

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis del desempeño para el control operativo
de los equipos de servicios auxiliares en
Minera La Zanja S.R.L.**

Eduardo Moises Vivas Luya

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Julio Fredy Porras Mayta

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros y nobles agradecimientos:

A los honorables profesionales que desarrollan actividades científicas en relación al análisis del desempeño de los equipos de servicios auxiliares para el control operativo en la minera la Zanja S.R.L. Asimismo, a todos los colegas vinculados con el quehacer de la Ingeniería de Minas dentro de la región Junín y del país.

A mis maestros, por sus enseñanzas imperecederas, en la facultad de Ingeniería.

DEDICATORIA

A Dios, que ilumina mi vida familiar, profesional y sobre todo intelectual.

En especial consideración a mi madre Inés, quien a lo largo de sus años me entrego su amor, cuidado y enseñanzas de valores para que sea una persona de bien.

A mi padre Jenner agradezco sus enseñanzas, consejos, paciencia y su esfuerzo inagotable por prepararme para la vida a quien espero no defraudar.

A mi abuelo Juan Luya, a mi tío Mario Luya y a mi tío Decentinio Luya, a mi hermano Jenner.

Así como también a mis tíos, a quienes les considero como segundos padres le agradezco su preocupación por guiarme por el camino correcto en cada etapa de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema	15
1.1.1. Problema general	19
1.1.2. Problemas específicos.....	19
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo general.....	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. Justificación e importancia	20
1.3.1. Justificación practica.....	20
1.3.2. Justificación metodológica	20
1.4. Hipótesis e importancia.....	20
1.4.1. Hipótesis general	20
1.4.2. Hipótesis específicas	20
1.4.3. Identificación de las variables	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Antecedentes del problema	23
2.1.1. Internacional	23
2.1.2. Nacionales	28
2.2 Bases teóricas	31
2.2.1 Mantenimiento minero	31
2.3 Descripción de la unidad minera La Zanja	34

2.3.1 Ubicación y accesibilidad.....	34
2.3.2 Aspectos geológicos.....	37
2.3.3 Formaciones geológicas.....	38
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.1. Tipo de investigación	40
3.2. Nivel de investigación	40
3.3. Métodos de investigación.....	40
3.4. Diseño de investigación	41
3.5. Población y muestra	41
3.5.1 Población.....	41
3.5.2 Muestra.....	41
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de información o datos.....	42
3.6.1. Técnicas de recolección de información o datos	42
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	42
3.6.3. Procesamiento de información de datos.....	42
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares. ..	43
4.1.1 Descripción de tiempos inefectivos.....	44
4.1.2 Análisis de las pérdidas operacionales en volquetes noviembre y diciembre 2019	47
4.1.3 Análisis de las pérdidas operacionales en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019	48
4.1.4 Análisis de demoras programadas en volquetes noviembre y diciembre 2019	49
4.1.5 Análisis de demoras programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019	50
4.1.6 Análisis de demoras no programadas en volquetes noviembre y diciembre 2019	51
4.1.7 Análisis de demoras no programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019	52
4.1.8 Análisis de reservas en volquetes volvo noviembre y diciembre 2019 ..	53

4.1.9	Análisis de reservas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019	54
4.1.10	Análisis de fuera de servicio programadas en volquetes volvo noviembre y diciembre 2019	55
4.1.11	Análisis de fuera de servicio programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019	56
4.1.12	Análisis de fuera de servicio imprevistos en volquetes volvo noviembre y diciembre 2019	57
4.1.13	Análisis de fuera de servicio imprevistos en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019	58
4.2	Resumen del análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en los meses noviembre y diciembre 2019	59
4.2.1	Oportunidades de mejoras operativas en tiempos muertos	61
4.2.2	Análisis de tiempos muertos entre noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020	64
4.3	Evaluación del estudio de tiempos y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares para el seguimiento y medición de indicadores operacionales.....	67
4.4	Evaluación del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares	68
4.4.1.	Evaluación de equipos en los meses noviembre y diciembre 2019.....	70
4.4.2.	Evaluación de equipos en los meses enero y febrero 2020.....	71
4.4.3.	Discusión de resultados	75
	CONCLUSIONES.....	79
	RECOMENDACIONES	81
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de causas que generan tiempos muertos en los equipos de servicios auxiliares	43
Tabla 2. Resumen de descripción de tiempos muertos en volquetes noviembre y diciembre 2019	59
Tabla 3. Resumen de descripción de tiempos muertos en equipos de línea amarilla noviembre y diciembre 2019	60
Tabla 4. Comparativa de los tiempos muertos de los volquetes en los meses noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020	65
Tabla 5. Comparativa de los tiempos muertos de los equipos línea amarilla en los meses noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020	66
Tabla 6. Promedio de indicadores operacionales en volquetes de los meses noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020	67
Tabla 7. Promedio de indicadores operacionales en equipos línea amarilla de los meses noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020	68
Tabla 8. Tipos de costos unitarios en los equipos noviembre y diciembre 2019 – enero y febrero 2020	69
Tabla 9. Evaluación de cumplimiento de horas programadas y costos totales noviembre y diciembre 2019	70
Tabla 10. Evaluación de cumplimiento de horas programadas y costos totales enero y febrero 2020	71
Tabla 11. Resumen optimización de costos noviembre y diciembre 2019	73
Tabla 12. Resumen optimización de costos enero y febrero 2020	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Programa de mantenimiento preventivo de equipos F&M Maquinarias	32
Figura 2. Revisión geográfica de Geocatmin	35
Figura 3. Accesibilidad a la Minera La Zanja	36
Figura 4. Edades geológicas en la minera La Zanja	37
Figura 5. Formaciones volcánicas alrededor de la minera La Zanja	38
Figura 6. Litología del volcánico Huambos	39
Figura 7. Litología del volcánico Huambos	39
Figura 8. Análisis de causas que generan tiempos muertos	44
Figura 9. Pérdidas operacionales en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019.....	47
Figura 10. Pérdidas operacionales en equipos línea amarilla, noviembre y diciembre 2019	48
Figura 11. Demoras programadas en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019.....	49
Figura 12. Demoras programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019	50
Figura 13. Demoras no programadas en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019	51
Figura 14. Demoras no programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019	52
Figura 15. Reservas en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019	53
Figura 16. Reservas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019.....	54
Figura 17. Fuera de servicio programadas en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019	55
Figura 18. Fuera de servicio programadas en equipos de línea amarilla noviembre y diciembre 2019	56
Figura 19. Fuera de servicio imprevistos en volquetes noviembre y diciembre 2019.....	57

Figura 20. Fuera de servicio imprevistos en equipos de línea amarilla noviembre y diciembre 2019	58
Figura 21. Diagrama de Pareto de tiempos muertos en volquetes noviembre y diciembre 2019	60
Figura 22. Diagrama de Pareto de tiempos muertos en equipos de línea amarilla noviembre y diciembre 2019.....	61

RESUMEN

La presente investigación planteó como problema general: ¿cuál es el análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en la minera La Zanja S.R.L.? El objetivo general fue determinar el análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en minera La Zanja S.R.L., y la hipótesis general que se planteó fue: el análisis del desempeño permite el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en minera La Zanja S.R.L.

El método general de investigación fue el científico de tipo aplicada, nivel descriptivo correlacional, diseño cuasi experimental, la población estuvo conformada por los equipos de servicios auxiliares de la empresa contratista F&M maquinarias en minera La Zanja que en su totalidad es igual a 44 unidades, la muestra no probabilística, por consiguiente no aleatoria, estuvo constituida por 28 unidades.

Producto de la investigación se concluye que: mediante el análisis de los tiempos muertos se detectó dentro de las pérdidas operacionales tres mejoras operacionales y una oportunidad de mejora. En las demoras programadas, seis mejoras operacionales; en las demoras no programadas dos mejoras operacionales y dos oportunidades de mejora. En las reservas, dos mejoras operacionales y una oportunidad de mejora. En fuera de servicio programadas, dos mejoras operacionales; en fuera de servicio imprevistos cinco mejoras operacionales. De acuerdo a las mejoras operacionales, se reduce los tiempos muertos en los volquetes con 87.1 horas y en equipos línea amarilla con 68.3 horas, obteniendo mayores tiempos de disponibilidad para la utilización efectiva de los equipos. En el análisis de los tiempos muertos, se obtuvo una base de datos donde hay una oportunidad de mejora que se tienen que superar, el cual es la espera del orden del área que representa el 75 % de las horas muertas en volquetes y 70 % de horas muertas en equipos línea amarilla.

Palabras clave: Análisis del desempeño, control operativo, equipos de servicios auxiliares

ABSTRACT

The present investigation was raised as a general problem: What is the analysis of the performance for the operational control of the auxiliary services equipment at Minera La Zanja SRL? The general objective was: To determine the performance analysis for the operational control of the auxiliary services equipment in Minera La Zanja SRL, and the general hypothesis consisted of: The performance analysis allows the operational control of the auxiliary services equipment in Minera La Zanja SRL

The general research method was the applied scientific type, correlational descriptive level, quasi-experimental design, the population was made up of the auxiliary services teams of the contractor company F&M machineries in Minera la Zanja, which in total is equal to 44 units, the non-probabilistic therefore non-random sample consisted of 28 units.

As a result of the investigation, it is concluded that: Through the analysis of downtime, 03 operational improvements and 01 opportunity for improvement were detected within the operational losses; in programmed delays 06 operational improvements; in unscheduled delays 02 operational improvements and 02 opportunities for improvement; in reserves 02 operational improvements and 01 opportunity for improvement; 02 operational improvements scheduled out of service; in unforeseen out of service 05 operational improvements. According to the operational improvements, the downtime in dump trucks is reduced with 87.1 hours and in yellow line equipment with 68.3 hours, obtaining greater availability times for the effective use of the equipment. In the analysis of the dead times, a database was obtained where there is 01 opportunity for improvement that must be overcome, which is the expected order of the area that represents 75% of the dead hours in dump trucks and 70% of hours dead on yellow line equipment.

Keywords: Performance analysis, operational control, auxiliary services teams

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como título: Análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en minera La Zanja S.R.L. La minera La Zanja S.R.L inició sus operaciones en el año 2010, cuenta con 2 tajos: San Pedro Sur y Pampa Verde. En estas se realiza la extracción del mineral para ser llevados al pad de lixiviación con solución cianurada y posterior procesamiento en la planta Merrill Crowe. Dentro del área de servicios auxiliares se utiliza los siguientes equipos: excavadoras CAT 336DL, excavadoras 320 DL, excavadora 320 DL brazo largo, volquetes FM y FMX, tractor D6T, tractor D8T, motoniveladora 140H, rodillo CF56 y retroexcavadora 420F. Estos equipos auxiliares son proporcionados por empresas contratistas, teniendo oportunidades de mejora: programa de mantenimiento de equipos, disponibilidad en equipos, utilización efectiva del equipo, programación de tareas, asignación de equipos y control de equipos.

Así, los diferentes equipos de servicios auxiliares de la empresa F&M Maquinarias, realizan los siguientes trabajos: habilitación de accesos, fragmentación de bolonería, excavaciones, conformación, nivelación, compactación, remediación de áreas, carguío de materiales, acarreo de materiales, descarga de materiales, limpieza de pozas, mejoramiento de vías secundarias, perfilado de taludes, corte-empuje para conformación, preparación de mezclas de insumos de remediación, etc.

En suma y, para mayor comprensión del presente quehacer científico, el presente trabajo de investigación, está organizado de la siguiente manera: en el CAPÍTULO I, se considera el planteamiento del estudio, donde se encuentra el planteamiento y formulación del problema, objetivo general y específicos de la investigación, la justificación e importancia de la investigación.

El CAPÍTULO II trata del marco teórico donde se considera: los antecedentes de la investigación, las teorías básicas, la definición de términos básicos, el

sistema de hipótesis tanto general como específica, seguida de las variables de estudio e incluye la operacionalización de las variables, considerando sus dimensiones e indicadores.

El CAPÍTULO III comprende los aspectos metodológicos donde se desarrolla lo siguiente: tipo y nivel de investigación, método y diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de acopio de datos, considerando la validez y confiabilidad del instrumento empleado y por último las técnicas de procesamiento de datos.

En el CAPÍTULO IV se desarrolla la presentación y el análisis de los resultados, el cual comprende: la presentación de aspectos descriptivos, prueba de hipótesis, y la discusión de resultados.

Finalmente se da a conocer las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El campo de la minería en el desarrollo latinoamericano ha cambiado en relación al uso de nuevas tecnologías para modernizar la extracción de minerales de la corteza terrestre. Hecho que ha consolidado diversos cambios en el plano económico y más aún financiero; ya que, la economía de cada país se ha beneficiado del sector minero, en la medida de que los trabajos y operaciones se han localizado para optimizar la extracción de minerales, según el Ministerio de Energía y Minas. (1)

Extracción que está íntimamente vinculada con el proceso de transformar la riqueza potencial en las diversas materias primas. Proceso complejo y variado que se vincula con grandes sectores económicos y productivos dentro de industrias vinculadas al campo de la minería. Industria que representa la base fundamental de la economía y eje dinámico del desarrollo de otras actividades. Actividades que van desde sectores de transporte público y privado, construcción, circulación vehicular, composiciones químicas, material militar, eficiencia energética y hasta sofisticación de las actividades domésticas. Es así que, el uso de minerales y la acumulación de capitales, han cambiado la visión de la minería en pleno Siglo XXI.

Esta dinámica mineral y el incremento de divisas financieras en el capital hicieron que la minería se expanda hacia otros territorios y contextos para

expandir e intensificar la extracción, el control y la exportación de recursos minerales, siendo los metales, los más cotizados y trabajados por la minería. Así, van cambiando los métodos de explotación y se va sofisticando la explotación a cielo abierto, la explotación a nivel internacional y el aumento de la producción.

Razón por la cual, los métodos de explotación minera, se desarrollan desde lo subterráneo y a cielo abierto. El primero, tiene que ver con la utilización de equipos y máquinas pequeñas, trabajando en túneles y en las diversas galerías que comunican con las diversas superficies de la tierra. Empero, el segundo, es decir el de cielo o tajo abierto, provoca se aplica a poco profundos yacimientos, que se extienden a nivel lateral. El desarrollo de este método de explotación, se realiza desde prácticas que alteran el equilibrio del medio ambiente, para ello de la mano del buen manejo de aguas es imprescindible en la operación.

Por ende, la explotación de minerales a nivel internacional viene experimentando el análisis del desempeño de ciertos equipos de servicios auxiliares para el control operativo de las mineras en el mundo y específicamente en Latinoamérica. Así, los mercados globales están necesitando materias primas, sobre todo minerales que son base para una serie de industrias ya mencionadas.

Este fenómeno ha conllevado a que el control mineral a nivel nacional, esté vinculado con la necesidad de extraer cantidades numerosas de minerales. Lo que conlleva a la multiplicación de ganancias financieras y, también, al deterioro del medio ambiente, en caso de no cumplir con los estándares para la realización del trabajo en minería. Este escenario, según Sánchez y Lardé (2018), “se ha convertido en el principal motor de desarrollo de países desarrollados, haciendo que los consumidores globales, soliciten con más frecuencia los productos primarios, extraídos por la minería latinoamericana” (p. 91). (2)

Esta realidad, insta a que las grandes industrias en el campo de la minería puedan plantear objetivos más concretos y realizables a corto, mediano y largo plazo. Perspectiva optimista que busca optimizar los procesos de análisis dentro del desempeño de los equipos de servicios auxiliares para en control operativo de las mineras; ya que, en razón de la competitividad internacional y de las

tendencias que incrementan la demanda han identificado ciertos cambios en el plano del análisis del equipo. Los mismos que deben de cumplir con ciertos trabajos, de la manera más eficiente posible. Hechos que incrementan la reestructuración de los estándares de cuidado y optimización de equipos o tecnologías dentro de la minería.

La minería regional se enfrenta a ciertos paradigmas con proyección internacional, siendo el Perú uno de los países más beneficiados en cuanto a la extracción de recursos por parte de la minería, la misma que a través de políticas estatales, buscan la intervención pública de los mercados dentro de la economía para la reestructuración de las finanzas internacionales, haciendo que la actividad empresarial sea la promotora de estos cambios regionales.

Estas sinergias, según Drums (2017), contribuyen con la profundización de los modelos de economía dentro de las políticas mineras y de energía en el estado peruano. Donde la eliminación y la reducción de controles o flujos comerciales, benefician a la distribución de beneficios, en busca de una interdependencia de los mercados globalizados. (3)

De esta manera, para el desarrollo de la minería nacional y regional, se hace fundamental el análisis preventivo y correctivo de los equipos que cumplen servicios auxiliares dentro del control operativo de las empresas mineras; puesto que, son los equipos los que desempeñan actividades ligadas al desarrollo propio de la minería e influyen en la incorporación de nuevos proyectos de progreso tecnológico.

De esta manera, la minería es representativa en el crecimiento y desarrollo del Perú. Entre estas se tiene a la minería a tajo abierto que mueve grandes volúmenes de roca y toneladas de mineral. Mediante las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío acarreo y servicios auxiliares en cada etapa utilizando diversos equipos en tamaño y capacidad. Como en el caso de la minera La Zanja S.R.L.

La minera La Zanja S.R.L inició sus operaciones en el año 2010 cuenta con 2 tajos: San Pedro Sur y Pampa Verde. . En estas se realiza la extracción del mineral para ser llevados al pad de lixiviación con solución cianurada y posterior procesamiento en la planta Merrill Crowe. Dentro del área de servicios auxiliares se utiliza los siguientes equipos: excavadoras CAT 336DL, excavadoras 320 DL, excavadora 320 DL brazo largo, volquetes FM y FMX, tractor D6T, tractor D8T, motoniveladora 140H, rodillo CF56 y retroexcavadora 420F. Estos equipos auxiliares son proporcionados por empresas contratistas, teniendo oportunidades de mejora: programa de mantenimiento de equipos, disponibilidad en equipos, utilización efectiva del equipo, programación de tareas, asignación de equipos y control de equipos.

Así, los diferentes equipos de servicios auxiliares de la empresa F&M Maquinarias, realizan los siguientes trabajos: habilitación de accesos, fragmentación de bolonería, excavaciones, conformación, nivelación, compactación, remediación de áreas, carguío de materiales, acarreo de materiales, descarga de materiales, limpieza de pozas, mejoramiento de vías secundarias, perfilado de taludes, corte-empuje para conformación, preparación de mezclas de insumos de remediación, etc.

Teniendo oportunidades de mejora: programa de mantenimiento de equipos, disponibilidad en equipos, utilización efectiva del equipo, programación de tareas, asignación de equipos y control de equipos. Siendo la prioridad el correcto desempeño operativo de estos equipos auxiliares para determinar las acciones correctivas inmediatas a fin de detectar la causa y superar las deficiencias actuales.

Así también, se ha podido confirmar el desarrollo de investigaciones, tanto a nivel internacional como a nivel nacional y regional sobre el análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares. Sin embargo, aún no se ha podido encontrar investigaciones sobre el análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en la minera La Zanja S.R.L.

En consecuencia, se formuló el siguiente problema de investigación científica:

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en la Minera La Zanja S.R.L.?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares?
- b) ¿Cuál es la evaluación entre el estudio de tiempos y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares?
- c) ¿Cuál es la evaluación del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en minera La Zanja S.R.L.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares.
- b) Determinar la evaluación del estudio de tiempos y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares.
- c) Determinar la evaluación del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación practica

El trabajo de investigación surgió con el fin de servir de guía permanente a todos los investigadores que de una u otra manera están inmersas en la búsqueda de información sobre el desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en la minera La Zanja S.R.L.

1.3.2. Justificación metodológica

Esta investigación surgió de la necesidad de analizar el desempeño operacional de los equipos de servicios auxiliares en minera la Zanja. Ello, con el propósito de identificar y examinar los indicadores existentes en la operación para el cumplimiento y/o mejoramiento de objetivos y metas.

Es así que los hallazgos del presente estudio servirán también como base para futuras investigaciones. Los resultados servirán de guía para mineras, ingenieros y demás personal de las empresas mineras. De manera que la siguiente investigación busca proporcionar información que será útil en los trabajos de servicios auxiliares de maquinaria pesada para identificar los factores positivos y negativos para mejorar el alcance del problema. De esta manera se contribuye con afianzar un mayor conocimiento sobre trabajos y/o estudios similares.

1.4. Hipótesis e importancia

1.4.1. Hipótesis general

El análisis del desempeño permite el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en minera La Zanja S.R.L.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) El análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares permite detectar oportunidades de mejora operativa y reducir los tiempos muertos.
- b) La evaluación del estudio de tiempos y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares permite el seguimiento y medición de los indicadores operacionales.

c) La evaluación del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares permite la optimización de la reducción del costo total de utilización efectiva.

1.4.3. Identificación de las variables

A) Variables Independientes (X)

Análisis del desempeño

B) Variables dependientes (Y)

Control operativo de los equipos de servicios auxiliares

Matriz de operacionalización de variables

Operacionalización de variables					
Título: Análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en minera La Zanja					
Variab	Dimensiones	Indicadores	Medición	Forma de evaluar	Instrumento
VI: Análisis del desempeño	Indicadores operacionales	Disponibilidad mecánica	Porcentaje (%)	$\frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{tiempo nominal}} * 100\%$	Ficha de control (Aplicativo Excel) Partes diarios
		Utilización efectiva	Porcentaje (%)	$\frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo disponible}} * 100\%$	
		Pérdidas operacionales	Porcentaje (%)	$\frac{\text{Tiempo en perdidas operacionales}}{\text{Tiempo disponible}} * 100\%$	
		Demoras programadas	Porcentaje (%)	$\frac{\text{Tiempo demora programadas}}{\text{Tiempo disponible}} * 100\%$	
		Demoras no programadas	Porcentaje (%)	$\frac{\text{Tiempo demora no programadas}}{\text{Tiempo disponible}} * 100\%$	
VD: control operativo de los equipos de servicios auxiliares	Equipos de servicios auxiliares	Cumplimiento de horas mínimas programadas	Porcentaje (%)	<ul style="list-style-type: none"> (Total de horas efectivas mes / Horas mínimas programadas mes) x 100 (Te1+Te2+Te3+Ten) (Te1 x tarifa 1 + Te2 x tarifa 2 + Te3 x tarifa 3 + Ten x tarifa n) 	Ficha de control (Aplicativo Excel)
		Horas efectivas totales	Tiempo (Hr) Costos (\$)	<ul style="list-style-type: none"> (Te prog1+Te prog2+Te prog3+Teprog n) (Te prog 1 x tarifa 1 + Te prog 2 x tarifa 2 + Te prog 3 x tarifa 3 +Te prog n x tarifa n) 	
		Cumplimiento de horas efectivas programadas totales	Horas (Hr) Costos (\$)	<ul style="list-style-type: none"> (Te sobre prog1+Te sobre prog2+Te sobre prog3+Te sobre prog n) (Te sobre prog1 x tarifa 1 + Te sobre prog 2 x tarifa 2 + Te sobre prog 3 x tarifa 3 +Te sobre prog n x tarifa n) 	
		Horas sobre los programados totales	Horas (Hr) Costos (\$)	<ul style="list-style-type: none"> (Te minimo1+Te minimo2+Te minimo 3+Te minimo n) (Te minimo1 x tarifa 1 + Te minimo2 x tarifa 2 + Te minimo3 x tarifa 3 +Te minimo n x tarifa n) 	
		Total horas mínimas	Horas (Hr) Costos (\$)		

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1. Internacional

a) Tesis de pregrado que lleva como título “*Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto*”. El objetivo general que se planteó fue cuantificar el impacto que conlleva aplicar cambios operacionales sobre las detenciones en estudio y la productividad diaria, de tal manera de encontrar aquel escenario que agregue mayor valor al sistema. (4)

Los objetivos específicos de la investigación son:

- ✓ Encontrar el escenario que disminuya en mayor medida las detenciones operacionales correspondientes a cambios de turno y colaciones, y en consecuencia, aumente la productividad del sistema de carguío y transporte hasta la planta de chancado. (4)

- ✓ Identificar las variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte en la planta de chancado a lo largo del turno. (4)

- ✓ Ocupar nuevas herramientas de análisis multivariable, que permitan conocer el comportamiento de las técnicas en el estudio de ingeniería de minas. (4)

Las conclusiones de la investigación fueron:

- ✓ El trabajo realizado abarcó una limpieza de los datos disponibles siguiendo restricciones físicas, para así poder realizar en primera instancia un análisis exploratorio descriptivo, y luego, un análisis exploratorio analítico modelando la relación entre las detenciones en estudio y la productividad diaria. Luego se realizó un modelo de simulación dinámica de eventos discretos que logró emular la realidad del sistema en estudio, el cual fue validado y calibrado con la información que se tiene del sistema real. A partir de este modelo base, se realizaron nuevos escenarios agregando cambios operacionales, permitiendo cuantificar el impacto de estos. Finalmente se realizó un análisis de resultados que permitió llegar a las conclusiones mostradas a continuación. (4)

- ✓ Con los análisis a los datos limpios de la información proveniente de dispatch en la faena, se concluye que el tiempo de ciclo total posee una alta correlación negativa con una estimación de la productividad para cada ciclo. Este resultado es esperado y sigue la lógica de la teoría, dado que esta estimación de la productividad se realiza sobre la división entre el tamaño de tolva descargado y el tiempo que tomó en realizar el ciclo. (4)

- ✓ La construcción de nuevas bases de datos a partir de la base de datos inicial permite realizar análisis más robustos sobre la productividad instantánea definida al comienzo de este estudio. Sin embargo, se cae en una pérdida de información que tiene la base de datos inicial, ya que se realiza una discretización temporal que acumula información y reduce el número de datos total a trabajar. Pasando aproximadamente desde 120 mil eventos puntuales a 35328 ($368 \cdot 24 \cdot 4$) en una primera instancia, y a 368 filas que caracterizan el día finalmente. (4)

- ✓ Lo anterior, sumado a la estimación de las detenciones a través de la productividad instantánea, permite realizar un análisis de *clustering* o agrupamiento. Con esto se determina la relación entre la productividad diaria, global e instantánea, y la duración de las detenciones, esto a través de la separación entre grupos de días que tienen un comportamiento de su

productividad instantánea similar a lo largo del día. El resultado de esto muestra que a medida que la duración de las detenciones en estudio es menor, la productividad diaria aumenta. Esto motiva a continuar con el análisis de la variación de las detenciones a través de cambios en políticas operacionales y así medir la variación en la productividad diaria del sistema. (4)

- ✓ Teniendo en cuenta la simplicidad de realizar un *clustering* con el algoritmo de k-medias para la caracterización de los días, es que se recomienda tener en cuenta esta herramienta estadística para análisis donde se tengan bases de datos más consolidadas; debido a que, a pesar de su simpleza entrega una herramienta viable y de alta utilidad para el análisis de problemas ligados a la Ingeniería de Minas. Esto al agrupar días en conglomerados con distintas productividades. Lo más destacable de esto, es que lo hace sobre la productividad instantánea, variable temporal que permitiría identificar ineficiencias a lo largo del día a través de la identificación de la correlación con variables no consideradas en este estudio por falta de bases de datos. Un ejemplo de lo anterior puede ser un análisis exhaustivo entre los distintos tipos de detenciones (programadas y no programadas) presentes y la productividad instantánea a lo largo del día. Los mismos datos extras en las detenciones servirían para realizar una calibración más completa sobre el modelo de simulación, ya que al agregar información sería posible que el modelo se comportara acorde a estas. (4)

- ✓ El uso de modelos de simulación permite probar políticas operacionales que son imposibles de probar directamente en el sistema real ya que los impactos económicos que se tiene al alterar la operación misma son muy grandes. Aprovechando esta ventaja es que se definen posibles escenarios de cambio y se mide cuantitativamente su impacto, teniendo en cuenta que es una simplificación de la realidad, pero que a pesar de ello logra emular esta con un alto grado de representatividad. Esto se respalda por la calibración hecha a través de la variable producción diaria y las variables asociadas a los componentes del tiempo de ciclo del equipo de transporte. Por otra parte, también se realiza un número de replicaciones que

respaldan esta representatividad de forma estadística, ya que se tienen variaciones bajo el 2 % llegada las 50 replicaciones hechas. (4)

- ✓ A través de la construcción de los nuevos escenarios integrando el cambio de política operacional de realizar el cambio con los camiones cargados, además de acercar la posición del estacionamiento junto al chancador, se logra relacionar estas dos nuevas variables con la productividad diaria del sistema. Finalmente se muestra teóricamente el beneficio operacional y económico de la variación de las dos estrategias. (4)

- ✓ Se tiene en consideración que la actual regla operacional de realizar los cambios de turnos solamente con los camiones descargados sigue una política de seguridad y simpleza en la operación. A pesar de esto, se considera necesario de medir el impacto de agregar la posibilidad de realizar los cambios de turno con los camiones cargados, ya que de esta forma se puede contrastar el beneficio que contraería implementar esta posibilidad, con todos los cambios asociados y necesarios para que se mantenga la seguridad necesaria para operadores y los mismos equipos. (4)

- ✓ Finalmente, se recomienda la implementación de los dos cambios que tienen resultados positivos en la operación, de manera conjunta (escenario combinado). Ya que así se logra el mayor aumento en la productividad diaria y la mayor disminución de la duración de las detenciones del sistema en estudio, y en consecuencia el mayor aumento en los ingresos de la operación. Cabe destacar que aún falta medir los impactos directos en la operación que podrían causar estos cambios, un ejemplo de esto pueden ser los cambios asociados a la logística en los cambios de turnos, ya que se hace necesario agregar una nueva parada para los buses que realizan esta labor. (4)

b) Tesis de pregrado que lleva como título "*Propuestas de mejora de la utilización efectiva en base a disponibilidad de la flota de carguío y transporte en minera Los Pelambres*". El objetivo general de la

investigación fue incorporar mejoras operacionales para poder lograr compromisos de mejoras en la utilización efectiva en base a disponibilidad adquiridos en caso base 2015. (5)

Los objetivos específicos son:

- ✓ Entender y contextualizar los datos entregados por la base de datos del programa Dispatch®. (5)
- ✓ Identificar las demoras programadas y no programadas que generen ineficiencias en el proceso productivo. (5)
- ✓ Identificar y entender la procedencia de las pérdidas operacionales que estén interfiriendo en la operación de manera drástica. (5)
- ✓ Entregar recomendaciones estratégicas en terreno de la operación *insitu*. (5)
- ✓ Forzar las estrategias de acuerdo a la planificación de corto y mediano plazo. (5)

Sus conclusiones fueron:

- ✓ A modo de conclusión general se recomienda a la empresa gestionar lo antes posible la reportabilidad; puesto que, sin una confiabilidad de los datos, las decisiones tomadas pueden ser erróneas. Es necesario tener una base de datos fidedigna y completa para poder realizar una gestión correcta y tener el control necesario de la operación. (5)
- ✓ Respecto al análisis estadístico de los datos obtenidos por Dispatch® y del levantamiento de datos en terrenos, se concluye que la operación de minera Los Pelambres posee varios desafíos significativos, como la falta de comunicación entre las áreas, el desarrollo y planificación de los caminos, el traslado de los equipos de carguío, el traslado de los operadores a colación, etc., que al desarrollarlos se obtendrían beneficios en la productividad y producción. (5)

- ✓ Se tienen desafíos humanos y de gestión, como la organización y el compromiso entre las áreas, la reportabilidad, el seguimiento de los diferentes procesos, etc., lo que, en suma, de cada uno de los detalles, generaría grandes frutos dentro del negocio global. (5)
- ✓ Es necesario tener información de las necesidades de cada área, puesto que una actividad provechosa en todo grupo de trabajo es el *feedback*. (5)
- ✓ Se recomienda hacer un seguimiento de la estiba y factor de carga de los camiones, y de la pendiente de las rampas de acceso, puesto que la cantidad de derrames en los caminos y el tiempo en su limpieza es elevada. Este desafío influye directamente en las demoras no programadas, lo que disminuye los tiempos efectivos de las palas y camiones, conllevando una disminución en la UEBD. (5)
- ✓ Una forma de agregar valor al negocio es con la incorporación de nuevas tecnologías a los sistemas actuales de operación, como el sistema de visión y monitoreo de los elementos de desgaste en las palas de carguío. La instalación de esta tecnología permitirá disminuir los tiempos de pérdidas operacionales (inspección manual de los dientes) y de las demoras no programadas (detección de inchancables), junto con una disminución de las horas de inspección por parte de las cuadrillas de mantención. Esto repercute en recuperar tiempo efectivo, lo que aumentaría considerablemente la UEBD de las palas. (5)

2.1.2. Nacionales

- a) Tesis de pregrado que lleva como título "*Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad*". El objetivo general de la investigación fue determinar los indicadores clave de desempeño de equipos pesados para el control de rendimiento y productividad del proyecto minero Constancia – Cusco. (6)

Sus objetivos específicos fueron:

- ✓ Determinar los rendimientos reales (m³/h) de equipos de carguío y acarreo de las faenas de trabajo durante los años 2016 y 2017. (6)
- ✓ Determinar los factores de eficiencia de tiempos: disponibilidad física, mecánica, utilización y uso de lo disponible de los equipos pesados en las faenas de trabajo durante los años 2016 y 2017. (6)
- ✓ Determinar la productividad parcial real de los equipos pesados de las partidas estudiadas de las faenas de trabajo durante los años 2016 y 2017. (6)

Sus conclusiones fueron:

- ✓ Los niveles de cada indicador clave de desempeño con el que se controla los tiempos señalan: disponibilidad física 93.7 %, disponibilidad mecánica 98.8 %, la utilización 54.7 %, uso de la disponibilidad 76.6 %; los resultados mostraron que la utilización y el uso de los equipos tuvieron un 35 % en la búsqueda de mejoras para aumentar el aprovechamiento de los equipos, las demoras que más predominan son por falta de frente de trabajo que afecta en gran medida al factor de utilización. (6)
- ✓ El rendimiento de equipos de carguío llegó alrededor del 70 % del presupuestado, mientras que el acarreo lo hizo al 90 % del presupuestado; ambos rendimientos repercutieron sobre la productividad. (6)
- ✓ En el 2016 la productividad parcial real fue mayor que la del presupuesto en el 12.5 % de las partidas evaluadas, mientras que en el año 2017 la productividad parcial real fue mayor que las del presupuesto en 43.8 % de las partidas estudiadas, lo que indica que en esas partidas hubo oportunidades de mejora. (6)
- ✓ Los indicadores clave de desempeño tienen una relación directa con el rendimiento y la productividad, en el momento que los valores son elevados, la productividad mejora como lo hace el rendimiento; lo que

valida nuestra hipótesis; demostrando así la efectividad de los indicadores clave de desempeño. (6)

b) Tesis de pregrado que lleva como título “*Estudio de KPIS en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 tm/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining*”. El objetivo general fue cuantificar y optimizar mediante un estudio los indicadores clave de desempeño (KPIs) de los equipos para incrementar la producción de 3 000 a 3 600 t/día en la U.O. Pallancata. (7)

Sus objetivos específicos fueron:

- ✓ Los equipos de perforación incrementaron sus utilizaciones efectivas bajas (<40 %) a utilizaciones efectivas moderadas e ideales (>40 %). Los equipos de carguío poseen utilizaciones efectivas moderadas a ideales (>40 %) y los equipos de acarreo poseen utilizaciones efectivas ideales (>50 %). (7)
- ✓ Las soluciones propuestas como la construcción de pozas, incrementadores de presión de aire, incremento de personal auxiliar, redujeron las causas de los bajos indicadores clave de desempeño. (7)
- ✓ Los equipos de perforación y carguío existentes en la U.O. Pallancata pueden cubrir el incremento de la producción de 3 000 a 3 600 t/día, y se debería incrementar la flota de volquetes a 19 unidades para que cubran la producción. Se requiere un adquirir un equipo de carguío Scoop CAT para cubrir el incremento de la producción de las maquinas perforadoras. (7)
- ✓ Se concluyó incrementar la flota a 19 volquetes para trasladar el mineral debido a la lejanía de la planta concentradora de Selene la cual es utilizada para el procesamiento del mineral de Pallancata. (7)
- ✓ Se obtuvo un valor anual neto de \$ 34 117 727,6 y una tasa interna de retorno del 106,42 %, el periodo de retorno de la inversión es de 0,91 años. (7)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Mantenimiento minero

El mantenimiento es la actividad de mantener en funcionamiento del equipo en óptimas condiciones, mediante el relleno o cambio oportuno de fluidos para componentes mecánicos y de elementos de desgaste. Todo esto para conservar la maquinaria a un menor costo aprovechando al máximo los componentes de los equipos.

A. Tipos de mantenimiento

- **Mantenimiento por falla mecánica**

Este mantenimiento refiere cuando un equipo es utilizado hasta que por falla mecánica ya no pueda estar en movimiento o encendida, entonces se procede a utilizar los recursos necesarios para la reparación.

- **Mantenimiento correctivo**

Es el mantenimiento que al detectar una falla o posible falla es reparada inmediatamente, para ello se tiene que tener un alto inventario de recambios de las partes que fallan. En los equipos F & M se realiza en Cajamarca en taller especializado, de Volvo, Ferreyros, Unimaq u otro con garantía o recomendación de Volvo o Ferreyros, con repuestos originales para lo cual el equipo se lleva con cama baja de mina a Cajamarca.

- **Mantenimiento proactivo**

Este tipo de mantenimiento se realiza electrónicamente para detectar posibles fallas o desgaste de algunos componentes antes de fallar.

- **Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo se basa en el estado de la máquina cuando está trabajando o en movimiento, percibiendo irregularidades en el funcionamiento del equipo para poder detectar las fallas y repararlas.

Es realizado a diario por el operador con la vuelta del gallo y llenado del *checklist*; verificación de frenos incluido el de parqueo, verificación con máquina apagada y prendida; y por inspecciones de la supervisión.

- **Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento se realiza cuando, según por especificaciones técnicas o inspecciones del equipo, se procede a cambiar el elemento o fluido sin que llegue a deteriorarse, por motivos de seguridad y cuidado del equipo. Se realiza mediante el cumplimiento de una programación. Se realiza cuando el equipo está libre, sin interrumpir la operación.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS F&M MAQUINARIAS						
EQUIPOS	MANTENIMIENTO MOTOR	MANTENIMIENTO SISTEMA HIDRAULICO	MANTENIMIENTO SISTEMA TRANSMISION	MANTENIMIENTO SISTEMA REFRIGERACION	SISTEMA DE AMORTIGUACION	LUBRICACION PUNTOS DE ENGRASE
Excavadoras	250 horas	2000 horas	1000 horas	2000 horas	N/A	30 horas
Retroexcavadoras	200 horas	2000 horas	1000 horas	2000 horas	N/A	30 horas
Cargador Frontal	250 horas	2000 horas	1000 horas	2000 horas	N/A	30 horas
C. Volquetes	400 horas o 4,500 Km de rec.	2000 horas	1000 horas	2000 horas	10,000 Km	35 horas
Camionetas	5000 Km. De rec.	15000 Km	15000 Km	15000 Km	10,000 Km	1500 km.

Figura 1. Programa de mantenimiento preventivo de equipos F&M Maquinarias Tomado de Informe del Programa de Mantenimiento preventivo de equipos F&M Maquinarias, de la unidad minera La Zanja. (8)

B. Lubricación de los equipos

En los equipos las uniones de los brazos, cuchillas e implementos cualquiera requieren de lubricación, este trabaja en frío y caliente. Siendo abastecidos en puntos de engrase especificados por el fabricante, otorgando:

- Mayor duración de uniones de piezas móviles
- Aísla la fricción entre componentes
- Mantiene refrigerado las partes móviles
- Evita el desgaste prematuro de piezas
- Menor daño al medio ambiente
- Mayor seguridad

C. Fallas por desgaste

Los elementos que están en constante movimiento, sin el debido cuidado, tienden a fallar y la detección oportuna mediante un análisis permite eliminar la causa.

- **Desgrase erosivo**

Esto ocurre cuando se utiliza un aceite de mayor viscosidad al adecuado, siendo el aceite el medio que provoca el desgaste entre los 2 extremos de las piezas que interactúan.

- **Desgaste por corrosión**

Esto ocurre por el contacto con sustancias o flujo continuo de una sustancia en un tiempo determinado provocando el desgaste.

- **Desgaste por corte de película lubricante**

Esto es ocasionado por el mal montaje y piezas inadecuadas, pues al ser armadas impiden que la película de lubricación se extienda en toda el área de contacto.

- **Falla por fatiga**

Esto se debe a los distintos tipos de esfuerzo que se somete a los componentes, comenzando por pequeñas grietas y agrandándose con el tiempo.

- **Falla por fractura**

Es cuando al elemento se esfuerza más allá de su resistencia, por un golpe fuerte en su manipulación.

- **Falla por abrasividad**

Este tipo de falla se produce cuando el lubricante está contaminado por partículas resistentes, deformando la superficie de trabajo del lubricante.

- **Falla por sobre calentamiento**

Los componentes de los equipos y lubricantes trabajan eficientemente a una temperatura ideal. Someterles a temperaturas que sobrepasan las permisibles, los componentes y su respectiva lubricación empiezan a fallar.

D. Etapas del mantenimiento

- **Planificación**

Es la presentación de los planes para alcanzar los objetivos y metas, definiendo los procedimientos, implicando la cantidad de recursos que se va a utilizar y duración de tareas.

- **Programación**

Es programar los mantenimientos en un determinado tiempo sin afectar la disponibilidad de los equipos en la operación.

- **Ejecución**

Es la aplicación de la programación ejecutando los mantenimientos conforme a los procedimientos y estándares.

- **Control y evaluación**

Es el seguimiento para alcanzar los logros de las metas propuestas.

E. Indicadores del mantenimiento

Los indicadores claves del desempeño son elegidos dependiendo del nivel de los procesos, estos *Kpis* permiten conocer si el mantenimiento es llevado de manera correcta. El mantenimiento se lleva adecuadamente mediante la medición y la obtención de valores cuantitativos y cualitativo que nos indican si los resultados se encuentran en un rango deseado.

En un modelo ideal los equipos deben de estar disponibles para realizar cualquier actividad (disponibilidad), sin fallar hasta un tiempo determinado (confiabilidad) y si fallara tomar el mínimo tiempo para su reparación (mantenibilidad).

2.3 Descripción de la unidad minera La Zanja

2.3.1 Ubicación y accesibilidad

Minera la Zanja se ubica en el caserío la Zanja, distrito de Pulan, provincia de Santa Cruz al sur oeste del departamento de Cajamarca a una altitud de 2800 y 3811 metros sobre el nivel del mar. Colinda al oriente con Tongod, al occidente con Catache y al sur con Calquis.



**Figura 2. Revisión geográfica de Geocatmin
Tomado de la página web oficial de Geocatmin. (9)**

La accesibilidad de la minera la Zanja se desarrolla desde dos vías importantes, los cuales son:

A. Vía terrestre

El acceso a minera la Zanja comenzando por Lima a ciudad de Dios – Pacasmayo (cruce Cajamarca) continuando hasta llegar a Cajamarca aproximadamente 860 kilómetros de 14 a 15 horas carretera asfaltada. Cajamarca - empalme - minera la Zanja carretera afirmada y trocha carrozable aproximadamente 102 kilómetros en 3 horas. Con un total de 962 km y 18 horas de viaje.

B. Vía aérea

De Lima a Cajamarca con 1 a 1.2 horas de viaje. Cajamarca - empalme - minera la Zanja carretera afirmada y trocha carrozable aproximadamente 102 kilómetros en 3 horas con un total de 4 horas de viaje.

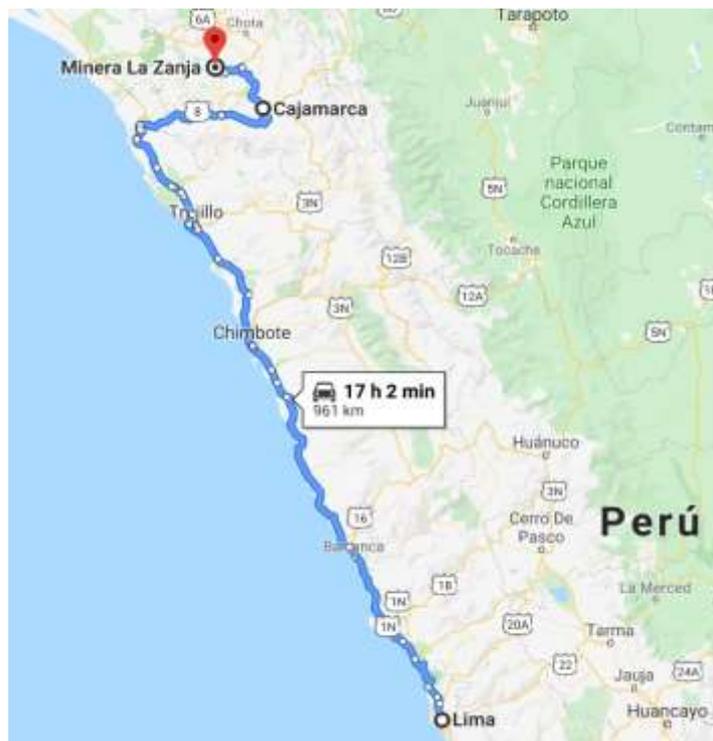


Figura 3. Accesibilidad a la Minera La Zanja
Tomado de revisión geográfica de Google Maps

C. Clima

La temperatura varía de 5 a 11.5 °C con una humedad relativa de 88 % y ráfagas de viento que pueden alcanzar los 50 km/hora. En las épocas de lluvia que van incrementándose de octubre a abril y en los demás meses precipitaciones eventuales.

D. Topografía

El área se denomina región Puna o Altiplano presentando un relieve accidentado con pendientes mayores a 45 ° en las áreas de los tajos (San Pedro – Pampa Verde) y menores pendientes en Pampa Bramadero.

E. Hidrología

Tiene dos cuencas principales: El Cedro, una micro cuenca que fluye hacia el norte y esta incluye las quebradas Bramadero, Cocan, Bancuyoc, La Cuchilla, La Playa, La Mina y Hornamo.

El río Pisit, una micro cuenca que fluye hacia el norte e incluye las quebradas del Pantaleon, San Lorenzo y Vizcachas.

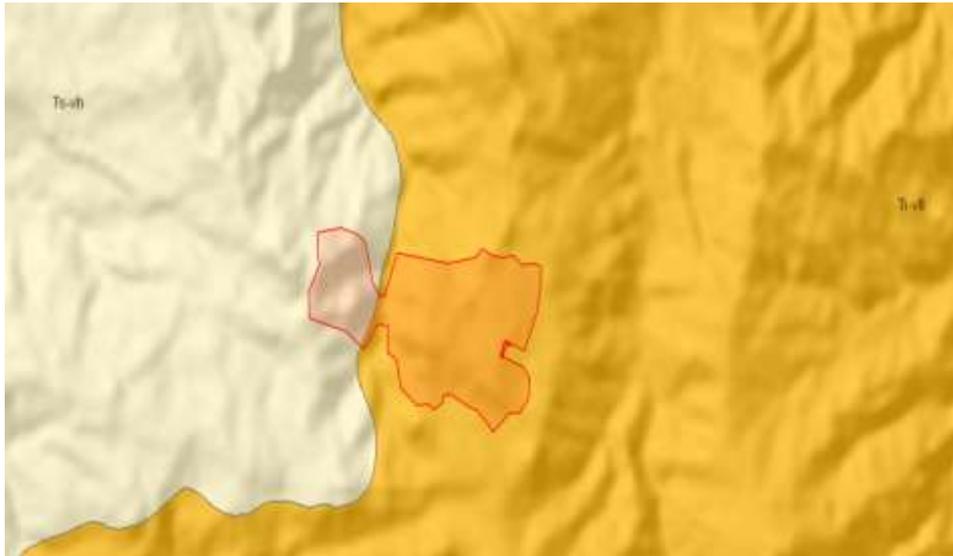
2.3.2 Aspectos geológicos

Los aspectos geológicos de la minera La Zanja se desarrolla desde el terreno donde yacimiento se ubica al norte del Perú al occidente de la cordillera de Los Andes, las rocas que afloran son volcano clásticas de edades desde el plioceno tardío al Eoceno Superior conformado por tufos, tobas, lavas de origen andesíticas, dacíticas y riolíticos. Pertenecientes a la franja volcánica Cenozoica.

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	EDAD ABSOLUTA millones de años
CENOZOICA	Cuaternario	Holoceno	0,01
		Pleistoceno	1,8
	Terciario	Plioceno	5,0
		Mioceno	22,5
		Oligoceno	37
		Eoceno	55
		Paleoceno	65
MESOZOICA (Secundaria)	Cretácico	141	
	Jurásico	195	
	Triásico	230	
PALEOZOICA (Primaria)	Pérmico	280	
	Carbonífero	345	
	Devónico	395	
	Silúrico	435	
	Ordovícico	500	
PRECÁMBRICO		570	
		4 600	

Figura 4. Edades geológicas en la minera La Zanja
Tomado de libro *Ciencias de la tierra - Introducción a la Geología Física*. (10)

Las formaciones que están presentes son el volcánico Huambos (Ts-vh) al occidente y el volcánico llama (Ti-vll) al oriente, que se ubican en el plano geológico del cuadrángulo de Chota 14-f . (10)



**Figura 5. Formaciones volcánicas alrededor de la minera La Zanja
Tomado de revisión geográfica de Geocatmin**

2.3.3 Formaciones geológicas

La formación llama (42-55 Ma) del Eoceno están representadas por flujos de lavas andesíticas y derrames basálticos, se intercalan con depósitos de flujos piroclásticas riolíticos

A. Formación Porculla

La formación Porculla (12 Ma) del Oligoceno al Mioceno Inferior están representadas por rocas piroclásticas de composición Félsica – Intermedia con lavas andesíticas y brechas, tufos y material volcánico.

B. Volcánica Huambos

El volcánico Huambos (8.2 Ma) del Mioceno están representados por rocas volcánicas de composición Félsica, tales como brechas y tufos.

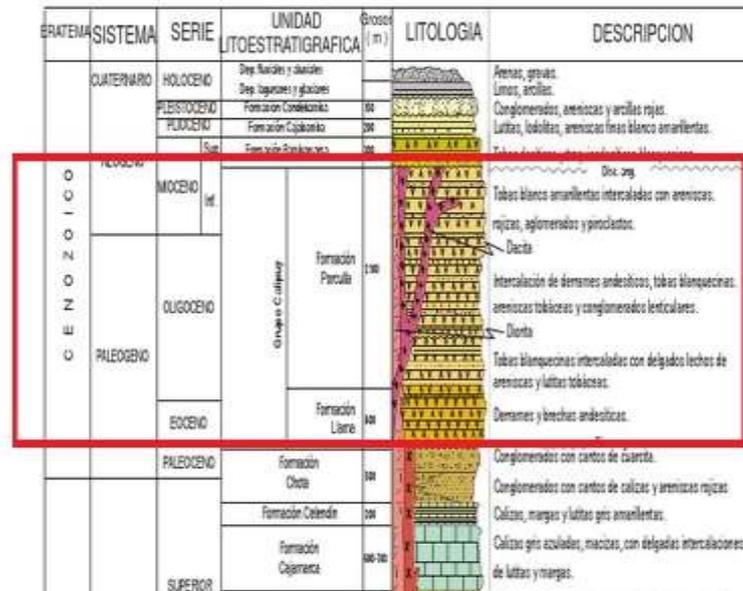


Figura 6. Litología del volcánico Huambos
Tomado de Scribd. Columna Estratigráfica de Cajamarca. (11)

C. Tipo de yacimiento

Los yacimientos de San Pedro Sur y Pampa Verde son epitermales de Au y Ag de alta sulfuración que presenta alteración de silicificación en el centro y grada a los extremos a rocas argílicas. Pertenecen a la franja de epitermales XXI.

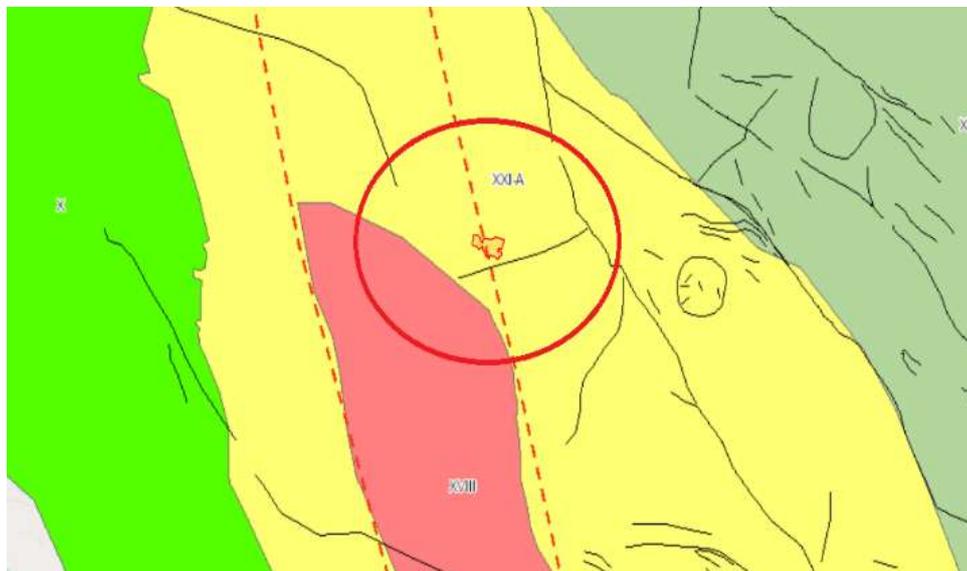


Figura 7. Litología del volcánico Huambos
Tomado de revisión geográfica de Geocatmin

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada ya que por medio del estudio del problema se pretende dar solución al desempeño de los equipos de servicios auxiliares para el control operativo en minera La Zanja S. R. L.

3.2. Nivel de investigación

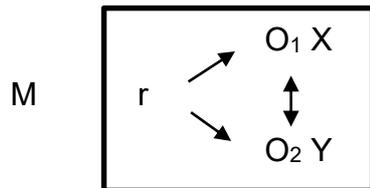
El nivel de investigación es el descriptivo correlacional. En primera instancia, la investigación busca describir la relación que existe entre la utilización efectiva y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares y en segunda fase, buscar la relación que existe entre el cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en la minera La Zanja S. R. L.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación empleado fue el científico; debido a que, se seguirá pasos ordenados desde la observación del fenómeno, el planteamiento de las respectivas hipótesis y buscar su comprobación de la problemática del incumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en la minera La Zanja S. R. L.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación es cuasi experimental, ya que en el proceso se manipulará parcialmente la variable dependiente con la finalidad de buscar el grado de correlación con la variable dependiente del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en la minera La Zanja S. R. L.



Donde:

M : Muestra, equipos de servicios auxiliares

X : Análisis de desempeño

Y : Análisis y control operativo

O₁ : Evaluación de análisis de desempeño

O₂ : Evaluación de análisis y control operativo

r : Relación entre las variables

3.5. Población y muestra

3.5.1 Población

La población para la presente investigación estuvo constituida por todos los equipos de servicios auxiliares de la empresa contratista F&M Maquinarias en minera La Zanja, los cuales se detallan a continuación:

- 15 volquetes DE 15 M3
- 24 equipos línea amarilla
- 05 cisternas de agua

Total: 44 equipos

3.5.2 Muestra

La muestra no probabilística por lo tanto no aleatoria está conformada por:

- 15 volquetes FMX440 marca volvo
- 01 motoniveladora 140K marca Caterpillar
- 01 cargador frontal 966H marca Caterpillar

- 03 excavadoras 320DL marca Caterpillar
- 03 excavadoras 336DL marca Caterpillar
- 03 excavadoras 320DL brazo largo marca Caterpillar
- 01 retroexcavadora 420E marca Caterpillar
- 01 rodillo CS533E marca Caterpillar
- 01 tractor D8T marca Caterpillar

Total: 28 equipos

3.6.Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de información o datos

3.6.1.Técnicas de recolección de información o datos

- ✓ Observación
- ✓ Encuesta
- ✓ Entrevista

3.6.2.Instrumentos de recolección de datos

- ✓ Ficha de observación de campo
- ✓ Ficha de encuesta
- ✓ Entrevista personalizada

3.6.3.Procesamiento de información de datos

- ✓ Excel dinámico
- ✓ Word
- ✓ Estadística descriptiva

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares.

Tabla 1. Descripción de causas que generan tiempos muertos en los equipos de servicios auxiliares

Descripción de causas
Equipo no cumple su función de diseño
Habilitación y preparación de área
Espera de ploteo
Falta de equipo complementario
Ingreso y salida de personal
Cierre de flota
Flota incompleta
Mantenimiento de vías
Abastecimiento de combustible
Intervención de supervisión
Clima adverso (neblina densa, tormenta eléctrica)
Cambio de horario de voladura
Manipulación de materiales en vías
Paralización en zonas críticas por lluvias
Trabajos en vías
Espera del orden del área
Capacitación isem, reunión de seguridad
Consulta a tópico
Operador en otro equipo
Mantenimiento
Cambio de componente
Falla de llanta
Falla de componentes

Se realizó el análisis de los tiempos mediante la clasificación en el siguiente criterio:

- Tiempo efectivo
- Tiempo pérdidas operacionales
- Demoras programadas
- Demoras no programadas
- Reservas
- Fuera de servicio programadas
- Fuera de servicio imprevistos

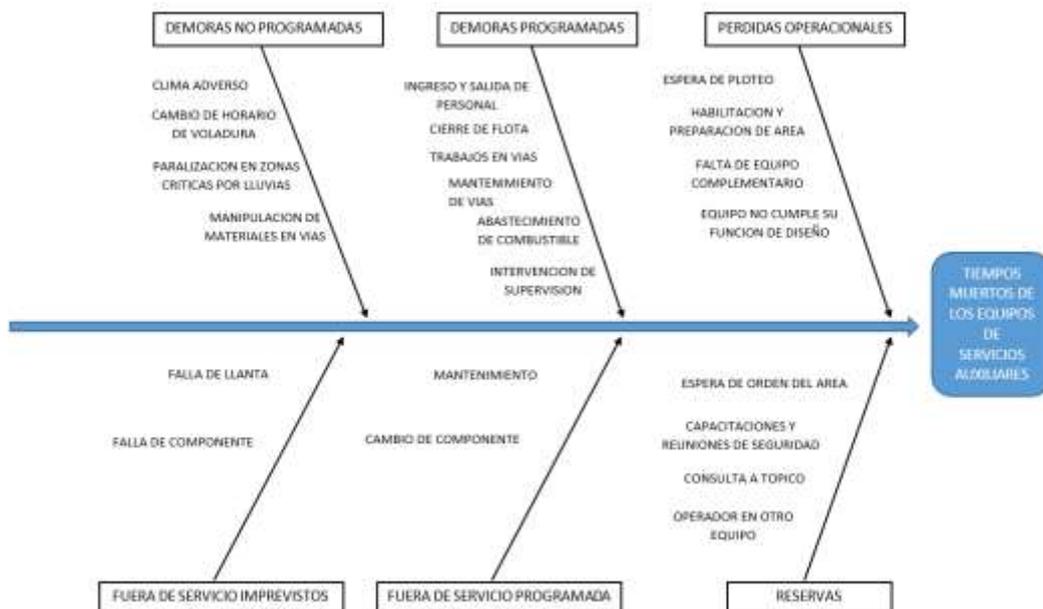


Figura 8. Análisis de causas que generan tiempos muertos

4.1.1 Descripción de tiempos inefectivos

A. Pérdidas operacionales

- **Espera de ploteo**

Los equipos línea amarilla y volquetes de acuerdo al reglamento interno de tránsito para su movilización es necesario de una camioneta guía informativa (ploteo), que advierte su traslado. Para ello, algunos equipos esperan cierto tiempo a la camioneta de ploteo.

- **Habilitación y preparación de área**

Se presentan requerimientos de equipos cuando en el área de trabajo falta

realizar la habilitación y preparación para el ingreso de maquinarias complementarias.

- **Falta de equipo complementario**

Se presenta falta de equipos de carguío–acarreo, corte– empuje, etc. Estos equipos trabajan simultáneamente y la falta de cualquiera de estos genera pérdidas operacionales.

- **Equipo no cumple su función de diseño**

Se presenta requerimiento de maquinaria de urgencia sin una evaluación adecuada del trabajo, por ello el equipo se traslada al punto donde se queda en espera por no ser adecuado al trabajo.

B. Demoras programadas

- **Ingreso y salida de personal**

Se presenta ingreso del personal fuera del horario de inicio del trabajo.

- **Cierre de flota**

Se presenta primeras paradas de volquetes por cerrar flota de acarreo.

- **Trabajos en vías**

Se presenta cierre de vías sin previa comunicación.

- **Mantenimiento de vías**

Existen demoras en el tránsito de equipos cuando se realiza el mantenimiento de vías.

- **Abastecimiento de combustible**

Se presentan paralizaciones por abastecimiento de equipos.

- **Intervención de supervisión**

- **Se presentan paralizaciones por coordinación de trabajos.**

C. Demoras no programadas

- **Clima adverso**

Se presenta neblina densa y tormenta eléctrica, de acuerdo a la circunstancia del trabajo se paralizan los equipos.

- **Cambio de horario de voladura**

Se presentan cambios de horario de voladura y/o reprogramación de voladura ocasionan paralización de equipos.

- **Paralización en zonas critica por lluvias**

En algunos terrenos no competentes, dado la condición del trabajo se paralizan algunos equipos por lluvias.

- **Manipulación de materiales en vías**

Se presenta falta de comunicación en la manipulación de materiales en vías ocasionando paralizaciones temporales de equipos.

D. Reservas

- **Espera del orden del área**

Se presenta paralización de equipos por falta de frente de trabajo y/o autorización del área encargada.

- **Operador en otro equipo**

Se presentan equipos sin operador.

- **Capacitaciones, reuniones de seguridad y consulta a tópico**

Es tiempo invertido justificable, pero se considera por ser parte de la paralización del equipo.

E. Fuera de servicio programado

- **Mantenimiento**

Se presenta paralización en trabajo por mantenimiento del equipo.

- **Cambio de componente**

Se presenta paralización en trabajo por cambio de componente defectuoso.

F. Fuera de servicio imprevistos

- **Falla de llanta**

Se presenta falla de llanta imprevista en trabajo y/o inicio de guardia.

- **Falla de componente**

Se presenta falla imprevista en trabajo del equipo.

4.1.2 Análisis de las pérdidas operacionales en volquetes noviembre y diciembre 2019

Pérdidas operacionales en volquetes noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Habilitación y preparación de área	56.1	57%	57%
Falta de equipo complementario	43	43%	100%
Espera de ploteo	0	0%	100%
Equipo no cumple su función de diseño	0	0%	100%
Total pérdidas operacionales	99.1	100%	

Se realizó el análisis de tiempos de los volquetes Volvo en relación a las pérdidas operacionales y se obtuvo los siguientes resultados:

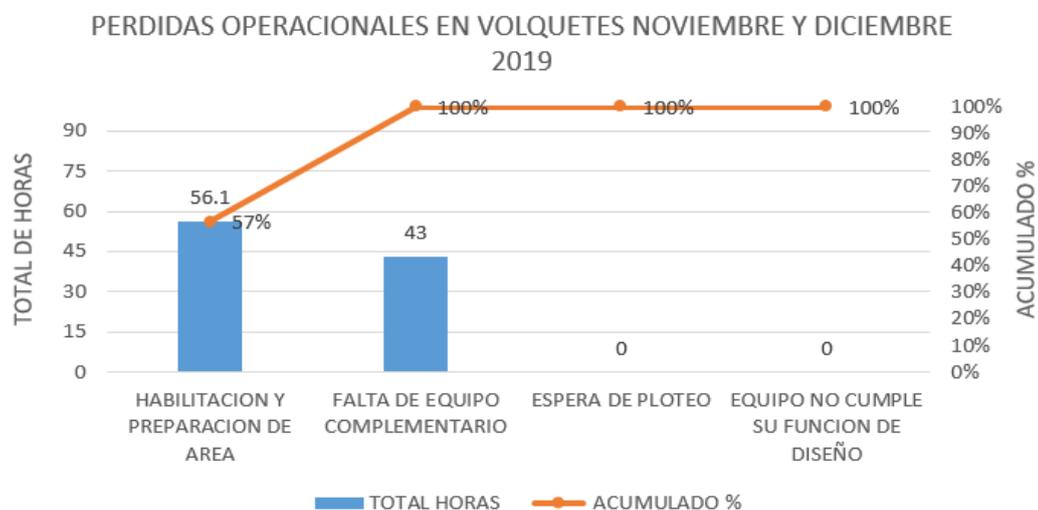


Figura 9. Pérdidas operacionales en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019

Interpretación: El tiempo muerto de mayor incidencia es la espera de habilitación y preparación de área con 56.1 horas de pérdidas operacionales equivalente al 57 % y la falta de equipo complementario con 43 horas de pérdidas operacionales equivalente a 43 %.

4.1.3 Análisis de las pérdidas operacionales en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Pérdidas operacionales en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019			
Descripción tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Espera de ploteo	13.4	41%	41%
Equipo no cumple su función de diseño	7	22%	63%
Habilitación y preparación de área	6.5	20%	83%
Falta de equipo complementario	5.4	17%	100%
Total pérdidas operacionales	32.3	100%	

Se realizó el análisis de tiempos de los equipos línea amarilla en relación a las pérdidas operacionales y se obtuvo los siguientes resultados:

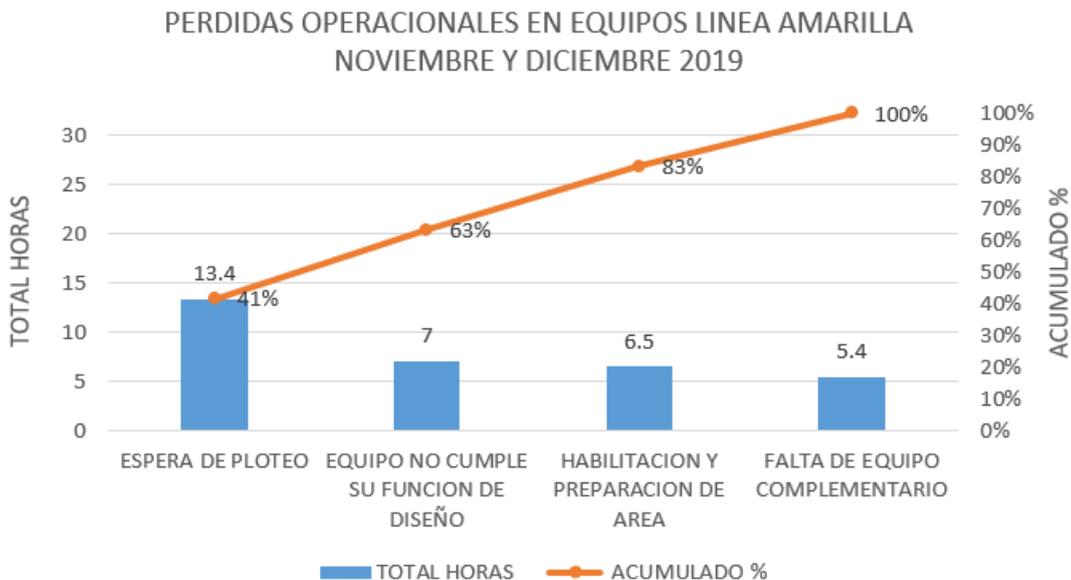


Figura 10. Pérdidas operacionales en equipos línea amarilla, noviembre y diciembre 2019

Interpretación: El tiempo muerto de mayor incidencia se da en la espera de ploteo, ya que tiene la mayor influencia de pérdidas operacionales con un 41 % equivalentes a 13.4 horas totales en los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.4 Análisis de demoras programadas en volquetes noviembre y diciembre 2019

Demoras programadas en volquetes noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Cierre de flota	44	63%	63%
Ingreso y salida de personal	14.8	21%	84%
Abastecimiento de combustible	6.8	10%	93%
Trabajos en vías	1.9	3%	96%
Intervención de supervisión	1.5	2%	98%
Mantenimiento de vías	1.2	2%	100%
Total demoras programadas	70.2	100%	

Se realizó el análisis de tiempos de los volquetes Volvo en relación a las demoras programadas y se obtuvo los siguientes resultados:

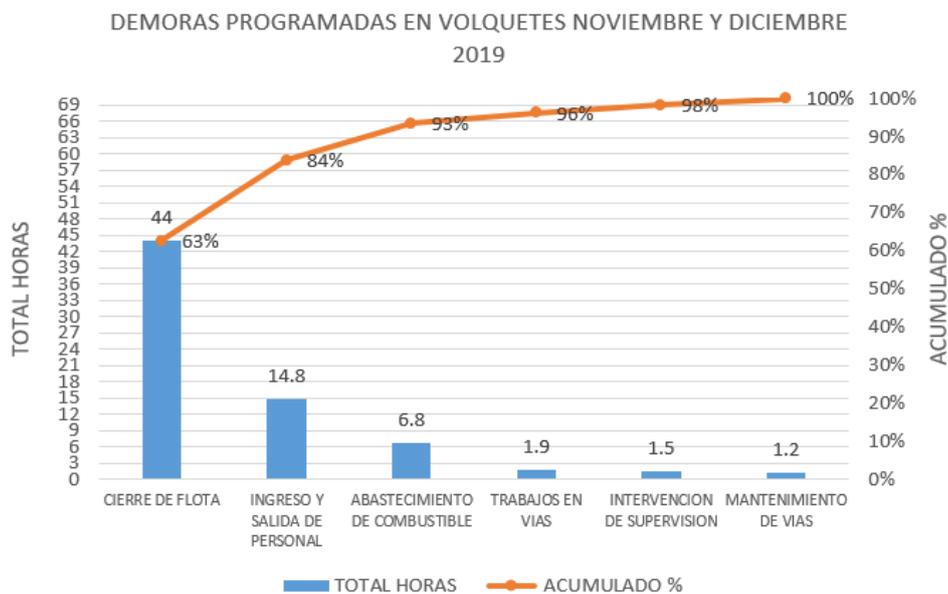


Figura 11. Demoras programadas en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019

Interpretación: Los tiempos muertos de mayor incidencia es el cierre de flota, ingreso-salida de personal y abastecimiento de combustible, ya que tiene la mayor influencia en las demoras programadas en los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.5 Análisis de demoras programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Demoras programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Cierre de flota	27.3	43%	43%
Ingreso y salida de personal	14.9	23%	66%
Intervención de supervisión	13.1	20%	86%
Abastecimiento de combustible	8.7	14%	100%
Trabajos en vías	0	0%	100%
Mantenimiento de vías	0	0%	100%
Total demoras programadas	64	100%	

Se realizó el análisis de tiempos de los equipos línea amarilla en relación a las demoras programadas y se obtuvo los siguientes resultados:

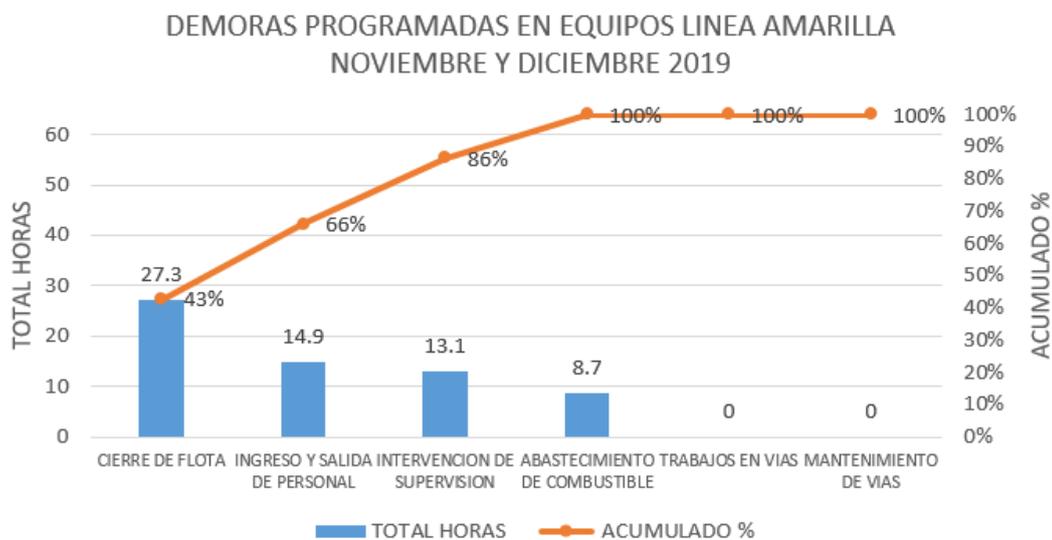


Figura 12. Demoras programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Interpretación: Los tiempos muertos de mayor incidencia se da en el cierre de flota, ingreso-salida de personal y abastecimiento de combustible, ya que tiene la mayor influencia en las demoras programadas de los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.6 Análisis de demoras no programadas en volquetes noviembre y diciembre 2019

Demoras no programadas en volquetes noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Clima adverso	66.9	41%	41%
Paralización en zonas críticas por lluvia	36.7	22%	63%
Manipulación de materiales en vías	30	18%	82%
Cambio de horario de voladura	29.8	18%	100%
Total demoras no programadas	163.4	100%	

Se realizó el análisis de tiempos de los volquetes en relación a las demoras no programadas y se obtuvo los siguientes resultados:

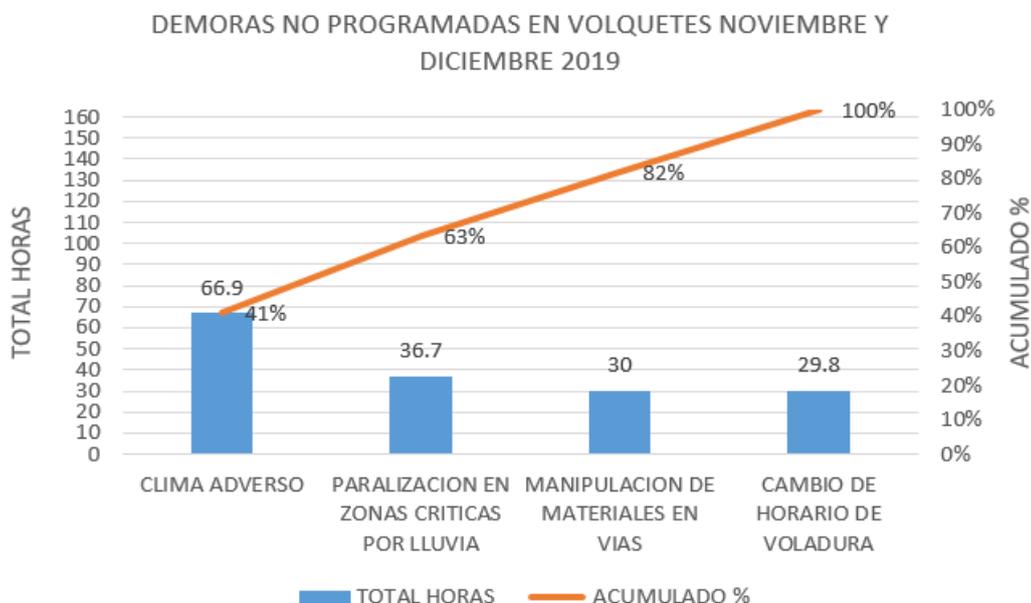


Figura 13. Demoras no programadas en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019

Interpretación: Los tiempos muertos de mayor incidencia se da en la paralización de trabajos por clima adverso, paralización en zonas críticas por

lluvias y manipulación de materiales, estos tienen una influencia de 82% en las demoras no programadas de los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.7 Análisis de demoras no programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Demoras no programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	acumulado %
Clima adverso	64.2	50%	50%
Paralización en zonas críticas por lluvia	36	28%	79%
Cambio de horario de voladura	26.5	21%	99%
Manipulación de materiales en vías	0.8	1%	100%
Total demoras no programadas	127.5	100%	

Se realizó el análisis de tiempos de los equipos línea amarilla en relación a las demoras no programadas y se obtuvo los siguientes resultados:

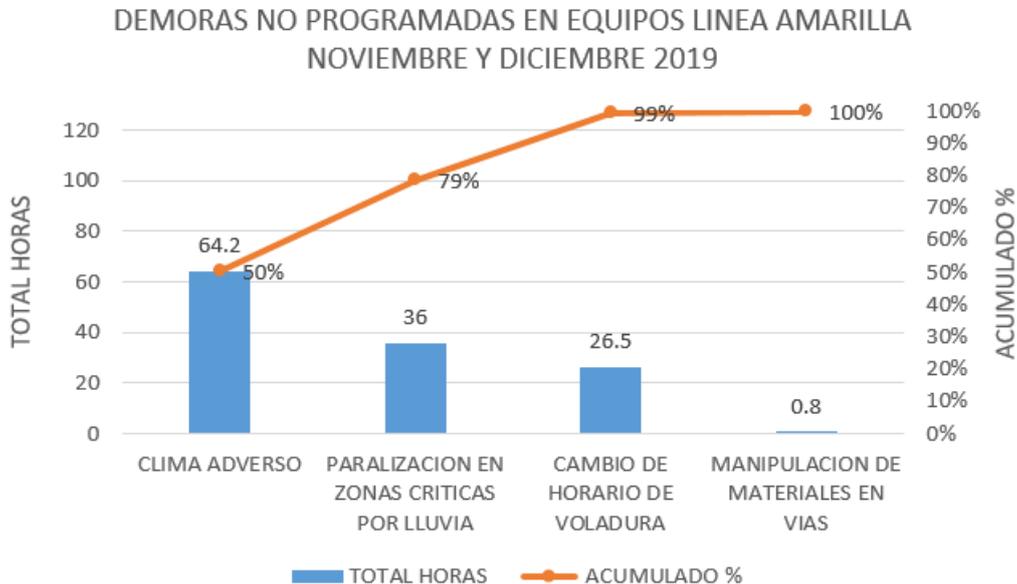


Figura 14. Demoras no programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Interpretación: Los tiempos muertos de mayor incidencia se da en la paralización de trabajos por clima adverso y paralización en zonas críticas por lluvia, estos tienen una influencia de 79 % en las demoras no programadas en los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.8 Análisis de reservas en volquetes volvo noviembre y diciembre 2019

Reservas en volquetes noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Espera de orden del área	731.9	66%	66%
Operador en otro equipo	316.9	28%	94%
Capacitaciones y reuniones de seguridad	63	6%	100%
Consulta tónica	4.7	0%	100%
Total reservas	1116.5	100%	

Se realizó el análisis de tiempos de volquetes volvo en relación a las reservas y se obtuvo los siguientes resultados:

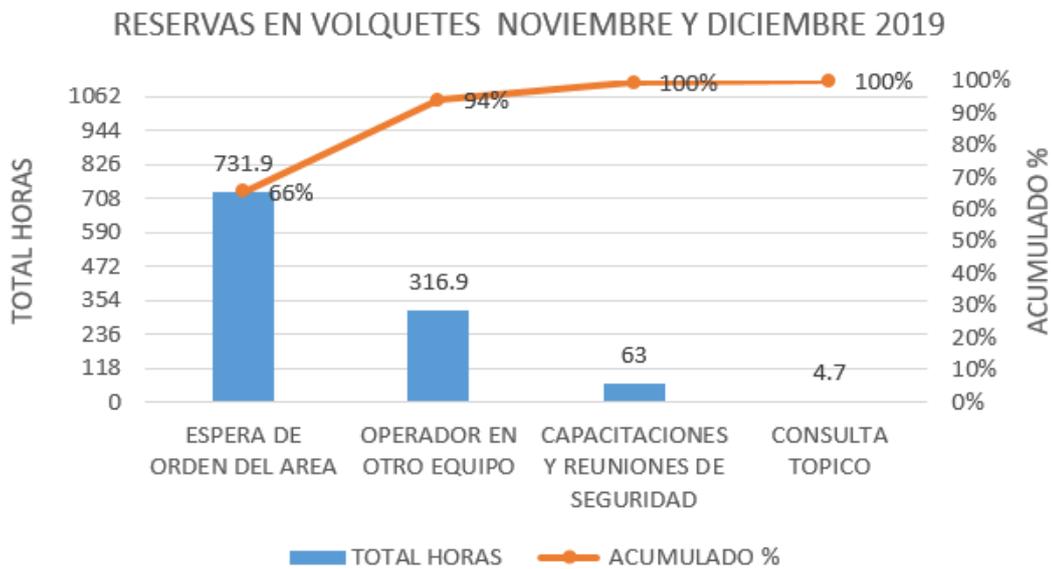


Figura 15. Reservas en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019

Interpretación: Los tiempos muertos de mayor incidencia es la paralización de trabajos por espera de orden del área y operador en otro equipo, ya que tiene una influencia del 94% en las reservas en los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.9 Análisis de reservas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Reservas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Espera de orden del área	320	57%	57%
Operador en otro equipo	179.2	32%	88%
Capacitaciones y reuniones de seguridad	63	11%	99%
Consulta tópica	3	1%	100%
Total reservas	565.2	100%	

Se realizó el análisis de tiempos de equipos línea amarilla en relación a las reservas y se obtuvo los siguientes resultados:

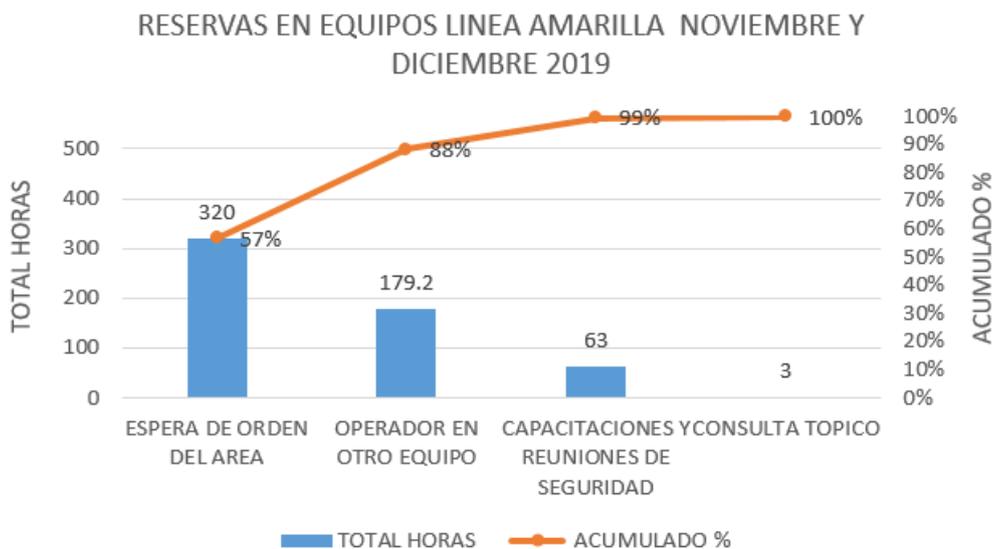


Figura 16. Reservas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Interpretación: Los tiempos muertos de mayor incidencia es la paralización de trabajos por espera de orden del área y operador en otro equipo, ya que tienen una influencia del 88% en las reservas en los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.10 Análisis de fuera de servicio programadas en volquetes volvo noviembre y diciembre 2019

Fuera de servicio programadas en volquetes noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Cambio de componente	40.8	58%	58%
Mantenimiento	29.5	42%	100%
Total fuera de servicio programadas	70.3	100%	

Se realizó el análisis de tiempos de volquetes volvo en relación a los tiempos fuera de servicio programadas y se obtuvo los siguientes resultados:

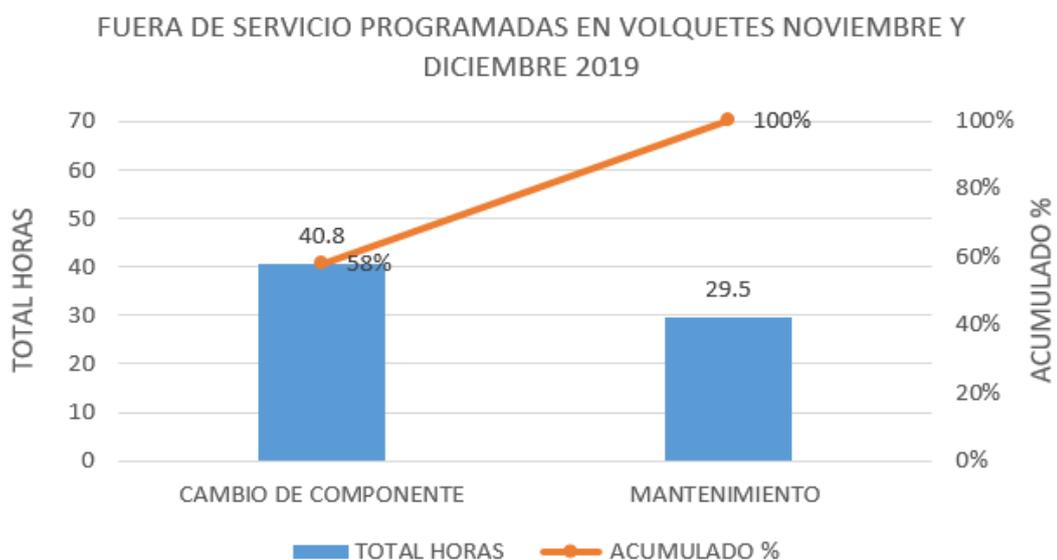


Figura 17. Fuera de servicio programadas en volquetes Volvo noviembre y diciembre 2019

Interpretación: Los tiempos muertos de mayor incidencia son el cambio de componente y el mantenimiento, ya que tiene la mayor influencia fuera de servicios programados en los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.11 Análisis de fuera de servicio programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Fuera de servicio programadas en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Cambio de componente	37.8	74%	74%
Mantenimiento	13.3	26%	100%
Total fuera de servicio programadas	51.1	100%	

Se realizó el análisis de tiempos en equipos línea amarilla en relación a los tiempos fuera de servicio programadas y se obtuvo los siguientes resultados:

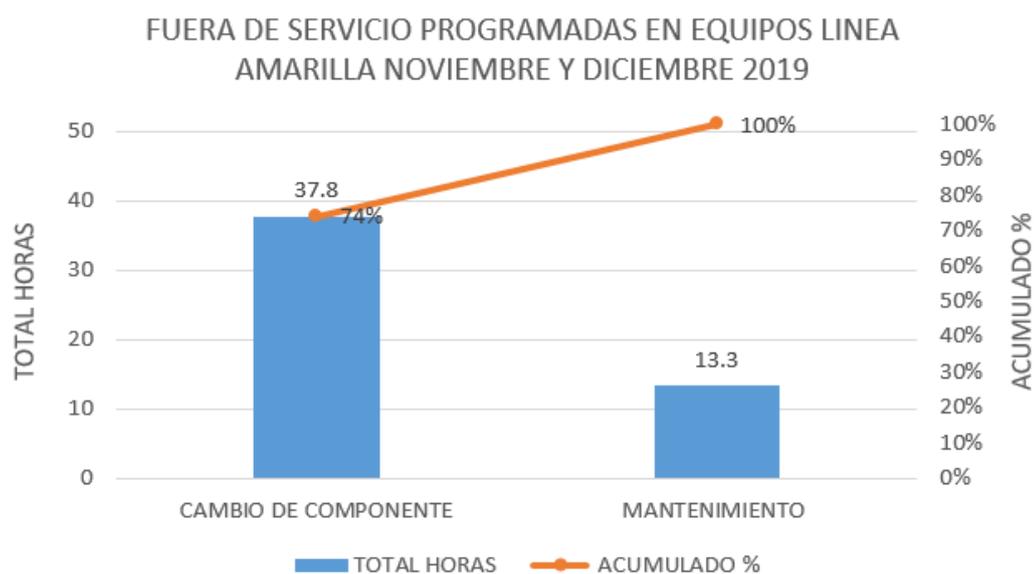


Figura 18. Fuera de servicio programadas en equipos de línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Interpretación: Los tiempos muertos de mayor incidencia son el cambio de componente y el mantenimiento, ya que tiene la mayor influencia fuera de servicios programados en los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.12 Análisis de fuera de servicio imprevistos en volquetes volvo noviembre y diciembre 2019

Fuera de servicio imprevistos en volquetes noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Falla de componente	115.5	63%	63%
Falla de llanta	69.2	37%	100%
Total fuera de servicio imprevistos	184.7	100%	

Se realizó el análisis de tiempos en volquetes volvo en relación a los tiempos fuera de servicio imprevistos y se obtuvo los siguientes resultados:

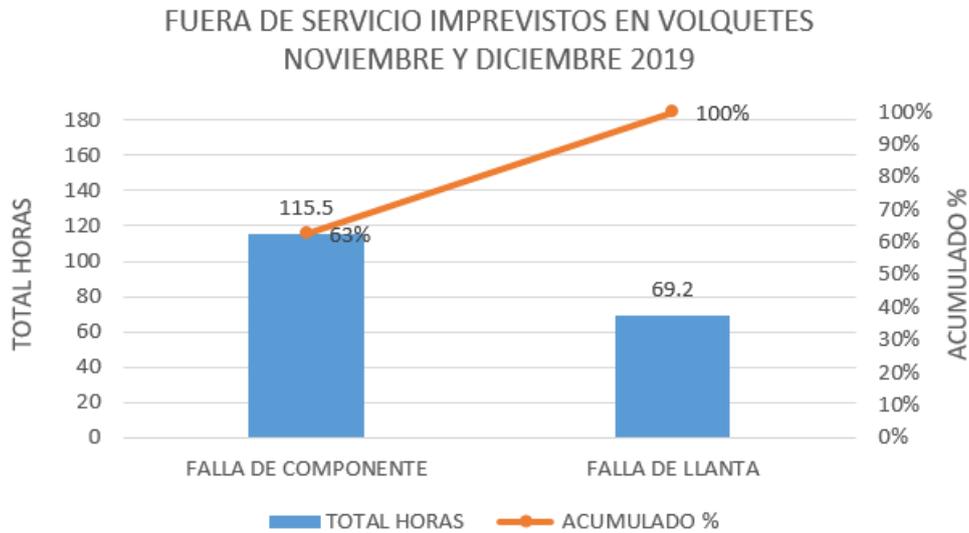


Figura 19. Fuera de servicio imprevistos en volquetes noviembre y diciembre 2019

Interpretación: Los tiempos muertos de mayor incidencia es la falla de componente y falla de llanta, ya que tiene la mayor influencia fuera de servicios imprevistos en los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.1.13 Análisis de fuera de servicio imprevistos en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Fuera de servicio imprevistos en equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Total horas	Porcentaje	Acumulado %
Falla de componente	79.6	100%	100%
Falla de llanta	0	0%	100%
Total fuera de servicio imprevistos	79.6	100%	

Se realizó el análisis de tiempos en equipos línea amarilla en relación a los tiempos fuera de servicio imprevistos y se obtuvo los siguientes resultados:

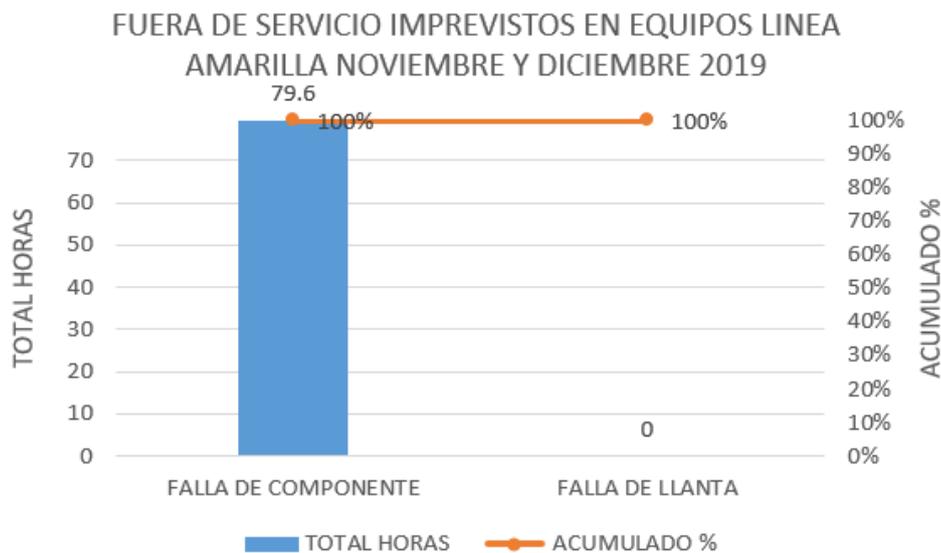


Figura 20. Fuera de servicio imprevistos en equipos de línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Interpretación: El tiempo muertos de mayor incidencia es la falla de componente, ya que tiene la mayor influencia fuera de servicios imprevistos en los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.2 Resumen del análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en los meses noviembre y diciembre 2019

Tabla 2. Resumen de descripción de tiempos muertos en volquetes noviembre y diciembre 2019

Resumen de horas muertas totales en volquetes noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Horas totales	Porcentaje	Acumulado %
Espera de orden del área	798	47%	47%
Operador en otro equipo	316.9	19%	65%
Falla de componente	115.5	7%	72%
Falla de llanta	69.2	4%	76%
Capacitaciones y reuniones de seguridad	63	4%	80%
Habilitación y preparación de área	56.1	3%	83%
Clima adverso	46.8	3%	86%
Falta de equipo complementario	43	3%	89%
Cambio de componente	40.8	2%	91%
Manipulación de materiales en vías	30	2%	93%
Cambio de horario de voladura	29.8	2%	94%
Mantenimiento	29.5	2%	96%
Paralización en zonas críticas por lluvia	21.6	1%	97%
Ingreso y salida de personal	14.8	1%	98%
Cierre de flota	13.1	1%	99%
Abastecimiento de combustible	6.8	0%	99%
Consulta tópica	4.7	0%	100%
Trabajos en vías	1.9	0%	100%
Intervención de supervisión	1.5	0%	100%
Mantenimiento de vías	1.2	0%	100%
Espera de ploteo	0	0%	100%
Equipo no cumple su función de diseño	0	0%	100%
Total horas	1704.2	100%	

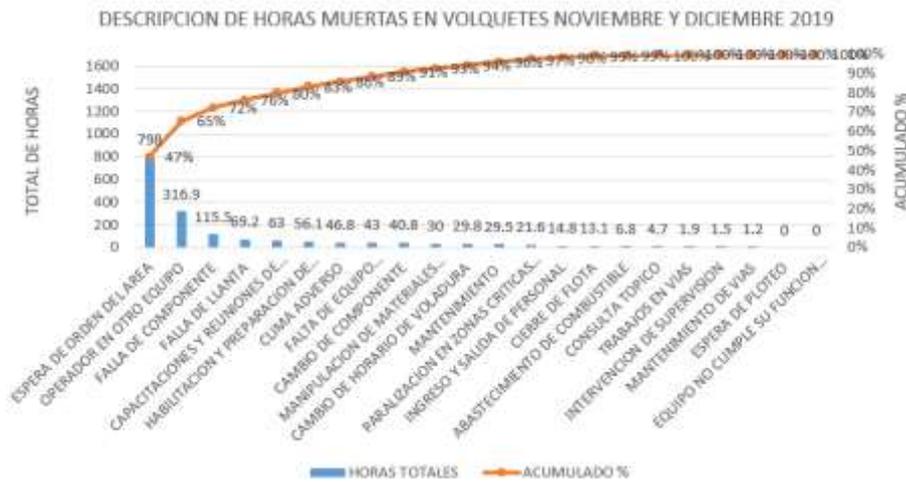


Figura 21. Diagrama de Pareto de tiempos muertos en volquetes noviembre y diciembre 2019

Tabla 3. Resumen de descripción de tiempos muertos en equipos de línea amarilla noviembre y diciembre 2019

Resumen de horas muertas totales equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019			
Descripción de tiempos muertos	Horas totales	Porcentaje	Acumulado %
Espera de orden del área	320	35%	35%
Operador en otro equipo	179.2	19%	54%
Falla de componente	79.6	9%	63%
Clima adverso	64.2	7%	70%
Capacitaciones y reuniones de seguridad	63	7%	77%
Cambio de componente	37.8	4%	81%
Paralización en zonas críticas por lluvia	36	4%	85%
Cierre de flota	27.3	3%	88%
Cambio de horario de voladura	26.5	3%	91%
Ingreso y salida de personal	14.9	2%	92%
Espera de ploteo	13.4	1%	94%
Mantenimiento	13.3	1%	95%
Intervención de supervisión	13.1	1%	97%
Abastecimiento de combustible	8.7	1%	98%
Equipo no cumple su función de diseño	7	1%	98%
Habilitación y preparación de área	6.5	1%	99%
Falta de equipo complementario	5.4	1%	100%
Consulta tónica	3	0%	100%
Manipulación de materiales en vías	0.8	0%	100%
Trabajos en vías	0	0%	100%
Mantenimiento de vías	0	0%	100%
Falla de llanta	0	0%	100%
Horas totales	919.7	100%	



Figura 22. Diagrama de Pareto de tiempos muertos en equipos de línea amarilla noviembre y diciembre 2019

4.2.1 Oportunidades de mejoras operativas en tiempos muertos

A. Pérdidas operacionales

- **Espera de ploteo**

Se realiza el requerimiento de 01 camioneta adicional para tener la disponibilidad de 01 camionetas para el área de supervisión y 01 camioneta para mantenimiento, los cuales darán soporte al ploteo de equipos.

- **Habilitación y preparación de área**

Se mejora la comunicación y coordinación con la supervisión en el requerimiento de equipos complementarios, es necesario tener el área habilitada y preparada dando buenas condiciones para dar inicio a la operación y no tener en espera los equipos.

- **Falta de equipo complementario**

Se recomienda mejorar la programación de trabajos y cantidad de equipos a utilizar con las áreas, para realizar un requerimiento oportuno de ser necesario.

- **Equipo no cumple su función de diseño**

Se mejora la comunicación y coordinación con el área que solicita el equipo

para la evaluación del trabajo que se va a realizar para la adecuada elección del tipo de equipo y capacidad que se va a utilizar.

B. Demoras programadas

- **Ingreso y salida de personal**

Se realiza en requerimiento de una camioneta adicional.

- **Cierre de flota**

Se realiza coordinaciones para evaluar el parqueo de equipos en zonas de carguío, dependiendo las condiciones que presenta

- **Trabajos en vías**

Se mejora la comunicación y coordinación con las áreas para un aviso oportuno de trabajos en vías para una adecuada distribución de equipos.

- **Mantenimiento de vías**

Se mejora la comunicación y coordinación con las áreas para un aviso oportuno de mantenimiento de vías para una adecuada distribución de equipos.

- **Abastecimiento de combustible**

Se mejora la planificación de abastecimiento de combustible de equipos, para abastecerlos en horarios de tiempos muertos.

- **Intervención de supervisión**

Se mejora la comunicación y coordinación entre la línea de supervisión y los operadores.

C. Demoras no programadas

- **Clima adverso**

En trabajos rutinarios se plantea trabajos alternativos si las condiciones climáticas cambian.

- **Cambio de horario de voladura**

Se mejora la comunicación con el área mina y encargados de voladura para una planificación oportuna si cambia o se posterga el horario de voladura.

- **Paralización en zonas críticas por lluvias**

En trabajos rutinarios se plantea trabajos alternativos si las condiciones climáticas cambian.

- **Manipulación de materiales en vías**

Se mejora la comunicación y coordinación con las áreas para un horario adecuado de manipulación de materiales que no interfiera en la circulación de los equipos.

D. Reservas

- **Espera del orden del área**

Se recomienda mejorar la programación de trabajos mediante la comunicación y coordinación entre áreas y línea de supervisión. Disponer de vigías y coordinadores de descarga para los trabajos de servicios auxiliares.

- **Capacitación isem, reunión de seguridad**

Actividades normadas por ley

- **Consulta a tópico**

Se realiza seguimiento de frecuencias de consultas.

- **Operador en otro equipo**

Se realiza el requerimiento de personal para abastecer al 100% de los equipos requeridos por las áreas.

E. Fuera De Servicio Programado

- **Mantenimiento**

Se mejora la planificación de mantenimiento de equipos en tiempos muertos.

- **Cambio de componente**

Se mejora la disponibilidad de componentes en almacén de mantenimiento de mina y almacén de Cajamarca, así como también se reduce el tiempo de envío de componentes de Cajamarca.

F. Fuera de servicio imprevistos

- **Falla de llanta**

Se mejora el stock de llantas armada y herramientas adecuadas para el cambio.

- **Falla de componentes y manguera**

Se mejora la comunicación y coordinación con logística Cajamarca. Se capacita a los operadores en Inspección de equipos. Se realiza inspecciones a los equipos por el área de mantenimiento en tiempos muertos. Se realiza cambios oportunos de mangueras y componentes antes de que fallen.

4.2.2 Análisis de tiempos muertos entre noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020

Se analizó los tiempos muertos de los volquetes y equipos línea amarilla en los meses noviembre y diciembre 2019, para poder detectar oportunidades de mejora y superar las deficiencias teniendo resultados favorables en los meses enero y febrero 2020.

Tabla 4. Comparativa de los tiempos muertos de los volquetes en los meses noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020

Total de tiempos muertos en volquetes 2019 y 2020			
Descripción	Horas totales	Horas totales	% Total h
	2019	2020	2020
Espera de ploteo	0	0	0%
Habilitación y preparación de área	56.1	7.3	0%
Falta de equipo complementario	43	27.2	2%
Equipo no cumple su función de diseño	0	0	0%
Ingreso y salida de personal	14.8	0	0%
Cierre de flota	44	21.1	1%
Trabajos en vías	1.9	0.2	0%
Mantenimiento de vías	1.2	0	0%
Abastecimiento de combustible	6.8	0	0%
Intervención de supervisión	1.5	2.1	0%
Clima adverso	66.9	71.4	4%
Cambio de horario de voladura	29.8	11.9	1%
Paralización en zonas críticas por lluvia	36.7	42.6	3%
Manipulación de materiales en vías	30	5.5	0%
Espera de orden del área	731.9	1210.2	75%
Capacitaciones y reuniones de seguridad	63	57.5	4%
Consulta tónica	4.7	1.1	0%
Operador en otro equipo	316.9	40.6	3%
Mantenimiento	29.5	4.5	0%
Cambio de componente	40.8	26	2%
Falla de llanta	69.2	15.4	1%
Falla de componente	115.5	72.5	4%
Horas totales	1704.2	1617.1	100%

Interpretación: Los tiempos muertos de los volquetes en los meses enero y febrero 2020 son menores por 87.1 horas, en comparación con los meses de noviembre y diciembre 2019.

Tabla 5. Comparativa de los tiempos muertos de los equipos línea amarilla en los meses noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020

Total de tiempos muertos en equipos línea amarilla 2019 Y 2020			
Descripción	Horas totales	Horas totales	% Total h
	2019	2020	2020
Espera de ploteo	13.4	1.9	0%
Habilitación y preparación de área	6.5	0.5	0%
Falta de equipo complementario	5.4	1.7	0%
Equipo no cumple su función de diseño	7	0	0%
Ingreso y salida de personal	14.9	7.5	1%
Cierre de flota	27.3	8.4	1%
Trabajos en vías	0	0	0%
Mantenimiento de vías	0	0	0%
Abastecimiento de combustible	8.7	3.4	0%
Intervención de supervisión	13.1	11.2	1%
Clima adverso	64.2	6.5	1%
Cambio de horario de voladura	26.5	9.4	1%
Paralización en zonas críticas por lluvia	36	61.9	7%
Manipulación de materiales en vías	0.8	0	0%
Espera de orden del área	320	597	70%
Capacitaciones y reuniones de seguridad	63	68.7	8%
Consulta tónica	3	0	0%
Operador en otro equipo	179.2	30.5	4%
Mantenimiento	13.3	2.5	0%
Cambio de componente	37.8	17.2	2%
Falla de llanta	0	0	0%
Falla de componente	79.6	23.1	3%
Horas totales	919.7	851.4	100%

Interpretación: Los tiempos muertos de los equipos línea amarilla en los meses enero y febrero 2020 son menores por 68.3 horas, en comparación con los meses de noviembre y diciembre 2019.

4.3 Evaluación del estudio de tiempos y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares para el seguimiento y medición de indicadores operacionales.

Se realizó la medición de indicadores operacionales con la base de datos del estudio de tiempos y el seguimiento diario para el control operativo. Estos indicadores permiten un control diario de desempeño del equipo y en la toma de decisiones para superar las deficiencias.

Tabla 6. Promedio de indicadores operacionales en volquetes de los meses noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020

Promedio de indicadores operacionales en volquetes 2019 y 2020						
Indicadores operacionales en volquetes	%	Disponibilidad	%utilización	%	%	%
Volquetes noviembre y diciembre 2019						
diciembre 2019	94.30%	61.87%	2.22%	1.57%	3.66%	24.98%
Total horas acumuladas						
	4219.62	2770.70	99.10	70.20	163.40	1116.50
Volquetes enero y febrero 2020						
2020	97.39%	64.30%	0.77%	0.53%	2.90%	28.94%
Total horas acumuladas						
	4411.6	2912.9	34.5	23.4	131.4	1309.4

Interpretación:

- La disponibilidad de los volquetes aumenta en 3.09 %
- La utilización efectiva aumenta en 2.43 %
- Las pérdidas operacionales disminuyen en 1.45 %
- Las demoras programadas disminuyen en 1.04 %
- Las demoras no programadas disminuyen en 0.76 %
- Las reservas aumentan en 3.96 %

Tabla 7. Promedio de indicadores operacionales en equipos línea amarilla de los meses noviembre-diciembre 2019 y enero-febrero 2020

Promedio de indicadores operacionales en equipos línea amarilla 2019 Y 2020						
Indicadores operacionales en equipos línea amarilla	% Disponibilidad	% utilización	% pérdidas operacionales	% demoras programadas	% demoras no programadas	% reservas
Equipos línea amarilla noviembre y diciembre 2019						
Total horas acumuladas	95.38%	67.50%	1.15%	2.28%	4.52%	20.31%
	2702.8	1914.0	32.30	64.00	127.50	565.20
Equipos línea amarilla enero y febrero 2020						
Total horas acumuladas	98.61%	72.45%	0.13%	1.05%	2.52%	22.56%
	3050.2	2241.6	4.1	30.5	77.8	696.2

Interpretación:

- La disponibilidad de los equipos línea amarilla aumenta en 3.23 %
- La utilización efectiva aumenta en 4.95 %
- Las pérdidas operacionales disminuyen en 1.02 %
- Las demoras programadas disminuyen en 1.23 %
- Las demoras no programadas disminuyen en 2 %
- Las reservas aumentan en 2.25 %

4.4 Evaluación del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares

- Tarifa horaria y costos unitarios
- Tarifa horas m+c+o

Es la tarifa dentro de las 150 horas programados donde los costos cubren máquina, combustible y operador.

- Tarifa horas M+C

Es la tarifa cuando sobrepasan las 150 horas programadas en donde los costos cubren al operador y los demás costos son de consumo de combustible más maquina seca operada.

- Tarifa horas minimas M+O

Es la tarifa cuando no sobrepasan las 150 horas programadas en donde la máquina más operador están en espera de orden de trabajo y no se consume combustible.

Tabla 8. Tipos de costos unitarios en los equipos noviembre y diciembre 2019 – enero y febrero 2020

Costos unitarios				
Equipos	Horas mínimas programadas	Tarifa horas m+c+o (\$ x h)	Tarifa horas sobre 150 m+c (\$ x h)	Tarifa horas mínimas m+o (\$ x h)
Volquete Volvo	150	44	33.5	32
Cargador frontal CAT 966 H	150	75	64	58
Excavadora CAT 336 DL	150	94	83	63
Retroexcavadora CAT 420 F	150	44	34	37
Tractor CAT D8T	150	109	97.5	75

Se realizó la evaluación en función de la utilización efectiva de cada tipo equipo programado con las horas mínimas programadas, asimismo se calcula los costos según los tipos de tarifas horarias y por último se calcula los costos totales.

Se realiza una comparación de los meses noviembre - diciembre del año 2019 y enero – febrero 2020.

4.4.1. Evaluación de equipos en los meses noviembre y diciembre 2019

Tabla 9. Evaluación de cumplimiento de horas programadas y costos totales noviembre y diciembre 2019

Equipos noviembre y diciembre 2019															
Equipos	Horas total general	Equipos programados	Horas mínimas programadas	% cumplimiento de horas mínimas	Horas (M+C+O)	Horas sobre mínimas		Tarifa sobre mínimas		Valor sobre mínimas		Valor sobre mínimas		Total valor	
						150 HM (M+C)	Horas (M+O)	horas (M+C+O)	Tarifa (M+O)	150 HM (M+C)	horas (M+O)	150 HM (M+C)	horas (M+O)		
Cargador frontal cat 966h	263.8	1	300	88%	263.8	0	36.2	75	64	58	19785	0	2099.6	21884.6	
Excavadora cat 320dl	657	2	600	100%	600	57	0	75	64.5	57	45000	3676.5	0	48676.5	
Excavadora cat 336dl	363.7	1	300	100%	300	63.7	0	94	83	63	28200	5287.1	0	33487.1	
Retroexcavadora cat 420	378.7	1	300	100%	300	78.7	0	44	34	37	13200	2675.8	0	15875.8	
Tractor cat d8t	250.8	1	300	84%	250.8	0	49.2	109	97.5	75	27337.2	0	3690	31027.2	
Volquete volvo	2770.7	9	2700	100%	2700	70.7	0	44	33.5	32	118800	2368.45	0	121168	
Total general	4684.7	15	4500	98%	4414.6	270.1	85.4	441	376.5	322	252322	14007.9	5789.6	272120	

Interpretación:

- El cargador frontal CAT 966H, generó 36.2 horas mínimas a causa de no cumplir sus horas programadas.
- El tractor CAT D8T, generó 49.2 horas mínimas a causa de no cumplir sus horas programadas.
- Se generó un total de 85.4 horas mínimas con un costo de 5789.6\$ (dólares).
- Total de horas efectivas son 4684.7 Hr con un costo total de 272120.0\$ (dólares).
- Total de horas sobre las mínimas programadas es 270.1 Hr equivalentes a 14007.9\$ (dólares).

- Total de horas programadas para los equipos son 4500 Hr de los cuales se cumplieron 4414.6 representando el 98.1% de los programado, equivalente las horas efectivas que se cumplió con 252322\$(dólares).

4.4.2. Evaluación de equipos en los meses enero y febrero 2020

Tabla 10. Evaluación de cumplimiento de horas programadas y costos totales enero y febrero 2020

Equipos enero y febrero 2020														
Equipos	Horas total general	Equipos programados	Horas mínimas programadas	% Cumplimiento de horas mínimas	Horas (M+C+O)	Horas sobre 150 HM (M+C)	Horas mínimas (M+O)	Tarifa horas (M+C+O)	Tarifa horas sobre 150 HM (M+C)	Tarifa horas mínimas (M+O)	Valo horas (M+C+O)	Valo horas sobre 150 HM (M+C)	Valo horas mínimas (M+O)	Total valo
Cargador frontal CAT 966h	297.6	1	300	99%	297.6	0	2.4	75	64	58	22320	0	139.2	22459.2
Excavadora CAT 320dl	688.5	2	600	100%	600	88.5	0	75	64.5	57	45000	5708.25	0	50708.3
Excavadora CAT 336dl	510.5	1	300	100%	300	210.5	0	94	83	63	28200	17471.5	0	45671.5
Retroexcavadora CAT 420	408.5	1	300	100%	300	108.5	0	44	34	37	13200	3689	0	16889
Tractor cat d8t	336.5	1	300	100%	300	36.5	0	109	97.5	75	32700	3558.75	0	36258.8
Volquete volvo	2912.9	9	2700	100%	2700	212.9	0	44	33.5	32	118800	7132.15	0	125932
Total general	5154.5	15	4500	100%	4497.6	656.9	2.4	441	376.5	322	260220	37559.7	139.2	297919

Interpretación:

- El cargador frontal CAT 966H, genero 2.4 horas mínimas a causa de no cumplir sus horas programadas.
- Se generó un total de 2.4 horas mínimas con un costo de 139.2\$ (dólares).
- Total de horas efectivas de todos los equipos son 5154.5 h con un costo total de 297919.0\$ (dólares).
- Total de horas sobre las mínimas programadas es 656.9 h equivalentes a 37559.7\$ (dólares).
- Total de horas programadas para los equipos son 4500 h de los cuales se cumplieron 4497.6 Hr representando el 99.95% de los programado, equivalente las horas efectivas que se cumplió son 260220\$(dólares).

- ✓ Resumen de cuadro de optimización de costos noviembre y diciembre 2020 mediante comparación de costos de máquina Humeda + operador y solo máquina Humeda

Tabla 11. Resumen optimización de costos noviembre y diciembre 2019

Resumen de cuadro de optimización de costos noviembre y diciembre 2020

Equipos	Total de horas sobre las 150	Tarifa horas M+C+O (\$ X h)	Tarifa horas sobre 150 M+C (\$ X h)	Valo (M+C+O)	Valo (M+C)	Costos optimizados de utilización efectiva
Cargador frontal CAT 966H	0	75	64	0	0	0
Excavadora CAT 320DL	57	75	64.5	4275	3676.5	598.5
Excavadora CAT 336DL	63.7	94	83	5987.8	5287.1	700.7
Retroexcavadora CAT 420	78.7	44	34	3462.8	2675.8	787
Tractor CAT D8T	0	109	97.5	0	0	0
Volquete Volvo	70.7	44	33.5	3110.8	2368.45	742.35
Total	270.1	441	376.5	16836.4	14007.85	2828.55

Interpretación:

- Utilización efectiva total sobre las horas programadas es 270 horas.
- Se obtuvo una optimización de costos de 2828.55\$ (dólares), por 270.1 horas efectivas de equipos.

- ✓ Resumen de cuadro de optimización de costos noviembre y diciembre 2020 mediante comparación de costos de máquina Humeda + operador y solo máquina Humeda

Tabla 12. Resumen optimización de costos enero y febrero 2020

Resumen de cuadro de optimización de costos enero y febrero 2020						
Equipos	Total de horas sobre las 150	Tarifa horas M+C+O (US\$ X Hr)	Tarifa horas sobre 150 M+C (US\$ X Hr)	Valo (M+C+O)	Valo (M+C)	Costos optimizados de utilización efectiva
Cargador frontal CAT 966H	0	75	64	0	0	0
Excavadora CAT 320DL	88.5	75	64.5	6637.5	5708.25	929.25
Excavadora CAT 336DL	210.5	94	83	19787	17471.5	2315.5
Retroexcavadora CAT 420	108.5	44	34	4774	3689	1085
Tractor CAT D8T	36.5	109	97.5	3978.5	3558.75	419.75
Volquete VOLVO	212.9	44	33.5	9367.6	7132.15	2235.45
Total	656.9	441	376.5	44544.6	37559.65	6984.95

Interpretación:

- Utilización efectiva total sobre las horas programadas es 656.9 horas.
- Se obtuvo una optimización de costos de 6984.95\$ (dólares), por 656.9 horas efectivas de equipos.

Discusión de resultados

1. De la hipótesis general N°1 que establece: El análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares permite detectar oportunidades de mejora operativa y reducir los tiempos muertos en minera La Zanja, el análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares parte de las actividades diarias de los equipos de servicios, ya que cada actividad lleva un periodo de tiempo de los cuales se evalúan en tiempos muertos y tiempos efectivos los cuales se registran a diario en los reportes de operación de equipos. El análisis de los tiempos de los equipos de servicios auxiliares parte principalmente del estudio de tiempos para cada equipo, que nos sirve de base para el cálculo de los índices operacionales en función a tiempo en horas de las actividades de los equipos que realizan a diario, según este análisis podemos focalizar la actividad que lleva a más tiempos muertos; por ello, la espera del orden del área en volquetes representa el 75 % y en los equipos línea amarilla el 70 % del total de tiempos muertos.

Estos resultados guardan relación con lo establecido por el ingeniero Víctor Manuel Barrientos González, cuya investigación es: “Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto”, en cuya conclusión establece que con los análisis a los datos limpios de la información proveniente de *dispatch* en la faena, se concluye que el tiempo de ciclo total posee una alta correlación negativa con una estimación de la productividad para cada ciclo. Este resultado es esperado y sigue la lógica de la teoría, dado que esta estimación de la productividad se realiza sobre la división entre el tamaño de tolva descargado y el tiempo que tomó en realizar el ciclo. La construcción de nuevas bases de datos a partir de la base de datos inicial permite realizar análisis más robustos sobre la productividad instantánea definida al comienzo de este estudio.

2. De la hipótesis específica N°2 que establece: La evaluación del estudio de tiempos y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares permite el seguimiento y medición de los indicadores operacionales en minera La Zanja, la relación de los índices operacionales juega un papel importante en términos de tiempo de los equipos de servicios auxiliares que nos sirven de indicador para saber si es óptimo o no solo es, con variables como la disponibilidad mecánica (Dm), utilización efectiva(Ue), pérdidas operacionales(Po), demoras programadas(Dp), demoras no programadas (Dnp) y reservas (R) que arrojan un valor que podemos controlar tanto las pérdidas operacionales y mejorar por medio de controles focalizando la actividad con más pérdidas en términos de tiempo. En volquetes en comparación para el año 2019 y el año 2020 es la disponibilidad aumenta en 3.09 %, la utilización efectiva aumenta en 2.43 %, las pérdidas operacionales disminuyen en 1.45 %, las demoras programadas disminuyen en 1.04 %, las demoras no programadas disminuyen en 0.76 %, las reservas aumentan en 3.96% y en los equipos línea amarilla en comparación para el año 2019 y el año 2020 es la disponibilidad aumenta en 3.23 %, la utilización efectiva aumenta en 4.95 %, las pérdidas operacionales disminuyen en 1.02 %, las demoras programadas disminuyen en 1.23 %, las demoras no programadas disminuyen en 2%, las reservas aumentan en 2.25 %.

Estos resultados guardan relación con lo establecido por el ingeniero Gabriel Segura Llanos, cuya investigación es: “Análisis de flota de equipos de servicios según indicadores de rendimiento en mina Los Bronces”, en cuya conclusión establece que la comparación de la disponibilidad física en el año 2019 alcanzó un promedio del 85 % para los bulldozer, las variaciones dentro de la disponibilidad por equipo, se pueden asociar con la relación de mantención, las horas destinadas a mantención programada, fueron casi las mismas que las de mantención no programada, por lo tanto, el indicador de disponibilidad puede ser mejorado, disminuyendo la cantidad de horas de mantención no programada. El uso de la disponibilidad física del bulldozer alcanzó un promedio de 75 %, este indicador debe ser mejorado en el corto plazo. Las causas de este desempeño se pueden relacionar con el rol del operador, la imputación de las horas operativas del equipo, la realización de los relevos

correspondientes a las horas de colación que tenga el operador, entre otros, en relación a los *wheeldozer* los resultados se pueden relacionar con la estrategia operacional de dar de baja un equipo para el año 2020 teniendo 7 equipos dispuestos para la operación.

3. De la hipótesis específica N°3 que establece: La evaluación del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares, permite la optimización de la reducción del costo total de utilización efectiva en minera La Zanja, está enfocada en el cumplimiento de horas mínimas programadas mediante las mejoras y oportunidades de mejora para los equipo de servicios auxiliares minimizando los tiempos muertos y aumentando la utilización efectiva, estas dos variables son inversamente proporcionales ya que al reducir los tiempos muertos incrementamos las horas efectivas de trabajo.

Las horas sobre las programadas en los meses noviembre y diciembre del 2019 es 270.1 horas que reducen el costo de utilización efectiva en \$2828.55. En el caso de las horas sobre las programadas en los meses enero y febrero del 2020 es 656.9 horas que reducen el costo de utilización efectiva en \$6984.95.

En comparación con los meses anteriores hay un mayor aprovechamiento de la utilización efectiva de los equipos por 386.8 horas y optimización de la reducción del costo por \$4156.4.

Estos resultados guardan relación con lo establecido por el ingeniero José Ignacio Bonzi Ríos, cuya investigación es: "Propuestas de mejora de la utilización efectiva en base a disponibilidad de la flota de carguío y transporte en minera los Pelambres", en cuya conclusión establece que: la evaluación económica simple con los siguientes parámetros a considerar: La inversión inicial del sistema de cámaras corresponde aproximadamente a \$1,000,000, de acuerdo a la cotización de la empresa MMI adjuntada en la sección, de acuerdo al análisis previo, se tiene un ahorro de tiempo de 0.8 minutos por camión. En promedio cada camión transporta 305 toneladas húmedas y la pala 4 tiene un

rendimiento de 85 [ktpd]. Por lo tanto, la pala 4 carga 278 camiones en promedio, lo que implica un ahorro en tiempo de 222.4, minutos, es decir 3.71 horas adicionales, se asume que se ocuparan el 25 % de esas horas adicionales (0.93 horas por día), que se traduce en 4.1 [ktpd] extras de mineral por pala, en consecuencia, como se tienen 2 palas en frentes de mineral, se tendrían 8.2 [ktpd] adicionales, al año se tienen 2.87 [Mt] de mineral con una ley media de 0.69% de Cu, considerando una recuperación de 89 %, se tienen 17.62 [kton] de cobre fino pagable por año, suponiendo un precio de 2.2 [US/lb] y un C1 de 1.4 [US/lb], se tiene un beneficio equivalente a 0.8 cUS/lb, lo que implica una ganancia de \$3.11 MUSD por año

CONCLUSIONES

1. Mediante el análisis de los tiempos muertos se detectó dentro de las pérdidas operacionales tres mejoras operacionales y una oportunidad de mejora. En las demoras programadas, seis mejoras operacionales; en las demoras no programadas dos mejoras operacionales y dos oportunidades de mejora. En las reservas, dos mejoras operacionales y una oportunidad de mejora. En fuera de servicio programadas, dos mejoras operacionales; en fuera de servicio imprevistos cinco mejoras operacionales. De acuerdo a las mejoras operacionales, se reduce los tiempos muertos en los volquetes con 87.1 horas y en equipos línea amarilla con 68.3 horas, obteniendo mayores tiempos de disponibilidad para la utilización efectiva de los equipos. En el análisis de los tiempos muertos, se obtuvo una base de datos donde hay una oportunidad de mejora que se tienen que superar, el cual es la espera del orden del área que representa el 75 % de las horas muertas en volquetes y 70 % de horas muertas en equipos línea amarilla.

2. Mediante la relación del estudio de tiempos se procesaron los datos para dar seguimiento y medición de indicadores operacionales teniendo los siguientes resultados:

En volquetes

- La disponibilidad de los volquetes aumenta en 3.09 %
- La utilización efectiva aumenta en 2.43 %
- Las pérdidas operacionales disminuyen en 1.45 %
- Las demoras programadas disminuyen en 1.04 %
- Las demoras no programadas disminuyen en 0.76 %
- Las reservas aumentan en 3.96 %

En equipos línea amarilla

- La disponibilidad de los equipos línea amarilla aumenta en 3.23 %
- La utilización efectiva aumenta en 4.95 %
- Las pérdidas operacionales disminuyen en 1.02 %

- Las demoras programadas disminuyen en 1.23 %
- Las demoras no programadas disminuyen en 2 %
- Las reservas aumentan en 2.25 %

Se obtuvieron resultados óptimos en los indicadores operacionales de disponibilidad, utilización efectiva, pérdidas operacionales, demoras programadas y demoras no programadas, pero se tiene una oportunidad de mejora en las reservas que se tiene que superar.

3. En el cumplimiento de horas mínimas programadas en los meses de noviembre y diciembre del 2019 no se completó por 85.4 horas equivalente \$5789.6, el cual es un sobrecosto a la no utilización de los equipos. En el cumplimiento de horas mínimas programadas en los meses de enero y febrero del 2020 no se completó por 2.4 horas equivalente \$139.2, en comparación con el sobrecosto de los meses anteriores es menor por \$5650.4.

En el caso de las horas sobre las programadas en los meses noviembre y diciembre del 2019 es 270.1 horas que reducen el costo de utilización efectiva en \$2828.55. En el caso de las horas sobre las programadas en los meses enero y febrero del 2020 es 656.9 horas que reducen el costo de utilización efectiva en \$6984.95.

En comparación con los meses anteriores hay un mayor aprovechamiento de la utilización efectiva de los equipos por 386.8 horas y optimización de la reducción del costo por \$4156.4.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mejorar la programación de trabajos mediante la comunicación y coordinación fluida entre áreas y línea de supervisión. Disponer de vigías y coordinadores de descarga para los trabajos de servicios auxiliares ya que por este personal varios trabajos tienen que estar en espera.

La idea es ver la utilización de los equipos como un negocio global y no por áreas, al no cumplir las horas mínimas programadas teniendo a los equipos en espera por el orden del área son sobrecostos que se hubieran podido ser sumadas en utilización efectiva.

2. Se recomienda el estudio de tiempos para el seguimiento y medición diario de los indicadores operacionales para tener una mejor interpretación de los tiempos muertos y la utilización efectiva, todo lo anterior mediante la capacitación de los operadores en reporte de tiempos y habilitar a 01 personal de oficina técnica que procese los datos, asimismo programar reuniones semanales con la línea de supervisión para detectar oportunidades de mejora y superarlas.
3. Se recomienda realizar una evaluación adecuada de cantidad de equipos versus programa de avance de trabajos mensuales y realizar el requerimiento de cantidad de maquinaria de servicios auxiliares, para aprovechar los tiempos de espera de equipo por falta de frente de trabajo y sobrepasar las horas mínimas programadas, con estos habrá una mayor optimización de la reducción de costo total de utilización de equipo. Esto se resume en las 3E de una organización exitosa:

Eficacia: Cumplir las horas mínimas programadas de los equipos de servicios auxiliares.

Eficiencia: Programar avance de trabajos y realizar el requerimiento de

cantidad de maquinaria necesaria, para cumplir la mayor utilización efectiva de la disponibilidad de los equipos.

Efectividad: Se reduce el costo de utilización efectiva de los equipos de servicios auxiliares y se cumple con el programa de avance de los trabajos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio de Energía y Minas. Informe de empleo minero 2019 - panorama y tendencias en el Perú. 2019. [fecha de consulta: 21 de noviembre de 2020]. Disponible en: http://www.minem.gob.pe/_publicaSector.php?idSector =1&pagina =2
2. SÁNCHEZ, R., LARDÉ, J., CHAUVET P. y AJIMURZINA, A. *Inversiones en infraestructura en América Latina: tendencias, brechas y oportunidades*. [en línea]. Santiago: CEPAL 2017 [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/43134/S1700926_es.pdf
3. NARREA, O.. *La minería como motor de desarrollo económico para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible*. [en línea]. Lima : Cooperación Alemana, 2017. [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.up.edu.pe/egp/Documentos/agenda_2030_la_mineria_como_motor_de_desarrollo_economico_para_el_cumplimiento_de_los_ods_89_12_y_17.pdf
4. BARRIENTOS, V. *Análisis de factores operacionales en detenciones de productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto*. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2014, 79 pp.
5. BONZI, J. *Propuestas de mejora de la utilización efectiva en base a disponibilidad de la flota de carguío y transporte en minera los Pelambres*. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2016, 135pp.
6. CASAS, D. *Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca - Peru : Universidad Nacional de Cajamarca, 2018, 132pp.

7. SALAS, L. *Estudio de KPIS en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 tm/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa - Peru : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2013,138pp.
8. F&M Maquinarias. *Informe del Programa de mantenimiento preventivo de equipos* . Cajamarca - Peru : Unidad Minera La Zanja., 2019.
9. Geocatmin. [En línea] 29 de Enero de 2020. [Fecha de consulta 29 de Enero de 2020.] Disponible en: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/portal/home/item.html?id=202d4b384d1541638688e9ea8570dc51>
10. TARBUCK, E. y LUTGENS, F. *Cencias de la tierra - introduccion a la geologia fisica*. Madrid - España : Pearson Educación S. A., Madrid, 2005, 712 pp.ISBN 84-205-4998-3.
11. Scribd. Columna Estratigrafica de Cajamarca. *Columna Estratigrafica de Cajamarca 1*. [En línea] 2012. [Fecha de consulta 12 de 09 de 2019.]Disponible: <https://es.scribd.com/doc/100090430/Columna-Estratigrafica-de-Cajamarca-1>.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Título: Análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en minera La Zanja				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cuál es el análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en Minera La Zanja S.R.L.?	Determinar el análisis del desempeño para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en Minera La Zanja S.R.L.	El análisis del desempeño permite el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en Minera La Zanja S.R.L.	Variable independiente: Análisis del desempeño Variable dependiente:	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicativo Nivel: Descriptivo Diseño: Descriptivo correlacional Método General: El método científico
¿Cuál es el análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en Minera La Zanja?	Determinar el análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en Minera La Zanja.	El análisis de las pérdidas operacionales, demoras, reservas y fuera de servicio para el control operativo de los equipos de servicios auxiliares permite detectar oportunidades de mejora operativa y reducir los tiempos muertos en Minera La Zanja.	Control operativo de equipos de servicios auxiliares.	Población: Todos los equipos de servicios auxiliares en Minera la Zanja. Muestra: Los equipos de servicios auxiliares de la Empresa F & M Maquinarias S.A.C. en Minera la Zanja de los meses noviembre diciembre 2019, enero y febrero 2020. La técnica de muestreo utilizada es la no probabilística por ser intencional a criterio del investigador.
¿Cuál es la evaluación entre el estudio de tiempos y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en Minera La Zanja?	Determinar la evaluación del estudio de tiempos y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en Minera La Zanja.	La evaluación del estudio de tiempos y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares permite el seguimiento y medición de los indicadores operacionales en Minera La Zanja.		
¿Cuál es la evaluación del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en Minera La Zanja?	Determinar la evaluación del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares en Minera La Zanja.	La evaluación del cumplimiento de horas mínimas programadas y el control operativo de los equipos de servicios auxiliares, permite la optimización de la reducción del costo total de utilización efectiva en Minera La Zanja.		

Mantenimiento preventivo general

Este tipo de mantenimiento se realiza cuando según por especificaciones técnicas o inspecciones del equipo se procede a cambiar el elemento o fluido sin que llegue a deteriorarse, por motivos de seguridad y cuidado del equipo.

- Se realiza mediante el cumplimiento de una programación.
- Se realiza cuando el equipo está libre, sin interrumpir la operación.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS F&M MAQUINARIAS						
EQUIPOS	MANTENIMIENTO MOTOR	MANTENIMIENTO SISTEMA HIDRAULICO	MANTENIMIENTO SISTEMA TRANSMISION	MANTENIMIENTO SISTEMA REFRIGERACION	SISTEMA DE AMORTIGUACION	LUBRICACION PUNTOS DE ENGRASE
Excavadoras	250 horas	2000 horas	1000 horas	2000 horas	N/A	30 horas
Retroexcavadoras	200 horas	2000 horas	1000 horas	2000 horas	N/A	30 horas
Cargador Frontal	250 horas	2000 horas	1000 horas	2000 horas	N/A	30 horas
C. Volquetes	400 horas o 4,500 Km de rec.	2000 horas	1000 horas	2000 horas	10,000 Km	35 horas
Camionetas	5000 Km. De rec.	15000 Km	15000 Km	15000 Km	10,000 Km	1500 km.

Equipos línea amarilla

- A. Cambio de aceite de motor SAE 15W40, y cambio de filtros de aceite y de combustible.
- B. Cambio de aceite hidráulico SAE 10, cambio de filtros hidráulicos, incluido la del tanque hidráulico.
- C. Cambio de aceite de transmisión SAE 30, y filtros de transmisión.
- D. Cambio de refrigerante, inspección y lavado del radiador.
- E. Cambio de aceite de frenos sumergidos SAE 30, verificación de discos de freno y platinas; verificación de mandos de freno y liquido accionante.
- F. Engrase a todos los puntos de las articulaciones, del lampón, brazos, botellas, Stick, boom, terminales de dirección, pines y bocinas, cardan y cruceta de los equipos.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS						
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPOS	A	B	C	D	E	F
	MANTENIMIENTO DE MOTOR	MANTENIMIENTO SISTEMA HIDRAULICO	MANTENIMIENTO, SISTEMA DE TRANSMISION	MANTENIMIENTO SISTEMA REFRIGERACION	MANTENIMIENTO SISTEMA DE FRENOS	LUBRICACION PUNTOS DE ENGRASE
Equipos de Línea Amarilla	250 Horas	2000 Horas	1000 Horas	2000 Horas	2000 Horas	30 Horas
MANTENIMIENTO PREDICTIVO: Diario por el operador con la vuelta del gallo y llenado del check list; verificación de frenos incluido el de parqueo, verificación de testigos con maquina apagada y prendida; y por inspecciones de la supervisión.						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO : Realizamos en Cajamarca en taller especializado, Ferreyros, Unimaq, u otro con garantía o recomendación de Ferreyros, con repuestos originales Caterpillar.						

Camiones Volquete 6x4



PROGRAMA DE MANTENIMIENTO VOLVO - FMX 6x4

Repuestos Mantenimiento Preventivo				1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13
Descripción	Cantidad	Periodo Horas	Edad(meses)	4 Semanas	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000	4800
Aceite de motor VDS3	37 lt	400		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Filtro aceite motor	2	400		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Filtro de aceite de motor. By - pass.	1	400		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Filtro combustible	1	400		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Filtro separador de agua	1	400		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lubricación de chasis	1	400		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Filtro de aire	1	800				✓	✓	✓				✓		✓	✓
Aceite caja de cambios	14.3 lt	1200	12	✓			✓			✓			✓		
Filtro de aceite de caja de cambios	1	1200	12	✓			✓			✓			✓		
Aceite de eje trasero	48.5 lt	1600	12	✓				✓				✓			
Filtro secador de aire	1	2800	12								✓				
Filtro de dirección	1	2800	12								✓				
Filtro de aire para el climatizador	1	2800	12								✓				
Aceite Dirección Hidraulica	6**	2800	12								✓				
Líquido de embrague	1	2800	12								✓				
Filtro de cabina	1	2800	12								✓				
Aceite de cabina	1***	3600	12											✓	
Refrigerante	26 lt*	3600	12											✓	

Elegir lo que primero ocurra entre las horas o la edad en meses

* La capacidad del sistema de refrigeración es de 42 litros. Los 26 litros corresponden a una proporción de la mezcla de 60 % de líquido refrigerante concentrado. En caso de contaminación se debe reemplazar

** En caso de reparación se debe cambiar el aceite y filtro

***En caso de reparación o si el aceite está contaminado

Mano de obra Mantenimiento Preventivo	Edad(meses)	4 Semanas	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000	4800
Servicio de Inspección Basica		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Servicio de Inspección Completa							✓						✓

Período estimado de servicio en hr. 400

✓ Indica el servicio a realizar.

Primer servicio de garantía a las 04 semanas

NOTA IMPORTANTE :

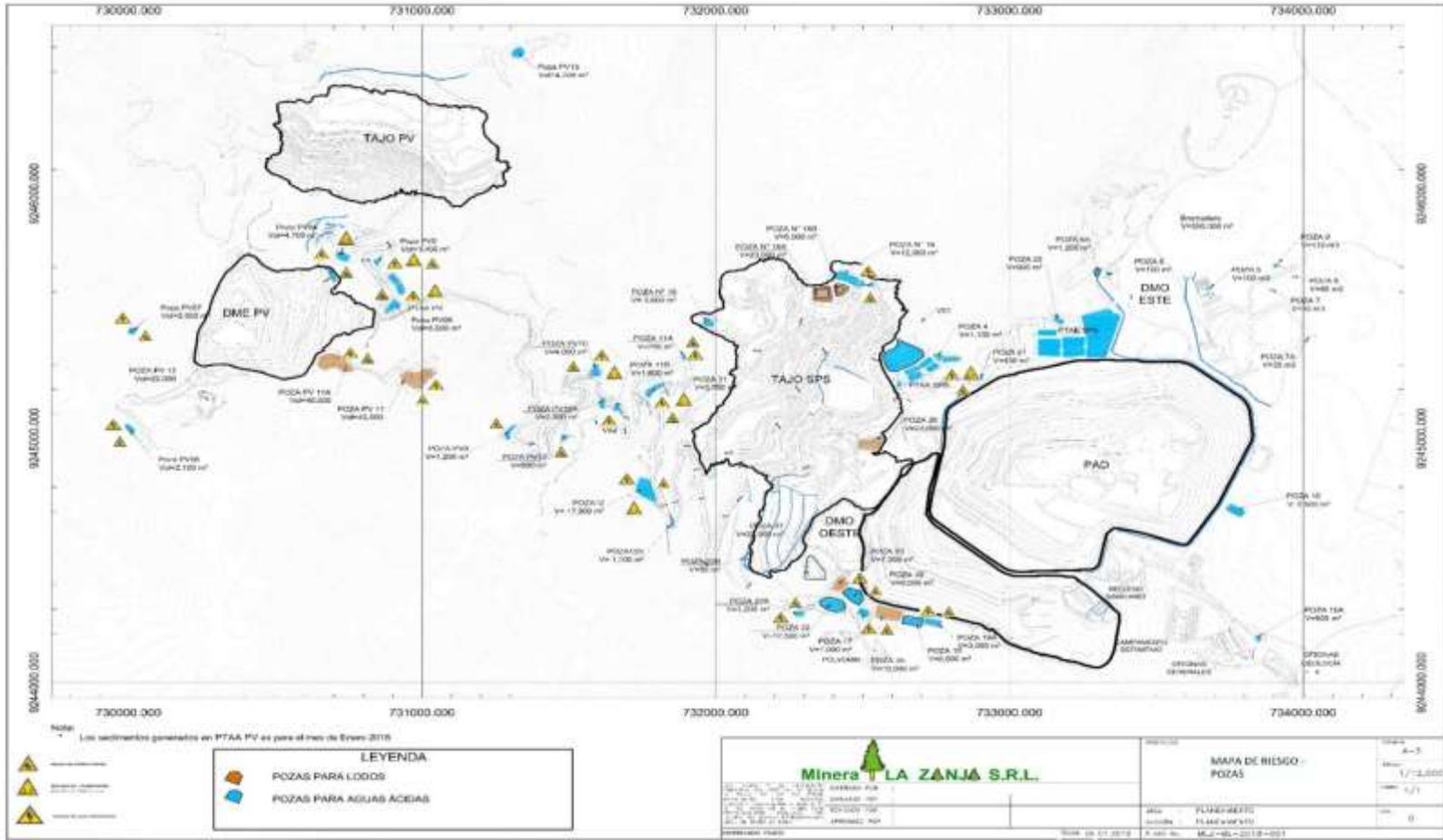
El programa puede variar de acuerdo a las condiciones de operación (topografía, rutas, condiciones de terreno, clima, forma de conducción, etc), contenido de azufre en el combustible y consumo de combustible.

Tarifario de Equipos

Item	Descripción / Actividad	Unidad de medida	Cantidad (Horas Min)	Costo Unitario (US\$ x HMin)
1.0	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS MARCA CAT, MODELO 420F			
1.1	Equipo 150 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	150.00	44.00
1.2	Equipo 150 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	34.00
2.0	EXCAVADORA SOBRE ORUGA CAT 320 DL			
2.1	Equipo 150 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	150.00	75.00
2.2	Equipo 150 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	64.50
3.0	EXCAVADORA SOBRE ORUGA MARCA CAT MODELO 336DL			
3.1	Equipo 150 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	150.00	94.00
3.2	Equipo 150 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	83.00
4.0	EXCAVADORA BRAZO LARGO MARCO CAT MODELO 320 DL			
4.1	Equipo 150 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	150.00	99.00
4.2	Equipo 150 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	88.50
5.0	CAMION VOLQUETES MARCA VOLVO MOD. FMX Y FM			
5.1	Equipo 150 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	150.00	44.00
5.2	Equipo 150 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	33.50
6.0	MOTONIVELADORA 140 Hp			
6.1	Equipo 120 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	120.00	69.00
6.2	Equipo 120 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	58.00
7.0	RODILLO LISO VIBRATORIO CAT CS56 12 TN			
7.1	Equipo 120 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	120.00	42.00

7.2	Equipo 120 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	31.50
8.0	CARGADOR FRONTAL SOBRE LLANTAS, MARCA CAT MOD. 96H58			
8.1	Equipo 150 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	150.00	75.00
8.1	Equipo 150 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	64.00
9.0	TRACTOR D8			
9.1	Equipo 150 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	150.00	109.00
9.2	Equipo 150 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	97.50
10.0	TRACTOR D6			
10.1	Equipo 150 Hr Minimias /Mes (Inc. Maq humeda + Operador)	HM	150.00	80.00
10.2	Equipo 150 Hr Adicionales (Inc.Maq humeda)	HM	-	69.50

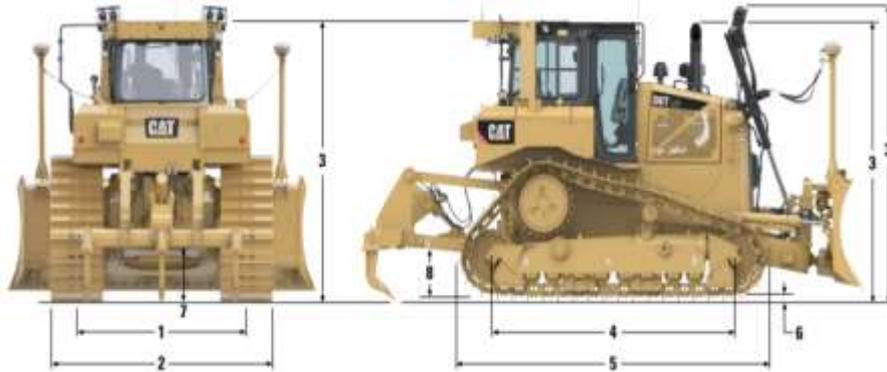
Mapa de riesgos minera La Zanja S.R.L



Descripción de equipos, horas mínimas y tarifa de costo

EQUIPO	MARCA	MODELO	PLACA/SERIE	CÓDIGO	H. MIN	TARIFA A TODO COSTO(\$)
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	D1B-759	1	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	D7C-888	2	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	D6K-706	3	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	D6J-726	4	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	D6M-706	5	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FM-440	M2H-818	6	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	D4T-759	7	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	M3C-825	8	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	D4U-757	9	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	M3F-723	10	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-500	AYY-747	11	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	M2R-767	12	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	M2R-769	13	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-440	M2R-766	14	150	44
VOLQUETE	VOLVO	FMX-500	AYX-863	15	150	44
EXCAVADORA	CATERPILLAR	320DL	A6F02152	51	150	75
EXCAVADORA	CATERPILLAR	320DL	PHX02401	58	150	75
EXCAVADORA	CATERPILLAR	336DL	M4T01948	59	150	94
EXC. BRAZO LARGO	CATERPILLAR	320D2L	ESG010229	EX-57	150	99
EXC. BRAZO LARGO	CATERPILLAR	320D2L	RAR00312	EX-562	150	99
RETROEXCAVADORA	CATERPILLAR	420F	LTG01023	RE-06	150	44
MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140H	XZH02294	140H	150	69
RODILLO	CATERPILLAR	CS56	C5S01087	CS56	150	42
CARGADOR FRONTAL	CATERPILLAR	966H	RYF01738	CF-56	150	75
TRACTOR	CATERPILLAR	D8T	KPZ02527	TR-60	150	109
TRACTOR	CATERPILLAR	D6T	GCT02062	TR-61	150	80

**Tractor Caterpillar D6T XL - Características y dimensiones del tractor
Caterpillar D6TXL. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42**



Tomado de Características y dimensiones del Tractor Caterpillar D6TXL. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
MODELO	D6T XL
BAJO	4.1 - 5.9 GI/Hr
MEDIO	5.9 - 7.7 GI/Hr
ALTO	7.7 - 9.4 GI/Hr
TRACTOR DE CADENAS CATERPILLAR	
MODELO	D6T XL
POTENCIA	200 HP
PESO	20148 Kg
ALTURA	3.15 m
ANCHO DE TRACTOR	2.44 m
ANCHO DE LAMPON	3.36 m
CAPACIDAD DE HOJA	3.93 m3
TANQUE DE COMBUSTIBLE	112 GI

**Tractor Caterpillar D8T -- Características y dimensiones del Tractor D8T.
Manual de rendimiento Caterpillar edición 42 (16).**

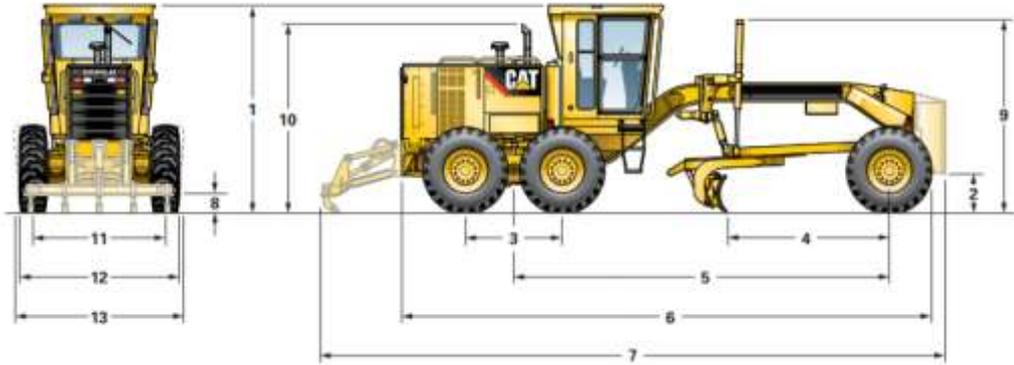
Tomado de Características y dimensiones del tractor D8T. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
MODELO	D8T
BAJO	6.2 - 8.9 GI/Hr
MEDIO	8.9 - 11.5 GI/Hr
ALTO	11.5 - 14.2 GI/Hr
TRACTOR DE CADENAS CATERPILLAR	
MODELO	D8T
POTENCIA	310 HP
PESO	38488 Kg
ALTURA	3.46 m
ANCHO DE TRACTOR	2.64 m
ANCHO DE LAMPON	3.94 m
CAPACIDAD DE HOJA	4.66 m3
TANQUE DE COMBUSTIBLE	170 GI

Tomado de las dimensiones de tractor Caterpillar D8T. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42. (16)

Motoniveladora Caterpillar 140K - Características y dimensiones de la Motoniveladora Caterpillar 140K. Manual de rendimiento Caterpillar edición

42

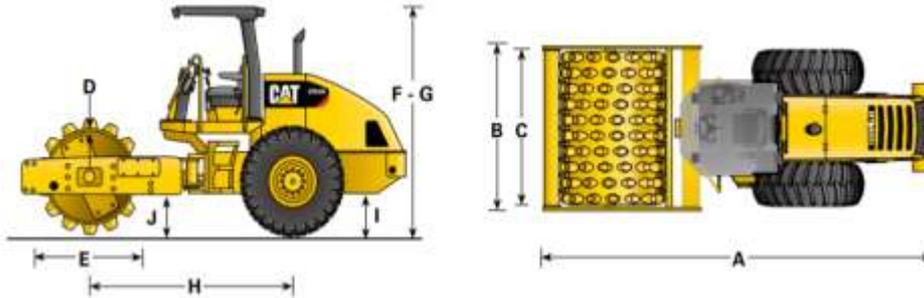


Tomado de características y dimensiones de la Motoniveladora Caterpillar 140K. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
MODELO	140K
BAJO	2.5 - 4.0 GI/Hr
MEDIO	4.0 - 5.0 GI/Hr
ALTO	5.0 - 6.5 GI/Hr
MOTONIVELADORA CATERPILLAR	
MODELO	140 K
POTENCIA	174 HP
PESO	17510 Kg
ALTURA	3.35 m
ANCHO DE MOTONIVELADORA	2.48 m
LONGITUD DE LA HOJA	3.66 m
TANQUE DE COMBUSTIBLE	80 GI

Tomado de Manual Caterpillar. Las dimensiones del Modelo D8T. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42. (16)

Rodillo Compactador CS56 - Características y dimensiones del Rodillo Compactador CS56. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42

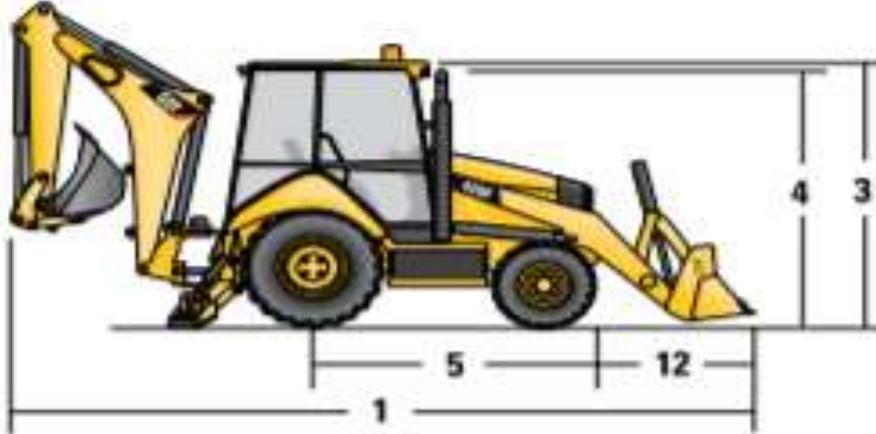


Tomado de características y dimensiones del Rodillo Compactador CS56. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
MODELO	CS 533 E
BAJO	2.64 - 3.17 GI/Hr
MEDIO	2.9 - 3.4 GI/Hr
ALTO	3.2 - 4.0 GI/Hr
RODILLO CATERPILLAR	
MODELO	CS 533 E
POTENCIA	145 HP
PESO	10840 Kg
ALTURA	3.04 m
ANCHO DE RODILLO	2.29 m
ANCHO DE CILINDRO	2.13 m
TANQUE DE COMBUSTIBLE	70 GI

Tomado de las dimensiones del modelo Rodillo Compactador CS56 Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

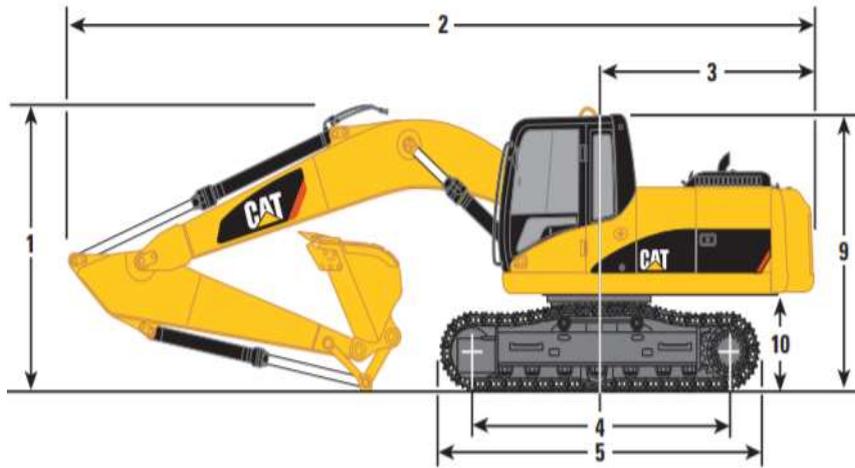
Retroexcavadora Caterpillar 420F - Características y dimensiones
Retroexcavadora Caterpillar 420F. Manual de rendimiento Caterpillar
edición 42 .



Tomado de características y dimensiones Retroexcavadora Caterpillar 420F. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
MODELO	420 F
BAJO	2.1 - 2.6 GI/Hr
MEDIO	2.6 - 3.1 GI/Hr
ALTO	3.1 - 3.8 GI/Hr
RETROEXCAVADORA CATERPILLAR	
MODELO	420 F
POTENCIA	93 HP
PESO	11000 Kg
ALTURA	2.82 m
ANCHO + ESTABILIZADORES	3.77 m
CAPACIDAD DEL CUCHARON	1.0 m3
TANQUE DE COMBUSTIBLE	44 GI

**Excavadora Caterpillar 336DL - Caterpillar 336DL. Manual de rendimiento
Caterpillar edición 42**

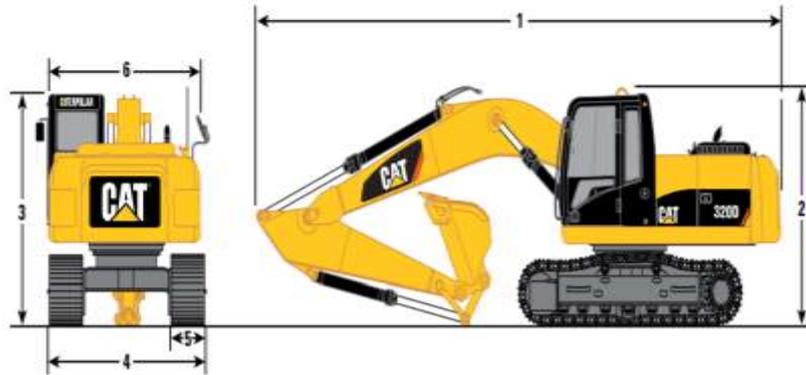


Tomado de Caterpillar 336DL. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
MODELO	336 DL
BAJO	5.3 - 6.6 GI/Hr
MEDIO	9.2 - 10.3 GI/Hr
ALTO	11.9 - 13.0 GI/Hr
EXCAVADORA CATERPILLAR	
MODELO	336 DL
POTENCIA	268 HP
PESO	36151 Kg
CAPACIDAD DE CUCHARON	2.3 m3
TANQUE DE COMBUSTIBLE	163 GI

Tomado de las dimensiones de excavadora Caterpillar 336DL. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42. (16)

Excavadora Caterpillar 320DL - Características y dimensiones de la Excavadora Caterpillar 320DL. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42

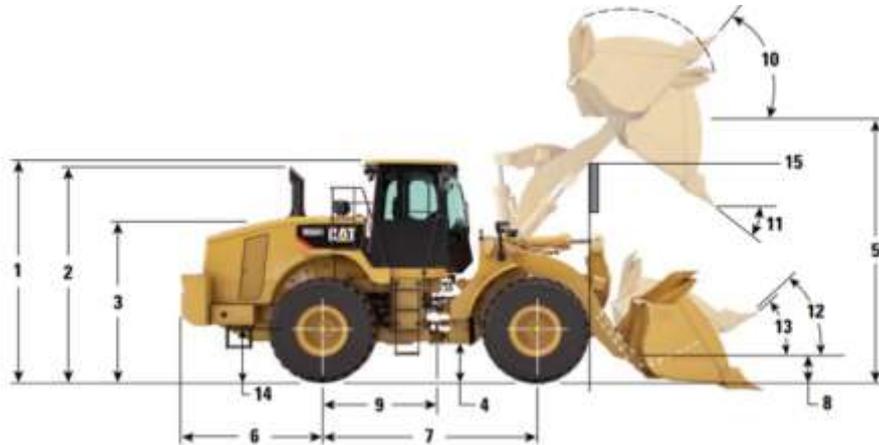


Tomado de características y dimensiones de la Excavadora Caterpillar 320DL. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
MODELO	320 DL
BAJO	2.6 - 3.7 GI/Hr
MEDIO	4.5 - 5.3 GI/Hr
ALTO	5.3 - 6.1 GI/Hr
EXCAVADORA CATERPILLAR	
MODELO	320 DL
POTENCIA	138 HP
PESO	21500 Kg
CAPACIDAD DE CUCHARON	1.0 m3
TANQUE DE COMBUSTIBLE	108 GI

Tomado de las dimensiones de la excavadora Caterpillar 320DL. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

Cargador Frontal Caterpillar 966H. - Características y dimensiones de Cargador Frontal Caterpillar 966H. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42



Tomado de características y dimensiones de Cargador Frontal Caterpillar 966H. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
MODELO	966H
BAJO	3.8 - 4.8 GI/Hr
MEDIO	5.0 - 6.5 GI/Hr
ALTO	7.0 - 8.5 GI/Hr
CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR	
MODELO	966 H
POTENCIA	283 HP
PESO	23125 Kg
CAPACIDAD DE CUCHARON	4.0 m3
TANQUE DE COMBUSTIBLE	100 GI

Tomado de las dimensiones de Cargador Frontal Caterpillar 966H. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.

**Volquete Volvo FMX 440 - Volquete Volvo FMX 440. Manual de rendimiento
Caterpillar edición 42**



Tomado de Volquete Volvo FMX 440. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
MODELO	FMX 440
BAJO	2.5 - 3.0 GI/Hr
MEDIO	3.0 - 3.5 GI/Hr
ALTO	3.5 - 4.0 GI/Hr
VOLQUETE VOLVO FMX 440	
MODELO	FMX 440
POTENCIA	440 cv
PESO VACIO	15000 Kg
TANQUE DE COMBUSTIBLE	110 GI

Tomado de las dimensiones de Volquete Volvo FMX 440. Manual de rendimiento Caterpillar edición 42.