 15%..... Anexo N° 1

$Coptq2 = Cntq2(gl) - Cntq2(gl) \times \%min$... *Fórmula N° 1*

$Coptq = 2000gl - 2000gl \times 15\% = 1700gal$

Coptq2 = 1700 gal.

- **La autonomía de Tanque 2000 gal camiones CAT 797 – F (Aa):**

Consumo de combustible promedio por hora (Ccph2):

CCph2 = 79.5 gal/h Anexo N° 1

$$Aa2 = \frac{Coptq2 \frac{gal}{h}}{Ccph2 \frac{gal}{h}} \dots\dots\dots \text{Fórmula N° 2}$$

$$Aa2 = \frac{1700 \frac{gal}{h}}{79.5 \frac{gal}{h}} = 21.38 h$$

$$Aa2 = 21.38 h$$

- **Horas efectivas de trabajo del camión al día (Heft):**

Horas Nominales de trabajo al día (Hnt):

Hnt = 24 h..... Anexo N° 1

Disponibilidad Mecánica de los camiones (%Dm):

Dm = 90%..... Anexo N°1

Utilización de los Camiones (%U):

%U = 86%..... Anexo N°1

$$Heft2 = \%Dm \times \%U \times Hnt \dots\dots\dots \text{Formula N° 3}$$

$$Heft2 = 90\% \times 86\% \times 24h = 18.57 h$$

$$Heft2 = 18.57 h.$$

- **Número de ingreso al grifo (Fig):**

Horas efectivas de trabajo del camión (Heft) = 18.57 h

La autonomía actual de Tanque 2000 gal CAT 797 – F (Aa2) = 21. h

$$Fig2 = \frac{Heft (h)}{Aa (h)} \dots \dots \dots Formula N^{\circ}4$$

$$Fig2 = \frac{18.57}{21.38} = 0.87 \text{ veces}$$

$$Fig2 = 0.87 \text{ veces}$$

Tabla 23: *Indicadores de rendimiento con tanque de 2000 gal Caterpillar 797-F.*

Capacidad nominal del tanque (gal)	2,000
Porcentaje de combustible mínimo para ingresar al grifo (%)	15%
Consumo de combustible promedio (gal/h).	79.5
Horas Nominales de trabajo al día (h)	24
Disponibilidad Mecánica (%)	90%
Utilización (%)	86%
Capacidad Efectiva del Tanque de Operación (gal)	1700
Autonomía del Camión 2000 gal 797F (h)	21.38
Horas efectivas de trabajo (h)	18.56
Frecuencia de ingreso al grifo al día.	0.87
Tiempo de servicio Promedio (h)	0.37

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: *Se muestra el resultado de indicadores de rendimiento de la flota de Camiones CATERPILLAR 797-F con tanque de 2000 gal.*

En la **Tabla 23**, se observa que el camión con capacidad de tanque de 2000 galones, solo necesita hacer un ingreso al día para abastecer combustible, por la misma razón, emplea menos recorrido no relacionado con el transporte de carga, lo cual es empleado en la productividad.

5.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS:

Para la prueba de hipótesis, fue necesario calcular:

La pérdida de horas, producción y su valorización en dólares (US\$), de los camiones CAT 797-F con tanque de combustible de 1000 galones, que se pierden por causa del segundo ingreso en el día al grifo por servicio de abastecimiento de combustible.

La comparación de resultados de los camiones Caterpillar 797-F, con los dos tipos de tanque 1000 y 2000 galones se muestra en la **Tabla 24**.

Tabla 24: *Diferencia de Rendimientos entre un camión con tanque 1000 y 2000 galones.*

Capacidad nominal del tanque (gal)	1000	2,000
Porcentaje de combustible mínimo para ingresar al grifo (%)	20%	15%
Consumo de combustible promedio (gal/h).	79.5	79.5
Horas Nominales de trabajo al día (h)	24	24
Disponibilidad Mecánica (%)	90%	90%
Utilización (%)	86%	86%
Tiempo de servicio Promedio (h)	0.30	0.37
Costo de transporte \$/t	0.71	0.65
Productividad del Camión por hora (t/h)	581	638
Velocidad Promedio (km/h)	25	25
Distancia de transporte (km)	11.38	11.38
Capacidad Efectiva del Tanque de Operación (gal)	800	1700
Horas efectivas de trabajo (h)	18.56	18.56
Autonomía del Camión l 797F (h)	10.06	21.38
Frecuencia de ingreso al grifo al día.	1.85	0.87

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se tiene el efecto de la baja autonomía de los camiones Caterpillar 797-F de capacidad de Tanque 1000 galones al ingresar 2 veces al grifo y lo que influye de forma negativa en la producción:

- Entre enero y mayo los camiones ingresaron 735 veces por segunda vez al grifo acumulando 233.57 horas por este servicio, afectando negativamente a la producción en 133,849.6 t y su valoración es de 362,724.57 dólares americanos de pérdida en 5 meses de producción.

Conforme con la **Tabla 24** se tiene los indicadores de desempeño para un camión con 1000 y 2000 galones; además, la diferencia entre los indicadores. Como se observa, la duración del abastecimiento fue mayor en 0.069 horas con un tanque de 2000 gal; asimismo, el número de ingreso por día se redujo a solo 0.87 equivalente a 1 vez. La longitud de tramo, la velocidad y aceleración tuvieron los mismos valores, la recarga de combustible fue mayor por 1000. En cuanto a los acarreos, no se notaron diferencias. Con respecto a la producción, el costo de transporte se redujo de 0.71\$/t a 0.65\$/t, en cuanto a la productividad del camión hubo un aumento de 581 t/h a 638 t/h.

Hipótesis a probar:

- La hipótesis planteada por el investigador fue: Al incrementar de la capacidad del tanque de 1000 gal a 2000 gal a la flota de camiones Caterpillar 797F, mejora su autonomía e incrementa significativamente la productividad t/h.

Análisis:

- Con respecto a la autonomía, los indicadores de longitud de tramo, velocidad y aceleración, fueron los mismos para los camiones de 1000 y 2000 gal. Esto porque el tramo a recorrer es el mismo para todos los vehículos de transporte; además que la velocidad y aceleración tampoco varían por medidas

de seguridad y protocolos de transporte de carga. Asimismo, porque una velocidad constante y mínima tiene un efecto beneficioso sobre la autonomía. En cuanto al indicador de recarga de combustible aumentó en 1000 gal, en beneficio de tanque de 2000 gal, este valor indica que la autonomía es mejor que un tanque de 1000 gal.

- En cuanto al costo de transporte se redujeron en $-0.060\$/t$; y la productividad del camión aumentó en 57 t/h. Dichos valores señalan que con un tanque de 2000 gal el transporte es más barato, ahorrando 0.060 dólares por tonelada. Asimismo, con un tanque de 2000 gal se puede transportar 57 toneladas adicionales por hora; que en términos generales se traduce en un ahorro de \$3.363 por hora de transporte.
- Con un tanque de 2000 gal, la autonomía, con respecto a la recarga de combustible, mejora de 800 gal o 10.06 h/día a 1800 gal o 21.38 h/día. Además, la producción se incrementa en 57 t/h, reduciendo los costos de transporte en \$0.059. Por lo tanto, la hipótesis planteada queda valida y es cierta.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación resultó que el camión Caterpillar modelo 797-F con tanque de combustible de 1000 gal, su autonomía es de 10.06 h/día para trabajar 18.57 h/día efectivas de trabajo programado, lo que da como resultado de 1.87 equivalente a 2 veces al día su ingreso al grifo para su abastecimiento de combustible afectando directa y negativamente la productividad de la flota Caterpillar.

Por la baja autonomía de los Caterpillar 797-F con tanque de 1000 galones es necesario que el camión ingrese por segunda vez al grifo, acumulando 233.57 horas fuera del ciclo de minado y dejando de producir 133,849.6 t valorizadas en 362,724.57 dólares de enero a mayo.

Para los camiones Caterpillar 797- F con tanque de 2000 galones, su autonomía es de 21.38 h/día para trabajar 18.57 horas efectivas de trabajo al día, el resultado de su autonomía es de 0.87 equivalente a 1 vez al día el ingreso al grifo.

Asimismo, la productividad de los camiones 797-F con tanque de 2000 galones de producción incrementó en transportar 57 toneladas por hora, lo cual redujo los costos de transporte en 0.059 dólares por tonelada. El aumento de capacidad del tanque de combustible es de beneficio para el desempeño del camión 797F. Esta mejora resulta ser crucial dentro del acarreo de materiales de mina, ya que el costo por transporte dentro de la producción minera es el mayor en comparación de otros indicadores (Escamilla, 2011; Rojas, 1996). Un resultado similar fue presentado por García (2018) quien logró mejorar la productividad de una flota de camiones de mina, por medio de un buen manejo del combustible; es decir, planteando conceptos sobre el suministro de combustible; como el control básico y la capacidad del tanque es esencial para lograr un buen kilometraje por viaje, y optimizar la distancia por galón kilómetro, aumentando así la productividad de la flota y evitando pérdidas importantes. Esto mismo lo avala García S. (2010), quien menciona que una combinación distinta de equipos, partes de las maquinarias, procesos y operaciones se reflejan en cambios significativos en costos y tiempos de trabajo. Asimismo, Paredes (2017) menciona que analizar el comportamiento de las variables que intervienen en el proceso del desempeño de la flota es sumamente relevante para proponer acciones de mejora.

De similar manera, Segama (2019) en su investigación en la Sociedad Minera El Brocal, logró incrementar la productividad de la flota mediante la optimización del sistema de transporte con camiones; esta optimización se dio gracias al análisis de indicadores de productividad, de kilometraje, uso de combustible y costo de transporte, en los 4 casos, se propusieron mejoras como la de incrementar la capacidad del tanque de 1000 gl a 1350 gl, de tal manera que se obtenga menos pérdida de tiempo al momento de recargar combustible. Sin embargo, expandir la capacidad del tanque de combustible, para transportar más combustible, aumenta el peso del automóvil reduciendo su rendimiento, lo que demuestra que es necesario determinar un equilibrio entre todos los factores (Hustrulid & Mark, 1998).

Otro resultado parecido fue logrado por Villanueva (2019), cuya investigación para los modelos 797F, encontró que, con mejoras en las partes del camión, así como estrategias de mantenimiento ayudan en el funcionamiento de las maquinarias, especialmente en el análisis de fallas y confiabilidad. Finalmente, y según Bahamóndez (2017), en términos generales, para elevar la eficiencia de trabajos en mina, especialmente en el sistema de transporte, es necesario contar con indicadores de desempeño y gestión que ayuden a reducir la variabilidad de eventos o fallas en el sistema, de tal manera que los costos de transporte, su productividad y su autonomía no sea afectada por eventos fortuitos o malos hábitos operativos del operador (Bahamóndez, 2017).

CONCLUSIONES

- La investigación concluye que al incrementar la capacidad de tanque de combustible de 1000 gal a 2000 gal a la flota de camiones Caterpillar 797-F, se mejora la autonomía e incrementa su productividad t/h.
- Actualmente el camión Caterpillar modelo 797-F tiene capacidad de tanque de combustible de 1000 gal, con una capacidad efectiva de operación de 800 gal, el 20% de combustible es la mínima cantidad con que el camión trabaja y debe ser programado inmediatamente para reabastecer combustible, el consumo promedio por hora es de 79.5 gal/h y una autonomía de 10.06 h/día para operar 18.57 horas efectivas de trabajo al día, el cociente de las horas efectivas de trabajo al día y la autonomía resulta 1.87 equivalente a 2 veces el ingreso al grifo para servicio de abastecimiento de combustible el cual genera pérdidas en la productividad de los camiones CATARPILLAR 797-F, 233.57 horas por segundo ingreso al grifo dejando de producir 133,849.6 toneladas, valorizadas en el periodo de enero a mayo del 2021 en 362,724.57 dólares.
- La autonomía de un camión CATERPILLAR 797-F, mejora de 800 gal a 1800 gal con un tanque de 2000 galones; es decir, existe una diferencia de 1000 en mejora. Por otro lado, la velocidad, la aceleración y el tramo a recorrer fue el mismo para ambos camiones con 1000 y 2000 gal, ello porque la ruta de transporte es la misma, y mantener una velocidad constante y mínima influye positivamente sobre la autonomía del camión; por tal razón, estos indicadores no variaron.

- Se concluye que un camión con tanque de combustible de 2000 gal, la producción se incrementa en 57 t/h, y los costos de transporte se reducen en \$0.059. Finalmente, a diferencia de un camión con tanque de 1000 gal, con un tanque de 2000 gal, los costos de transporte de un camión Caterpillar modelo 797-F generan un ahorro de \$3.363 por hora de transporte, a diferencia de lo camiones de tanque de 1000 galones se registra perdida en la producción.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al área de administración de la Mina Cuajone-Southern Perú considerar los resultados de este informe, con respecto al cambio de capacidad en el tanque de combustible para los camiones Caterpillar modelo 797-F, de tal manera que se eleve su autonomía e incremente su productividad.
- A continuación, detallamos la inversión y el costo beneficio que genera implementar los Tanques de 2000 galones a la flota de camiones

Tabla 25 : *Costo Beneficio para remplazo de tanque a 2000 gal.*

Producción Total perdida de enero a mayo (t)	133,849.6
Relación Desbroce (D/M) - Plan Anual **	5.17
Acarreo Mineral (TN)	21,693.6
Ley Cu (%) - Plan Anual	0.6%
recuperación Concentradora. (%)	84.0%
recuperación Fundición. (%)	97.5%
recuperación Refinería. (%)	99.7%
Toneladas Concentrado de Mineral a Vender (t)	113.4
Factor de conversión de toneladas a libras	2,204.6
Libras Mineral a Vender (Lb)	249,933.6
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45
Perdida de enero a mayo (US\$)	362,403.8
Perdida Promedio Mensual (US\$)	72,480.8
Perdida Proyectado del año (US\$)	869,769.0
Costo del Tanque de 2000 gal (US\$)	51,965.3
Costo de referencia del Proveedor	
Numero de camiones a implementar con Tanques de 2000 gal	7
Costo de remplazo a Tanques de 2000 gal, para 7 camiones (US\$)	363,757.8
Beneficio Estimado en el periodo enero mayo (US\$)	-1353,3
Beneficio Estimado anual (US\$)	506,011.9

Fuente: *Elaboración propia.*

- De la **Tabla 25** se tiene, el costo de remplazo de los tanques de combustible de 1,000 a 2,000 galones para 7 camiones de la flota Caterpillar 797-F es de US \$ 363,757.8 y la pérdida que tenemos por el ingreso de la flota de camiones CATERPILLAR 797-F, 2 veces al día al grifo, asciende a US \$ 362,403.8. Con el remplazo de los tanques de combustible a 2,000 galones de los 7 camiones, se reduce la pérdida a US \$ 1353.3 en el periodo de enero a mayo y si proyectamos en el año el beneficio anual es de US \$ 506,011.9 sólo en el primer año y en los siguientes de US \$ 869,769.
- Elaborar y evaluar los indicadores de autonomía de los camiones constantemente, en especial al implementar estrategias de mejora, ya sea en la ruta de viaje, el peso de carga, la calidad de combustible, etc.
- Realizar más estudios con respecto al costo de transporte por tonelada y productividad de tonelada por hora de los camiones, ello implementado estrategias de mantenimiento preventivo, que ayudará a minimizar averías que afecten el desempeño de los vehículos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bahamóndez, M. (2017). *Implementación sistema de gestión para reducción de costos optimizando el desempeño por componente en equipos mineros*. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas.
2. Campos, C., & Valencia, J. (2019). *Aumento de la productividad de una operación minera a cielo abierto mediante la identificación y mejoras de factores que influyen en el ciclo de carguío y acarreo*. Lima: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería de Minas.
3. Carhuari, A. (2019). *Optimización del uso de los equipos de carguío y acarreo en minería superficial en la Compañía Minera Corporación del Centro Gold Mining S.A.C. - Región la Libertad*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas.
4. Carrillo, A. (2015). *Población y muestra. Métodos de la investigación*. Universidad Autónoma Del Estado De México, Escuela Preparatoria Texcoco. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799/35134/1/secme-21544.pdf>
5. CAT. (2000). *Caterpillar Performance Handbook*. Illinois, USA: Publication by Caterpillar Inc.
6. Champi, M. (2016). *Reducción de las demoras operativas y optimización de tiempos por abastecimiento de combustible con el sistema VR -300 GPM en los volquetes de mina - Unidad Operativa Cuajone*. Arequipa: Universidad

Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología, geofísica y minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas.

7. CONCYTEC. (20 de febrero de 2020). *Acceso libre a información científica para la innovación*. Obtenido de ALICIA: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9708>
8. Cooperación. (2020). *Actualidad minera*. Lima: Boletín informativo.
9. Domínguez, J. (1995). *Dirección de Operaciones*. Madrid, España: Mc Graw – Hill.
10. Escamilla, M. (2011). *Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina*. Colima: Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Colima.
11. Gaete, C. (2019). *Interfaz computacional para gestión de KPI de operaciones de carguío y transporte de minera Centinela*. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas.
12. Galsser, W. (1984). *Control Theory*. New York: Perennial Library.
13. García, D. (2018). *¿Cómo mejorar el rendimiento de la flota en una empresa transportadora en cuanto a mantenimiento y combustible?* Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de +Ingeniería.
14. García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A.

15. González, V. (2018). *Modelo evaluativo para el cálculo de flota de equipos de carguío y transporte en Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi*. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas.
16. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGrawHill.
17. Hustrulid, W., & Mark, K. (1998). *Open Pit Mine Planning and Design*. Rotterdam: Balkema.
18. Komatsu. (2005). *Technical Handbook*. Tokio: Komatsu Inc.
19. León, F. (1998). *Tecnología de mantenimiento industrial*. Murcia: Universidad de Murcia.
20. Lino, J. (2009). *Metodología de la investigación*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP).
21. López, C. (2008). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Minas.
22. Mina Cuajone-Southern Perú. (2020). *Administración Truck Dispatch*. Perú.
23. Paredes, C. (2017). *Sistema de control de flota*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
24. Pfelider, E. (1992). *Surface Mining*. American Institute of Mining. California: Petroleum Engineers Inc.

25. Quiroga, J. (2011). *Proceso de mantenimiento de los acamiones mineros y su influencia en la producción*. Madrid: Departamento de minería.
26. Quiroga, P. (2016). *Diseño de herramienta computacional para control de KPI de operadores de carguío y transporte - Mina Los Bronces*. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas.
27. Relianz mining Solutions. (15 de enero de 2020). *Camiones mineros*. Obtenido de Camiones mineros: <https://relianzcat.com/producto/modelo/797f/>
28. Rojas, L. (1996). Selección de equipos y maquinaria en la industria minera. *Universidad Nacional de Ingeniería*, 63 - 81.
29. Rumbo Minero. (22 de Setiembre de 2014). *Tecnología y equipos: Haciendo el tajo abierto*. Obtenido de Revista Rumbo Minero Minería y Energía: <https://www.rumbominero.com/revista/informes/tecnologia-y-equipos-haciendo-el-tajo-abierto/>
30. Salomón, L. (2018). Productividad en el proceso minero, más allá de la producción. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 22(89), 04 - 16.
31. Segama, R. (2019). *Incremento de productividad mediante optimización del sistema de transporte con camiones en el Tajo norte - Sociedad Minera El Brocal*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería de minas.
32. Villanueva, L. (2019). *Evaluación técnico - financiera de estrategias de mantenimiento aplicables a una flota de camiones mineros 797F en una*

operación minera al Sur del Perú. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Escuela de Posgrado.

33. Wireman, T. (2010). *Desarrollo de indicadores de desempeño*. Bogotá, Colombia: Editorial Rojas Eberhard Editores Ltda.

ANEXOS

Anexo 5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA										
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA										
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS										
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS										
PROYECTO:			“INCREMENTAR CAPACIDAD DE TANQUE DE COMBUSTIBLE DE 1000 GI A 2000 GL A LA FLOTA DE CAMIONES CATERPILLAR 797-F, PARA ELEVAR SU AUTONOMÍA E INCREMENTAR PRODUCTIVIDAD t/h”							
FECHA: MAYO 2021										
Nº	Dimensiones	Indicadores	C-130	C-131	C-132	C-133	C-134	C-135	C-136	
1	Almacenamientos	Capacidad del tanque de combustible	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
2		Tiempo Total de ingreso al grifo (h/mes)	11.2	14.3	12.5	12.1	11.1	14.1	14.1	
3		Duración servicio de abastecimiento (h)	0.23	0.29	0.23	0.27	0.21	0.25	0.26	
4		Nº de veces de ingreso en el mes	49	50	55	44	52	57	54	
5		Tiempo Fuera de ruta para el servicio (h)	0.60	0.63	0.80	0.43	0.70	0.87	0.77	
6	Autonomías	Porcentaje de combustible	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	
7		Recarga de combustible	800	800	800	800	800	800	800	
8		Horas de trabajo por día (h)	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	
9		Consumo Promedio de combustible (gal/h)	80	80	80	80	80	80	80	
10	Acarreos	Disponibilidad mecánica	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
11		Utilización	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	
12	Producción	Productividad del camión (t/h)	750	750	750	750	750	750	750	
13		Costos de transporte (\$/t)	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	

Anexo N° 6

Anexo N° 7

Indicadores para el cálculo de valoración.

Mes		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Productividad	Relacion Desbroce (D/M) - Plan Anual	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17
	Ley Cu (%) - Plan Anual	0.613	0.631	0.652	0.645	0.645
	Recuperacion Concentradora. (%)	84	84.24	84.11	84	84.5
	Recuperacion Fundicion (%)	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
	Recuperacion Refineria. (%)	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
	Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
	Factor de conversion l t a lb	22204.62	22204.62	22204.62	22204.62	22204.62

Anexo N 8

Datos para camiones con tanque de 2000 gl

N°	Dimensiones	Indicadores	Camión 1
1	Almacenamientos	Capacidad del tanque de combustible	2000
2		Duración del servicio de abastecimiento	0.37 h
3		N° de veces de ingreso (por día)	1
4	Autonomías	Longitud de tramo	11.38 km
5		Recarga de combustible	1800
6		Velocidad y aceleración	25 km/h
7		Disponibilidad mecánica	90%
8	Acarreos	Utilización mecánica	86%
9		Consumo de combustible de equipos de transporte	79.5 gal/h
10		Costos de transporte	0.65 \$/t
11		Productividad del camión	638 t/h

Anexo N° 8 Fotos



JOSUE VILCHEZ ESPEJO

Ingeniero de Minas

Jve45@hotmail.com

Cel.: 953722655

PERFIL PROFESIONAL:

Ingeniero de Minas Senior con 17 años de experiencia en minas a Tajo Abierto de Au, Cu, con capacidad de incentivar, motivar, persuadir y ejercer influencia en el comportamiento y/o modo de pensar de su personal, trabajando en equipo y bajo presión, con el propósito de cumplir los objetivos establecidos por los directivos de la empresa.

En seguridad mediante la prevención, buscar proteger al personal tanto a nivel físico como mental y emocional, así como brindar las condiciones seguras de trabajo cumpliendo estrictamente las normativas vigentes nacionales como internas de la empresa: Programa de Seguridad y Salud, Reglamento Interno de Seguridad y Salud (RISSO), reglamento Interno de Trabajo (RIT), con la finalidad de elevar el rendimiento y eficiencia del personal y prevenir accidentes e incidentes de alto potencial.

Con capacidad de Gestión de las operaciones por indicadores (KPIs) en las actividades de perforación, voladura, carguío y transporte tanto de mineral para el proceso a concentradora y desbroce hacia los depósitos de desmonte, con equipos de gran tamaño tales como camiones CAT 797F, Komatsu 980 de capacidad de 365 TM y Palas Eléctricas P&H 4100 XPC y Bucyrus 49HR II de capacidad de balde 100 TM.

Participación en la elaboración del presupuesto anual para la Gerencia de Operaciones Mina que cuenta con 365 operadores, 45 camiones, 7 palas eléctricas, 5 tractores CAT-D10T, 5 tractores CAT- D11T, 5 Motoniveladoras CAT 24M, 4 tanques de regadío CAT-785F, consumo de: Llantas, combustible, barrenos y brocas triconicas para perforación primaria, accesorios y explosivos para la voladura primaria y pre corte.

EXPERIENCIA PROFESIONAL:

Southern Perú - UEA Cuajone: Marzo 2020 a Diciembre 2020.

Superintendente de Operaciones Mina Interino.

Responsable de Incentivar la participación de todo el equipo de la Superintendencia Mina de forma activa en la prevención y corrección de actos y condiciones sub estándares promoviendo la Seguridad con el ejemplo, supervisa y se asegura el

cumplimiento estricto del Programa de Seguridad y Salud (PROSESA), de las normas y políticas de la empresa, así como el Reglamento Interno de Trabajo, Reglamento Interno de Seguridad y Salud, las leyes vigentes nacionales, en todo momento en las áreas de trabajo y personal bajo mi responsabilidad.

Responsable de asegurar la continuidad y la eficiencia de las operaciones en todas las etapas del proceso de la mina: perforación, voladura, carguío, transporte de mineral hacia el proceso de la concentradora y del desbroce a los depósitos de desmonte, organizando y dirigiendo el desarrollo normal de las actividades en mina tomando decisiones preventivas y correctivas para asegurar el cumplimiento del plan de minado, en coordinación con el Jefe de Guardia de turno, Jefe de Perforación y Disparos, Jefe General de Operaciones Mina, asistiendo y asesorando en los problemas técnicos y administrativos que se puedan presentar durante el turno, controlando y asegurando que se cuente con recursos de personal, disponibilidad y utilización de equipos.

Responsable de coordinar con las Superintendencias de: Concentradora, Ingeniería Mina, Geología y Geotecnia, para realizar y revisar los planes de envío de mineral al proceso ley de cabeza, granulometría, dureza de mineral y la mezcla de mineral con el porcentaje de aporte por tipo de mineral para que sea la más óptima con la finalidad de elevar el tonelaje de molienda mineral y el porcentaje de recuperación.

Responsable programar con la Superintendencia de Mantenimiento y Concentradora el mantenimiento: Predictivo, Preventivo y Correctivo de Equipos Mina y Chancadora Mina, con el fin de no afectar el desarrollo normal de las operaciones tanto en mina como en concentradora.

Responsable de realizar el presupuesto anual, mensual de los recursos vitales para la operación consumo de: Combustible, Llantas, Brocas triconicas, Barrenos, insumos y accesorios para voladura.

Southern Perú - UEA Cuajone: Marzo 2017 a Febrero 2020.

Jefe General de Operaciones Mina

Participación activa en la prevención y corrección de actos y condiciones sub estándares promoviendo la Seguridad con el ejemplo y utilizando las herramientas de Gestión de la Seguridad tal como: Reporte de Incidentes, condiciones, actos Sub Estándares, Inspecciones, Pre uso de equipos en operación y Observaciones de Seguridad Basada en el Comportamiento.

Supervisa y se asegura el cumplimiento del Programa de Seguridad y Salud (PROSESA), de las normas y políticas de la empresa, así como el Reglamento Interno de Trabajo, Reglamento Interno de Seguridad, las leyes vigentes nacionales, en todo momento, en las áreas de trabajo bajo mi responsabilidad.

Responsable de programar, dirigir, las actividades de producción de la mina de acuerdo a las directivas de la Superintendencia de Operaciones Mina, coordinando con el Jefe de Guardia y Jefe de Perforación y Voladura, impartiendo instrucciones, asistiendo, asesorando y asegurando que se cumplan.

Responsable del envío de mineral al proceso en: tonelaje, ley de cabeza, dureza, mezcla de tipos mineral y desbroce, realizando seguimiento de los indicadores que proporciona el Sistema Dispatch Hora a Hora, comparando lo real con el plan de minado del turno.

Responsable de realizar seguimiento al cumplimiento de los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo a fin de garantizar la disponibilidad mecánica y física de los equipos y dar continuidad a las operaciones.

Responsable de planificar y desarrollar actividades para mejorar el desempeño del potencial humano bajo mi responsabilidad, supervisores mina y operadores de equipo pesado, mediante la capacitación, entrenamiento continuo en operación de equipos y habilidades blandas enfocado a desarrollar valores y rasgos que fomentan la comunicación, la relación efectiva entre miembros del equipo de trabajo de operaciones mina.

Southern Perú - UEA Cuajone: Octubre 2008 a Febrero 2017.

Jefe General de Guardia- Operaciones Mina

Responsable de organizar inspecciones y levantamientos de observaciones de condiciones inseguras de trabajo en las zonas involucrados directamente en el proceso de minado, verificando que se encuentren en perfectas condiciones seguridad para el desarrollo de las actividades programadas en el turno, con la finalidad de optimizar y lograr mayor eficiencia en el desempeño laboral del personal y equipos bajo mi responsabilidad.

Responsable de planificar, dirigir y coordinar con los Supervisores Mina y Jefe de Perforación y Disparos, las actividades de minado y proyectos de construcción en mina programados en el turno, comunicándoles las el estado actual y los cambios a efectuar tales como:

- Cambio de ubicación del corte minado de las palas en mineral según polígonos programados y también desmonte.
- Generar áreas de perforación según plan de minado y prioridades.

- Construcción de rampas, accesos, bermas de carreteras hacia un nuevo depósito de desmonte.
- Construcción del sistema de drenaje en todas las zonas de minado.
- Descarga de cuñas y deslizamientos que estén afectando el normal desarrollo de la operación.
- Traslados largos de palas y perforadoras de una Fase de minado a otra según necesidad de la operación.
- Mantenimiento de: Carreteras, plataformas de los depósitos de desmonte y chancadora, pisos de palas, bermas de carretera,

Responsable de planificar, supervisar, dirigir y controlar en coordinación con los Supervisores de Mina y Control Dispatch, las actividades de carguío, acarreo de mineral asegurándose el cumplimiento estricto en tonelaje, ley de cabeza, dureza y la mezcla de mineral hora a hora este acorde a lo planificado en el turno, apoyado por los indicadores que muestra en tiempo real el Sistema Dispatch.

Responsable de Supervisar, coordinar y realizar seguimiento a Control Dispatch sobre los indicadores de los equipos de mina: Disponibilidad, Utilización, Palas esperando Camiones, Palas con más de 2 camiones en cola, demoras de malogrado, stand by, falta de operador, cuidado de Neumáticos mediante los Sistemas MEMs 4 y ITrack y el Sistema Anti fatiga, según sea el caso impartir instrucciones para corregir con el fin de optimizar el Rendimiento y Eficiencia del personal y equipos.

Southern Perú - UEA Cuajone: Octubre 2008 a Febrero 2017.

Supervisor Operaciones Mina.

Responsable de asignación de labores del personal y equipos de mina según indicaciones de la Jefatura General de Guardia de operaciones Mina para el desarrollo de proyectos en mina tal como construcción de: Pisos de palas, depósitos de desmonte, carreteras, rampas, áreas de perforación, sistemas de drenaje en mina, descarga y estabilización de cuñas y/o de zonas inestables que se encuentran en conflicto con áreas de minado.

Responsable del envío de mineral al proceso tanto en tonelaje como mezcla de tipos de mineral según ley y/o dureza, inspeccionando, monitoreando y guiando la ubicación de la pala en los polígonos de mineral programados del turno con el objetivo de obtener la mayor molienda y recuperación posible en concentradora y así también del desbroce.

Responsable del seguimiento a la disponibilidad, utilización hora a hora de volquetes, palas según las prioridades de minado, con la finalidad de lograr los objetivos planificados en el indicador de Utilización de equipos, reduciendo tiempos muertos.

Responsable del mantenimiento de carreteras, control de pisos de: palas, stocks y depósitos de desmonte y si es necesario utilizar grava y material de lastre para el mejoramiento del perfil de las carreteras y plataformas de descarga con la finalidad de incrementar la vida útil de los neumáticos de volquetes.

Responsable de ejecutar traslado de palas a nuevos frentes de minado y/o a zonas seguras por programación de voladura.

Responsable del taseo de horas trabajadas de personal bajo mi responsabilidad, registrando, asistencia, ausencia, sobretiempo, descanso médico y medidas disciplinarias.

Southern Perú - UEA Cuajone: Mayo 2005 a Noviembre 2006.

Supervisor Truck Dispatch - Operaciones Mina

Responsable de administrar, monitorear, optimizar la distribución mediante el Sistema Truck Dispatch (Jig Saw o Modular) la flota de camiones hacia las palas, tomando decisiones según restricciones, prioridades en el minado, capacidad de las zonas de descarga de mineral y desmonte.

Responsable de registrar: Los polígonos de mineral con toneladas, ley de cabeza, dureza según lo planificado en el turno, la producción total, abastecimiento de combustible de camiones y equipos auxiliares, demoras de malogrado, stand by, falta de operador verificando en coordinación con mantenimiento y el operador del equipo la veracidad de la información.

Aruntani SAC.- UEA Santa Rosa: Agosto 2004 a Abril 2005.

Jefe de Perforación y Voladura.

Responsable del diseño de malla de perforación y columna de carga explosiva según tipo de roca, control de taludes con voladura de "pre corte".

Responsable del presupuesto y evaluación de Costos de Perforación y Voladura.

Responsable del rendimiento de los equipos de Perforación, Perforadoras IR-DM45E y accesorios tales como brocas y barrenos.

Aruntani SAC.- UEA Santa Rosa: Agosto 2002 a Abril 2004.

Supervisor Mina.

Mina de Oro a tajo abierto con 700,000 TM de producción mensual.

Responsable de la evaluación de Ciclos, Rendimiento y Eficiencia de los equipos de Carguío y transporte:

- 30 Volquetes capacidad de 25 TM.
- 02 Excavadora CAT 345B.
- 01 Excavadora Komatsu 450 PC.
- 01 Cargador Frontal CAT 992C.

Control y asignación de actividades de Equipos Auxiliares:

- 01 Tractor Cat - D8R
- 01 Tractor Cat – D7H

- 01 Tractor Komatsu D 155 AX
- 02 Motoniveladora Champion 720A

Distribución de la flota de equipos en la mina según el plan de minado del turno.

Construcción de Botaderos de desmonte.

- Drenes y Sub-Drenes.
- Encapsulado

Capacitación y Entrenamiento del Personal para operación de equipos en mina.

HABILIDADES:

Gestión del Tiempo.

Gestión de la Información.

Trabajo en Equipo.

Comunicación Efectiva.

Aprendizaje Continuo.

Manejo del Sistema Truck Dispatch: Modular y Jigsaw nivel avanzado.

Microsoft Office: Word, Excel, Power Point, Nivel Avanzado.

CAPACITACION y CURSOS:

2010 Entrenamiento, Grupo Consulta: Coaching para Supervisores Mina

2013 Entrenamiento, Grupo Consulta: Team Building Gerencial para procesos de mina en mejora continua.

2014 Taller, Grupo Consulta: Trabajo en Equipo y Liderazgo.

2014 Curso, Technical Training Services Manager: Técnicas Operacionales de Equipos Móviles.

2014 Entrenamiento Det Norske Veritas S.A: Administración Moderna de la Seguridad.

PONENCIAS Y PUBLICACIONES:

2015 Ponente, COMASURMIN – UNAM: Eficacia o Eficiencia en el Control de las Operaciones Mineras.

2015 Docente, UNAM Facultad de Ing. Minas: Control de Operaciones.

REFERENCIAS LABORALES Y PERSONALES:

Marco Antonio Figueroa
Director de Operaciones-Mina Cuajone
Southern Perú
Cel: 947562420

José A. Medina Lazo
Superintendente Operaciones Mina
Southern Perú
Cel: 953502101

Javier Salazar Muñoz
Gerente General de Mina Chaspalla- Ilo
Cel: 953521876

Enrique Paredes Rivero
Gerente de Operaciones Mina
Antamina
Cel: 944566478