

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Facultad de Ingeniería

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas



TESIS PROFESIONAL

**EVALUACIÓN ECONÓMICO-PRODUCTIVA DEL CAMBIO DE PERFORMANCE DE
LA FLOTA DE CARGUO Y ACARREO EN GOLD FIELDS LA CIMA S.A**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE: INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. Roger Omar Infante Becerra

ASESOR:

M. Cs. Roberto Severino Gonzales Yana

**CAJAMARCA- PERÚ
2021**

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a la Universidad Nacional de Cajamarca por ser mi alma máter, en donde adquirí todos los conocimientos que ahora plasmo en el campo, a los docentes que con su gran capacidad y sabiduría impartieron conocimientos que hoy nos sirven sobremanera.

Agradezco a mis padres y hermanos, por el apoyo incondicional a lo largo de toda esta carrera y la vida en general, por ser los pilares fundamentales del amor familiar.

A mi asesor M. Cs. Roberto Gonzales Yana, por el gran apoyo que significó para realizar la presente tesis.

A todos los compañeros de la promoción 2012 de ingeniería de minas de la Universidad Nacional de Cajamarca por ser unidos frente a las adversidades.

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Elvira y Nelson, a mis hermanos Richard y Renzo; quienes incondicionalmente me brindan todo el apoyo que se necesita para afrontar todos los retos. Una dedicatoria especial a Narda por ser una buena compañera por tanto tiempo en mi vida, con todo mi amor les dedico la presente tesis.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA.....	ii
ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.....	3
2.1.1. Antecedentes Nacionales	3
2.1.2. Antecedentes Regionales	4
2.2. Bases teóricas	4
2.2.1. Gold Fields.....	4
2.2.2. Gold Fields.....	4
2.2.3. Perforación.....	6
2.2.4. Voladura	8
2.2.5. Carguío y acarreo de mineral.....	11
2.2.6. Chancado	23
2.2.7. Molienda.....	24
2.3. Productividad y Optimización.....	25
2.3.1. Productividad.....	25
2.3.2. Optimización.....	26
2.4. Indicadores Clave de Rendimiento	26
2.4.1. Disponibilidad Mecánica (DM).....	27
2.4.2. Uso de la disponibilidad (UoA).....	27
2.4.3. Uso.....	27

	Pág.
2.4.4. Usage	28
2.4.5. Utilización.....	28
2.4.6. Espera carguío (Hang)	28
2.4.7. Productividad instantánea.....	29
2.4.8. Productividad efectiva	29
2.4.9. Productividad operativa	29
2.4.10. Cola acarreo (Queue).....	30
2.4.11. Equivalente de transporte fleet (EFH)	30
2.4.12. Productividad de acarreo	30
2.4.13. Productividad de carguío	31
2.5. Sistema de Control y Gestión de Flota.....	31
2.5.1. Sistema de control y gestión de flota minera: Control Sense	32
2.5.2. Pantalla principal del sistema ControlSense.....	41
2.5.3. Módulo gráfico.	43
2.6. Estado de los equipos en campo.....	45
2.6.1. Estado Operativo o Ready	45
2.6.2. Estado Demora o Delay	46
2.6.3. Estado Stand By.....	46
2.6.4. Estado Mantenimiento	46
2.7. Definición de términos básicos	46
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1. Ubicación y Accesibilidad	48
3.2. Clima	50
3.3. Flora y Fauna.....	50
3.4. Geología de Cerro Corona.....	51
3.4.1. Geología regional.....	51
3.4.2. Geología local	51
3.4.3. Mineralización y alteración	51

	Pág.
3.4.4. Estratigrafía.....	53
3.4.5. Hidrología.....	54
3.5. Metodología de la investigación	56
3.5.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación	56
3.6. Procedimiento.....	57
3.6.1. Etapa de pre-campo	57
3.6.2. Etapa de campo.....	57
3.6.3. Etapa de gabinete.....	57
3.7. Definición de variables.....	57
3.7.1. Variables independientes	57
3.7.2. Variables dependientes	58
3.8. Equipos y materiales	58
3.8.1. Equipos	58
3.8.2. Materiales	58
3.8.3. Rango de fecha de análisis de datos	59
3.9. Recopilación de datos del sistema Control Sense	60
3.10. Indicadores de la flota de carguío	60
3.10.1. Disponibilidad Mecánica (DM).....	60
3.10.2. Productividad Horaria.....	67
3.10.3. Hang (min).....	74
3.11. Indicadores de la flota de acarreo.....	81
3.11.1. Disponibilidad Mecánica (DM).....	81
3.11.2. Productividad Horaria.....	92
3.11.3. Queue (min).....	101
3.11.4. Velocidad promedio.....	107
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	120
4.1. Resultados de la investigación	120
4.1.1. Flota carguío	120

	Pág.
4.1.2. Flota acarreo	131
4.2. Contratación de la hipótesis.....	140
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141
5.1. CONCLUSIONES	141
5.2. RECOMENDACIONES	142
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS	144

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Producción por tipo de material real 2017 hasta proyectado 2022.....	6
Tabla 2 Diseño de malla de perforación. (E=Espaciamiento, B=Burden).....	8
Tabla 3 Estándares para carguío de taladros.....	9
Tabla 4 Características de los explosivos y accesorios utilizados en Cerro Corona	10
Tabla 5 Flota de equipos de carguío.	13
Tabla 6 Lista de equipos de acarreo 2018.....	18
Tabla 7 Lista de equipos de acarreo Junio 2019.....	20
Tabla 8 Distribución de meses Gold Fields 2019.	59
Tabla 9 Estados por hora del equipo EX066 durante el día.....	61
Tabla 10 Disponibilidad mecánica mes de marzo 2019 – EX066.....	62
Tabla 11 Disponibilidad Mecánica carguío – flota antigua.....	64
Tabla 12 Disponibilidad Mecánica carguío – flota nueva CAT 374DL.....	65
Tabla 13 Disponibilidad Mecánica carguío – flota nueva CAT 390FL.....	66
Tabla 14 Productividad horaria EX069 – febrero 2019.....	68
Tabla 15 Análisis de Pareto EX069 – febrero 2019	69
Tabla 16 Productividad horaria – flota antigua.....	70
Tabla 17 Productividad horaria promedio mensual – flota antigua CAT374DL.....	71
Tabla 18 Productividad horaria promedio mensual – flota antigua CAT390FL	72
Tabla 19 Hang de RE49 – 1 de enero 2018	74
Tabla 20 Hang de RE49 – 2 de enero 2018	75
Tabla 21 Análisis de Pareto RE49 – 1 de enero 2018.....	76
Tabla 22 Hang promedio mensual – flota antigua.....	77
Tabla 23 Hang promedio mensual – flota nueva CAT 374DL.....	78
Tabla 24 Hang promedio mensual – flota nueva CAT 390FL.....	79
Tabla 25 Tiempo de estados por hora del VL298 – abril 2019	82
Tabla 26 Disponibilidad mecánica del VL298 – abril 2019.....	83
Tabla 27 Disponibilidad mecánica promedio mensual – flota antigua VOLVO FMX440	84
Tabla 28 Disponibilidad mecánica promedio mensual – flota antigua VOLVO FMX840	86
Tabla 29 Disponibilidad mecánica mensual – flota antigua MERCEDES BENZ 444	87
Tabla 30 Disponibilidad mecánica promedio mensual – flota nueva SCANIA 460	89
Tabla 31 Disponibilidad mecánica promedio mensual – flota nueva SCANIA 460HT.....	90
Tabla 32 Productividad horaria VL300 de la flota VOLVO FMX440 – enero 2018.....	93

	Pág.
Tabla 33 Productividad horaria – flota antigua VOLVO FMX440.....	94
Tabla 34 Productividad horaria – flota antigua VOLVO FMX840.....	95
Tabla 35 Productividad horaria – flota antigua MERCEDES BENZ 444.....	96
Tabla 36 Productividad horaria – flota nueva SCANIA 460.....	99
Tabla 37 Productividad horaria – flota nueva SCANIA 460HT.....	100
Tabla 38 Queue por hora del VL300 – 7 y 8 de enero 2018.....	102
Tabla 39 análisis de Pareto - Queue del VL300 el 8 de enero 2018.....	103
Tabla 40 Queue promedio mensual – flota antigua.....	104
Tabla 41 Queue promedio mensual – flota nueva.....	105
Tabla 42 Tiempos de acarreo y distancias del VL338 en el mes de enero.....	109
Tabla 43 Velocidad cargado y vacío VL338 – enero 2019.....	111
Tabla 44 Velocidades promedio flota antigua Volvo FMX440.....	113
Tabla 45 Velocidades promedio flota antigua Volvo FMX840.....	114
Tabla 46 Velocidades promedio flota antigua Mercedes Benz 444.....	115
Tabla 47 Velocidades promedio flota nueva Scania 460HT.....	116
Tabla 48 Velocidades promedio flota nueva Scania 460.....	117
Tabla 49 Selección de un día específico para incidencia del estado operativo.....	121
Tabla 50 Porcentaje de incidencia del estado operativo en la EX066 – 24 de marzo de 2019.....	122
Tabla 51 Incidencia del estado operativo en la flota antigua.....	123
Tabla 52 Incidencia del estado operativo en la flota nueva.....	124
Tabla 53 Cantidad de mineral minado enero – setiembre (2018 y 2019).....	126
Tabla 54 Costos unitarios de carguío de las empresas contratistas.....	128
Tabla 55 Disponibilidad mecánica VL298 el 15 de abril de 2019.....	132
Tabla 56 Porcentaje de incidencia operativa VL298 el 15 de abril de 2019,.....	133
Tabla 57 Porcentaje de incidencia operativa - flota antigua.....	134
Tabla 58 Porcentaje de incidencia operativa - flota antigua.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Proceso productivo de la extracción en Cerro Corona. (Calderón, 2017).....	5
Figura 2 Producción total real 2018 – Proyectado 2022. (Gold Fields, 2019)	6
Figura 3 Perforadora Atlas Copco DM 45 en Cerro Corona (Gold Fields, 2019).....	7
Figura 4 Perforadora Atlas Copco ROC L8 en Cerro Corona (Gold Fields, 2019).....	8
Figura 5 Dimensiones de la Excavadora CAT347D (Caterpillar, 2014)	14
Figura 6 Dimensiones de la Excavadora CAT390FL (Caterpillar, 2014)	15
Figura 7 Frente de carguío, EX063 (CAT390DL).....	16
Figura 8 Volquete Scania 460HT en carguío - Cerro Corona	16
Figura 9 Volquete Scania 460 en carguío - Cerro Corona.....	17
Figura 10 Volquete SCANIA 460 descargando material para lastrado en Cerro Corona	23
Figura 11 Planta de chancado de Cerro Corona.....	24
Figura 12 Molino de bolas en Cerro Corona	25
Figura 13 Diseño esquemático del sistema de control y gestión de flota.	32
Figura 14 Ciclo convencional vs ciclo no convencional.	34
Figura 15 Detalle del ciclo de carguío.	35
Figura 16 Detalle ciclo de acarreo.	35
Figura 17 Detalle ciclo de perforación.....	36
Figura 18 Asignación de equipos pantalla principal ControlSense	42
Figura 19 Equipos en Stand by, Mantenimiento y fuera de plan en la pantalla principal	42
Figura 20 Estado operativo de equipos auxiliares en el tajo.....	43
Figura 21 Módulo gráfico del sistema, se observa una locación de carguío.	44
Figura 22 Hardware ControlSense instalado en volquete.....	45
Figura 23 Imagen satelital con accesibilidad de Cajamarca a Cerro Corona	49
Figura 24 Perfil estratigráfico - Cerro Corona.....	54
Figura 25 Rutas de mineral y desmonte 2019.....	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1 Disponibilidad Mecánica – antigua flota CAT 374DL.....	64
Gráfico 2 Disponibilidad Mecánica – flota nueva CAT 374DL.....	65
Gráfico 3 Disponibilidad Mecánica – flota nueva CAT 390FL	66
Gráfico 4 Disponibilidad Mecánica – Resumen	67
Gráfico 5 Productividad horaria – flota antigua	71
Gráfico 6 Productividad horaria – flota nueva CAT374DL	72
Gráfico 7 Productividad horaria – flota nueva CAT390FL	73
Gráfico 8 Productividad horaria – Resumen.....	73
Gráfico 9 Hang – flota antigua CAT 374DL	78
Gráfico 10 Hang – flota nueva CAT 374DL	79
Gráfico 11 Hang – flota nueva CAT 390FL	80
Gráfico 12 Hang – Resumen.....	81
Gráfico 13 Disponibilidad mecánica – flota antigua VOLVO FMX440.....	85
Gráfico 14 Disponibilidad mecánica – flota antigua VOLVO FMX840.....	86
Gráfico 15 Disponibilidad mecánica – flota antigua MERCEDES BENZ 444.....	88
Gráfico 16 Disponibilidad mecánica – flota nueva SCANIA 460.....	90
Gráfico 17 Disponibilidad mecánica – flota nueva SCANIA 460HT	91
Gráfico 18 Disponibilidad mecánica promedio	91
Gráfico 19 Productividad horaria – flota antigua VOLVO FMX440.....	95
Gráfico 20 Productividad horaria – flota antigua VOLVO FMX840.....	96
Gráfico 21 Productividad horaria – flota antigua MERCEDES BENZ 444.....	98
Gráfico 22 Productividad horaria – flota nueva SCANIA 460.....	99
Gráfico 23 Productividad horaria – flota nueva SCANIA 460HT	100
Gráfico 24 Productividad horaria promedio	101
Gráfico 25 Queue promedio – flota antigua	105
Gráfico 26 Queue promedio – flota nueva.....	106
Gráfico 27 Queue promedio.....	106
Gráfico 28 Velocidad promedio flota antigua Volvo FMX440.....	113
Gráfico 29 Velocidad promedio flota antigua Volvo FMX840.....	114
Gráfico 30 Velocidad promedio flota antigua Mercedes Benz 444.....	115
Gráfico 31 Velocidad promedio flota nueva Scania 460HT.....	116
Gráfico 32 Velocidad promedio flota nueva Scania 460.....	117
Gráfico 33 Velocidad promedio flotas acarreo	118

ABREVIATURAS

CIA	:	Compañía
KPI	:	Key performance Indicator
GFLC	:	Gold Fields La Cima
DM	:	Disponibilidad Mecánica
Vv	:	Velocidad vacío
Vc	:	Velocidad Cargado
EX	:	Excavadora
RE	:	Excavadora
VL, V	:	Volquete
EXSA	:	Empresa especialista en servicios de voladura
SAG	:	Semi Autógeno
E	:	Espaciamiento
B	:	Burden
ROC L8	:	Modelo perforadora de precorte
Lb	:	Libra
BCM	:	Banc Cubic Meter (Metros cúbicos en banco)
mm.	:	Milímetros
um.	:	Micras
SQL	:	Structured Query Language (Lenguaje de Consulta Estructurado)
GPS	:	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
CANBUS	:	Controlador de zona de red

RESUMEN

El estudio realiza el análisis del cambio de performance de las flotas de carguío y acarreo en Gold Fields La Cima S.A, el impacto que tiene y va a tener a futuro en el tema productivo y económico, es por ello que se consideró una etapa inicial de trabajo en recolección de datos históricos de la empresa contratista anterior, estos fueron sometidos a ciertos análisis que se van a describir a lo largo del presente estudio, y de la empresa MUR WY SAC que realiza el minado, esto con el fin de obtener datos reales de carguío, transporte y depósito de material proveniente del tajo Cerro Corona. Se determinaron los ahorros a los que la empresa goza durante el tiempo que abarca la investigación. También se determinaron las mejoras en productividad horaria de los equipos de carguío y acarreo, como cambian los tiempos muertos en la operación cuando se trabaja con equipos de diferente flota, como la velocidad de acarreo es muy dependiente del estado del tiempo en la operación, esto quiere decir en época de lluvia y en época seca. Se determinaron cuáles son los puntos clave para que las productividades y rendimiento de las flotas aumenten, se entiende que no toda la flota mejora en todos los KPI's, sino que hay indicadores, como el queue de equipos de acarreo y hang de equipos de carguío, que varían poco con la nueva flota, pero que de igual forma representan una ganancia para la empresa.

Palabras clave: performance, KPI's, carguío, acarreo, tajo, productividad horaria, tiempos muertos, rendimiento de flotas.

ABSTRACT

The study analyzes the performance change of the loading and hauling fleets at Gold Fields La Cima SA, the impact it has and will have in the future on the productive and economic issue, which is why it was considered an initial stage of work on collecting historical data from the previous contractor company, these were subjected to certain analyzes that will be described throughout this study, and from the company MUR WY SAC that performs the mining, this in order to obtain real data of loading, transportation and deposit of material from the Cerro Corona pit. The savings that the company enjoys during the time covered by the investigation were determined. The improvements in hourly productivity of the loading and hauling equipment were also determined, as the dead times in the operation change when working with equipment from different fleets, as the hauling speed is highly dependent on the weather in the operation, this it means in the rainy season and in the dry season. The key points were determined so that the productivity and performance of the fleets increase, it is understood that not the entire fleet improves in all KPI's, but there are indicators, such as the queue of hauling equipment and hang of loading equipment, that vary little with the new fleet, but that represent a profit for the company.

Keywords: performance, KPI's, loading mine, hauling mine, pit, hourly productivity, downtime, fleet performance

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la industria minera para maximizar el beneficio de la operación es fundamental aumentar la producción y disminuir los costos productivos, actualmente el costo más alto en una operación minera de tajo abierto es el costo de carguío y acarreo, este costo representa aproximadamente un 40% del costo total de minado. Debido a esta premisa es necesario actualizar constantemente todos los estándares e indicadores clave en el minado para conocer cuáles son los objetivos en rendimiento que los equipos de carguío y acarreo deben cumplir, de ésta manera la compañía ahondará esfuerzos en los indicadores que no se estén cumpliendo, sacándole el máximo provecho a los equipos que se encuentren trabajando.

En la búsqueda de optimizar el proceso de minado, en Gold Fields La Cima S.A se procedió a cambiar todas las flotas que intervienen en ésta actividad, debido al proceso de cambio resulta imperativo conocer cuantitativamente cuáles son las diferencias existentes en las operaciones unitarias de carguío y acarreo entre ambas flotas. Analizar la performance y establecer los KPI'S de la nueva flota de carguío y acarreo resulta fundamental para alcanzar la máxima productividad de las flotas, lo que a corto plazo nos va a evidenciar mejoras en las utilidades para la compañía.

Entonces ¿Traerá mejores resultados económicos y productivos el cambio de performance de la flota de carguío y acarreo en Gold Fields La Cima S.A.?, lo cual genera la siguiente hipótesis: El cambio de flota de carguío y acarreo trae consigo nuevos indicadores para los equipos, éstos indicadores van a modificar de manera positiva, estableciendo nuevos parámetros que deberán ser cumplidos lo más posible y de esta manera de va a tener un impacto económico y productivo positivo. El objetivo principal es analizar el impacto que significa el cambio de performance de la nueva flota de carguío y acarreo mediante el establecimiento de nuevos KPI'S (Key Performance Indicators) para las flotas, los objetivos específicos son analizar el impacto económico a mediano y largo plazo que va a significar este cambio de indicadores de flota, encontrar posibles cuellos de botella en el ciclo de carguío y acarreo que provocan que las flotas no alcancen algún KPI establecido.

La investigación se ha estructurado en V capítulos.

El capítulo II, corresponde al marco teórico donde se menciona los antecedentes nacionales y regionales así mismo las bases teóricas que van a ser de apoyo para la investigación y definición de términos básicos.

El capítulo III, corresponde a materiales y métodos donde se trata el contexto geográfico del lugar de la investigación, los procedimientos, la metodología, identificación de variables, técnicas, instrumentos y equipos, además se evidencian los resultados de la investigación.

El capítulo IV, corresponde al análisis y discusión de resultados en el cual se hace el análisis económico de los resultados obtenidos en el capítulo anterior.

El capítulo V, corresponde a las conclusiones y recomendaciones donde las conclusiones son el resultado de los objetivos planteados al inicio de la investigación, además sugiriendo ideas que son resultado de la investigación y análisis de datos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Huambachano (2018), Tesis Profesional: Mejoramiento de la distribución de la flota de carguío y acarreo en tajo abierto, logra explicar el cambio de flota que se hizo en la Sociedad Minera El Brocal, estableciendo una mejora en la distribución de toda la flota de carguío y acarreo que permite optimizar la producción de forma gradual, demostrando un incremento de la producción mientras se implementaba el sistema de gestión de flota. Finalmente se mejoraron todos los indicadores de gestión de flota.

Manzaneda (2015), Tesis Profesional: Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400k a 1000k bcm - u.e.a. el brocal consorcio Pasco Stracon GyM, establece que para algún incremento de producción en la operación minera es necesaria la evaluación técnica y económica de los equipos que intervienen, de esta manera lograr la óptima selección de equipos de carguío y acarreo para poder alcanzar la meta de aumentar la producción de material de desbroce. Esto ocurre en todas las empresas del sector minero, es necesario un análisis exhaustivo para hacer la inversión adecuada en beneficio de la empresa.

Castillo (2014), Tesis Profesional: Análisis de cadena de valor, establecimiento, evaluación y cuadros de control de KPI'S para operaciones mina en tajo abierto, establece que el proceso de identificación de oportunidades de mejora es aplicable para todo tipo de actividad, la identificación de potenciales de ahorro de costos o incremento de producción requiere de un análisis vertical, horizontal y transversal; conocer e implementar este proceso permite identificar exactamente las mejoras que aportan al proceso, además de canalizar y enfocar los recursos en las oportunidades de mayor impacto, sabiendo que algunos procesos de mejora implican una inversión de tiempo y recursos adicionales.

2.1.2. Antecedentes Regionales

Saldaña (2013), Tesis Profesional: Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Chaquicocha bajo clima severo – Minera Yanacocha, enuncia los riesgos operaciones dados por los climas severos en la operación del Tajo Chaquicocha: vías resbaladizas, empozamientos de agua, vías con anchos operativos subestándar y tormentas eléctricas. Analiza cuáles son los factores que inciden en la conservación de la productividad, tales como velocidades en vacío, velocidades en cargado, pisos de palas inadecuados, paradas de seguridad, frentes de palas en mal estado, botaderos inadecuados para la descarga. Se presenta la metodología usada para lograr que los factores nombrados líneas arriba, se vean reducidos en su intento de perjudicar los valores de productividad con actividades como lastrado de vías, realización de cunetas y sangrías, control de distancias adecuadas y como un tópico importante, el factor humano dado por los operadores en la mina.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Gold Fields

Es una empresa sudafricana de clase mundial. Su producción anual es de aproximadamente 2.2 millones de onzas de oro a través de siete operaciones mineras en tres países: Sudáfrica (South Deep), Ghana (Tarkwa, Damang), Australia (Agnew Law lers, St. Ives, Granny Smith) y en el Perú, la operación Cerro Corona. (Gold Fields, 2017).

Actualmente, desarrollan actividades de exploración en Australia, Filipinas y Chile. Cotizan sus acciones en la Bolsa de Valores de Johannesburgo (JSE) y en la Bolsa de Valores de Nueva York (NYSE). (Gold Fields, 2017).

En el Perú, operan la mina Cerro Corona, la cual se inició a mediados de 2008 y es una de las cinco operaciones mineras de cobre y oro más reconocidas del país. (Gold Fields, 2017).

2.2.2. Gold Fields

La operación minera de Cerro Corona de Gold Fields, inicio sus labores en el mes de septiembre del 2008, como explotación minera a tajo abierto de un yacimiento de cobre primario enriquecido en oro. Sus operaciones consisten en labores de perforación, voladura, carguío, acarreo,

remanejo de material en rompad, chancado y procesamiento de mineral mediante flotación, obteniendo como producto final concentrado de cobre con contenido de oro.

Cerro Corona es una operación minera a tajo abierto del cual se extrae mineral con contenido de cobre y oro. Todos los recursos extraídos del subsuelo se procesan en la planta concentradora “Cerro Corona” que cuenta con una capacidad horaria de 820 toneladas por hora y alrededor de 19 mil toneladas por día; el producto final obtenido es concentrado de cobre con contenido de oro, el cual es trasladado al puerto de Salaverry en la provincia de Salaverry, departamento de La Libertad.

La explotación minera del tajo Cerro Corona, inicia con la identificación de las secciones de extracción de desmonte o mineral, para luego proceder a la perforación de producción del área delimitada, los cuales procederán a ser cargados con mezcla explosiva Quantex[®] para realizar la voladura. Al tener el material fragmentado, el área de grade control procede a la marcación de material que luego será cargado por excavadoras CAT374DL y CAT390FL a volquetes de acarreo modelos SCANIA 460 y SCANIA 460HT de 30 toneladas y 40 toneladas respectivamente, los cuales transportan el material fragmentado a los destinos pertinentes, que pueden ser botaderos para el caso de desmonte o a los fingers en el rompad al ser el caso de mineral. (Calderón, 2017).

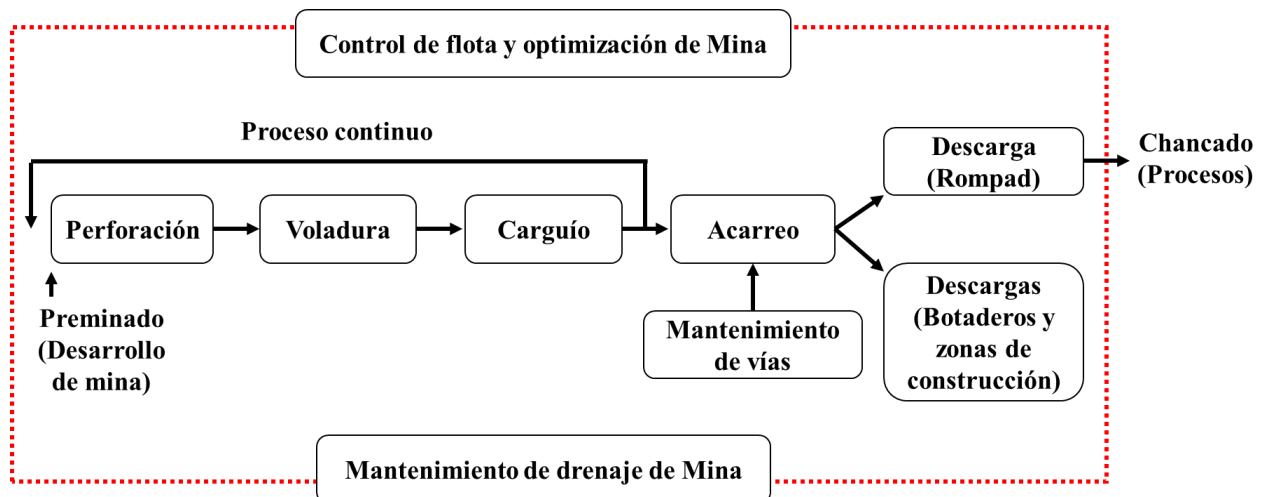


Figura 1 Proceso productivo de la extracción en Cerro Corona. (Calderón, 2017)

Tabla 1 Producción por tipo de material real 2017 hasta proyectado 2022.

Material	Unidad	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Desmante	Kton	8,659	14,922	13,106	17,333	15,753	11,712
Mineral	Kton	7,085	6,854	6,920	10,558	12,175	10,720
Caliza - Cantera	Kton	1,094	1,001	534	5,535	404	-
Total	Kton	16,838	22,778	20,559	33,427	28,333	22,432

Fuente: Operación Minera Cerro Corona, 2019.

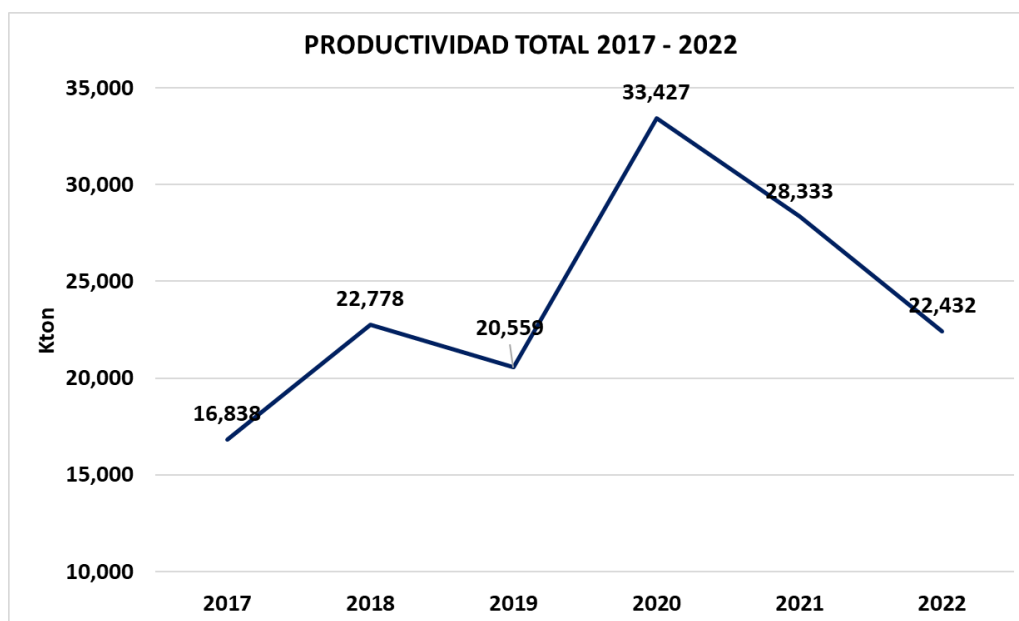


Figura 2 Producción total real 2018 – Proyectado 2022. (Gold Fields, 2019)

2.2.3. Perforación

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura, su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes. (Manual práctico de voladura, Exsa, P.73).

Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo. (Manual práctico de voladura, Exsa, P.73).

2.2.3.1. Perforación en Cerro Corona

En la operación minera Cerro Corona, las actividades de perforación y voladura son el inicio del proceso productivo y tienen la finalidad de fragmentar el material, ya sea desmonte o mineral, logrando reducir el tamaño de la roca acorde a las necesidades operativas de la mina, facilitando las operaciones subsiguientes de este proceso como son carguío, acarreo, chancado y molienda de mineral. De igual se mantiene el objetivo en seguridad de minimizar el daño al macizo rocoso, protegiendo la integridad y estabilidad en accesos, bancos y taludes; mermando los riesgos sobre las personas y equipos en la operación. (Calderón, 2017).

Para realizar la actividad de perforación, en la operación minera Cerro Corona, se cuenta con 03 perforadoras Atlas Copco DM45, con diámetro de perforación de 7 7/8” para taladros de producción, con una profundidad de perforación de banco de 10 metros y 1 metro de sobre perforación. Además, para las operaciones de control de estructuras, se cuenta con una perforadora Atlas Copco ROC L8, la cual realiza perforaciones de 5 1/8” de diámetro, la cual ejecuta perforaciones de pre corte para taludes y para pozos. (Calderón, 2017)



Figura 3 Perforadora Atlas Copco DM 45 en Cerro Corona (Gold Fields, 2019)



Figura 4 Perforadora Atlas Copco ROC L8 en Cerro Corona (Gold Fields, 2019)

Tabla 2 Diseño de malla de perforación. (E=Espaciamiento, B=Burden)

MATERIAL	DUREZA	MALLA FINAL (m)	
		E	B
MINERAL	Dureza 3	7	6.1
	Dureza 4	6	5.2
	Dureza 5	5.5	4.8
	Dureza 6 (Crítica)	5	4.3
DESMONTE	Dureza 3	6.5	5.7
	Dureza 4	6.5	5.7
	Dureza 5	6	5.2
	Dureza 6 (Crítica)	6	5.2

Fuente: Operación minera Cerro Corona – Gold Fields, 2019.

2.2.4. Voladura

De acuerdo a los criterios de la mecánica de rotura, la voladura es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento. El primero se refiere al tamaño de los fragmentos producidos,

a su distribución y porcentajes por tamaños, mientras que el segundo se refiere al movimiento de la masa de roca triturada.

Una adecuada fragmentación es importante para facilitar la remoción y transporte del material volado y está en relación directa con el uso al que se destinará este material, lo que calificará a la “mejor” fragmentación. (Manual práctico de voladura, Exsa, P.73).

2.2.4.1. Voladura en Cerro Corona

La actividad de voladura es realizada por el contratista asignado y por la asistencia técnica designada por Gold Fields. La mezcla explosiva empleada para el carguío de taladros de producción es la emulsión gasificada Quantex[®], y se prima con dos detonadores, un detonador electrónico y un detonador pirotécnico como respaldo.

Para el caso de los taladros de pre corte, se emplea emulsión encartuchada de 1 ½” la cual es aproximadamente 3.5 veces menor el diámetro de perforación con la finalidad de desacoplar los taladros y reducir el daño en los taludes. (Calderón, 2017).

Tabla 3 Estándares para carguío de taladros.

Dureza	MINERAL			DESMONTE		
	Taco	Explosivo	Factor de carga	Taco	Explosivo	Factor de carga
	m	kg	kg/m ³	m	kg	kg/m ³
Dureza 3	5.5	145	0.31	5.7	147	0.31
Dureza 4	4.7	204	0.52	4.8	196	0.52
Dureza 5	4.5	230	0.82	4.7	215	0.69
Dureza 6	4	245	1.44	4.2	232	0.88

Fuente: Operación minera Cerro Corona – Gold Fields, 2019.

En los equipos para el carguío de taladros se cuenta con 2 camiones fábrica de 12 toneladas, con compartimientos para emulsión, nitrato de amonio, petróleo y nitrito de sodio en solución.

A continuación, se muestra una tabla con los explosivos y accesorios que se utilizan para la voladura en la operación.

Tabla 4 Características de los explosivos y accesorios utilizados en Cerro Corona

Explosivos y accesorios		
Imagen	Producto	Descripción
	Cebo iniciador	Booster 1 Lb
	Cordón detonante	Cordón NP 05
	Detonador no eléctrico	Detonadores no electrónicos 12.0 m N°24
	Emulsión encartuchada	Emulsión 4S 1 1/2X16" (S-8) 12.5M
	Detonador electrónico	Detonador electrónico 15M
	Retardo	Conector bidireccional 17MS
	Nitrato de Amonio	Nitrato de amonio grado técnico o grado ANFO
	Emulsión a granel	Emulsión Gasificable

Fuente: Gold Fields, 2019

Los explosivos y accesorios de voladura se almacenan en el polvorín, en el que se tienen containers tiene una capacidad aproximada de 260 cajas de Exsaline, 2 silos de emulsión de 70 y 65 toneladas cada uno; así mismo la plataforma cerrada de Nitrato de amonio de 300 toneladas de capacidad.

Las voladuras se realizan diariamente, salvo ciertas excepciones, a las 12:00 horas, no se realizan voladuras nocturnas para no interferir con otras actividades de la Unidad Minera, y para minimizar las perturbaciones sobre las personas y el ambiente. (Gold Fields, 2019).

2.2.5. Carguío y acarreo de mineral

Las etapas de carguío y transporte suponen la ejecución conjunta de cargar con equipos, de gran tamaño, el material en el sistema de transporte y transportarlo al lugar de destino correspondiente. Dependiendo de la calidad del mineral, las siguientes etapas pueden ser: chancado (en el caso del mineral sobre ley de corte) o a botaderos (en caso de ser considerado material estéril).

Dentro de los procesos productivos de mayor costo se encuentra el carguío y transporte de material, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos involucrados (flota), alto grado de mecanización, menor rendimiento productivo por equipo y constituye un proceso de operación prácticamente continuo. En promedio los costos de estas operaciones representan entre 45% y 65% del costo de la mina, por lo que es de gran importancia garantizar un ambiente de operación apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados. Es por esta razón que se tratan en conjunto.

En la explotación de un yacimiento, y desde el punto de vista de eficiencia y optimización de rendimiento y recursos, el dimensionamiento de los equipos de carguío y transporte resulta muy importante; no sólo en número y tipo de equipos componentes de la flota, también en características y compatibilidad entre ellos. En función de esto se definen las mejores alternativas de diseño de la flota para cierto proyecto. (Rojas, 2009).

El objetivo del proceso es retirar el material tronado del frente de trabajo y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino, lo cual se puede esquematizar de la siguiente forma:

Preparación de la zona de trabajo.

Posicionamiento de equipos.

Retirar el material tronado desde el frente de trabajo (Carguío).

Traspasso del material al equipo de transporte dispuesto para el traslado.

Transporte del material a su lugar de destino (Planta, acopio, botaderos y stocks de material).

Descarga del material.

Retorno del equipo de transporte al punto de carguío (si es que se requiere su retorno).

Una vez que el material ha sido tronado y que se ha revisado el área verificando que la operación será segura (tiros quedados, colpas muy grandes, derrumbes, pisos inestables), se procede a preparar la zona de carguío, para lo cual se requerirá de palas de carguío y de equipos de apoyo como cargadores de servicio y camiones de riego. Cumplido con esto se posiciona el equipo de carguío con su correspondiente flota de equipos de transporte para iniciar la operación.

Fundamentalmente lo que se hace es extraer el material tronado desde el lugar de operación por el equipo de carguío, para luego ser depositado en el equipo de transporte, lo cual se logra posicionando el equipo frente al material cargado. El equipo de carguío recoge el material tronado con su balde, y lo desplaza hacia el punto de descarga, donde el balde es vaciado sobre la tolva del equipo de transporte. Esto se repite hasta que el equipo de transporte alcance su llenado operacional y sea reemplazado por otro equipo de transporte para continuar cíclicamente hasta agotar el material del frente de trabajo. (Rojas, 2009)

2.2.5.1. Carguío y acarreo de mineral en Cerro Corona

La actividad de carguío consiste en cargar el material fragmentado, sea mineral o desmonte, desde el frente asignado a los volquetes mediante una excavadora de producción. El carguío se realiza de forma eficiente y segura con el fin de respetar el tipo de material demarcado por el área de grade control de Gold Fields. De esta manera, se asignan los destinos en base al tipo de material que se carga, los cuales pueden ser:

Rompad, para el caso de mineral.

Botaderos, para el caso de desmonte.

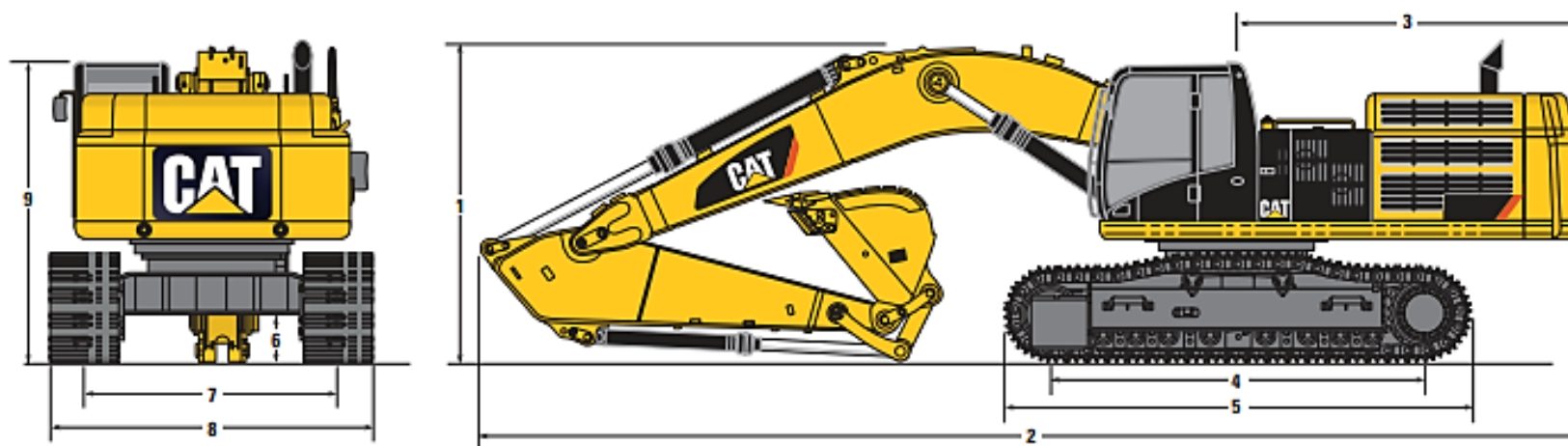
Presa de relaves, para el caso de material arcilloso competente y roca caliza.

En la operación Cerro Corona, se cuenta con 02 excavadoras CAT374 DL y 03 excavadoras CAT390 FL como principales equipos de carguío, con capacidad de 4.6 m^3 y 6 m^3 respectivamente. Además, se tiene 02 excavadoras auxiliares CAT336 DL de 3.9 m^3 de capacidad. (Gold Fields, 2019).

Tabla 5 Flota de equipos de carguío.

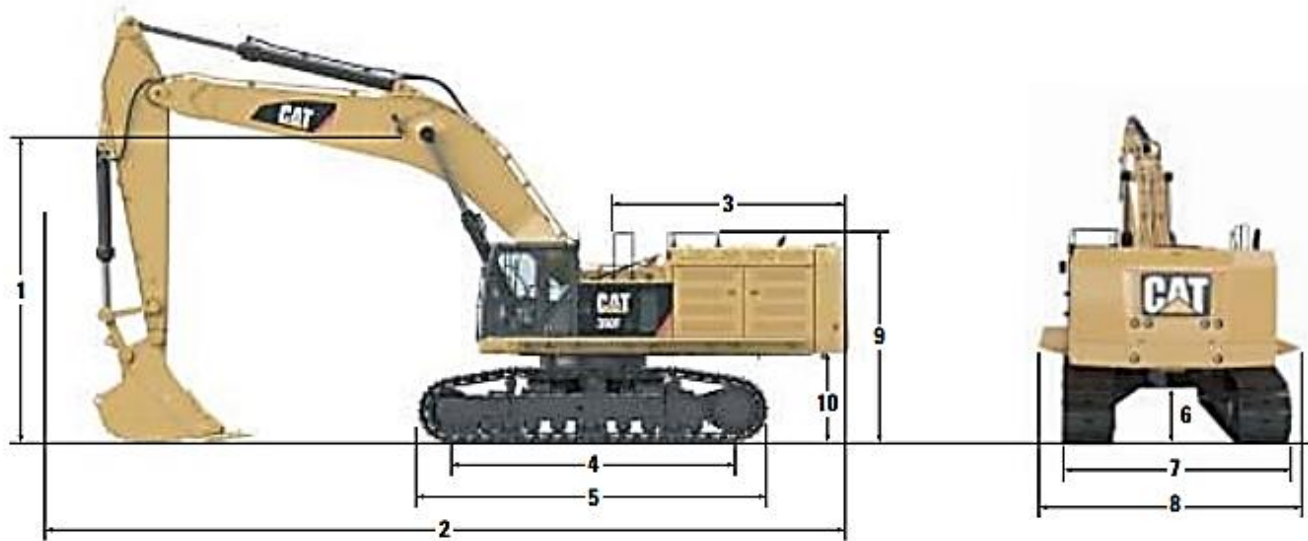
Item	Equipos	Marca	Modelo	Capacidad (m3)
1	EX063	Caterpillar	390FL	6
2	EX065	Caterpillar	390FL	6
3	EX066	Caterpillar	390FL	6
4	EX067	Caterpillar	374DL	4.6
5	EX069	Caterpillar	374DL	4.6
6	EX075	Caterpillar	336DL	3.9
7	EX077	Caterpillar	336DL	3.9

Fuente: Operación minera Cerro Corona, 2019.



Opciones de pluma Pluma de alta		Pluma de alcance 7.8 m			Pluma GP 8.4m			
		R4,67m	R4,15m	R3,60m	R2,84m	M3,0m	M2,57m	
1	Altura de embarque	mm	4950	4620	4480	4250	4700	4610
2	Longitud de embarque	mm	13230	13310	13320	13430	12630	12670
3	Radio de giro de la cola	mm	4015	4015	4015	4015	4015	4015
4	Distancia entre los centros de los rodillos	mm	4705	4705	4705	4705	4705	4705
5	Longitud de la cadena	mm	5870	5870	5870	5870	5870	5870
6	Altura libre sobre el suelo	mm	840	840	840	840	840	840
7	Ancho de vía (embarque)	mm	2750	2750	2750	2750	2750	2750
8	Anchura de transporte	mm	3500	3500	3500	3500	3500	3500
9	Altura de cabina	mm	3540	3540	3540	3540	3540	3540

Figura 5 Dimensiones de la Excavadora CAT347D (Caterpillar, 2014)



Opciones de pluma Pluma de alta	Pluma de alcance 10 m		Pluma GP 8.4m			Pluma de alta producción 7.25m		
		R5.5m	R4.4 m	R5.5m	R4.4 m	G3.4 m	M3.4 m	M2.92 m
Opciones de balancín		R5.5m	R4.4 m	R5.5m	R4.4 m	G3.4 m	M3.4 m	M2.92 m
1 Altura de embarque	mm	5490	5070	5840	5290	5160	5310	4890
2 Longitud de embarque	mm	16 290	16 330	14 500	14 690	14 720	13 550	13690
3 Radio de giro de la cola	mm	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700
4 Distancia entre los centros de los rodillos	mm	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120
5 Longitud de la cadena	mm	6358	6358	6358	6358	6358	6358	6358
6 Altura libre sobre elsuelo	mm	900	900	900	900	900	900	900
7 Ancho de vía (retraído)	mm	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750
8 Altura del pasamanos	mm	3830	3830	3830	3830	3830	3830	3830
9 Altura libre desde el contrapeso	mm	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640
Tipo de cucharón	mm	GD	GD	GD	GD	SD	SDV	SDV
Capacidad del cucharón	m3	3.9	3.9	4.6	4.6	4.6	6.0	6.0
Radio de la punta del cucharón	mm	2424	2424	2319	2319	2319	2505	2505

Figura 6 Dimensiones de la Excavadora CAT390FL (Caterpillar, 2014)



Figura 7 Frente de carguío, EX063 (CAT390DL)

El número de equipos de acarreo responde a las necesidades operativas de la operación minera Cerro Corona, esto como consecuencia de que Gold Fields terceriza las principales actividades productivas como perforación, voladura, carguío, acarreo, trabajos auxiliares y remanejo de material en el Rom Pad. Es por ello que desde el momento que ingresó la empresa contratista colocó 42 volquetes en la operación de dos diferentes flotas, 10 volquetes SCANIA 460 y 32 volquetes SCANIA 460 HT; sin embargo, por las necesidades de producción en Gold Fields La Cima S.A, durante el año 2019 se requirió 45 volquetes disponibles para la operación, 13 volquetes SCANIA 460 y 32 volquetes SCANIA 460 HT los cuales está detallados en las siguientes tablas. (Gold Fields, 2019)



Figura 8 Volquete Scania 460HT en carguío - Cerro Corona



Figura 9 Volquete Scania 460 en carguío - Cerro Corona

Tabla 6 Lista de equipos de acarreo 2018.

ITEM	FLOTA	CÓDIGO 1	CÓDIGO REAL	MARCA	CAPACIDAD DE TOLVA (BCM)
1	MERCEDES 444	V-226	V226	MERCEDES BENZ	13.5
2	MERCEDES 444	V-233	V233	MERCEDES BENZ	13.5
3	MERCEDES 444	V-240	V240	MERCEDES BENZ	13.5
4	MERCEDES 444	V-246	V246	MERCEDES BENZ	13.5
5	MERCEDES 444	V-263	V263	MERCEDES BENZ	13.5
6	MERCEDES 444	V-264	V264	MERCEDES BENZ	13.5
7	MERCEDES 444	V-265	V265	MERCEDES BENZ	13.5
8	MERCEDES 444	V-266	V266	MERCEDES BENZ	13.5
9	MERCEDES 444	V-267	V267	MERCEDES BENZ	13.5
10	MERCEDES 444	V-274	V274	MERCEDES BENZ	13.5
11	MERCEDES 444	V-280	V280	MERCEDES BENZ	13.5
12	MERCEDES 444	V-284	V284	MERCEDES BENZ	13.5
13	MERCEDES 444	V-287	V287	MERCEDES BENZ	13.5
14	MERCEDES 444	V-307	V307	MERCEDES BENZ	13.5
15	MERCEDES 444	V-324	V324	MERCEDES BENZ	13.5
16	MERCEDES 444	V-325	V325	MERCEDES BENZ	13.5
17	MERCEDES 444	V-326	V326	MERCEDES BENZ	13.5
18	MERCEDES 444	V-327	V327	MERCEDES BENZ	13.5
19	VOLVO FMX 440	V-1541	V1541	VOLVO	13.5
20	VOLVO FMX 440	V-299	V299	VOLVO	13.5
21	VOLVO FMX 440	V-300	V300	VOLVO	13.5
22	VOLVO FMX 440	V-301	V301	VOLVO	13.5
23	VOLVO FMX 440	V-302	V302	VOLVO	13.5
24	VOLVO FMX 840	V-1542	V1542	VOLVO	13.5

ITEM	FLOTA	CÓDIGO 1	CÓDIGO REAL	MARCA	CAPACIDAD DE TOLVA (BCM)
25	VOLVO FMX 840	V-1543	V1543	VOLVO	13.5
27	VOLVO FMX 840	V-1545	V1545	VOLVO	13.5
28	VOLVO FMX 840	V-304	V304	VOLVO	13.5
29	VOLVO FMX 840	V-305	V305	VOLVO	13.5
30	VOLVO FMX 840	V-314	V314	VOLVO	13.5
31	VOLVO FMX 840	V-315	V315	VOLVO	13.5
32	VOLVO FMX 840	V-316	V316	VOLVO	13.5
33	VOLVO FMX 840	V-317	V317	VOLVO	13.5
34	VOLVO FMX 840	V-318	V318	VOLVO	13.5
35	VOLVO FMX 840	V-319	V319	VOLVO	13.5
36	VOLVO FMX 840	V-320	V320	VOLVO	13.5
37	VOLVO FMX 840	V-321	V321	VOLVO	13.5
38	VOLVO FMX 840	V-322	V322	VOLVO	13.5
39	VOLVO FMX 840	V-323	V323	VOLVO	13.5
40	VOLVO FMX 840	V-359	V359	VOLVO	13.5
41	VOLVO FMX 840	V-360	V360	VOLVO	13.5
42	VOLVO FMX 840	V-361	V361	VOLVO	13.5
43	VOLVO FMX 840	V-362	V362	VOLVO	13.5
44	VOLVO FMX 840	V-363	V363	VOLVO	13.5
45	VOLVO FMX 840	V-364	V364	VOLVO	13.5
46	VOLVO FMX 840	V-365	V365	VOLVO	13.5
47	VOLVO FMX 840	V-366	V366	VOLVO	13.5
48	VOLVO FMX 840	V-367	V367	VOLVO	13.5
49	VOLVO FMX 840	V-368	V368	VOLVO	13.5
50	VOLVO FMX 840	V-369	V369	VOLVO	13.5
51	VOLVO FMX 840	V-370	V370	VOLVO	13.5

ITEM	FLOTA	CÓDIGO 1	CÓDIGO REAL	MARCA	CAPACIDAD DE TOLVA (BCM)
52	VOLVO FMX 840	V-371	V371	VOLVO	13.5
53	VOLVO FMX 840	V-372	V372	VOLVO	13.5
54	VOLVO FMX 840	V-373	V373	VOLVO	13.5
55	VOLVO FMX 840	V-374	V374	VOLVO	13.5
56	VOLVO FMX 840	V-375	V375	VOLVO	13.5

Fuente: Operación minera Cerro Corona, 2019.

Tabla 7 Lista de equipos de acarreo Junio 2019.

ITEM	FECHA DE INICIO DE PROYECTO	FLOTA	CÓDIGO REAL	PLACA	MARCA	AÑO DE FABRICACIÓN	CAPACIDAD DE TOLVA (BCM)
1	1/09/2018	SCANIA 460	VL-286	ASF-755	SCANIA	2016	12.27
2	1/09/2018	SCANIA 460	VL-288	ASE-725	SCANIA	2016	12.27
3	1/09/2018	SCANIA 460	VL-290	ASC-863	SCANIA	2016	12.27
4	1/09/2018	SCANIA 460	VL-292	ASF-734	SCANIA	2016	12.27
5	1/09/2018	SCANIA 460	VL-293	ASD-912	SCANIA	2016	12.27
6	1/09/2018	SCANIA 460	VL-298	ASE-899	SCANIA	2016	12.27
7	1/09/2018	SCANIA 460	VL-300	ASE-897	SCANIA	2016	12.27
8	1/09/2018	SCANIA 460	VL-301	ASC-944	SCANIA	2016	12.27
9	1/09/2018	SCANIA 460	VL-303	ASD-915	SCANIA	2016	12.27
10	1/09/2018	SCANIA 460	VL-305	ATU-920	SCANIA	2016	12.27
11	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-339	AXJ-723	SCANIA	2018	16.36
12	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-340	AXJ-740	SCANIA	2018	16.36
13	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-341	AXJ-755	SCANIA	2018	16.36
14	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-342	AXJ-758	SCANIA	2018	16.36

ITEM	FECHA DE INICIO DE PROYECTO	FLOTA	CÓDIGO REAL	PLACA	MARCA	AÑO DE FABRICACIÓN	CAPACIDAD DE TOLVA (BCM)
15	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-343	AXJ-759	SCANIA	2018	16.36
16	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-344	AXJ-769	SCANIA	2018	16.36
17	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-345	AXJ-770	SCANIA	2018	16.36
18	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-346	AXJ-773	SCANIA	2018	16.36
19	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-347	AXJ-781	SCANIA	2018	16.36
20	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-348	AXJ-796	SCANIA	2018	16.36
21	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-349	AXJ-809	SCANIA	2018	16.36
22	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-350	AXJ-817	SCANIA	2018	16.36
23	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-351	AXJ-818	SCANIA	2018	16.36
24	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-352	AXJ-819	SCANIA	2018	16.36
25	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-353	AXJ-823	SCANIA	2018	16.36
27	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-354	AXJ-839	SCANIA	2018	16.36
28	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-355	AXJ-851	SCANIA	2018	16.36
29	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-356	AXJ-868	SCANIA	2018	16.36
30	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-357	AXJ-873	SCANIA	2018	16.36
31	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-358	AXJ-923	SCANIA	2018	16.36
32	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-359	AXJ-925	SCANIA	2018	16.36
33	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-360	AXJ-926	SCANIA	2018	16.36
34	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-361	AXJ-931	SCANIA	2018	16.36
35	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-362	AXJ-941	SCANIA	2018	16.36
36	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-363	AXJ-942	SCANIA	2018	16.36
37	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-364	AXK-724	SCANIA	2018	16.36
38	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-365	AXK-725	SCANIA	2018	16.36
39	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-366	AXJ-741	SCANIA	2018	16.36
40	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-367	AXJ-808	SCANIA	2018	16.36

ITEM	FECHA DE INICIO DE PROYECTO	FLOTA	CÓDIGO REAL	PLACA	MARCA	AÑO DE FABRICACIÓN	CAPACIDAD DE TOLVA (BCM)
41	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-368	AXK-798	SCANIA	2018	16.36
42	1/09/2018	SCANIA 460 HT	VL-369	AXJ-916	SCANIA	2018	16.36
43	1/02/2019	SCANIA 460	VL-291	ASF-756	SCANIA	2018	12.27
44	1/02/2019	SCANIA 460	VL-297	ASD-916	SCANIA	2018	12.27
45	1/02/2019	SCANIA 460	VL-299	ASE-724	SCANIA	2018	12.27
46	1/02/2019	SCANIA 460	VL-302	ASE-901	SCANIA	2018	12.27

Fuente: Operación minera Cerro Corona, 2019.



Figura 10 Volquete SCANIA 460 descargando material para lastrado en Cerro Corona

2.2.6. Chancado

El chancado es la primera etapa mecánica en el proceso de reducción de tamaño del mineral. El principal objetivo del chancado es reducir el tamaño para facilitar el transporte y el tratamiento, respecto a las operaciones físicas y a las reacciones químicas. Para lograr estos objetivos, antes de que el material se lleve al chancado, se recomienda realizar un harneado o selección del tamaño previo, segmentando en diferentes granulometrías. Así es posible aumentar la capacidad del equipo, evitar las dificultades que provocan los finos (atascos), y la reducción del consumo de energía. (Rojas, 2009)

Generalmente es una operación seca (sin adición de agua), que se efectúa en dos etapas:

Chancado primario o grueso.

Chancado fino, que comprende las etapas de chancado secundario, terciario y cuaternario.

2.2.6.1. Chancado en Cerro Corona

Los diversos tipos de mineral obtenidos en el proceso de minado se acopian en el stock de minerales para luego ingresar a la planta de chancado, la cual tiene como objetivo reducir el tamaño del mineral y garantizar la alimentación de este para ser triturado y obtener un producto de menor tamaño (<6 pulgadas). El material obtenido es transportado mediante fajas a la zona de molienda. (Gold Fields, 2019).



Figura 11 Planta de chancado de Cerro Corona

Fuente: Gold Fields, 2019

2.2.7. Molienda

La molienda es la última etapa en un proceso de reducción de tamaños. En esta etapa las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto y abrasión vía seca o húmeda. El objetivo de esta operación unitaria es reducir el tamaño del mineral para liberar las partículas del mineral de la ganga. La separación entre partículas que contienen el mineral y el resto, ocurre en la etapa siguiente a la molienda; la flotación.

La importancia de esta operación queda demostrada por el hecho de que gran parte de la energía gastada en el procesamiento de un mineral es utilizada en la molienda. En consecuencia, esta parte del proceso es de fundamental incidencia en el costo del producto. En el proceso de molienda se reducen partículas de tamaño entre 5 y 20 mm a partículas de entre 10 y 300 μm . (Rojas, 2009).

2.2.7.1. Molienda en Cerro Corona

El producto chancado se transporta al circuito de molienda de dos etapas para continuar su proceso de reducción de tamaño y lograr el F80 apropiado para su envío en pulpa al proceso de flotación. El material ingresa al molino SAG para que disminuya su tamaño de 4 a 0.1 pulgadas. Luego la descarga del molino es bombeada a un sistema de clasificación de tamaños

en hidrociclones, donde el material con un tamaño menor a 159 micrones es enviado al proceso de flotación, mientras que el mineral con mayor tamaño es enviado al molino de bolas para su molienda. El objetivo de esta etapa es lograr en el mineral una liberación y clasificación óptima. (Gold Fields, 2019).



Figura 12 Molino de bolas en Cerro Corona

Fuente: Gold Fields, 2019

2.3. Productividad y Optimización

2.3.1. Productividad

La Productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o productos) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos) (Carro & Gonzáles, 2014), es decir:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

La productividad minera se expresa en forma de producto generado sea por toneladas extraídas de mina, por metros de avance en las exploraciones y desarrollos, por producción de finos o en general productos como toneladas de mineral, toneladas de concentrado, onzas finas, vs recursos como energía, materiales, reactivos, recursos humanos, capital; debiendo buscar cual es la métrica apropiada de productividad para cada operación minera. En este concepto, la productividad minera puede alcanzarse rápidamente en la medida que logremos reducir el tiempo de ciclo u optimizar las operaciones del proceso minero, logrando extraer mayores cantidades de minerales con los mismos recursos. (Schwarz, 2012)

2.3.2. Optimización

Optimizar hace referencia a buscar la mejor manera de realizar una actividad con el uso adecuado de recursos, satisfaciendo los objetivos propuestos. Se dice que se ha optimizado algo, como una actividad, método, proceso o sistema, cuando se han efectuado modificaciones en la fórmula usual de proceder y se han obtenido resultados que están por encima de lo regular o lo esperado. En este sentido optimizar es realizar una mejor gestión de nuestros recursos en función del objetivo que perseguimos. (Serpa y Colmenares, 2004).

2.4. Indicadores Clave de Rendimiento

Los indicadores clave de rendimiento o en su terminología en inglés “Key Performance Indicators” (KPI), representan un conjunto de medidas que se enfocan en aquellos aspectos del desempeño organizacional que son los más críticos para el éxito actual y futuro de la organización. Los KPI rara vez son nuevos para la organización simplemente no han sido reconocidos o estaban “acumulando polvo” en algún lugar desconocido para el equipo de gestión actual. (Parmenter, 2007).

Los KPIs deben ser comprensibles y todos los niveles de la organización deben saber que están midiendo, cómo se está calculando, y lo más importante, qué deben hacer y no hacer para afectar positivamente el KPI designado.

En Minería, es necesario establecer KPIs adecuados, los cuales permitan medir el desempeño de la operación dentro de un margen óptimo en sus diversos procesos productivos, analizando la relación entre la entrada y la salida de cada proceso o en otros casos en el rendimiento en función al principal recurso utilizado para lograr desarrollar el proceso, teniendo como guía datos válidos que permitan llevar a la operación hacia la mejora continua. La clave de lograr identificar correctamente los principales indicadores en minería es lograr la mejor combinación posible para garantizar la mayor rentabilidad operacional, ambiental, administrativa, financiera y social con el menor riesgo posible y la mayor productividad efectiva. (Schwarz, 2012)

2.4.1. Disponibilidad Mecánica (DM)

Representa un porcentaje del tiempo total en el que el equipo está disponible para la operación.

Fórmula:

$$DM = \frac{RT + DT + SbT}{TT}$$

Dónde:

RT = Tiempo Ready

DT = Tiempo Delay

SbT = Tiempo Stand By

TT = Tiempo Total

2.4.2. Uso de la disponibilidad (UoA)

Porcentaje que representa el tiempo relacionado directamente con la operación desde el momento en que el equipo no está en mantenimiento, éste porcentaje indica cómo se gestiona el tiempo de espera. Se mide en porcentaje (%) (Gold Fields, 2019).

Fórmula:

$$DM = \frac{RT + DT}{RT + DT + SbT}$$

Dónde:

RT = Tiempo Ready

DT = Tiempo Delay

SbT = Tiempo Stand By

2.4.3. Uso

Porcentaje que indica cómo se gestiona el tiempo de demora en la operación. Se mide en porcentaje (%) (Gold Fields, 2019).

Fórmula:

$$DM = \frac{RT}{RT + DT}$$

Dónde:

RT = Tiempo Ready

DT = Tiempo Delay

2.4.4. Usage

Porcentaje que indica el tiempo que el equipo estuvo trabajando con respecto al tiempo que el equipo no está en mantenimiento. Se mide en porcentaje (%) (Gold Fields, 2019).

$$DM = \frac{RT}{RT + DT + Sbt}$$

Fórmula:

Dónde:
RT = Tiempo Ready
DT = Tiempo Delay
Sbt = Tiempo Stand By

2.4.5. Utilización

Porcentaje que indica el tiempo que el equipo estuvo operativo con respecto al tiempo total disponible para el equipo. Se mide en porcentaje (%) (Gold Fields, 2019).

$$DM = \frac{RT}{TT}$$

Fórmula:

Dónde:
RT = Tiempo Ready
TT = Tiempo Total

2.4.6. Espera carguío (Hang)

Éste es el porcentaje de tiempo en el que el equipo de carga está a la espera para los camiones. Se mide en porcentaje (%) o minutos. (Gold Fields, 2019).

$$Hang(\%) = \frac{\text{Tiempo esperando}}{RT}$$

Fórmula:

Dónde:
RT/hr = Tiempo Ready por hora

$$Hang(\text{min}) = \frac{\text{Tiempo esperando} \frac{\text{esperando}}{\text{hr}} * 60}{\text{\#volquetes cargados/hr}}$$

2.4.7. Productividad instantánea

Se podría entender como si la pala continúa cargando, ésta sería la producción. Se mide en Ton/hr. (Gold Fields, 2019).

$$\begin{array}{ll} \text{Fórmula:} & \text{Dónde:} \\ \text{Prod inst} = \frac{\text{Tonelaje}}{\text{RT Cargando}} & \text{RT Cargando} = \text{Tiempo} \\ & \text{Ready Cargando} \end{array}$$

2.4.8. Productividad efectiva

Es similar a la productividad de equipos, pero sin el tiempo de suspensión, puede considerarse como si el equipo de carguío tiene un tiempo de espera igual a cero, ésta será la productividad, y también la producción por hora, si el uso de la disponibilidad es 100%. Se mide en Ton/hr. (Gold Fields, 2019).

$$\begin{array}{ll} \text{Fórmula:} & \text{Dónde:} \\ \text{Prod efect} = \frac{\text{Tonelaje}}{\text{RT} - \text{Hang Time}} & \text{RT} = \text{Tiempo Ready} \\ & \text{Hang Time} = \text{Tiempo espera Carguío} \end{array}$$

2.4.9. Productividad operativa

Las toneladas de material movidas por una unidad de equipo mientras que la unidad de equipo era operativa (asignada a un estado de operación). Se mide en Ton/hr. (Gold Fields, 2019).

$$\begin{array}{ll} \text{Fórmula:} & \text{Dónde:} \\ \text{Prod operativa} = \frac{\text{Tonelaje}}{\text{RT}} & \text{RT} = \text{Tiempo Ready} \end{array}$$

2.4.10. Cola acarreo (Queue)

Este porcentaje indica en función del tiempo de ciclo de camión, la cantidad de cola en el equipo de carga. Se mide en porcentaje (%) o minutos. (Gold Fields, 2019).

$$\begin{aligned} \text{Fórmula:} & & \text{Dónde:} \\ \text{Queue}(\%) &= \frac{\text{Tiempo cola}}{RT} & RT/hr = \text{Tiempo Ready por} \\ & & \text{hora} \\ \text{Queue}(\text{min}) &= \frac{\text{Tiempo } \frac{\text{cola}}{\text{hr}} * 60}{\#viajes/hr} \end{aligned}$$

2.4.11. Equivalente de transporte fleet (EFH)

Éste parámetro transforma las distancias de gradiente en un plano, en la forma en que se podría hablar de la misma unidad de medida de la distancia. Se mide en kilómetros. (Gold Fields, 2019).

$$\begin{aligned} \text{Fórmula:} \\ EFH &= \frac{\text{Distancia} * \text{Velocidad de una gradiente de cero}}{\text{Velocidad en una pendiente diferente de cero}} \end{aligned}$$

2.4.12. Productividad de acarreo

Se refiere a la cantidad de tonelaje que cargan los equipos de acarreo por unidad de tiempo operativo, en este caso por hora. Se mide en Ton/hr. (Gold Fields, 2019).

$$\begin{aligned} \text{Fórmula:} & & \text{Dónde:} \\ \text{Prod acarreo} &= \frac{\text{Tonelaje}}{RT \text{ acarreo}} & RT \text{ acarreo} = \text{Tiempo} \\ & & \text{Ready Acarreo} \end{aligned}$$

2.4.13. Productividad de carguío

Se refiere a la cantidad de tonelaje que cargan los equipos de carguío por unidad de tiempo operativo, en este caso por hora. (Gold Fields, 2019).

$$\begin{array}{ll} \textit{Fórmula:} & \textit{Dónde:} \\ \textit{Prod carguío} = \frac{\textit{Tonelaje}}{\textit{RT carguío}} & \textit{RT carguío} = \textit{Tiempo Ready} \\ & \textit{Carguío} \end{array}$$

2.5. Sistema de Control y Gestión de Flota

Los sistemas o programas de control y gestión de flotas de vehículos facilitan la administración y observación de las flotas a cualquier nivel, tanto de localización como de gestión de su estado y mantenimiento. El software, depende de su capacidad, permite realizar perfiles de conductores o vehículos y controlar la eficiencia. Además, puede ofrecer funcionalidades como limitación de áreas o parada de vehículo a distancia. La información referente al estado del vehículo puede ser recopilada en una web, dependiendo del tipo de hardware instalado en las flotas. Del mismo modo, si los vehículos disponen de un terminal que lo permita, el gestor de las flotas puede enviar mensajes a los conductores de uno o varios vehículos. (Batule, 2016).

El sistema de control y gestión de flota es un método que permite localizar en un mapa digitalizado un vehículo terrestre, aéreo o marítimo que se encuentra en la superficie del globo terrestre. Este sistema en forma automática y con precisión al segundo más cercano registra la ubicación, origen y destino de un vehículo. Esto se logra gracias a la combinación de un sistema denominado Sistema de Posicionamiento Global GPS y de un receptor de señal denominado Localizador Automático de Vehículo AVL. (Martínez, 2006).

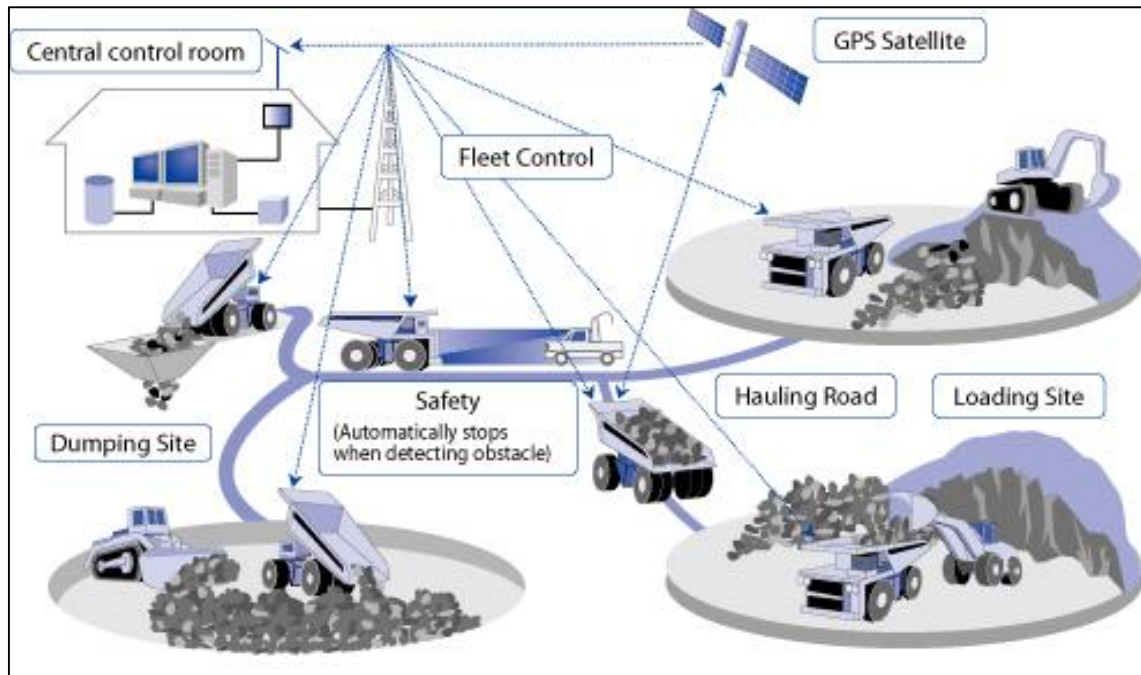


Figura 13 Diseño esquemático del sistema de control y gestión de flota.

Fuente: Jimi Electronics, 2014.

2.5.1. Sistema de control y gestión de flota minera: Control Sense

Es una herramienta diseñada y desarrollada por Mine Sense Solution S.A.C., implementando software y hardware destinados a mejorar el control y la supervisión de los equipos de campo, utilizando el Sistema de Control de flotas de equipos de acarreo, de carguío y auxiliares, usados frecuentemente en la industria minera para el movimiento de tierras. ControlSense ha sido desarrollado para el control automático y asignación automática de equipos mineros a gran, mediana y pequeña escala; está programado con lenguajes de última generación y cuenta con una potente base de datos en SQL; adicionalmente incluye las necesidades de la operación minera Cerro Corona de Gold Fields, considerando procesos de optimización. Esta herramienta presenta las siguientes características:

La arquitectura de diseño esta implementada para un vínculo sencillo de Cliente-Servidor.

Utiliza tecnología WEB, que facilita acceso rápido a los parámetros operativos críticos.

Utiliza el gestor de base de datos POSTGRESQL.

Permite visualizar la trayectoria de los equipos en campo.

Permite visualizar la velocidad de los equipos en campo.

Permite visualizar los estados de actividades, producción y productividad de los equipos (vehículo o maquinaria).

Trabaja de manera integrada con servidores, equipos móviles, un centro de control, una red alámbrica e inalámbrica. (Mine Sense, 2019).

El sistema de control y gestión de flota minera utilizado en Gold Fields La Cima, posee las siguientes funcionalidades principales:

2.5.1.1. Asignación automática de camiones.

Consiste en asignar en tiempo real, de manera óptima y automática los equipos de acarreo hacia las zonas de carguío y descargas, garantizando en todo momento el balance adecuado entre la capacidad de carguío y acarreo instalados. Este proceso es ejecutado por el Algoritmo de optimización, el cual se ejecuta en el siguiente orden:

Recolección de información de variables de mina, las más importantes son: posición global (GPS), condiciones de mina/vías, tiempos estadísticos por actividad, restricciones operativas y mezclas.

Pronóstico/Estimación de actividades para los ciclos de los equipos de carguío y acarreo, basado en los ciclos anteriores.

Análisis de prioridades, costos unitarios, dimensiones de equipos y productividades.

Ejecución del algoritmo, usa simulación genética considerando optimizaciones de N camiones a M palas.

Finalmente, la asignación de camiones se realiza en base a funciones de maximización de toneladas y minimización costos.

El optimizador del sistema de despacho realiza ciclos no convencionales, permitiendo, después de la descarga del equipo de acarreo, dirigirse a “otro” equipo de carguío. En otras palabras, junta varios ciclos convencionales, de tal forma que en conjunto realizan más viajes, obteniéndose con ello el beneficio de producir más con los mismos recursos. Por ende y como consecuencia de estos procesos se obtiene reducción de los costos operativos. (Mine Sense, 2019).

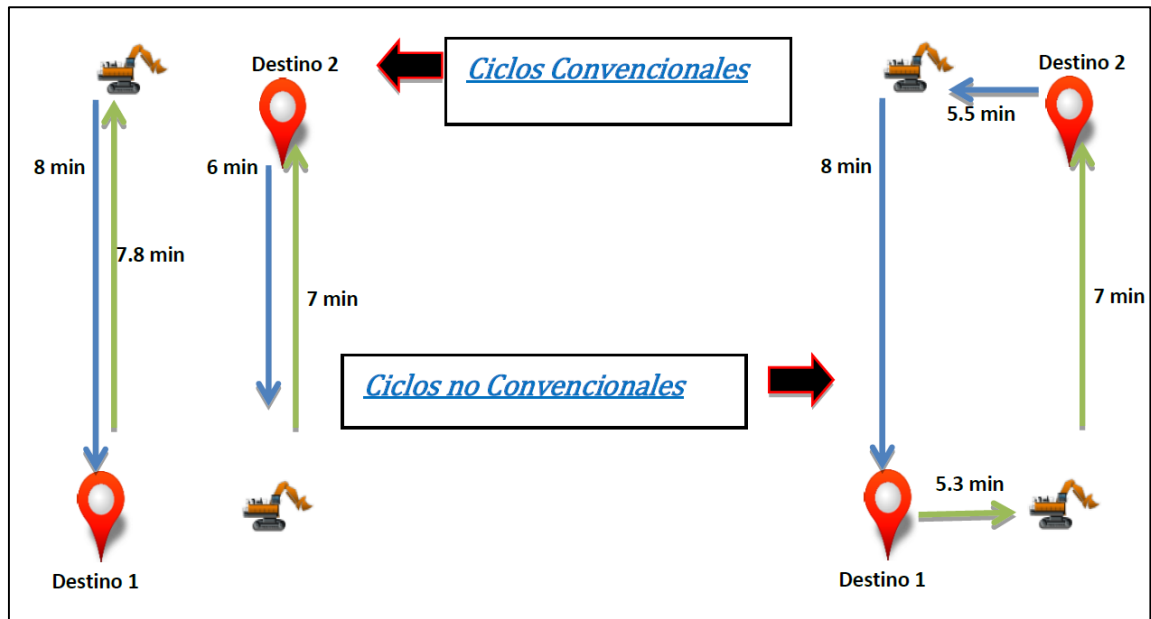


Figura 14 Ciclo convencional vs ciclo no convencional.

Fuente: Mine Sense Solution S.A.C.

2.5.1.2. Registro automático de actividades de los equipos.

Basado en la posición GPS y telemetría de camiones (CANBUS), el sistema genera automáticamente las actividades de cada ciclo que realizan los equipos de carguío y acarreo, a excepción del inicio de carga, pues estos equipos no tienen componentes de medición de carga. En el caso de camiones se registran 9 actividades del ciclo global de acarreo, las cuales son cargando, viaje cargado, cola en descarga, retrocediendo, descargando, viaje vacío, cola en la zona de carguío, cuadrándose y cuadrado. En el caso del ciclo de carguío se registran tres actividades, cargando, esperando y posicionándose. Para la operación minera de Cerro Corona de Gold Fields y por tener camiones sin balanza automática se instala un dispositivo en los equipos de carguío para registrar sólo el inicio de carga de cada camión. (Mine Sense, 2019).

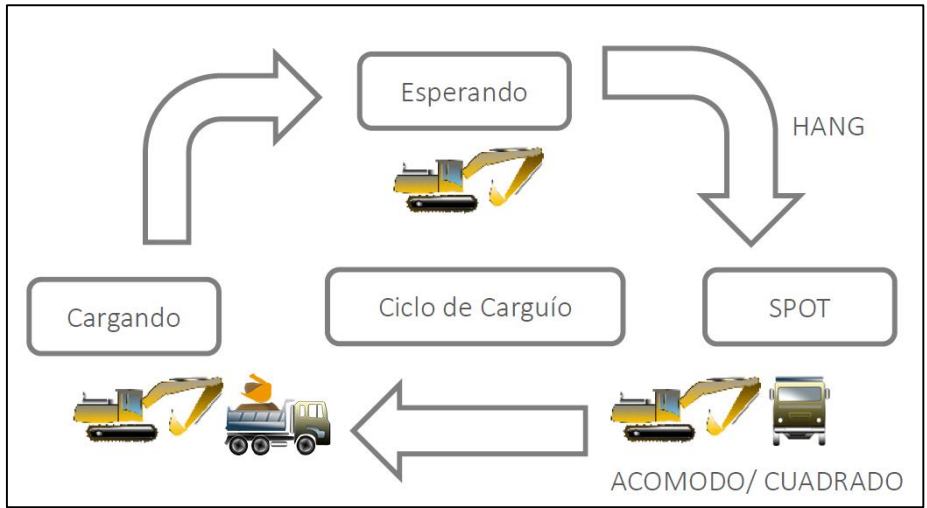


Figura 15 Detalle del ciclo de carguío.

Fuente: Mine Sense Solution S.A.C.

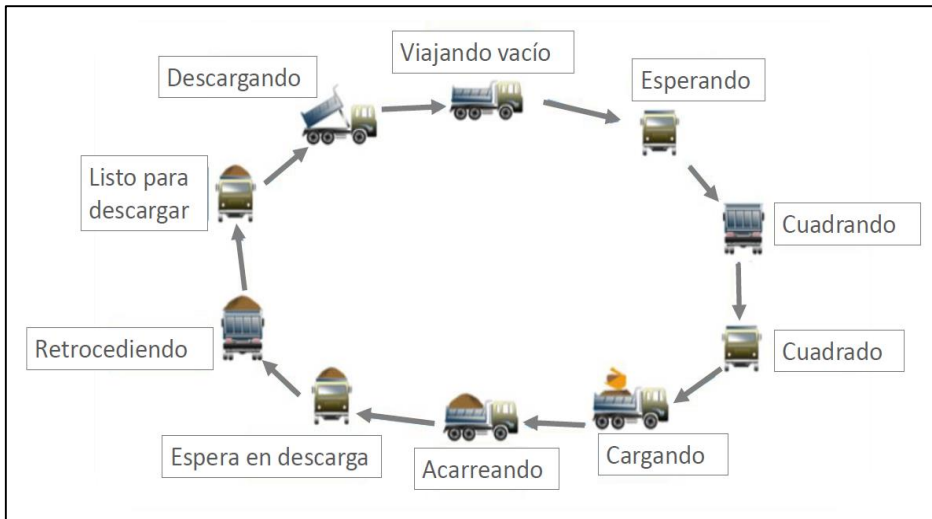


Figura 16 Detalle ciclo de acarreo.

Fuente: Mine Sense Solution S.A.C. – 2017.

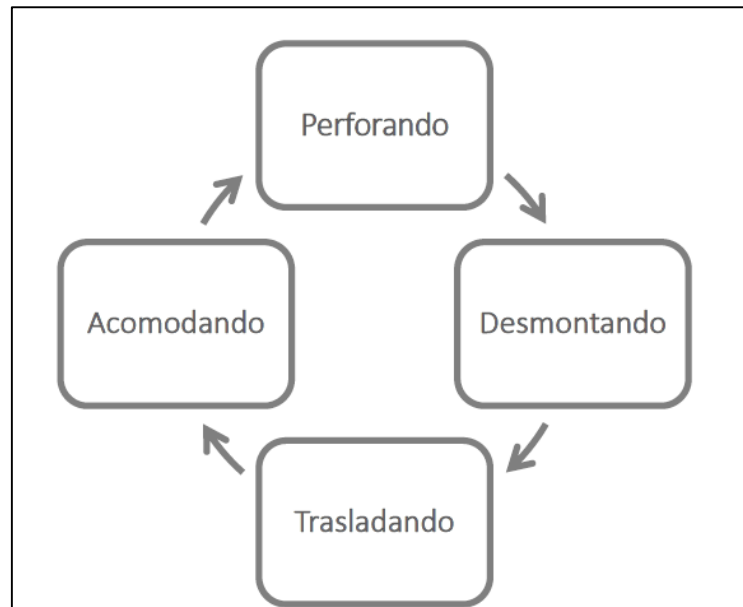


Figura 17 Detalle ciclo de perforación.

Fuente: Mine Sense Solution S.A.C. – 2019.

2.5.1.3. Navegación asistida de camiones.

Guía a los operadores de camión en su recorrido vacío o cargado, la finalidad es evitar con anticipación viajes erróneos de camiones con mineral yendo a botaderos y de equipos con desmonte hacia Chancadora o RomPad. La asistencia de navegación se realiza analizando, en tiempo real, la posición geográfica de cada camión y comparándola con la asignada por el sistema. El operador recibe mensajes audibles en su trayectoria para ayudarlo a tomar medidas proactivas necesarias (frenar anticipadamente o aplicar una adecuada marcha o cambio). (Mine Sense, 2019).

2.5.1.4. Ubicación de equipos en zonas críticas de operación.

Con la finalidad de evitar accidentes o incidentes, se incluye en las pantallas de los camiones y equipos auxiliares la ubicación de otros equipos que tengan GPS y que se encuentran dentro de la zona de riesgo de cada equipo. Así mismo, ControlSense muestra en la pantalla principal de supervisión las zonas críticas de estabilidad de taludes, las cuales provienen del sistema de monitoreo de estos. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.5. Control Automático de blending.

Los cargadores frontales asignados en el Rompad tendrán control automático de mezcla, la cual será configurada de acuerdo a las necesidades del área de Procesos. La precisión de estos equipos es de aproximadamente 10 metros. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.6. Control de dilución de descargas.

Basado en la posición y asignación de cada camión, el sistema tiene la capacidad de identificar camiones descargando en zonas no establecidas. Normalmente, en una misma descarga y en el mismo nivel se tienen diferentes zonas de trabajo; el sistema podrá diferenciarlas por leyes, dureza, riesgo (fallas estructurales en piso) o distancias de descarga para construcciones de diques, fingers u otros. Adicionalmente, el sistema notificará en tiempo real al supervisor para tomar la debida acción y garantizar procesos de logística de materiales sin errores. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.7. Asignación de abastecimiento de combustible.

El sistema estima en cada momento la cantidad remanente de combustible para cada equipo, calculando y analizando (respecto al consumo) el momento adecuado para asignar los camiones a las estaciones de combustibles. Adicionalmente se tiene registro del total de combustible por equipos y ratios de consumo versus tiempo, distancias normales o efectivas. Esta información depende del ingreso manual que realice cada operador al momento de abastecer combustible. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.8. Evaluación de velocidades mediante el indicador de toneladas por kilómetro por hora.

Los equipos de GPS tienen la capacidad de registrar velocidades y distancias recorridas en tiempo real. Se pueden definir estándares de trabajo para cada tramo de las rutas de la mina, como rangos de velocidad para equipos en subida o bajada y que se encuentren cargados o vacíos. ControlSense, registra dichas variables en su base de datos para luego ser representados en planos para su respectivo análisis. El cálculo de tonelada por kilómetro por hora se realiza en tiempo real y es mostrado en las pantallas de los operadores y en la de los

supervisores. Genera reportes en tiempo real de operadores que excedan los estándares de velocidades. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.9. Registro de estado de equipos.

El operador ingresa el estado de cada equipo, el cual pasará por una consulta de validación. El supervisor tiene la oportunidad de administrar en tiempo real los tiempos de cada demora, malogrado o stand by. El sistema alertará al supervisor cuando el operador excede los límites establecidos por cada tipo de estado. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.10. Control de tareas de mantenimiento.

Se asignan tiempos objetivo para cada trabajo de mantenimiento y el sistema alerta automáticamente el tiempo remanente para cada actividad, ayudando de ésta forma a una mejor gestión del área de Mantenimiento. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.11. Control de polígonos de minado.

El sistema se integra automáticamente con el sistema de planeamiento, es decir transfiere automáticamente los datos de cada polígono y bloques geológicos minables. El supervisor del sistema tiene la capacidad de seleccionar los polígonos/bloques por cada nivel y equipo, pudiendo llevar un control logístico de material minado y faltante por cada uno de ellos. Así mismo, el operador de carguío puede administrar en tiempo real la cantidad de material definido por cada polígono. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.12. Locación inteligente.

El sistema actualiza de manera automática la locación de los equipos de carguío según su posición GPS para tener una mejor estimación de distancias y tiempo de los ciclos de acarreo. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.13. Ruta inteligente.

El sistema ajusta de forma automática las rutas en el módulo gráfico de los equipos de acarreo para tener una mejor precisión en el pronóstico de tiempo de acarreo y por ende un mejor proceso de simulación y optimización. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.14. Línea de avance de Minado.

El sistema crea de manera matemática y automática la línea avance de minado de los equipos de carguío, la cual tiene una precisión de +/- 4 metros y 35 centímetros para los sistemas de baja y alta precisión respectivamente. Esta línea de avance es cargada automáticamente en el sistema de planificación del usuario, ayudando de ésta forma al área de planeamiento de Corto Plazo. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.15. Sistema de alta precisión.

Controla en tiempo real la posición del bucket de las excavadoras y compara en tiempo real con los polígonos o bloques del modelo geológico. La precisión para Norte, Este y altura es menor a 10cm en los tres ejes. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.16. Logística de descargas y stock piles.

Registra la información proveniente de los camiones que descargan en dichas zonas y lleva controles históricos y automáticos de avance de materiales para poder compararlos con los requerimientos establecidos. Para los stocks piles, el sistema acumula la información de leyes y tonelajes de acuerdo al llenado o minado de los stocks, es decir el Stock Pile se comporta como un polígono dinámico que aumenta o reduce de tamaño con sus características geológicas respectivas. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.17. Administración de mezclas.

El sistema posee la capacidad de realizar mezclas automáticas de hasta cuatro variables para descargas en stocks o para alimentación directa en chancadora, las más comunes son ley, dureza y granulometría. Además, se tiene la capacidad de poder revisar/actuar en tiempo real

los objetivos establecidos; estos datos son mostrados en monitores en el área de planta, geología y planeamiento. Los valores de características promedio de materiales provienen del modelo de bloques y el de polígonos. El sistema administra a los cargadores frontales que tengan el sistema instalado, portándose éstos como equipos de carga y transporte al mismo tiempo. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.18. Distancia horizontal equivalente.

Cálculo y reporte en tiempo real de la distancia horizontal equivalente; se basa en la estimación de las pendientes y velocidades históricas, las cuales se registran y permite estimar la cantidad de camiones necesarios para cada momento de la operación. Este cálculo ayuda al área de planeamiento para generar los planes de minados basado en cálculo de camiones. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.19. Herramienta de investigación de seguridad.

Diseñado para que de manera proactiva indique al operador los pasos que tendrá que seguir antes de cada actividad. El sistema lee resúmenes procedimientos, ver videos de seguridad o escuchar procedimientos mientras esté en modo detenido. Todas las pantallas de los equipos poseen botones de emergencia para alertar a la supervisión. En éste módulo se incluye el check list de operación de equipos, el cual tiene la capacidad de alertar al supervisor si un equipo es seguro o no de ser operado. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.20. Registro de viajes off line.

De suceder una caída de la red inalámbrica por diferentes factores, los equipos tienen una capacidad de registrar información de viajes y estados, por un periodo superior a 7 días y hasta un máximo de 30 días. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.21. Módulo de investigación de incidentes.

ControlSense tiene la capacidad de recrear completamente turnos anteriores de todos los equipos para investigar anomalías o accidentes ocurridos y correlacionarlas con la información de los sensores registrados vía CANBUS. (Mine Sense, 2019).

2.5.1.22. Control de perforación.

El sistema carga automáticamente las mallas en las perforadoras, los operadores podrán seleccionar malla y taladro. El sistema tiene registro de tiempos de perforación por taladro, actividades y estados relacionados. Además, tiene la opción de administrar los aceros que se utilizan y luego hacer estadísticas por cada uno de ellos. (Mine Sense, 2019).

2.5.2. Pantalla principal del sistema ControlSense.

Los menús y opciones han sido elaborados para un acceso fácil e intuitivo para los supervisores del sistema, ingenieros geólogos, planeamiento de operaciones, los cuales pueden visualizar las flotas de perforación, carguío, acarreo, remanejo y servicios auxiliares. En esta pantalla se configuran todas las variables que ayudan a la optimización automática como:

Prioridades de carguío y/o acarreo, descargas.

Restricciones de zonas de minado, carguío, acarreo, descargas y condiciones de seguridad.

Definiciones de estados tales como operativo, demoras, stand by y malogrado.

Manejo de polígonos, creación de splits, mezclas, stock piles y descargas

Modificación de ciclos y actividades de los equipos.

Definición de rangos para indicadores críticos.

Logística de polígonos.

Análisis de productividades por tipo de flotas en tiempo real. Definición de alimentación automática a chancadora.

Registro de operadores por guardia y verificación de autorizaciones de manejo.

Definición de velocidades para equipos, diferenciándolos para los casos subida, bajada y en condiciones de cargado o vacío. (Mine Sense, 2019).

Equipo Especial				Retro Excavadora	
RE437	RE744	RE392	EX2040	RE795	RE779
Rodillo					
RO270					
Tractor de Orugas					
T304	T305	T359	T404	T41	T225
Motoniveladora			Perforadoras		
MO16	MO79	MO182	EP30	EP18	EP22
Cisterna de Agua			Cisterna de Combustible		
CI185	CI280	CI327	CI328		

Figura 20 Estado operativo de equipos auxiliares en el tajo
Fuente: Gold Fields, 2019.

2.5.3. Módulo gráfico.

Modulo desarrollado para permitir visualizar gráficamente y en tiempo real características de la operación en la cual se muestra un mapa unifilar de Cerro Corona, así como los equipos que se encuentran dentro de la operación minera, además se muestran las siguientes características:

Puntos GPS de los equipos que cuenten con éste componente con una precisión de +/- 4 metros y 10 centímetros para sistemas de baja y alta precisión respectivamente.

Creación, modificación y eliminación de rutas de acarreo de acuerdo a los puntos GPS creados por los camiones. Verificación del ajuste automático de locaciones y rutas de acarreo.

Administración de locaciones o lugares de la mina, como grifos, talleres, descargas.

Línea de avance de minado, se puede seleccionar por turno, día o semana para un nivel predeterminado.

Puntos GPS de los equipos, líneas de avance de minado, ubicación de equipos, módulos de investigación de incidentes o de procesos de minado.

Verificación rápida de logística y detalle de cada polígono y modelo de bloques. Muestra el modelo geológico por alteraciones, densidad y leyes. Para un mejor control de minado.

Herramienta regla, ayuda a hacer un análisis de distancias de minado o ancho operativos de acarreo. (Mine Sense, 2019).



Figura 21 Módulo gráfico del sistema, se observa una locación de carguío.

Fuente: Gold Fields, 2019.

2.5.4. Sistema a bordo

La parte física del sistema ControlSense, es decir el hardware instalado en los equipos, consiste en pantallas táctiles, GPS, sistema de comunicaciones y un computador.

En los camiones, el software de estos equipos es intuitivo y guía a los operadores en cada momento, haciendo diferenciación de la ruta asignada versus otros accesos. Basado en la filosofía Seis Sigma, se generan reportes interactivos para operadores de carguío y acarreo como tableros de control, diagramas de caja que ayudan al operador a medir su rendimiento en tiempo real y comprándola con la guardia en un momento determinado. El operador de carguío puede apreciar en tiempo real el remanente de cada polígono, permitiendo de ésta forma tener un adecuado indicador crítico, el cual se basa en dilución. Similar al de los camiones, la pantalla muestra gráficos de control que permiten al operador control el tiempo de carga de cada viaje. Los operadores pueden seleccionar los polígonos a minar y el sistema tiene la capacidad de alertar si el operador está ingresando datos erróneos de acuerdo a la

posición geográfica. En ambos casos los operadores pueden seleccionar los estados, ver en la actividad que se encuentran, ingresar la cantidad de combustible abastecido, ver la etapa del ciclo de acarreo en el que se encuentra y enviar mensajes directamente al controlador. (Mine Sense, 2019)



Figura 22 Hardware ControlSense instalado en volquete.

Fuente: Operación minera Cerro Corona – Gold Fields.

Los operadores de carguío que tengan el sistema de alta precisión tendrán información visual del polígono ingresado y su remanente, así como el que sugiere el sistema con las mismas características. (Mine Sense, 2019).

2.6. Estado de los equipos en campo

Los operadores de carguío que tengan el sistema de alta precisión tendrán información visual del polígono ingresado y su remanente, así como el que sugiere el sistema con las mismas características. (Mine Sense, 2019).

2.6.1. Estado Operativo o Ready

El estado Operativo o Ready, indica que el equipo se encuentra realizando alguna actividad asignada por el centro de control que contribuye al proceso productivo de la operación minera

Cerro Corona, En este estado pueden ocurrir todos los cambios de actividad de los equipos de perforación, carguío y acarreo. (Mine Sense, 2019).

2.6.2. Estado Demora o Delay

Estado que registra una dilación, retraso o demora operativa que puede ser ocasionado por diversas razones, en la cual los equipos se encuentran con el motor en funcionamiento, pero sin realizar una actividad productiva, considerándose una demora habitual de la operación. (Mine Sense, 2019).

2.6.3. Estado Stand By

Estado en que se registra una demora operativa en donde el equipo se encuentra con el motor apagado, debido a una demora no relacionada directamente al ciclo regular de la operación. (Mine Sense, 2019).

2.6.4. Estado Mantenimiento

Detalla equipos que se encuentran en mantenimiento, es decir que el equipo está en taller de mantenimiento ya sea por un trabajo programado o correctivo. (Mine Sense, 2019).

2.7. Definición de términos básicos

Taladro: Hoyos cilíndricos en terreno firme de una longitud determinada. Estos están destinados a alojar o colocar explosivo y sus accesorios en su interior. Existen dos tipos de taladros; los de producción, que son utilizados para fracturar la roca y en donde se concentra la mayor cantidad de explosivo, y los de buffer, que son utilizados como alivio para cuidar las paredes del talud.

Diámetro de perforación: Longitud horizontal de los taladros perforados en campo, éstos usualmente se miden en pulgadas. En Cerro Corona se perforan dos diámetros, 7 7/8” y 5 1/8”.

Perforación de precorte: Perforación inclinada en el terreno que se realiza con el fin de dar el diseño del talud que se quiere conseguir luego de volar el área.

Fragmentación: Se refiere al proceso que sufre la roca en el momento exacto en que la energía de detonación de la voladura hace efecto sobre ella.

Detonador: Instrumento que inicia la voladura, en su interior contiene un explosivo de alta velocidad de detonación que inicia el proceso de detonación en el taladro; pueden ser del tipo electrónico, que contiene un chip en su interior y se inicia de forma remota y no electrónico, que es iniciado de forma mecánica, mediante ignición.

Flota de carguío: Grupo de equipos de carguío de material en la mina; pueden ser palas hidráulicas, palas eléctricas, excavadoras, cargadores frontales.

Flota de acarreo: Grupo de equipos de transporte de material en la mina; pueden ser camiones gigantes, volquetes.

Capacidad de balde: Se refiere a la capacidad de cucharón que posee un equipo de carguío en la mina, generalmente están dimensionados en metros cúbicos.

Granulometría: Tamaño de los fragmentos de roca luego de ser volado y van a ser cargados, suele estar medido en pulgadas.

Ganga: Material estéril o porcentaje muy bajo de leyes de mineral que no pueden otorgar ganancia a la empresa.

Software: Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Hardware: Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.

Equipos auxiliares: Se refiere al grupo de equipos que van a facilitar el trabajo de carguío y transporte de material hacia los destinos finales, especialmente en mantenimiento de vías y perfilado de taludes.

Algoritmo: Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas.

Blending: Mezcla de materiales y leyes, sirve para obtener un material final de características promedio de los iniciales.

Polígono de minado: Área de terreno que tiene características específicas en leyes de minerales y densidad de roca.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y Accesibilidad

La Operación de Cerro Corona se encuentra políticamente ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Hualgayoc, Comunidad Campesina El Tingo, Anexo Predio La Jalca, Caseríos Coymolache y Pilancones.

Geográficamente, se encuentra ubicado en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de los Andes del Norte de Perú, hacia la vertiente continental atlántica, aproximadamente entre los 3 600 y los 4 000 m.s.n.m. de altitud. Involucra principalmente a las cuencas de los ríos Tingo/La Quebrada o Tingo / Maygasbamba, y Hualgayoc / Arascorgue, las cuales drenan hacia el océano Atlántico a través de los ríos Llaucano, Marañón y Amazonas. El área de influencia directa del proyecto abarca a la Comunidad Campesina El Tingo, incluido su Anexo el Predio La Jalca, conformado por los caseríos de Pilancones, Coymolache y el Centro Poblado Urbano de Hualgayoc.

Por carretera, el área del proyecto se encuentra a aproximadamente 10 km al noroeste del distrito de Hualgayoc, 30 km al suroeste de la ciudad de Bambamarca, capital de la provincia de Hualgayoc y 90 km al noroeste de la ciudad de Cajamarca (aproximadamente 2 horas), capital del departamento del mismo nombre. La carretera hacia Cajamarca es casi en su mayor parte asfaltada (85%).

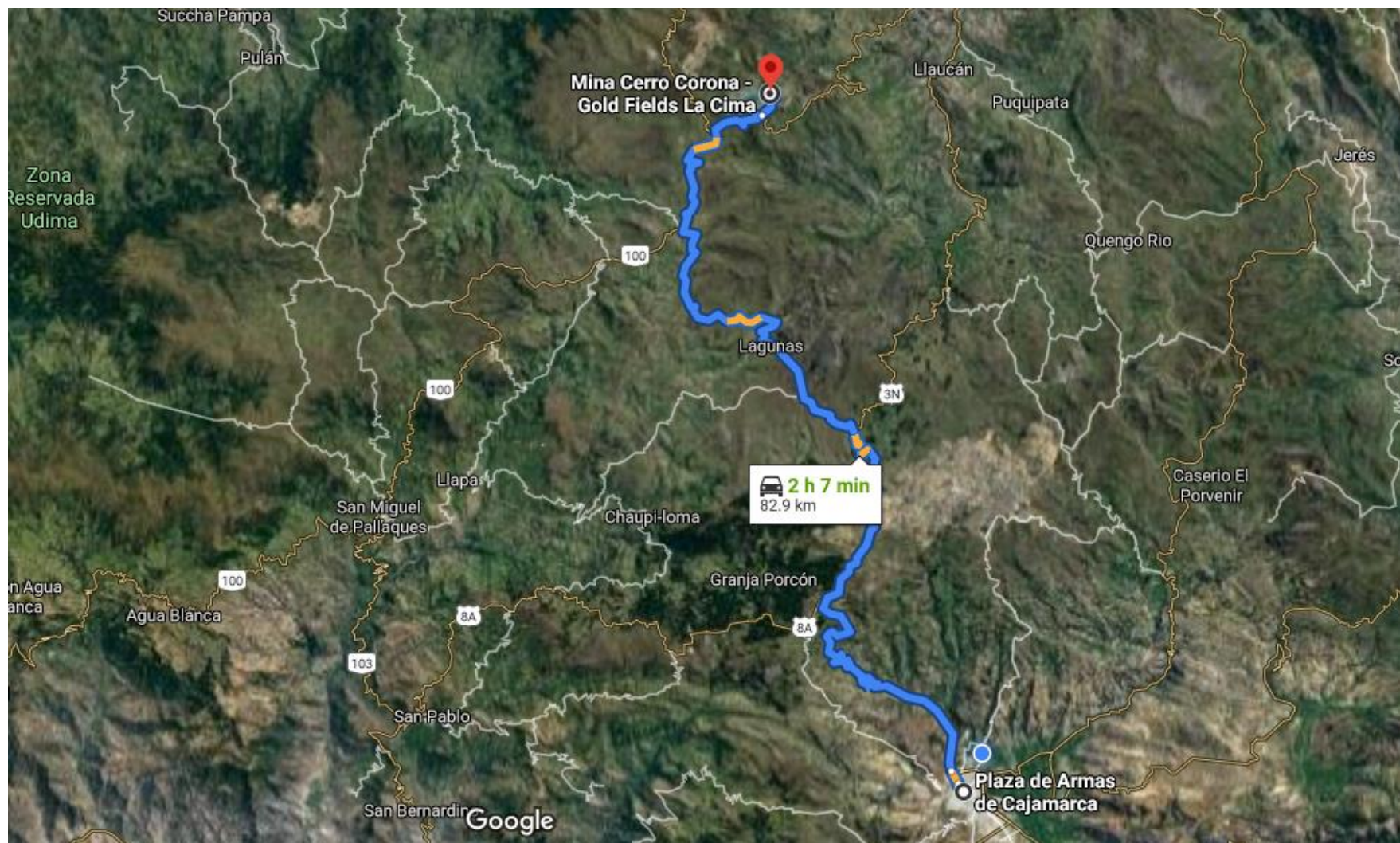


Figura 23 Imagen satelital con accesibilidad de Cajamarca a Cerro Corona

Fuente: Google Maps, 2021

3.2. Clima

La Unidad Minera Cerro Corona (se ubica entre los 3,600 y 4,050 m.s.n.m con una temperatura media anual entre 6.1 °C y 7.1 °C y una precipitación de 1,283.4 mm/año. Esta zona se caracteriza por presentar un clima súper húmedo, con nula demasía de agua, frío moderado y baja concentración estival. El período de lluvias se presenta habitualmente desde octubre hasta abril y la estación seca desde junio hasta septiembre, considerando al mes de mayo como período de transición.

Según la clasificación climática del SENAMHI (1988) el área donde se ubica Cerro Corona corresponde a un clima semifrío lluvioso con deficiencias de precipitaciones entre mayo - septiembre y alta humedad relativa. El rango de altitudes y la complejidad fisiográfica ejercen una gran influencia sobre las condiciones climáticas locales.

En relación a los registros obtenidos de Temperatura en la estación Carolina, el promedio mensual multianual es de 8.4 °C, fluctuando entre 6.1°C (agosto) y 10.4°C (abril); mientras que el promedio multianual de la temperatura mínima y máxima es de 4.2 °C y de 14.2 °C, respectivamente. En la estación UT30, ubicada en la misma Unidad Minera, los datos obtenidos (2010– 2015) muestran que durante este periodo la temperatura media mensual multianual fue de 6.7 °C, variando entre 6.01 °C (julio) y 7.1 °C (mayo), no observándose variaciones considerables en las temperaturas extremas. (Departamento de Medio Ambiente Gold Fields, 2019)

3.3. Flora y Fauna

La fauna y flora es variada, acorde con los pisos altitudinales del distrito, y, generalmente, a condiciones ajenas a los espacios naturales. Respecto a la flora, hay que mencionar la existencia de árboles como aliso, lanche, molle, sauce, quinal y hualango, con frecuentes talas indiscriminadas. Asimismo, especies arbustivas y herbáceas, como cola de caballo, helechos, ortigas, carhuacashuas y pencas. En las partes altas, es frecuente el ichu, lirios, yerbas diversas, caracterizadas por su forma cilíndrica, con terminaciones espinosas y puntiagudas, y otras de hojas acorazonadas o partidas. (Departamento de Medio Ambiente Gold Fields, 2019).

De los animales, menciona la existencia de batracios como el kulkul, y de varias aves, como china linda, warawai (águila), leklek, perdiz, gallareta, kokán, indio pishgo (gorrión), zorzal, kuiwila; además de gusanos como el chambo. (Departamento de Medio Ambiente Gold Fields, 2019).

3.4. Geología de Cerro Corona

3.4.1. Geología regional

La trama estructural de la región se caracteriza generalmente por fallas que empujan hacia el noroeste y a ejes plegados, indicativo de fuerzas compresivas a gran escala en orientación sur-oeste - noreste. Dentro del área de Hualgayoc, grandes pliegues abiertos en los sedimentos cretácicos caracterizan la estructura regional, con planos axiales que golpean nor-oeste y se buzanan empinadamente hacia el sur-oeste. La curvatura de Cajamarca produjo alineamientos con tendencia este-oeste que seccionan transversalmente la estructura regional. No hay fallas de empuje a gran escala en el distrito y las fallas se reducen principalmente a fracturas normales y desliz oblicuo con desplazamientos de pocos metros. Se ha identificado tres juegos de fracturas: 315° con buzamiento vertical empinado NE; 080° con buzamiento de 65° NO; y 045° con buzamiento de 65° NO. Estas estructuras contienen mineralización de venas (filón) y corta ambos sedimentos y las intrusiones subsiguientes. (Departamento de Geología Gold Fields, 2019)

3.4.2. Geología local

A nivel local, en la Unidad Minera Cerro Corona, se identificaron las siguientes unidades litoestratigráficas y rocas ígneas: rocas sedimentarias (formación Chúlec Km-ch, Pariatambo km-pa y Yumagual km-yu), rocas volcánicas (roca Volcánico Riolítico – Tri), depósitos cuaternarios y rocas intrusivas. (Departamento de Geología Gold Fields, 2019)

3.4.3. Mineralización y alteración

El cuerpo mineral consiste en pórfido mineralizado de cobre y oro alterado. La parte superior del cuerpo mineral es oxidado y contiene baja ley de cobre. Debajo del mineral oxidado, se encuentra presente mineralización de cobre secundaria en una zona supérgena. (Departamento de Geología Gold Fields, 2019)

La mezcla y resolución pobre del óxido y las zonas supérgenas ha dado como resultado la definición de una zona de mineral mezclado o de transición entre las zonas de óxido y supérgenas.

Mineralogía de cobre primaria y oro se encuentran presentes debajo de la zona supérgena como mineral hipogénico. La pirita está presente en ambos, los minerales supergénicos e hipogénicos.

La alteración penetrante del pórfido ha conllevado a la formación de arcillas que afectan la minería y el procesamiento de mineral y el minado de los materiales de cubierta/de desbroce. Los aparentes “esponjamientos de arcilla” ubicados tienen potencialmente el mayor impacto.

La distribución de alteración en el cuerpo mineral está definida parcialmente. Los impactos en la minería varían con la intrusión oscilando entre material suave a mediano a duro.

La expresión superficial del cuerpo mineralizado de la Operación Minera es una colina cónica, de aproximadamente 800- 1000 m de diámetro, que se eleva aproximadamente de 100 a 150 m sobre el área circundante inmediata. La colina está tapada con afloraciones de silicio asociadas a la silicificación de la superficie del yacimiento fisural de la vena de cuarzo subyacente en el pórfido y por restos sedimentarios.

El cuerpo mineral es un yacimiento pórfido de cobre y oro dentro de varias intrusiones dioríticas en piedra caliza y fangosita del Grupo Goyllarisquiza en el distrito minero de Hualgayoc. La mineralización y alteración ocurre a lo largo del intrusivo en las fracturas de las venas y diseminaciones en un pórfido diorítico y relacionado al yacimiento fisural. Existe mineral hipógeno, conteniendo principalmente mineralización de cobre con oro, bajo la capa supérgena. El yacimiento de la operación minera está ubicado en el distrito minero Hualgayoc. (Departamento de Geología Gold Fields, 2019).

3.4.4. Estratigrafía

Las afloraciones intrusivas de Corona sobre un área aproximada de 800 por 1000 m, se expanden en dirección norte-sur. El extremo oeste es filudo e inclinado y puede estar controlado por las fallas. Los contactos intrusivos parecen ser sub-verticales y convergen con la profundidad. El stock intrusivo es calificado como diorita-cuarzica con fenocristal de feldespato, biotita, y mezcla de roca piroclástica en una matriz de grano fino de cuarzo y feldespato. El intrusivo es relativamente homogéneo, con ausencia de variaciones de textura abruptas y brechas intrusivas, y se cree que ha sido emplazado en una sola fase. Las afloraciones son típicamente fuertemente silicificadas y cortadas por un denso yacimiento fisural de abundantes venas de cuarzo, particularmente cuanto más cerca del centro intrusivo.

Las exposiciones de la superficie típicamente han sido profundamente impactadas por la intemperie y fuertemente alteradas por óxidos de arcilla y hierro, con lixiviación de la mineralización de cobre. Se observa una alteración significativa argilítica, propilítica y potásica.

El intrusivo de Corona fue emplazado en piedra caliza encajada en cretácico, limolita, y estrato de fangolita (Formación Pariatambo), exhibiendo normalmente un color gris claro o crema. Los estratos que circundan el yacimiento generalmente se buzcan de 30 a 40° al sur este. Las rocas encajonantes se encuentran relativamente intactas, si bien los contactos se encuentran localmente plegados o fallados. Las rocas de pared de roca caliza también tienen gran intrusión por alfeizares y diques del intrusivo, formando grandes balsas de roca caliza que se introducen en el cuerpo diorítico. El desarrollo de Skarn generalmente está limitado a un halo de 30 m que circunda el contacto intrusivo y no está mineralizado de manera significativa. Los suelos superficiales consisten de turba de 0.3 a 1 m superpuesta entre 0 y 1.5 m de suelo arenoso residual. (Departamento de Geología Gold Fields, 2019).

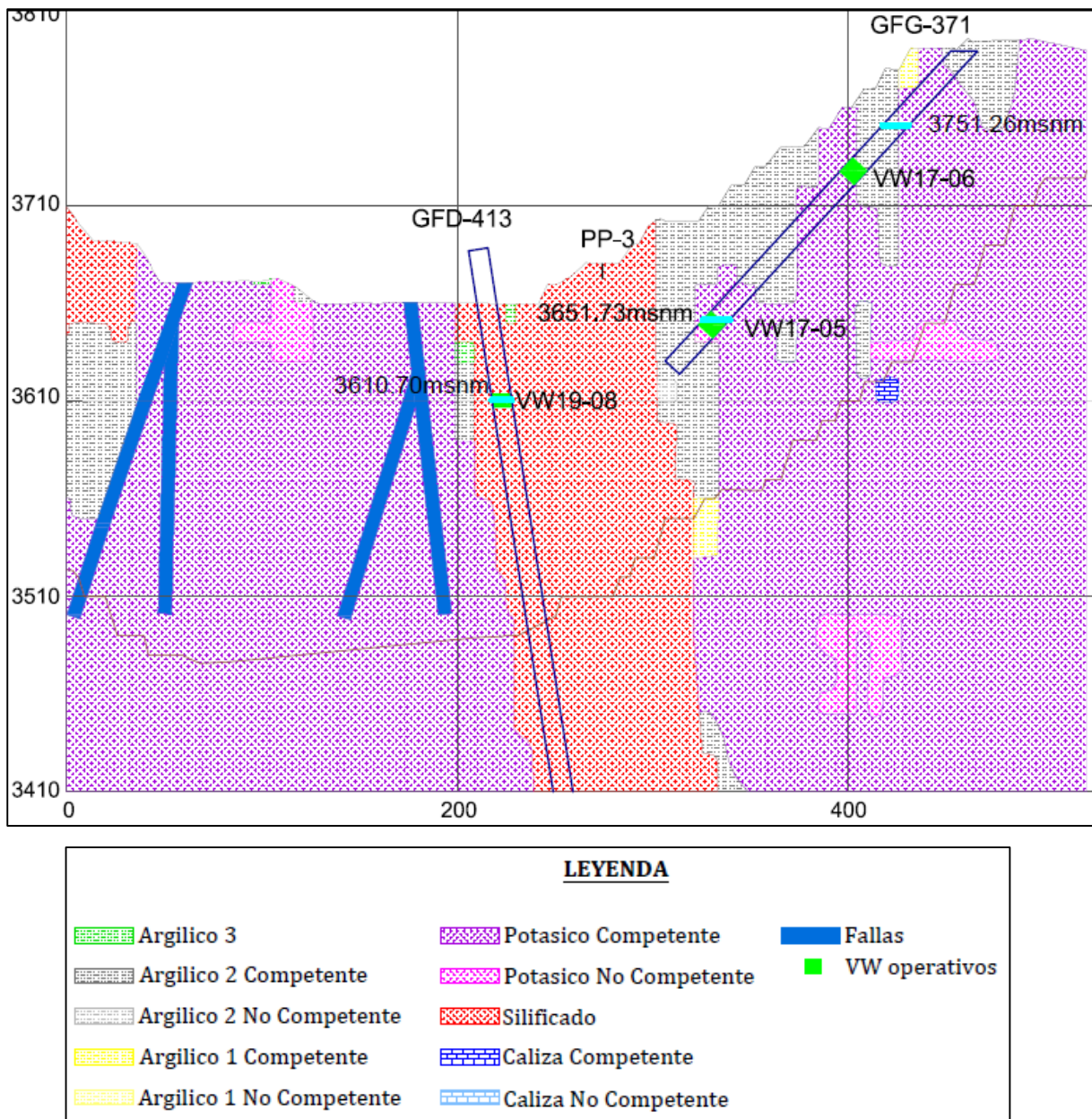


Figura 24 Perfil estratigráfico - Cerro Corona.
Fuente: Departamento de Geología, Gold Fields, 2019.

3.4.5. Hidrología

El tajo abierto propuesto está centrado debajo de una elevación topográfica local y no hay flujo permanente de agua superficial que cruce el área del tajo. El área se ubica en una cresta, que está circundada por dos valles cortados con orientación nor-oriental. El primer valle, ubicado aproximadamente a 2 Km. al nor-oeste del yacimiento, contiene al Río El Tingo. El segundo valle, ubicado aproximadamente a 1 Km. al sur-este del yacimiento, contiene al Río Arascorque. Ambos ríos fluyen en dirección nor-este hacia Bambamarca. La elevación del

valle del río, de ambos ríos, en la proximidad del yacimiento es de aproximadamente 3,500 a 3,600 m sobre el nivel del mar. La porción nor-oeste del yacimiento vierte hacia el nor-oeste (Río Tingo), en tanto que el resto del yacimiento vierte hacia el sur-este (Río Arascorque). El flujo del agua superficial varía estacionalmente de conformidad con la variación de la precipitación, y pequeños flujos de aguas superficiales y filtradas son comunes durante la estación de lluvias. El flujo del río generalmente se incrementa en un orden de magnitud durante la estación de lluvias, en comparación con la estación seca.

Las elevaciones del agua subterránea han sido medidas en circulación reversa no encapsulada y en los orificios de exploraciones de perforación diamantina en la proximidad inmediata del yacimiento. Esta información indica que el agua subterránea en el Área generalmente se encuentra muy cerca de la superficie del suelo, si bien muchos orificios pueden contener escorrentía o filtración de agua superficial de la cubierta del suelo suprayacente. Sobre la base de la última medición aproximada disponible del agua subterránea, la profundidad del agua subterránea oscila entre 1.8 y 67.1 m bajo la superficie del suelo y las elevaciones de agua subterránea medidas en el Área oscilan entre 3,908 y 3,757 m sobre el nivel del mar. Los reportes de las perforaciones de exploración sugieren que por lo general el agua está ausente en la zona superior de oxidación.

El monitoreo del nivel de agua en 6 pozos de monitoreo instalados en la proximidad del yacimiento (incluyendo 2 pozos en proximidad cercana al yacimiento) indica que el flujo de agua subterránea está en gran medida topográficamente controlado. Los pozos de monitoreo en áreas topográficamente altas mostraron fluctuaciones en el nivel del agua asociados a la precipitación estacional y la consecuente infiltración.

Se instaló varios otros pozos de monitoreo de agua subterránea en la región del yacimiento. La elevación de estos varía entre 3542 m sobre el nivel del mar y 3809 m sobre el nivel del mar. La profundidad del agua subterránea de estos pozos es entre 0.7 y 10.9 m bajo la superficie del suelo. Esta información indica que la napa freática a través de la región está cerca de la superficie y refleja la topografía. (Departamento de Geología Gold Fields, 2019).

3.5. Metodología de la investigación

3.5.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

3.5.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva, porque se encarga de puntualizar las características de los equipos y flotas que vamos a estudiar.

3.5.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptiva – correlacional, es decir; descriptiva porque se detallará las condiciones del escenario actual y correlacional porque se establecerán relaciones entre las variables y los factores en estudio.

3.5.1.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental, porque un conjunto de variables se mantiene constantes (flotas de carguío y acarreo), mientras que el otro conjunto de variables se mide como sujeto del experimento (indicadores de las flotas de carguío y acarreo).

3.5.1.4. Método de investigación

El método usado en la investigación es el método científico, porque en el estudio observamos los fenómenos, se hacen mediciones, se formulan hipótesis, se procesan los datos y se llega final a conclusiones.

3.5.1.5. Población de estudio

La flota de carguío y la flota de acarreo en Cerro Corona.

3.5.1.6. Muestra de estudio

3 excavadoras CAT390DL de códigos EX063, EX065 y EX066; 2 excavadoras CAT374 de códigos EX067, EX069; 13 volquetes Scania 460; 32 volquetes Scania 460HT; 5 volquetes Volvo FMX440; 33 volquetes Volvo FMX840 y 18 volquetes Mercedes Benz 444.

3.5.1.7. Unidad de análisis

El tonelaje producido por los equipos de carguío y acarreo, las productividades operativas, la disponibilidad mecánica, los tiempos de cola (queue) y espera (hang), las distancias entre punto de carga y descarga, las velocidades de acarreo.

3.6. Procedimiento

3.6.1. Etapa de pre-campo

En esta etapa se realizó la revisión bibliográfica, referente al carguío y acarreo en minería a tajo abierto, recolección de data histórica del en el periodo 2018 - Junio 2019 del sistema Control Sense.

3.6.2. Etapa de campo

En esta etapa se realizaron mediciones en campo a las flotas de carguío y acarreo en la mina, empleando la observación, la toma de datos y la contrastación de la información en tiempo real con el sistema Control Sense (Sistema de control de flotas).

3.6.3. Etapa de gabinete

En esta etapa se hizo el análisis y contrastación de la performance de las flotas, basándonos en toda la información histórica recolectada en campo. Éste análisis consta en usar métodos estadísticos (regla de Pareto) y el uso de histogramas para discriminar datos aleatorios y tener información que refleje lo sucedido en campo, de tal modo establecer escenarios y determinar los resultados finales para finalmente elaborar el informe final con el reporte de los resultados.

3.7. Definición de variables

3.7.1. Variables independientes

- **Cantidad de equipos de carguío y acarreo:** Es el número de equipos establecido en las flotas de carguío y acarreo, para nuestro estudio las flotas serán únicamente las dos mencionadas.

- **Tonelaje producido:** Cantidad de material movido desde el tajo hacia los botaderos, fingers o stocks, para éste estudio vamos a medir el tonelaje producido por hora y tonelaje acumulado del día, mes y año.
- **Estado de los equipos:** Cuantifica el tiempo en que un equipo está en una determinada actividad, en la operación minera tenemos los estados de operativo, demora, stand by y correctivo. El dispatch va a contabilizar en tiempo real el tiempo que pasan los equipos en los estados mencionados, los KPI saldrán en función de dichos estados.
- **Distancia punto de carga – descarga:** Hace referencia al total de kilómetros que existen entre dos puntos, para el estudio el punto de descarga será rompad o stocks (si es mineral) y botaderos (si es desmonte).

3.7.2. Variables dependientes

- **Performance de la flota de carguío y acarreo:** Será el resultado que se obtiene de las pruebas y mediciones que haremos en campo y de los datos recolectados del sistema ControlSense, nos va a indicar numéricamente como están actuando las flotas de carguío y acarreo.

3.8. Equipos y materiales

3.8.1. Equipos

- **Computadora-Laptop:** Se utilizó para la recolección, análisis e interpretación de los datos históricos y de campo con el sistema Control Sense, Report Sense y SPSS.
- **Cronómetro:** Se utilizó para tomar en campo los tiempos de cada actividad del ciclo de carguío durante las pruebas que se realizaron en los frentes de minado.
- **Cámara fotográfica digital de 13 Mgpix:** se utilizó para realizar tomas fotográficas a los diferentes equipos en la operación minera.

3.8.2. Materiales

- **Libreta de campo y lapiceros:** Se utilizó para la anotación de datos de las pruebas en campo realizadas.

3.8.3. Rango de fecha de análisis de datos

En la operación minera Cerro Corona se tiene un calendario operativo atípico y diferente al mes calendario, en el cual el mes inicia a partir del 22 de cada mes y culmina el 24 o 25 del mes siguiente, fecha en la cual se realizan los cierres mensuales.

Para el análisis de datos se ha utilizado todo el año 2018 (donde estaba la antigua flota de acarreo), hasta mayo del año 2019 (nueva flota de carguío y acarreo).

Tabla 8 Distribución de meses Gold Fields 2019.

Mes	Inicio	Fin	Días
Enero	23/12/2017	23/01/2018	32
Febrero	24/01/2018	23/02/2018	31
Marzo	24/02/2018	24/03/2018	29
Abril	25/03/2018	24/04/2018	31
Mayo	25/04/2018	23/05/2018	29
Junio	24/05/2018	23/06/2018	31
Julio	24/06/2018	24/07/2018	31
Agosto	25/07/2018	23/08/2018	30
Setiembre	24/08/2018	22/09/2018	30
Octubre	23/09/2018	23/10/2018	31
Noviembre	24/10/2018	23/11/2018	31
Diciembre	24/11/2018	23/01/2019	61
Enero	24/01/2019	23/02/2019	31
Febrero	24/02/2019	24/03/2019	29
Marzo	25/03/2019	24/04/2019	31
Abril	25/04/2019	23/05/2019	29

3.9. Recopilación de datos del sistema Control Sense

Gold Fields cuenta con un sistema de gestión de flotas llamada ControlSense, esto con el fin de maximizar las productividades de los equipos de carguío y acarreo en la operación, éste sistema funciona principalmente a base de GPS instalados en los equipos, actualmente todos los equipos de carguío y acarreo cuentan con éste sistema en estado operativo. Además del sistema de control de flotas, Gold Fields cuenta con el sistema de reportes llamado “ReportSense# el cual almacena toda la data histórica. Ambos sistemas son administrados por la empresa Mine Sense for Miners S.A.

Para el presente análisis nos vamos a centrar en 7 puntos que serán los siguientes:

Producción horaria de equipos de carguío.

Producción horaria de equipos de acarreo.

Disponibilidad mecánica de equipos de carguío

Disponibilidad mecánica de equipos de acarreo

Hang de equipos de carguío.

Queue de equipos de acarreo.

Velocidad promedio de equipos de acarreo (esto a partir de distancias de acarreo).

3.10. Indicadores de la flota de carguío

ReportSense cuenta con tablas base de reporte de datos llamadas “cubos”, en Gold Fields cuenta con dos de éstas tablas base llamadas “cubos de producción” y “cubos de estados”, la primera tabla hace referencia a todos los datos productivos (productividad horaria, ciclos, distancias, tipo de material, flotas y leyes), la segunda tabla hace referencia a todos los datos de estados (número de viajes, disponibilidad de equipos y estados operativos de equipos). Éstos cubos se actualizan cada 5 minutos, por lo que podríamos decir que son prácticamente en tiempo real.

3.10.1. Disponibilidad Mecánica (DM)

Entendemos por disponibilidad mecánica a la representación, en porcentaje, del tiempo total en el que el equipo está disponible para la operación. De la misma manera que en el

análisis anterior en el sistema de reportes ReportSense, hacemos la consulta de entre que fechas queremos que nos muestre la data y para que flotas de carguío vamos a necesitar, que en éste caso van a ser las mismas flotas (CAT374DL y CAT 390FL), por ultimo vamos a colocar los datos que queremos que nos muestre el sistema de reportes.

Para el presente análisis vamos a requerir únicamente del “cubo de estados”, en dicho cubo vamos a necesitar el tiempo que el equipo de carguío estuvo en estado operativo, en estado de demora y en estado de Stand By durante el día.

Como muestra de la obtención de los datos que se necesitan para obtener la Disponibilidad Mecánica (DM) promedio de las flotas de carguío vamos a observar la obtención de la data de un equipo de carguío durante un mes (EX066 en el mes marzo 2019).

- a. Se hace uso únicamente del “cubo de estados”, en dicho cubo vamos a necesitar el tiempo que el equipo de carguío estuvo en estado operativo, en estado de demora y en estado de Stand By durante el día.

Tabla 9 Estados por hora del equipo EX066 durante el día.

Fecha	Excavadora	Duración (h)	Stand By (h)	Ready (h)	Delay (h)
1-Mar-19	EX066	24		17.69	6.31
2-Mar-19	EX066	24		19.17	4.83
3-Mar-19	EX066	24	2.61	16.49	4.9
4-Mar-19	EX066	24		16.22	7.78
5-Mar-19	EX066	24	0.3	16.17	7.53
6-Mar-19	EX066	24	0.64	17.51	5.85
7-Mar-19	EX066	24	10.76	9.56	3.68
8-Mar-19	EX066	23.43	11.66	8.07	3.7
9-Mar-19	EX066	24	0.29	20.88	2.83
10-Mar-19	EX066	24	1.16	17.66	5.18
11-Mar-19	EX066	24	4.78	15.05	4.17
12-Mar-19	EX066	24		18.68	5.32
13-Mar-19	EX066	24	2.48	17.79	3.73
14-Mar-19	EX066	24	1.06	16.48	6.47
15-Mar-19	EX066	24	1.76	1.17	1.74
16-Mar-19	EX066	24	11.18	8.82	3.61
17-Mar-19	EX066	24		11.22	2.76

Fecha	Excavadora	Duración (h)	Stand By (h)	Ready (h)	Delay (h)
18-Mar-19	EX066	24	1.04	17.85	5.12
19-Mar-19	EX066	24	0.24	17.19	6.57
20-Mar-19	EX066	24	0.51	17.04	6.44
21-Mar-19	EX066	24	1.01	17.27	5.72
22-Mar-19	EX066	24	3.35	13.83	6.82
23-Mar-19	EX066	24	2.16	16.5	5.34
24-Mar-19	EX066	24	5.99	6.33	3.55
25-Mar-19	EX066	24	20.46	1.04	2.5
26-Mar-19	EX066	24	2.82	16.59	4.59
27-Mar-19	EX066	24	0.71	17.47	5.81
28-Mar-19	EX066	24		16.91	7.09
29-Mar-19	EX066	24		19.18	4.82
30-Mar-19	EX066	24		19.42	4.58
31-Mar-19	EX066	24		20.31	3.69

- b. Como segundo paso vamos a obtener la disponibilidad mecánica en porcentaje sumando todos los estados (operativo, demora y Stand By) y dividiendo por el total de horas del equipo, que en este caso es 24 horas para todos los días porque el equipo estuvo en la operación todo el día durante ese mes, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 10 Disponibilidad mecánica mes de marzo 2019 – EX066

Fecha	Excavadora	Duración (h)	Stand By (h)	Ready (h)	Delay (h)	DM (%)
1-Mar-19	EX066	24		17.69	6.31	100%
2-Mar-19	EX066	24		19.17	4.83	100%
3-Mar-19	EX066	24	2.61	16.49	4.9	100%
4-Mar-19	EX066	24		16.22	7.78	100%
5-Mar-19	EX066	24	0.3	16.17	7.53	100%
6-Mar-19	EX066	24	0.64	17.51	5.85	100%
7-Mar-19	EX066	24	10.76	9.56	3.68	100%
8-Mar-19	EX066	23.43	11.66	8.07	3.7	100%
9-Mar-19	EX066	24	0.29	20.88	2.83	100%
10-Mar-19	EX066	24	1.16	17.66	5.18	100%
11-Mar-19	EX066	24	4.78	15.05	4.17	100%
12-Mar-19	EX066	24		18.68	5.32	100%
13-Mar-19	EX066	24	2.48	17.79	3.73	100%
14-Mar-19	EX066	24	1.06	16.48	6.47	100%

Fecha	Excavadora	Duración (h)	Stand By (h)	Ready (h)	Delay (h)	DM (%)
15-Mar-19	EX066	24	1.76	1.17	1.74	19%
16-Mar-19	EX066	24	11.18	8.82	3.61	98%
17-Mar-19	EX066	24		11.22	2.76	58%
18-Mar-19	EX066	24	1.04	17.85	5.12	100%
19-Mar-19	EX066	24	0.24	17.19	6.57	100%
20-Mar-19	EX066	24	0.51	17.04	6.44	100%
21-Mar-19	EX066	24	1.01	17.27	5.72	100%
22-Mar-19	EX066	24	3.35	13.83	6.82	100%
23-Mar-19	EX066	24	2.16	16.5	5.34	100%
24-Mar-19	EX066	24	5.99	6.33	3.55	66%
25-Mar-19	EX066	24	20.46	1.04	2.5	100%
26-Mar-19	EX066	24	2.82	16.59	4.59	100%
27-Mar-19	EX066	24	0.71	17.47	5.81	100%
28-Mar-19	EX066	24		16.91	7.09	100%
29-Mar-19	EX066	24		19.18	4.82	100%
30-Mar-19	EX066	24		19.42	4.58	100%
31-Mar-19	EX066	24		20.31	3.69	100%

Para hallar la disponibilidad mecánica (%) del mes, únicamente es necesario sacar el promedio de todos los días, en el ejemplo la excavadora EX066 de la flota CAT390FL en el mes de marzo tuvo una DM de 95%.

Estos mismos pasos se van a repetir para los demás equipos en los demás meses de estudio, para la antigua flota (RE32, RE33, RE44, RE46 y RE49) y la nueva flota (EX063, EX064, EX065, EX066, EX067 y EX069); obteniendo los siguientes resultados:

3.10.1.1. Antigua Flota

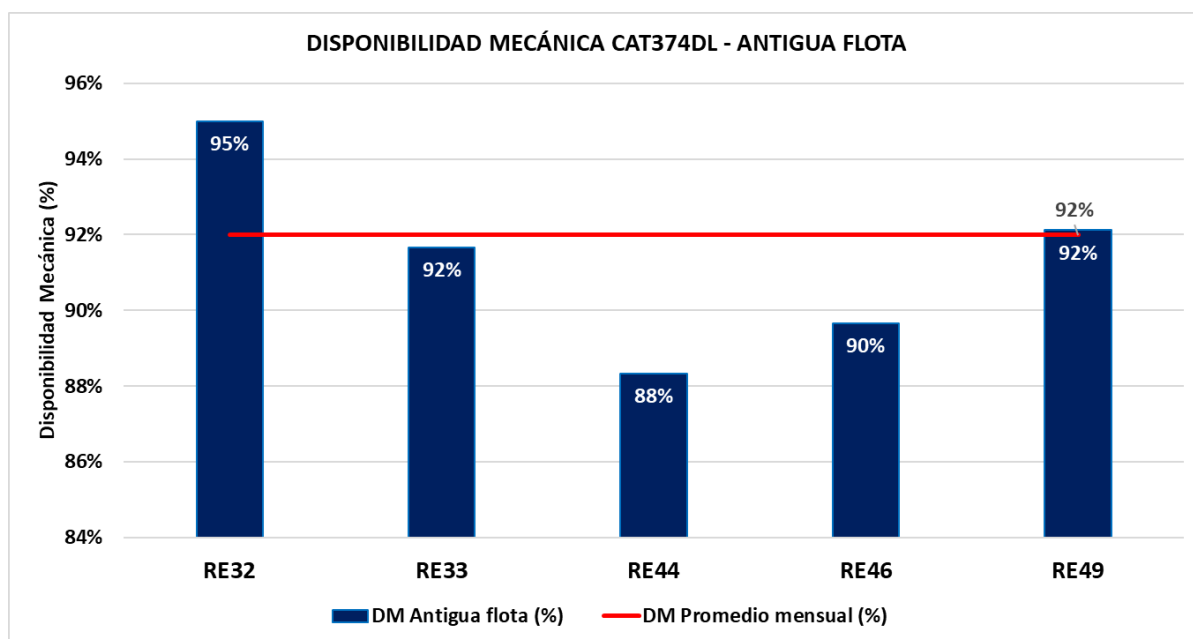
La antigua flota contaba con equipos 5 principales de carguío CAT374DL y equipos auxiliares CAT336, que para cuestiones del presente estudio no se van a analizar debido a que son equipos propios de empresas sub contratistas de la zona de influencia. Haciendo el análisis anteriormente descrito obtenemos el siguiente cuadro resumen de productividades horarias.

Flota CAT374DL

Tabla 11 Disponibilidad Mecánica carguío – flota antigua

MES	RE32	RE33	RE44	RE46	RE49	PROMEDIO MENSUAL
Enero-18	96%	95%	93%	86%	94%	93%
Febrero-18	94%	92%	88%	92%	90%	91%
Marzo-18	96%	96%	87%	91%	90%	92%
Abril-18	94%	80%	94%		95%	91%
Mayo-18		90%	84%		94%	89%
Junio-18		87%	84%		82%	85%
Julio-18		92%			95%	94%
Agosto-18		95%			97%	96%
Septiembre-18		98%				98%

Gráfico 1 Disponibilidad Mecánica – antigua flota CAT 374DL



3.10.1.2. Nueva Flota

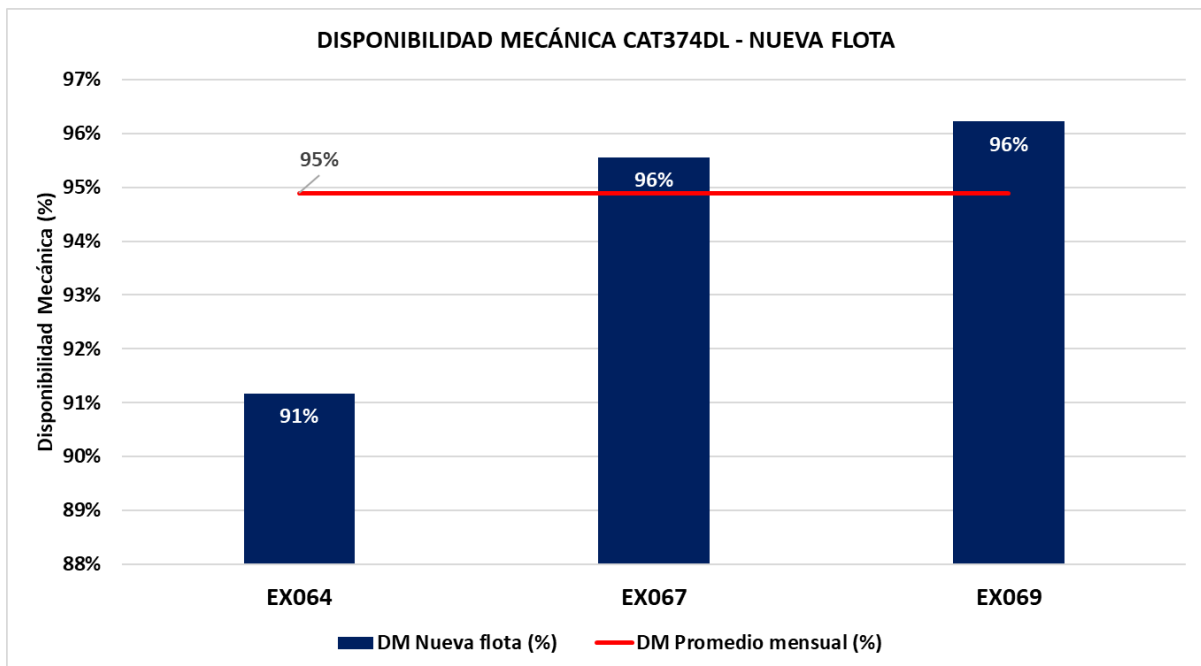
La nueva flota de carguío cuenta con 2 excavadoras CAT374DL y 3 excavadoras CAT390 como principales equipos de carguío, como en la anterior etapa en la operación también trabajan excavadoras auxiliares CAT336 que no entran al presente estudio debido a que son equipos propios de empresas sub contratistas de la zona de influencia. Haciendo el análisis anteriormente descrito obtenemos el siguiente cuadro resumen de productividades horarias.

Flota CAT374DL

Tabla 12 Disponibilidad Mecánica carguío – flota nueva CAT 374DL

MES	EX064	EX067	EX069	PROMEDIO MENSUAL
Enero-19	93%	97%	96%	95%
Febrero-19	95%	93%	97%	95%
Marzo-19	95%	96%	98%	96%
Abril-19	95%	92%	97%	95%
Mayo-19	92%	93%	98%	94%
Junio-19	77%	97%	90%	88%
Julio-19		96%	94%	95%
Agosto-19		99%	96%	98%
Septiembre-19		97%	100%	98%

Gráfico 2 Disponibilidad Mecánica – flota nueva CAT 374DL

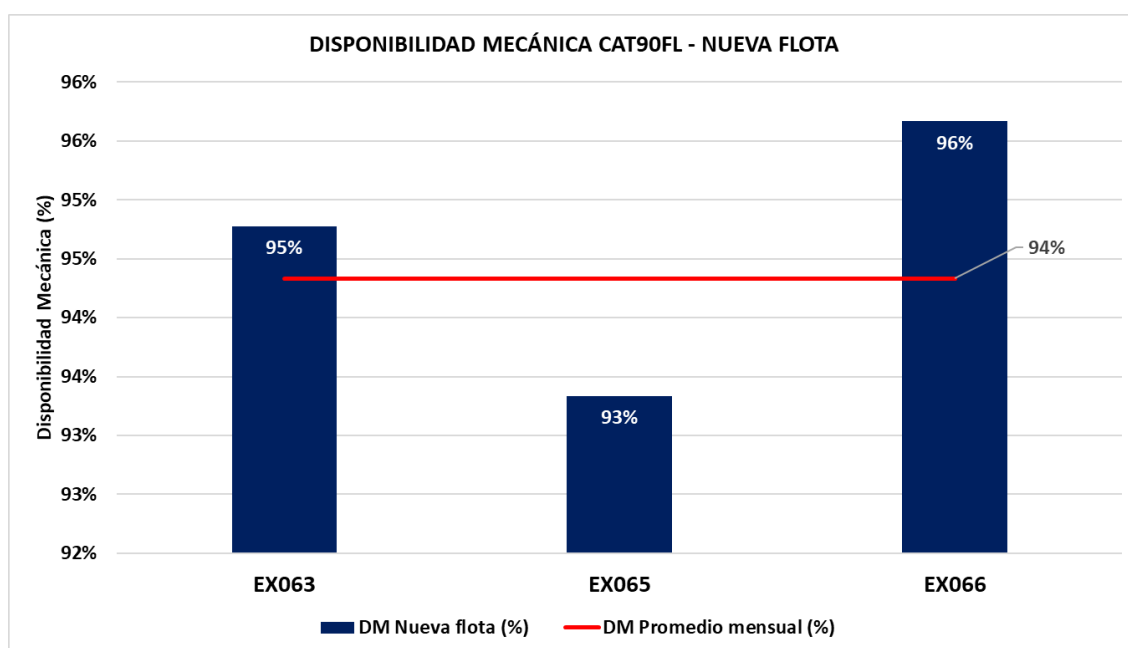


Flota CAT390FL

Tabla 13 Disponibilidad Mecánica carguío – flota nueva CAT 390FL

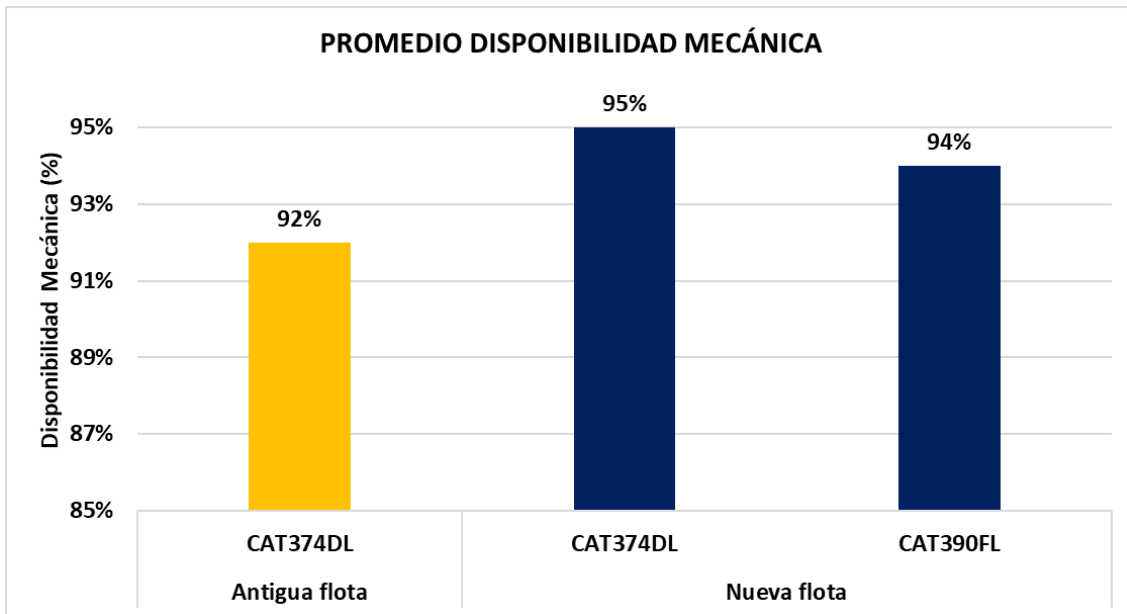
MES	EX063	EX065	EX066	PROMEDIO MENSUAL
Enero-19	95%	99%	95%	96%
Febrero-19	84%	92%	92%	89%
Marzo-19	97%	87%	97%	93%
Abril-19	98%	84%	90%	90%
Mayo-19	93%	94%	100%	96%
Junio-19	99%	95%	95%	96%
Julio-19	94%	98%	99%	97%
Agosto-19	96%	95%	98%	96%
Septiembre-19	97%	96%	95%	96%

Gráfico 3 Disponibilidad Mecánica – flota nueva CAT 390FL



Como apreciamos en los gráficos anteriores (Gráficos 1, 2 y 3) la mejora en disponibilidad mecánica aumenta con la nueva flota en la operación. El siguiente gráfico (Gráfico 4) resume en un solo valor las distintas flotas de carguío a lo largo de la temporada analizada.

Gráfico 4 Disponibilidad Mecánica – Resumen



3.10.2. Productividad Horaria

Haciendo uso del sistema de reportes ReportSense, hacemos la consulta de entre que fechas queremos que nos muestre la data, vamos a filtrar data desde las fechas que estamos considerando en el análisis, cabe mencionar que la anterior contratista solamente contaba con equipos de flota CAT374DL y CAT390DL, como siguiente paso vamos a escoger la flota de carguío que necesitamos analizar (en este caso queremos de la flota de carguío CAT374 y CAT390), y por ultimo vamos a colocar los datos que queremos que nos muestre el sistema de reportes; para el presente estudio vamos a requerir las toneladas producidas por día, la cantidad de volquetes que salieron cargados de cada excavadora por día y el tiempo que estuvo operativo el equipo de carguío en ese día.

Como muestra de la obtención de los datos que se necesitan para obtener la producción horaria promedio de las flotas de carguío vamos a observar la obtención de la data de un equipo de carguío durante un mes (EX069 en el mes febrero 2019).

1. Se hace uso de los “cubos de producción” para obtener datos de toneladas producidas, y de los “cubos de estados” para obtener datos del tiempo que el equipo estuvo en estado operativo ese día. Luego hacemos la razón de toneladas producidas entre tiempo operativo ese día (Ton/h).

Tabla 14 Productividad horaria EX069 – febrero 2019

Fecha	Excavadora	Toneladas producidas	Ready (h)	Dig rate (Ton/h)
1 Febrero 2019	EX069	15,612	1848	845
2 Febrero 2019	EX069	1,63	220	740
4 Febrero 2019	EX069	5,728	713	803
5 Febrero 2019	EX069	16,004	1904	840
6 Febrero 2019	EX069	15,657	1837	852
7 Febrero 2019	EX069	14,521	1915	758
8 Febrero 2019	EX069	14,997	1893	792
9 Febrero 2019	EX069	10,233	1398	732
10 Febrero 2019	EX069	12,181	1720	708
11 Febrero 2019	EX069	11,242	1731	649
12 Febrero 2019	EX069	5,565	716	777
13 Febrero 2019	EX069	12,053	1805	668
14 Febrero 2019	EX069	14,229	1868	762
15 Febrero 2019	EX069	8,597	1234	696
16 Febrero 2019	EX069	4,961	943	526
17 Febrero 2019	EX069	1,793	457	393
20 Febrero 2019	EX069	6,502	1629	399
21 Febrero 2019	EX069	11,136	1721	647
22 Febrero 2019	EX069	14,265	1807	790
23 Febrero 2019	EX069	13,898	1869	743
24 Febrero 2019	EX069	7,463	1223	610
25 Febrero 2019	EX069	7,103	1336	532
26 Febrero 2019	EX069	8,372	1373	610
27 Febrero 2019	EX069	15,539	1834	847
28 Febrero 2019	EX069	12,735	1589	802

2. Como segundo paso se va a hacer el análisis de Pareto para obtener data más cercana a la realidad, discriminando datos que puedan resultar aleatorios para el análisis,
 - a. Ordenamos la tabla original (Tabla 14) en orden descendente, de mayor a menor producción horaria promedio.
 - b. Obtenemos, en una nueva columna, la producción horaria acumulada.
 - c. De la misma manera, en una nueva columna, se va a obtener el porcentaje acumulado (a partir del di grate acumulado)

- d. El análisis de Pareto nos indica que porcentajes acumulados menores a 20% y mayores a 80% quedan fuera de la población de análisis.
- e. Se va a sacar el promedio aritmético únicamente de los datos que están dentro del rango de Pareto, Así obtendremos la producción horaria promedio mensual de un equipo de acarreo.

Nota: Se ha creído conveniente realizar éste análisis de Pareto en el presente estudio debido a la gran cantidad de datos que se van a analizar, puesto que nos va a permitir usar en el análisis la información menos distorsionada y más cercana a la realidad,

Tabla 15 Análisis de Pareto EX069 – febrero 2019

Fecha	Equipo	Tonelaje	Ready (h)	Dig Rate (Ton/h)	TON	% ACUMULADO	PARETO
16 Febrero	EX069	8,961	9	996	996	5%	996
12 Febrero	EX069	5,565	6,53	852	1,848	10%	852
6 Febrero	EX069	15,657	18,37	852	2,700	15%	852
27 Febrero	EX069	15,539	18,34	847	3,547	20%	847
1 Febrero	EX069	15,612	18,48	842	4,389	24%	842
5 Febrero	EX069	16,004	19,04	820	5,209	29%	820
2 Febrero	EX069	1,630	2	788	5,997	33%	788
4 Febrero	EX069	5,728	7,13	783	6,780	37%	783
28 Febrero	EX069	12,735	15,89	780	7,560	42%	780
10 Febrero	EX069	12,181	15,2	775	8,335	46%	775
8 Febrero	EX069	14,997	18,93	772	9,107	50%	772
22 Febrero	EX069	14,265	18,07	770	9,877	54%	770
14 Febrero	EX069	14,229	18,68	752	10,629	58%	752
7 Febrero	EX069	14,521	19,15	701	11,330	62%	701
23 Febrero	EX069	13,898	18,69	690	12,020	66%	690
9 Febrero	EX069	10,233	13,98	688	12,708	70%	688
17 Febrero	EX069	1,793	2,52	680	13,388	74%	680
15 Febrero	EX069	8,597	12,34	672	14,060	77%	672
13 Febrero	EX069	12,053	18,05	668	14,728	81%	668
11 Febrero	EX069	11,242	17,31	649	15,378	85%	649
21 Febrero	EX069	11,136	17,21	647	16,025	88%	647
24 Febrero	EX069	7,463	12,23	610	16,635	92%	610
26 Febrero	EX069	8,372	13,73	610	17,245	95%	610
25 Febrero	EX069	7,103	13,36	532	17,777	98%	532
20 Febrero	EX069	6,502	16,29	399	18,176	100%	399

Estos mismos pasos se van a repetir para los demás equipos en los demás meses de estudio, para la antigua flota (RE32, RE33, RE44, RE46 y RE49) y la nueva flota (EX063, EX064, EX065, EX066, EX067 y EX069); obteniendo los siguientes resultados:

3.10.2.1. Antigua Flota

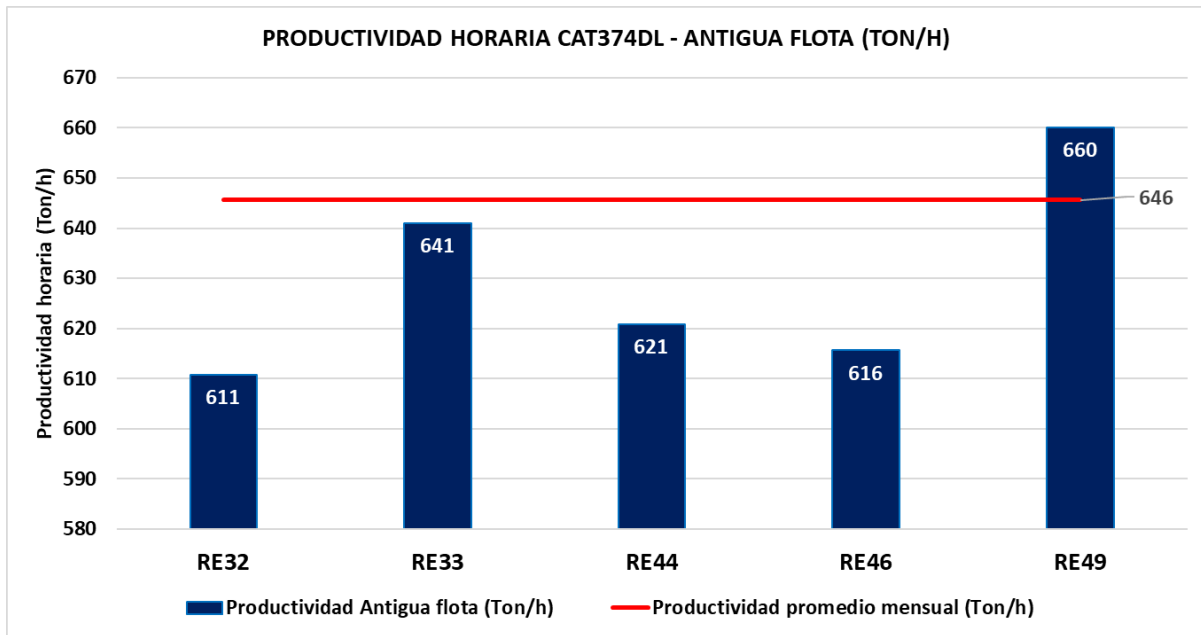
La antigua flota contaba con equipos 5 principales de carguío CAT374DL y equipos auxiliares CAT336, que para cuestiones del presente estudio no se van a analizar debido a que son equipos propios de empresas sub contratistas de la zona de influencia, Haciendo el análisis anteriormente descrito obtenemos el siguiente cuadro resumen de productividades horarias,

Flota CAT374DL

Tabla 16 Productividad horaria – flota antigua

MES	RE32	RE33	RE44	RE46	RE49	PROMEDIO (ton/h)
Ene-18	604	606	568	616	715	622
Feb-18	601	516	626	635	635	603
Mar-18	597	641	585	596	596	603
Abr-18	641	641	645		623	638
May-18		641	621		627	630
Jun-18		664	680		679	675
Jul-18		677			667	672
Ago-18		769			739	754
Septiembre-18		614				614

Gráfico 5 Productividad horaria – flota antigua



3.10.2.2. Nueva Flota

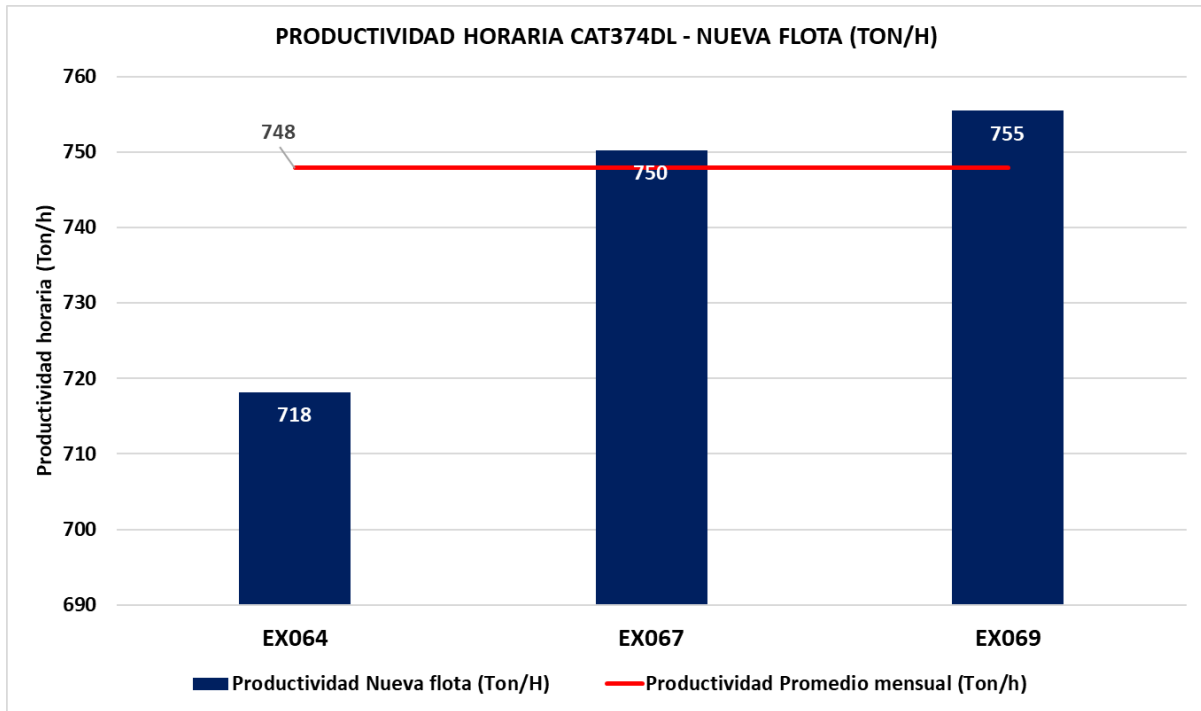
La nueva flota de carguío cuenta con 2 excavadoras CAT374DL y 3 excavadoras CAT390 como principales equipos de carguío, como en la anterior etapa en la operación también trabajan excavadoras auxiliares CAT336 que no entran al presente estudio debido a que son equipos propios de empresas sub contratistas de la zona de influencia, Haciendo el análisis anteriormente descrito obtenemos el siguiente cuadro resumen de productividades horarias,

Flota CAT374DL

Tabla 17 Productividad horaria promedio mensual – flota antigua CAT374DL

MES	EX064	EX067	EX069	PROMEDIO (ton/h)
Enero-19	690	743	752	728
Febrero-19	665	650	651	656
Marzo-19	729	720	754	734
Abril-19	717	794	762	757
Mayo-19	738	740	745	741
Junio-19	770	778	792	780
Julio-19		770	774	772
Agosto-19		776	784	780
Septiembre-19		781	785	783

Gráfico 6 Productividad horaria – flota nueva CAT374DL

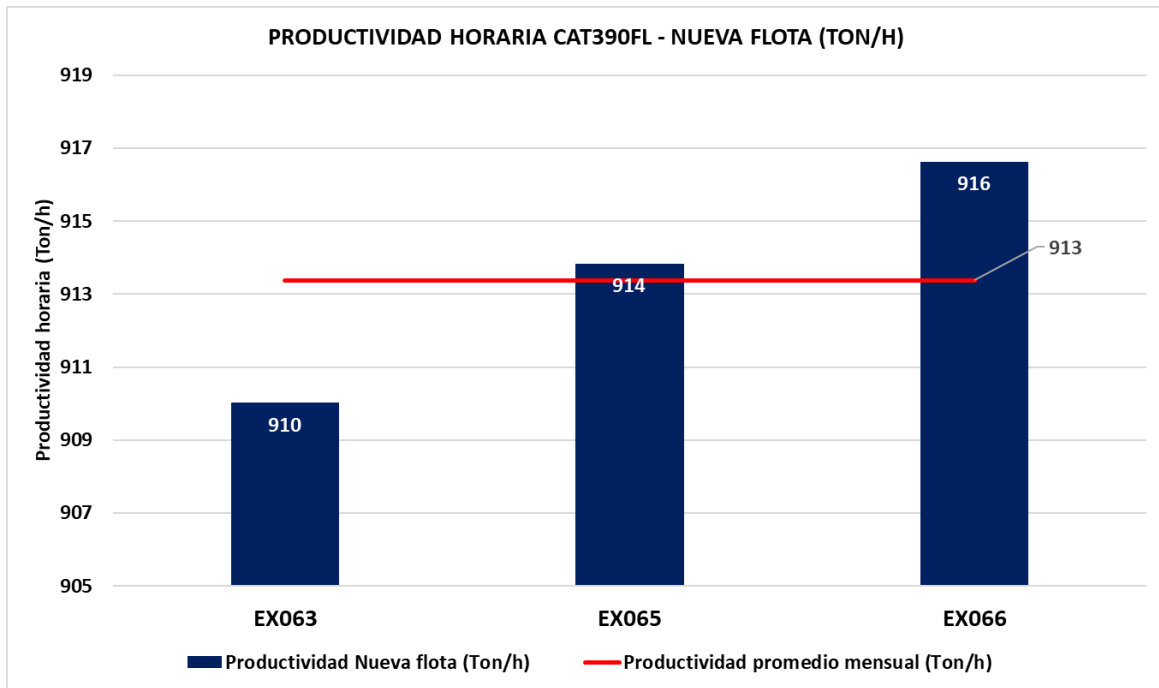


Flota CAT390FL

Tabla 18 Productividad horaria promedio mensual – flota antigua CAT390FL

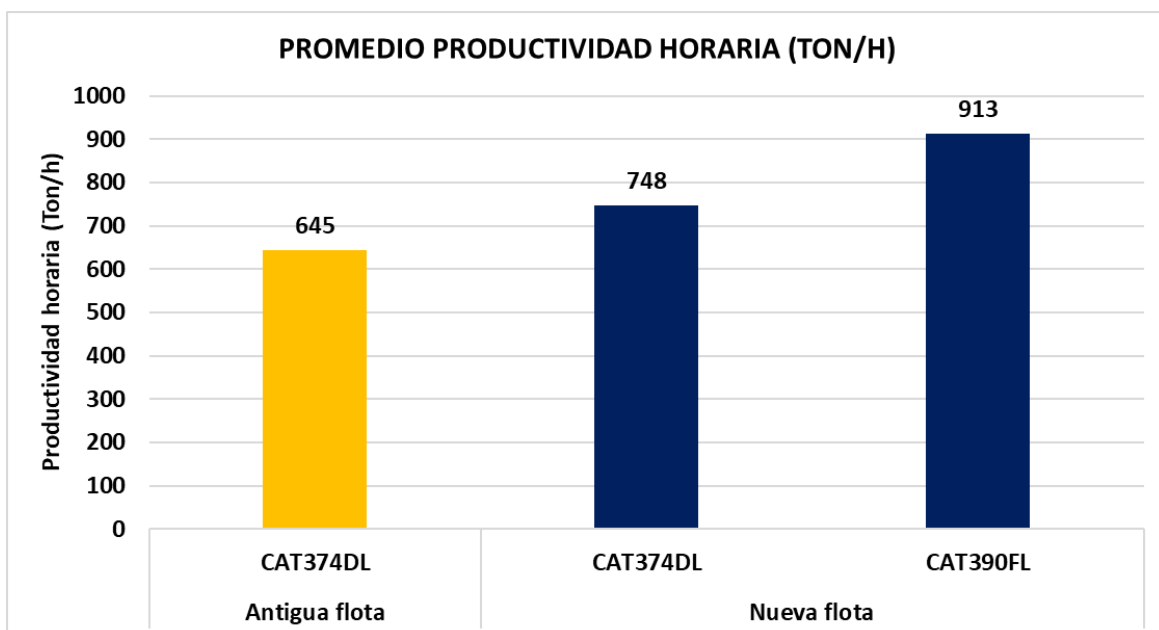
MES	EX063	EX065	EX066	PROMEDIO (ton/h)
Enero-19	802	847	879	843
Febrero-19	937	858	858	884
Marzo-19	916	957	1,001	958
Abril-19	948	983	990	973
Mayo-19	886	990	836	904
Junio-19	897	843	830	857
Julio-19	903	879	919	900
Agosto-19	964	907	952	941
Septiembre-19	938	960	983	960

Gráfico 7 Productividad horaria – flota nueva CAT390FL



Como apreciamos en los gráficos anteriores (Gráficos 5, 6 y 7), la mejora en productividades horarias es evidente con la nueva flota en la operación, El siguiente gráfico (Gráfico 8) resume en un solo valor las distintas flotas de carguío a lo largo de la temporada analizada,

Gráfico 8 Productividad horaria – Resumen



3.10.3. Hang (min)

Entendemos por Hang al tiempo que un equipo de carguío (excavadora en este caso) se encuentra en espera de algún equipo de acarreo (volquete en este caso), De la misma manera que en el análisis anterior en el sistema de reportes ReportSense, hacemos la consulta de entre que fechas queremos que nos muestre la data y para que flotas de carguío vamos a necesitar, que en éste caso van a ser las mismas flotas (CAT374DL y CAT390FL), por ultimo vamos a colocar los datos que queremos que nos muestre el sistema de reportes,

Para el presente análisis se va a requerir únicamente del “cubo de producción”, en dicho cubo se va a necesitar el tiempo que el equipo de carguío estuvo en espera por volquetes de acarreo, ésta información a diferencia de las anteriores la vamos a necesitar por hora, es decir 24 datos durante 1 día,

Como muestra de la obtención de los datos que se necesitan para obtener el Hang en minutos promedio de las flotas de carguío vamos a observar la obtención de la data de un equipo de carguío durante dos días (RE49 en el día 1 y 2 de enero de 2018),

1. Se hace uso únicamente del “cubo de producción”, en dicho cubo se va a necesitar el tiempo que el equipo de carguío estuvo en espera por volquetes de acarreo,

Tabla 19 Hang de RE49 – 1 de enero 2018

Fecha	Hora	Excavadora	Hang (min)
1 Enero 2018	7 - 8	RE49	2,62
1 Enero 2018	8 - 9	RE49	1,93
1 Enero 2018	9 - 10	RE49	1,90
1 Enero 2018	10 - 11	RE49	3,66
1 Enero 2018	11 - 12	RE49	4,72
1 Enero 2018	13 - 14	RE49	1,18
1 Enero 2018	14 - 15	RE49	1,01
1 Enero 2018	15 - 16	RE49	0,98
1 Enero 2018	16 - 17	RE49	0,92
1 Enero 2018	17 - 18	RE49	0,95
1 Enero 2018	18 - 19	RE49	1,53
1 Enero 2018	19 - 20	RE49	0,00
1 Enero 2018	20 - 21	RE49	0,30

Fecha	Hora	Excavadora	Hang (min)
1 Enero 2018	21 -22	RE49	0,37
1 Enero 2018	22 -23	RE49	0,64
1 Enero 2018	23 - 0	RE49	0,51
1 Enero 2018	0 - 1	RE49	0,23
1 Enero 2018	1 - 2	RE49	0,80
1 Enero 2018	2 - 3	RE49	0,40
1 Enero 2018	3 -4	RE49	0,00
1 Enero 2018	4 - 5	RE49	0,43
1 Enero 2018	5 - 6	RE49	0,26
1 Enero 2018	6 - 7	RE49	0,45

Tabla 20 Hang de RE49 – 2 de enero 2018

Fecha	Hora	Excavadora	Hang (min)
2 Enero 2018	7 - 8	RE49	0,66
2 Enero 2018	8 - 9	RE49	1,25
2 Enero 2018	9 - 10	RE49	1,53
2 Enero 2018	10 - 11	RE49	1,71
2 Enero 2018	11 - 12	RE49	1,50
2 Enero 2018	13 - 14	RE49	1,13
2 Enero 2018	14 - 15	RE49	1,02
2 Enero 2018	15 - 16	RE49	1,10
2 Enero 2018	16 - 17	RE49	1,19
2 Enero 2018	17 - 18	RE49	1,72
2 Enero 2018	18 - 19	RE49	1,19
2 Enero 2018	19 - 20	RE49	0,32
2 Enero 2018	20 - 21	RE49	1,15
2 Enero 2018	21 -22	RE49	1,10
2 Enero 2018	22 -23	RE49	0,71
2 Enero 2018	23 - 0	RE49	0,91
2 Enero 2018	0 - 1	RE49	0,71
2 Enero 2018	1 - 2	RE49	0,49
2 Enero 2018	2 - 3	RE49	0,88
2 Enero 2018	4 - 5	RE49	0,60
2 Enero 2018	5 - 6	RE49	0,45

Como se puede observar se tienen datos por hora de cada excavadora, se necesitan 273 cuadros como éstos para cada uno de los 10 equipos analizados

2. Por la gran cantidad de datos con los que se va a contar para este análisis, como segundo paso se va a hacer el análisis de Pareto para obtener muestras menos dispersas por cada equipo, discriminando datos que puedan resultar aleatorios para el análisis,
 - a. Ordenamos la tabla original (Tabla 19) en orden descendente, de mayor a menor Hang,
 - b. Obtenemos, en una nueva columna, el Hang acumulado,
 - c. De la misma manera, en una nueva columna, se va a obtener el porcentaje acumulado (a partir del Hang acumulado),
 - d. El análisis de Pareto nos indica que porcentajes acumulados menores a 20% y mayores a 80% quedan fuera de la población de análisis,
 - e. Se va a sacar el promedio aritmético únicamente de los datos que están dentro del rango de Pareto, Así obtendremos el Hang promedio mensual de un equipo de acarreo,

Tabla 21 Análisis de Pareto RE49 – 1 de enero 2018

Fecha	Hora	Excavadora	Hang (min)	Acumulado	% Acumulado	Pareto
1 Enero	7 - 8	RE49	2,62	2,62	10%	2,62
1 Enero	8 - 9	RE49	1,93	4,55	18%	1,93
1 Enero	9 - 10	RE49	1,90	6,44	25%	1,90
1 Enero	10 - 11	RE49	3,66	10,10	39%	3,66
1 Enero	11 - 12	RE49	4,72	14,82	57%	4,72
1 Enero	13 - 14	RE49	1,18	16,00	62%	1,18
1 Enero	14 - 15	RE49	1,01	17,01	66%	1,01
1 Enero	15 - 16	RE49	0,98	17,98	70%	0,98
1 Enero	16 - 17	RE49	0,92	18,91	73%	0,92
1 Enero	17 - 18	RE49	0,95	19,86	77%	0,95
1 Enero	18 - 19	RE49	1,53	21,39	83%	1,53
1 Enero	19 - 20	RE49	0,00	21,39	83%	-
1 Enero	20 - 21	RE49	0,30	21,69	84%	0,30
1 Enero	21 - 22	RE49	0,37	22,05	86%	0,37
1 Enero	22 - 23	RE49	0,64	22,69	88%	0,64
1 Enero	23 - 0	RE49	0,51	23,20	90%	0,51
1 Enero	0 - 1	RE49	0,23	23,43	91%	0,23
1 Enero	1 - 2	RE49	0,80	24,23	94%	0,80

Fecha	Hora	Excavadora	Hang (min)	Acumulado	% Acumulado	Pareto
1 Enero	2 - 3	RE49	0,40	24,64	96%	0,40
1 Enero	3 - 4	RE49	0,00	24,64	96%	-
1 Enero	4 - 5	RE49	0,43	25,07	97%	0,43
1 Enero	5 - 6	RE49	0,26	25,33	98%	0,26
1 Enero	6 - 7	RE49	0,45	25,77	100%	0,45
1 Enero	7 - 8	RE49	2,62	2,62	10%	2,62
1 Enero	8 - 9	RE49	1,93	4,55	18%	1,93

Estos mismos pasos se van a repetir para los demás equipos en los demás días de estudio, para la antigua flota (RE32, RE33, RE44, RE46 y RE49) y la nueva flota (EX063, EX064, EX065, EX066, EX067 y EX069); obteniendo los siguientes resultados:

3.10.3.1. Antigua Flota

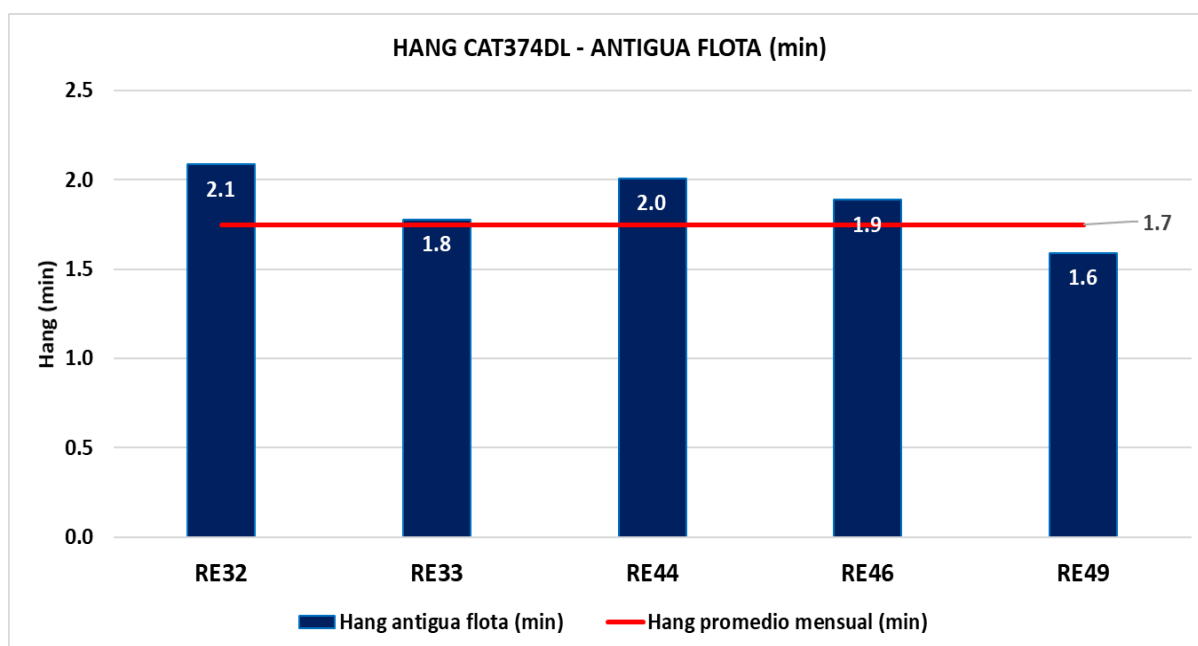
Los mismos equipos analizados en el ítem anterior van a ser analizados en el hang, se deja de lado la flota CAT336, Haciendo el análisis anteriormente descrito obtenemos el siguiente cuadro resumen de disponibilidad mecánica:

Flota CAT374DL

Tabla 22 Hang promedio mensual – flota antigua

MES	RE32	RE33	RE44	RE46	RE49	PROMEDIO (min)
Enero-18	1,84	1,71	1,75	1,64	1,51	1,69
Febrero-18	2,08	2,47	1,99	1,62	1,64	1,96
Marzo-18	2,24	2,19	2,59	2,4	1,93	2,27
Abril-18	2,18	2,05	2,6		1,9	2,18
Mayo-18		1,63	1,63		1,78	1,68
Junio-18		1,39	1,49		1,27	1,38
Julio-18		1,3			1,4	1,35
Agosto-18		1,34			1,28	1,31
Septiembre-18		1,91				1,91

Gráfico 9 Hang – flota antigua CAT 374DL



3.10.3.2. Nueva Flota

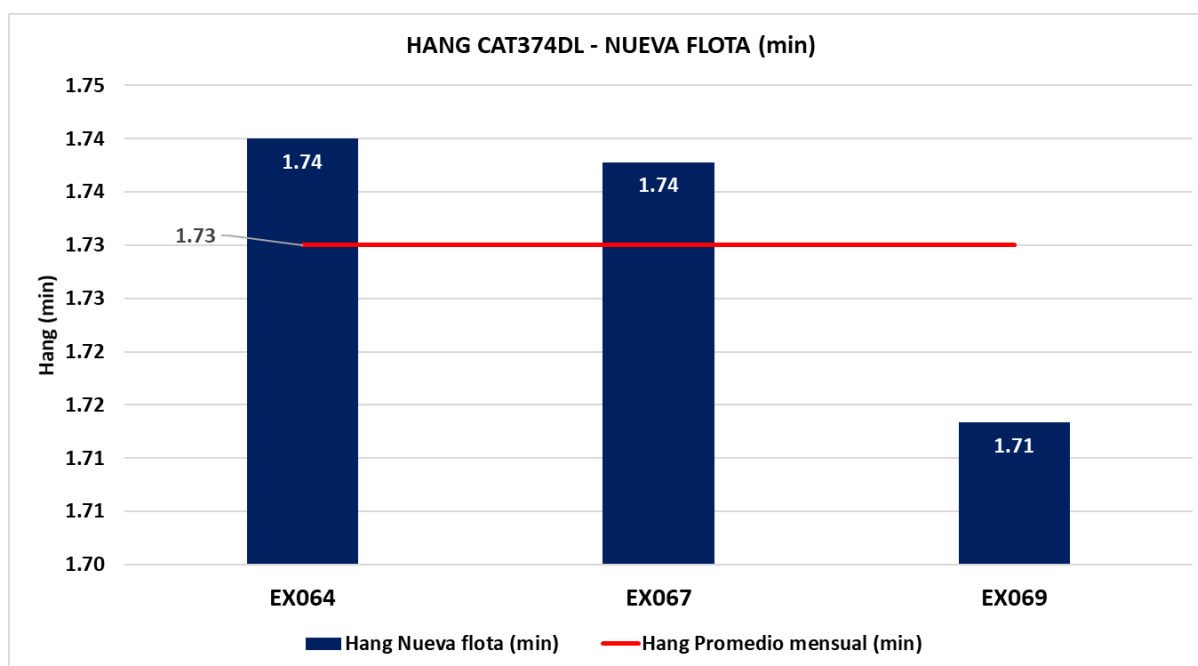
Los mismos equipos analizados en el ítem anterior van a ser analizados en el hang, se deja de lado la flota CAT336, Haciendo el análisis anteriormente descrito obtenemos el siguiente cuadro resumen de disponibilidad mecánica:

Flota CAT374DL

Tabla 23 Hang promedio mensual – flota nueva CAT 374DL

MES	EX064	EX067	EX069	PROMEDIO (min)
Enero-19	1,73	1,89	1,87	1,83
Febrero-19	1,74	1,85	1,78	1,79
Marzo-19	1,49	1,59	1,49	1,53
Abril-19	1,97	1,50	1,57	1,68
Mayo-19	1,73	1,76	1,87	1,79
Junio-19	1,78	1,71	1,85	1,78
Julio-19		1,75	2,10	1,92
Agosto-19		1,96	1,45	1,71
Septiembre-19		1,63	1,44	1,54
Promedio Flota				1,73

Gráfico 10 Hang – flota nueva CAT 374DL

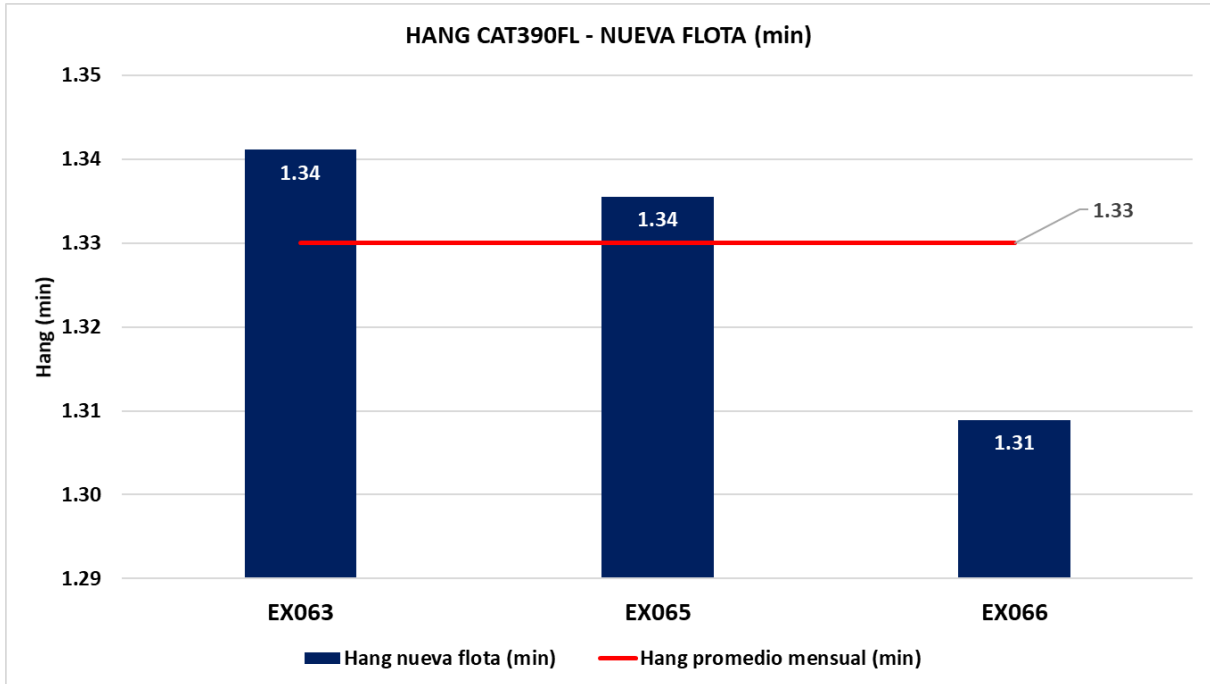


Flota CAT390FL

Tabla 24 Hang promedio mensual – flota nueva CAT 390FL

MES	EX063	EX065	EX066	PROMEDIO (min)
Enero-19	1,56	1,51	1,47	1,51
Febrero-19	1,24	1,34	1,40	1,33
Marzo-19	1,30	1,22	1,07	1,20
Abril-19	1,27	1,15	1,20	1,21
Mayo-19	1,42	1,33	1,60	1,45
Junio-19	1,45	1,43	1,52	1,47
Julio-19	1,40	1,49	1,18	1,36
Agosto-19	1,22	1,32	1,15	1,23
Septiembre-19	1,21	1,23	1,19	1,21
Promedio Flota				1,33

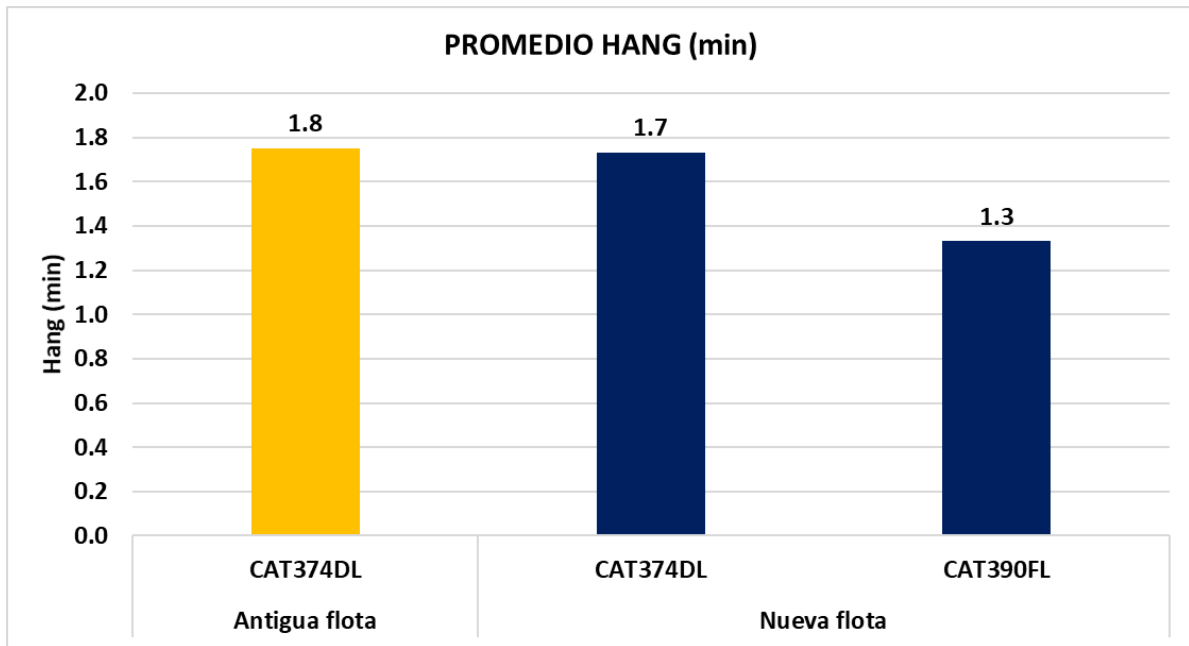
Gráfico 11 Hang – flota nueva CAT 390FL



Como apreciamos en los gráficos anteriores (Gráficos 9, 10 y 11), la mejora de la flota nueva CAT374DL es mínima, solamente 0,02 minutos por cada hora, esto debido que los equipos de carguío tienen la misma capacidad de balde (4,6 m³).

La mejora considerable viene a darse en la flota CAT309FL, las excavadoras tienen 0,42 minutos menos de espera por volquetes por cada hora de trabajo, esto debido que son equipos de carguío de mayor capacidad (6,0 m³). El siguiente gráfico (Gráfico 12) resume en un solo valor las distintas flotas de carguío a lo largo de la temporada analizada.

Gráfico 12 Hang – Resumen



3.11. Indicadores de la flota de acarreo

Teniendo como base los llamados “cubos de estados” y “cubos de producción”, vamos a calcular los siguientes indicadores para la flota de acarreo.

3.11.1. Disponibilidad Mecánica (DM)

Entendemos por disponibilidad mecánica a la representación, en porcentaje, del tiempo total en el que el equipo está disponible para la operación, De la misma manera que en el análisis anterior en el sistema de reportes ReportSense, hacemos la consulta de entre que fechas queremos que nos muestre la data y para que flotas de carguío vamos a necesitar, por ultimo vamos a colocar los datos que queremos que nos muestre el sistema de reportes.

Para el presente análisis vamos a requerir únicamente del “cubo de estados”, en dicho cubo vamos a necesitar el tiempo que el equipo de carguío estuvo en estado operativo, en estado de demora y en estado de Stand By durante el día, como muestra de la obtención de los datos que se necesitan para obtener la Disponibilidad Mecánica (DM) promedio de las flotas de acarreo vamos a observar la obtención de la data de un equipo de acarreo durante un mes (VL298 de la flota nueva SCANIA 460 en el mes abril 2019).

1. Se hace uso únicamente del “cubo de estados”, en dicho cubo vamos a necesitar el tiempo que el equipo de acarreo estuvo en estado operativo, en estado de demora y en estado de Stand By durante el día.

Tabla 25 Tiempo de estados por hora del VL298 – abril 2019

Fecha	Equipo	Duración total (h)	Ready (h)	Stand By (h)	Delay (h)
1 Abril	VL298	24	8,6	12,3	3
2 Abril	VL298	24	19,7	0,1	4,2
3 Abril	VL298	24	16,7	2,7	4,6
4 Abril	VL298	24	0,1	23	0,9
5 Abril	VL298	24	9,9	3,5	2,3
6 Abril	VL298	24	9,4	10,6	4
7 Abril	VL298	24	5,3	1,8	3,7
8 Abril	VL298	24		9,6	
9 Abril	VL298	24	0,4	4,5	1,2
10 Abril	VL298	24		4,6	
11 Abril	VL298	24	6,2	12,4	2,7
12 Abril	VL298	24	9,5	11,7	2,8
13 Abril	VL298	24	3,7	14,9	
14 Abril	VL298	24	11,8	4,9	6
15 Abril	VL298	24	8,4	8,9	2,1
16 Abril	VL298	24	17,6	0,8	4,1
17 Abril	VL298	24	17,3		5,4
18 Abril	VL298	24	17,9	1,6	4,3
19 Abril	VL298	23,6	16,3		7,2
20 Abril	VL298	24	8,3	11,9	2
21 Abril	VL298	24		24	
22 Abril	VL298	24	9,2	10,5	2,8
23 Abril	VL298	24	1	14,6	0,8
24 Abril	VL298	24	17,8		6,2
25 Abril	VL298	24	19,4		4,6
26 Abril	VL298	24	18,7	0,7	4,6
27 Abril	VL298	24	12,1	8	3,9
28 Abril	VL298	24		23,3	0,7
29 Abril	VL298	24	12,5	1,6	1,9
30 Abril	VL298	24		23,3	0,7

2. Como segundo paso vamos a obtener la disponibilidad mecánica en porcentaje sumando todos los estados (operativo, demora y Stand By) y dividiendo por el total de horas del equipo, que en este caso es 24 horas para todos los días porque el equipo estuvo en la operación todo el día durante ese mes, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 26 Disponibilidad mecánica del VL298 – abril 2019

Fecha	Equipo	Duración total (h)	Ready (h)	Stand By (h)	Delay (h)	DM(%)
1 Abril	VL298	24	8,6	12,3	3	100%
2 Abril	VL298	24	19,7	0,1	4,2	100%
3 Abril	VL298	24	16,7	2,7	4,6	100%
4 Abril	VL298	24	0,1	23	0,9	100%
5 Abril	VL298	24	9,9	3,5	2,3	65%
6 Abril	VL298	24	9,4	10,6	4	100%
7 Abril	VL298	24	5,3	1,8	3,7	45%
8 Abril	VL298	24		9,6		40%
9 Abril	VL298	24	0,4	4,5	1,2	26%
10 Abril	VL298	24		4,6		19%
11 Abril	VL298	24	6,2	12,4	2,7	88%
12 Abril	VL298	24	9,5	11,7	2,8	100%
13 Abril	VL298	24	3,7	14,9		77%
14 Abril	VL298	24	11,8	4,9	6	95%
15 Abril	VL298	24	8,4	8,9	2,1	81%
16 Abril	VL298	24	17,6	0,8	4,1	94%
17 Abril	VL298	24	17,3		5,4	95%
18 Abril	VL298	24	17,9	1,6	4,3	99%
19 Abril	VL298	23,6	16,3		7,2	100%
20 Abril	VL298	24	8,3	11,9	2	92%
21 Abril	VL298	24		24		100%
22 Abril	VL298	24	9,2	10,5	2,8	94%
23 Abril	VL298	24	1	14,6	0,8	68%
24 Abril	VL298	24	17,8		6,2	100%
25 Abril	VL298	24	19,4		4,6	100%
26 Abril	VL298	24	18,7	0,7	4,6	100%
27 Abril	VL298	24	12,1	8	3,9	100%
28 Abril	VL298	24		23,3	0,7	100%
29 Abril	VL298	24	12,5	1,6	1,9	67%
30 Abril	VL298	24		23,3	0,7	100%

Para hallar la disponibilidad mecánica (%) del mes, únicamente es necesario sacar el promedio de todos los días, en el ejemplo el volquete VL298 de la nueva flota tuvo una DM de 85% en el mes de abril.

Estos mismos pasos se van a repetir para los 56 equipos de la antigua flota y los 45 equipos de la nueva flota; obteniendo los siguientes resultados:

3.11.1.1. Antigua Flota

La antigua flota contaba con 3 flotas distintas:

VOLVO FMX440: 5 equipos

VOLVO FMX840: 33 equipos

MERCEDES BENZ 444: 18 equipos

Lo que hace un total de 56 equipos de acarreo con los que contaba la antigua flota, a continuación, veremos el resultado del análisis a todos los equipos de esta flota,

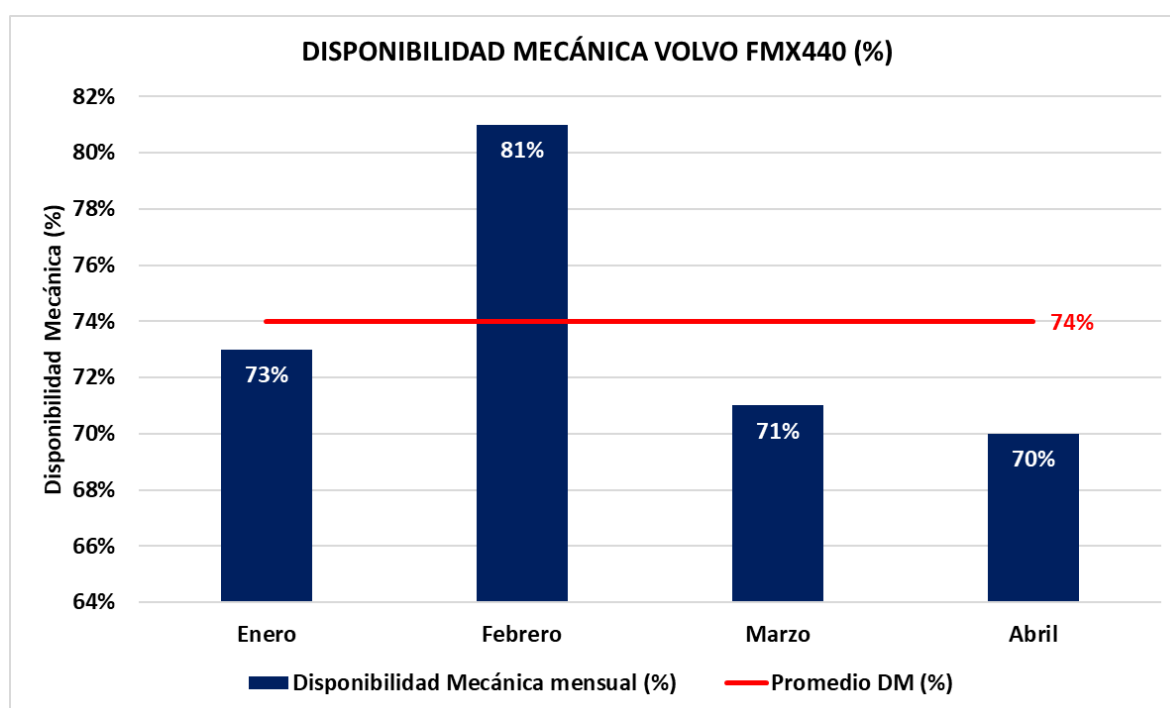
Flota VOLVO FMX440

Tabla 27 Disponibilidad mecánica promedio mensual – flota antigua VOLVO FMX440

Año	Mes	Equipo	Duración (h)	Ready (h)	Stand By (h)	Delay (h)	Promedio Equipo	Pomedio mes
2018	Enero	V1541	743,6	376,0	79,6	83,5	73%	73%
2018	Enero	V299	743,6	402,7	28,6	80,6	69%	
2018	Enero	V300	743,4	427,8	35,5	92,5	75%	
2018	Enero	V301	743,4	493,2	31,6	101,5	84%	
2018	Enero	V302	733,8	365,7	32,5	87,3	66%	
2018	Febrero	V1541	672,0	379,0	29,2	82,0	73%	81%
2018	Febrero	V299	672,0	485,5	17,8	104,5	90%	
2018	Febrero	V300	672,0	477,9	16,8	109,5	90%	
2018	Febrero	V301	672,0	369,9	22,7	76,1	70%	
2018	Febrero	V302	672,0	414,6	30,3	106,2	82%	

Año	Mes	Equipo	Duración (h)	Ready (h)	Stand By (h)	Delay (h)	Promedio Equipo	Pomedio mes
2018	Marzo	V1541	612,9	200,3	248,2	54,8	82%	71%
2018	Marzo	V299	744,0	106,6	361,2	23,6	66%	
2018	Marzo	V300	744,0	206,2	8,6	43,4	35%	
2018	Marzo	V301	744,0	166,2	429,1	36,4	85%	
2018	Marzo	V302	744,0	183,2	400,3	55,2	86%	
2018	Abril	V299	552,0	0,7	265,8	1,7	49%	70%
2018	Abril	V300	552,0	17,2	368,6	5,5	71%	
2018	Abril	V301	685,5	6,1	612,0	2,2	90%	
PROMEDIO FLOTA VOLVO FMX 440								74%

Gráfico 13 Disponibilidad mecánica – flota antigua VOLVO FMX440



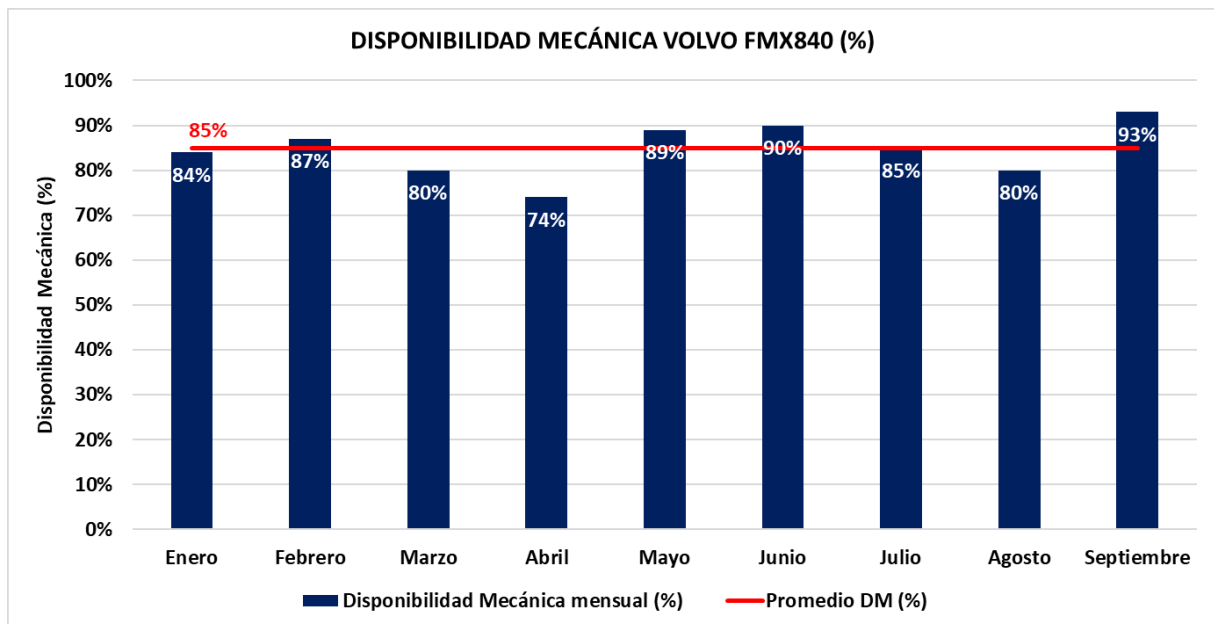
Flota VOLVO FMX840

Debido a la gran cantidad de equipos con los que cuenta esta flota, la disponibilidad mecánica por equipo se encuentra en el Anexo 1, A continuación, se presentan los datos resumen por mes de los equipos de la flota VOLVO FMX840.

Tabla 28 Disponibilidad mecánica promedio mensual – flota antigua VOLVO FMX840

Mes	Time duration (h)	Promedio Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By (h)	DM mes (%)
Enero	743,2	497,8	105,3	22,3	84%
Febrero	672	457,1	101	24	87%
Marzo	732,5	295,6	73,2	220,2	80%
Abril	715,7	209,8	63	258,7	74%
Mayo	711,5	346,8	96,5	188,9	89%
Junio	697,8	324,3	89,4	214,3	90%
Julio	723,9	325,3	89,5	197,5	85%
Agosto	720,4	224,8	61,9	288,9	80%
Septiembre	504	6,4	6	456,7	93%
Promedio flota VOLVO FMX 840					85%

Gráfico 14 Disponibilidad mecánica – flota antigua VOLVO FMX840



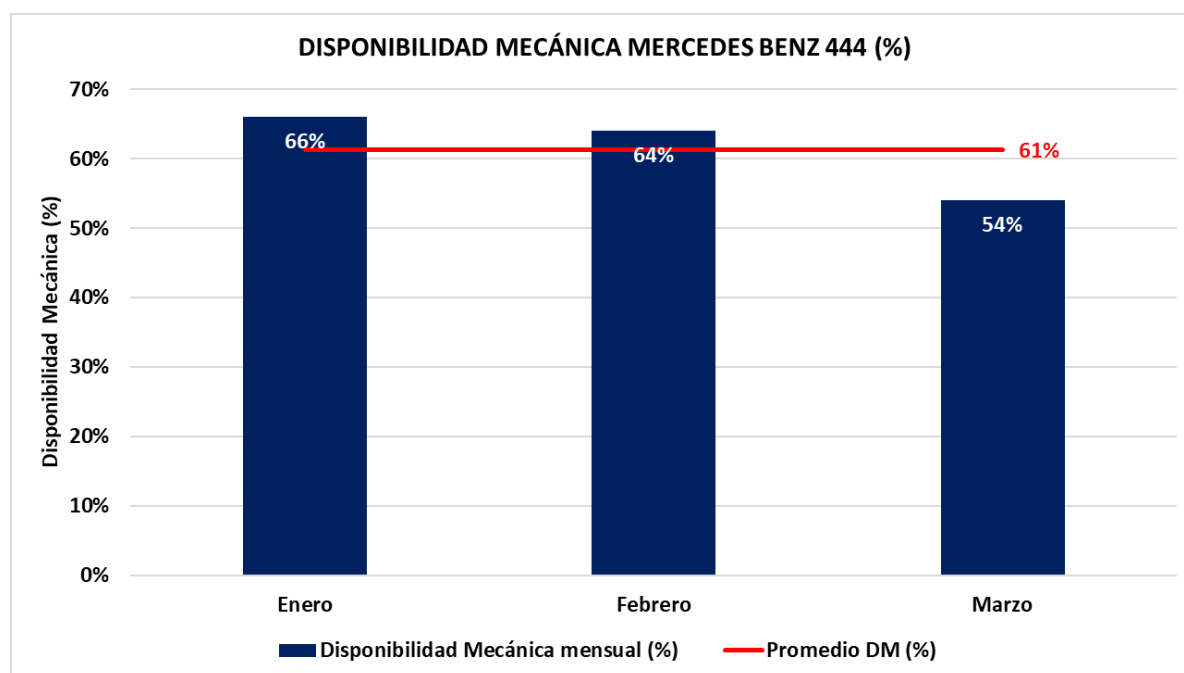
Flota MERCEDES BENZ 444

Tabla 29 Disponibilidad mecánica mensual – flota antigua MERCEDES BENZ 444

Mes	Equipo	Time Duration (h)	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By (h)	Promedio equipo	Pomedio mes
Enero	V226	608,75	169,1	50,68	174,71	65%	66%
Enero	V233	1,476,90	930,72	57,14	239,68	83%	
Enero	V240	732,9	223,01	69,1	368,1	90%	
Enero	V246	669,42	201,41	62,51	147,26	61%	
Enero	V263	732,9	265,39	82,21	188,47	73%	
Enero	V264	416,62	77,23	24,62	60,19	39%	
Enero	V265	680	161,46	56,14	286,28	74%	
Enero	V266	619,6	144,68	40,26	102,34	46%	
Enero	V267	619,83	158,89	45,68	281,15	78%	
Enero	V274	728,44	138,41	36,01	256,79	59%	
Enero	V280	672,76	336,79	77,42	129,77	81%	
Enero	V284	619,36	161,15	45,59	231,18	71%	
Enero	V287	728,45	118,54	47,03	329,92	68%	
Enero	V307	740,56	236,42	70,58	195,92	68%	
Enero	V324	743,56	443,64	112,42	96,29	88%	
Enero	V325	685,1	203,63	50,09	54	45%	
Enero	V326	732,91	345,18	84,86	80,15	70%	
Enero	V327	743,56	125,9	37,16	103,31	36%	
Febrero	V226	672	225,25	76,78	99,69	60%	64%
Febrero	V233	1,344,00	956,54	89,87	99,57	85%	
Febrero	V240	672	322,41	83,04	101,65	75%	
Febrero	V246	672	258,29	78,48	84,56	63%	
Febrero	V263	672	203,37	66,76	145,65	62%	
Febrero	V264	672	191,84	56,65	165,38	62%	
Febrero	V265	672	151,49	44,71	133,57	49%	
Febrero	V266	672	199,87	61,31	139,13	60%	
Febrero	V267	672	187,24	54,2	168,59	61%	
Febrero	V274	672	154,64	54,04	266,18	71%	
Febrero	V280	672	316,03	89,85	99,47	75%	
Febrero	V284	672	251,05	70,72	104,67	63%	
Febrero	V287	672	109,31	38,11	205,39	53%	
Febrero	V307	672	219,37	64,74	143,4	64%	
Febrero	V324	672	239,48	69,24	110,14	62%	
Febrero	V325	672	238,6	45,31	19,09	45%	
Febrero	V326	672	422,77	119,29	36,38	86%	

Mes	Equipo	Time Duration (h)	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By (h)	Promedio equipo	Pomedio mes
Marzo	V327	744	127,23	39,69	459,13	84%	54%
Marzo	V233	1,488,00	854,68	28,43	24,58	61%	
Marzo	V240	744	75,92	27	17,84	16%	
Marzo	V246	744	129,49	35,12	6,43	23%	
Marzo	V263	744	114,03	35,64	404,43	74%	
Marzo	V264	744	114,82	36,94	443,29	80%	
Marzo	V265	744	74,29	24,05	426,72	71%	
Marzo	V266	744	56,43	19,87	82,57	21%	
Marzo	V267	744	135,8	52,68	39,13	31%	
Marzo	V274	744	105,85	34,33	32,81	23%	
Marzo	V280	744	122,2	34,62	401,73	75%	
Marzo	V284	744	68,46	20,05	51,26	19%	
Marzo	V287	744	74,32	24,59	422,72	70%	
Marzo	V307	744	108,26	30,65	21,65	22%	
Marzo	V324	744	178,56	53,22	403,68	85%	
Marzo	V325	744	189,08	42,18	415,38	87%	
Marzo	V326	744	214,23	51,5	396,85	89%	
Marzo	V327	744	180,2	56,88	49,9	39%	
PROMEDIO FLOTA MERCEDES BENZ 444							61%

Gráfico 15 Disponibilidad mecánica – flota antigua MERCEDES BENZ 444



3.11.1.2. Nueva Flota

La nueva flota de carguío cuenta con 13 volquetes SCANIA 460 y 32 volquetes SCANIA 460HT como principales equipos de acarreo. Haciendo el análisis anteriormente descrito obtenemos el siguiente cuadro resumen de productividades horarias.

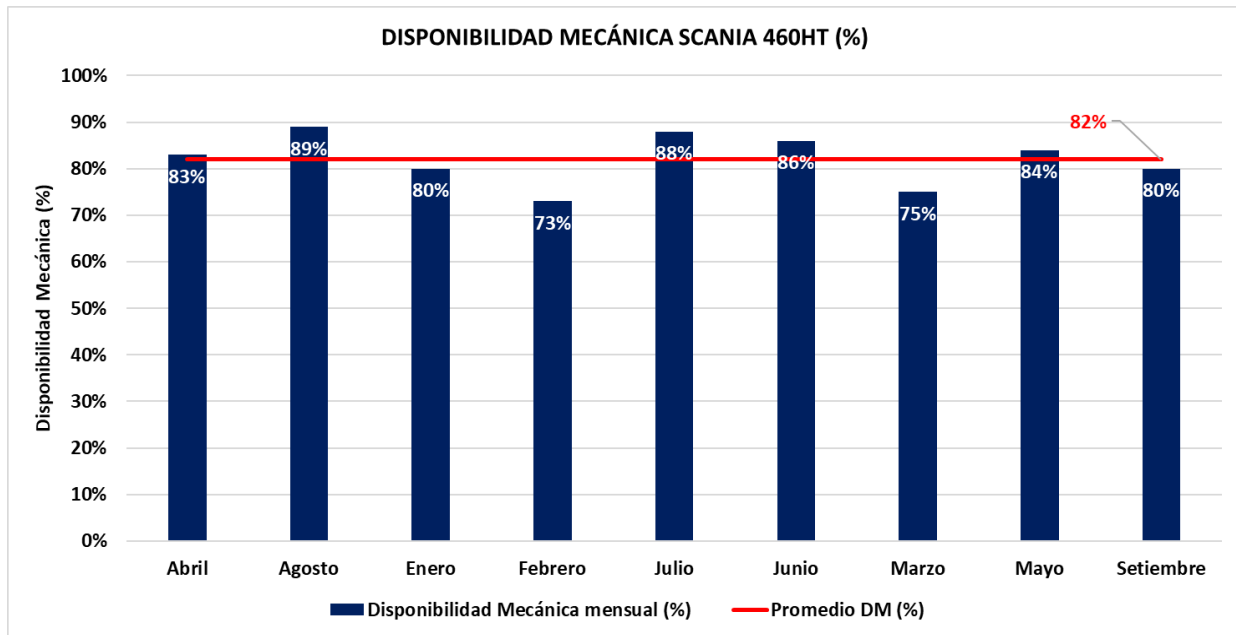
Flota SCANIA 460

Debido a la gran cantidad de equipos con los que cuenta esta flota, la disponibilidad mecánica por equipo se encuentra en el anexo 2. A continuación, se presentan los datos resumen por mes de los equipos de la flota SCANIA 460.

Tabla 30 Disponibilidad mecánica promedio mensual – flota nueva SCANIA 460

Mes	Time Duration (h)	Promedio Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By (h)	Promedio Equipo (%)
Abril	685,7	249,6	74	246,2	83%
Agosto	695	400,5	101,8	159,1	89%
Enero	682,1	311,2	81,1	158,2	80%
Febrero	664,3	290,2	86,9	106	73%
Julio	744,1	371,5	90,5	193,3	88%
Junio	717,1	323,5	90,3	204,6	86%
Marzo	644,7	275,1	88	113,8	75%
Mayo	690,1	303,6	88	192	84%
Setiembre	658,2	294,5	81,1	183,1	80%
Promedio flota SCANIA 460					82%

Gráfico 16 Disponibilidad mecánica – flota nueva SCANIA 460



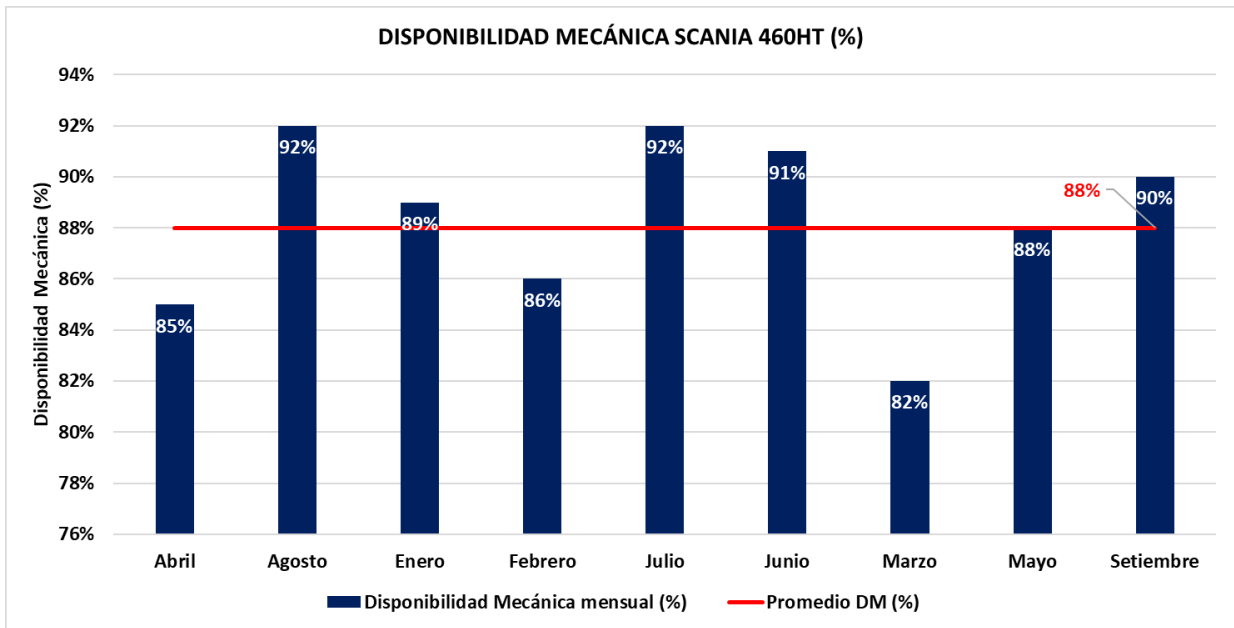
Flota SCANIA 460HT

Debido a la gran cantidad de equipos con los que cuenta esta flota, la disponibilidad mecánica por equipo se encuentra en el anexo 3. A continuación, se presentan los datos resumen por mes de los equipos de la flota SCANIA 460HT.

Tabla 31 Disponibilidad mecánica promedio mensual – flota nueva SCANIA 460HT

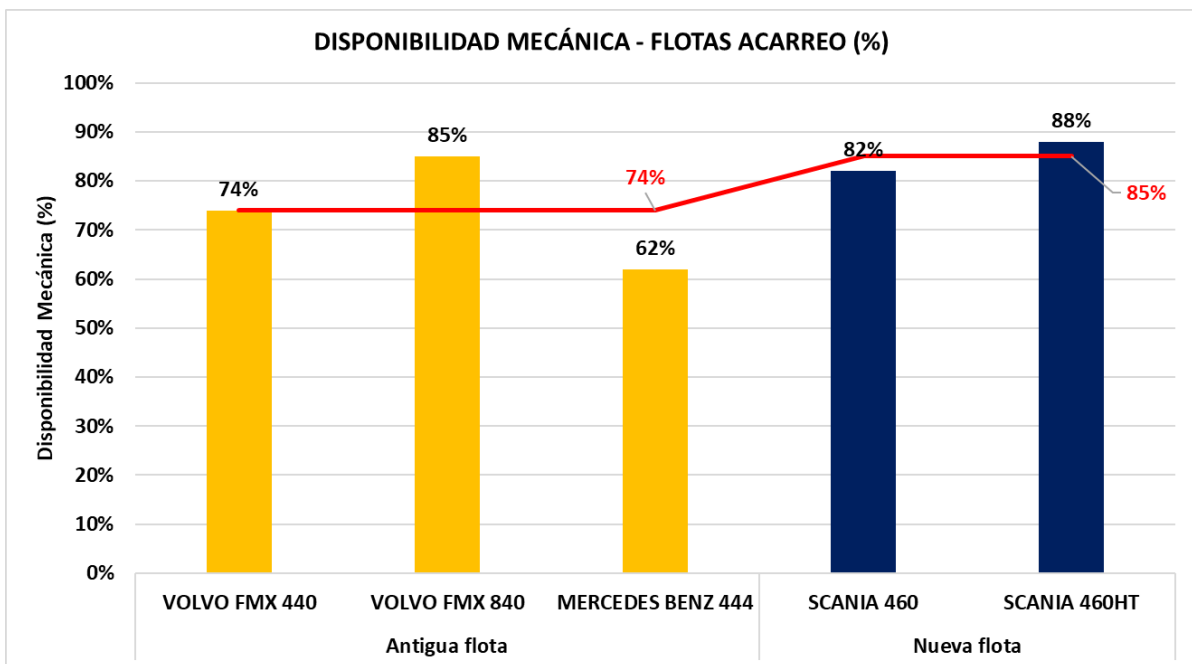
Mes	Time Duration (h)	Promedio Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By (h)	Promedio Equipo (%)
Abril	705,5	445,1	117,9	41,3	85%
Agosto	734,8	503,4	123,4	49,2	92%
Enero	739,5	492,9	123,1	43,1	89%
Febrero	669,4	437,1	112,6	26,2	86%
Julio	741,3	517,3	122,6	45,1	92%
Junio	710,8	477,8	127,2	46,4	91%
Marzo	743,1	443,2	122	43,3	82%
Mayo	737,1	477,3	124,8	47,1	88%
Setiembre	714,2	447,2	128,6	69	90%
Promedio flota SCANIA 460HT					88%

Gráfico 17 Disponibilidad mecánica – flota nueva SCANIA 460HT



Como apreciamos en los gráficos anteriores (Gráficos 13, 14, 15, 16 y 17), la mejora en disponibilidad mecánica aumenta con la nueva flota en la operación. El siguiente gráfico (Gráfico 18) resume en un solo valor las distintas flotas de acarreo a lo largo de la temporada analizada.

Gráfico 18 Disponibilidad mecánica promedio



Haciendo un promedio aritmético de la nueva flota se obtiene 85% de DM, la misma operación para la flota antigua significa 73,7%, esto significa que la nueva flota tiene 11,3% más de tiempo en promedio a un equipo disponible para ser usado en la operación con respecto a la antigua flota.

3.11.2. Productividad Horaria

Haciendo uso del sistema de reportes ReportSense, hacemos la consulta de entre que fechas queremos que nos muestre la data, vamos a filtrar data desde las fechas que estamos considerando en el análisis, cabe mencionar que la anterior contratista contaba con equipos de acarreo de las flotas VOLVO FMX440, VOLVO FMX480 y MERCEDES BENZ 444; la actual contratista con equipos de acarreo de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460HT, Como siguiente paso vamos a escoger la flota de acarreo que necesitamos analizar y por ultimo vamos a colocar los datos que queremos que nos muestre el sistema de reportes; para el presente estudio vamos a requerir las toneladas producidas por día, la cantidad de volquetes que salieron estuvieron trabajando en ese día y el tiempo que estuvo operativo el equipo de acarreo en ese día.

Como muestra de la obtención de los datos que se necesitan para la producción horaria promedio de las flotas de acarreo se va a obtener de la data de una flota de acarreo durante un mes (Equipo V300 de la flota VOLVO FMX440 durante el mes de enero de 2018).

1. Se hace uso de los “cubos de producción” para obtener datos de toneladas producidas, y de los “cubos de estados” para obtener datos del tiempo que el equipo de acarreo estuvo en estado operativo ese día, Luego hacemos la razón de toneladas producidas entre tiempo operativo ese día (Ton/h).

Tabla 32 Productividad horaria VL300 de la flota VOLVO FMX440 – enero 2018

Fecha	Equipo de acarreo	Toneladas producidas	Horas Operativas	Productividad Horaria (Ton/h)
1 Enero 2018	V300	2,101	20	105
2 Enero 2018	V300	1,776	20	88
3 Enero 2018	V300	1,928	17	111
4 Enero 2018	V300	2,033	20	101
5 Enero 2018	V300	939	9	105
6 Enero 2018	V300	1,527	20	78
7 Enero 2018	V300	1,024	13	77
8 Enero 2018	V300	1,855	19	97
9 Enero 2018	V300	839	9	96
10 Enero 2018	V300	1,696	16	103
11 Enero 2018	V300	1,318	14	91
12 Enero 2018	V300	1,336	16	86
13 Enero 2018	V300	650	6	113
14 Enero 2018	V300	1,271	13	96
15 Enero 2018	V300	2,058	17	122
16 Enero 2018	V300	1,403	13	105
17 Enero 2018	V300	607	5	118
18 Enero 2018	V300	1,236	13	96
19 Enero 2018	V300	783	9	86
20 Enero 2018	V300	852	11	77
21 Enero 2018	V300	1,022	11	95
22 Enero 2018	V300	1,039	13	82
23 Enero 2018	V300	1,602	18	88
24 Enero 2018	V300	1,669	19	86
25 Enero 2018	V300	891	11	80
26 Enero 2018	V300	935	11	86
27 Enero 2018	V300	1,080	8	128
28 Enero 2018	V300	1,184	9	129
29 Enero 2018	V300	1,436	16	89
30 Enero 2018	V300	940	10	97
31 Enero 2018	V300	2,007	20	101

Cuadros similares son para todos los equipos de acarreo (56 de la antigua flota y 45 de la nueva flota) durante los demás meses de estudio, teniendo como resultado los siguientes datos resumen.

3.11.2.1. Antigua Flota

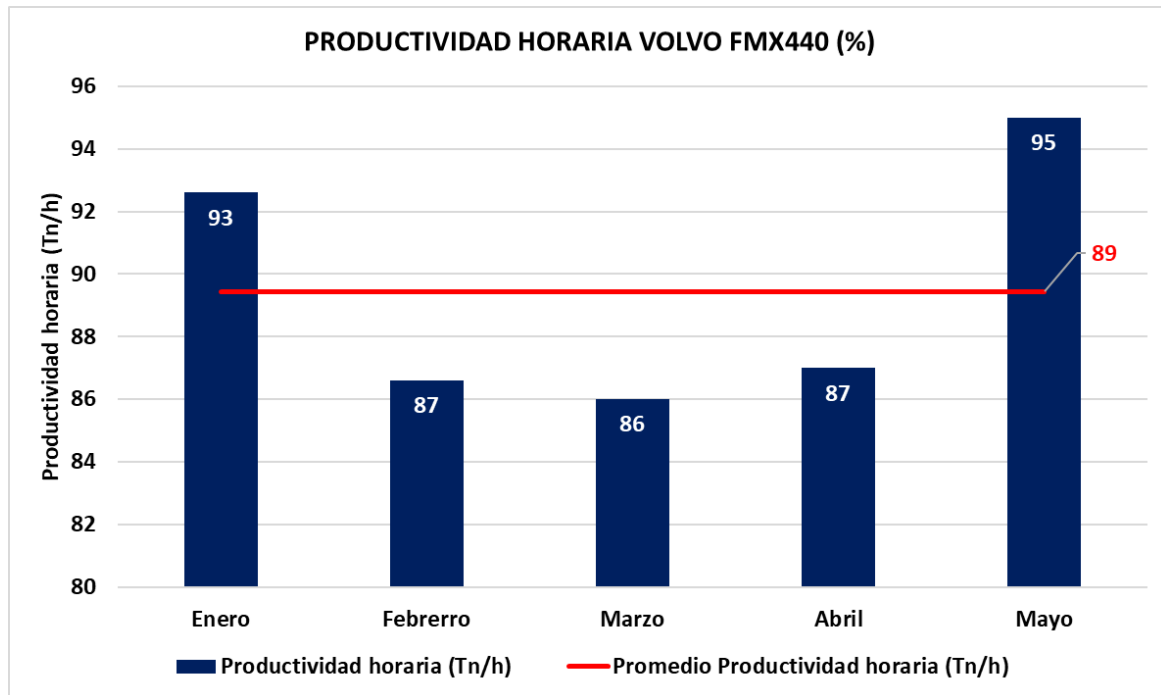
La antigua flota contaba con 56 equipos de acarreo de 3 flotas distintas como se vio anteriormente.

Flota VOLVO FMX440

Tabla 33 Productividad horaria – flota antigua VOLVO FMX440

Año	Mes	Equipo de acarreo	Toneladas producidas	Horas Operativas	Productividad Horaria (Ton/h)
2018	Enero	V1541	35,898	375,99	95
2018	Enero	V299	36,756	402,67	91
2018	Enero	V300	41,036	427,82	96
2018	Enero	V301	44,441	493,18	90
2018	Enero	V302	33,311	365,69	91
2018	Febrero	V1541	32,428	379,04	86
2018	Febrero	V299	41,204	485,55	85
2018	Febrero	V300	41,111	477,94	86
2018	Febrero	V301	33,937	369,87	92
2018	Febrero	V302	34,789	414,65	84
2018	Marzo	V1541	17,277	200,27	86
2018	Marzo	V299	9,391	106,60	88
2018	Marzo	V300	17,311	206,18	84
2018	Marzo	V301	14,662	166,20	88
2018	Marzo	V302	15,417	183,20	84
2018	Abril	V299	67	0,68	99
2018	Abril	V300	1,371	17,19	80
2018	Abril	V301	502	6,10	82
2018	Mayo	V300	135	1,43	95

Gráfico 19 Productividad horaria – flota antigua VOLVO FMX440



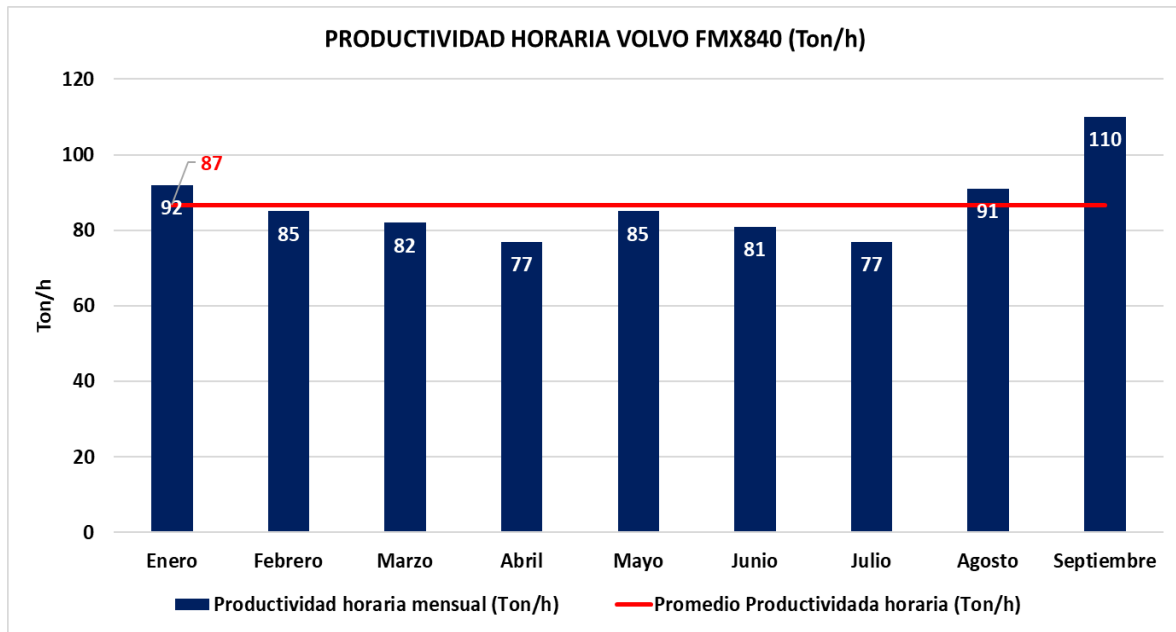
Flota VOLVO FMX840

Debido a la gran cantidad de equipos con los que cuenta esta flota, se va a presentar un gráfico resumen mensual de la flota, en el anexo 4 se encuentra disgregado el análisis por equipos.

Tabla 34 Productividad horaria – flota antigua VOLVO FMX840

Mes	Toneladas producidas promedio	Horas operativas promedio	Productividad (Ton/h)
Enero	45,430	498	92
Febrero	37,871	448	85
Marzo	23,751	291	82
Abril	16,219	210	77
Mayo	29,470	347	85
Junio	26,292	324	81
Julio	25,426	325	77
Agosto	20,102	225	91
Septiembre	2,065	19	110
Promedio flota VOLVO FMX 840			87

Gráfico 20 Productividad horaria – flota antigua VOLVO FMX840



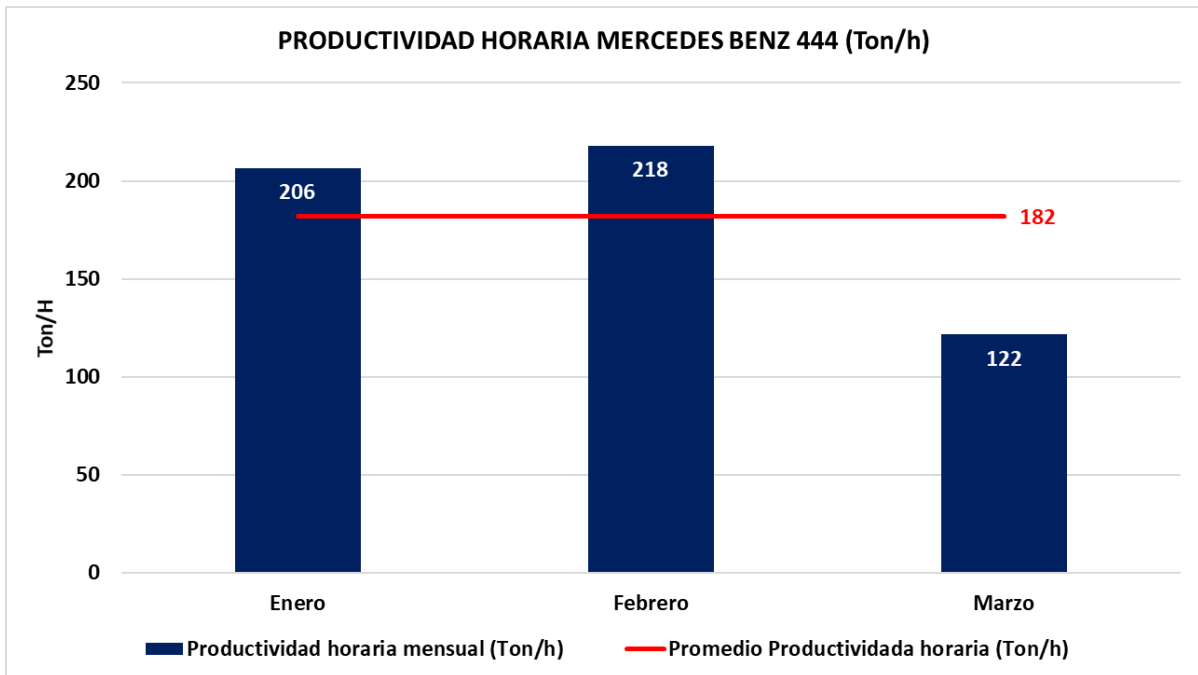
Flota MERCEDES BENZ 444

Tabla 35 Productividad horaria – flota antigua MERCEDES BENZ 444

Año	Mes	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Pomedio mes
2018	Enero	V226	17,650	169	206
2018	Enero	V240	21,553	223	
2018	Enero	V246	19,906	201	
2018	Enero	V263	27,610	265	
2018	Enero	V264	7,980	77	
2018	Enero	V265	15,872	161	
2018	Enero	V266	13,441	145	
2018	Enero	V267	13,297	159	
2018	Enero	V274	13,489	138	
2018	Enero	V280	36,720	337	
2018	Enero	V284	15,426	161	
2018	Enero	V287	11,469	119	
2018	Enero	V307	22,373	236	
2018	Enero	V324	44,648	444	
2018	Enero	V325	20,038	204	
2018	Enero	V326	31,666	345	
2018	Enero	V327	11,989	126	

Año	Mes	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Pomedio mes	
2018	Febrero	V226	21,456	225	218	
2018	Febrero	V233	30,905	322,00		
2018	Febrero	V240	25,097	258		
2018	Febrero	V246	18,483	203		
2018	Febrero	V263	18,300	192		
2018	Febrero	V264	13,790	151		
2018	Febrero	V265	18,414	200		
2018	Febrero	V266	17,053	187		
2018	Febrero	V267	14,087	155		
2018	Febrero	V274	30,327	316		
2018	Febrero	V280	23,068	251		
2018	Febrero	V284	9,394	109		
2018	Febrero	V287	19,810	219		
2018	Febrero	V307	23,138	239		
2018	Febrero	V324	21,886	239		
2018	Febrero	V325	1,105	16		
2018	Febrero	V326	41,238	423		
2018	Marzo	V327	10,069	127		122
2018	Marzo	V240	6,042	76		
2018	Marzo	V246	10,554	129		
2018	Marzo	V263	9,008	114		
2018	Marzo	V264	8,775	115		
2018	Marzo	V265	5,898	74		
2018	Marzo	V266	4,785	56		
2018	Marzo	V267	11,226	136		
2018	Marzo	V274	8,640	106		
2018	Marzo	V280	10,231	122		
2018	Marzo	V284	6,035	68		
2018	Marzo	V287	5,939	74		
2018	Marzo	V307	9,142	108		
2018	Marzo	V324	15,285	179		
2018	Marzo	V325	15,117	189		
2018	Marzo	V326	17,087	214		
2018	Marzo	V327	14,271	180		
PROMEDIO FLOTA MERCEDES BENZ 444					182	

Gráfico 21 Productividad horaria – flota antigua MERCEDES BENZ 444



3.11.2.2. Nueva Flota

La nueva flota cuenta con 45 equipos de acarreo de 2 flotas distintas como se vio anteriormente.

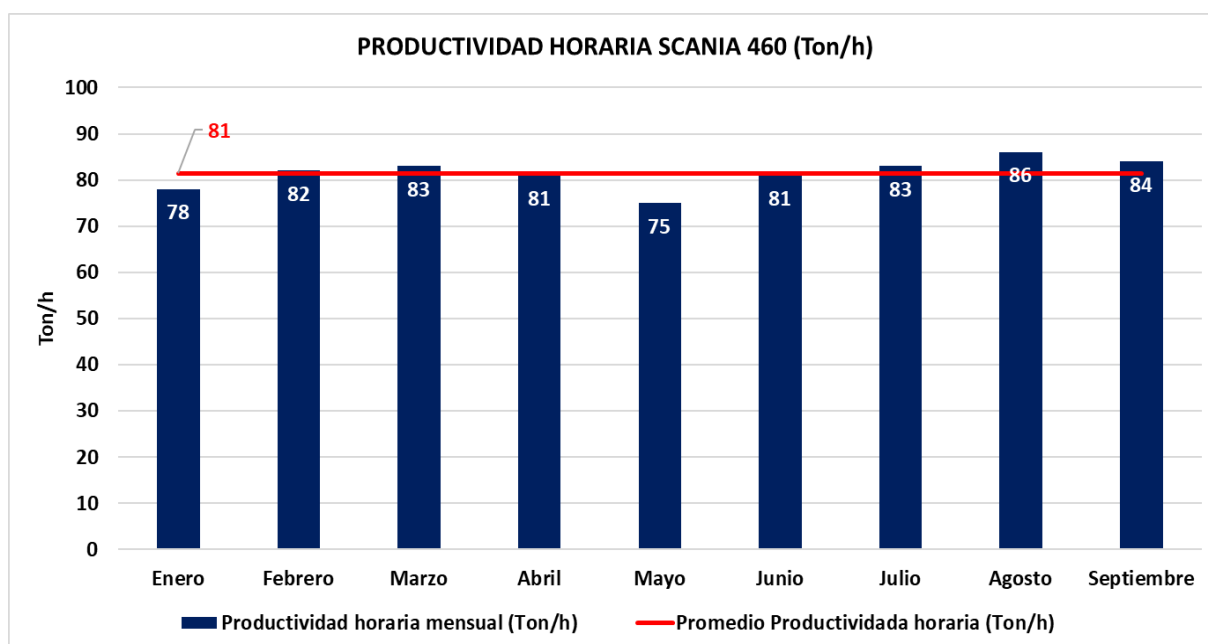
Flota SCANIA 460

Debido a la gran cantidad de equipos con los que cuenta esta flota, se va a presentar un gráfico resumen mensual de la flota, en el anexo 5 se encuentra desgregado el análisis por equipos.

Tabla 36 Productividad horaria – flota nueva SCANIA 460

Mes	Toneladas producidas	Horas operativas	Promedio mes (Ton/h)
Enero	23,438	311	78
Febrero	23,889	290	82
Marzo	22,645	275	83
Abril	20,261	254	81
Mayo	23,038	307	75
Junio	26,246	323	81
Julio	31,017	372	83
Agosto	31,965	376	86
Septiembre	24,712	295	84
Promedio flota SCANIA 460			81

Gráfico 22 Productividad horaria – flota nueva SCANIA 460

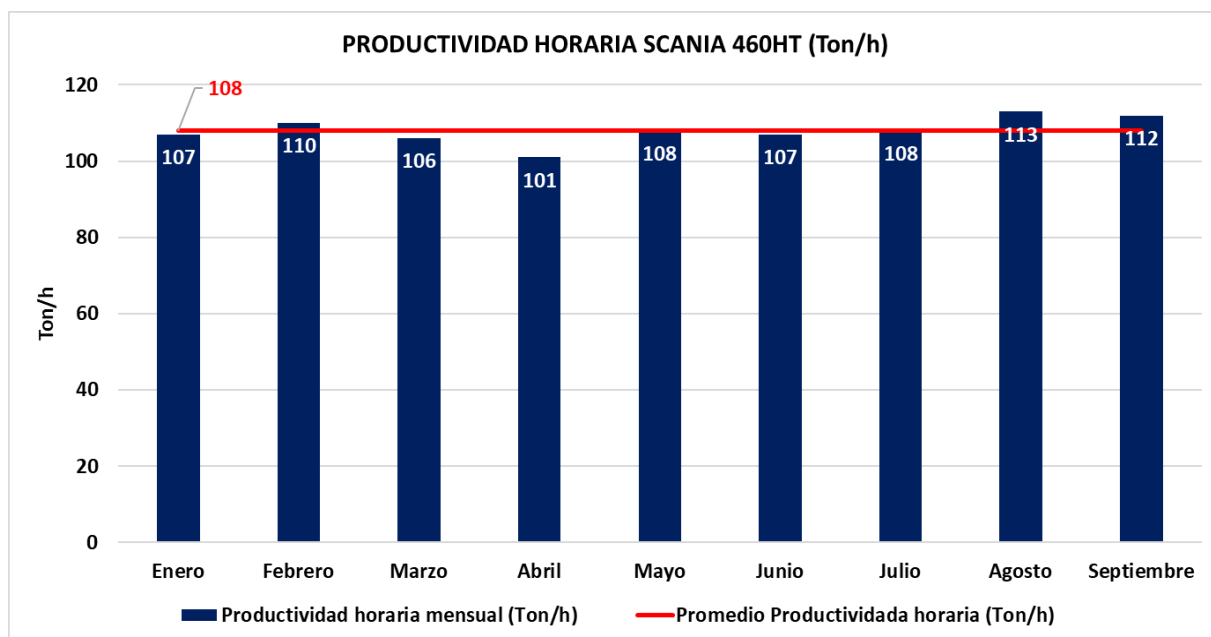


Flota SCANIA 460HT

Tabla 37 Productividad horaria – flota nueva SCANIA 460HT

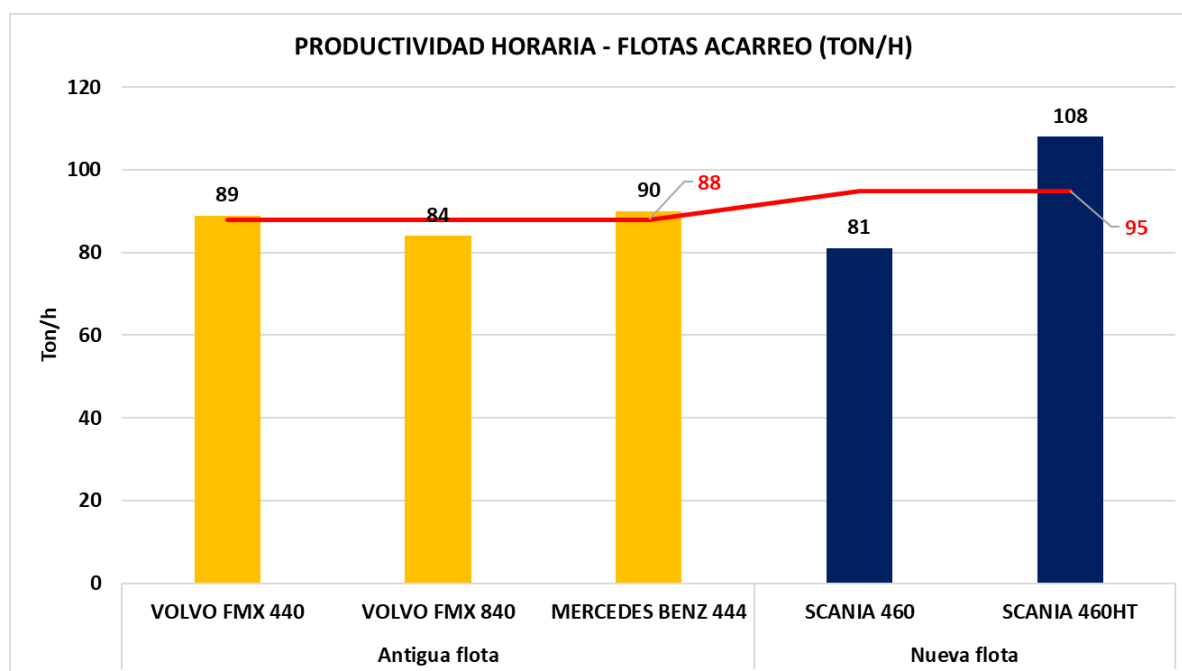
Mes	Toneladas producidas	Horas operativas	Promedio mes (ton/h)
Enero	51,466	478	107
Febrero	46,904	426	110
Marzo	45,764	430	106
Abril	44,990	445	101
Mayo	51,991	477	108
Junio	51,253	478	107
Julio	55,693	517	108
Agosto	56,725	503	113
Septiembre	50,142	447	112
Promedio flota SCANIA 460HT			108

Gráfico 23 Productividad horaria – flota nueva SCANIA 460HT



Como apreciamos en los gráficos anteriores (Gráficos 19, 20, 21, 22 y 23), la mejora en productividades horarias es evidente, básicamente en la flota SCANIA 460HT con la nueva flota en la operación. El siguiente gráfico (Gráfico 24) resume en un solo valor las distintas flotas de acarreo a lo largo de la temporada analizada.

Gráfico 24 Productividad horaria promedio



3.11.3. Queue (min)

Entendemos por queue al tiempo que un equipo de acarreo (volquete en este caso) se encuentra en cola para ser cargado (excavadora en este caso). De la misma manera que en el análisis anterior en el sistema de reportes ReportSense, hacemos la consulta de entre que fechas queremos que nos muestre la data y para que flotas de carguío vamos a necesitar, que en éste caso van a ser las mismas flotas de acarreo y por ultimo vamos a colocar los datos que queremos que nos muestre el sistema de reportes.

Para el presente análisis se va a requerir únicamente del “cubo de producción”, en dicho cubo se va a necesitar el tiempo que el equipo de acarreo estuvo en cola en el frente de un equipo de carguío, ésta información al igual que el hang en equipos de carguío la vamos a necesitar por hora, es decir 24 datos durante 1 día.

Como muestra de la obtención de los datos que se necesitan para obtener el Queue en minutos promedio de las flotas de acarreo vamos a observar la obtención de la data de un equipo durante dos días (Volquete V300 de la flota VOLVO FMX440 en los días 7 y 8 de enero de 2018).

1. Se hace uso únicamente del “cubo de producción”, en dicho cubo se va a necesitar el tiempo que el equipo de carguío estuvo en espera por volquetes de acarreo,

Tabla 38 Queue por hora del VL300 – 7 y 8 de enero 2018

Fecha	Hora	Equipo	Hang (min)
7 Enero 2018	10 - 11	V300	1,83
7 Enero 2018	11 - 12	V300	0,10
7 Enero 2018	13 - 14	V300	0,00
7 Enero 2018	14 - 15	V300	0,03
7 Enero 2018	15 - 16	V300	0,20
7 Enero 2018	16 - 17	V300	0,43
7 Enero 2018	20 - 21	V300	12,72
7 Enero 2018	23 - 0	V300	0,30
7 Enero 2018	0 - 1	V300	6,60
7 Enero 2018	1 - 2	V300	0,58
7 Enero 2018	3, - 4	V300	0,13
7 Enero 2018	4 - 5	V300	1,60
7 Enero 2018	5 - 6	V300	3,37
7 Enero 2018	6 - 7	V300	0,00
8 Enero 2018	0 - 1	V300	0,13
8 Enero 2018	1 - 2	V300	0,40
8 Enero 2018	10 - 11	V300	1,28
8 Enero 2018	11 - 12	V300	1,16
8 Enero 2018	13 - 14	V300	3,65
8 Enero 2018	14 - 15	V300	1,90
8 Enero 2018	15 - 16	V300	3,66
8 Enero 2018	16 - 17	V300	3,63
8 Enero 2018	17 - 18	V300	0,90
8 Enero 2018	18 - 19	V300	2,88
8 Enero 2018	19 - 20	V300	1,52
8 Enero 2018	20 - 21	V300	1,33
8 Enero 2018	21 - 22	V300	0,88
8 Enero 2018	22 - 23	V300	0,67
8 Enero 2018	23 - 0	V300	0,41
8 Enero 2018	3, - 4	V300	1,99
8 Enero 2018	4 - 5	V300	1,97
8 Enero 2018	5 - 6	V300	3,03
8 Enero 2018	6 - 7	V300	0,10
8 Enero 2018	8, - 9	V300	1,88
8 Enero 2018	9 - 10	V300	2,54

Como se puede observar se tienen datos por hora de cada excavadora, se necesitan 273 cuadros como éstos para cada uno de los 101 equipos analizados.

2. Por la gran cantidad de datos con los que se va a contar para este análisis, como segundo paso se va a hacer el análisis de Pareto para obtener muestras menos dispersas por cada equipo, discriminando datos que puedan resultar aleatorios para el análisis.
 - a. Ordenamos la tabla original (Tabla 38) en orden descendente, de mayor a menor queue,
 - b. Obtenemos, en una nueva columna, el queue acumulado.
 - c. De la misma manera, en una nueva columna, se va a obtener el porcentaje acumulado (a partir del queue acumulado).
 - d. El análisis de Pareto nos indica que porcentajes acumulados menores a 20% y mayores a 80% quedan fuera de la población de análisis.
 - e. Se va a sacar el promedio aritmético únicamente de los datos que están dentro del rango de Pareto, Así obtendremos el queue promedio mensual de un equipo de acarreo.

Tabla 39 análisis de Pareto - Queue del VL300 el 8 de enero 2018

Fecha	Hora	Equipo	Queue (min)	Acumulado	Acumulado (%)	Pareto
8 Enero	15 - 16	V300	3,66	3,66	10%	3,66
8 Enero	13 - 14	V300	3,65	7,31	20%	3,65
8 Enero	16 - 17	V300	3,63	10,94	30%	3,63
8 Enero	5 - 6	V300	3,03	13,98	39%	3,03
8 Enero	18 - 19	V300	2,88	16,86	47%	2,88
8 Enero	9 - 10	V300	2,54	19,4	54%	2,54
8 Enero	3 - 4	V300	1,99	21,39	60%	1,99
8 Enero	4 - 5	V300	1,97	23,36	65%	1,97
8 Enero	14 - 15	V300	1,9	25,26	70%	1,9
8 Enero	8 - 9	V300	1,88	27,14	76%	1,88
8 Enero	19 - 20	V300	1,52	28,66	80%	1,52
8 Enero	20 - 21	V300	1,33	29,99	83%	1,33
8 Enero	10 - 11	V300	1,28	31,27	87%	1,28
8 Enero	11 - 12	V300	1,16	32,43	90%	1,16
8 Enero	17 - 18	V300	0,9	33,33	93%	0,9
8 Enero	21 - 22	V300	0,88	34,21	95%	0,88
8 Enero	22 - 23	V300	0,67	34,88	97%	0,67
8 Enero	23 - 0	V300	0,41	35,29	98%	0,41

Fecha	Hora	Equipo	Queue (min)	Acumulado	Acumulado (%)	Pareto
8 Enero	0 - 1	V300	0,13	35,42	99%	0,13
8 Enero	1 - 2	V300	0,4	35,82	100%	0,4
8 Enero	6 - 7	V300	0,1	35,92	100%	0,1

Estos mismos pasos se van a repetir para los demás equipos en los demás días de estudio, para la antigua flota (VOLVO FMX 440, VOLVO FMX 840 y MERCEDES BENZ 444) y la nueva flota (SCANIA 460 y SCANIA 460HT); obteniendo los siguientes resultados:

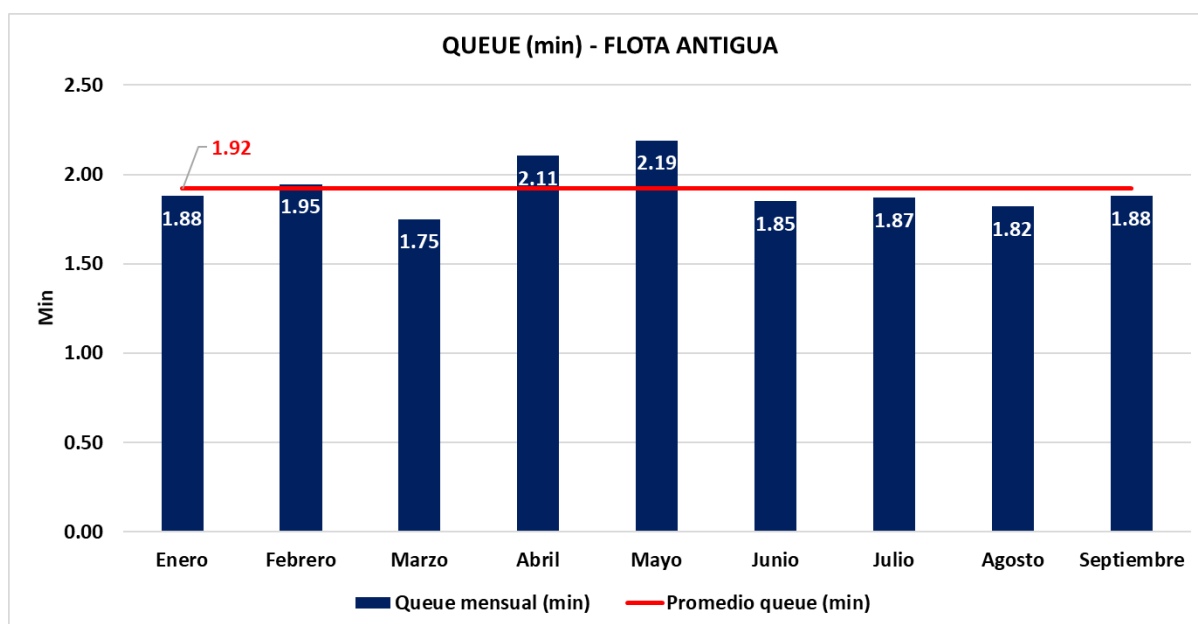
3.11.3.1. Antigua Flota

Debido a la gran cantidad de datos con los que contamos para este ítem, a continuación, se presentará el resumen mensual y por flotas, siguiendo los pasos antes descritos en el desarrollo.

Tabla 40 Queue promedio mensual – flota antigua

Mes	VOLVO FMX440	VOLVO FMX840	MERCEDES BENZ 444	Promedio (min)
Enero	2,29	2,18	1,17	1,88
Febrero	2,34	2,18	1,32	1,95
Marzo	2,09	1,93	1,23	1,75
Abril	2,22	1,99		2,11
Mayo		2,19		2,19
Junio		1,85		1,85
Julio		1,87		1,87
Agosto		1,82		1,82
Septiembre		1,88		1,88
Promedio flota				1,92

Gráfico 25 Queue promedio – flota antigua



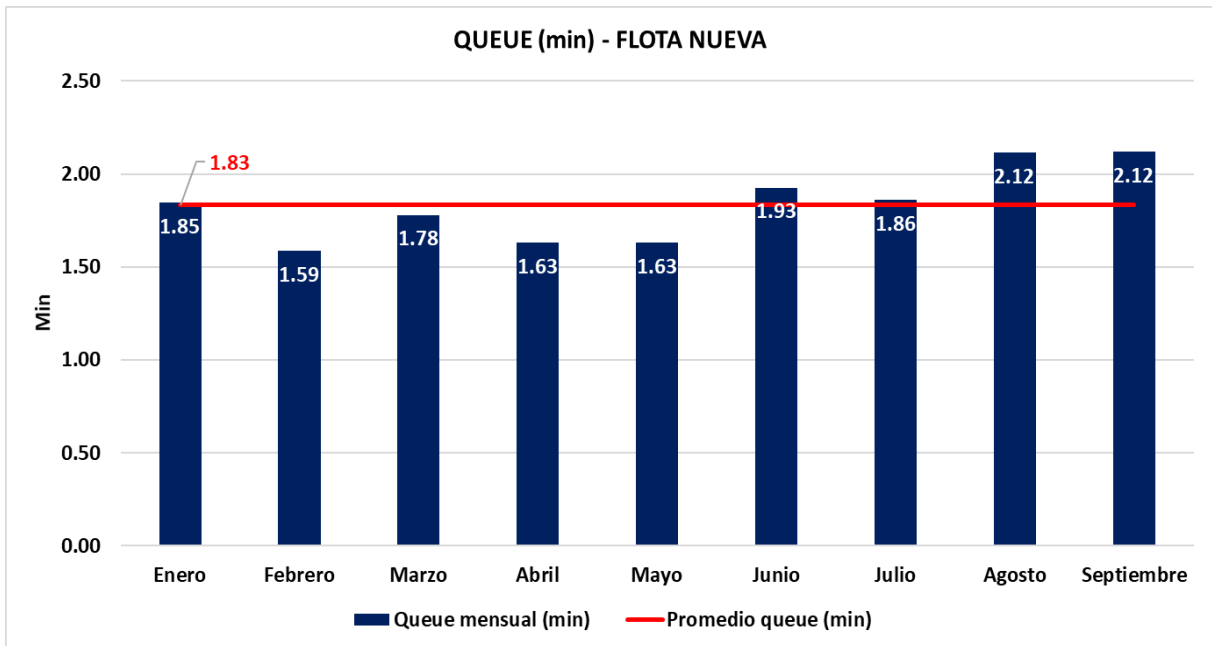
3.11.3.2. Nueva Flota

Debido a la gran cantidad de datos con los que contamos para este ítem, a continuación, se presentará el resumen mensual y por flotas, siguiendo los pasos antes descritos para el desarrollo.

Tabla 41 Queue promedio mensual – flota nueva

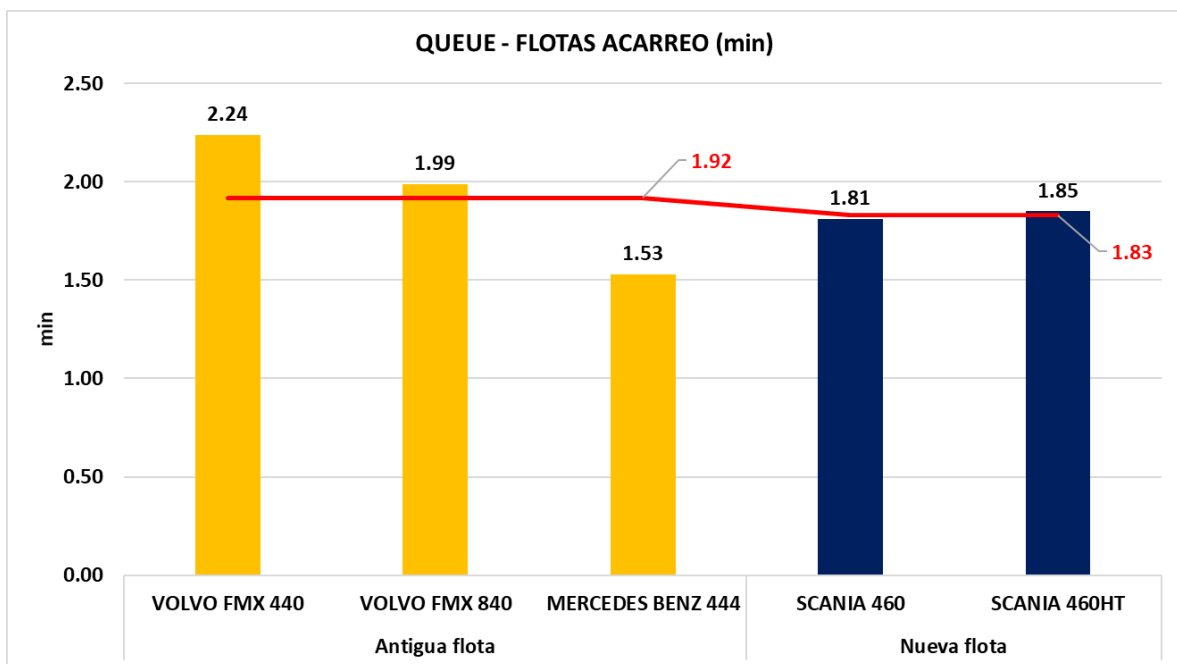
Mes	SCANIA 460	SCANIA 460HT	Promedio (min)
Enero	1,93	1,76	1,85
Febrero	1,50	1,67	1,59
Marzo	1,78	1,78	1,78
Abril	1,73	1,53	1,63
Mayo	1,59	1,67	1,63
Junio	1,91	1,94	1,93
Julio	1,81	1,91	1,86
Agosto	2,05	2,18	2,12
Septiembre	2,02	2,22	2,12
Promedio flota			1,83

Gráfico 26 Queue promedio – flota nueva



Como apreciamos en los gráficos anteriores (Gráficos 25 y 26), la mejora en tiempos de queue es relativamente baja, quiere decir que se tiene menos tiempos muertos en los equipos de acarreo (0,09 min en promedio). El siguiente gráfico (Gráfico 27) resume en un solo valor las distintas flotas de acarreo a lo largo de la temporada analizada.

Gráfico 27 Queue promedio



3.11.4. Velocidad promedio

La velocidad de los equipos de acarreo depende de muchos factores, tenemos que disminuye en épocas de lluvia por la condición de las vías, disminuye por la cantidad de material que lleva un volquete en la tolva, disminuye o aumenta por la pendiente en las vías, entre otros factores propios de la operación. Para este ítem se van a necesitar las distancias entre puntos carga – descarga, distancias totales recorridas por los equipos de acarreo y el tiempo que le toma al equipo realizar este recorrido, se tienen velocidades muy diferenciadas tanto para los volquetes vacíos y cargados.

En la siguiente imagen vamos a ver la ruta de acarreo de volquetes tanto de mineral como de desmonte.

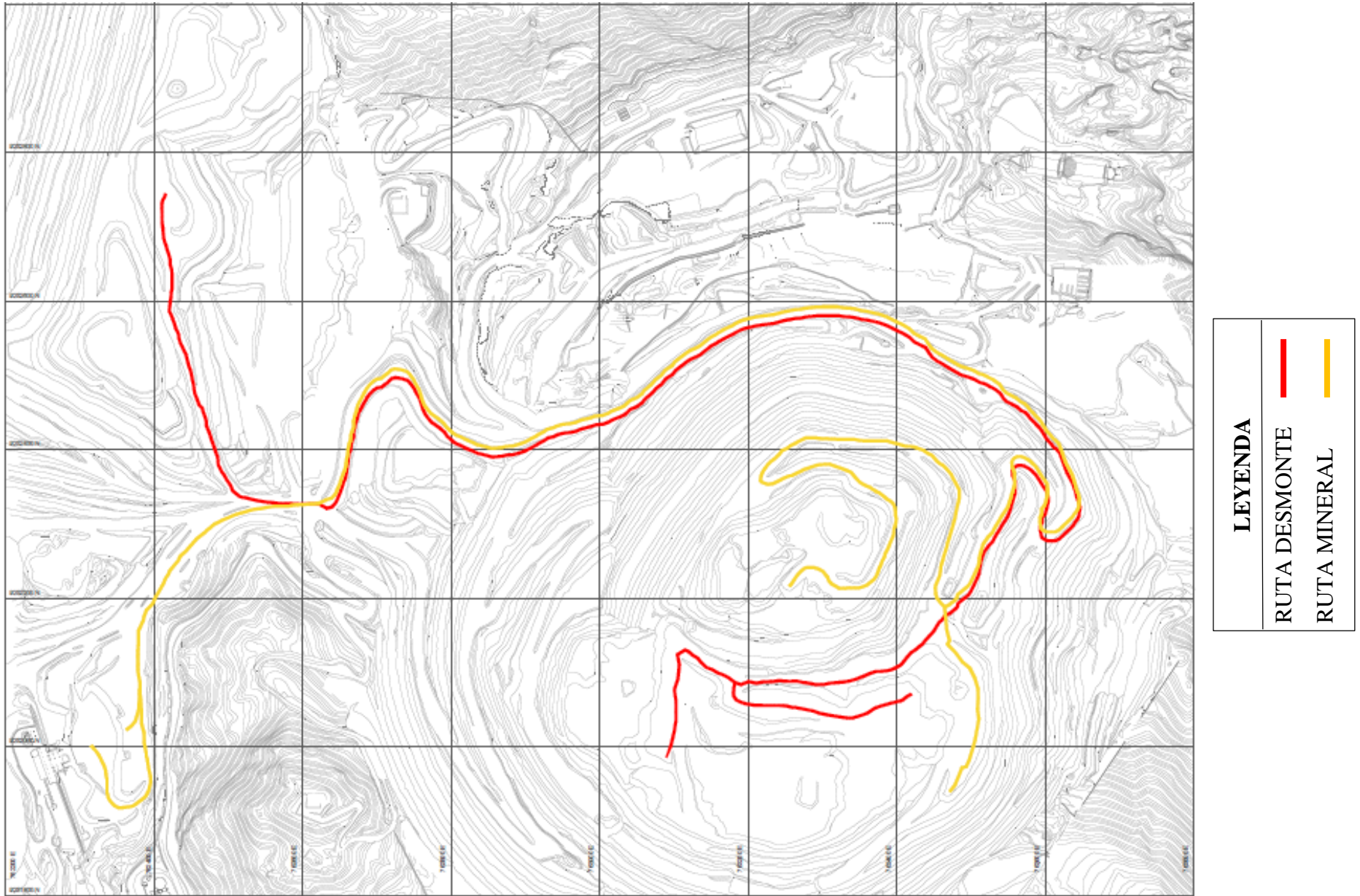


Figura 25 Rutas de mineral y desmonte 2019.

Para el presente análisis únicamente se van a requerir los “cubos de producción”, en dichos cubos se necesitan varios puntos del equipo de acarreo, entre ellos: tiempo viajando vacío, tiempo de cola (queue), tiempo de cuadrado, tiempo cargando, tiempo viajando cargado, tiempo esperando en la descarga, tiempo descargando y tiempo viajando vacío; éste sería el ciclo total del volquete en acarreo. Luego vamos a necesitar el total de distancia recorrida por el volquete (vacío y cargado).

Como muestra de la obtención de los datos que se necesitan para obtener el Queue en minutos promedio de las flotas de acarreo vamos a observar la obtención de la data de un equipo durante dos días (Volquete V338 de la flota SCANIA 460HT en el mes enero 2019).

1. En el cubo de producción vamos a requerir el tiempo en el que el equipo de acarreo estuvo viajando vacío, viajando cargado, distancia que recorrió durante el día vacío y cargado, Éstos datos los vamos a convertir en km y en horas.

Tabla 42 Tiempos de acarreo y distancias del VL338 en el mes de enero

Fecha	Equipo	Tiempo viajando vacío (min)	Tiempo viajando vacío (h)	Tiempo viajando cargado (min)	Tiempo viajando cargado (h)	Distancia Vacío (km)	Distancia cargado (km)
1-Enero	VL338	298,2	5,0	428,2	7,1	104,4	108,1
2-Enero	VL338	319,2	5,3	462,7	7,7	105,0	115,2
3-Enero	VL338	325,2	5,4	467,9	7,8	110,8	119,7
4-Enero	VL338	287,2	4,8	414,2	6,9	108,9	100,2
5-Enero	VL338	312,4	5,2	392,1	6,5	100,3	91,1
6-Enero	VL338	261,8	4,4	332,5	5,5	101,4	79,3
7-Enero	VL338	307,8	5,1	421,8	7,0	101,1	100,3
8-Enero	VL338	270,1	4,5	366,3	6,1	93,4	93,9
9-Enero	VL338	333,5	5,6	461,0	7,7	120,5	120,6
10-Enero	VL338	319,5	5,3	431,1	7,2	110,4	116,8
11-Enero	VL338	309,4	5,2	412,5	6,9	112,6	111,9
12-Enero	VL338	341,3	5,7	449,3	7,5	123,8	123,0
13-Enero	VL338	288,5	4,8	405,2	6,8	107,8	108,1
14-Enero	VL338	231,4	3,9	307,9	5,1	83,8	83,6
15-Enero	VL338	314,6	5,2	424,3	7,1	109,4	110,2
16-Enero	VL338	301,8	5,0	414,2	6,9	107,7	109,5
17-Enero	VL338	304,2	5,1	423,1	7,1	108,0	109,3

Fecha	Equipo	Tiempo viajando vacío (min)	Tiempo viajando vacío (h)	Tiempo viajando cargado (min)	Tiempo viajando cargado (h)	Distancia Vacío (km)	Distancia cargado (km)
18-Enero	VL338	350,3	5,8	475,5	7,9	112,0	113,7
19-Enero	VL338	424,6	7,1	436,1	7,3	107,8	109,8
20-Enero	VL338	323,2	5,4	459,0	7,6	122,7	125,2
21-Enero	VL338	875,0	6,8	579,9	9,7	123,7	125,5
22-Enero	VL338	343,0	5,7	466,9	7,8	116,4	117,2
23-Enero	VL338	355,0	5,9	478,7	8,0	119,6	120,5
24-Enero	VL338	297,5	5,0	425,3	7,1	103,6	107,7
25-Enero	VL338	328,1	5,5	468,6	7,8	122,4	116,3
26-Enero	VL338	308,5	5,1	443,3	7,4	105,8	105,0
27-Enero	VL338	306,6	5,1	426,6	7,1	98,0	94,7
28-Enero	VL338	326,9	5,4	464,0	7,7	117,9	114,8
29-Enero	VL338	319,1	5,3	439,6	7,3	103,4	102,4
30-Enero	VL338	327,9	5,5	460,5	7,7	108,2	108,8
31-Enero	VL338	352,8	5,9	468,5	7,8	108,5	109,1

2. En el cubo de producción vamos a requerir el tiempo en el que el equipo de acarreo estuvo viajando vacío, viajando cargado, distancia que recorrió durante el día vacío y cargado, Éstos datos los vamos a convertir en km y en horas.

Tabla 43 Velocidad cargado y vacío VL338 – enero 2019

Fecha	Equipo	Tiempo viajando vacío (min)	Tiempo viajando vacío (h)	Tiempo viajando cargado (min)	Tiempo viajando cargado (h)	Distancia Vacío (km)	Distancia cargado (km)	Velocidad vacío (km/h)	Velocidad cargado (km/h)
1-Enero	VL338	298,2	5,0	428,2	7,1	104,4	108,1	21,0	15,1
2-Enero	VL338	319,2	5,3	462,7	7,7	105,0	115,2	19,7	14,9
3-Enero	VL338	325,2	5,4	467,9	7,8	110,8	119,7	20,4	15,4
4-Enero	VL338	287,2	4,8	414,2	6,9	108,9	100,2	22,8	14,5
5-Enero	VL338	312,4	5,2	392,1	6,5	100,3	91,1	19,3	13,9
6-Enero	VL338	261,8	4,4	332,5	5,5	101,4	79,3	23,2	14,3
7-Enero	VL338	307,8	5,1	421,8	7,0	101,1	100,3	19,7	14,3
8-Enero	VL338	270,1	4,5	366,3	6,1	93,4	93,9	20,7	15,4
9-Enero	VL338	333,5	5,6	461,0	7,7	120,5	120,6	21,7	15,7
10-Enero	VL338	319,5	5,3	431,1	7,2	110,4	116,8	20,7	16,2
11-Enero	VL338	309,4	5,2	412,5	6,9	112,6	111,9	21,8	16,3
12-Enero	VL338	341,3	5,7	449,3	7,5	123,8	123,0	21,8	16,4
13-Enero	VL338	288,5	4,8	405,2	6,8	107,8	108,1	22,4	16,0
14-Enero	VL338	231,4	3,9	307,9	5,1	83,8	83,6	21,7	16,3
15-Enero	VL338	314,6	5,2	424,3	7,1	109,4	110,2	20,9	15,6
16-Enero	VL338	301,8	5,0	414,2	6,9	107,7	109,5	21,4	15,9
17-Enero	VL338	304,2	5,1	423,1	7,1	108,0	109,3	21,3	15,5

Fecha	Equipo	Tiempo viajando vacío (min)	Tiempo viajando vacío (h)	Tiempo viajando cargado (min)	Tiempo viajando cargado (h)	Distancia Vacío (km)	Distancia cargado (km)	Velocidad vacío (km/h)	Velocidad cargado (km/h)
18-Enero	VL338	350,3	5,8	475,5	7,9	112,0	113,7	19,2	14,3
19-Enero	VL338	424,6	7,1	436,1	7,3	107,8	109,8	15,2	15,1
20-Enero	VL338	323,2	5,4	459,0	7,6	122,7	125,2	22,8	16,4
21-Enero	VL338	875,0	6,8	579,9	9,7	123,7	125,5	18,2	13,0
22-Enero	VL338	343,0	5,7	466,9	7,8	116,4	117,2	20,4	15,1
23-Enero	VL338	355,0	5,9	478,7	8,0	119,6	120,5	20,2	15,1
24-Enero	VL338	297,5	5,0	425,3	7,1	103,6	107,7	20,9	15,2
25-Enero	VL338	328,1	5,5	468,6	7,8	122,4	116,3	22,4	14,9
26-Enero	VL338	308,5	5,1	443,3	7,4	105,8	105,0	20,6	14,2
27-Enero	VL338	306,6	5,1	426,6	7,1	98,0	94,7	19,2	13,3
28-Enero	VL338	326,9	5,4	464,0	7,7	117,9	114,8	21,6	14,8
29-Enero	VL338	319,1	5,3	439,6	7,3	103,4	102,4	19,4	14,0
30-Enero	VL338	327,9	5,5	460,5	7,7	108,2	108,8	19,8	14,2
31-Enero	VL338	352,8	5,9	468,5	7,8	108,5	109,1	18,4	14,0
Velocidad promedio VL338								20,6	15,0

Estos mismos pasos se van a repetir para los demás equipos en los demás días de estudio, para la antigua flota (VOLVO FMX 440, VOLVO FMX 840 y MERCEDES BENZ 444) y la nueva flota (SCANIA 460 y SCANIA 460HT); obteniendo los siguientes resultados:

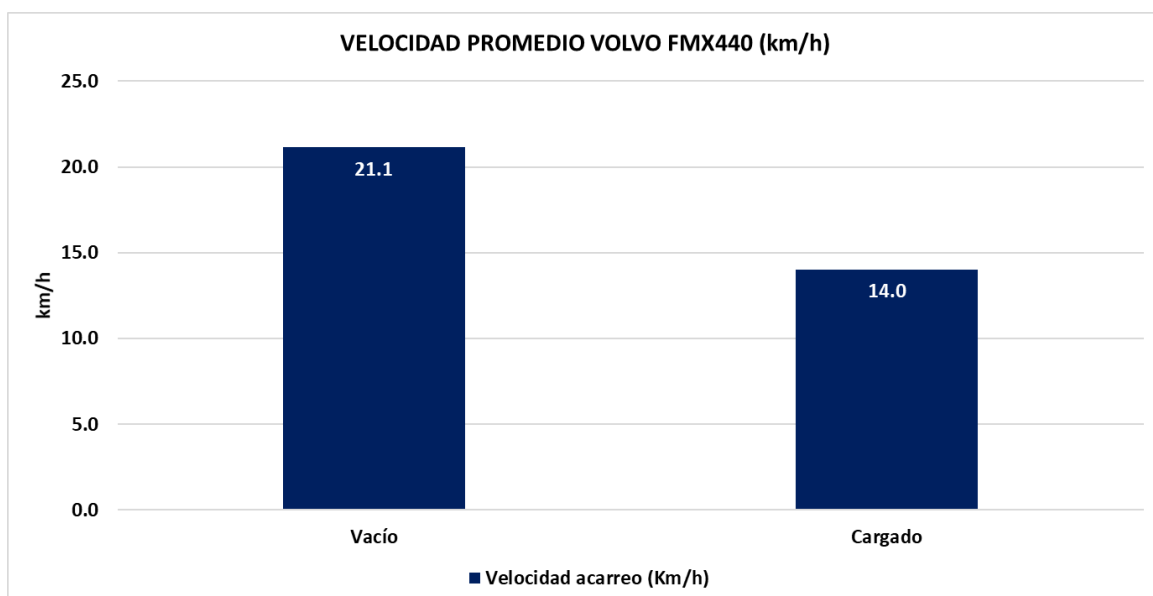
3.11.4.1. Antigua Flota

Flota VOLVO FMX440

Tabla 44 Velocidades promedio flota antigua Volvo FMX440

Mes	V vacío (km/h)	V cargado (km/h)
Enero	18,90	13,10
Febrero	17,50	12,90
Marzo	17,40	13,20
Abril	20,50	13,80
Mayo	21,50	14,40
Junio	21,30	14,70
Julio	23,10	14,60
Agosto	25,60	14,90
Septiembre	24,50	14,50
Promedio flota	21,14	14,01

Gráfico 28 Velocidad promedio flota antigua Volvo FMX440

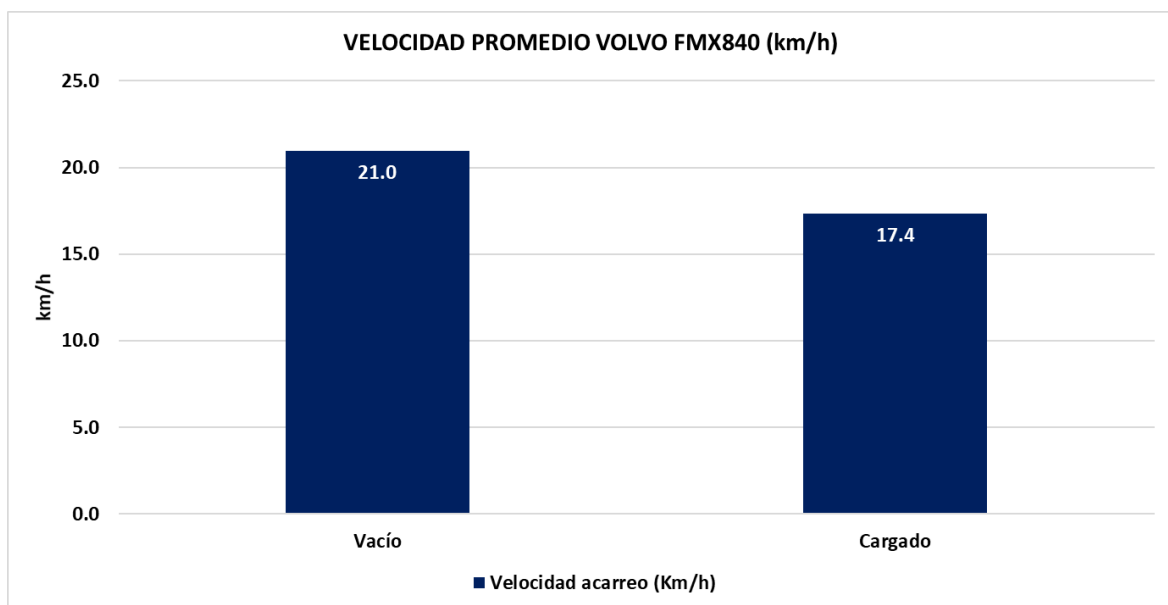


Flota VOLVO FMX840

Tabla 45 Velocidades promedio flota antigua Volvo FMX840

Mes	V vacío (km/h)	V cargado (km/h)
Enero	18,00	14,40
Febrero	16,80	14,20
Marzo	16,70	15,60
Abril	18,60	18,40
Mayo	22,30	18,30
Junio	21,10	19,30
Julio	24,00	19,30
Agosto	25,30	17,50
Septiembre	25,90	19,20
Promedio flota	20,97	17,36

Gráfico 29 Velocidad promedio flota antigua Volvo FMX840

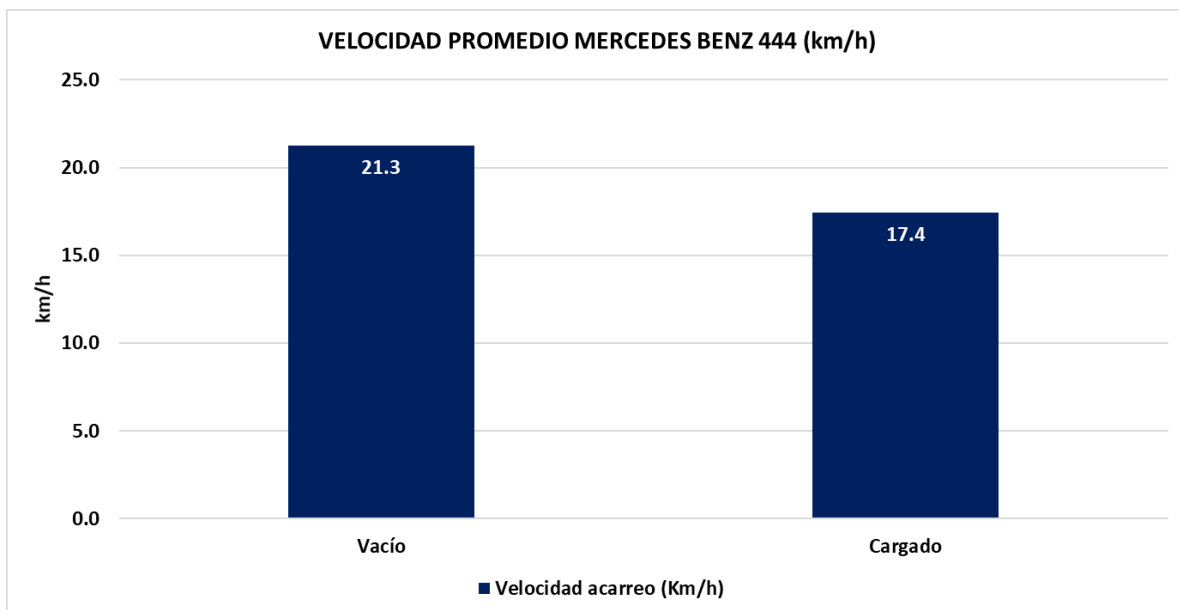


Flota MERCEDES BENZ 444

Tabla 46 Velocidades promedio flota antigua Mercedes Benz 444

Mes	V vacío (km/h)	V cargado (km/h)
Enero	17,9	13,6
Febrero	16,7	13,4
Marzo	16,6	14,7
Abril	18,5	17,6
Mayo	22,2	19,9
Junio	21,0	18,9
Julio	23,9	18,5
Agosto	28,7	20,2
Septiembre	25,8	20,2
Promedio flota	21,2	17,4

Gráfico 30 Velocidad promedio flota antigua Mercedes Benz 444



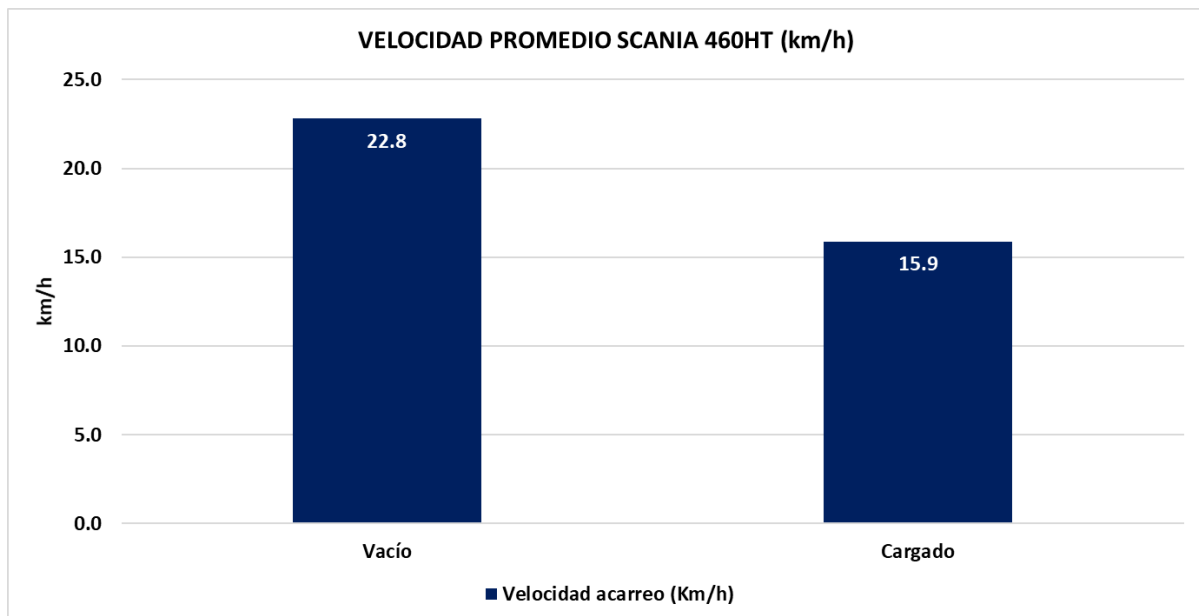
3.11.4.2. Nueva Flota

Flota SCANIA 460HT

Tabla 47 Velocidades promedio flota nueva Scania 460HT

Mes	V vacío (km/h)	V cargado (km/h)
Enero	20,6	15,0
Febrero	19,2	14,8
Marzo	19,0	15,1
Abril	22,2	15,7
Mayo	23,1	16,3
Junio	22,9	16,6
Julio	24,8	16,4
Agosto	27,3	16,7
Septiembre	26,2	16,4
Promedio flota	22,8	15,9

Gráfico 31 Velocidad promedio flota nueva Scania 460HT

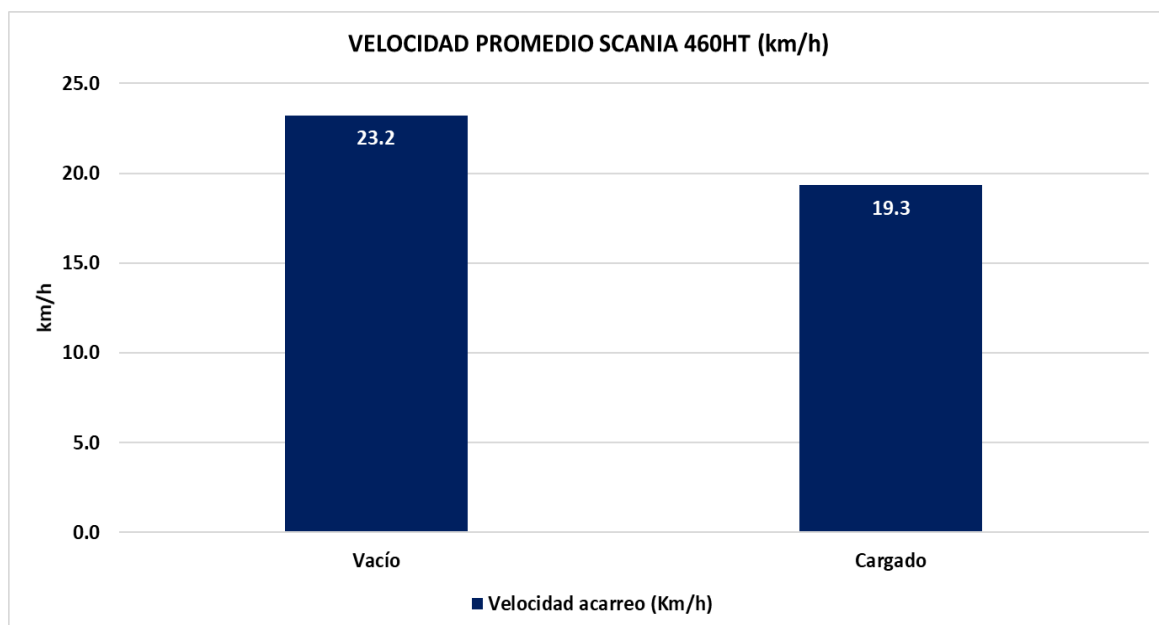


Flota SCANIA 460

Tabla 48 Velocidades promedio flota nueva Scania 460

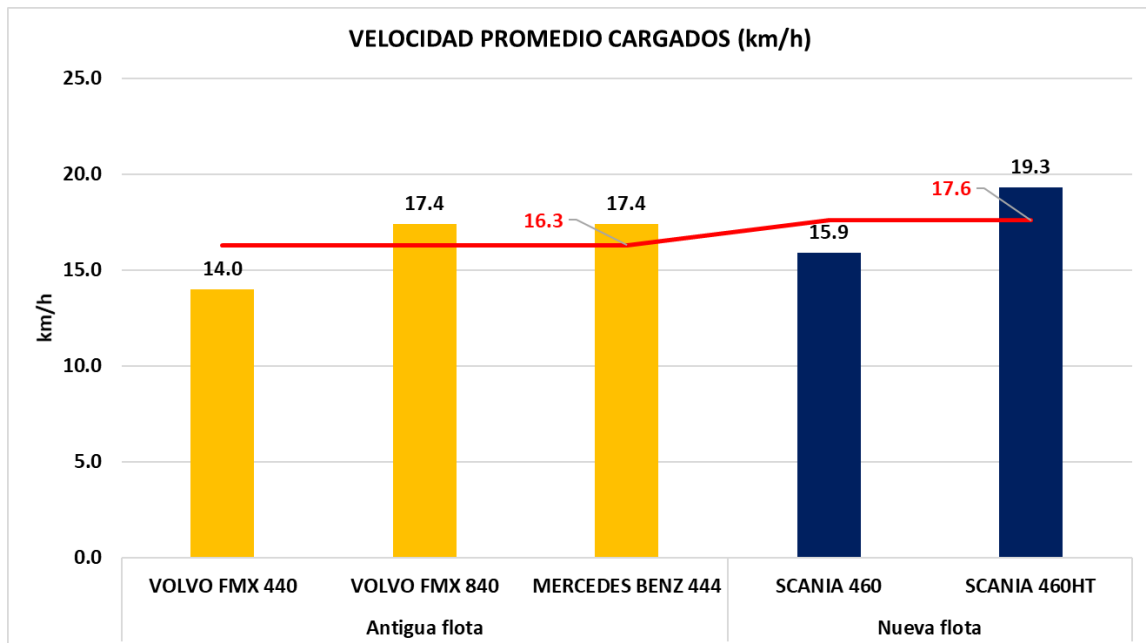
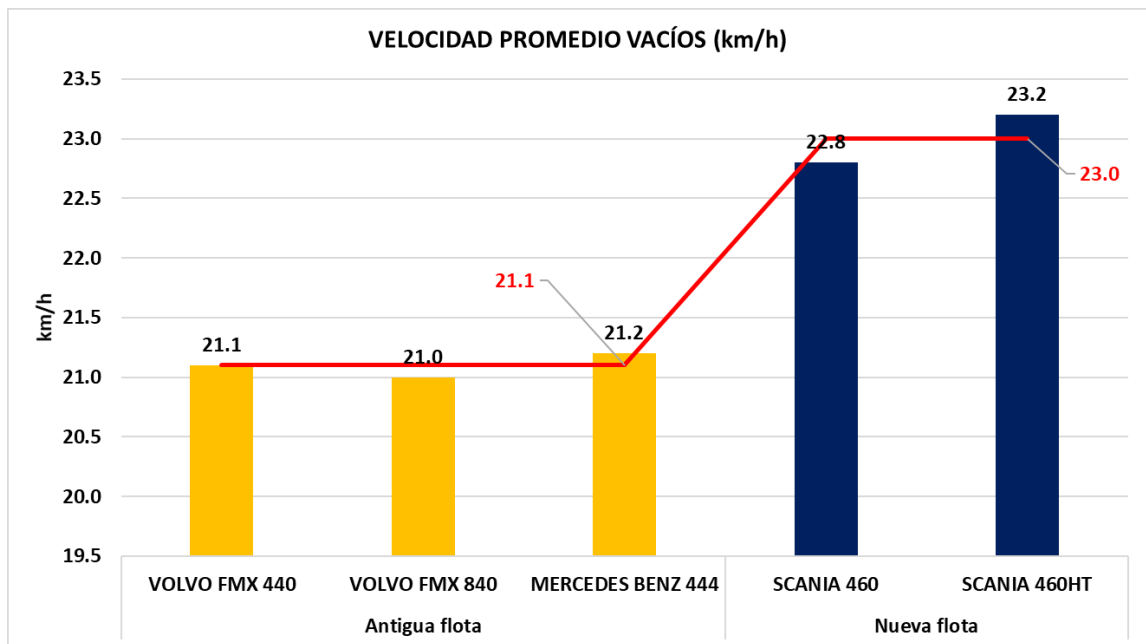
Mes	V vacío (km/h)	V cargado (km/h)
Enero	19,9	15,5
Febrero	18,7	15,3
Marzo	18,5	16,6
Abril	20,5	19,5
Mayo	24,2	21,7
Junio	23,0	20,7
Julio	25,9	20,4
Agosto	30,7	22,1
Septiembre	27,7	22,1
Promedio flota	23,2	19,3

Gráfico 32 Velocidad promedio flota nueva Scania 460



Como apreciamos en los gráficos anteriores (Gráficos 28, 29, 30, 31 y 32), la mejora en velocidad de acarreo es considerablemente mayor para la nueva flota. El siguiente gráfico (Gráfico 33) resume en un solo valor las distintas flotas de acarreo a lo largo de la temporada analizada.

Gráfico 33 Velocidad promedio flotas acarreo



Se observa claramente que las velocidades aumentan en la época seca, las velocidades promedio viajando vacío de la nueva flota es en promedio 1,9 km/h mayor a la antigua flota, y viajando cargado es 1,3 km/h mayor, esto indica que por cada hora transcurrida la nueva flota realiza 3,2 km más que la antigua flota.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Flota carguío

4.1.1.1. Disponibilidad Mecánica (DM)

Haciendo un promedio aritmético de la nueva flota se obtiene 94,5% de DM, esto significa 2,5% más de tiempo en promedio que tenemos un equipo disponible para ser usado en la operación de la nueva flota con respecto a la antigua flota. Por cada 100 horas transcurridas para un equipo de la antigua flota, 92 horas están disponibles para la operación y de la nueva flota son 94,5 horas disponibles.

En el tiempo que estamos analizando la flota nueva tenemos un total de 9 meses, en este tiempo tenemos 273 días y 6,552 horas.

Éste total de horas representa el tiempo que el equipo estuvo en Stand By, demora y operativo, entonces veremos el porcentaje de incidencia que tuvo el tiempo que estuvo operativo con respecto a los demás estados del equipo.

En el mismo ejemplo con la EX066 del mes de marzo 2019 veremos el porcentaje de incidencia del estado Ready/Operativo con respecto a los demás estados. Para éste análisis en el “cubo de estados” verificamos el estado “Ready”, luego se hace la división entre la suma de estados “Stand By” y “Delay”.

Tabla 49 Selección de un día específico para incidencia del estado operativo

Fecha	Equipo	Duración (h)	Stand By (h)	Ready (h)	Delay (h)	DM (%)
1-Marzo	EX066	24,00		17,69	6,31	100%
2-Marzo	EX066	24,00		19,17	4,83	100%
3-Marzo	EX066	24,00	2,61	16,49	4,90	100%
4-Marzo	EX066	24,00		16,22	7,78	100%
5-Marzo	EX066	24,00	0,30	16,17	7,53	100%
6-Marzo	EX066	24,00	0,64	17,51	5,85	100%
7-Marzo	EX066	24,00	10,76	9,56	3,68	100%
8-Marzo	EX066	23,43	11,66	8,07	3,70	100%
9-Marzo	EX066	24,00	0,29	20,88	2,83	100%
10-Marzo	EX066	24,00	1,16	17,66	5,18	100%
11-Marzo	EX066	24,00	4,78	15,05	4,17	100%
12-Marzo	EX066	24,00		18,68	5,32	100%
13-Marzo	EX066	24,00	2,48	17,79	3,73	100%
14-Marzo	EX066	24,00	1,06	16,48	6,47	100%
15-Marzo	EX066	24,00	1,76	1,17	1,74	19%
16-Marzo	EX066	24,00	11,18	8,82	3,61	98%
17-Marzo	EX066	24,00		11,22	2,76	58%
18-Marzo	EX066	24,00	1,04	17,85	5,12	100%
19-Marzo	EX066	24,00	0,24	17,19	6,57	100%
20-Marzo	EX066	24,00	0,51	17,04	6,44	100%
21-Marzo	EX066	24,00	1,01	17,27	5,72	100%
22-Marzo	EX066	24,00	3,35	13,83	6,82	100%
23-Marzo	EX066	24,00	2,16	16,50	5,34	100%
24-Marzo	EX066	24,00	5,99	6,33	3,55	66%
25-Marzo	EX066	24,00	20,46	1,04	2,50	100%
26-Marzo	EX066	24,00	2,82	16,59	4,59	100%
27-Marzo	EX066	24,00	0,71	17,47	5,81	100%
28-Marzo	EX066	24,00		16,91	7,09	100%
29-Marzo	EX066	24,00		19,18	4,82	100%
30-Marzo	EX066	24,00		19,42	4,58	100%
31-Marzo	EX066	24,00		20,31	3,69	100%

En el día seleccionado se observa que la disponibilidad mecánica fue de 66%, de éste total la excavadora EX066 estuvo en Stand By 5,99 horas, en Demora 3,55 horas y en estado operativa 6,33 horas, Para el análisis nos sirve el tiempo que estuvo operativa, el porcentaje de incidencia del equipo operativo del día 24 de marzo de 2019 es:

$$\% \text{incidencia operativa } 24/03/19 = 66\% * \frac{6.33 \text{ h}}{5.99 \text{ h} + 3.55 \text{ h} + 6.33 \text{ h}} = 26.3\%$$

En éste día el equipo estuvo disponible para la operación en 66%, de este tiempo 26,3% estuvo operativo y 39,7% en Stand By y Demora.

Tabla 50 Porcentaje de incidencia del estado operativo en la EX066 – 24 de marzo de 2019

Fecha	Excavadora	DM (%)	% incidencia	
			Ready	Otros
1 Marzo 2019	EX066	100%	74%	26%
2 Marzo 2019	EX066	100%	80%	20%
3 Marzo 2019	EX066	100%	69%	31%
4 Marzo 2019	EX066	100%	68%	32%
5 Marzo 2019	EX066	100%	67%	33%
6 Marzo 2019	EX066	100%	73%	27%
7 Marzo 2019	EX066	100%	40%	60%
8 Marzo 2019	EX066	100%	34%	66%
9 Marzo 2019	EX066	100%	87%	13%
10 Marzo 2019	EX066	100%	74%	26%
11 Marzo 2019	EX066	100%	63%	37%
12 Marzo 2019	EX066	100%	78%	22%
13 Marzo 2019	EX066	100%	74%	26%
14 Marzo 2019	EX066	100%	69%	31%
15 Marzo 2019	EX066	19%	5%	15%
16 Marzo 2019	EX066	98%	37%	62%
17 Marzo 2019	EX066	58%	47%	12%
18 Marzo 2019	EX066	100%	74%	26%
19 Marzo 2019	EX066	100%	72%	28%
20 Marzo 2019	EX066	100%	71%	29%
21 Marzo 2019	EX066	100%	72%	28%
22 Marzo 2019	EX066	100%	58%	42%
23 Marzo 2019	EX066	100%	69%	31%
24 Marzo 2019	EX066	66%	26%	40%

Fecha	Excavadora	DM (%)	% incidencia	
			Ready	Otros
25 Marzo 2019	EX066	100%	4%	96%
26 Marzo 2019	EX066	100%	69%	31%
27 Marzo 2019	EX066	100%	73%	27%
28 Marzo 2019	EX066	100%	70%	30%
29 Marzo 2019	EX066	100%	80%	20%
30 Marzo 2019	EX066	100%	81%	19%
31 Marzo 2019	EX066	100%	85%	15%

Así con el mismo procedimiento diario del ejemplo, se realiza el cálculo para los 9 meses restantes, se obtienen las siguientes tablas resumen para ambas flotas.

Flota Antigua

Tabla 51 Incidencia del estado operativo en la flota antigua

MES	RE32			RE33			RE44		
	DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia	
		Operativo	Otros		Operativo	Otros		Operativo	Otros
Enero	96%	70%	26%	95%	70%	24%	93%	67%	26%
Febrero	94%	69%	24%	92%	72%	20%	88%	56%	32%
Marzo	96%	56%	39%	96%	63%	33%	87%	50%	37%
Abril	94%	65%	29%	80%	51%	29%	94%	56%	37%
Mayo				90%	68%	21%	84%	67%	17%
Junio				87%	66%	20%	84%	68%	17%
Julio				92%	63%	29%			
Agosto				95%	62%	33%			
Septiembre				98%	41%	57%			
Promedio operativo		65,20%			61,90%			60,70%	

MES	RE46			RE49		
	DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia	
		Operativo	Otros		Operativo	Otros
Enero	86%	65%	21%	94%	72%	21%
Febrero	92%	69%	22%	90%	70%	20%
Marzo	91%	66%	24%	90%	66%	25%
Abril				95%	69%	26%
Mayo				94%	69%	25%
Junio				82%	63%	20%
Julio				95%	73%	22%
Agosto				97%	63%	34%
Promedio operativo		67,00%			68,00%	

Promedio Flota 64,60%

Los equipos de carguío de la antigua flota teniendo una disponibilidad mecánica de 92%, las horas que tiene disponibles para la operación, en promedio, durante ese tiempo es de $92\% * 6,552 \text{ h} = 6,025 \text{ horas}$.

$$\text{Horas operativas} = 64.6\% * 6,025 \text{ h} = 3,892 \text{ h}$$

Flota Nueva

Tabla 52 Incidencia del estado operativo en la flota nueva

MES	EX064			EX067			EX069		
	DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia	
		Operativo	Otros		Operativo	Otros		Operativo	Otros
Enero	93%	64%	29%	97%	47%	50%	96%	63%	33%
Febrero	95%	61%	33%	93%	50%	43%	97%	50%	47%
Marzo	95%	58%	37%	96%	54%	42%	98%	61%	37%
Abril	95%	57%	38%	92%	65%	27%	97%	61%	36%
Mayo	92%	60%	32%	93%	66%	27%	98%	65%	33%
Junio				97%	57%	40%	90%	54%	36%
Julio				96%	57%	39%	94%	53%	41%
Agosto				99%	59%	40%	96%	61%	35%
Septiembre				97%	64%	33%	100%	62%	38%
Promedio operativo		60%			57.6%			58.9%	
Promedio flota				58.8%					

MES	EX063			EX065			EX066		
	DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia	
		Operativo	Otros		Operativo	Otros		Operativo	Otros
Enero	95%	68%	26%	99%	73%	26%	95%	72%	23%
Febrero	84%	71%	13%	92%	64%	28%	92%	67%	25%
Marzo	97%	65%	32%	87%	64%	23%	97%	72%	25%
Abril	98%	70%	28%	84%	74%	10%	90%	62%	28%
Mayo	93%	67%	26%	94%	69%	24%	100%	68%	32%
Junio	99%	68%	31%	95%	67%	28%	95%	67%	28%
Julio	94%	60%	34%	98%	66%	32%	99%	71%	29%
Agosto	96%	70%	26%	95%	68%	27%	98%	69%	29%
Septiembre	97%	69%	27%	96%	73%	23%	95%	62%	33%
Promedio operativo		67.7%			68.6%			67.7%	
Promedio Flota				68.0%					

Los equipos de carguío de la nueva flota CAT374DL teniendo una disponibilidad mecánica de 95%, las horas que tiene disponibles para la operación, en promedio, durante ese tiempo es de $95\% * 6,552 \text{ h} = 6,224 \text{ horas}$.

$$\text{Horas operativas} = 58.8\% * 6,224 \text{ h} = 3,660 \text{ h}$$

Teniendo en cuenta que son 2 excavadoras de esta flota, de un total de 5, las horas operativas son $3,660 \text{ h} * 2/5 = 1,464 \text{ h}$.

Los equipos de carguío de la nueva flota CAT390FL teniendo una disponibilidad mecánica de 94%, las horas que tiene disponibles para la operación, en promedio, durante ese tiempo es de $94\% * 6,552 \text{ h} = 6,159 \text{ horas}$.

$$\text{Horas operativas} = 68.0\% * 6,159 \text{ h} = 4,188 \text{ h}$$

Teniendo en cuenta que son 3 excavadoras de esta flota, de un total de 5, las horas operativas son $4,188 \text{ h} * 3/5 = 2,513 \text{ h}$.

Las horas totales operativas de la nueva flota entonces es $1,464 \text{ h} + 2,513 \text{ h} = 3,977 \text{ h}$.

Durante los 9 meses de análisis se observa que con la nueva flota se tuvieron $3,977 \text{ h} - 3,892 \text{ h} = 85 \text{ horas}$ más en estado operativo un equipo de carguío, para los 5 equipos de carguío de la flota serían 425 horas.

De este total de horas las 2/5 partes son de la flota CAT374DL (170 horas) y las 3/5 partes son de la flota CAT390FL (255 horas).

La productividad horaria promedio de la flota CAT374DL es 748 Ton/h (Gráfico 8), por lo que su productividad en este tiempo sería $170 \text{ h} * 748 \text{ Ton/h} = 127,160 \text{ Ton}$. La productividad horaria promedio de la flota CAT390FL es 913 Ton/h, por lo que su productividad en este tiempo sería $255 \text{ h} * 913 \text{ Ton/h} = 232,815 \text{ Ton}$. Lo que hace un total de 359,975 ton más, minadas con la nueva flota en 9 meses.

Se entiende por stripping ratio, la cantidad de desmonte que se tiene que minar para minar una tonelada de mineral, De acuerdo a la tabla de cantidad de material minado en fechas enero – septiembre del 2019 (Tabla 53), el stripping ratio es 1,92. Esto quiere decir que se tiene que minar 1,92 ton de desmonte para minar una tonelada de mineral.

Tabla 53 Cantidad de mineral minado enero – setiembre (2018 y 2019)

FLOTA	Mes	Desmonte	Mineral
ANTIGUA FLOTA	Enero-18	1,340,320	539,584
	Febrero-18	1,080,307	521,601
	Marzo-18	1,063,938	523,658
	Abril-18	1,049,930	534,221
	Mayo-18	1,233,395	513,580
	Junio-18	1,051,700	380,052
	Julio-18	950,147	533,710
	Agosto-18	969,844	527,017
	Septiembre-18	1,210,489	456,292
Total	9,950,070	4,529,715	
NUEVA FLOTA	Enero-19	1,230,960	569,749
	Febrero-19	1,06,28	651,796
	Marzo-19	1,069,379	616,309
	Abril-19	307,004	170,518
	Mayo-19	1,205,332	682,888
	Junio-19	1,285,795	543,620
	Julio-19	1,423,841	666,163
	Agosto-19	1,459,327	677,799
	Septiembre-19	1,144,390	691,005
Total	10,132,054	5,269,847	

De las 359,975 ton más que se minaron con la nueva flota, de acuerdo al stripping ratio se divide de la siguiente manera el mineral y desmonte minado:

$$Ton_{Desmonte} = 1.92 * Ton_{Mineral}$$

$$Ton_{Desmonte} + Ton_{Mineral} = 359,975 \text{ ton}$$

$$1.92 * Ton_{Mineral} + Ton_{Mineral} = 359,975 \text{ ton}$$

$$Ton_{Mineral} = 123,279 \text{ ton}$$

$$Ton_{Desmonte} = 236,696 \text{ ton}$$

Dado que la compañía de percibir como costo de oportunidad \$ 35,00 por cada tonelada que no es movida hacia el rompad, Entonces la compañía está percibiendo durante los 9 meses de análisis 123,279 Ton * 35,00 \$/Ton = \$ 4,314,765,00; lo que hace un costo de oportunidad mensual de \$ **479,418,33**.

4.1.1.2. Productividad Horaria

La empresa contratista anterior contaba con 5 excavadoras CAT374DL, lo que haría una producción promedio por hora de toda la flota de 3225 ton/h, La empresa contratista actualmente cuenta con 2 excavadoras CAT374DL y 3 excavadoras CAT390FL, lo que hace una producción promedio por hora de toda la flota de 4235 ton/h.

$$\% \text{ mejora en productividad} = 100 \left(\frac{2(748 \text{ ton/h}) + 3(913 \text{ ton/h})}{5(645 \text{ ton/h})} - 1 \right) [\%]$$

$$\% \text{ mejora en productividad} = 31.3\%$$

Se clasificó por tipo de material (mineral y desmonte) la producción diaria durante el tiempo de análisis de datos, la producción diaria en dicho periodo la podemos observar en el Anexo 6, en la Tabla 53 se observa el resumen de la producción por tipo de material.

Las empresas contratistas manejan sus propios costos unitarios para sus procesos, en este caso ambas empresas tienen la misma forma de calcular el costo unitario de carguío por tipo de material y por BCM cargado, en las siguientes tablas (tabla 54) podemos ver los costos base de carguío para las flotas:

Tabla 54 Costos unitarios de carguío de las empresas contratistas

Material Group	\$/BCM carguío
Mill Ore - Hypogene	0,678
Waste Rock - Hypogene	0,528
Waste Rock - Limestone	0,641
Inadecuate Material	0,604
Top Soil	0,595

Material Group	\$/BCM carguío
Mill Ore - Hypogene	0,401
Waste Rock - Hypogene	0,305
Inadecuate Material	0,298

Dentro de un yacimiento minero se presentan distintos tipos de roca, con distintas durezas y densidades diferentes, para el caso de Cerro Corona tenemos una densidad promedio de 2,5 ton/m³ tanto para mineral como desmante.

- a. El costo que representó el carguío de material en el tiempo de estudio para la primera flota es el siguiente:

Desmante

$$densidad(\rho) = \frac{Masa (ton)}{Vol. (BCM)}$$

$$Vol. (BCM) = \frac{9,950,070 ton}{2.5 ton/m^3} \rightarrow Vol. = 3,980,028 BCM$$

$$Costo carguio desmante = 3,980,028 BCM * 0.528 \$/BCM$$

$$Costo carguio desmante = \$ 2,101,455$$

Mineral

$$Vol. (BCM) = \frac{4,529,715 ton}{2.5 ton/m^3} \rightarrow Vol. = 1,811,886 BCM$$

$$Costo carguio mineral = 1,811,886 BCM * 0.678 \$/BCM$$

$$Costo carguio mineral = \$ 1,228,459$$

El costo de carguío total de la antigua flota en el tiempo de análisis fue de \$ **3,329,914**.

- b. El costo que representó el carguío de material en el tiempo de estudio para la flota actual es el siguiente:

Desmante

$$Vol. (BCM) = \frac{10,132,054 \text{ ton}}{2.5 \text{ ton/m}^3} \rightarrow Vol. = 4,052,822 \text{ BCM}$$

$$Costo \text{ carguio desmante} = 4,052,822 \text{ BCM} * 0.305 \text{ \$/BCM}$$

$$Costo \text{ carguio desmante} = \$ 1,236,111$$

Mineral

$$Vol. (BCM) = \frac{5,269,847 \text{ ton}}{2.5 \text{ ton/m}^3} \rightarrow Vol. = 2,107,939 \text{ BCM}$$

$$Costo \text{ carguio mineral} = 2,107,939 \text{ BCM} * 0.401 \text{ \$/BCM}$$

$$Costo \text{ carguio mineral} = \$ 845,283$$

El costo de carguío total de la antigua flota en el tiempo de análisis fue de \$ **2,081,394**.

Haciendo el análisis entre las mismas fechas de diferentes años y en las mismas condiciones, se obtiene un ahorro promedio de \$ 1,248,520 en carguío de material (mineral y desmante) con la nueva flota en un tiempo de 9 meses. Lo que hace un ahorro promedio de \$ **138,724,00** mensual aproximado.

4.1.1.3. Hang (min)

El tiempo de hang se puede entender como un tiempo muerto en el carguío, el análisis se hará únicamente desde el diferencial de tiempos de hang. Teniendo como base el hang promedio de la antigua flota (1,75 minutos por cada hora),

Flota antigua

Durante el tiempo de estudio, como se vio anteriormente, tenemos 6,552 horas, en este total de horas, el tiempo que los equipos de carguío estuvieron esperando para cargar un volquete es $6,552 \text{ h} * 1,75 \text{ min/h} = 11,466 \text{ min}$, que es equivalente a **191,1 horas**.

Mineral

En la misma cantidad de horas, la flota CAT374DL con 2 volquetes, tiene como tiempo de hang $6,552 \text{ h} * 1,73 \text{ min/h} = 11,335 \text{ min}$, o su equivalente a $189 \text{ h} * 2/5 = 75,6 \text{ horas}$.

En la misma cantidad de horas, la flota CAT390FL con 3 volquetes, tiene como tiempo de hang $6,552 \text{ h} * 1,33 \text{ min/h} = 8,714 \text{ min}$, o su equivalente a $145,2 \text{ h} * 3/5 = 87 \text{ horas}$.

Entonces el tiempo total de hang promedio de la nueva flota de carguío es $75,6 \text{ h} + 87 \text{ h} = \mathbf{162,6 \text{ horas}}$.

Durante los 9 meses de análisis se observa que con la antigua flota se tuvieron 191,1 h de hang y con la nueva flota se tuvieron 162,6 h de hang, por lo que la nueva flota tiene **28,5 horas** muertas menos, por lo que para los 5 equipos de carguío de la flota serían 142,5 horas.

De este total de horas las 2/5 partes son de la flota CAT374DL (11,4 horas) y las 3/5 partes son de la flota CAT390FL (17,1 horas).

La productividad horaria promedio de la flota CAT374DL es 748 Ton/h (grafico 8), por lo que su productividad en este tiempo sería $11,4 \text{ h} * 748 \text{ Ton/h} = \mathbf{8,527 \text{ Ton}}$. La productividad horaria promedio de la flota CAT390FL es 913 Ton/h, por lo que su productividad en este tiempo sería $17,1 \text{ h} * 913 \text{ Ton/h} = \mathbf{15,612 \text{ Ton}}$. Lo que hace un total de 24,139 ton más, minadas con la nueva flota en 9 meses.

Habiendo visto el concepto de stripping ratio en el análisis anterior y de acuerdo a la tabla de cantidad de material minado (tabla 53) en fechas enero – septiembre del 2019, el stripping ratio es 1,92.

De las 24,139 ton más que se minaron con la nueva flota, de acuerdo al stripping ratio se divide de la siguiente manera el mineral y desmonte minado:

$$\begin{aligned}Ton_{Desmonte} &= 1.92 * Ton_{Mineral} \\Ton_{Desmonte} + Ton_{Mineral} &= 24,139 \text{ ton} \\1.92 * Ton_{Mineral} + Ton_{Mineral} &= 24,139 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ton_{Mineral} &= 8,267 \text{ ton} \\Ton_{Desmonte} &= 15,872 \text{ ton}\end{aligned}$$

El costo de oportunidad visto en el análisis anterior es de \$ 35,00 por cada tonelada que no es movida hacia el rompad, Entonces la compañía está percibiendo durante los 9 meses de análisis $8,267 \text{ Ton} * 35,00 \text{ \$/Ton} = \$ 289,345,00$; lo que hace un costo de oportunidad mensual de **\$ 32,149,00**.

4.1.2. Flota acarreo

4.1.2.1. Disponibilidad Mecánica (DM)

De acuerdo al Gráfico 18 y haciendo un promedio aritmético de la nueva flota se obtiene 85% de DM, la misma operación para la flota antigua significa 73,7%, esto significa que la nueva flota tiene 11,3% más de tiempo en promedio a un equipo disponible para ser usado en la operación con respecto a la antigua flota.

En el tiempo que estamos analizando la flota nueva tenemos un total de 9 meses, en este tiempo tenemos 273 días y 6,552 horas.

Éste total de horas representa el tiempo que el equipo estuvo en Stand By, demora y operativo, entonces veremos el porcentaje de incidencia que tuvo el tiempo que estuvo operativo con respecto a los demás estados del equipo.

En el mismo ejemplo con el volquete VL298 de la flota nueva SCANIA 460 en el mes abril 2019 veremos el porcentaje de incidencia del estado Ready/Operativo con respecto a los demás estados. Para éste análisis en el “cubo de estados” verificamos el estado “Ready”, luego se hace la división entre la suma de estados “Stand By” y “Delay”.

Tabla 55 Disponibilidad mecánica VL298 el 15 de abril de 2019

Fecha	Equipo de acarreo	Duración (h)	Ready (h)	Stand By (h)	Delay (h)	Promedio Equipo
1 Abril	VL298	24,0	8,6	12,3	3,0	100%
2 Abril	VL298	24,0	19,7	0,1	4,2	100%
3 Abril	VL298	24,0	16,7	2,7	4,6	100%
4 Abril	VL298	24,0	0,1	23,0	0,9	100%
5 Abril	VL298	24,0	9,9	3,5	2,3	65%
6 Abril	VL298	24,0	9,4	10,6	4,0	100%
7 Abril	VL298	24,0	5,3	1,8	3,7	45%
8 Abril	VL298	24,0		9,6		40%
9 Abril	VL298	24,0	0,4	4,5	1,2	26%
10 Abril	VL298	24,0		4,6		19%
11 Abril	VL298	24,0	6,2	12,4	2,7	88%
12 Abril	VL298	24,0	9,5	11,7	2,8	100%
13 Abril	VL298	24,0	3,7	14,9		77%
14 Abril	VL298	24,0	11,8	4,9	6,0	95%
15 Abril	VL298	24,0	8,4	8,9	2,1	81%
16 Abril	VL298	24,0	17,6	0,8	4,1	94%
17 Abril	VL298	24,0	17,3		5,4	95%
18 Abril	VL298	24,0	17,9	1,6	4,3	99%
19 Abril	VL298	23,6	16,3		7,2	100%
20 Abril	VL298	24,0	8,3	11,9	2,0	92%
21 Abril	VL298	24,0		24,0		100%
22 Abril	VL298	24,0	9,2	10,5	2,8	94%
23 Abril	VL298	24,0	1,0	14,6	0,8	68%
24 Abril	VL298	24,0	17,8		6,2	100%
25 Abril	VL298	24,0	19,4		4,6	100%
26 Abril	VL298	24,0	18,7	0,7	4,6	100%
27 Abril	VL298	24,0	12,1	8,0	3,9	100%
28 Abril	VL298	24,0		23,3	0,7	100%
29 Abril	VL298	24,0	12,5	1,6	1,9	67%
30 Abril	VL298	24,0		23,3	0,7	100%

En el día seleccionado se observa que la disponibilidad mecánica fue de 81%, de éste total el volquete estuvo en Stand By 8,9 horas, en Demora 2,1 horas y en estado operativo 8,4 horas.

Para el análisis nos sirve el tiempo que estuvo operativo, el porcentaje de incidencia del equipo operativo del día 15 de abril de 2019 es:

$$\% \text{incidencia operativa } 15/04/19 = 81\% * \frac{8.4 \text{ h}}{2.1 \text{ h} + 8.9 \text{ h} + 8.4 \text{ h}} = 35\%$$

En éste día el equipo estuvo disponible para la operación en 81%, de este tiempo 35% estuvo operativo y 46% en Stand By y Demora.

Tabla 56 Porcentaje de incidencia operativa VL298 el 15 de abril de 2019,

Fecha	Equipo de acarreo	DM(%)	% incidencia	
			Ready (h)	Otros (h)
1 Abril	VL298	100%	36%	64%
2 Abril	VL298	100%	82%	18%
3 Abril	VL298	100%	70%	30%
4 Abril	VL298	100%	0%	100%
5 Abril	VL298	65%	41%	24%
6 Abril	VL298	100%	39%	61%
7 Abril	VL298	45%	22%	23%
8 Abril	VL298	40%	0%	40%
9 Abril	VL298	26%	2%	24%
10 Abril	VL298	19%	0%	19%
11 Abril	VL298	88%	26%	63%
12 Abril	VL298	100%	40%	60%
13 Abril	VL298	77%	15%	62%
14 Abril	VL298	95%	49%	46%
15 Abril	VL298	81%	35%	46%
16 Abril	VL298	94%	73%	20%
17 Abril	VL298	95%	72%	23%
18 Abril	VL298	99%	75%	25%
19 Abril	VL298	100%	69%	31%
20 Abril	VL298	92%	35%	58%
21 Abril	VL298	100%	0%	100%
22 Abril	VL298	94%	38%	55%
23 Abril	VL298	68%	4%	64%
24 Abril	VL298	100%	74%	26%
25 Abril	VL298	100%	81%	19%
26 Abril	VL298	100%	78%	22%
27 Abril	VL298	100%	51%	49%
28 Abril	VL298	100%	0%	100%
29 Abril	VL298	67%	52%	15%
30 Abril	VL298	100%	0%	100%

Así con el mismo procedimiento diario del ejemplo, se realiza el cálculo para los 9 meses restantes, se obtienen las siguientes tablas resumen para ambas flotas.

Flota antigua

Tabla 57 Porcentaje de incidencia operativa - flota antigua

MES	VOLVO FMX 440			VOLVO FMX 840			MERCEDES BENZ 444		
	DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia	
		Operativo	Otros		Operativo	Otros		Operativo	Otros
Enero	73%	56%	17%	84%	67%	17%	66%	36%	30%
Febrero	81%	63%	18%	87%	67%	20%	64%	38%	26%
Marzo	71%	24%	47%	80%	41%	39%	54%	29%	25%
Abril				74%	34%	40%			
Mayo				89%	49%	40%			
Junio				90%	46%	44%			
Julio				85%	47%	38%			
Agosto				80%	37%	43%			
Septiembre									
Promedio operativo		47.8%			48.50%			34.3%	
Promedio flota				43,50%					

Los equipos de acarreo de la antigua flota VOLVO FMX440 teniendo una disponibilidad mecánica de 74%, las horas que tiene disponibles para la operación, en promedio, durante ese tiempo es de $74\% * 6,552 \text{ h} = 4,848 \text{ horas}$.

$$\text{Horas operativas} = 47.8\% * 4,848 \text{ h} = 2,317 \text{ h}$$

Teniendo en cuenta que son 5 volquetes de esta flota, de un total de 56, las horas operativas son $2,317 \text{ h} * 5/56 = 207 \text{ h}$.

Los equipos de acarreo de la antigua flota VOLVO FMX840 teniendo una disponibilidad mecánica de 85%, las horas que tiene disponibles para la operación, en promedio, durante ese tiempo es de $85\% * 6,552 \text{ h} = 5,569 \text{ horas}$.

$$\text{Horas operativas} = 48.4\% * 5,569 \text{ h} = 2,695 \text{ h}$$

Teniendo en cuenta que son 33 volquetes de esta flota, de un total de 56, las horas operativas son **2,695 h * 33/56 = 1,588 h.**

Los equipos de acarreo de la antigua flota MERCEDES BENZ 444 teniendo una disponibilidad mecánica de 62%, las horas que tiene disponibles para la operación, en promedio, durante ese tiempo es de $62\% * 6,552 \text{ h} = 4,062 \text{ horas}$.

$$\text{Horas operativas} = 34.3\% * 4,062 \text{ h} = 1,393 \text{ h}$$

Teniendo en cuenta que son 18 volquetes de esta flota, de un total de 56, las horas operativas son **1,393 h * 18/56 = 448 h.**

Las horas totales operativas de la flota antigua entonces es **207h + 1,588h + 448h = 2,243 h** por los 56 equipos de acarreo hacen un total de 125,608 horas operativas.

Flota nueva

Tabla 58 Porcentaje de incidencia operativa - flota antigua

MES	SCANIA 460			SCANIA 460HT		
	DM (%)	% Incidencia		DM (%)	% Incidencia	
		Operativo	Otros		Operativo	Otros
Enero	80%	47%	33%	89%	67%	22%
Febrero	73%	44%	29%	86%	64%	22%
Marzo	75%	44%	32%	82%	60%	22%
Abril	83%	40%	43%	85%	64%	21%
Mayo	84%	44%	41%	88%	66%	22%
Junio	86%	50%	36%	91%	67%	24%
Julio	88%	56%	32%	92%	70%	23%
Agosto	89%	62%	27%	92%	68%	23%
Septiembre	80%	52%	28%	90%	63%	28%
Promedio operativo		48,78%			65,44%	
Promedio flota	57,11%					

Los equipos de acarreo de la nueva flota SCANIA 460 teniendo una disponibilidad mecánica de 82%, las horas que tiene disponibles para la operación, en promedio, durante ese tiempo es de $82\% * 6,552 \text{ h} = 5,373 \text{ horas}$.

$$\text{Horas operativas} = 48.7\% * 5,373 \text{ h} = 2,617 \text{ h}$$

Teniendo en cuenta que son 13 volquetes de esta flota, de un total de 45, las horas operativas son $2,617 \text{ h} * 13/45 = 756 \text{ h}$.

Los equipos de acarreo de la nueva flota SCANIA 460HT teniendo una disponibilidad mecánica de 88%, las horas que tiene disponibles para la operación, en promedio, durante ese tiempo es de $88\% * 6,552 \text{ h} = 5,766 \text{ horas}$.

$$\text{Horas operativas} = 65.3\% * 5,766 \text{ h} = 3,765 \text{ h}$$

Teniendo en cuenta que son 32 volquetes de esta flota, de un total de 45, las horas operativas son $3,765 \text{ h} * 32/45 = 2,677 \text{ h}$.

Las horas totales operativas de la nueva flota entonces es $756 \text{ h} + 2,677 \text{ h} = 3,433 \text{ h}$ por los 45 equipos de acarreo hacen un total de 154,485 horas operativas.

Durante los 9 meses de análisis se observa que con la nueva flota se tuvieron $154,485 \text{ h} - 125,608 \text{ h} = 28,877 \text{ horas}$ más en estado operativo de todos los equipos de acarreo de la nueva flota con respecto a la antigua.

Esto nos indica que en el tiempo de estudio (273 días), 105,8 horas por día son las que se aprovechan de más con la nueva flota. De esta cantidad de horas las 13/45 partes le corresponden a la flota SCANIA 460 (39,3 horas) y 32/45 partes a la flota SCANIA 460HT (66,5 h).

Cada volquete SCANIA 460 tiene por día 3 horas más en estado operativo, la producción horaria de esta flota es de 81 ton/h, lo que hace una producción extra diaria de 3,159 ton. Cada volquete SCANIA 460HT tiene por día 2,1 horas más en estado operativo, la producción horaria de esta flota es de 108 ton/h, lo que hace una producción extra diaria de 7,257 ton.

Esto quiere decir que la producción diaria aumenta en 10,416 ton/día aproximadamente.

De las 10,416 ton más por día que se minan con la nueva flota, de acuerdo al stripping ratio visto en la tabla 53, tenemos el mineral y desmonte minado:

$$\begin{aligned}Ton_{Desmonte} &= 1.92 * Ton_{Mineral} \\Ton_{Desmonte} + Ton_{Mineral} &= 7,257 \text{ ton} \\1.92 * Ton_{Mineral} + Ton_{Mineral} &= 7,257 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$Ton_{Mineral} = 2,485 \text{ ton}$$

$$Ton_{Desmonte} = 4,772 \text{ ton}$$

Dado que la compañía de percibir como costo de oportunidad \$ 35,00 por cada tonelada que no es movida hacia el rompad, Entonces la compañía está percibiendo por día 2,485 Ton * 35,00 \$/Ton = \$ 86,975,00; lo que hace un costo de oportunidad mensual de **\$ 2,609,250,00.**

4.1.2.2. Productividad Horaria

La empresa contratista anterior contaba con 5 volquetes VOLVO FMX 440, afectada por el 74% de disponibilidad mecánica (3,7 volquetes) lo que haría una producción promedio de 329 ton/h; 33 volquetes VOLVO FMX840, afectados por el 85% de disponibilidad mecánica (28 volquetes) lo que haría una producción promedio de 2,352 ton/h; 18 volquetes MERCEDES BENZ 444, afectados por el 62% de disponibilidad mecánica (11,1 volquetes) lo que haría una producción promedio de 999 ton/h. En total la flota antigua produce en promedio 329 ton/h + 2,352 ton/h + 999 ton/h = **3,680 ton/h.**

La empresa contratista actualmente cuenta con 13 volquetes SCANIA 460, afectados por el 82% de disponibilidad mecánica (10,7 volquetes) lo que haría una producción promedio de 867 ton y 32 volquetes SCANIA 460HT, afectados por el 88% de disponibilidad mecánica (28,2 volquetes) lo que hace una producción promedio por hora de toda la flota de 3,046 ton/h. En total la flota nueva produce en promedio 867 ton/h + 3,046 ton/h = **3,913 ton/h.**

$$\% \text{ mejora en productividad} = 100 \left(\frac{3,913 \text{ ton/h}}{3,680 \text{ ton/h}} - 1 \right) [\%]$$

$$\% \text{ mejora en productividad} = 6.3\%$$

Tomando como base nuevamente la Tabla 53, se produjeron durante los 9 meses de análisis un total de 5,269,847 toneladas de mineral, éste tonelaje estaría afectado por el 6,3% de mejora de productividad por la nueva flota de acarreo.

$$6.3\% * 5,269,847 \text{ ton} = 332,000 \text{ ton}$$

Por lo que 332,000 ton fueron minadas más, gracias al cambio de flota de acarreo, esto afectado por el costo de oportunidad de \$ 35,00 por tonelada de mineral que ingresa a rompad, se obtiene \$ 11,620,000 en los 9 meses de estudio, esto significa \$ **1,291,111** extra por mes en acarreo.

4.1.2.3. Queue (min)

El tiempo de queue se puede entender como un tiempo muerto en el acarreo, el análisis se hará únicamente desde el diferencial de tiempos de queue. Teniendo como base el queue promedio de la antigua flota (Gráfico 27), que sería 0,09 minutos por cada hora de acarreo.

Flota antigua

Durante el tiempo de estudio tenemos 6,552 horas, en este total de horas, el tiempo que los equipos de acarreo estuvieron en cola para ser cargados por una excavadora son:

Para la flota VOLVO FMX440, cuenta con 5 volquetes y tienen un queue de 2,24 min, $6,552 \text{ h} * 2,24 \text{ min/h} = 14,676 \text{ min}$, o su equivalente a $244 \text{ h} * 5/56 = 22 \text{ horas}$.

Para la flota VOLVO FMX840, cuenta con 33 volquetes y tienen un queue de 1,92 min, $6,552 \text{ h} * 1,92 \text{ min/h} = 12,580 \text{ min}$, o su equivalente a $210 \text{ h} * 33/56 = 123 \text{ horas}$.

Para la flota MERCEDES BENZ 444, cuenta con 18 volquetes y tienen un queue de 1,53 min, $6,552 \text{ h} * 1,53 \text{ min/h} = 10,024 \text{ min}$, o su equivalente a $167 \text{ h} * 33/56 = 54 \text{ horas}$.

Entonces el tiempo total de queue promedio de la antigua flota de acarreo es $22 \text{ h} + 123 \text{ h} + 54 \text{ h} = \mathbf{199,7 \text{ horas}}$.

Flota nueva

En la misma cantidad de horas, la flota SCANIA 460 con 13 volquetes, tiene como tiempo de queue $6,552 \text{ h} * 1,81 \text{ min/h} = 11,859 \text{ min}$, o su equivalente a $198 \text{ h} * 13/45 = 57 \text{ horas}$.

Para la flota SCANIA 460HT con 32 volquetes, tiene como tiempo de queue $6,552 \text{ h} * 1,85 \text{ min/h} = 12,121 \text{ min}$, o su equivalente a $202 \text{ h} * 32/45 = 141 \text{ horas}$.

Entonces el tiempo total de hang promedio de la nueva flota de carguío es $57 \text{ h} + 141 \text{ h} = \mathbf{198,4 \text{ horas}}$.

Durante los 9 meses de análisis se observa que con la antigua flota se tuvieron 199,7 h de hang y con la nueva flota se tuvieron 198,4 h de queue, por lo que la nueva flota tiene 1,3 horas muertas menos, por lo que para los 45 equipos de carguío de la flota serían 58,5 horas.

De este total de horas las 13/45 partes son de la flota SCANIA 460 (17 horas) y las 32/45 partes son de la flota SCANIA 460HT (41,5 horas).

La productividad horaria promedio de la flota SCANIA 460 es 81 Ton/h (grafico 24), por lo que su productividad en este tiempo sería $17 \text{ h} * 81 \text{ Ton/h} = \mathbf{1,377 \text{ Ton}}$, La productividad horaria promedio de la flota SCANIA 460HT es 108 Ton/h, por lo que su productividad en este tiempo sería $41,5 \text{ h} * 108 \text{ Ton/h} = \mathbf{4,482 \text{ Ton}}$. Lo que hace un total de 5,859 ton más, minadas con la nueva flota en 9 meses.

Habiendo visto el concepto de stripping ratio en el análisis anterior y de acuerdo a la tabla de cantidad de material minado (tabla 53) en fechas enero – septiembre del 2019, el stripping ratio es 1,92.

De las 5,859 ton más que se minaron con la nueva flota, de acuerdo al stripping ratio se divide de la siguiente manera el mineral y desmonte minado:

$$\begin{aligned}Ton_{Desmonte} &= 1.92 * Ton_{Mineral} \\Ton_{Desmonte} + Ton_{Mineral} &= 5,859 \text{ ton} \\1.92 * Ton_{Mineral} + Ton_{Mineral} &= 5,859 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ton_{Mineral} &= 2,006 \text{ ton} \\Ton_{Desmonte} &= 3,853 \text{ ton}\end{aligned}$$

El costo de oportunidad visto en el análisis anterior es de \$ 35,00 por cada tonelada que no es movida hacia el rompad, Entonces la compañía está percibiendo durante los 9 meses de análisis $2,006 \text{ Ton} * 35,00 \text{ \$/Ton} = \$ 70,210,00$; lo que hace un costo de oportunidad mensual de **\$ 7,801,00**.

4.2. Contrastación de la hipótesis

Se demostró productiva y económicamente que el cambio de flota de carguío y acarreo trae consigo nuevos indicadores para los equipos, éstos indicadores van a modificar de manera positiva, estableciendo nuevos parámetros que deberán ser cumplidos lo más posible y de esta manera de va a tener un impacto económico y productivo positivo. La empresa contratista con su nueva flota de carguío, actualmente trabajando en la operación, principalmente reduce sus costos en el precio unitario por BCM minado, además de contar con el 60% de la flota con mayor capacidad de balde que la flota antigua; en el tema de acarreo principalmente aumenta la producción debido a que cuenta con equipos de acarreo de mayor capacidad que los anteriores, ya que en temas que hang y velocidades son relativamente parecidos con la flota antigua.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Con la nueva flota de carguío la productividad horaria mejoró en 31.3%, con esto se obtiene una ganancia de \$ 138,724.00 mensual. Para la flota de acarreo, la mejora se ve reflejada en producción horaria debido a que el 71% de la flota aumentó la capacidad de tolva, esto conlleva a una mejora de 6.3% en productividad horaria, obteniendo una mejora de \$ 1,291,111.00 mensual.

Ésta mejora de 31.3% en productividad de carguío nos va a indicar que por cada 4 días con 4 horas estamos ganando 1 día en trabajos de minado; a mediano y largo plazo, tendremos que por cada mes que estamos operando con la nueva flota, tenemos 7.2 días más de producción, y por cada año de producción estamos ganando 86.5 días.

En Cerro Corona, los cuellos de botella más recurrentes son: la disponibilidad mecánica de algunos equipos de acarreo que ya pueden tener tiempo de uso antes de ingresar a la operación; las malas condiciones de los frentes de minado, presencia de bolonería o excesivo descreste; falta de cuadradores; malas condiciones de vías, sobre todo en épocas de lluvia para que la velocidad de acarreo no se vea afectada.

5.2. RECOMENDACIONES

Es necesario actualizar constantemente los KPI's de carguío y acarreo para que, cuando se presenta alguna baja o valores debajo de los establecidos en los KPI's, automáticamente los involucrados se puedan dar cuenta de que es lo que está pasando y encontrarle solución de inmediato, Si una operación no tiene claros son los valores mínimos a cumplir, estaría caminando a ciegas.

Seguir con el estudio histórico y constante de las flotas de carguío y acarreo, ya que con el pasar del tiempo estas flotas dejarán de tener la disponibilidad mecánica que ahora tienen, disminuirá la productividad horaria, disminuirá la velocidad de acarreo; y esto es propio de toda máquina que con el tiempo se deprecia producto del constante uso, es necesario saber cuándo un equipo tiene que ser reemplazado por otro para cumplir con las productividades diarias y mensuales.

Los cuellos de botella deben ser eliminados, si es que no es en su totalidad que sea en gran porcentaje, porque en el día a día esto te genera no llegar a los KPI's mínimos establecidos y por consiguiente al cumplimiento diario y mensual,

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESPINOZA, R. 2016. Marketing y Pymes: Las principales claves del marketing en la PYME. Madrid, España.
- HUAMBACHANO, R. 2018. Mejoramiento de la distribución de flota de carguío y acarreo en tajo abierto. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional de Ingeniería - Perú.
- INC, C. 2014. Ficha Técnica CAT374DL. Ficha Técnica CAT374DL. 13 p.
- INC, C. 2014. Ficha Técnica CAT390FL. Ficha Técnica CAT390FL. 13 p.
- MANZANEDA CASTILLO, J. 2015. Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400k a 1000k BCM - UEA El Brocal Consorcio Pasco Stracon GYM. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Perú.
- MARR, B. 2012. Key Performance Indicators, the 75 measures every manager needs to know. Londres - Inglaterra.
- QUIQUIA, M. 2012. Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapaccay y Pucamarca. Tesis para optar el grado de Maestro en Gestión Minera. Universidad Nacional de Ingeniería - Perú.
- ROJAS, C. 2009. Descripción cuantitativa de los procesos de extracción y reducción de mineral en la minería de cobre a cielo abierto. Memoria para optar título de ingeniero civil industrial. Universidad de Chile - Chile.
- EXSA S,A. 2007. Manual práctico de voladura. Lima - Perú.

ANEXOS

ANEXO 1: Disponibilidad mecánica por equipo de la flota VOLVO FMX840

ANEXO 2: Disponibilidad mecánica por equipo de la flota SCANIA 460

ANEXO 3: Disponibilidad mecánica por equipo de la flota SCANIA 460HT

ANEXO 4: Productividad horaria por equipo de la flota VOLVO FMX840

ANEXO 5: Productividad horaria por equipo de la flota SCANIA 460

ANEXO 6: Productividad diaria de mineral y desmonte

ANEXO 7: Sección geológica del tajo Cerro Corona

ANEXO 1: Disponibilidad mecánica por equipo de la flota VOLVO FMX840

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Pomedio mes
2018	January	V1542	743,55	466,90	103,04	38,29	82%	84%
2018	January	V1543	743,37	424,61	90,54	12,32	71%	
2018	January	V1544	743,55	435,06	90,35	48,25	77%	
2018	January	V1545	743,53	251,83	53,25	41,70	47%	
2018	January	V304	743,53	530,69	115,14	26,44	90%	
2018	January	V305	743,35	521,13	107,11	23,20	88%	
2018	January	V314	743,53	497,10	104,53	25,22	84%	
2018	January	V315	743,40	497,61	110,66	12,36	83%	
2018	January	V316	743,55	484,61	98,78	26,79	82%	
2018	January	V317	743,45	501,42	105,04	21,74	84%	
2018	January	V318	743,45	467,93	99,48	21,25	79%	
2018	January	V319	743,46	474,77	104,69	37,16	83%	
2018	January	V320	743,37	543,61	123,20	22,54	93%	
2018	January	V321	743,46	479,38	100,12	22,68	81%	
2018	January	V322	743,52	527,58	108,81	15,50	88%	
2018	January	V323	743,40	505,40	107,71	25,17	86%	
2018	January	V359	743,57	544,34	109,94	18,07	90%	
2018	January	V360	743,45	522,39	100,33	40,46	89%	
2018	January	V361	743,44	540,61	109,51	14,52	89%	
2018	January	V362	743,36	531,10	107,73	14,63	88%	
2018	January	V363	743,40	532,40	107,64	25,92	90%	
2018	January	V364	743,31	529,60	111,88	21,14	89%	
2018	January	V365	743,56	541,68	107,89	17,56	90%	
2018	January	V366	736,92	519,71	117,17	20,84	89%	
2018	January	V367	743,37	527,48	121,14	7,02	88%	
2018	January	V368	743,25	549,97	121,44	13,81	92%	
2018	January	V369	743,45	448,93	95,06	8,83	74%	
2018	January	V370	743,34	504,27	108,78	18,45	85%	
2018	January	V371	743,53	537,77	112,59	26,04	91%	
2018	January	V372	743,41	382,49	83,95	3,93	63%	
2018	January	V373	743,45	537,19	116,57	27,74	92%	
2018	January	V374	743,53	577,30	119,53	13,87	96%	
2018	January	V375	743,35	490,52	102,59	21,05	83%	
2018	February	V1542	672,00	341,99	71,08	21,64	65%	
2018	February	V1543	672,00	318,32	61,31	33,37	61%	
2018	February	V1544	672,00	374,62	84,43	32,17	73%	
2018	February	V1545	672,00	452,85	97,35	30,94	86%	
2018	February	V304	672,00	475,16	107,84	28,94	91%	
2018	February	V305	672,00	427,34	98,90	21,63	82%	
2018	February	V314	672,00	459,02	96,46	25,76	86%	
2018	February	V315	672,00	455,34	107,21	31,11	88%	
2018	February	V316	672,00	459,19	97,11	20,85	86%	

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Pomedio mes	
2018	February	V317	672,00	487,85	112,90	20,53	92%	87%	
2018	February	V318	672,00	404,14	87,95	26,65	77%		
2018	February	V319	672,00	389,44	85,33	23,36	74%		
2018	February	V321	672,00	477,24	98,66	24,59	89%		
2018	February	V322	672,00	506,26	107,98	22,34	95%		
2018	February	V323	672,00	481,71	112,43	17,90	91%		
2018	February	V359	672,00	478,59	103,99	18,96	90%		
2018	February	V360	672,00	508,83	103,84	20,85	94%		
2018	February	V361	672,00	465,63	104,29	23,47	88%		
2018	February	V362	672,00	482,51	101,79	25,02	91%		
2018	February	V363	672,00	481,97	99,63	20,78	90%		
2018	February	V364	672,00	482,54	107,77	23,27	91%		
2018	February	V365	672,00	466,72	102,92	22,68	88%		
2018	February	V366	672,00	467,89	120,20	30,67	92%		
2018	February	V367	672,00	480,78	115,78	19,18	92%		
2018	February	V368	672,00	486,30	108,42	20,24	92%		
2018	February	V369	672,00	462,91	102,40	24,77	88%		
2018	February	V370	672,00	452,14	103,92	18,79	86%		
2018	February	V371	672,00	491,48	106,07	28,69	93%		
2018	February	V372	672,00	485,30	107,42	15,61	91%		
2018	February	V373	672,00	473,41	107,22	25,10	90%		
2018	February	V374	672,00	485,58	107,45	18,28	91%		
2018	February	V375	672,00	463,57	101,42	30,34	89%		
2018	March	V1542	744,00	190,10	46,10	392,83	85%		80%
2018	March	V1543	744,00	189,72	50,50	375,16	83%		
2018	March	V1544	744,00	188,69	45,88	6,03	32%		
2018	March	V1545	504,77	101,35	21,65	135,16	51%		
2018	March	V304	744,00	270,03	68,24	63,77	54%		
2018	March	V305	744,00	261,93	67,53	215,63	73%		
2018	March	V314	744,00	266,55	66,11	19,12	47%		
2018	March	V315	744,00	246,50	64,40	289,85	81%		
2018	March	V316	673,35	255,84	63,78	256,86	86%		
2018	March	V317	696,95	241,87	61,99	270,78	82%		
2018	March	V318	744,00	252,85	56,97	75,34	52%		
2018	March	V319	744,00	233,28	53,94	357,70	87%		
2018	March	V321	744,00	235,02	52,78	319,42	82%		
2018	March	V322	744,00	254,00	53,36	350,34	88%		
2018	March	V323	744,00	282,08	62,75	349,63	93%		
2018	March	V359	744,00	360,51	92,72	235,85	93%		
2018	March	V360	744,00	354,83	83,53	86,56	71%		
2018	March	V361	744,00	389,63	101,83	169,62	89%		
2018	March	V362	744,00	305,75	71,74	256,50	85%		
2018	March	V363	744,00	368,69	90,76	188,64	87%		
2018	March	V364	744,00	384,87	104,03	168,24	88%		

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Pomedio mes
2018	March	V365	733,63	339,30	94,18	196,09	86%	
2018	March	V366	744,00	369,23	106,64	201,07	91%	
2018	March	V367	744,00	342,95	87,64	259,65	93%	
2018	March	V368	744,00	378,53	93,32	174,74	87%	
2018	March	V369	744,00	343,84	88,25	218,94	88%	
2018	March	V370	744,00	372,79	93,90	195,41	89%	
2018	March	V371	744,00	355,66	76,74	252,27	92%	
2018	March	V372	744,00	307,27	80,38	238,75	84%	
2018	March	V373	744,00	376,97	87,19	195,84	89%	
2018	March	V374	744,00	341,58	81,30	270,44	93%	
2018	March	V375	744,00	296,46	71,12	259,02	84%	
2018	April	V316	720,00			389,86	54%	74%
2018	April	V317	720,00			389,86	54%	
2018	April	V319	720,00			389,88	54%	
2018	April	V359	719,57	89,98	31,17	151,91	38%	
2018	April	V360	708,42	111,22	33,68	533,72	96%	
2018	April	V361	713,08	296,05	81,65	225,38	85%	
2018	April	V362	719,56	136,79	47,80	398,81	81%	
2018	April	V363	708,26	287,41	90,11	247,17	88%	
2018	April	V364	708,90	193,10	56,80	381,22	89%	
2018	April	V365	719,39	258,50	78,49	228,36	79%	
2018	April	V366	719,57	265,05	76,44	206,56	76%	
2018	April	V367	719,57	183,12	62,23	192,25	61%	
2018	April	V368	719,57	391,50	116,59	138,12	90%	
2018	April	V369	708,86	151,88	45,96	288,95	69%	
2018	April	V370	719,57	153,16	47,11	389,74	82%	
2018	April	V371	708,86	191,84	57,44	356,13	85%	
2018	April	V372	719,58	270,54	72,90	216,08	78%	
2018	April	V373	712,84	283,24	82,19	236,11	84%	
2018	April	V374	719,57	242,12	70,61	318,80	88%	
2018	April	V375	708,90	61,74	20,63	320,63	57%	
2018	May	V359	741,83	347,09	91,62	231,87	90%	89%
2018	May	V360	719,42	324,99	92,34	211,43	87%	
2018	May	V361	725,19	394,69	109,75	148,45	90%	
2018	May	V362	741,72	391,57	116,81	221,12	98%	
2018	May	V363	741,85	346,82	88,05	204,14	86%	
2018	May	V364	671,28	197,41	52,45	308,95	83%	
2018	May	V365	729,66	461,10	102,03	72,18	87%	
2018	May	V366	733,35	366,54	107,41	151,46	85%	
2018	May	V367	695,31	358,10	99,82	171,60	91%	
2018	May	V368	719,11	343,40	110,46	187,18	89%	
2018	May	V369	659,57	346,70	92,02	90,59	80%	
2018	May	V370	678,54	299,75	95,84	232,34	93%	
2018	May	V371	642,42	218,74	70,12	283,56	89%	

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Pomedio mes
2018	May	V372	731,25	366,75	103,89	172,74	88%	
2018	May	V373	716,85	367,11	101,48	169,77	89%	
2018	May	V374	725,98	372,48	110,28	189,17	93%	
2018	May	V375	722,03	392,68	96,72	164,92	91%	
2018	June	V359	673,64	335,41	96,88	155,96	87%	90%
2018	June	V360	717,94	288,69	76,84	316,34	95%	
2018	June	V361	718,06	348,80	109,43	247,70	98%	
2018	June	V362	707,80	359,67	116,42	173,98	92%	
2018	June	V363	717,92	417,63	96,28	160,14	94%	
2018	June	V364	718,27	285,01	84,00	238,51	85%	
2018	June	V365	696,93	265,12	79,27	255,31	86%	
2018	June	V366	718,12	378,50	87,06	190,97	91%	
2018	June	V367	707,98	448,58	103,54	83,05	90%	
2018	June	V368	686,17	169,19	68,38	305,55	79%	
2018	June	V369	718,17	375,56	101,51	161,69	89%	
2018	June	V370	717,92	347,49	103,10	164,21	86%	
2018	June	V371	661,81	218,82	64,85	298,08	88%	
2018	June	V372	680,92	194,33	65,65	367,31	92%	
2018	June	V373	718,12	423,83	109,54	133,12	93%	
2018	June	V374	584,60	295,00	66,84	183,62	93%	
2018	June	V375	718,21	360,96	90,58	207,68	92%	
2018	July	V359	708,21	371,87	101,74	148,47	88%	85%
2018	July	V360	742,85	333,49	90,40	201,97	84%	
2018	July	V361	740,51	410,64	121,24	78,32	82%	
2018	July	V362	709,93	369,31	106,78	171,64	91%	
2018	July	V363	732,37	400,79	103,75	128,06	86%	
2018	July	V364	709,24	293,67	85,45	249,34	89%	
2018	July	V365	709,23	281,81	86,80	194,65	79%	
2018	July	V366	743,11	398,13	103,19	143,49	87%	
2018	July	V367	741,82	500,86	108,64	21,51	85%	
2018	July	V368	644,43	46,70	19,23	533,92	93%	
2018	July	V369	736,70	374,42	103,73	206,14	93%	
2018	July	V370	728,48	214,40	65,86	381,57	91%	
2018	July	V371	743,06	276,37	75,35	239,01	79%	
2018	July	V372	708,35	238,45	72,28	193,68	71%	
2018	July	V373	743,01	412,69	104,12	76,25	80%	
2018	July	V374	732,58	276,62	78,79	222,44	79%	
2018	July	V375	732,58	330,12	94,02	167,80	81%	
2018	August	V359	743,59	240,85	70,36	334,59	87%	
2018	August	V360	743,51	272,27	74,99	297,10	87%	
2018	August	V361	743,59	315,66	97,54	308,57	97%	
2018	August	V362	743,59	329,22	97,71	258,14	92%	
2018	August	V363	743,46	425,63	104,96	177,13	95%	
2018	August	V364	733,11	217,26	56,70	438,16	97%	

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Pomedio mes
2018	August	V365	732,92	288,93	82,75	291,66	91%	80%
2018	August	V366	743,65	188,42	47,40	230,04	63%	
2018	August	V367	718,50	64,10	16,97	486,96	79%	
2018	August	V368	636,98	69,00	22,14	499,20	93%	
2018	August	V369	743,65	301,79	75,60	296,89	91%	
2018	August	V370	708,38	88,86	28,44	208,99	46%	
2018	August	V371	702,67	84,10	26,33	243,98	50%	
2018	August	V372	743,60	183,53	51,80	104,58	46%	
2018	August	V373	733,12	190,40	55,35	260,74	69%	
2018	August	V374	588,71	253,88	66,87	245,40	96%	
2018	August	V375	743,59	307,53	75,89	228,64	82%	
2018	September	V359	504,00	18,70	6,00	410,49	86%	93%
2018	September	V361	504,00			504,00	100%	
2018	September	V362	504,00	0,02		435,18	86%	
2018	September	V363	504,00			504,00	100%	
2018	September	V364	504,00			504,00	100%	
2018	September	V365	504,00			504,00	100%	
2018	September	V367	504,00	0,62		434,58	86%	
2018	September	V368	504,00			435,20	86%	
2018	September	V369	504,00			435,20	86%	
2018	September	V373	504,00			435,21	86%	
2018	September	V374	504,00			504,00	100%	
PROMEDIO FLOTA VOLVO FMX 840								85%

ANEXO 2: Disponibilidad mecánica por equipo de la flota SCANIA 460

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Pomedio mes
2019	Enero	VL286	720,25	259,80	64,15	149,29	66%	80%
2019	Enero	VL288	701,33	182,93	58,07	301,16	77%	
2019	Enero	VL290	725,41	342,22	91,01	221,34	90%	
2019	Enero	VL292	742,43	487,65	128,14	84,37	94%	
2019	Enero	VL293	742,04	285,82	75,93	226,84	79%	
2019	Enero	VL298	742,29	486,66	116,70	43,68	87%	
2019	Enero	VL300	311,44	56,61	18,17	132,12	66%	
2019	Enero	VL301	685,51	137,79	39,49	231,45	60%	
2019	Enero	VL303	718,76	455,25	113,19	46,81	86%	
2019	Enero	VL305	731,14	417,04	105,67	145,15	91%	
2019	Febrero	VL286	660,98	162,13	59,85	105,07	49%	73%
2019	Febrero	VL288	663,94	246,00	97,28	181,51	79%	
2019	Febrero	VL290	655,11	215,01	58,36	87,00	55%	
2019	Febrero	VL292	659,66	392,91	104,88	27,55	80%	
2019	Febrero	VL293	655,77	311,46	91,28	99,14	77%	
2019	Febrero	VL298	670,94	399,87	103,71	44,88	82%	
2019	Febrero	VL300	670,79	208,30	84,22	179,66	70%	
2019	Febrero	VL301	670,94	239,30	85,90	200,16	78%	
2019	Febrero	VL303	664,39	370,68	95,48	46,08	77%	
2019	Febrero	VL305	670,92	356,79	88,53	88,45	80%	
2019	Marzo	VL286	741,11	206,50	70,74	149,66	58%	75%
2019	Marzo	VL288	729,69	237,46	82,63	183,86	69%	
2019	Marzo	VL290	732,74	289,19	104,16	177,32	78%	
2019	Marzo	VL291	332,79	135,90	47,64	66,65	75%	
2019	Marzo	VL292	743,38	377,71	110,20	93,40	78%	
2019	Marzo	VL293	743,50	337,79	102,76	175,96	83%	
2019	Marzo	VL297	332,79	200,21	59,09	53,83	94%	
2019	Marzo	VL298	741,43	367,27	104,90	95,08	77%	
2019	Marzo	VL299	332,79	177,29	60,80	48,40	86%	
2019	Marzo	VL300	732,75	238,25	96,36	185,79	71%	
2019	Marzo	VL301	732,64	316,83	104,00	127,85	75%	
2019	Marzo	VL303	743,37	385,71	115,05	64,71	76%	
2019	Marzo	VL305	742,56	306,15	86,05	56,84	60%	
2019	Abril	VL288	711,81	239,35	68,69	304,92	86%	83%
2019	Abril	VL290	707,06	189,68	66,30	304,53	79%	
2019	Abril	VL291	719,08	297,89	89,12	220,32	84%	
2019	Abril	VL292	717,16	274,15	84,99	249,99	85%	
2019	Abril	VL293	719,08	130,49	42,13	425,27	83%	
2019	Abril	VL297	719,03	406,70	111,94	151,32	93%	
2019	Abril	VL298	711,05	272,34	85,82	245,87	85%	
2019	Abril	VL299	711,76	360,26	101,97	158,47	87%	
2019	Abril	VL300	541,74	54,88	17,86	213,52	53%	

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Pomedio mes
2019	Abril	VL301	699,45	218,59	69,76	261,22	79%	
2019	Abril	VL302	536,25	193,70	53,23	279,62	98%	
2019	Abril	VL303	701,93	350,34	89,52	151,26	84%	
2019	Abril	VL305	719,09	256,99	81,28	234,43	80%	
2019	Mayo	VL288	709,91	261,78	74,52	290,00	88%	84%
2019	Mayo	VL290	649,24	262,88	81,44	276,83	96%	
2019	Mayo	VL291	729,64	361,19	99,98	167,05	86%	
2019	Mayo	VL292	721,54	277,91	82,52	198,49	77%	
2019	Mayo	VL293	637,32	216,36	68,44	197,67	76%	
2019	Mayo	VL297	743,36	501,39	136,40	87,70	98%	
2019	Mayo	VL298	731,11	265,49	80,02	194,46	74%	
2019	Mayo	VL299	745,45	477,66	136,41	75,56	93%	
2019	Mayo	VL300	575,47	119,15	31,49	182,72	58%	
2019	Mayo	VL301	717,14	314,15	96,65	256,75	93%	
2019	Mayo	VL302	703,84	347,15	99,01	231,75	96%	
2019	Mayo	VL303	584,92	298,61	82,83	76,49	78%	
2019	Mayo	VL305	722,89	243,42	74,05	260,43	80%	
2019	Junio	VL288	719,43	184,06	51,97	250,34	68%	86%
2019	Junio	VL290	719,43	467,94	110,86	71,57	90%	
2019	Junio	VL291	719,44	479,71	141,02	70,07	96%	
2019	Junio	VL292	713,99	266,93	80,64	187,76	75%	
2019	Junio	VL293	708,55	105,37	30,26	368,65	71%	
2019	Junio	VL297	717,41	419,95	116,21	132,28	93%	
2019	Junio	VL298	719,43	332,06	95,88	248,45	94%	
2019	Junio	VL299	719,42	492,40	134,94	67,44	97%	
2019	Junio	VL300	717,80	131,67	38,93	409,31	81%	
2019	Junio	VL301	719,42	191,98	56,67	313,64	78%	
2019	Junio	VL302	719,44	471,61	136,82	61,06	93%	
2019	Junio	VL303	719,42	345,42	86,74	231,31	92%	
2019	Junio	VL305	708,55	316,07	93,03	248,18	93%	
2019	Julio	VL287	744,00	127,82	38,70	297,45	62%	88%
2019	Julio	VL288	744,00	218,06	65,53	344,87	84%	
2019	Julio	VL290	744,00	538,82	115,56	47,15	94%	
2019	Julio	VL291	745,44	504,04	110,40	90,64	95%	
2019	Julio	VL292	744,00	530,23	117,84	56,09	95%	
2019	Julio	VL293	744,00	246,18	73,35	370,53	93%	
2019	Julio	VL297	744,00	504,72	114,69	90,58	95%	
2019	Julio	VL298	744,00	402,98	100,08	203,39	95%	
2019	Julio	VL299	744,00	450,69	109,87	63,55	84%	
2019	Julio	VL300	744,00	39,09	9,87	464,53	69%	
2019	Julio	VL301	744,00	213,41	59,58	425,13	94%	
2019	Julio	VL302	744,00	502,37	131,85	80,06	96%	
2019	Julio	VL303	744,00	356,54	92,99	142,74	80%	

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Pomedio mes
2019	Julio	VL305	744,00	566,08	126,52	29,27	97%	
2019	Agosto	VL287	672,73	116,41	38,83	398,41	82%	89%
2019	Agosto	VL288	731,80	385,41	102,77	205,57	95%	
2019	Agosto	VL290	742,86	509,76	114,82	40,69	90%	
2019	Agosto	VL291	742,64	463,53	110,74	58,70	85%	
2019	Agosto	VL292	737,07	528,34	129,78	44,22	95%	
2019	Agosto	VL297	735,49	519,85	127,84	54,76	96%	
2019	Agosto	VL298	734,80	259,97	77,97	237,61	78%	
2019	Agosto	VL299	730,69	483,91	120,55	36,19	88%	
2019	Agosto	VL300	305,68			244,22	80%	
2019	Agosto	VL301	673,86	105,87	35,24	505,12	96%	
2019	Agosto	VL302	742,67	445,57	127,95	107,30	92%	
2019	Agosto	VL303	742,66	459,86	115,17	82,99	89%	
2019	Agosto	VL305	742,65	527,74	120,24	52,43	94%	
2019	Setiembre	VL287	552,00	79,30	32,71	423,34	97%	80%
2019	Setiembre	VL288	673,17	190,07	61,61	341,24	88%	
2019	Setiembre	VL290	708,47	446,78	118,59	76,73	91%	
2019	Setiembre	VL291	708,47	426,43	119,50	119,64	94%	
2019	Setiembre	VL292	719,36	456,65	127,70	56,60	89%	
2019	Setiembre	VL293	474,81		3,48	442,86	94%	
2019	Setiembre	VL297	719,37	451,12	128,81	62,06	89%	
2019	Setiembre	VL298	555,56	26,96	8,58	64,78	18%	
2019	Setiembre	VL299	719,31	478,88	140,65	61,94	95%	
2019	Setiembre	VL300	552,00	25,21	6,47	106,15	25%	
2019	Setiembre	VL301	684,72	158,85	51,92	371,45	85%	
2019	Setiembre	VL302	719,36	409,43	131,96	88,61	88%	
2019	Setiembre	VL303	708,20	272,03	86,97	235,70	84%	
2019	Setiembre	VL305	719,33	407,41	115,88	112,84	88%	
PROMEDIO FLOTA SCANIA 460								82%

ANEXO 3: Disponibilidad mecánica por equipo de la flota SCANIA 460HT

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Promedio mes
2019	Enero	VL338	735,84	513,91	123,63	32,33	91%	89%
2019	Enero	VL339	742,05	454,26	125,20	37,00	83%	
2019	Enero	VL340	742,43	479,75	113,72	61,54	88%	
2019	Enero	VL341	740,82	508,44	124,67	39,12	91%	
2019	Enero	VL342	729,26	517,88	123,66	28,01	92%	
2019	Enero	VL343	742,33	532,40	122,96	31,64	93%	
2019	Enero	VL344	737,50	503,67	132,41	40,89	92%	
2019	Enero	VL345	742,21	462,92	122,38	51,80	86%	
2019	Enero	VL346	742,31	484,94	117,83	82,83	92%	
2019	Enero	VL347	742,02	490,79	114,34	52,60	89%	
2019	Enero	VL348	742,39	501,09	127,55	58,44	93%	
2019	Enero	VL349	742,22	530,36	132,14	38,14	94%	
2019	Enero	VL350	742,02	497,36	134,58	49,09	92%	
2019	Enero	VL351	717,18	476,01	116,42	35,13	88%	
2019	Enero	VL352	741,98	468,82	128,32	29,10	84%	
2019	Enero	VL353	741,95	541,97	132,10	37,92	96%	
2019	Enero	VL354	742,40	492,77	137,44	33,17	89%	
2019	Enero	VL355	742,19	526,49	131,15	30,15	93%	
2019	Enero	VL356	742,09	507,03	120,56	39,70	90%	
2019	Enero	VL357	742,25	516,42	135,01	32,88	92%	
2019	Enero	VL358	723,71	518,72	130,23	33,61	94%	
2019	Enero	VL359	742,09	505,46	122,23	51,05	91%	
2019	Enero	VL360	742,32	527,94	131,30	32,33	93%	
2019	Enero	VL361	742,23	413,52	108,80	51,45	77%	
2019	Enero	VL362	742,37	437,06	114,72	29,48	78%	
2019	Enero	VL363	742,19	448,92	117,75	64,51	85%	
2019	Enero	VL364	740,36	498,15	121,77	61,78	92%	
2019	Enero	VL366	729,71	521,59	117,78	24,87	91%	
2019	Enero	VL367	742,22	445,25	111,24	37,44	80%	
2019	Enero	VL368	742,32	433,95	105,05	74,30	83%	
2019	Enero	VL369	742,28	523,13	118,97	34,65	91%	
2019	Febrero	VL338	671,49	434,71	111,63	18,85	84%	
2019	Febrero	VL339	671,01	367,75	101,09	21,54	73%	
2019	Febrero	VL340	670,95	472,27	125,80	19,25	92%	
2019	Febrero	VL341	671,01	487,30	110,60	22,89	93%	
2019	Febrero	VL342	670,92	439,85	105,51	15,12	84%	
2019	Febrero	VL343	670,96	447,37	104,36	19,77	85%	
2019	Febrero	VL344	671,08	447,58	121,65	24,15	88%	
2019	Febrero	VL345	670,94	416,34	110,24	24,38	82%	
2019	Febrero	VL346	671,08	402,19	97,37	29,29	79%	
2019	Febrero	VL347	670,85	436,60	112,11	32,17	87%	
2019	Febrero	VL348	658,15	356,83	95,87	63,58	78%	

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Promedio mes
2019	Febrero	VL349	670,95	447,56	109,68	23,87	87%	86%
2019	Febrero	VL350	671,01	473,65	139,99	26,98	95%	
2019	Febrero	VL351	658,67	434,22	116,71	21,47	87%	
2019	Febrero	VL352	670,76	404,52	110,43	21,39	80%	
2019	Febrero	VL353	670,87	492,28	125,45	21,27	95%	
2019	Febrero	VL354	670,96	447,92	120,38	33,81	90%	
2019	Febrero	VL355	670,91	466,29	125,39	18,96	91%	
2019	Febrero	VL356	670,91	454,66	113,50	16,60	87%	
2019	Febrero	VL357	671,38	410,16	113,99	20,51	81%	
2019	Febrero	VL358	670,92	372,62	92,88	11,50	71%	
2019	Febrero	VL359	670,91	437,30	111,70	28,62	86%	
2019	Febrero	VL360	660,18	454,88	111,47	14,61	88%	
2019	Febrero	VL361	670,91	436,73	133,26	47,21	92%	
2019	Febrero	VL362	670,78	484,94	123,62	16,90	93%	
2019	Febrero	VL363	671,01	483,17	121,62	16,12	93%	
2019	Febrero	VL364	670,97	399,06	97,04	28,80	78%	
2019	Febrero	VL365	665,83	432,22	107,88	60,44	90%	
2019	Febrero	VL366	662,85	473,85	115,56	24,46	93%	
2019	Febrero	VL368	670,82	447,56	111,00	35,44	89%	
2019	Febrero	VL369	670,91	388,40	92,22	32,12	76%	
2019	Marzo	VL338	742,50	480,32	138,11	37,84	88%	82%
2019	Marzo	VL339	743,53	451,84	132,36	44,50	85%	
2019	Marzo	VL340	743,50	497,96	135,32	47,73	92%	
2019	Marzo	VL341	743,53	419,29	100,47	54,56	77%	
2019	Marzo	VL342	743,53	466,56	127,80	45,30	86%	
2019	Marzo	VL343	743,49	486,96	130,79	25,57	87%	
2019	Marzo	VL344	741,92	464,47	143,63	42,71	88%	
2019	Marzo	VL345	743,56	459,69	132,61	46,13	86%	
2019	Marzo	VL346	743,50	468,77	119,29	29,71	83%	
2019	Marzo	VL347	743,48	487,34	130,59	33,62	88%	
2019	Marzo	VL348	743,41	435,91	123,88	46,10	82%	
2019	Marzo	VL349	743,54	411,01	108,47	23,97	73%	
2019	Marzo	VL351	743,62	363,25	110,30	55,57	71%	
2019	Marzo	VL352	743,39	458,24	141,68	41,71	86%	
2019	Marzo	VL353	740,44	495,67	132,82	29,95	89%	
2019	Marzo	VL354	743,50	372,59	108,68	40,53	70%	
2019	Marzo	VL355	742,84	348,70	103,50	45,27	67%	
2019	Marzo	VL356	743,41	404,64	122,52	70,98	80%	
2019	Marzo	VL357	743,53	423,54	119,41	48,41	80%	
2019	Marzo	VL358	741,01	390,55	100,64	43,92	72%	
2019	Marzo	VL359	743,46	474,57	121,62	59,87	88%	
2019	Marzo	VL360	743,53	404,48	110,49	34,27	74%	
2019	Marzo	VL361	743,53	442,25	129,50	45,27	83%	
2019	Marzo	VL362	743,37	487,61	137,70	33,62	89%	

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Promedio mes
2019	Marzo	VL363	742,44	453,41	110,27	60,67	84%	
2019	Marzo	VL364	743,50	385,32	94,95	50,72	71%	
2019	Marzo	VL365	743,49	460,39	126,13	46,77	85%	
2019	Marzo	VL366	743,50	455,49	118,72	41,35	83%	
2019	Marzo	VL367	743,53	445,83	136,25	44,76	84%	
2019	Marzo	VL368	741,23	442,74	113,98	44,11	81%	
2019	Marzo	VL369	743,54	501,03	120,48	26,81	87%	
2019	Abril	VL338	718,96	464,51	117,19	38,75	86%	85%
2019	Abril	VL339	712,56	450,46	119,03	28,49	84%	
2019	Abril	VL340	714,59	458,23	124,69	62,07	90%	
2019	Abril	VL341	719,08	528,21	125,17	31,40	95%	
2019	Abril	VL342	711,90	391,69	97,48	35,73	74%	
2019	Abril	VL343	716,80	488,45	123,68	34,21	90%	
2019	Abril	VL344	634,24	227,86	59,91	92,12	60%	
2019	Abril	VL345	718,89	480,07	136,67	23,82	89%	
2019	Abril	VL346	719,06	482,47	123,09	44,84	90%	
2019	Abril	VL347	718,93	498,97	127,74	33,44	92%	
2019	Abril	VL348	717,16	392,15	104,40	37,80	75%	
2019	Abril	VL349	718,84	436,42	119,43	33,98	82%	
2019	Abril	VL350	541,98	32,07	7,71	63,16	19%	
2019	Abril	VL351	719,13	465,36	135,12	39,55	89%	
2019	Abril	VL352	715,27	459,49	135,95	41,70	89%	
2019	Abril	VL353	718,96	490,03	127,20	52,66	93%	
2019	Abril	VL354	719,07	484,42	137,26	47,12	93%	
2019	Abril	VL355	719,03	503,52	134,96	46,76	95%	
2019	Abril	VL356	718,89	490,58	120,79	46,30	91%	
2019	Abril	VL357	718,81	506,83	141,93	29,36	94%	
2019	Abril	VL358	718,88	426,48	113,39	42,69	81%	
2019	Abril	VL359	719,08	492,78	125,23	29,41	90%	
2019	Abril	VL360	719,16	341,27	86,97	17,91	62%	
2019	Abril	VL361	594,03	381,30	111,22	41,36	90%	
2019	Abril	VL362	718,47	487,89	122,34	29,31	89%	
2019	Abril	VL363	713,01	483,37	128,03	44,42	92%	
2019	Abril	VL364	718,86	476,16	126,63	62,23	93%	
2019	Abril	VL365	719,08	470,93	128,41	42,28	89%	
2019	Abril	VL366	719,07	518,37	136,10	29,10	95%	
2019	Abril	VL367	711,95	488,88	138,83	26,25	92%	
2019	Abril	VL368	713,54	489,19	125,59	22,60	89%	
2019	Abril	VL369	717,44	456,13	111,20	69,30	89%	
2019	Mayo	VL338	739,91	502,81	129,31	46,01	92%	
2019	Mayo	VL339	743,27	494,57	133,31	67,08	94%	
2019	Mayo	VL340	734,49	500,95	122,32	38,53	90%	
2019	Mayo	VL341	741,06	484,42	121,97	46,75	88%	
2019	Mayo	VL342	743,32	352,92	88,38	27,54	63%	

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Promedio mes	
2019	Mayo	VL343	742,82	519,10	135,97	49,49	95%	88%	
2019	Mayo	VL344	720,44	406,13	114,90	126,18	90%		
2019	Mayo	VL345	743,22	484,36	130,64	42,61	88%		
2019	Mayo	VL346	743,37	555,65	138,01	18,05	96%		
2019	Mayo	VL347	743,23	523,82	121,56	49,94	94%		
2019	Mayo	VL348	743,32	499,23	135,58	23,49	89%		
2019	Mayo	VL349	742,73	520,75	138,03	36,59	94%		
2019	Mayo	VL350	731,97	424,58	125,07	80,56	86%		
2019	Mayo	VL351	742,68	524,23	131,85	32,51	93%		
2019	Mayo	VL352	742,71	505,94	139,12	43,96	93%		
2019	Mayo	VL353	743,31	521,07	131,32	22,33	91%		
2019	Mayo	VL354	736,10	481,06	133,36	44,18	89%		
2019	Mayo	VL355	742,96	531,02	133,85	27,44	93%		
2019	Mayo	VL356	606,01	34,56	8,82	9,01	9%		
2019	Mayo	VL357	743,21	510,81	138,58	38,08	92%		
2019	Mayo	VL358	743,31	536,52	135,79	26,79	94%		
2019	Mayo	VL359	743,31	513,92	126,95	30,74	90%		
2019	Mayo	VL360	743,20	447,23	119,25	34,87	81%		
2019	Mayo	VL361	743,18	462,66	148,62	97,04	95%		
2019	Mayo	VL362	740,46	498,38	135,71	48,75	92%		
2019	Mayo	VL363	743,27	501,43	125,33	55,28	92%		
2019	Mayo	VL364	743,19	488,38	121,16	56,54	90%		
2019	Mayo	VL365	743,31	493,91	130,26	67,78	93%		
2019	Mayo	VL366	743,21	447,04	119,89	41,64	82%		
2019	Mayo	VL367	743,37	514,42	137,47	42,19	93%		
2019	Mayo	VL368	743,22	516,82	128,27	53,73	94%		
2019	Mayo	VL369	743,21	475,86	114,35	80,33	90%		
2019	Junio	VL338	719,34	519,06	140,43	26,89	95%		91%
2019	Junio	VL339	719,45	527,25	136,30	32,91	97%		
2019	Junio	VL340	719,43	505,55	124,64	34,82	92%		
2019	Junio	VL341	719,44	434,68	119,50	90,41	90%		
2019	Junio	VL342	717,12	476,91	124,22	66,19	93%		
2019	Junio	VL343	712,38	360,23	95,19	39,79	70%		
2019	Junio	VL344	719,30	475,64	142,58	67,24	95%		
2019	Junio	VL345	719,29	506,47	136,79	26,89	93%		
2019	Junio	VL346	719,44	489,27	118,69	41,78	90%		
2019	Junio	VL347	719,32	524,23	131,14	29,19	95%		
2019	Junio	VL348	719,43	507,11	145,38	41,42	96%		
2019	Junio	VL349	719,38	521,12	131,08	33,07	95%		
2019	Junio	VL350	719,43	459,62	130,31	56,72	90%		
2019	Junio	VL351	719,43	513,49	131,48	38,88	95%		
2019	Junio	VL352	719,31	481,76	133,31	71,19	95%		
2019	Junio	VL353	724,08	542,33	143,53	24,58	98%		
2019	Junio	VL354	719,44	414,22	121,49	97,94	88%		

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Promedio mes
2019	Junio	VL355	719,43	490,31	132,27	57,88	95%	
2019	Junio	VL356	576,00	380,22	106,19	27,68	89%	
2019	Junio	VL357	708,55	439,79	124,88	84,59	92%	
2019	Junio	VL358	719,44	507,43	138,05	36,62	95%	
2019	Junio	VL359	719,44	520,87	125,72	44,86	96%	
2019	Junio	VL360	719,43	523,66	135,74	33,04	96%	
2019	Junio	VL361	598,87	144,22	36,61	12,32	32%	
2019	Junio	VL362	723,48	494,79	134,13	43,67	93%	
2019	Junio	VL363	719,44	506,16	133,91	45,26	95%	
2019	Junio	VL364	719,34	504,28	126,05	44,77	94%	
2019	Junio	VL365	719,42	468,63	129,72	80,80	94%	
2019	Junio	VL366	719,44	502,12	138,25	48,22	96%	
2019	Junio	VL367	719,43	513,44	139,10	38,71	96%	
2019	Junio	VL368	719,44	517,86	136,64	33,50	96%	
2019	Junio	VL369	719,43	517,02	127,69	34,22	94%	
2019	Julio	VL338	744,00	500,12	123,58	76,40	94%	
2019	Julio	VL339	744,00	501,97	105,12	72,68	91%	
2019	Julio	VL340	744,00	520,70	114,99	62,98	94%	
2019	Julio	VL341	655,20	387,16	83,07	43,28	78%	
2019	Julio	VL342	744,00	298,08	69,90	141,72	69%	
2019	Julio	VL343	744,00	547,64	129,81	22,11	94%	
2019	Julio	VL344	744,00	538,38	135,82	46,30	97%	
2019	Julio	VL345	744,00	556,44	146,32	25,19	98%	
2019	Julio	VL346	744,00	556,45	118,82	37,79	96%	
2019	Julio	VL347	744,00	553,99	130,26	29,90	96%	
2019	Julio	VL348	744,00	371,98	90,06	62,73	71%	
2019	Julio	VL349	744,00	565,99	124,10	24,17	96%	
2019	Julio	VL350	744,00	530,41	136,35	58,81	98%	
2019	Julio	VL351	744,00	549,13	126,78	37,17	96%	
2019	Julio	VL352	744,00	534,91	130,95	51,88	96%	
2019	Julio	VL353	744,00	543,90	127,11	18,91	93%	
2019	Julio	VL354	744,00	512,38	127,49	52,69	93%	
2019	Julio	VL355	747,48	550,17	138,39	26,89	96%	
2019	Julio	VL356	744,00	545,70	136,34	36,74	97%	
2019	Julio	VL357	744,00	535,83	129,64	50,63	96%	
2019	Julio	VL358	744,00	533,66	121,24	51,61	95%	
2019	Julio	VL359	744,00	554,85	125,71	29,50	95%	
2019	Julio	VL360	744,00	518,81	122,37	57,38	94%	
2019	Julio	VL361	744,00	500,04	128,82	49,35	91%	
2019	Julio	VL362	744,00	541,66	129,78	22,00	93%	
2019	Julio	VL363	744,00	433,55	105,56	37,41	77%	
2019	Julio	VL364	744,00	545,66	128,15	58,24	98%	
2019	Julio	VL365	744,00	531,86	129,53	32,69	93%	
2019	Julio	VL366	744,00	541,27	130,50	44,12	96%	

92%

Year	Month	Equipment	Time Duration	Status Ready (h)	Promedio Delay (h)	Promedio Stand By	Promedio equipo	Promedio mes
2019	Julio	VL367	744,00	550,93	126,41	24,20	94%	
2019	Julio	VL368	744,00	547,43	125,56	35,91	95%	
2019	Julio	VL369	744,00	552,67	123,77	21,22	94%	
2019	Agosto	VL338	742,65	519,26	127,42	38,30	92%	88%
2019	Agosto	VL339	743,31	487,69	117,17	44,50	87%	
2019	Agosto	VL340	742,62	516,32	126,81	53,74	94%	
2019	Agosto	VL341	525,88	157,74	37,47	26,37	42%	
2019	Agosto	VL342	742,62	523,92	122,57	40,30	92%	
2019	Setiembre	VL356	719,34	274,04	78,46	95,61	62%	
2019	Setiembre	VL357	719,36	459,45	135,50	81,14	94%	
2019	Setiembre	VL358	708,47	408,94	123,13	142,27	95%	
2019	Setiembre	VL359	719,36	414,30	119,97	92,14	87%	
2019	Setiembre	VL360	719,34	498,23	140,41	48,85	96%	
2019	Setiembre	VL361	719,36	457,35	132,61	84,34	94%	
2019	Setiembre	VL362	708,47	435,23	126,62	80,22	91%	
2019	Setiembre	VL363	708,38	399,48	131,16	116,76	91%	
2019	Setiembre	VL364	719,31	483,34	128,52	48,36	92%	
2019	Setiembre	VL365	712,06	494,09	144,13	47,38	96%	
2019	Setiembre	VL366	719,40	442,33	137,23	83,87	92%	
2019	Setiembre	VL367	719,36	466,20	144,76	89,73	97%	
2019	Setiembre	VL368	719,36	442,44	120,62	32,07	83%	
2019	Setiembre	VL369	719,35	513,16	135,37	25,18	94%	
PROMEDIO FLOTA SCANIA 460HT								91%

ANEXO 4: Productividad horaria por equipo de la flota VOLVO FMX840

Año	Mes	Flota	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Productividad horaria (Tn/h)
2018	January	VOLVO FMX840	V1542	44,633	467	96
2018	January	VOLVO FMX840	V1543	38,477	425	91
2018	January	VOLVO FMX840	V1544	42,958	435	99
2018	January	VOLVO FMX840	V1545	25,990	252	103
2018	January	VOLVO FMX840	V304	49,510	531	93
2018	January	VOLVO FMX840	V305	50,024	521	96
2018	January	VOLVO FMX840	V314	47,538	497	96
2018	January	VOLVO FMX840	V315	45,460	498	91
2018	January	VOLVO FMX840	V316	45,037	485	93
2018	January	VOLVO FMX840	V317	45,663	501	91
2018	January	VOLVO FMX840	V318	41,763	468	89
2018	January	VOLVO FMX840	V319	44,530	475	94
2018	January	VOLVO FMX840	V320	49,897	544	92
2018	January	VOLVO FMX840	V321	41,313	479	86
2018	January	VOLVO FMX840	V322	48,658	528	92
2018	January	VOLVO FMX840	V323	47,565	505	94
2018	January	VOLVO FMX840	V359	47,536	544	87
2018	January	VOLVO FMX840	V360	47,193	522	90
2018	January	VOLVO FMX840	V361	50,065	541	93
2018	January	VOLVO FMX840	V362	47,479	531	89
2018	January	VOLVO FMX840	V363	47,135	532	89
2018	January	VOLVO FMX840	V364	48,750	530	92
2018	January	VOLVO FMX840	V365	48,141	542	89
2018	January	VOLVO FMX840	V366	48,791	520	94
2018	January	VOLVO FMX840	V367	47,422	527	90
2018	January	VOLVO FMX840	V368	48,806	550	89
2018	January	VOLVO FMX840	V369	40,587	449	90
2018	January	VOLVO FMX840	V370	44,123	504	87
2018	January	VOLVO FMX840	V371	48,936	538	91
2018	January	VOLVO FMX840	V372	34,787	382	91
2018	January	VOLVO FMX840	V373	48,161	537	90
2018	January	VOLVO FMX840	V374	49,889	577	86
2018	January	VOLVO FMX840	V375	42,388	491	86
2018	February	VOLVO FMX840	V1542	30,556	342	89
2018	February	VOLVO FMX840	V1543	27,402	318	86
2018	February	VOLVO FMX840	V1544	32,747	375	87
2018	February	VOLVO FMX840	V1545	40,842	453	90
2018	February	VOLVO FMX840	V304	38,647	475	81
2018	February	VOLVO FMX840	V305	35,050	427	82
2018	February	VOLVO FMX840	V314	39,516	459	86
2018	February	VOLVO FMX840	V315	37,530	455	82
2018	February	VOLVO FMX840	V316	38,846	459	85

Año	Mes	Flota	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Productividad horaria (Tn/h)
2018	February	VOLVO FMX840	V317	41,665	488	85
2018	February	VOLVO FMX840	V318	33,864	404	84
2018	February	VOLVO FMX840	V319	32,222	389	83
2018	February	VOLVO FMX840	V320	12,906	149	87
2018	February	VOLVO FMX840	V321	39,031	477	82
2018	February	VOLVO FMX840	V322	41,061	506	81
2018	February	VOLVO FMX840	V323	41,243	482	86
2018	February	VOLVO FMX840	V359	39,855	479	83
2018	February	VOLVO FMX840	V360	43,059	509	85
2018	February	VOLVO FMX840	V361	39,051	466	84
2018	February	VOLVO FMX840	V362	39,793	483	82
2018	February	VOLVO FMX840	V363	39,302	482	82
2018	February	VOLVO FMX840	V364	40,978	483	85
2018	February	VOLVO FMX840	V365	40,166	467	86
2018	February	VOLVO FMX840	V366	41,085	468	88
2018	February	VOLVO FMX840	V367	41,204	481	86
2018	February	VOLVO FMX840	V368	41,015	486	84
2018	February	VOLVO FMX840	V369	38,568	463	83
2018	February	VOLVO FMX840	V370	39,258	452	87
2018	February	VOLVO FMX840	V371	42,285	491	86
2018	February	VOLVO FMX840	V372	41,674	485	86
2018	February	VOLVO FMX840	V373	40,067	473	85
2018	February	VOLVO FMX840	V374	39,979	486	82
2018	February	VOLVO FMX840	V375	39,289	464	85
2018	March	VOLVO FMX840	V1542	15,874	190	84
2018	March	VOLVO FMX840	V1543	15,899	190	84
2018	March	VOLVO FMX840	V1544	15,807	189	84
2018	March	VOLVO FMX840	V1545	9,097	101	90
2018	March	VOLVO FMX840	V304	23,097	270	86
2018	March	VOLVO FMX840	V305	22,299	262	85
2018	March	VOLVO FMX840	V314	21,677	267	81
2018	March	VOLVO FMX840	V315	20,234	247	82
2018	March	VOLVO FMX840	V316	20,440	256	80
2018	March	VOLVO FMX840	V317	20,810	242	86
2018	March	VOLVO FMX840	V318	21,770	253	86
2018	March	VOLVO FMX840	V319	19,070	233	82
2018	March	VOLVO FMX840	V320	11,731	145	81
2018	March	VOLVO FMX840	V321	16,896	235	72
2018	March	VOLVO FMX840	V322	21,321	254	84
2018	March	VOLVO FMX840	V323	23,406	282	83
2018	March	VOLVO FMX840	V359	29,494	361	82
2018	March	VOLVO FMX840	V360	29,542	355	83
2018	March	VOLVO FMX840	V361	32,350	390	83
2018	March	VOLVO FMX840	V362	23,822	306	78

Año	Mes	Flota	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Productividad horaria (Tn/h)
2018	March	VOLVO FMX840	V363	28,999	369	79
2018	March	VOLVO FMX840	V364	31,961	385	83
2018	March	VOLVO FMX840	V365	27,656	339	82
2018	March	VOLVO FMX840	V366	31,296	369	85
2018	March	VOLVO FMX840	V367	26,684	343	78
2018	March	VOLVO FMX840	V368	30,686	379	81
2018	March	VOLVO FMX840	V369	26,951	344	78
2018	March	VOLVO FMX840	V370	30,509	373	82
2018	March	VOLVO FMX840	V371	28,149	356	79
2018	March	VOLVO FMX840	V372	24,407	307	79
2018	March	VOLVO FMX840	V373	31,029	377	82
2018	March	VOLVO FMX840	V374	27,063	342	79
2018	March	VOLVO FMX840	V375	23,754	296	80
2018	April	VOLVO FMX840	V359	6,732	90	75
2018	April	VOLVO FMX840	V360	8,531	111	77
2018	April	VOLVO FMX840	V361	24,601	296	83
2018	April	VOLVO FMX840	V362	9,585	137	70
2018	April	VOLVO FMX840	V363	21,620	287	75
2018	April	VOLVO FMX840	V364	14,448	193	75
2018	April	VOLVO FMX840	V365	20,750	258	80
2018	April	VOLVO FMX840	V366	21,455	265	81
2018	April	VOLVO FMX840	V367	13,232	183	72
2018	April	VOLVO FMX840	V368	31,443	391	80
2018	April	VOLVO FMX840	V369	11,686	152	77
2018	April	VOLVO FMX840	V370	12,915	153	84
2018	April	VOLVO FMX840	V371	13,720	192	72
2018	April	VOLVO FMX840	V372	22,073	271	82
2018	April	VOLVO FMX840	V373	19,790	283	70
2018	April	VOLVO FMX840	V374	17,972	242	74
2018	April	VOLVO FMX840	V375	5,169	62	84
2018	May	VOLVO FMX840	V359	28,800	347	83
2018	May	VOLVO FMX840	V360	28,139	325	87
2018	May	VOLVO FMX840	V361	34,160	395	87
2018	May	VOLVO FMX840	V362	35,011	392	89
2018	May	VOLVO FMX840	V363	31,163	347	90
2018	May	VOLVO FMX840	V364	14,667	197	74
2018	May	VOLVO FMX840	V365	39,986	461	87
2018	May	VOLVO FMX840	V366	33,653	367	92
2018	May	VOLVO FMX840	V367	30,418	358	85
2018	May	VOLVO FMX840	V368	29,156	343	85
2018	May	VOLVO FMX840	V369	31,192	347	90
2018	May	VOLVO FMX840	V370	24,842	300	83
2018	May	VOLVO FMX840	V371	17,215	219	79
2018	May	VOLVO FMX840	V372	31,712	367	86

Año	Mes	Flota	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Productividad horaria (Tn/h)
2018	May	VOLVO FMX840	V374	32,393	372	87
2018	May	VOLVO FMX840	V375	31,267	393	80
2018	June	VOLVO FMX840	V359	30,936	335	92
2018	June	VOLVO FMX840	V360	24,373	289	84
2018	June	VOLVO FMX840	V361	32,393	349	93
2018	June	VOLVO FMX840	V362	30,132	360	84
2018	June	VOLVO FMX840	V363	34,561	418	83
2018	June	VOLVO FMX840	V364	25,295	285	89
2018	June	VOLVO FMX840	V365	20,943	265	79
2018	June	VOLVO FMX840	V366	26,453	379	70
2018	June	VOLVO FMX840	V367	34,417	449	77
2018	June	VOLVO FMX840	V368	10,092	169	60
2018	June	VOLVO FMX840	V369	29,113	376	78
2018	June	VOLVO FMX840	V370	29,507	347	85
2018	June	VOLVO FMX840	V371	18,616	219	85
2018	June	VOLVO FMX840	V372	18,112	194	93
2018	June	VOLVO FMX840	V373	29,729	424	70
2018	June	VOLVO FMX840	V374	25,434	295	86
2018	June	VOLVO FMX840	V375	26,860	361	74
2018	July	VOLVO FMX840	V359	34,089	372	92
2018	July	VOLVO FMX840	V360	28,841	333	86
2018	July	VOLVO FMX840	V361	34,861	411	85
2018	July	VOLVO FMX840	V362	31,560	369	85
2018	July	VOLVO FMX840	V363	34,988	401	87
2018	July	VOLVO FMX840	V364	23,802	294	81
2018	July	VOLVO FMX840	V365	23,070	282	82
2018	July	VOLVO FMX840	V366	31,154	398	78
2018	July	VOLVO FMX840	V367	35,660	501	71
2018	July	VOLVO FMX840	V368	3,205	47	69
2018	July	VOLVO FMX840	V369	27,177	374	73
2018	July	VOLVO FMX840	V370	14,539	214	68
2018	July	VOLVO FMX840	V371	16,081	276	58
2018	July	VOLVO FMX840	V372	17,110	238	72
2018	July	VOLVO FMX840	V373	24,148	413	59
2018	July	VOLVO FMX840	V374	23,453	277	85
2018	July	VOLVO FMX840	V375	28,501	330	86
2018	August	VOLVO FMX840	V359	23,620	241	98
2018	August	VOLVO FMX840	V360	25,384	272	93
2018	August	VOLVO FMX840	V361	25,485	316	81
2018	August	VOLVO FMX840	V362	27,034	329	82
2018	August	VOLVO FMX840	V363	38,428	426	90
2018	August	VOLVO FMX840	V364	20,675	217	95
2018	August	VOLVO FMX840	V365	22,689	289	79
2018	August	VOLVO FMX840	V366	17,308	188	92

Año	Mes	Flota	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Productividad horaria (Tn/h)
2018	August	VOLVO FMX840	V368	8,028	69	116
2018	August	VOLVO FMX840	V369	28,897	302	96
2018	August	VOLVO FMX840	V370	8,693	89	98
2018	August	VOLVO FMX840	V371	6,483	84	77
2018	August	VOLVO FMX840	V372	14,405	184	78
2018	August	VOLVO FMX840	V373	16,595	190	87
2018	August	VOLVO FMX840	V374	21,666	254	85
2018	August	VOLVO FMX840	V375	29,541	308	96
2018	September	VOLVO FMX840	V359	2,065	19	110
Productividad promedio flota VOLVO FMX840						84

ANEXO 5: Productividad horaria por equipo de la flota SCANIA 460

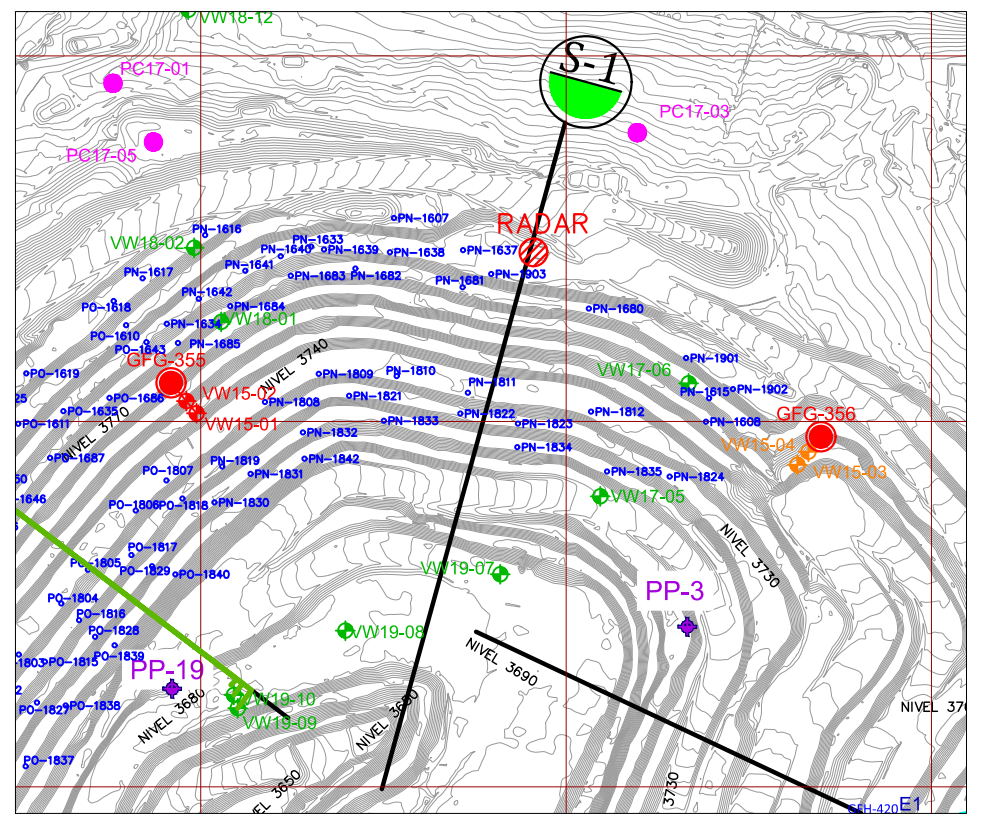
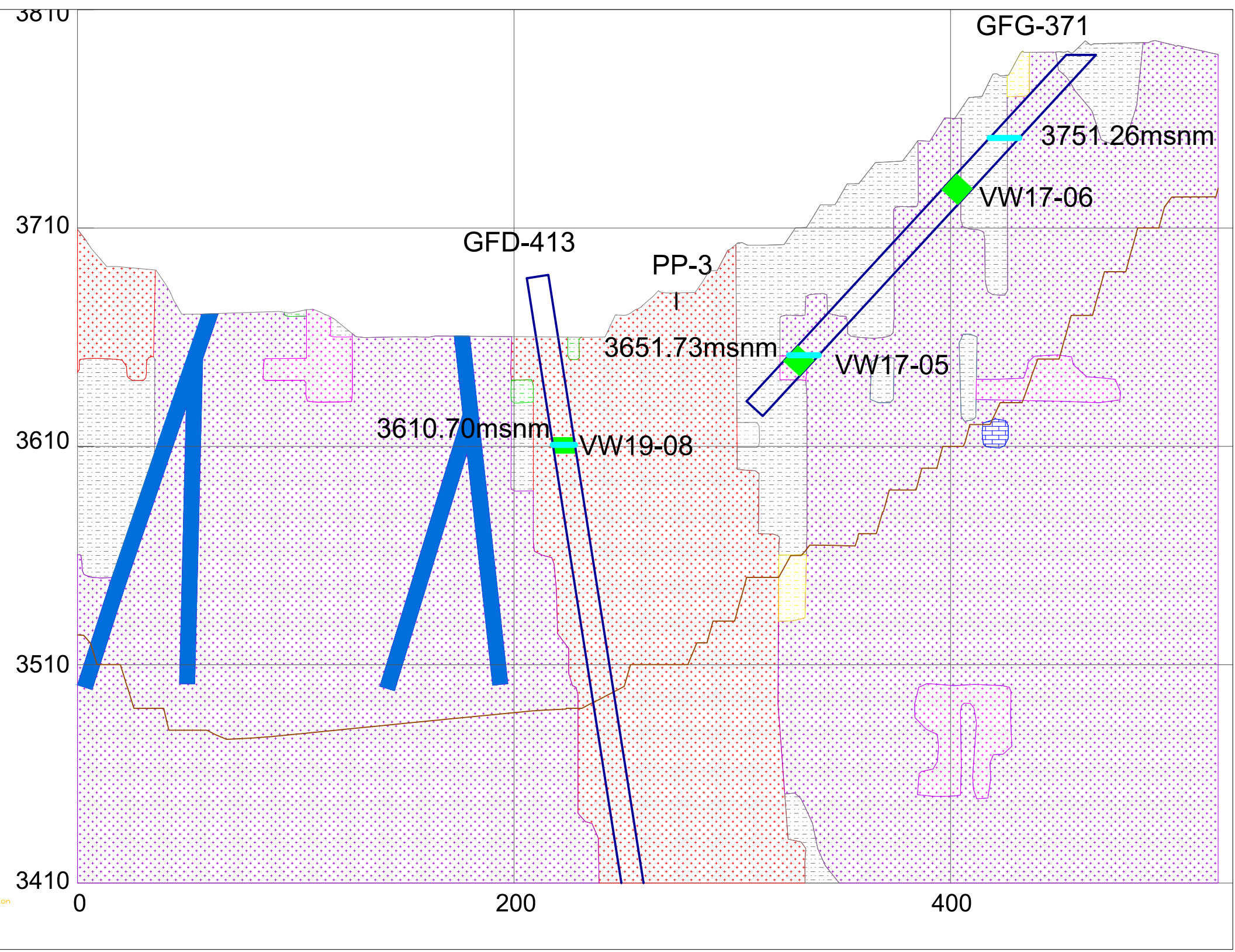
Año	Mes	Flota	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Productividad horaria (Tn/h)
2019	Enero	SCANIA 460	VL286	18,287	260	70
2019	Enero	SCANIA 460	VL288	13,514	182,93	74
2019	Enero	SCANIA 460	VL290	24,210	342,22	71
2019	Enero	SCANIA 460	VL292	38,648	487,65	79
2019	Enero	SCANIA 460	VL293	21,780	285,82	76
2019	Enero	SCANIA 460	VL298	34,711	486,66	71
2019	Enero	SCANIA 460	VL300	5,344	56,61	94
2019	Enero	SCANIA 460	VL301	12,858	137,79	93
2019	Enero	SCANIA 460	VL303	35,888	455,25	79
2019	Enero	SCANIA 460	VL305	29,142	417,04	70
2019	Febrero	SCANIA 460	VL286	12,901	162,13	80
2019	Febrero	SCANIA 460	VL288	19,009	246,00	77
2019	Febrero	SCANIA 460	VL290	16,620	215,01	77
2019	Febrero	SCANIA 460	VL292	35,195	392,91	90
2019	Febrero	SCANIA 460	VL293	23,167	311,46	74
2019	Febrero	SCANIA 460	VL298	34,625	399,87	87
2019	Febrero	SCANIA 460	VL300	17,897	208,30	86
2019	Febrero	SCANIA 460	VL301	18,586	239,30	78
2019	Febrero	SCANIA 460	VL303	29,327	370,68	79
2019	Febrero	SCANIA 460	VL305	31,564	356,79	88
2019	Marzo	SCANIA 460	VL286	16,739	206,50	81
2019	Marzo	SCANIA 460	VL288	19,815	237,46	83
2019	Marzo	SCANIA 460	VL290	24,066	289,19	83
2019	Marzo	SCANIA 460	VL291	11,874	135,90	87
2019	Marzo	SCANIA 460	VL292	31,060	377,71	82
2019	Marzo	SCANIA 460	VL293	27,188	337,79	80
2019	Marzo	SCANIA 460	VL297	16,180	200,21	81
2019	Marzo	SCANIA 460	VL298	29,789	367,27	81
2019	Marzo	SCANIA 460	VL299	15,608	177,29	88
2019	Marzo	SCANIA 460	VL300	19,540	238,25	82
2019	Marzo	SCANIA 460	VL301	26,524	316,83	84
2019	Marzo	SCANIA 460	VL303	29,667	385,71	77
2019	Marzo	SCANIA 460	VL305	26,336	306,15	86
2019	Abril	SCANIA 460	VL288	18,653	239,35	78
2019	Abril	SCANIA 460	VL290	14,073	189,68	74
2019	Abril	SCANIA 460	VL291	22,517	297,89	76
2019	Abril	SCANIA 460	VL292	24,202	274,15	88
2019	Abril	SCANIA 460	VL293	10,741	130,49	82
2019	Abril	SCANIA 460	VL297	34,747	406,70	85
2019	Abril	SCANIA 460	VL298	20,648	272,34	76
2019	Abril	SCANIA 460	VL299	25,967	360,26	72
2019	Abril	SCANIA 460	VL300	5,187	54,88	95

Año	Mes	Flota	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Productividad horaria (Tn/h)
2019	Abril	SCANIA 460	VL303	26,625	350,34	76
2019	Abril	SCANIA 460	VL305	22,405	256,99	87
2019	Mayo	SCANIA 460	VL288	19,530	261,78	75
2019	Mayo	SCANIA 460	VL290	20,869	262,88	79
2019	Mayo	SCANIA 460	VL291	28,389	361,19	79
2019	Mayo	SCANIA 460	VL292	21,444	277,91	77
2019	Mayo	SCANIA 460	VL293	17,143	216,36	79
2019	Mayo	SCANIA 460	VL297	39,204	501,39	78
2019	Mayo	SCANIA 460	VL299	33,515	477,66	70
2019	Mayo	SCANIA 460	VL300	8,734	119,15	73
2019	Mayo	SCANIA 460	VL301	23,843	314,15	76
2019	Mayo	SCANIA 460	VL302	24,829	347,15	72
2019	Mayo	SCANIA 460	VL303	21,700	298,61	73
2019	Mayo	SCANIA 460	VL305	17,259	243,42	71
2019	Junio	SCANIA 460	VL288	16,291	184,06	89
2019	Junio	SCANIA 460	VL290	36,346	467,94	78
2019	Junio	SCANIA 460	VL291	36,043	479,71	75
2019	Junio	SCANIA 460	VL292	20,996	266,93	79
2019	Junio	SCANIA 460	VL293	8,367	105,37	79
2019	Junio	SCANIA 460	VL297	36,408	419,95	87
2019	Junio	SCANIA 460	VL298	27,981	332,06	84
2019	Junio	SCANIA 460	VL299	39,576	492,40	80
2019	Junio	SCANIA 460	VL300	9,925	131,67	75
2019	Junio	SCANIA 460	VL301	16,312	191,98	85
2019	Junio	SCANIA 460	VL302	38,887	471,61	82
2019	Junio	SCANIA 460	VL303	30,158	345,42	87
2019	Junio	SCANIA 460	VL305	23,911	316,07	76
2019	Julio	SCANIA 460	VL287	10,514	127,82	82
2019	Julio	SCANIA 460	VL288	18,813	218,06	86
2019	Julio	SCANIA 460	VL290	45,625	538,82	85
2019	Julio	SCANIA 460	VL291	41,655	504,04	83
2019	Julio	SCANIA 460	VL292	43,865	530,23	83
2019	Julio	SCANIA 460	VL293	20,988	246,18	85
2019	Julio	SCANIA 460	VL297	41,961	504,72	83
2019	Julio	SCANIA 460	VL298	33,178	402,98	82
2019	Julio	SCANIA 460	VL299	38,218	450,69	85
2019	Julio	SCANIA 460	VL300	2,953	39,09	76
2019	Julio	SCANIA 460	VL301	17,446	213,41	82
2019	Julio	SCANIA 460	VL302	40,455	502,37	81
2019	Julio	SCANIA 460	VL303	30,862	356,54	87
2019	Julio	SCANIA 460	VL305	47,712	566,08	84
2019	Agosto	SCANIA 460	VL287	11,700	116,41	101
2019	Agosto	SCANIA 460	VL288	32,585	385,41	85
2019	Agosto	SCANIA 460	VL290	43,993	509,76	86

Año	Mes	Flota	Equipo	Toneladas producidas	Horas operativas	Productividad horaria (Tn/h)
2019	Agosto	SCANIA 460	VL292	45,362	528,34	86
2019	Agosto	SCANIA 460	VL293	7,437	85,83	87
2019	Agosto	SCANIA 460	VL297	43,238	519,85	83
2019	Agosto	SCANIA 460	VL298	21,475	259,97	83
2019	Agosto	SCANIA 460	VL299	40,769	483,91	84
2019	Agosto	SCANIA 460	VL301	8,535	105,87	81
2019	Agosto	SCANIA 460	VL302	36,987	445,57	83
2019	Agosto	SCANIA 460	VL303	38,970	459,86	85
2019	Agosto	SCANIA 460	VL305	45,399	527,74	86
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL287	6,385	79,30	81
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL288	16,144	190,07	85
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL290	38,102	446,78	85
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL291	36,584	426,43	86
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL292	37,603	456,65	82
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL297	36,424	451,12	81
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL298	2,415	26,96	90
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL299	41,693	478,88	87
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL300	1,980	25,21	79
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL301	12,835	158,85	81
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL302	34,183	409,43	83
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL303	22,608	272,03	83
2019	Setiembre	SCANIA 460	VL305	34,295	407,41	84
Productividad promedio flota SCANIA 460						81

ANEXO 6: Productividad diaria de mineral y desmonte enero – setiembre 2019 (toneladas)

Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre	
Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral	Desmonte	Mineral
34,285	23,365	43,212	18,189	42,739	10,407	25,517	27,667	39,214	2,680	49,357	20,402	49,706	27,049	63,166	6,220	23,606	38,439
36,741	23,086	41,847	23,366	42,467	14,213	32,627	24,417	32,886	19,122	48,643	9,156	56,144	21,145	55,321	12,665	38,094	30,554
45,487	11,338	31,902	24,857	38,269	18,003	38,707	11,275	37,392	17,199	47,532	19,109	43,586	10,169	53,588	18,940	49,940	14,876
33,580	15,078	33,561	32,534	35,943	19,874	27,864	11,687	31,213	25,680	43,421	20,331	53,535	17,675	66,949	4,471	45,547	12,727
33,644	10,376	41	34,659	16,018	32,512	30,672	25,769	25,534	31,821	42,873	22,756	53,457	18,362	52,218	17,449	45,385	21,117
35,170	4,428	28,362	25,626	35,098	22,364	43,967	15,987	27,318	25,657	51,796	17,738	49,007	16,516	57,609	15,834	50,062	17,377
26,796	26,431	37,199	14,521	22,387	16,905	40,488	11,176	40,528	16,716	34,751	29,334	28,695	21,854	56,398	13,922	55,048	18,936
24,323	21,515	46,535	14,565	23,083	14,231	38,833	21,305	43,252	23,840	39,399	16,504	43,902	15,303	66,613	12,548	32,400	27,936
19,132	35,435	39,267	13,818	22,339	37,256	28,008	21,235	44,990	19,394	46,672	16,459	53,870	8,163	24,944	47,680	43,047	22,751
8,438	21,149	39,306	18,930	28,976	25,877	321		49,852	18,400	42,385	18,473	48,721	19,974	30,856	43,440	25,200	31,713
39,338	4,632	38,909	17,104	35,292	28,552			35,889	33,222	52,709	8,875	38,342	29,175	45,898	25,100	40,019	18,070
8,292	11,130	44,288	28,966	35,326	25,081			45,052	24,987	48,147	15,774	31,927	29,423	50,680	14,083	43,338	8,571
56,501	21,236	30,389	31,445	27,861	29,357			44,549	16,084	32,918	27,662	50,370	14,225	49,071	21,000	30,504	35,838
58,688	3,509	33,900	19,740	43,980	17,061			44,821	16,921	33,974	29,497	53,890	11,267	26,150	25,597	43,602	26,244
42,209	15,957	42,270	20,790	697	17,488			48,816	12,057	38,940	15,133	68,412	8,069	42,715	31,268	42,715	28,084
40,869	30,110	28,154	29,846	37,517	26,974			47,219	17,174	35,552	16,206	59,705	11,691	36,469	28,216	27,116	23,705
46,386	11,929	26,993	16,940	24	28,644			35,360	23,724	28,130	18,160	38,678	28,636	27,659	37,685	30,638	30,664
34,436	30,017	41,886	26,285	36,494	28,987			44,833	16,143	7,149	16,629	44,587	23,818	29,319	40,973	27,076	28,784
50,420	18,794	33,494	22,778	29,454	14,423			29,742	28,630	39,286	15,925	34,958	38,724	31,476	38,901	43,597	22,443
31,478	19,952	40,649	26,677	35,610	15,554			37,488	26,165	46,565	14,721	40,305	30,943	44,026	24,402	47,682	8,095
30,468	23,772	30,471	25,462	40,008	15,493			37,077	24,422	46,868	12,880	28,245	35,021	43,391	16,890	29,178	23,040
43,837	21,703	25,805	25,511	36,854	6,234			40,103	21,866	42,130	15,340	31,785	37,884	58,531	14,765	36,204	23,823
37,915	23,705	32,810	15,593	406	3,333			21,416	22,719	8,616	15,745	47,533	19,699	54,435	24,483	38,485	16,655
42,357	22,200	44,864	27,946	37,693	8,003			14,731	43,606	43,287	13,963	54,495	17,707	53,448	21,774	32,128	26,505
34,034	22,662	27,828	32,747	53,396	14,788			36,673	26,463	9,112	17,764	42,601	14,935	55,464	21,647	8,837	27,158
30,431	21,901	37,363	20,553	49,534	20,375			50,140	17,219	44,693	21,534	39,158	28,232	27,816	14,934	28,389	26,130
32,576	17,652	36,064	29,244	48,624	25,817			49,699	19,974	47,900	19,987	915	17,369	50,511	11,824	35,776	32,694
35,160	19,479	1,264	13,104	418	30,977			39,319	26,311	43,971	18,092	49,296	21,974	36,865	30,386	58,500	17,577
3,718	14,669	31,793		30,801	29,797			40,985	24,501	25,081	17,637	45,439	34,418	59,392	16,353	57,724	13,849
34,077	4,739	35,600		30,797	17,730			45,942	18,819	34,551	21,835	36,638	20,194	53,993	16,839	34,553	16,652
5,415	17,803			33,149				43,300	21,375	44,416		51,706	16,548	54,354	7,510		
50,395				26,056						36,706		54,233					
44,677				25,866						48,266							
56,117				25,712													
43,570				40,490													



LEYENDA

- | | | |
|--------------------------|------------------------|---------------|
| Argilico 3 | Potasico Competente | Fallas |
| Argilico 2 Competente | Potasico No Competente | VW operativos |
| Argilico 2 No Competente | Silificado | |
| Argilico 1 Competente | Caliza Competente | |
| Argilico 1 No Competente | Caliza No Competente | |

PROJECT: SECCIONES HIDROGEOTÉCNICAS	
DRAWING: INSTRUMENTACIÓN DE PIEZÓMETROS EN EL TAJO	
ÁREA: SERVICIOS TÉCNICOS SUB ÁREA: GEOTECNIA	DESIGN BY: Geotech SCALE: S/E
DIRECTORY: S:\GEOTECNIA\PROJECTS\2019	SISTEMA: PSAD 56 DATE: 08-Oct-2019
DRAW N° S-01	