

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



INFORME TECNICO

**“CONTROL DISPATCH EN CONTRATISTA MINERIA DE
SHOUGANG HIERRO PERU-MARCONA-ICA”**

Presentado por:

Br. JEYSSON ZANDER SAIRE PACHECO

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

MODALIDAD POR EXPERIENCIA PROFESIONAL:

CONSEJERO: MGT MIGUEL VERA MIRANDA

CUSCO - 2022

DEDICATORIA

A mis padres, Zander Saire y Guiliana Pacheco por su paciencia y cariño incondicional durante mis años en la universidad.

A mi adorado hijo por ser mi fuente de motivación para poder superarme cada día y de esta forma buscar un mejor futuro para nosotros.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por otorgarme un día más de vida, por permitirme tener una buena experiencia dentro de mi universidad. Segundo lugar a mi familia por siempre darme su apoyo incondicional, sus consejos me han permitido seguir adelante a pesar de las muchas adversidades que pudiese encontrar.

Quiero agradecer también a los especialistas de la carrera profesional de ingeniería de minas, quienes con su enseñanza y experiencia en el sector minero contribuyeron a mi formación profesional con sus sólidos conocimientos.

Finalmente quiero agradecer a la empresa Cosapi Minería por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente. Agradecer de manera especial al Ing. Arturo Murrugarra por la confianza depositada, el conocimiento compartido y las lecciones aprendidas.

TABLA DE CONTENIDO

OBJETIVOS.....	2
ALCANCES.....	2
CAPITULO 1	3
ASPECTOS GENERALES.....	3
1.1 UBICACIÓN	3
1.2 ACCESIBILIDAD.....	4
1.3 CLIMA.....	4
1.4 RESEÑA HISTORICA.....	5
1.5 DELIMITACION DEL ESTUDIO	7
1.6 GEOLOGIA REGIONAL	7
1.7 GEOLOGIA LOCAL	11
1.8 GEOLOGIA DE LA MINA	11
1.8.1 Fallamiento y estructura.....	12
1.8.2 Diaclasa miento.....	13
1.9 GEOLOGIA ECONOMICA.....	13
1.10 TIPO DE YACIMIENTO Y MINERALOGIA.....	15
1.10.1 Mineralogía	15
1.10.2 Ley Cutt Off - Ley de Cabeza	16
1.10.3 Control de Calidad	16
1.10.4 Análisis para la clasificación de los minerales.....	16
1.11 RESERVAS DE MINERAL	17
1.11.1 Reservas geológicas y minables.....	17
CAPITULO 2	19
TAJO ABIERTO – DISEÑO Y OPERACIÓN DE MINA 11, 14 Y 16 DE SHOUGANG HIERRO PERU.....	19
2.1 PARAMETROS DE DISEÑO DE MINA 11,14 Y 16.....	19
2.1.1 Diseño de Accesos	19
2.1.2 Ancho Rampa.....	21
2.1.3 Pendiente de Rampa.....	22
2.1.4 Geometría de la excavación	23
2.1.5 Diseño de Banco.....	23
2.1.6 Angulo en Tajo Abierto.....	24
2.2 OPERACIONES MINERAS	25
2.3 DESCRIPCION DEL CICLO DE MINADO.....	25
2.3.1 Perforación	25

2.2.2 Voladura	26
2.2.3 Carguío	30
2.2.4 Acarreo	36
2.2.5 Equipos Auxiliares	40
CAPITULO 3	42
SISTEMA DE GESTION DE FLOTA EN CONTRATISTA MINERO DE SHOUGANG HIERRO PERU.....	42
3.1 HISTORIA DE SISTEMA DE GESTION DE FLOTA.....	42
3.1.1 Modular - Dispatch.....	43
3.1.2 Caterpillar – MineStar.....	44
3.1.3 MineSense / ControlSense	45
3.1.4 Zyfra Mining – VG Karier	46
3.2 HARDWARE DEL SISTEMA DE GESTION DE FLOTA.....	47
3.2.1 Elementos del Sistema de Gestión de Flota VG Karier	48
3.2.2 Equipo a Bordo.....	49
3.2.3 Infraestructura	50
3.2.4 Servidores del Sistema	53
3.3 SOFTWARE DEL SISTEMA DE GESTION DE FLOTA	54
3.3.1 Mapa.....	54
3.3.2 Modulo de control de operación de camiones y palas	55
3.3.3 Modulo de control de calidad de vías.....	56
3.3.4 Modulo de control de producción en tiempo real.	57
3.3.4 Modulo de Inicio de turno de Palas y camiones.....	60
3.3.5 Módulo de gestión de combustible.....	61
3.3.6 Reporte de estadísticas en tiempo real	62
3.3.7 Control de puntos de descarga	64
CAPITULO 4	65
INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD.....	65
4.1 DEFINICION DE KPI'S	65
4.1.1 Clasificación de Indicadores:	66
4.1.2Características de los KPI	67
4.2 EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS OEE	68
4.2.1 Disponibilidad:	69
4.2.2 Rendimiento:	70
4.2.3 Calidad	71
4.3 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD APLICADOS A EQUIPOS DE CARGUIO	73
4.3.1 Disponibilidad Mecánica:	73
4.3.2 Utilización (%):	75
4.3.3 Eficacia (%):.....	76

4.3.4 Eficiencia de proceso (%):	78
4.3.5 Efectividad (%):	79
4.3.6 Rendimiento Bruto (Ton/HBr):	80
4.3.7 Rendimiento Neto (Ton/HN):	81
4.3.8 Escala de Tiempos:.....	82
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFIA	88
ANEXOS.....	89

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1	Ubicación y Accesos a Mina Shougang Hierro Perú	4
Imagen 2	Columna estratigráfica de mina Shougang Hierro Perú.....	8
Imagen 3	Columna geológica de mina Shougang Hierro Perú.	9
Imagen 4	Vías de Acceso a mina Shougang Hierro Perú	20
Imagen 5	Diseño de Ancho de rampa – Shougang Hierro Perú.....	21
Imagen 6	Diseño de pendiente de rampa-Manual de rendimiento Caterpillar.....	22
Imagen 7	Diseño Optimo de pendiente de rampa-Shougang Hierro Perú	22
Imagen 8	Diseño de Ancho de Banco – Manual de Rendimiento Caterpillar.	24
Imagen 9	Diseño de Malla de Perforacion de Py15 Nv680 material de desmonte – Shougang Hierro Peru.	25
Imagen 10	Perforadoras Eléctricas 1190E y Diesel D75KS – Shougang Hierro Perú ..	26
Imagen 11	Diseño de Carga de Voladura Taladro de producción – Shougang Hierro Perú	27
Imagen 12	Muestra de Fragmentación de Rocas – Shougang Hierro Perú.....	28
Imagen 13	Análisis de distribución de granulometría – Shougang Hierro Perú.....	29
Imagen 14	Instalación y orientación de los geófonos - Shougang Hierro Perú.....	30
Imagen 15	Pala 6040 FS Eléctrica de 20M3 – Shougang Hierro Perú	31
Imagen 16	Pala 6040 FS Eléctrica de 15M3 – Shougang Hierro Perú	31
Imagen 17	Diseño de Carguío Pala 6040 FS – Manual de Rendimiento Caterpillar.....	32
Imagen 18	Factor de llenado del cucharón – Manual de Rendimiento Caterpillar.....	33
Imagen 19	Ciclo de excavación de palas eléctricas – Manual de Rendimiento Caterpillar	33
Imagen 20	Buenas prácticas operativas de carguío – Manual de Rendimiento Caterpillar	34
Imagen 21	Cargador Frontal 994F de 18M3 – Shougang Hierro Perú	35
Imagen 22	Buenas prácticas operativas de carguío con cargador frontal – Manual de Rendimiento Caterpillar	36
Imagen 23	Distribución de costos Operativos en Mina – Manual de Rendimiento Caterpillar	36
Imagen 24	Camiones Mineros 785C de 148 Ton de capacidad – Shougang Hierro Perú	37
Imagen 25	Distribución de dimensiones de Camión Minero 785C – Manuel de Rendimiento Caterpillar	38

Imagen 26 Diseño de tolva Camión Minero 785C – Shougang Hierro Perú.....	39
Imagen 27 Cargador Frontal 966L Realizando limpieza en piso de pala – Shougang Hierro Perú	40
Imagen 28 Tractor de ruedas D9T realizando empuje de material en botadero – Shougang Hierro Perú	41
Imagen 29 Excavadora Hitachi 850LC realizando perfilado de talud – Shougang Hierro Perú	41
Imagen 30 Ciclo de Carguío de Dispatch -Modular Mining.....	44
Imagen 31 Modelo de Optimización MineSense – MineSense	46
Imagen 32 Arquitectura del sistema – Zyfra Mining	47
Imagen 33 Diagrama del sistema de automatizado de Despacho – Zyfra Mining.....	49
Imagen 34 Diagrama de los equipos abordado para los camiones mineros – Zyfra Mining .	50
Imagen 35 Esquela de comunicación de los servidores – Zyfra Mining	51
Imagen 36 Esquema de Red Mesh – Zyfra Mining	52
Imagen 37 Control Room – Shougang Hierro Perú	53
Imagen 38 Mapa del Sistema Dispatch – Zyfra Mining	55
Imagen 39 Módulo de control de camiones y palas -Zyfra Mining.....	56
Imagen 40 Módulo de control de calidad de vías – Zyfra Mining.....	57
Imagen 41 Modulo de control de produccion de palas – Zyfra Mining.....	58
Imagen 42 Módulo de control de producción de los camiones.....	59
Imagen 43 Módulo de inicio de turno, cantidad de camiones asignados durante el turno -Zyfra Mining	60
Imagen 44 Asignación de operados, tipo de material, polígono a minar y tonelaje programado durante el turno – Zyfra Mining.....	60
Imagen 45 Gestión de combustible – Zyfra Mining	61
Imagen 46 Visualización de reporte de Gestión de combustible – Zyfra Mining.....	61
Imagen 47 Reporte de los principales indicadores de carguío – Zyfra Mining	62
Imagen 48 Reporte de los principales indicadores de acarreo – Zyfra Mining.....	62
Imagen 49 Numero de equipos de carguío trabajando durante el turno – Zyfra Mining	63
Imagen 50 Numero de equipos de acarreo trabajando durante el turno – Zyfra Mining	63
Imagen 51 Estadísticas en tiempo real de los camiones mineros – Zyfra Mining.....	63
Imagen 52 Control de puntos de descarga en botadero.....	64
Imagen 53 Esquema de eficiencia general de los equipos – OEE website	69

Imagen 54 Grafica de disponibilidad mecánica de los equipos de carguío	74
Imagen 55 Pareto de las principales actividades que afectan a la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío.	74
Imagen 56 Grafica de Utilización de equipos de carguío	75
Imagen 57 Pareto de las principales actividades que afectan la utilización de los equipos de carguío	76
Imagen 58 Grafica de Eficacia de los equipos de carguío	77
Imagen 59 Pareto de las principales actividades que afectan la eficacia de los equipos de carguío	78
Imagen 60 Gráfico de eficiencia del proceso de carguío	79
Imagen 61 Grafica de Rendimiento Bruto de los equipos de carguío.....	81
Imagen 62 Grafica de Rendimiento Neto de los equipos de carguío	82
Imagen 63 Escala de tiempos Asarco.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Distancia a la mina Shougang Hierro Perú desde Lima	4
Tabla 2	Estimado de Reservas Geológicas de mineral Shougang Hierro Perú	17
Tabla 3	Estimado de Reservas Minables de mineral y desmonte – Shougang Hierro Perú	18
Tabla 4	Dimensionamiento de Rampas para camiones mineros 785C – Manual de Rendimiento Caterpillar	22
Tabla 5	Cuadro de modelo de perforadoras – Shougang Hierro Perú	26
Tabla 6	Modelo de equipos de carguío	73
Tabla 7	Horas de Mantenimiento mecánico de equipos de carguío	73
Tabla 8	Horas de Utilización de equipos de carguío	75
Tabla 9	Horas de Eficacia de equipos de carguío	77
Tabla 10	Horas de Eficiencia de Procesos de los equipos de carguío.....	78
Tabla 11	Porcentaje de eficiencia de proceso target	79
Tabla 12	Porcentaje de Eficiencia de Proceso Planificado VS Real.....	80
Tabla 13	Rendimientos Bruto.....	80
Tabla 14	Rendimientos Netos	81

INTRODUCCION

A consecuencia del incremento de la competitividad de las compañías que prestan servicios en el sector minero, el Contratista Minero con la finalidad de incrementar la productividad y seguridad de su operación implementa un sistema de gestión de flota que permitirá tener datos en un momento específico para tomar decisiones eficientes a través de plataformas webs de fácil acceso, el sistema permite tener una asignación automática de camiones utilizando algoritmos inteligentes que nos permitirán disminuir los costos de producción.

Al contar con un sistema de gestión de flota que optimiza las asignaciones de los camiones a palas en tiempo real, es importante la exactitud de la información ingresada al sistema ya que en caso contrario repercutirá de manera de negativa en el proceso de cálculo del sistema, sin alcanzar el incremento en los rendimientos de los equipos y sin maximizar su utilización.

El presente informe se enfoca en dar a conocer la relevancia de la adopción de un sistema estratégico de flota para maquinarias de carguío y acarreo en el tajo abierto para poder mejorar los principales indicadores de productividad, así también lo importante que es tener datos relevantes de un momento específico con el propósito de tomar decisiones de forma correcta.

OBJETIVOS

Mejorar los principales indicadores de productividad a través del uso del procedimiento de gestión para la flota dispatch con el objetivo de cumplir con el tonelaje requerido por día en el plan mensual y disminuir los precios de carguío y acarreo, alineado a las prioridades de minado en las diferentes fases, zonas de descarga disponibles en los botaderos de Shougang Hierro Perú.

ALCANCES

La presente actividad es de aplicación obligatoria en las áreas involucradas en productividad, planeamiento, y operaciones del plan mensual de minado por el Contratista Minero en la U.M. de Shougang Hierro Perú.

CAPITULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1 UBICACIÓN

La mina Shougang Hierro Perú está ubicada a 530 km al sur de la ciudad de Lima, además esta limita hacia el norte con la provincia de Nazca y hacia el sur con provincia de Caraveli.

Localidad:	Shougang Hierro Perú
Distrito:	Marcona
Provincia:	Nazca
Departamento:	Ica
Región:	Ica
Altitud:	800 m.s.n.m

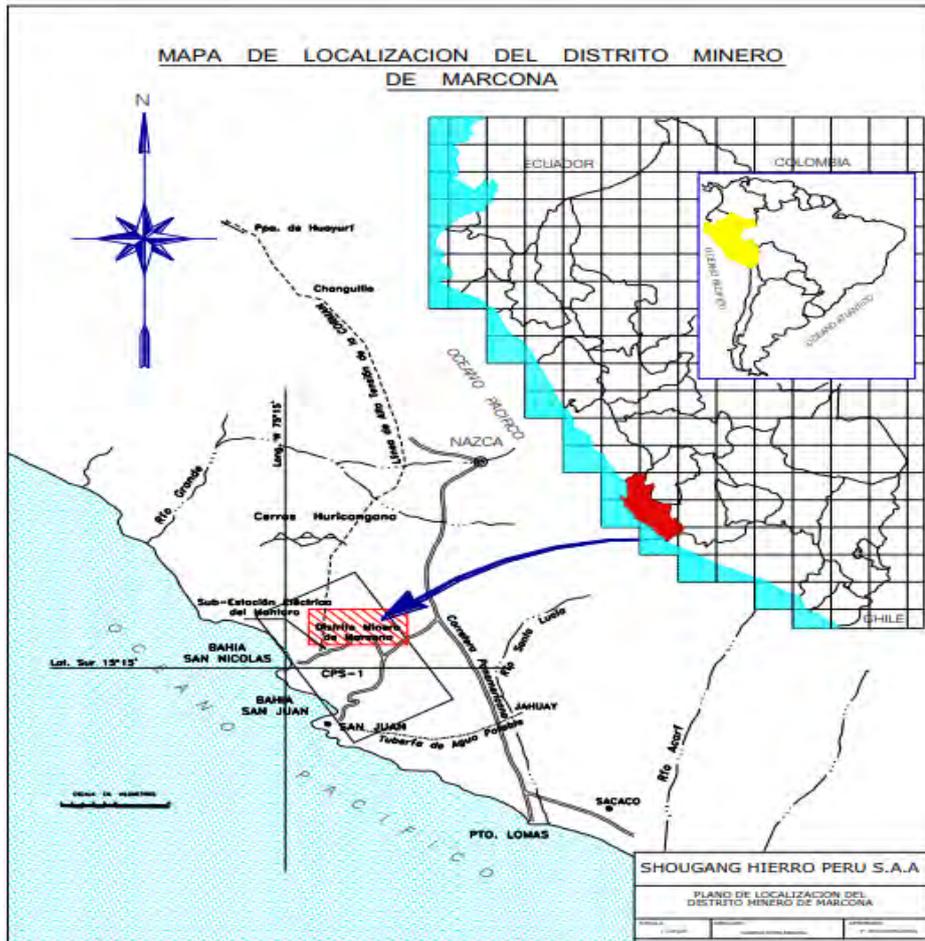


Imagen 1 Ubicación y Accesos a Mina Shougang Hierro Perú

1.2 ACCESIBILIDAD

Existen una de acceso hacia la mina Shougang Hierro Perú.

Ruta Lima – Marcona

Ruta	Distancia	Tipo Carretera	Tiempo	Medio
Lima – Marcona	524 km	Asfaltada	8 Hrs	Bus

Tabla 1 Distancia a la mina Shougang Hierro Perú desde Lima

1.3 CLIMA

El distrito de San Juan de Marcona presenta un clima húmedo y caluroso, con temperaturas máximas en verano de 30°C (enero-marzo) y mínimas de 16°C en el mes de agosto, además presenta una neblina prevaleciente que produce hasta un 100% de

humedad. Así mismo presenta fuertes vientos de arena y tierra mas conocidos como vientos paracas, estos suceden durante el cambio de estación (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2020).

1.4 RESEÑA HISTORICA

- 1906: El Ing. Federico Fuchs descubrió las desviaciones que se presentaban en sus compas cuando realizaba estudios a un prospecto de cobre a los alrededores.
- En 1914 Fuchs regreso a la zona de descubrimiento para realizar mayores estudios junto con Roberto Letts y Justo Pastor un residente de la zona; a quien se le comento sobre los hallazgos de unas piedras duras de color negro que yacían sobre una pampa de Marcona.
- En 1915 se hizo el gran anuncio acerca del descubrimiento, el cual estuvo a cargo del Ing. Futchs, expandiendo la noticia a través de las publicaciones de la Sociedad de Ingenieros del Perú.
- En 1924 en el Perú se creó la comisión siderúrgica Nacional con el objetivo de analizar los recursos del carbón y hierro en el país, siendo declarado reserva nacional al distrito de Marcona.
- En 1940 la empresa Brassert Company of NY continuo con la indagación y explotación del mineral, aportando además con el desarrollo e implementación de programas para el desarrollo del área, estas investigaciones fueron dirigidas por expertos desde Mancha A, lo que conlleva a 2000 metros de perforación diamantina.
- En 1943 en el Perú se creó a la sociedad Santa, con el objetivo de desarrollar una producción nacional para la producción de acero con hornos y molinos

en la ciudad de Chimbote, otorgando a la concesión de Marcona como capital.

- En 1951 el geólogo Fernández, en ese entonces consultor especialista de la corporación Santa, llevo a cabo el primer levantamiento geológico en la región a una escala de 1:50,000 y 1:20,000 de escala en la zona local; en ese sentido el distrito fue reconocido por su gran potencial en la producción de minerales de fierro en Sub-América.
- En 1953 se desarrolló el área E-Grid dirigido por Marcona Mining Company, en San Juan, por facilidades en el puerto y para el embarque, construyéndose una planta de chancado, vías de acceso y campamentos. Los anfitriones fueron La Cypress Minas Corp. y Utah, quienes dirigieron el primer embarque de este mineral.
- En 1975 se creó a la compañía “Minera del Hierro del Perú” denominada Hierro Perú S.A, establecida bajo Decreto de Ley N° 21228, para la nacionalización del espacio minero y metalúrgico de Marcona ordenando la nacionalización de los recursos peruanos de la filial de Marcona “Mining Company”.
- La empresa China “Shougang Hierro Perú S.A.A”, inicio sus actividades en 1993 a través del proceso de privatización.
- Durante el año 2000 se concretó la alianza estratégica para la gestión de riesgos empresariales denominado Join Venture, facultada por las empresas “Shougang Hierro Perú S.A.A” y “Rio Tinto Mining & Exploration”.
- **Durante el 2008 la empresa minera “Shougang Hierro Perú S. A.A” da inicio al esparcimiento de sus obras a través de la investigación de la mancha**

“N-13” y mina “14” realizando una inversión de alrededor de 2000 millones de dólares, denominado hoy en día como la Zona Nueva.

1.5 DELIMITACION DEL ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la empresa Cosapi Minería SAC. Empresa que se encuentra realizando los procesos de perforación, voladura y carguío de material desmonte y mineral en la tercera etapa de desarrollo de la unidad minera Shougang Hierro Perú.

1.6 GEOLOGIA REGIONAL

Esta zona se encuentra en la cordillera de la costa, constituida por granodiorita de antigüedad cretácico superior que doctrino inicialmente a metamórficos entre el inicio y fin de la formación de la tierra, rocas metamórficas marinos durante la era paleozoica del periodo de turba inferior y meta-volcánicos mesozoico de edad Jurásica, todas las cuales están muy avanzados. Así mismo, encontramos rocas con precipitaciones del cretácico menor y superior, precipitación terciario muy oblicuo y no muy solidificados (Carrillo, 2019).

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS			
				PLUTONICAS	HIPARISALES		
CENOZOICO	JURASICO	Reciente	Depósitos aluviales y alóicos	Q-al	Q-e		
		Pleistoceno	Tarrazas marinas	Q-ma			
	TERCIARIO	Plioceno	Volcánicos Sencza	Ta-vse			
		Mioceno	Formación Pisco	Ta-pi			
MESOZOICO	CRETACEO	Albiano	Formación Copara	Ka-co			
		Agriano	Formación Copara				
		DISCORD. ANG.					
	JURASICO	Neocotiano	Formación Yasca	N-ya			
		Titoniano	Formación Jafody	Ja-ja			
		Oxfordiano	Formación Jafody	Ja-ja			
		Calloviano	Formación Río Grande	Ja-rg			
			DISCORD. ANG.				
PALEOZOICO		Inferior ?	Formación Marcona	P-ma			
			DISCORD. ANG.				
			Formación San Juan	PE-sj			
			DISCORD. ANG.				
PROTEROZOICO	MISISIPIANO		Formación Chiguera				
			DISCORD. ANG.				
			Complejo Basal del la Corta	PE-pi PE-gi			

Imagen 2 Columna estratigráfica de mina Shougang Hierro Perú

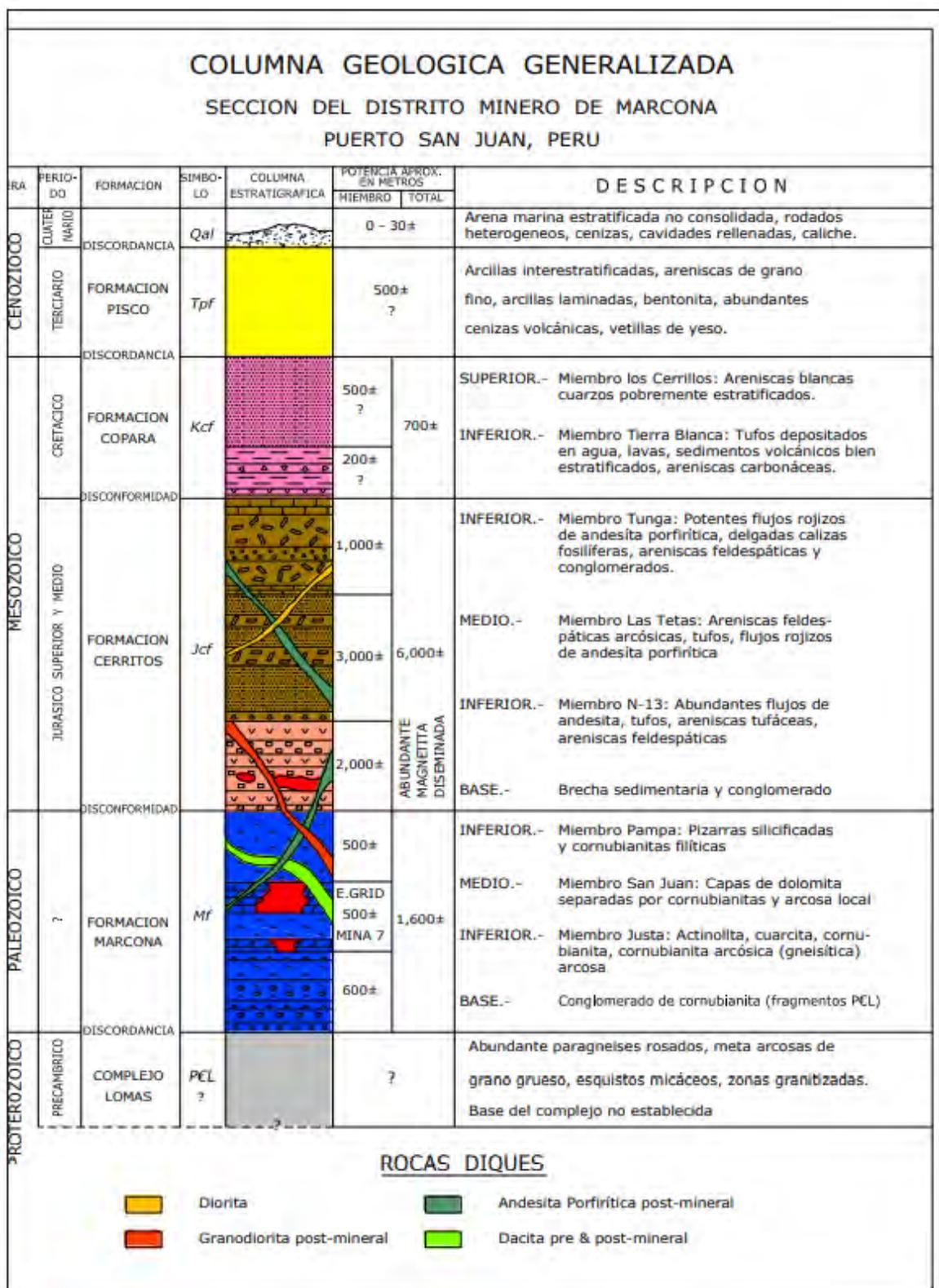


Imagen 3 Columna geológica de mina Shougang Hierro Perú.

Así mismo, existen grandes cantidades de rocas intrusivas en diversas presentaciones como diques o efusiones tabulares que atraviesan y trozan todas las formaciones, siendo consideradas en su gran mayoría vetas post-mineral lo que en conjunto con el

fallamiento producen estructuras complejas debido a los cambios en los movimientos orogénicos andinos.

PETROLOGIA

La veta caja está constituida primariamente de Hornfels Filitico Cuarzoso, Colomítica, Filitas negras y Hornfels Silisicado y presenta al mismo tiempo andesitas, dioritas, granodioritas dacitas y diques básicos presentado en representación de organismos hipabisales que se describen a continuación.

Andesitas

Son formas de Sills y Stock determinados y caracterizados (N-S, N.W y S-E), los cuales se forman del proceso de mineralización, los cuales son petrográficamente andesitas porfíricas con elevados ferrocristales de plagioclasa que poseen un color negruzco grisáceo y levemente rosáceo.

Dioritas

Este tipo de roca se presenta en forma de rumbo NW, la cual esta compuesta por grano fino además de plagioclasas y cuarzo.

Granodioritas

Este tipo de roca también es considerada un post-mineral en forma de diques delgados bajo las características NS y MW y SE, la cual posee una contextura fina equigranular, compuesto por diversos minerales como las plagioclasas y también de otros minerales complementarios como la diorita.

Dacitas

Este tipo de veta es la más predominante en el yacimiento de Marcona, la cual tiene una estructura de diques y mantos intrusivas, las cuales son muy anormales; así mismo la veta porfírica de característica rosa verde está desarrollado por andesita,

clinopiroxenos, minerales opacos y algunas veces hornblendas. Se presenta antes y después de formado el mineral.

Diques Básicos

Estas se localizan en almacenamientos de mineral, en las lomas Marcona y cerritos, así mismo esta se presenta de forma irregular antes de la mineralización y está compuesta por basáltico doleríticos, y luego de transferir una mineral a una sustancia, siendo andesíticos-dioríticos, presentándose de manera usual.

1.7 GEOLOGIA LOCAL

Marcona posee una elevación de 800 msnm, siendo caracterizada por una amplia meseta esculpida, la cual está conformada por un armazón de erosión marina. Por otro lado, se encuentra ubicada hacia el lado Oeste a través de 27 Terrazas litorales, las cuales se desarrollan a través de corrientes costeros en el tercio superior y durante el Cuaternario de solevantamientos interrumpidos del continente y debido a los fallamientos que restringen la zona hacia el lado del mar. Por otro lado, debido a sus irregularidades topográficas esta presenta una penullanuras de característica ondulada que forman colinas bajas y cubiertas por una acumulación aluvial compuesto por rodados, grava, arena, restos fósiles, fragmentos pulidos de minerales de fierro debido a los desbordamientos marinos y por los levantamientos interrumpidos y además por la operación eólica, lo que establece la dificultad de todo elemento geológico para su posterior análisis dentro de la región.

1.8 GEOLOGIA DE LA MINA

El conjunto estratigráfico del yacimiento este compuesto por una estructura homoclinal, con dirección al suroeste y noroeste que oscila entre 35° y 65° de buzamiento al noroeste. Por otro lado las precipitaciones poseen una dirección hacia el noroeste y

desviaciones al noroeste desarrollando un anticlinal, la cual se encuentra actualmente erosionado.

Bajo este panorama geológico surgen los cuerpos de mineral los cuales están conformados con una secuencia uniforme de restos o flanco del pegamiento más complejo. Sin embargo, esta estructura resulta de la complejidad de los fallamientos e intrusiones además de los movimientos telúricos.

1.8.1 Fallamiento y estructura

A continuación se presentan los 3 principales métodos de fallamientos, desarrollados en diferentes etapas:

1. Fallas pistas

Estas se producen antes y después de la mineralización, de característica gravitacional rumbo a N° 60 E y de 60° NE de buzamiento. Así mismo los plegamientos menores están conformados por fracturamientos fuertes de la alienación Marcona.

2. Falla repetición

Se presentan en características tensionales y compresionales de forma inversa con dirección paralela de estratificación M45°E luego de la mineralización. Estas fallas se pueden encontrar al sur del yacimiento cinco, poniéndose en contacto con la formación Marcona y Cerritos.

3. Falla la Huaca

Estas fallas se presentan post mineral, siendo consideradas a las más actuales en paralela con la “cordillera de los Andes N25°E”, iniciando la regeneración, omisión de estratos y a las transformaciones bruscas desde diversos ángulos de orientación y buzamiento.

1.8.2 Diaclasa miento

En función a los impulsos regionales y locales se posee a gran escala de diaclasa miento bajo un sistema de norte a sur, además de otros sistemas horizontales, verticales entre otros ángulos variables.

1.9 GEOLOGIA ECONOMICA

Marcona este compuesto por un total de 117 cuerpos de mineral, las cuales tienen una ampliación de 10 kilómetros por 15 kilómetros, logrando desarrollar depósitos que se encuentran en gran medida aislados y con medidas variables, los cuales se hallan almacenados en diversas maneras sedimentarias de Paleozoico y Jurásico, estos han sido desarrollados bajo un procedimiento meta somático de característica tabular en función a su forma estructural. Estos cuerpos mineralizados están conformados por zoneamiento vertical. El mineral se encuentra inicialmente compuesto de magnetita y disseminaciones de sulfuro, los cuales estuvieron expuestos a una exuberante oxidación y lixiviación, debido al clima y a la humedad subterránea.

Este material está conformado por casi el 80% de hematita la cual proviene de la magnetita primaria, por otro lado, el grado de lixiviación ha sido influenciado por la concentración de pirita, así mismo, la oxidación intensa conlleva a la formación de hematita ferrosa y magnetita residual en aquellas zonas donde existe mayor concentración de pirita. La hematita dura de color negro se presenta a través de la oxidación menor y en el que la pirita es nula es porque la oxidación ha sido casi nula. La zona lixiviada presenta una profundidad variable desde 25m hasta 40m, además la zona de transición presenta una profundidad de alrededor de 30m de espesor, encontrándose bajo esta zona al mineral primario.

Estas unidades de intemperismo han desarrollado en cada organismo de mineral 3 etapas verticales por variaciones de las peculiaridades físicas y químicas de la magnetita:

1. Zona de mineral oxidado

Se encuentra cerca de la superficie por las actividades antes descritas, después la magnetita se transforma en hematitas y martitas sustitutas, las cuales están acompañadas por minerales de fierro, brocantitas, crisocolas y sulfatos de hierro menor.

2. Zona de mineral transicional

Es el que se ubica después de la zona oxidada, por los diferentes materiales lixiviados de esta zona. Está conformada por hemetita-martita y jarosita de grano fino y, en menor cantidad, pirita, yeso, anhidrita, brocantita, crisocola, atacamita. Entre sus principales peculiaridades de esta área es su composición, el posee más del 1% de azufre, y cuenta con una recuperación magnética relativamente baja y un contenido inferior al 15%, así mismo, su capacidad mineral tiene un promedio de 35m.

3. Zona de mineral primario o sulfuroso

Esta zona es una de las principales y más importantes debido a que en sus alrededores se encuentran más del 80% de las reservas de hierro, así mismo la mineralización se mantiene intacta y es considerada como simple, desarrollada a través de la formación de magnetita criptocrystalina y masivas, además de calcopirita, pirrotita y siendo la ganga principalmente la actinolita con epidota, calcita, brocanita, clorita y sericita.

Debido a la presencia de estos elementos los minerales de la zona son considerados como mineral de molienda gruesa por su subclasificación, además

de molienda fina normal y fina refractario con el objetivo de liberar el azufre durante su manipulación.

Su principal característica de esta zona es su alta recuperación magnética mayor al 65% así como a su contenido de FeO mayor al 15%, pudiendo emplearse en todos los tipos de productos finales.

1.10 TIPO DE YACIMIENTO Y MINERALOGIA

Existen alrededor de 117 cuerpos identificados como depósitos alrededor de un área de 150 km², presentados en diversas dimensiones de hasta 2700m de longitud entre otros más pequeños y de diferente forma tabular.

El origen de estos cuerpos es de característica meta somática, desarrollado a través de soluciones residuales como resultados del magma intrusivo las cuales atraviesan las fisuras, debido a las variaciones que sufren las vetas de Marcona y Cerritos se produce una sustitución meta somática que da origen a la creación de nuevos minerales y al desplazamiento de la magnetita.

La representación del batolito de San Nicolas inició diferentes diques dando origen a que estos contribuyan a la adopción de soluciones mineralizadas, modificando los horizontes dolomíticos de la formación Marcona y de sus elementos calcáreas de las areniscas feldespáticas del desarrollo Cerritos. Ante estos criterios el yacimiento ha sido denominado una mina de reemplazamiento metacromático.

1.10.1 Mineralogía

Este mineral de mena es sumamente importante para estos yacimientos es la magnetita criptocristalina y masiva, las cuales están compuestas con alrededor del 50% de hierro y con abundante pirita diseminada.

Así mismo se hacen presente los minerales de cobre con una composición de alrededor de 0.06% de cobre en función a los criterios del yacimiento que se analice.

Finalmente existe la presencia de otros minerales como la pirrotita, la ganga cobalto en función a la pirita, la actinolita, la epidotita entre otros.

1.10.2 Ley Cutt Off - Ley de Cabeza

Es aquella norma jurídica que regula la explotación de los minerales en Shougang Hierro Perú. En ese sentido debido a lo establecido por ley la extracción en minas se da en función al 50% de Fe. Sin embargo durante las actividades de yacimiento se desarrolla un recurso de dilución denominado-baja ley, la misma que está compuesta por alrededor del 30% de Fe. Posteriormente estos minerales son trasladados hacia un separador magnético denominado Dry Cobbing el cual tiene como propósito elevar la ley hasta un 50% lo que conlleva finalmente a la eliminación de desecho y agrupación del mineral que será trasladado hacia la planta de beneficio.

1.10.3 Control de Calidad

Estos controles se llevan a cabo durante todas las etapas de explotación, los cuales tienen como objetivo lograr extraer el mineral en diversos yacimientos y facés de explotación, lo que sugiere de un vínculo entre las actividades procesuales y de zona de beneficio.

1.10.4 Análisis para la clasificación de los minerales

Para el tratamiento metalúrgico del hierro se requieren productos caracterizados por azufre, por lo que se realiza la siguiente clasificación del mineral primario:

-Mineral Oxido	OX
-Mineral Transicional	TO
-Mineral de molienda gruesa	CG
-Mineral de molienda fina normal	FG-N
-Mineral de molienda fina refractario	FG-R

1.11 RESERVAS DE MINERAL

1.11.1 Reservas geológicas y minables

A continuación se describen las siguientes reservas en función a los trabajos de exploración desarrollo y explotación realizados a las diversas minas o yacimientos.

A través de la forma se determina la metodología para la determinación de reservas minables dentro del yacimiento, a lo que mencion 3 principales reservas:

- Reservas Geológicas.
- Reservas Minables al límite final probable
- Reservas Minables a talud actual.

a) Reservas Geológicas

Son los recursos de mineral que han sido catados y registrados con las perforaciones de la exploración, en los yacimientos actuales estableciendo las siguientes reservas:

Estimado de Reservas Geologicas de Mineral			
Deposito	Probado	Probable	Total General
Mina 11	29,809,245	5,590,692	35,399,937
Mina 14	81,657,848	30,762,947	112,420,795
Mina 16	6,789,321	5,689,858	12,479,179
Total General	118,256,414	42,043,497	160,299,911

Tabla 2 Estimado de Reservas Geológicas de mineral Shougang Hierro Perú

b) Reservas minables

Es aquel organismo de mineral denominado como explotable, el cual se emplea a través de un diseño minado, en ese sentido se les considera como reserva minable y se les denomina en función a la actividad que se lleva a cabo dentro del yacimiento.

-Reservas minables al límite final probable: Recursos que se encuentran dentro de la forma ideal de minado.

-Reservas minables del talud actual: Recursos que se encuentran acorde a los diseños predominantes de los taludes que se están explotando, esto sin tomar en cuenta los proyectos a futuro.

Estimado de Reservas Geologicas de Mineral (al limite final probable)				
Deposito	Mineral	Desmante	Total General	Ratio
Mina 11	33,912,048	92,409,621	126,321,669	2.72
Mina 14	69,230,444	142,436,597	211,667,041	2.06
Mina 16	9,032,443	26,167,149	35,199,592	2.90
Total General	112,174,935	261,013,367	373,188,302	2.33

Tabla 3 Estimado de Reservas Minables de mineral y desmante – Shougang Hierro Perú

CAPITULO 2

TAJO ABIERTO – DISEÑO Y OPERACIÓN DE MINA 11, 14 Y 16 DE SHOUGANG HIERRO PERU

2.1 PARAMETROS DE DISEÑO DE MINA 11,14 Y 16

2.1.1 Diseño de Accesos

En Shougang Hierro Perú, dentro de las actividades principales se encuentra la construcción de los accesos hacia la mina. La forma de un acceso eficiente es un elemento muy relevante para la forma de un yacimiento, que al mejorar su forma se incrementará formidablemente su nivel de producción y por ende se reducirán los costos de producción. Para el diseño de los accesos se toma en cuenta lo siguiente:

- a) El levantamiento vertical del material para salir de la mina.
- b) La ruta que tomara el camión desde el punto de carguío hacia la chancadora primaria y los botaderos de estéril.
- c) La secuencia de minado o explotación para el mineral y el material estéril.
- d) Determinación de los límites de la mina.
- e) Las Reservas o recursos que son económicamente minables, etc.

Cuando se realiza el diseño de los accesos hacia la mina, se toman en cuenta la operatividad, ya que al momento de ejecutarse la interacción de actividades y equipos será mayor, por lo tanto, esta actividad se realizará en la medida que se desarrolle el menor impacto negativo en las actividades. Los principales parámetros para evaluar serán los siguientes:

- Ancho de Rampa.
- Ancho de Berma.
- Altura de Banco.
- Pendiente de Rampa.
- Angulo de cara de Banco



Imagen 4 Vías de Acceso a mina Shougang Hierro Perú

2.1.2 Ancho Rampa

El tamaño de los accesos se mide en función a las extensiones de los vehículos de transporte, en el sentido que sea lo necesario para que estos puedan transitar realizando sus correctas maniobras de manejo defensivo sin poner en peligro estos.

Como regla general en Shougang Hierro Perú se diseñan los anchos de rampa de tal manera que los camiones puedan desplazarse a una velocidad constante de 50 Km/Hr cuando los camiones están vacíos, también se diseñan las esquinas y crestas con visibilidad clara a velocidades de funcionamiento, se diseñan siempre para el peor de los casos.

Para el diseño de ancho de rampa se tiene las especificaciones de los camiones mineros usados 785C, que cuentan con un ancho en orden de trabajo de 6.6 m, entonces todas las rampas de acceso en Shougang Hierro Perú son en promedio de 26 m.

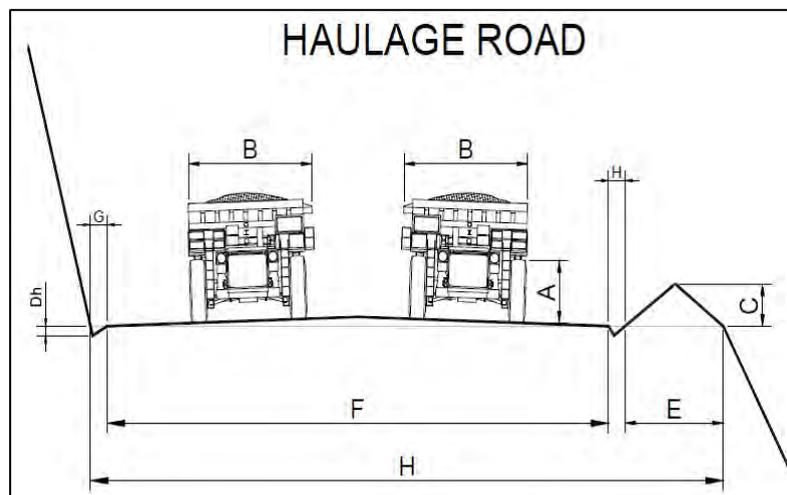


Imagen 5 Diseño de Ancho de rampa – Shougang Hierro Perú

Dimensiones	Operación	CAT 785C
Carga nominal (Tn)		148.0
Modelo de Neumaticos		33.00R51
Ancho del Camion (m)	B	6.6
Distancia entre camiones (m)	B/3	2.2
Ancho de berma (m)	E	6.0
Superficie de rodadura (m)	$F=B*3.0$	19.9
Ancho de Rampa-Teo (m)	$H=F+E$	25.9
Ancho de Rampa-Diseño (m)	$I=\text{round}(H)$	26.0

Tabla 4 Dimensionamiento de Rampas para camiones mineros 785C – Manual de Rendimiento Caterpillar

2.1.3 Pendiente de Rampa

Las rampas deben ser menores del 10% con el propósito de incrementar la utilidad de los neumáticos, lo que permite minimizar los diferentes estilos de transmisión, preservando una velocidad promedio lo que permite frenar constantemente en regresos.

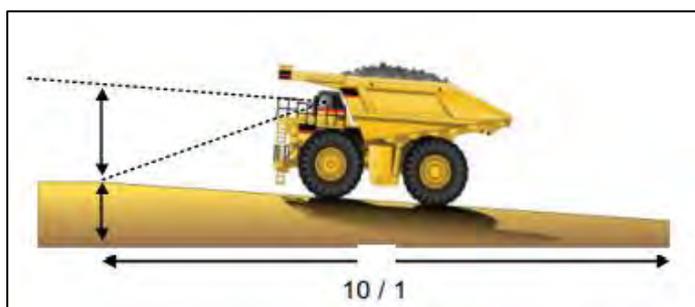


Imagen 6 Diseño de pendiente de rampa-Manual de rendimiento Caterpillar.

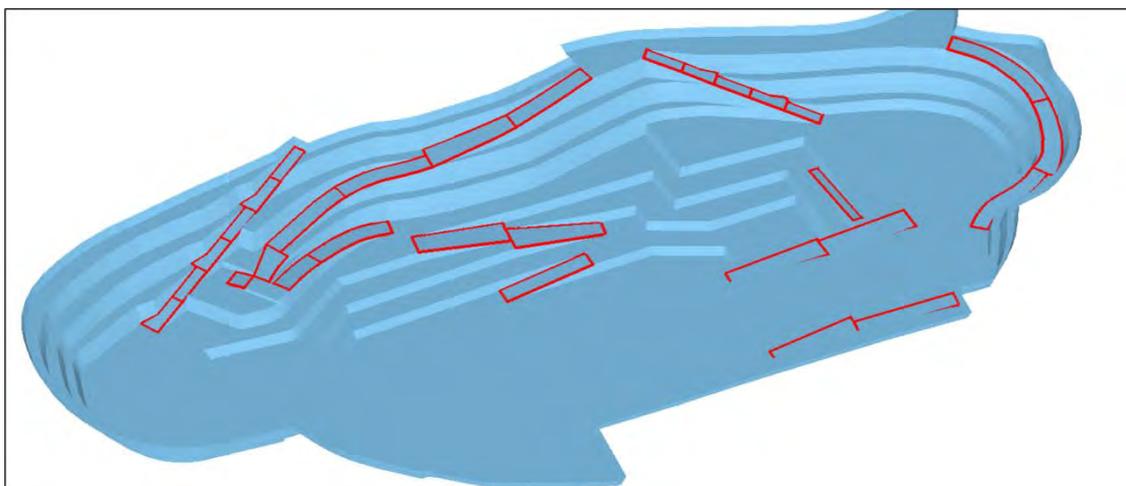


Imagen 7 Diseño Optimo de pendiente de rampa-Shougang Hierro Perú

En Shougang Hierro Perú el estándar para las pendientes de acceso para el minado son de 0-10%, y se tienen pendientes máximas de 12%, respetar el diseño de las pendientes es muy importante para disminuir los ciclos de acarreo y también disminuir los costos.

2.1.4 Geometría de la excavación

Al realizarse una excavación dentro de un elemento rocoso, esta produce una inestabilidad en el sistema, en ese sentido resulta importante realizar una excavación circular en función a los esfuerzos de tracción y comprensión que se presentan en forma de nulos.

2.1.5 Diseño de Banco

Altura de banco

La longitud de un banco se da en función al distanciamiento vertical por cada nivel horizontal en función al tajo. Estos bancos deben contener la misma longitud a diferencia de que se presenten otras situaciones geológicas, lo que dependerá de los criterios físicos del almacenamiento.

En la mina 14 la altura del bando es de 15 m, y en mina 11 y 16 la altura del banco es de 12m en ambos casos con una sobre perforación de 1 metro para el desmonte y 1.5 metros para el mineral. Esto con el objetivo de incrementar la eficiencia de la perforación y el rendimiento de las palas.

Ancho de banco

Cualquier yacimiento necesita de vías de accesibilidad y de salida para el fácil desplazamiento de los vehículos de transporte mineros, para el traslado de sus palas en distintas situaciones y frentes de excavación para el traslado de máquinas livianas. El

banco tiene un ancho establecido en función a criterios como: Procedimiento de la cuantificación de hendidura, técnicas de tronadura amortiguada practicadas y las normas de seguridad establecidas en el yacimiento.

Los camiones mineros deben hacer pasar las herramientas de carga con aceleración total. y el ancho mínimo del banco debería ser el radio de giro del camión más la berma de seguridad más el radio de oscilación de la herramienta de carga (palas).



Imagen 8 Diseño de Ancho de Banco – Manual de Rendimiento Caterpillar.

2.1.6 Angulo en Tajo Abierto

Es uno de los elementos más característicos en la explotación del yacimiento, esta también es una de las restricciones operacionales más relevantes ya que se debe asegurar la persistencia de cada uno de los partes comprometidos, por lo tanto, se necesita que la geometría optima de forma se mantenga estable, lo que permitirá obtener un máximo beneficio en función a un mínimo de riesgo ante algún siniestro geomecánica.

2.2 OPERACIONES MINERAS

Actualmente El Contratista Minero se encuentra desarrollando el open pit de la tercera etapa de las minas 11, 14 y 16 de Shougang Hierro Perú, este desarrollo comprende todas las actividades unitarias tales como voladura, carguío, perforación entre otros. Para esto El Contratista minero comprende con una variedad de equipos especializados para desarrollar cada operación.

2.3 DESCRIPCION DEL CICLO DE MINADO

2.3.1 Perforación

Esta actividad dentro del yacimiento 14, 11 y 16 se realiza actualmente con perforadoras diésel Sandvick D75KS, con brocas de 11” y perforadoras eléctricas 1190E con brocas de 12 ¼”, ambas perforadoras usadas para taladros de producción.

La malla usada para la perforación de proyectos de desmonte es de 9.00X7.79 con una sobre perforación de 1m, estos parámetros son usados para la perforación con brocas de diámetro de 12 ¼”.

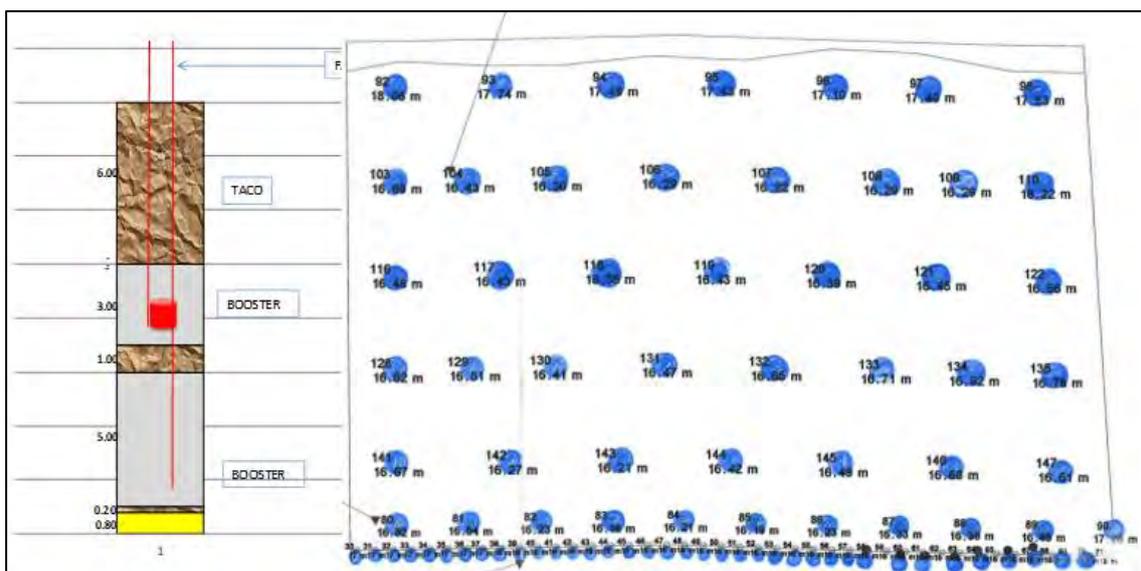


Imagen 9 Diseño de Malla de Perforacion de Py15 Nv680 material de desmonte – Shougang Hierro Peru.

TIPO	MODELO	DENOMINACION	DIAMETRO DE TALADRO
ELECTRICAS	1190E	PER02	12 1/4"
		PER03	
		PER04	
DIESEL	D75KS	PER05	11"
		PER06	

Tabla 5 Cuadro de modelo de perforadoras – Shougang Hierro Perú



Imagen 10 Perforadoras Eléctricas 1190E y Diesel D75KS – Shougang Hierro Perú

2.2.2 Voladura

El propósito de la voladura es el de dividir y remover los recursos requerido para la producción, con una adecuada granulometría y ángulo de reposo, esto para posteriormente ser cargada y transportada hacia los puntos de descarga establecidos. La secuencia de carguío de taladros es la siguiente:

- Preparación de los taladros, que consiste en realizar la limpieza de los taladros, comprobar la longitud real del mismo, y preparar los explosivos y accesorios a usar.

- Carguío de los taladros con el camión ANFO, cada taladro con su respectivo accesorio de voladura.
- Realizar cuidadosamente el sistema de amarre.
- El disparo o chispeo

- **Diseño de voladura:** Para el diseño de las voladuras en producción se usan tapones para la implementación de voladuras tipo DECK (cámaras de aire) lo cual facilita y mejora la fragmentación del macizo rocoso y disminuye el uso de material explosivo lo cual también conlleva a disminuir el factor de carga (FC) y el factor de potencia.

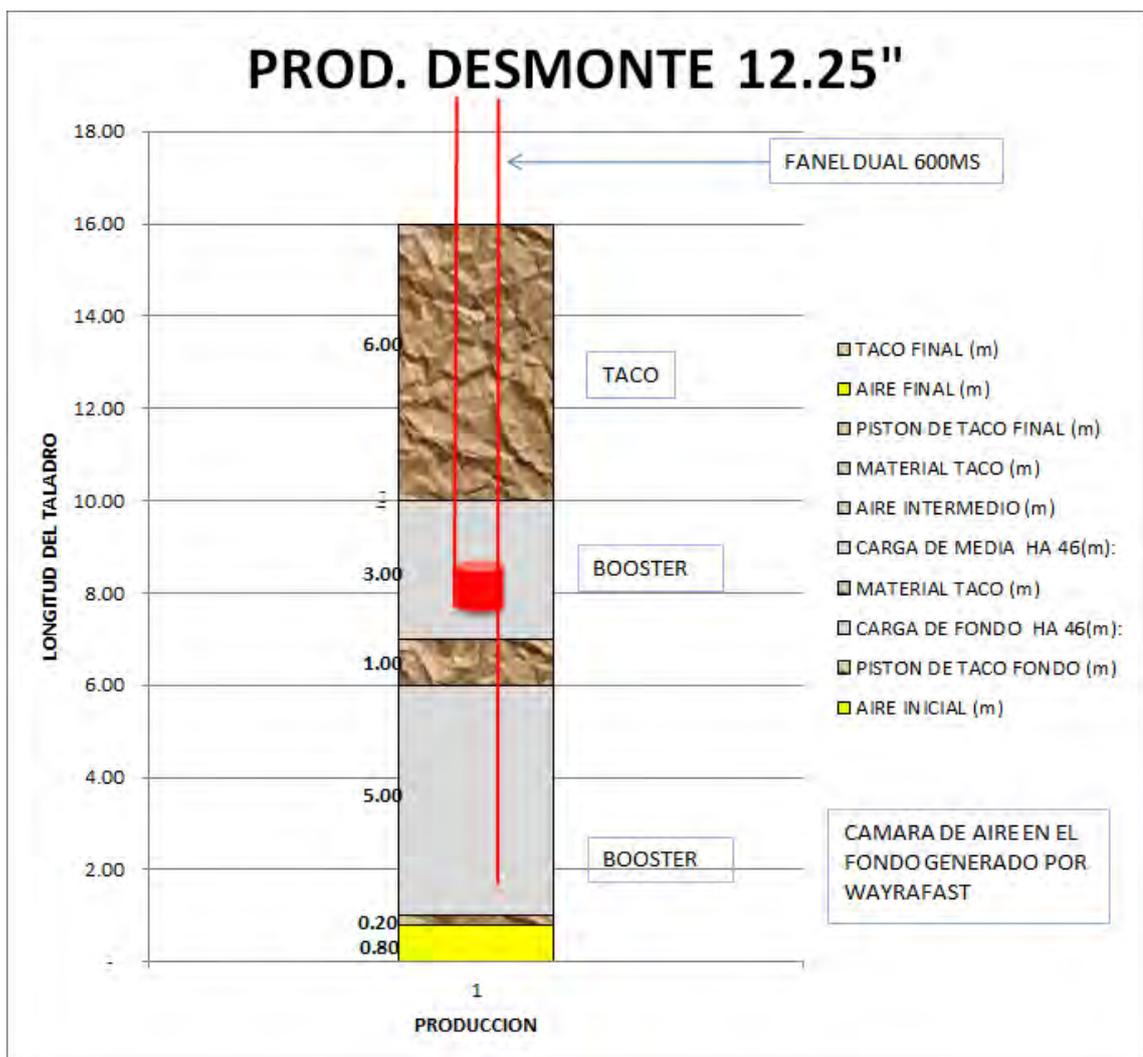


Imagen 11 Diseño de Carga de Voladura Taladro de producción – Shougang Hierro Perú

- **Análisis de fragmentación de rocas:** Para el análisis de fragmentación de las rocas se usa el software Split Desktop mediante el cual se puede identificar representaciones digitales obtenidas en el campo a través de un instrumento digital, estas imágenes luego de ser tomadas en campo son analizadas por un computador que determina la repartición de volumen de la roca fragmentada. Las imágenes pueden ser las pilas de la voladura, el material esponjado luego de la voladura, en las tolvas del camión, en las pilas de lixiviación, en los puntos de descarga de los camiones, en las fajas transportadoras, etc.

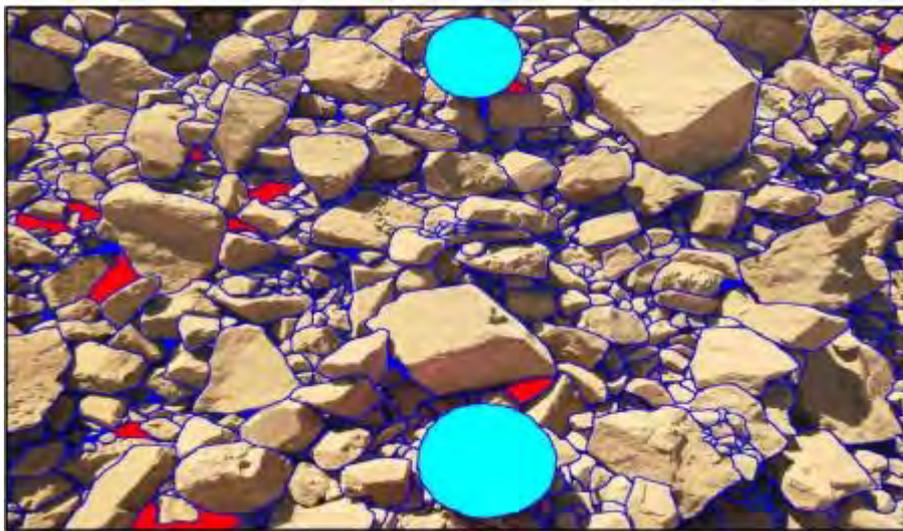


Imagen 12 Muestra de Fragmentación de Rocas – Shougang Hierro Perú

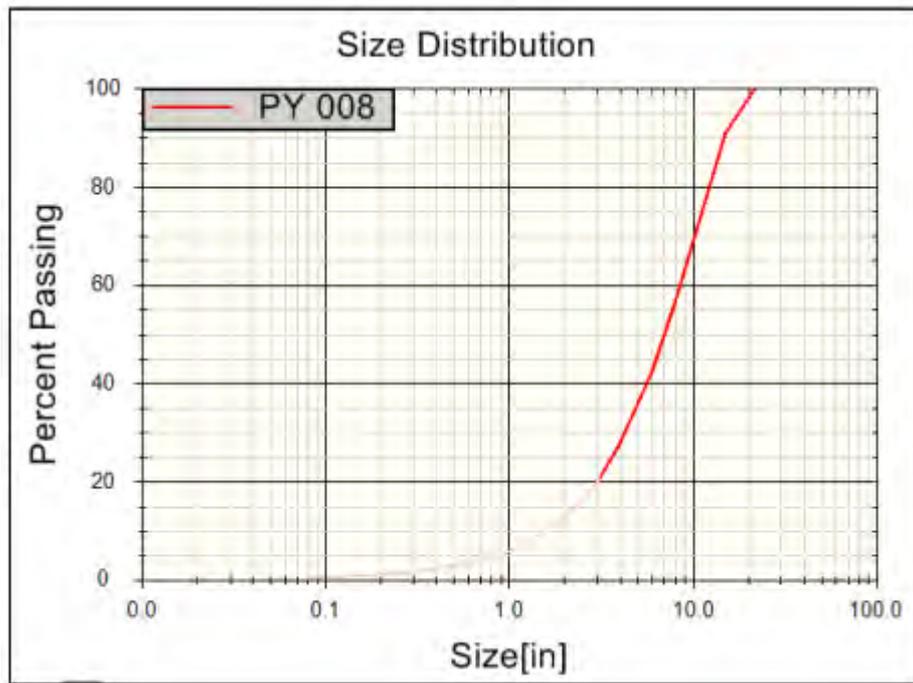


Imagen 13 Análisis de distribución de granulometría – Shougang Hierro Perú

-Análisis de las vibraciones en la velocidad pico partícula (VPP): Esta onda se propaga de manera esférica, transfiriendo una energía vibracional a la superficie rocosa a través de detonaciones por cargas explosivas. Estas ondas transfieren a las vetas diferentes inclinaciones en determinadas direcciones con niveles de intensidad que dependen del valor energético de la detonación y la geometría involucrada.

Así mismo, el seguimiento de las oscilaciones es un instrumento de identificación que permite cuantificar los niveles de oscilación de las partículas en función a su equilibrio. Las ondas sísmicas generadas a partir de una voladura pueden ocasionar daños importantes.

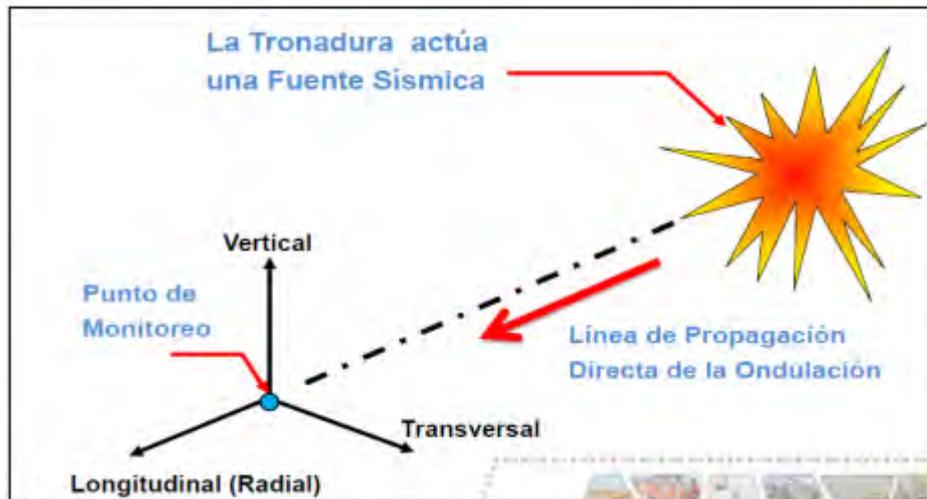


Imagen 14 Instalación y orientación de los geófonos - Shougang Hierro Perú

2.2.3 Carguío

Para realizar el carguío se desmone y mineral se cuenta con una variedad de equipos que se describirán a continuación:

- **Palas CAT 6040 FS:** Para realizar el carguío de material desmone y mineral se utilizan las palas hidráulicas CAT6040 FS que están diseñadas para mover una gran cantidad de volumen de material, para cargar grandes camiones mineros. Entre las principales especificaciones de este tipo de palas es que tiene una alta fuerza de excavación y ciclos más rápidos que permiten optimizar sus rendimientos.



Imagen 15 Pala 6040 FS Eléctrica de 20M3 – Shougang Hierro Perú



Imagen 16 Pala 6040 FS Eléctrica de 15M3 – Shougang Hierro Perú

Especificaciones técnicas de Pala 6040 FS

- Peso en orden de trabajo: 405 toneladas
- Capacidad de cuchara estándar: 22.0 m³
- Velocidad de desplazamiento primera etapa: 1.5 km/h
- Velocidad de desplazamiento segunda etapa: 2.5 Km/h
- Fuerza de tracción máxima: 2097 KN
- Pistones de cadena (cada lado): 42
- Rodillos inferiores (cada lado): 7
- Rodillos de soporte (cada lado) 2
- Velocidad de giro: 5.1 rpm

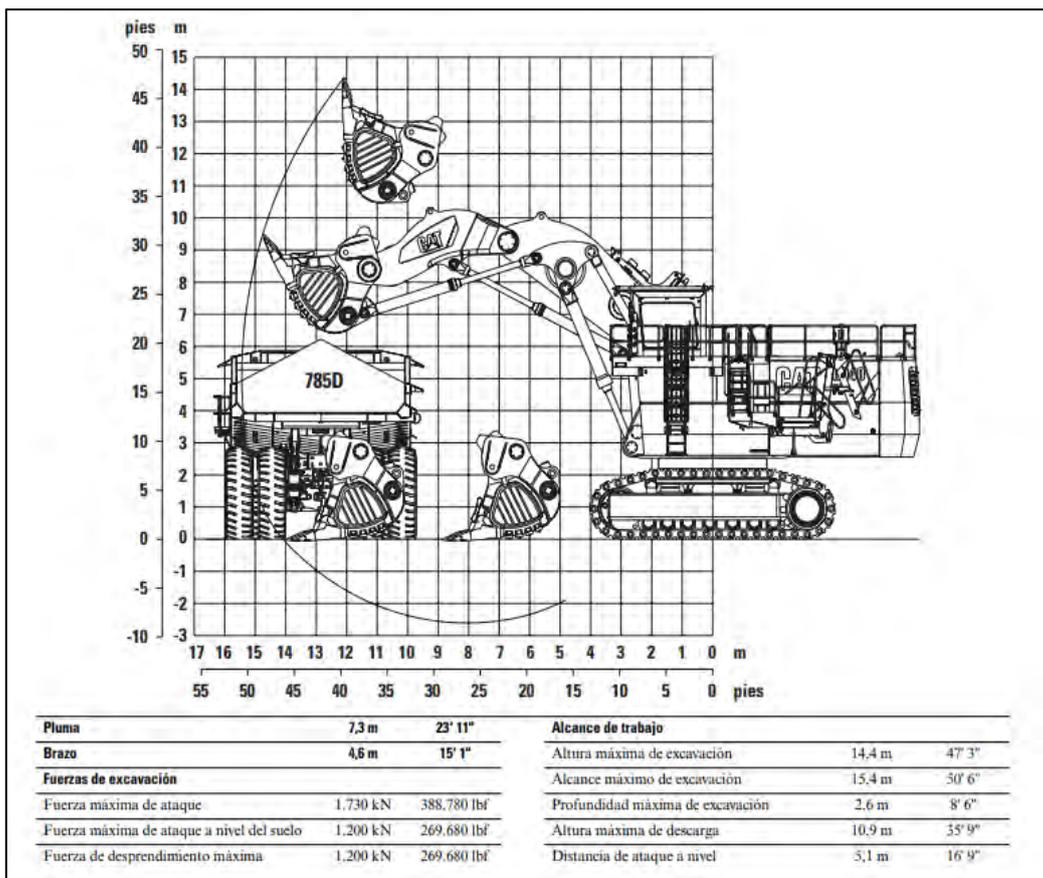


Imagen 17 Diseño de Carguío Pala 6040 FS – Manual de Rendimiento Caterpillar

- **Factor de llenado del cucharón:** Es el valor del tamaño utilizable en el cucharón, que se utiliza realmente, este porcentaje se expresa como el factor de llenado. Usualmente el factor de llenado de los cucharones sobrepasa el 100%.

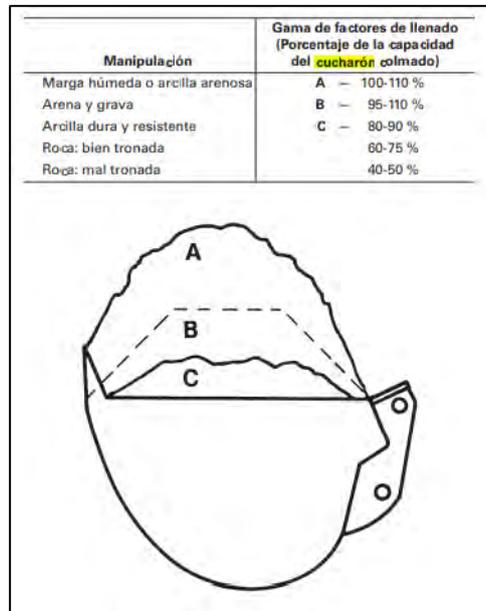


Imagen 18 Factor de llenado del cucharón – Manual de Rendimiento Caterpillar

- **Tiempo de Ciclo de carguío de una Pala Hidráulica:** Es un factor muy importante para la productividad y es un indicador clave para lograr un máximo rendimiento Ton/hr. Este ciclo comprende primero el llenado del cucharón, después el giro del cucharón cargado, después continua con la descarga del cucharón y finaliza con el giro del cucharón vacío.

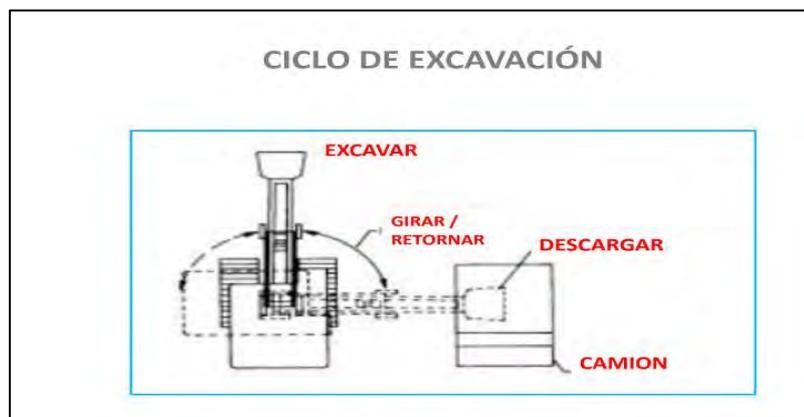


Imagen 19 Ciclo de excavación de palas eléctricas – Manual de Rendimiento Caterpillar

- **Buenas técnicas operativas del uso de palas hidráulicas:** Para obtener la mayor productividad de las palas hidráulicas es recomendable lo siguiente:
 - La altura óptima del banco debe estar por encima del pivote de la pluma o brazo.
 - Los tiempos de los ciclos de giro deben estar entre 24-28 segundos (en promedio 26 segundos)
 - El factor de llenado de cucharón en roca bien volada debería ser de 90-100%
 - El número de pasadas con el que se debería llenar un camión minero debería estar entre las 4-6 pasadas.
 - Se debe evitar los empujes excesivos de material y el minado de bancos con baja altura.

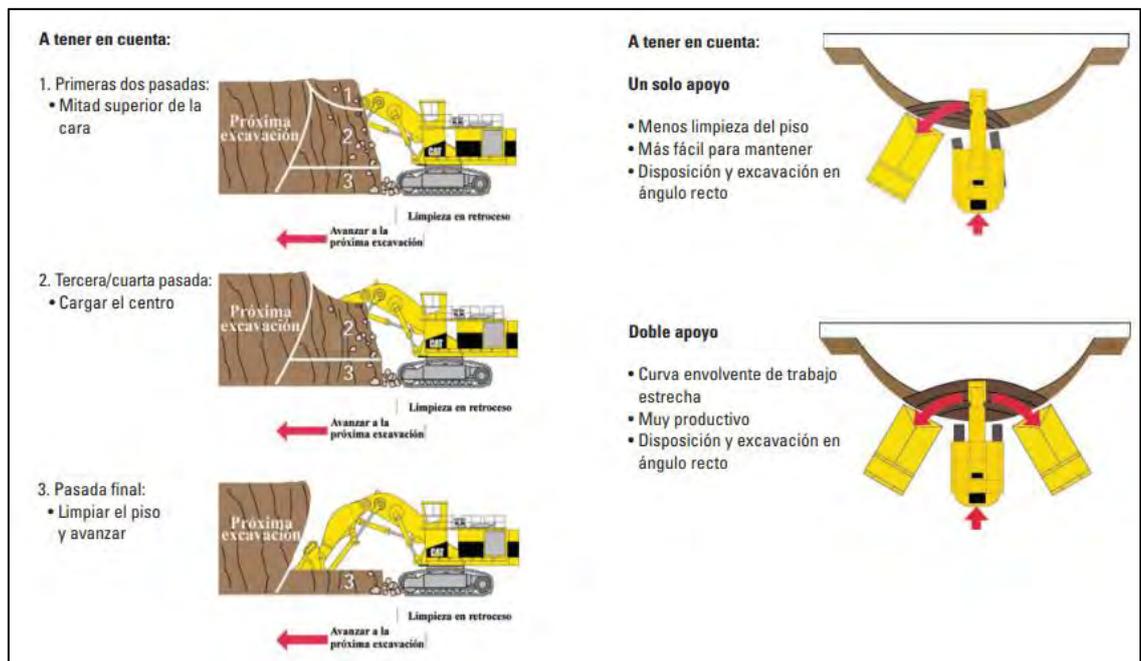


Imagen 20 Buenas prácticas operativas de carguío – Manual de Rendimiento Caterpillar

- **Cargador CAT 994F:** Cargador frontal Diésel de 18 Metros cúbicos de capacidad de cuchara empleado mayormente para el carguío de mineral



Imagen 21 Cargador Frontal 994F de 18M3 – Shougang Hierro Perú

- **Buenas técnicas operativas del uso de cargador frontal:** Para obtener la mayor productividad de los cargadores frontales sobre ruedas es recomendable lo siguiente:
 - Se debe tener una altura de banco que este a la medida del pasador de articulación del cucharón en la posición de máximo levantamiento.
 - Los tiempos de ciclos deben estar entre 28-42 segundos (en promedio 35 segundos)
 - El factor de llenado del cucharón con una voladura eficiente debe estar entre los 90-110%
 - No es recomendable usarlo en terreno en malas condiciones (húmeda, blando e irregular). En áreas de carga estrecha y en material mal volado.

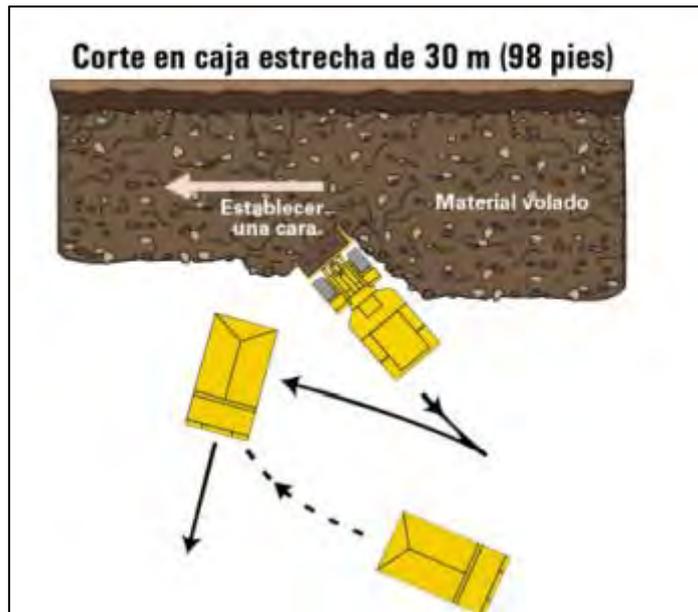


Imagen 22 Buenas prácticas operativas de carguío con cargador frontal – Manual de Rendimiento Caterpillar

2.2.4 Acarreo

Actualmente el acarreo representa un 45% del costo total operativo de la mina, es por ello por lo que reducir sus costos operativos es muy importante para la operación.

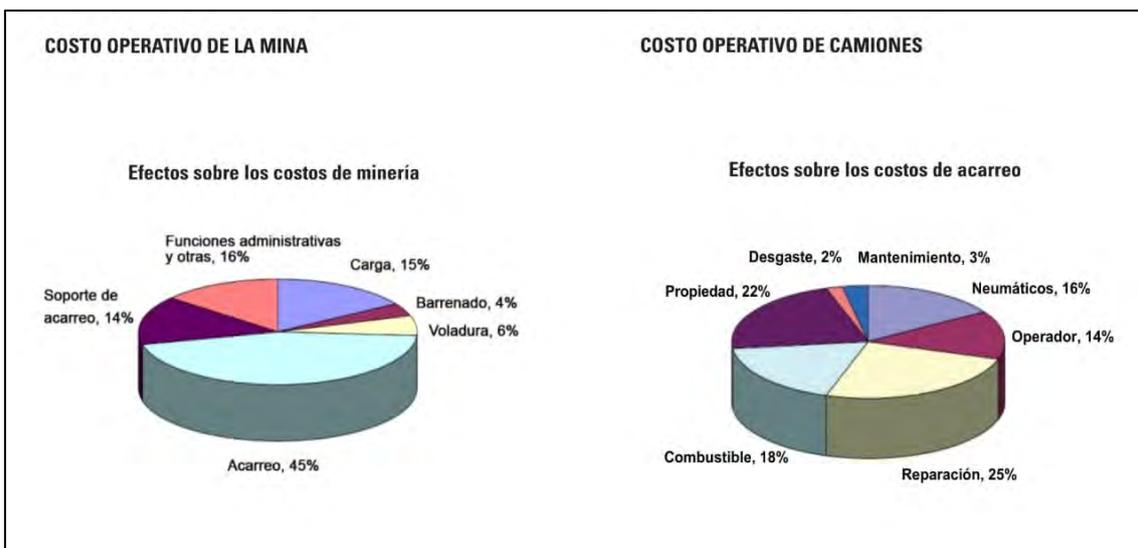


Imagen 23 Distribución de costos Operativos en Mina – Manual de Rendimiento Caterpillar

Para realizar el acarreo de material desmonte y mineral en la operación se realiza el uso de camiones CAT 785C y CAT 785D, de capacidad de carga de 148 toneladas.



Imagen 24 Camiones Mineros 785C de 148 Ton de capacidad – Shougang Hierro Perú

Especificaciones técnicas de Camión Minero 785C

- | | |
|---|---------------|
| - Modelo de motor: | Cat 3512B-EUI |
| - Peso Bruto del equipo en orden de trabajo: | 249476 Kg |
| - Peso Básico del equipo: | 59385 kg |
| - Accesorios: | 21602 Kg |
| - Revestimiento completo: | 8113 Kg |
| - Peso según el proceso de la maquina: | 112097 Kg |
| - Suciedad (3% del volumen en orden de trabajo del equipo): | 3363 Kg |

- Peso vacío: 115460 Kg
- Carga útil: 134 Ton
- Velocidad máxima: 56.5 Km/h
- Eje delantero nulo: 45%
- Eje Trasero nulo: 55%
- Eje delantero cargado: 33.3%
- Eje trasero cargado: 66.7%

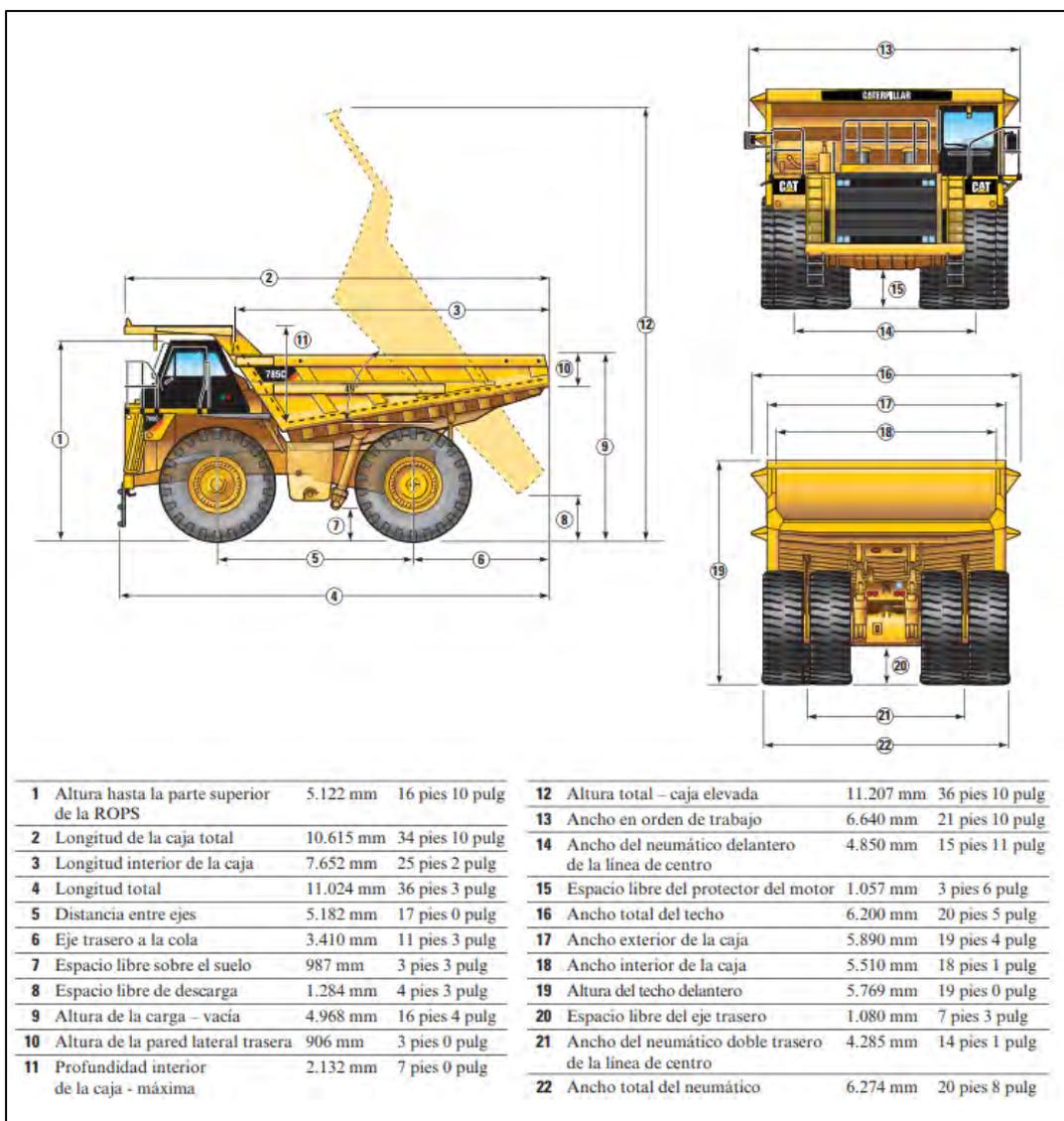


Imagen 25 Distribución de dimensiones de Camión Minero 785C – Manuel de Rendimiento Caterpillar

- **Tolvas de Camiones 785 C/D:** Las tolvas son diseñadas y fabricadas por Caterpillar, son robustas, resistentes y fiables incluso en la aplicación de minería más duras.

El tipo de tolva que se utiliza en la operación minera es la tolva de doble declive.



Imagen 26 Diseño de tolva Camión Minero 785C – Shougang Hierro Perú

2.2.5 Equipos Auxiliares

Para desarrollar las actividades auxiliares en el yacimiento se requieren de las siguientes maquinas:

- 2 motoniveladoras 16M
- 1 cargados frontal 966L
- 5 tractores D9T
- 4 excavadoras CAT374 y Hitachi 870LC
- 1 martillo hidráulico Hyundai.



Imagen 27 Cargador Frontal 966L Realizando limpieza en piso de pala – Shougang Hierro Perú



Imagen 28 Tractor de ruedas D9T realizando empuje de material en botadero – Shougang Hierro Perú



Imagen 29 Excavadora Hitachi 850LC realizando perfilado de talud – Shougang Hierro Perú

CAPITULO 3

SISTEMA DE GESTION DE FLOTA EN CONTRATISTA MINERO DE SHOUGANG HIERRO PERU

3.1 HISTORIA DE SISTEMA DE GESTION DE FLOTA

Podemos definir al método de gestión de flota como aquellos instrumentos que nos permitirá llevar un eficiente control de los tiempos y costos de todos los equipos en la operación minera.

Una vez realizado la selección de las maquinas necesarias para realizar la excavación de material in-situ de los yacimientos mineros, es necesario implementar un sistema de control que elimine y si no es posible, minimice los tiempos improductivos de los equipos.

Existen diversos sistemas de gestión de flota en el mercado peruano, que mediante el uso de tecnologías como el GPS, Telemetría, etc., otorgan datos de un momento determinado sobre el estado de los equipos. El uso de estos sistemas hace que los procesos se automaticen disminuyendo así los costos de operación y riesgos que podrían darse en la operación. Las medidas más importantes que tienen estos procedimientos son la localización de los equipos e información del VIMS en tiempo real. El tener esta información nos permite tener una proyección en tiempo real de las actividades facilitando las actividades de extracción.

Estos sistemas están compuestos por conjuntos de Hardware instalados en los equipos que se desean monitorear y por un Software que es el que realiza la captación y procesamiento de la información en una sala de control.

En el mercado nacional las compañías mejor posicionadas son Caterpillar, Modular y Mine Sense, todas estas compañías poseen diversos paquetes de hardware y software, que permiten captación de los datos y el procesamiento de esta información. Las principales compañías en el mercado nacional las más destacadas son;

- Modular Mining Systems
- Caterpillar Mine Star
- MineSense / ControlSense
- Zyfra Mining VG Karier

3.1.1 Modular - Dispatch

Durante 1979 surge un producto innovador que revolucionaria la industria minera, el método de gestión de flota “DISPATCH”, se utilizó a través de un hardware potente y un software transformador, la introducción de esta tecnología mejoro el período de transporte permitiendo mejorar la productividad y la eficiencia de los yacimientos. Este

método de gestión brinda optimizar la flota catada en el labrantío mismo de la industria minera.

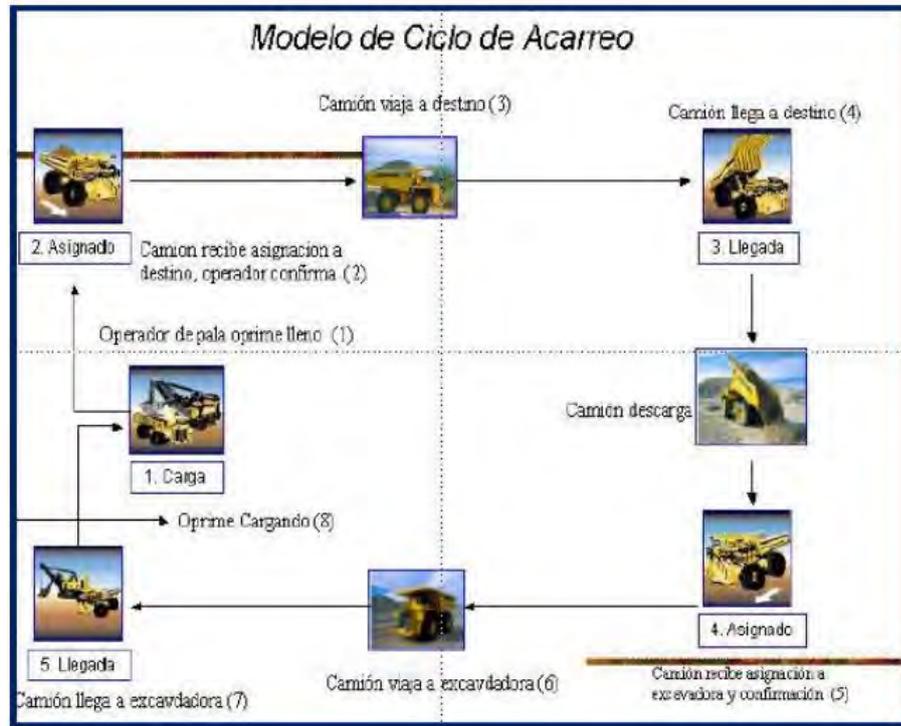


Imagen 30 Ciclo de Carga de Dispatch -Modular Mining

3.1.2 Caterpillar – MineStar

La empresa Ferreyros es la representante de Caterpillar en Perú. Su plataforma de trabajo MineStar está presente en diferentes operaciones mineras de nuestro país. MineStar cuenta con cinco módulos los cuales son: Health, Detect, Fleet, Terrain y Command. Todos estos módulos permiten monitorear, administrar y extraer la información de todos los equipos que se encuentren en movimiento. Con el objetivo de incrementar la productividad, disminuir los costos y elevar la seguridad, todos estos módulos pueden trabajar de manera independiente y también personalizarse y adaptarse a cada tipo diferente de trabajo en función a las necesidades del usuario.

Los módulos de MineStar son Fleet y Terrain. El primero nos permite monitorear mediante GPS la ubicación de los equipos en movimiento, otro beneficio es que nos permite asignar automáticamente los camiones en tiempo real.

Este módulo nos permite programar y asignar automáticamente a los camiones, permitiendo maximizar la producción y la utilización de palas y camiones, reduce el tiempo de espera para los vehículos mineros de pala y los turnos de cola en carguío para los camiones.

Por otro lado, el módulo terrain permite tener una alta precisión en los equipos de perforación y las máquinas de carguío como las palas, cargadores frontales y excavadoras. Este sistema permite mostrar el posicionamiento de los equipos en tiempo real, importante para ubicar las perforadoras en los taladros a perforar, indicándoles la altura real de perforación y el nivel en el que se encuentran. En los equipos de carguío les permite mostrar el área en el que se encuentran trabajando diferenciado el tipo de carga por proyectos, disminuyendo la dilución en el carguío. Así también les muestra el nivel del piso en el que se encuentra permitiéndoles llevar de una mejor manera el piso en el que se encuentran minando.

3.1.3 MineSense / ControlSense

MineSense es una empresa peruana presente en los nuevos proyectos desarrollados en el país. Así mismo este sistema posee un algoritmo de optimización tipo N y M para palas y camiones, en donde se hace uso además la programación lineal, conjuntamente brinda ventajas para desarrollar pruebas y planificar 2 horas hacia el futuro, de esta forma contribuye a que la toma de decisiones sea eficiente.

Este modelo utilizado simula los períodos de los vehículos y de las máquinas, teniendo en cuenta los inputs (Estado de equipos, actividades, velocidades, productividad de cada

equipo entre otros tiempos), con ello construye posibilidades, seleccionando aquello que represente un menor costo operativo.

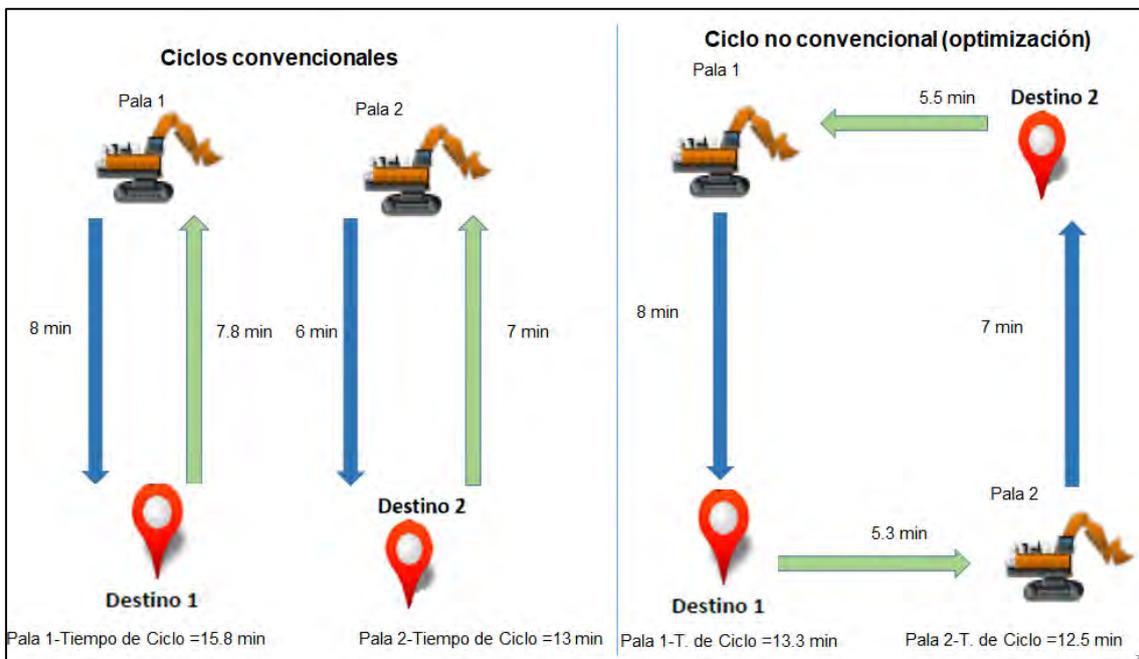


Imagen 31 Modelo de Optimización MineSense – MineSense

3.1.4 Zyfra Mining – VG Karier

El propósito principal de este sistema de flota es incrementar la eficiencia del sistema de transporte de la operación minera optimizando la distribución y reparto de camiones, reducir los tiempos de inactividad, reducir los tiempos de turno e incrementar el carguío de camiones. Acceder a información relevante y confiable sobre la cantidad de viajes y tonelaje del material extraído transportado. Mayor tiempo de uso de los camiones gracias al control automático de carga y control de límites de velocidad.

Menor derroche de combustible y lubricante por cantidad de material movido debido a la reducción del tiempo de inactividad durante los turnos de trabajo y planificación solida basada en el consumo de combustible de cada camión, mejorar la seguridad debido al control automático de la velocidad de camiones y límites de cargas permitidos. Automatización de las actividades de programación de mantenimiento y reparación.

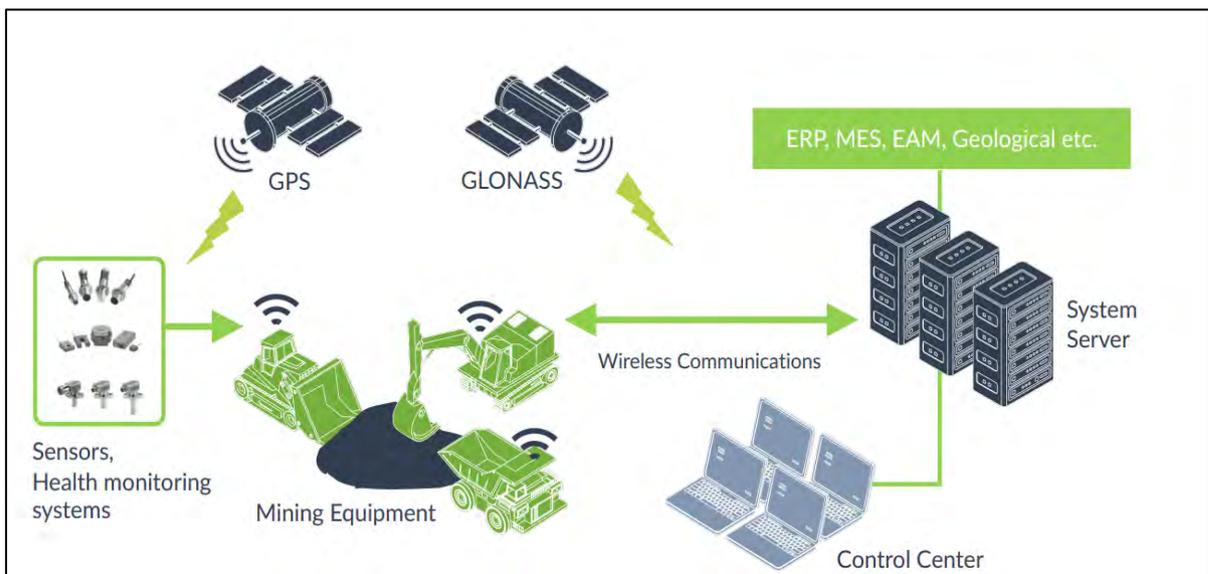


Imagen 32 Arquitectura del sistema – Zyfra Mining

3.2 HARDWARE DEL SISTEMA DE GESTION DE FLOTA

Zyfra Mining es una empresa nueva en Sudamérica, su software de gestión de flotas VG Karier es usada por primera vez en Perú por la Contratista Minería en el yacimiento Shougang Hierro Perú. Con el objetivo de incrementar la productividad del trabajo y la eficiencia de las operaciones mineras, también reducir los costos de producción.

El carguío y el transporte de material es la operación unitaria más importante en el negocio minero. La información sobre el movimiento de tierras debe ser lo más confiable posible, debe ser proporcionada rápidamente hacia los despachadores. Zyfra Mining nos permitió automatizar 3 procesos importantes en la operación:

- **Automatización del registro de movimiento de rocas:** Se refiere al registro automático del tonelaje cargado y transportado por cada equipo según su tipo de carga y su botadero de descarga. También permite el registro del mineral transportado hacia chancadora.

- **Automatización del registro de actividades del equipo:** Es la recopilación automatizada de los trabajos realizados de los equipos durante un turno, el tiempo o la duración de cada trabajo realizado y el tiempo de inactividad de cada equipo con su clasificación automática.

- **Automatización del proceso de preparación para la perforación y registro de actividades:** Esto nos permitió automatizar las actividades de recolección de la información de la flota de perforación, tiempos operativos, rendimientos e inactividades de cada equipo. También nos permitió automatizar el proceso de preparación de las mallas de perforación, ubicándolas automáticamente solo con el GPS dejando de requerir que el área de topografía marque los puntos de perforación en campo.

3.2.1 Elementos del Sistema de Gestión de Flota VG Karier

El método automatizado de gestión de flota “VG Karier” consta de los siguientes elementos:

- Equipo a bordo (Hardware)
- Infraestructura:

- Servidores
- Subsistema de comunicación (Red Wifi)
- Sala de control

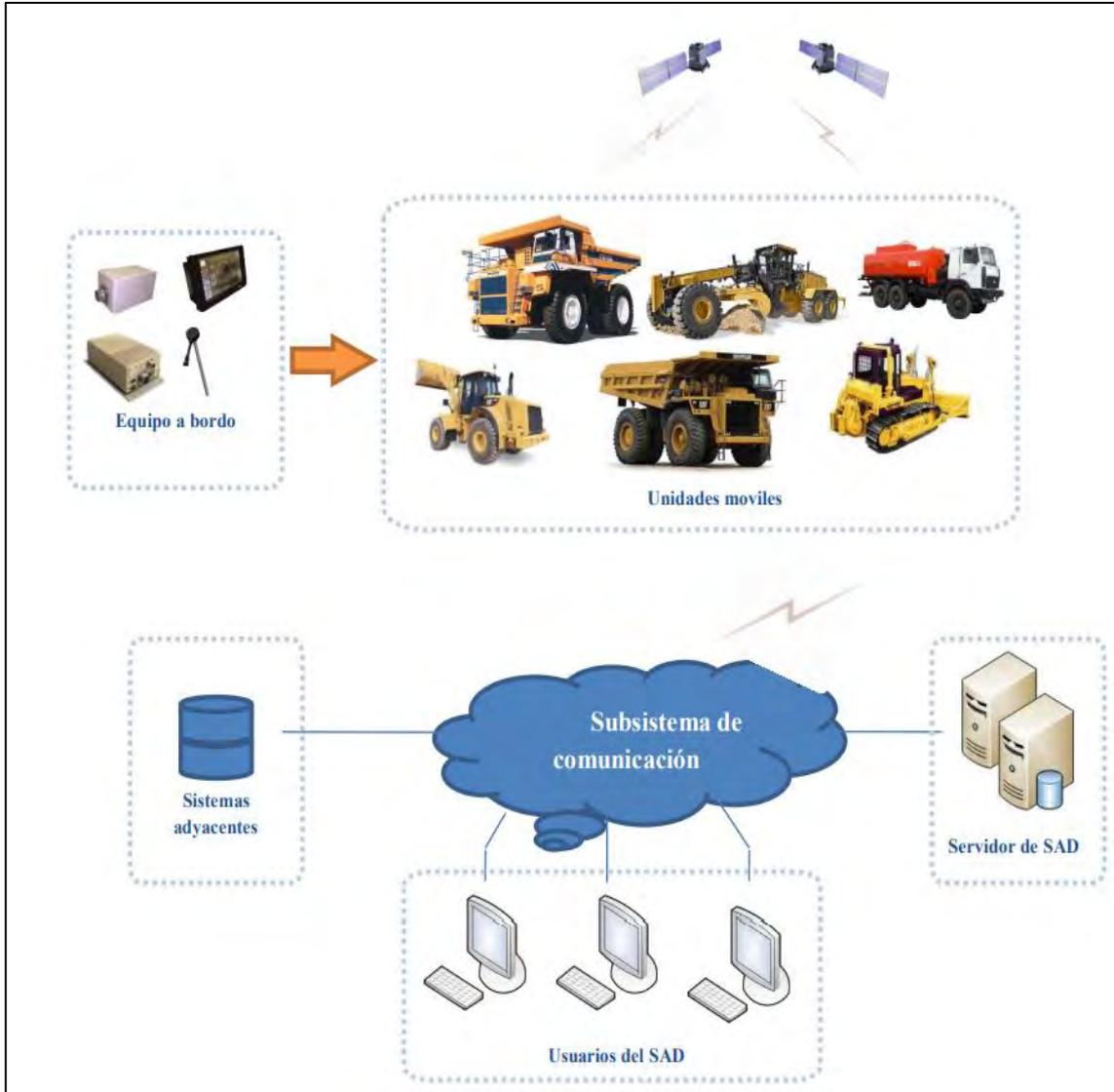


Imagen 33 Diagrama del sistema de automatizado de Despacho – Zyfra Mining

3.2.2 Equipo a Bordo

Este equipo a bordo nos permite extraer la información cruda del equipo y enviarla hacia el servidor para poder ser procesada y analizada. Estos equipos están compuestos por los siguiente:

- 1) Pantalla Inteligente.

- 2) Unidad de navegación GPS.
- 3) Unidad de comunicación – Wifi Mesh.
- 4) Sensores de Inclinación.
- 5) Antena de comunicación.
- 6) Acelerómetro

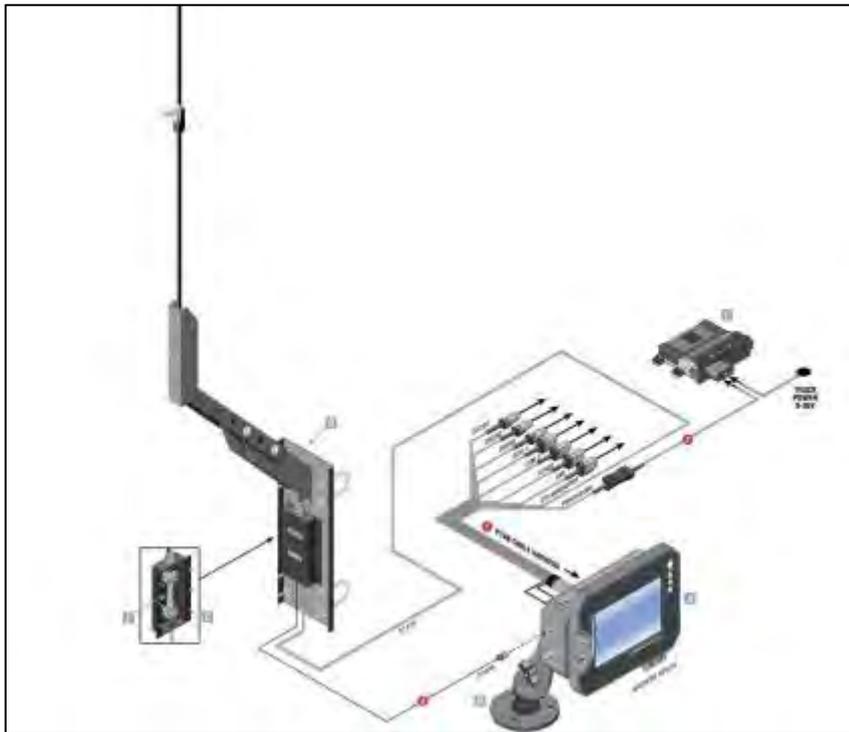


Imagen 34 Diagrama de los equipos abordo para los camiones mineros – Zyfra Mining

3.2.3 Infraestructura

Servidores: Es un elemento de infraestructura del sistema y es un conjunto de programación de uso general o especial que gestionan el desarrollo e implementación de fuentes de información. Este sistema debe garantizar la seguridad, fiabilidad del

almacenamiento y la integridad de los datos, y también proporciona herramientas para la administración de la fuente de dato.

La fuente de información BD, es una herramienta de acumulación de información que procede de los equipos móviles y permite al sistema utilizar estos datos para optimizar los procesos de minado.

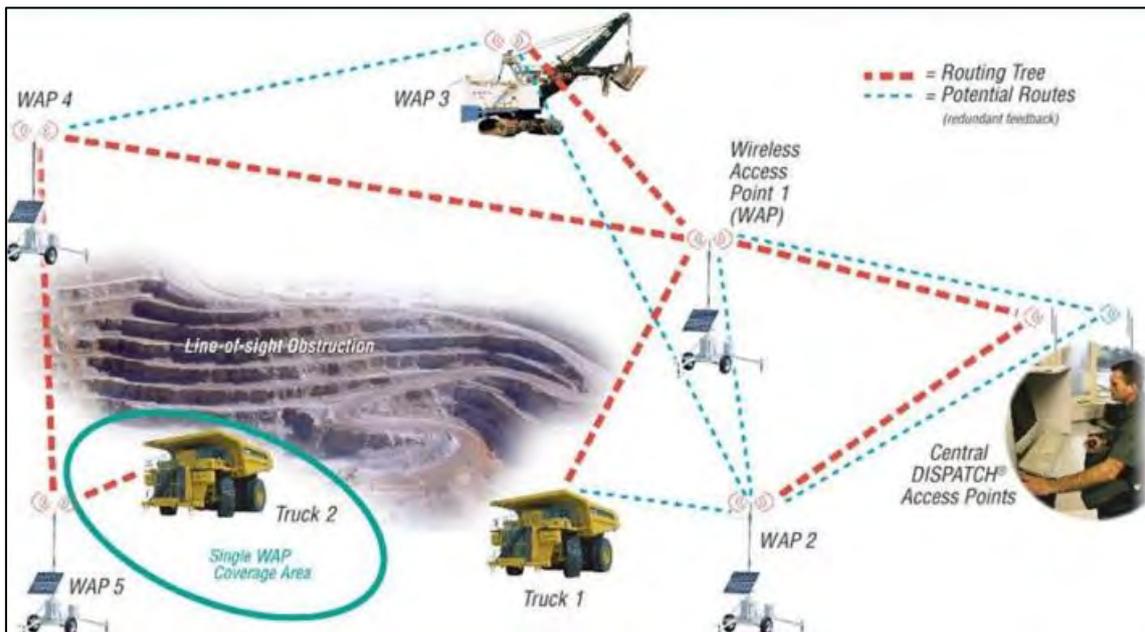


Imagen 35 Esquema de comunicación de los servidores – Zyfra Mining

Subsistema de comunicación: Son equipos de redes inalámbricas que son usados para construir una red de datos inalámbricos. Estos equipos permiten la construcción dinámica de rutas que se encuentran conectadas entre sí. Esta red es conocida como una RED MESH, que nos permite cobertura áreas remotas a una velocidad nominal de información.



Imagen 37 Control Room – Shougang Hierro Perú

3.2.4 Servidores del Sistema

Cada unidad controlada de los equipos mineros está equipada con los dispositivos a bordo, cuyo software recopila y procesa los datos de diferentes sensores (coordenadas de los equipos móviles, su velocidad, peso, nivel de combustible en el tanque, etc.) y del operador (número de DNI, causas de inactividad, etc.).

Todos estos datos se almacenan por el controlador a bordo usando un protocolo especial y se transmiten a través de una red inalámbrica (Red Mesh) hacia el servidor del sistema automatizado de despacho de la flota minera. Donde la información es recibida y procesada por el software especializado y acopiado en una fuente de información.

Los usuarios del sistema (despachadores) pueden interactuar con el servidor a través de la interfaz web. Nos permite recibir las notificaciones e información requerida del sistema en varias secciones e intervalos de tiempo; ubicación actual de cada equipo. Traslados, estadísticas de su trabajo durante el un intervalo de tiempo seleccionado, indicadores clave de rendimiento por cada equipo móvil.

Así mismo los despachadores ingresan información clave al sistema como tareas planificadas para el turno de cada equipo, rendimientos e indicadores requeridos según el plan de minado. Los despachadores también pueden realizar correcciones manuales cuando se requiera, y también introducir información de equipos que no cuenten con el sistema dispatch.

El flujo continuo de información técnica y de producción pasa desde cada equipo al servidor y viceversa, el sistema puede enviar también mensajes a los operadores tales como tareas a realizar, rutas a seguir, advertencias y cambios que durante la operación pudieran darse.

3.3 SOFTWARE DEL SISTEMA DE GESTION DE FLOTA

En este módulo de funcionalidad básica podemos visualizar las principales bondades del sistema de gestión de flota.

3.3.1 Mapa.

El mapa nos permite visualizar específicamente la ubicación real de las maquinarias de perforación, carguío y acarreo, tener información adicional como estado actual de cada equipo, parámetros de velocidad, peso real, nivel de combustible, nombre del operador, etc.

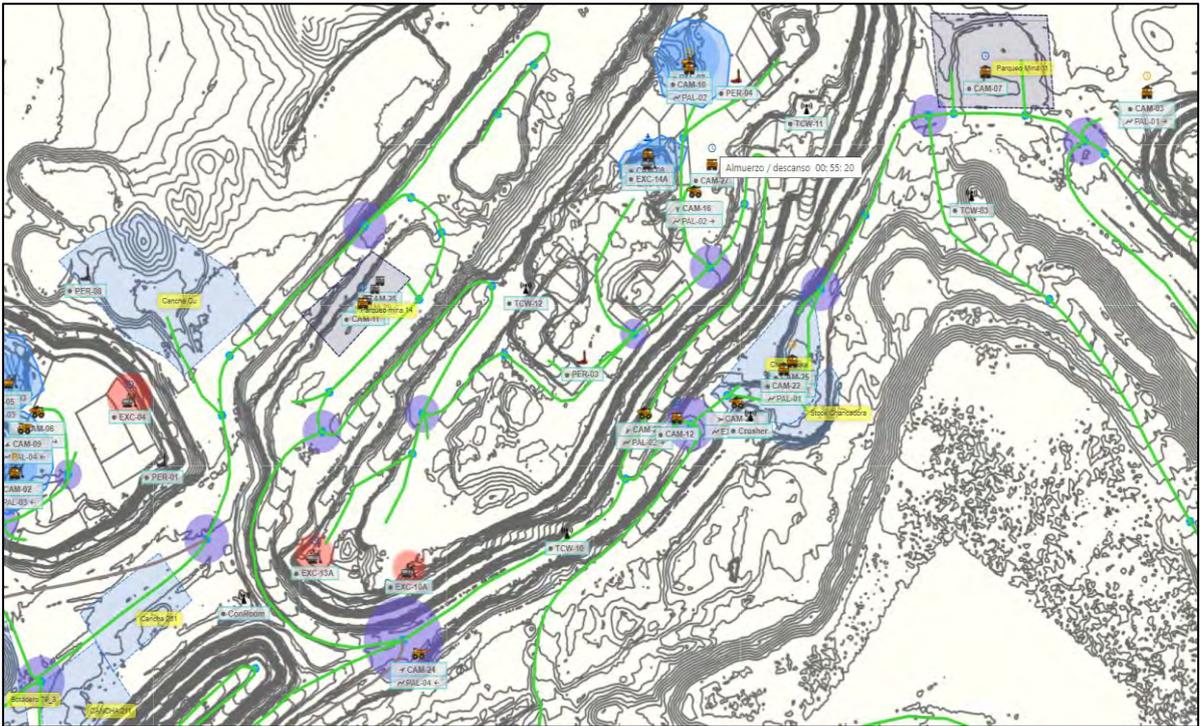


Imagen 38 Mapa del Sistema Dispatch – Zyfra Mining

3.3.2 Modulo de control de operación de camiones y palas

En este módulo podremos visualizar los principales parámetros de los camiones y palas tales como:

- Controlar la ubicación en tiempo real de todos los camiones y palas.
- Se registra automáticamente el trayecto del recorrido del camión, tanto cargado como vacío.

-Visualizar las inactividades, duración de estos.

Ident. móvil	Tipo de evento	Inicio de la inactividad	Fin de la inactividad	Tipo	Causa	Ubicación	Gravidad	MA	Estado	Más o menos
EXC-15A	Excavadora	23/10/2021 03:12:00	23/10/2021 06:00:00	Perifoneo de talud	S		02:48:00	Si	✓	
EXC-04	Excavadora	23/10/2021 23:35:00	23/10/2021 04:40:00	Falla de operador	S		05:14:00	Si	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 03:47:00	23/10/2021 03:50:00	Espera de camión	S		00:03:00	✓	✓	
PAL-02	Excavadora	23/10/2021 03:45:19	23/10/2021 03:46:53	Espera de camión	D		00:01:34	✓	✓	
PAL-02	Excavadora	23/10/2021 03:35:95	23/10/2021 03:42:44	Espera de camión	D		00:04:39	✓	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 03:34:00	23/10/2021 03:36:00	Espera de camión	S		00:02:00	✓	✓	
PAL-02	Excavadora	23/10/2021 03:34:00	23/10/2021 03:35:00	Espera de camión	S		00:01:00	✓	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 03:29:00	23/10/2021 03:32:00	Espera de camión	S		00:03:00	✓	✓	
EXC-13A	Excavadora	23/10/2021 03:10:00	23/10/2021 03:30:00	Acondicionamiento de frente	S		00:20:00	Si	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 03:24:00	23/10/2021 03:26:00	Espera de camión	S		00:01:00	✓	✓	
PAL-02	Excavadora	23/10/2021 03:21:00	23/10/2021 03:22:00	Espera de camión	S		00:01:00	✓	✓	
PAL-02	Excavadora	23/10/2021 03:15:27	23/10/2021 03:16:14	Espera de camión	D		00:02:47	✓	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 03:15:00	23/10/2021 03:18:00	Espera de camión	S		00:03:00	✓	✓	
PAL-02	Excavadora	23/10/2021 03:14:58	23/10/2021 03:15:27	Espera de camión	D		00:01:19	✓	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 03:11:00	23/10/2021 03:13:00	Espera de camión	S		00:02:00	✓	✓	
EXC-15A	Excavadora	23/10/2021 02:12:00	23/10/2021 05:12:00	Almuerzo / descanso	S		01:00:00	Si	✓	
PAL-02	Excavadora	23/10/2021 00:57:00	23/10/2021 03:11:22	Almuerzo / descanso	S		02:14:22	✓	✓	
EXC-13A	Excavadora	23/10/2021 02:10:00	23/10/2021 03:10:00	Almuerzo / descanso	S		01:00:00	Si	✓	
EXC-14A	Excavadora	23/10/2021 03:03:00	23/10/2021 03:10:00	Acondicionamiento de frente	S		00:07:00	Si	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 03:03:00	23/10/2021 03:07:00	Acondicionamiento de frente por espera de chancadora	S		00:04:00	Si	✓	
PAL-03	Excavadora	23/10/2021 02:02:00	23/10/2021 03:01:00	Almuerzo / descanso	S		00:59:00	✓	✓	
PAL-04	Excavadora	23/10/2021 02:01:00	23/10/2021 03:00:00	Almuerzo / descanso	S		00:58:00	✓	✓	
EXC-15A	Excavadora	23/10/2021 02:00:00	23/10/2021 03:00:00	Almuerzo / descanso	S		01:00:00	Si	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 02:48:00	23/10/2021 02:53:00	Espera de camión	S		00:06:00	Si	✓	
EXC-16A	Excavadora	23/10/2021 02:38:00	23/10/2021 02:44:00	Acondicionamiento de frente	S		00:06:00	Si	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 02:30:00	23/10/2021 02:40:00	Espera de camión	S		00:01:00	✓	✓	
PAL-01	Excavadora	23/10/2021 02:23:00	23/10/2021 02:25:00	Espera de camión	S		00:02:00	✓	✓	
EXC-14A	Excavadora	23/10/2021 02:12:00	23/10/2021 02:19:00	Acondicionamiento de frente	S		00:07:00	Si	✓	

Imagen 39 Módulo de control de camiones y palas -Zyfra Mining

3.3.3 Modulo de control de calidad de vías.

Este nos permite visualizar la calidad de las carreteras, identifica las áreas donde se encuentran más deterioradas, esto realiza mediante la utilización de acelerómetros instalados en los neumáticos de los vehículos mineros que miden el nivel de vibración de las suspensiones y nos arroja resultados gráficos indicando las zonas donde se deben mejorar las vías.

Las zonas de color rojo nos indica que la vía se encuentra en mal estado, zona amarilla indica q se encuentra de regular estado y las zonas verdes indican un estado óptimo de la vía.

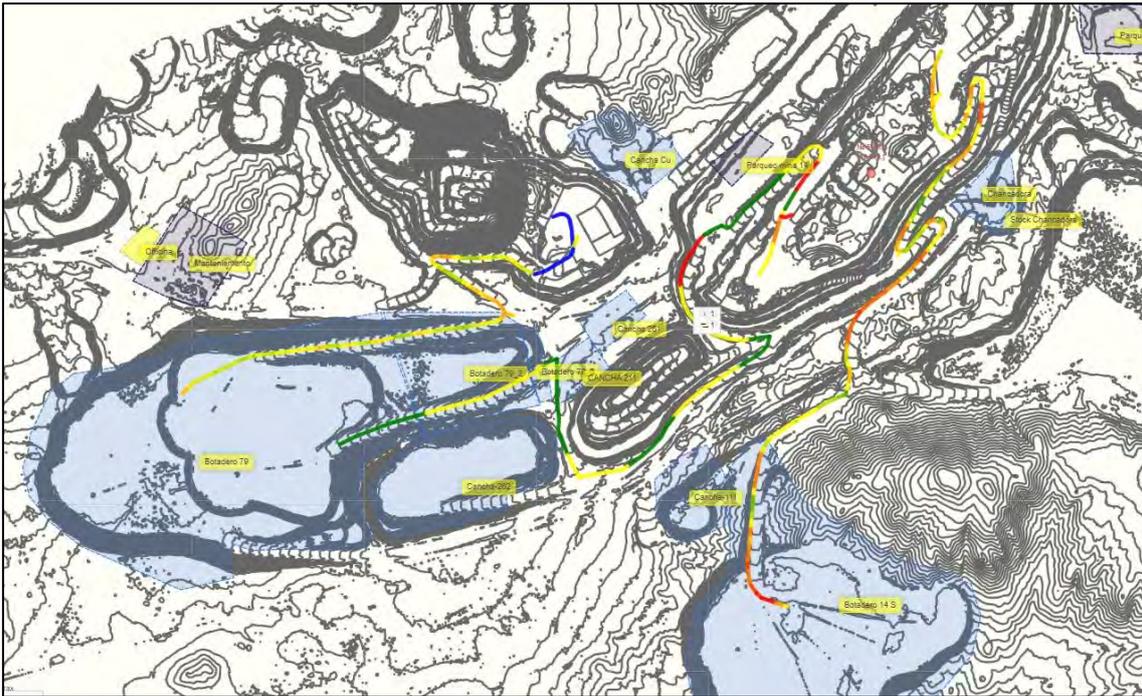


Imagen 40 Módulo de control de calidad de vías – Zyfra Mining

3.3.4 Modulo de control de producción en tiempo real.

Este módulo nos permite realizar el control de la producción de cada equipo de carguío, registrar cada viaje realizado de los camiones, así también nos permite observar la zona de carguío, el punto de descarga, la hora a la que inicio el carguío y la hora a la que este finalizo, podemos visualizar el peso transportado, la distancia recorrida del camión cargado. Y lo principal de este reporte nos permite visualizar el tipo de material que se está acarreando.

Otro aspecto importante es que nos permite visualizar el trayecto del camión cargado, desde su punto de carguío hasta su punto de descarga.

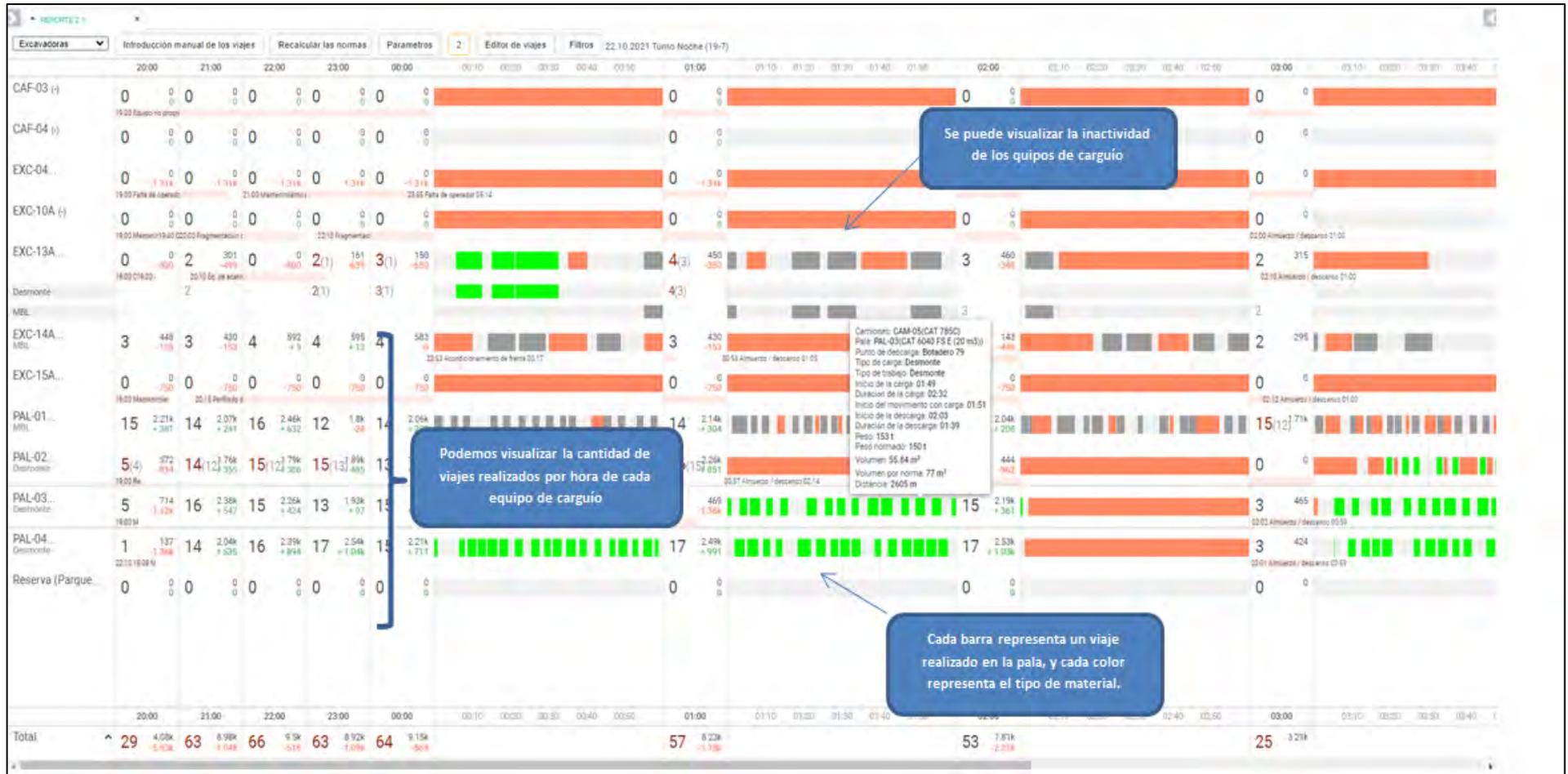


Imagen 41 Modulo de control de produccion de palas – Zyfra Mining



Imagen 42 Módulo de control de producción de los camiones

3.3.4 Módulo de Inicio de turno de Palas y camiones

Con este módulo podemos iniciar al turno de las palas y camiones, este nos permite programar y asignar a cada equipo un operador, también nos permite asignar los polígonos donde este trabajara, asignándole correctamente la mina, nivel y proyecto, el tipo de carga y el tipo de trabajo que realizaran durante el turno y programar la cantidad de material a mover durante el turno en toneladas.

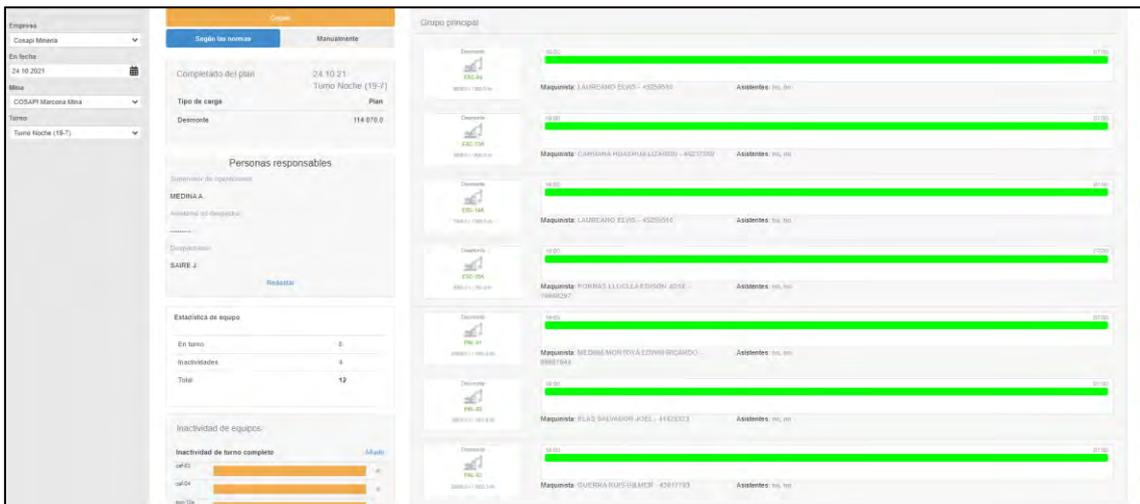


Imagen 43 Módulo de inicio de turno, cantidad de camiones asignados durante el turno -Zyfra Mining

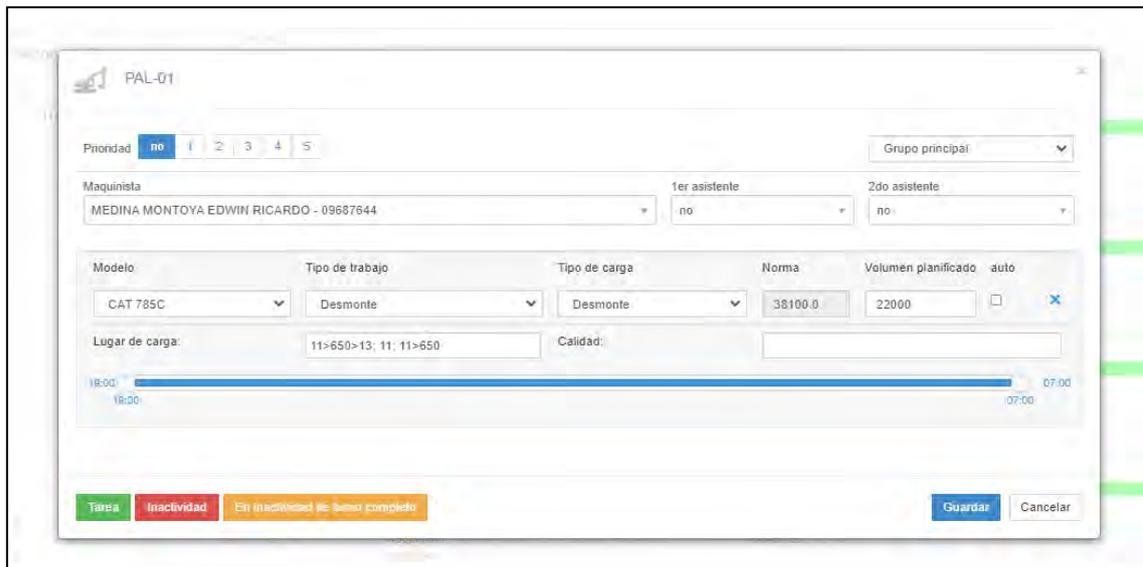


Imagen 44 Asignación de operados, tipo de material, polígono a minar y tonelaje programado durante el turno – Zyfra Mining

3.3.5 Módulo de gestión de combustible

Este modulo nos permite realizar una gestión del ciclo de consumo desde el inicio del turno hasta la finalización del turno, esto se realiza mediante los sensores que se cuentan en los tanques de combustibles y que envían información al sistema VIMs, esta información es tomada por el sistema y enviada a los servidores y ser analizadas en el sistema.



Imagen 45 Gestión de combustible – Zyfra Mining

Model	Vehicle	Begin time (fuel sensor)	End time (fuel sensor)	Volume (fuel sensor)	Refueller	Begin time (refueller)	End time (refueller)	Volume (refueller)	Divergence, l	Divergence, %
CAT D9R	33	11.07.2016 09:24:32	11.07.2016 09:28:44	303	T3-802	11.07.2016 09:23:03	11.07.2016 09:25:37	300	3	0.99
CAT D9R	33	11.07.2016 19:03:54	11.07.2016 19:09:49	401	T3-802	11.07.2016 19:02:00	11.07.2016 19:08:00	390	11	2.74
CAT D9R	33	12.07.2016 09:25:05	12.07.2016 09:29:20	307	T3-802	12.07.2016 09:23:16	12.07.2016 09:28:29	300	7	2.28
CAT D9R	34	11.07.2016 09:32:40	11.07.2016 09:41:55	318	T3-802	11.07.2016 09:30:56	11.07.2016 09:33:58	299	19	5.97
CAT D9R	34	11.07.2016 19:29:28	11.07.2016 19:28:37	213	T3-802	11.07.2016 19:19:00	11.07.2016 19:23:00	201	12	5.63
SierA3-75131	76	11.07.2016 16:51:29	11.07.2016 16:55:29	913						
SierA3-75131	76	11.07.2016 17:18:21	11.07.2016 17:22:48	1555						
SierA3-75131	76	11.07.2016 17:29:14	11.07.2016 17:58:43	1592						
SierA3-75131	77	12.07.2016 09:41:34	12.07.2016 10:19:42	1794						
SierA3-75131	79	11.07.2016 11:36:34	11.07.2016 11:44:51	1167	T3-802	11.07.2016 11:36:18	11.07.2016 11:43:44	1200	33	2.75
SierA3-75131	79	11.07.2016 20:13:41	11.07.2016 20:17:53	487	T3-802	11.07.2016 20:12:09	11.07.2016 20:17:00	493	6	1.22
SierA3-75131	82	11.07.2016 10:43:57	11.07.2016 10:52:15	1231	T3-802	11.07.2016 10:42:38	11.07.2016 10:50:28	1250	19	1.52
SierA3-75131	82	11.07.2016 22:06:03	11.07.2016 22:16:41	1211	T3-802	11.07.2016 22:04:20	11.07.2016 22:13:46	1247	36	2.89
SierA3-75131	85	11.07.2016 10:25:53	11.07.2016 10:36:33	1442	T3-802	11.07.2016 10:24:52	11.07.2016 10:36:14	1450	8	0.55
SierA3-75131	85	11.07.2016 10:44:58	11.07.2016 20:40:56	434						
SierA3-75131	87	11.07.2016 10:55:06	11.07.2016 11:05:15	1344	T3-802	11.07.2016 10:54:02	11.07.2016 11:03:40	1350	6	0.44
SierA3-75131	87	11.07.2016 21:18:13	11.07.2016 21:18:42	283						
SierA3-75131	88	11.07.2016 11:58:16	11.07.2016 12:06:41	1000	T3-802	11.07.2016 11:57:39	11.07.2016 12:05:35	1000	0	0
SierA3-75131	88	11.07.2016 21:48:04	11.07.2016 21:52:32	530	T3-802	11.07.2016 21:47:09	11.07.2016 21:52:00	550	11	2
SierA3-75131	89	11.07.2016 09:47:56	11.07.2016 09:55:58	1495	T3-802	11.07.2016 09:46:28	11.07.2016 09:56:00	1500	5	0.33

Imagen 46 Visualización de reporte de Gestión de combustible – Zyfra Mining

3.3.6 Reporte de estadísticas en tiempo real

Mediante este reporte se puede realizar el seguimiento en tiempo real a los principales indicadores de carguío y acarreo.

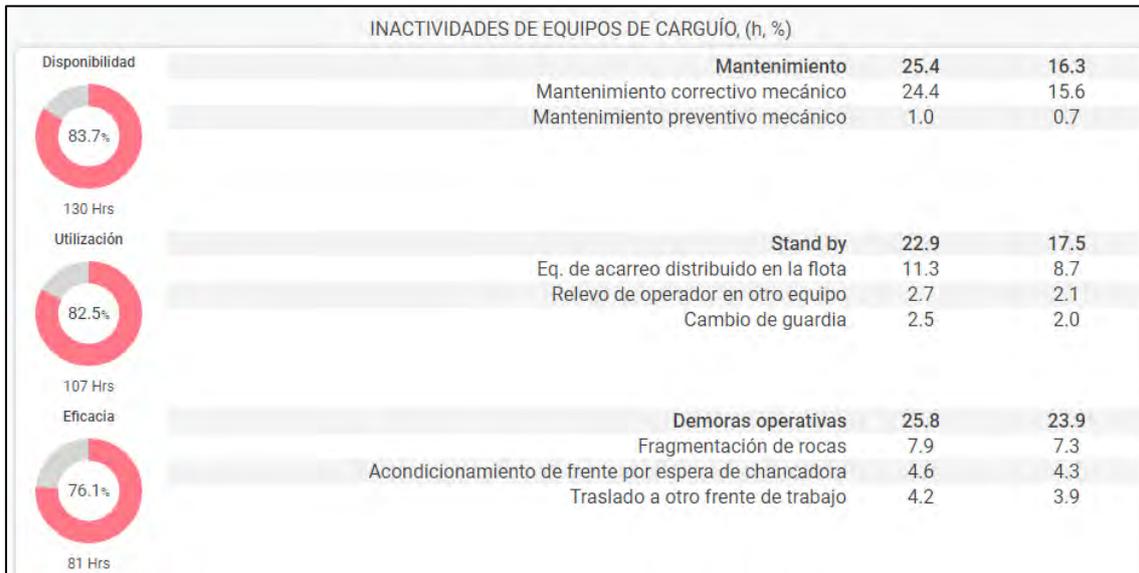


Imagen 47 Reporte de los principales indicadores de carguío – Zyfra Mining

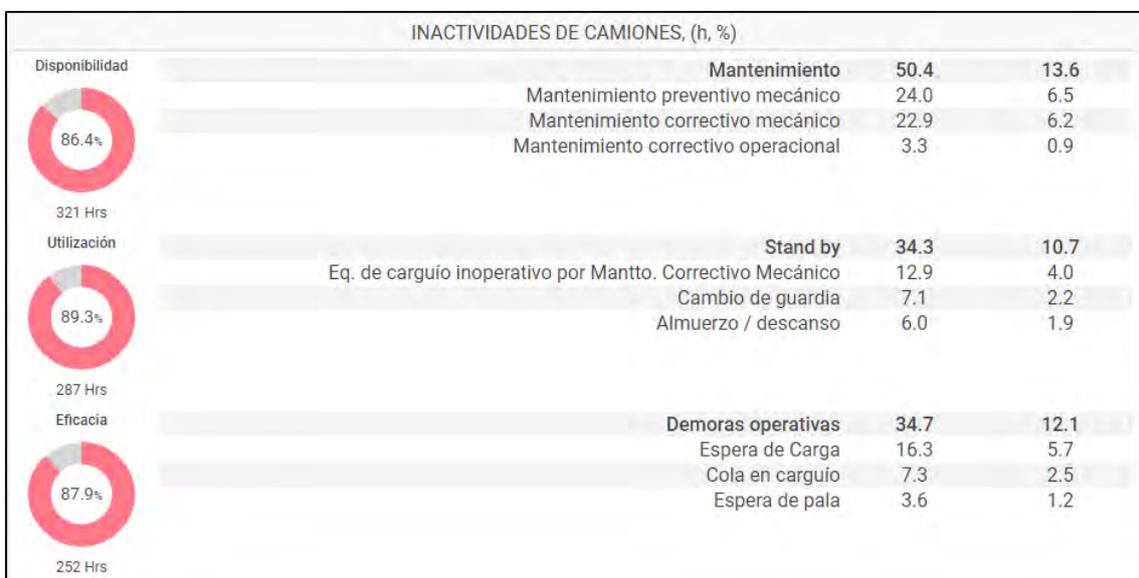


Imagen 48 Reporte de los principales indicadores de acarreo – Zyfra Mining



Imagen 49 Numero de equipos de carguío trabajando durante el turno – Zyfra Mining



Imagen 50 Numero de equipos de acarreo trabajando durante el turno – Zyfra Mining

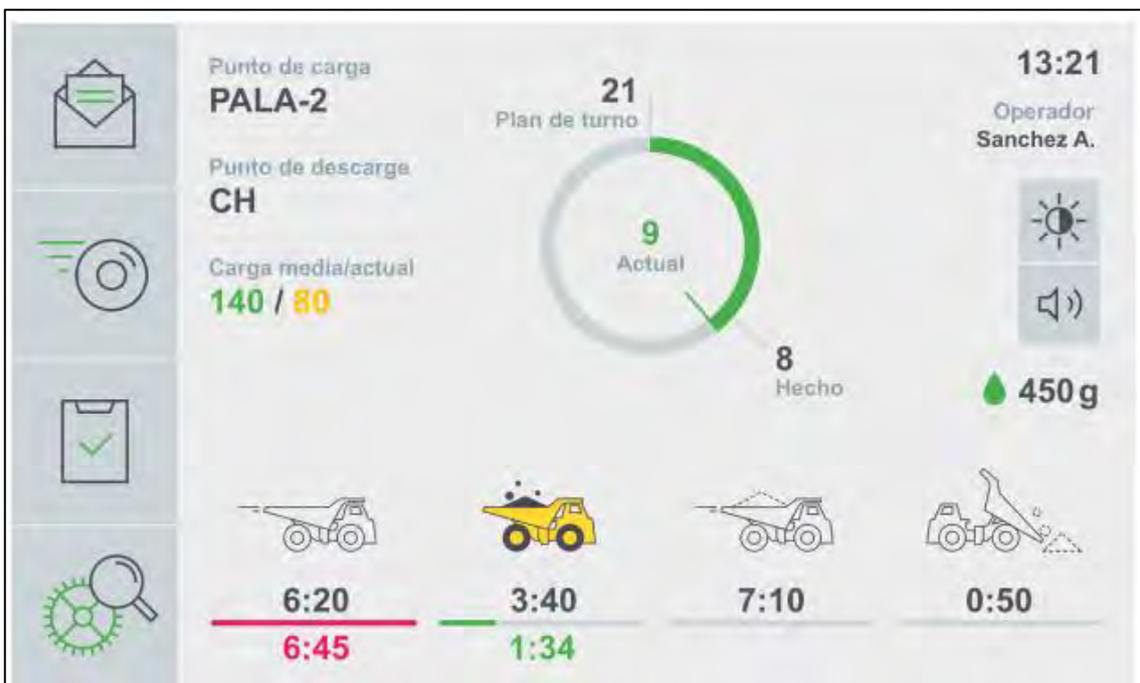


Imagen 51 Estadísticas en tiempo real de los camiones mineros – Zyfra Mining.

3.3.7 Control de puntos de descarga

Mediante este Modulo podemos realizar un seguimiento a los puntos de descarga programados versus los ejecutados y así tener un control mas estricto en los botaderos.

Los puntos de descarga planificados son entregados por el área de planeamiento para el correcto crecimiento de los botaderos, mediante el sistema se realiza un seguimiento a estos puntos de carguío programados versus los reales.



Imagen 52 Control de puntos de descarga en botadero

CAPITULO 4

INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

4.1 DEFINICION DE KPI'S

Son indicadores estratégicos de gestión adoptadas en gran medida por las compañías alrededor del mundo con el objetivo de evaluar y determinar los resultados de los procesos y su gestión a través de la eficiencia y eficacia, hacia el logro de los objetivos principales de las compañías.

Existen diferentes indicadores de desempeño, cada indicador pretende un objetivo específico bajo un contexto diferente. Estos indicadores resultan del enfoque cuantitativo y cualitativo, ya que depende de las intenciones del administrador y los

tipos de indicador elegido, se podrá analizar numéricamente las actividades y por ende medir la calidad de estas.

En ese sentido estos indicadores también funcionan como nexos de comunicación empresarial, logrando comunicar a todas las áreas de forma integral. Por lo tanto estos indicadores no solo determinan los resultados de una estrategia sino que permiten ampliar la visión general del contexto, facilitando el análisis de los aspectos de mejora para futuros proyectos o estrategias.

Al verificar los resultados durante el proceso de recopilación de los datos importantes, se podrá poner a disposición de forma accesible en el sentido que los gerentes puedan analizar y comprenden la información para considerarlo fuente de la toma de decisiones, logrando eficiencia y eficacia en las actividades y por ende trae consigo resultados importantes para la compañía.

4.1.1 Clasificación de Indicadores:

Existen diferentes maneras de clasificar los KPI, mediante una forma cualitativa o cuantitativa, esto con el fin de llevar un correcto control de los procesos, a continuación, veremos algunos tipos:

- **Indicadores Estratégicos:** Estos indicadores poseen el propósito de comprobar en que medida las empresas están alcanzado sus objetivos planteados, aquellos denominados objetivos estratégicos los cuales son establecido ante un periodo de un momento específico ya sea, a corto, mediano o largo plazo.

Gracias a los datos obtenidos para su interpretación, se puede valorar la productividad de la empresa e inspeccionar el compás de los esfuerzos que se le

establezcan. Mediante estos puntos de referencia una institución puede ubicar las mejoras a ejecutar que le permitirán calcular el éxito de su plan estratégico.

- **Indicadores Tácticos:** Son aquellos que tienen como propósito dar alcance a las exigencias específicas, dificultades y conformidades de mejora de las zonas de negocio. En ese sentido se logra controlar los requerimientos necesarios para los procedimientos (visibilidad, control, riesgos, etc.).

El objetivo de estos indicadores es controlar y lograr la obtención del programa de mejora continua y eficiencia operacional a través de los procesos.

- **Indicadores Operacionales:** Brindan seguimiento a la operatividad constante de las actividades de negocio, en función a los criterios que tienen los criterios de eficiencia estratégica. Finalmente existen indicadores estratégicos que permiten alcanzar y estabilizar el mejoramiento constante, siendo los denominados indicadores operacionales.

4.1.2 Características de los KPI

- **Confiable:** Los resultados coinciden entre diversos observadores.
- **Medible:** Los resultados obtenidos deben ser cuantificables a través de los métodos disponibles.
- **Valido:** La evaluación o medición de un proceso debe ser específicamente exacto en función a lo establecido por las métricas.
- **Preciso:** Deben ser denominados en función a términos validos y relevantes de nivel operacional.
- **Oportuno:** Las medidas son establecidas en función a criterios relevantes y en torno a las metas y procedimiento del proyecto.

4.2 EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS OEE

Los equipos Overall Equipment Effectiveness son en gran medida un elemento porcentual que permite determinar la eficiencia y productividad de alguna actividad en específico. Este indicador se adopta para evaluar el rendimiento de las guías de producción en las que los equipos poseen mayor impacto. Entre las principales ventajas de un equipo OEE es que mide todos los parámetros relevantes en la producción industrial.

Es importante conocer sobre el funcionamiento de los equipos OEE con el propósito de incrementar el nivel de gestión en la producción de maquinarias. Este equipo, traslada a un estudio sistemático y mejora el funcionamiento de los equipos gracias a las constantes evaluaciones que brindan los indicadores.

OEE es un estándar internacional registrado a nivel internacional. Su adopción trae consigo diferentes ventajas en los procesos productivos ya que impacta directamente en el rendimiento que se espera alcanzar. Gracias a este equipo, se pueden minimizar los stop innecesarios de las maquinas, identificar las causas que desmejoran el rendimiento e incrementar el nivel de calidad del producto. En ese sentido resulta importante su constante monitoreo y seguimiento.

Las seis grandes pérdidas OEE: a continuación, se tiene una lista de las pérdidas más importantes:

- Pérdidas de tiempo por mantenimiento
- Pérdidas de tiempo por la disponibilidad
- Pérdidas de tiempo ocioso
- Perdidas de reducción de la velocidad
- Pérdidas de tiempo de la calidad
- Pérdidas de tiempo de rendimiento

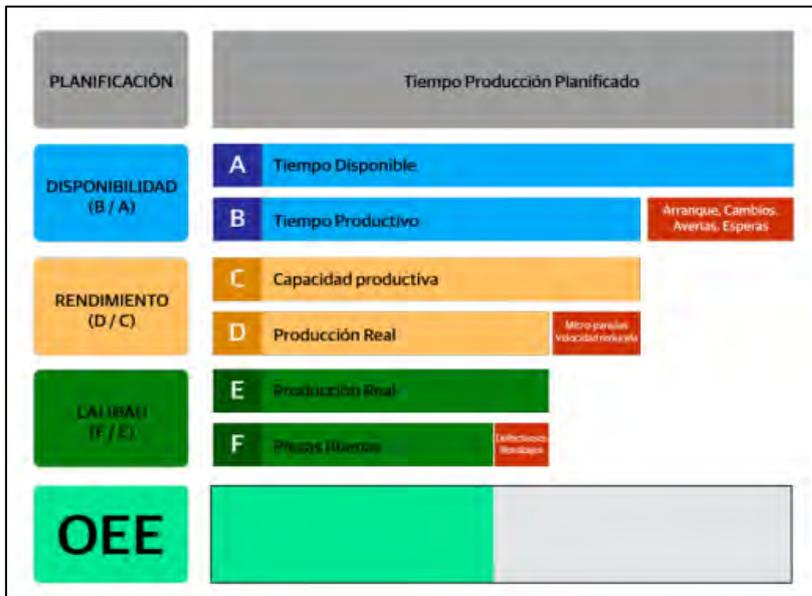


Imagen 53 Esquema de eficiencia general de los equipos – OEE website

Cálculo del OEE: el OEE se obtiene a través de la multiplicación de 3 razones porcentuales: Disponibilidad, Rendimiento y la Calidad.

$$OEE = Disponibilidad(\%) * Rendimiento(\%) * Calidad(\%)$$

Los objetivos del OEE tienen como propósito hacer más productiva y eficiente el proceso de producción, por lo tanto, la reducción de costos. A continuación, se detallan las tres razones que componen el OEE.

4.2.1 Disponibilidad:

La disponibilidad resulta del análisis del tiempo que emplea una maquina ante un proceso específico. Los stop innecesarios afectan directamente a la disponibilidad, la cual se presente a través de 2 tipos:

- Planificadas: Son aquellos momentos en los que una maquinaria no se encuentra en funcionamiento o produciendo debido a que durante estos momentos no esta indicado que se continúe con la producción, por ejm. durante los mantenimientos preventivos, las verificaciones de calidad.

- No planificados: Corresponde a las etapas en los que las maquinarias no tienen previsto realizar alguna actividad por hechos no advertidos. Por ejm: desperfectos en los equipos por escasos recursos importantes para que el equipo opere oportunamente.

$$A = \frac{PT}{AT}$$

Rodríguez (2019) menciona que “AT es el Tiempo Disponible o Available Time (el tiempo total en el que en teoría la maquina podría estar produciendo) y PT es el Tiempo Productivo o Productive Time (el tiempo en el que la maquina está realmente produciendo)”.

4.2.2 Rendimiento:

Este elemento permite medir lo que un equipo o maquinaria esta produciendo en un momento contra lo que realmente produciría en función a su máxima capacidad. Por otro lado, un bajo rendimiento se debe por dos situaciones:

- Micro paradas: Son escasas paralizaciones por diversos acontecimientos, de corta duración, pero muy recurrentes. Son momentos en los que el equipo no está produciendo, pero por su corta permanencia no se consideran para disponibilidad y en cambio afectan el rendimiento. Finalmente son las mermas más inciertas debido a que no se pueden controlar ni distinguir y su impacto es muy complicado de medir.
- Reducción de velocidad: Los equipos no funcionarán por debajo de su velocidad original. Ello puede suceder por una reducción premeditada de la velocidad para cubrir problemas entorno a la calidad, prevenir efectos o criterios desacertados.

Algunos equipos poseen una velocidad mínima en su impulso, hasta desarrollar una velocidad firme y constante. Pero también se presentan por el desperfecto de la máquina.

$$P = \frac{N^{\circ} \text{ Total de Unidades}}{PT. \text{ Capacidad Nominal}}$$

Rodríguez (2019), menciona que a través de la multiplicación del periodo productivo por la capacidad nominal del equipo obteniendo lo realmente producido durante ese periodo. El rendimiento es el nexo entre lo que se ha producido y lo que se debería haber producido.

4.2.3 Calidad

Este criterio evalúa y determina las unidades no defectuosas, que surgen respecto a las unidades producidas, en ese sentido se determina las pérdidas deficientes en función a la calidad, obteniendo la siguiente clasificación:

- Defectuosos: Determina el tiempo perdido en la producción de unidades que no cumplen con los criterios de calidad.
- Mermas: Manifiestan el tiempo incurrido en la fabricación de una unidad que por diversas razones que no corresponden a la calidad, esta no se considera un producto terminado. Por ejm. Aquellos que presentan roturas entre otros similares.

$$Q = \frac{N^{\circ} \text{ Unidades Conformes}}{N^{\circ} \text{ Unidades Totales}}$$

Una desmejora de la calidad determina además la pérdida de tiempo productivo en función al tiempo incurrido para la fabricación de productos defectuosos, así mismo se

le adiciona el tiempo utilizado para reprocesar aquellas piezas que en tal caso puedan ser reprocesadas, en donde los costos repercuten en desechar los productos defectuosos.

4.3 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD APLICADOS A EQUIPOS DE CARGUIO

El control de del proceso de minado nos arroja gran cantidad de información que es analizada y usada para realizar la elaboración de indicadores que nos muestran con que eficacia se está realizando nuestra operación, los cálculos se realizaran en base a los siguientes modelos de equipos:

Equipos de Carguio	Equipos de Acarreo
6040FS	785C
994F	785D

Tabla 6 Modelo de equipos de carguío

4.3.1 Disponibilidad Mecánica:

Indicador de productividad que relación las horas mecánicamente disponibles de un equipo respecto a sus horas programadas de trabajo. Se determina con la siguiente formula:

$$Disponibilidad (\%) = \frac{Horas Programadas - Horas Mantenimiento}{Horas Programadas} \times 100$$

Mes	Horas Programadas	Horas de Mantenimiento	%Disponibilidad
Enero	2976	480.6	83.9%
Febrero	2688	510.3	81.0%
Marzo	2976	515.7	82.7%
Abril	2880	476.5	83.5%
Total	11520	1983.1	82.8%

Tabla 7 Horas de Mantenimiento mecánico de equipos de carguío

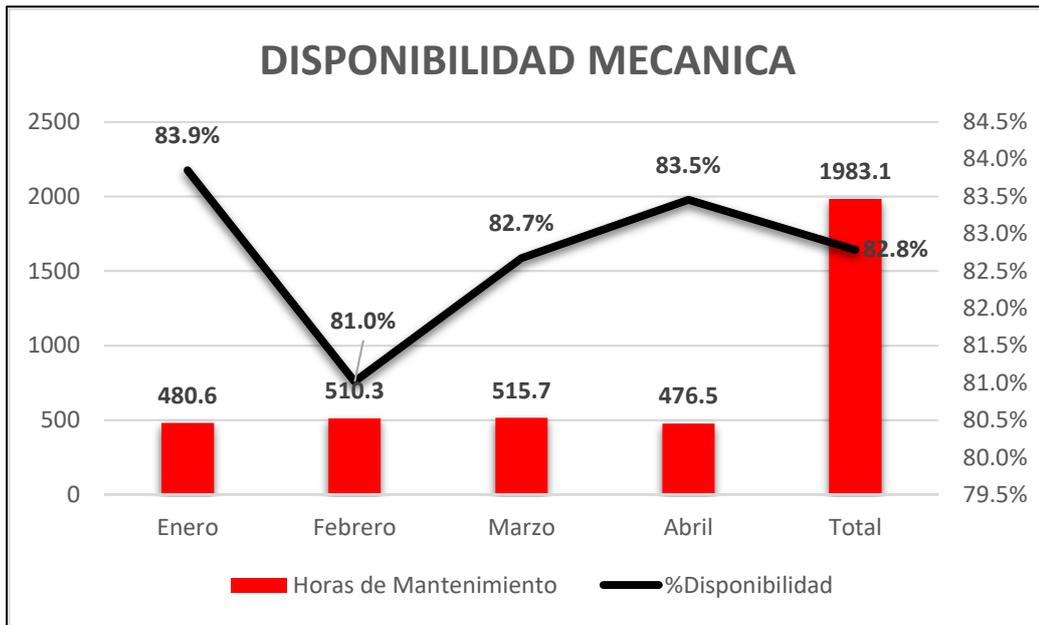


Imagen 54 Grafica de disponibilidad mecánica de los equipos de carguío

En el gráfico podemos observar que la Disponibilidad Mecánica acumulada hasta el mes de abril es de 82.8% de los equipos de carguío, para los cálculos se toma 24 horas programadas por día, con 4 equipos de carguío de gran dimensión.

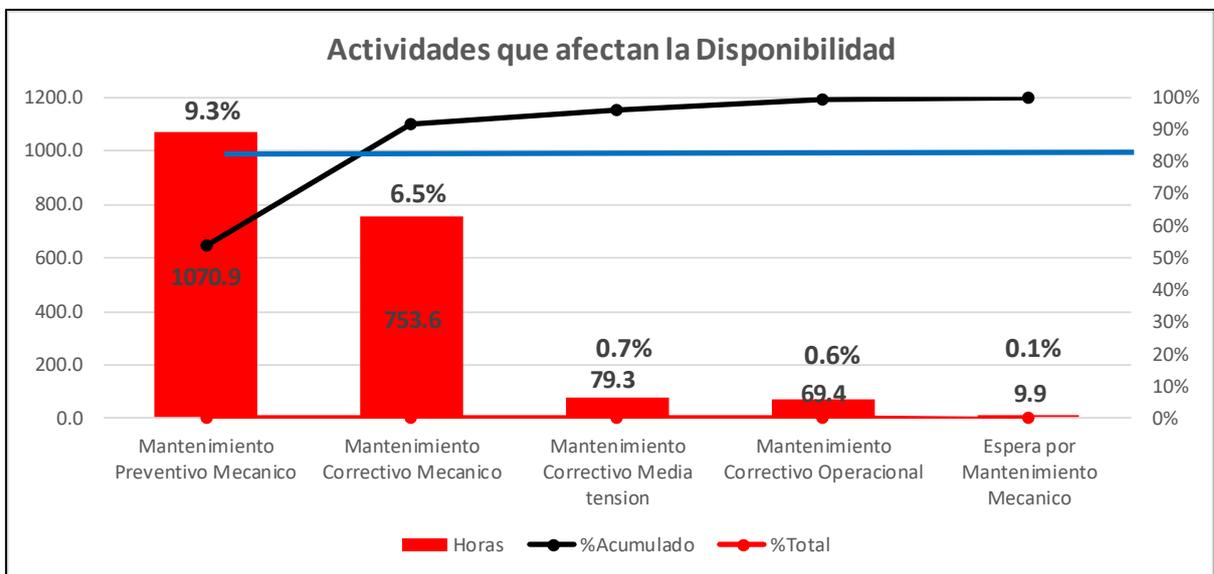


Imagen 55 Pareto de las principales actividades que afectan a la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío.

En la imagen de Pareto de las principales actividades que afectan a la disponibilidad de los equipos de carguío podemos observar que el mantenimiento preventivo es la actividad que mas afecta a este indicador con un 9.3% del total.

4.3.2 Utilización (%):

Indicador de productividad que relaciona las horas utilizadas de un equipo (motor encendido en operación) respecto a sus horas mecánicamente disponibles. Se termina mediante la siguiente formula:

$$Utilizacion (\%) = \frac{Horas\ Brutas}{Horas\ Programadas - Horas\ Mantenimiento} \times 100$$

Mes	Horas Programadas	Horas de Mantenimiento	Horas Brutas	%Utilizacion
Enero	2976	480.6	2271.40	91.0%
Febrero	2688	510.3	1964.80	90.2%
Marzo	2976	515.7	2155.10	87.6%
Abril	2880	476.5	1990.20	82.8%
Total	11520	1983.1	8381.50	87.9%

Tabla 8 Horas de Utilización de equipos de carguío

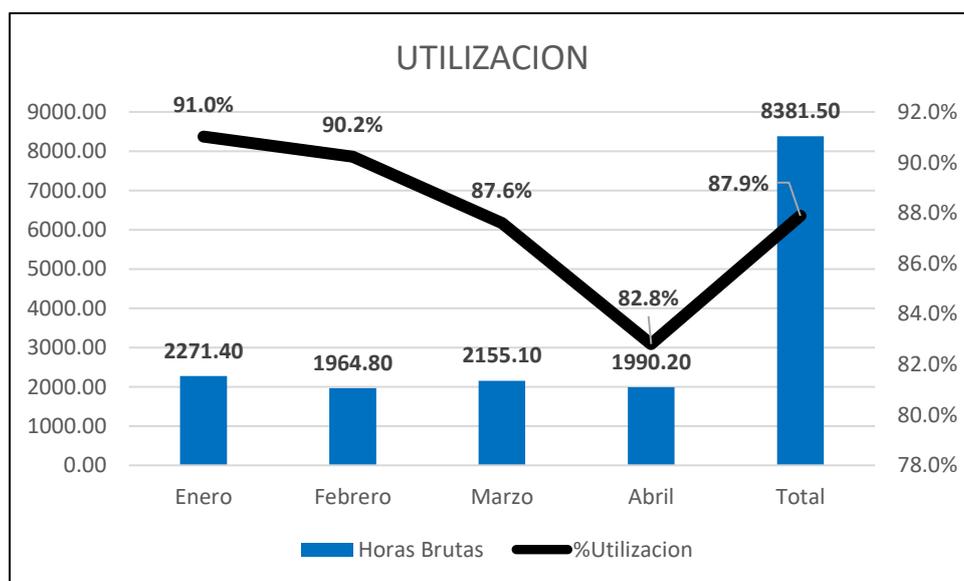


Imagen 56 Grafica de Utilización de equipos de carguío

En el gráfico podemos observar que la Utilización acumulada hasta el mes de abril es del 87.9% de los equipos de carguío, para los cálculos se toman en cuenta las horas brutas u horas horómetro de los equipos de carguío.

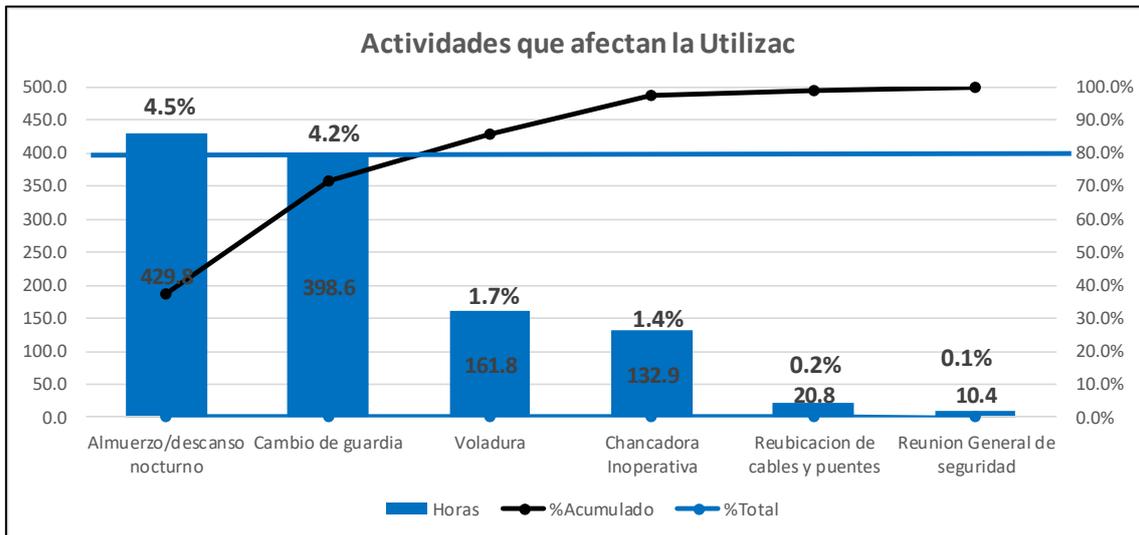


Imagen 57 Pareto de las principales actividades que afectan la utilización de los equipos de carguío

En la Imagen de parero de las principales actividades que afectan la utilización de los equipos de carguío podemos observar que el almuerzo/descanso nocturno y el cambio de guardia son las principales actividades que afectan a este indicadores representando un 9.7% del total de horas.

4.3.3 Eficacia (%):

Indicador de productividad que nos indica que tan eficaces hemos sido al utilizar nuestro equipo en netamente producción. Se determina mediante la siguiente formula:

$$Eficacia (\%) = \frac{Horas\ Netas}{Horas\ Brutas} \times 100$$

Mes	Horas Brutas	Horas Netas	%Eficacia
Enero	2271.40	1920.1	84.5%
Febrero	1964.80	1675.3	85.3%
Marzo	2155.10	1821.5	84.5%
Abril	1990.20	1731.9	87.0%
Total	8381.50	7148.8	85.3%

Tabla 9 Horas de Eficacia de equipos de carguío

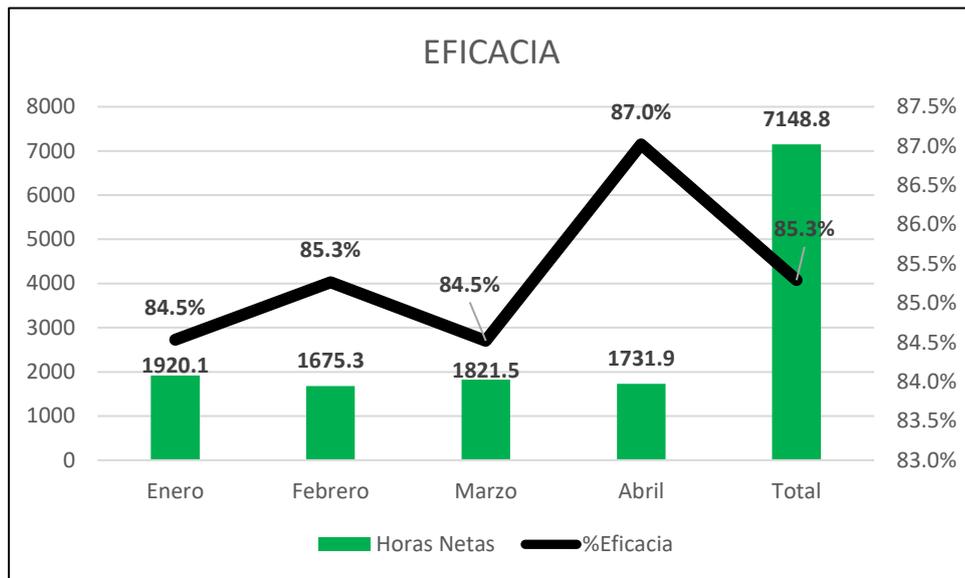


Imagen 58 Grafica de Eficacia de los equipos de carguío

En el gráfico podemos observar que la Eficacia acumulada de los equipos de carguío es de 85.3% hasta el mes de abril, para los cálculos se toman en cuenta las horas netas de trabajo de los equipos de carguío sin tomar en cuenta sus demoras operativas como traslados en el frente o espera de camiones.

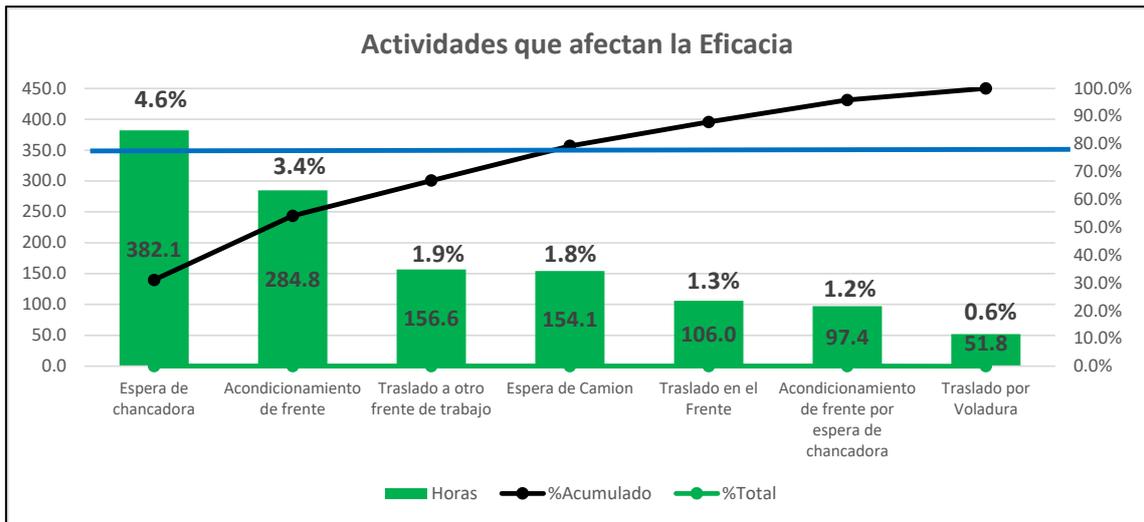


Imagen 59 Pareto de las principales actividades que afectan la eficacia de los equipos de carguío

De la imagen de Pareto de las principales actividades que afectan a los equipos de carguío tenemos que la espera de chancadora, el acondicionamiento de frente y el traslado a otro frente de trabajo son las principales actividades que afectan a este indicador con un total de 9.9% del total.

4.3.4 Eficiencia de proceso (%):

Nos indica el porcentaje de horas operativas de producción u horas netas (carguío, acarreo) respecto a las horas programadas. Se determina con la siguiente fórmula:

$$Eficiencia (\%) = \frac{\sum H_{netas}}{\sum H_{horas\ programadas}} \times 100 = \%DM * \%U * \%E$$

Mes	%Disponibilidad	%Utilizacion	%Eficacia	Eficiencia de Proceso (%)
Enero	83.9%	91.0%	84.5%	64.5%
Febrero	81.0%	90.2%	85.3%	62.3%
Marzo	82.7%	87.6%	84.5%	61.2%
Abril	83.5%	82.8%	87.0%	60.1%
Total	82.8%	87.9%	85.3%	62.1%

Tabla 10 Horas de Eficiencia de Procesos de los equipos de carguío

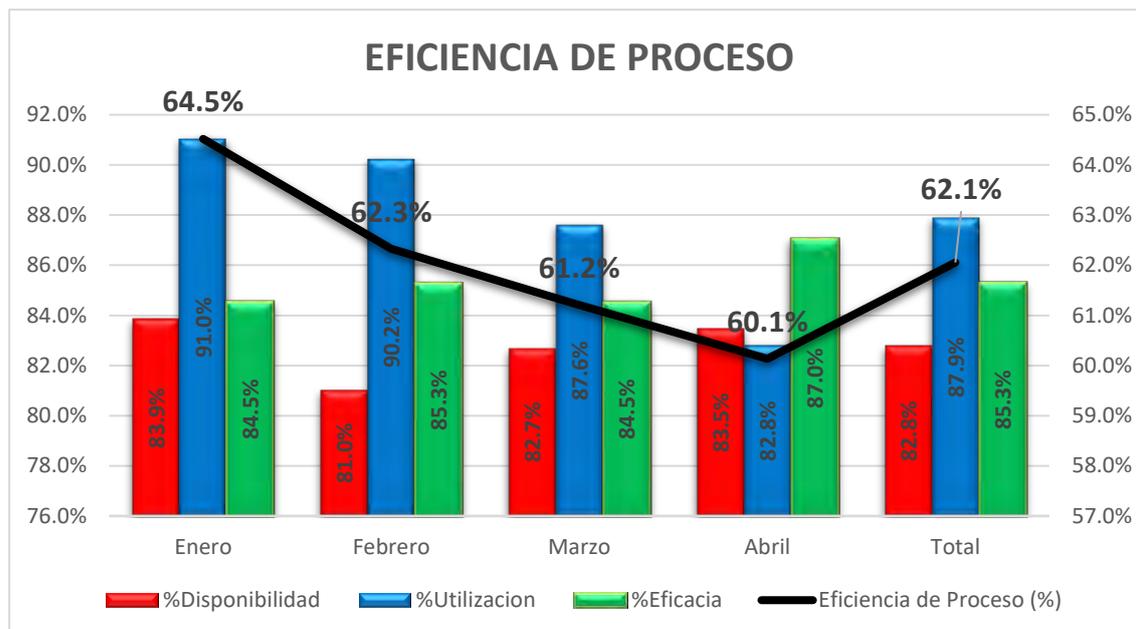


Imagen 60 Gráfico de eficiencia del proceso de carguío

En el gráfico de Eficiencia de Proceso podemos observar que hasta el mes de abril tenemos un acumulado de 62.1% de Eficiencia de Proceso, éste sería igual al OEE u Eficiencia general de los Equipos

4.3.5 Efectividad (%):

Capacidad para producir el efecto esperado, nos indica el cumplimiento de las horas netas ejecutadas respecto a lo planeado.

$$Efectividad (\%) = \frac{Horas\ Netas}{Horas\ Netas\ Planeadas} \times 100$$

Tomando como base los siguientes targets los siguientes targets para la Disponibilidad, la Utilización y la Eficacia, se calculará la Efectividad:

Mes	%Disponibilidad	%Utilizacion	%Eficacia	Eficiencia de Proceso (%)
Target	83%	88%	90%	66%

Tabla 11 Porcentaje de eficiencia de proceso target

	Planificado	Real	Efectividad
Mes	Eficiencia de Proceso (%)	Eficiencia de Proceso (%)	
Enero	65.7%	64.5%	98.1%
Febrero	65.7%	62.3%	94.8%
Marzo	65.7%	61.2%	93.1%
Abril	65.7%	60.1%	91.5%
Total	65.7%	62.1%	94.4%

Tabla 12 Porcentaje de Eficiencia de Proceso Planificado VS Real

En el gráfico para obtener la efectividad mensual y acumulada, tomamos como base la información de los indicadores planificados para cada mes y lo dividimos entre los reales para obtener la efectividad mensual y acumulada de los equipos de carguío.

4.3.6 Rendimiento Bruto (Ton/HBr):

Es la cantidad de producción que realiza una unidad productiva (equipo y grupo de trabajo) por hora considerando el total de actividades: productivas y no productivas:

$$\text{Rendimiento Bruto de Carguío} = \frac{\sum \text{Toneladas}}{\sum \text{Horas Brutas}}$$

Mes	Toneladas	Horas Brutas	Rendimiento Bruto
Enero	4595238	2271.4	2023
Febrero	4100256	1964.8	2087
Marzo	4605872	2155.1	2137
Abril	4328657	1990.2	2175
Total	17630023	8381.5	2103

Tabla 13 Rendimientos Bruto

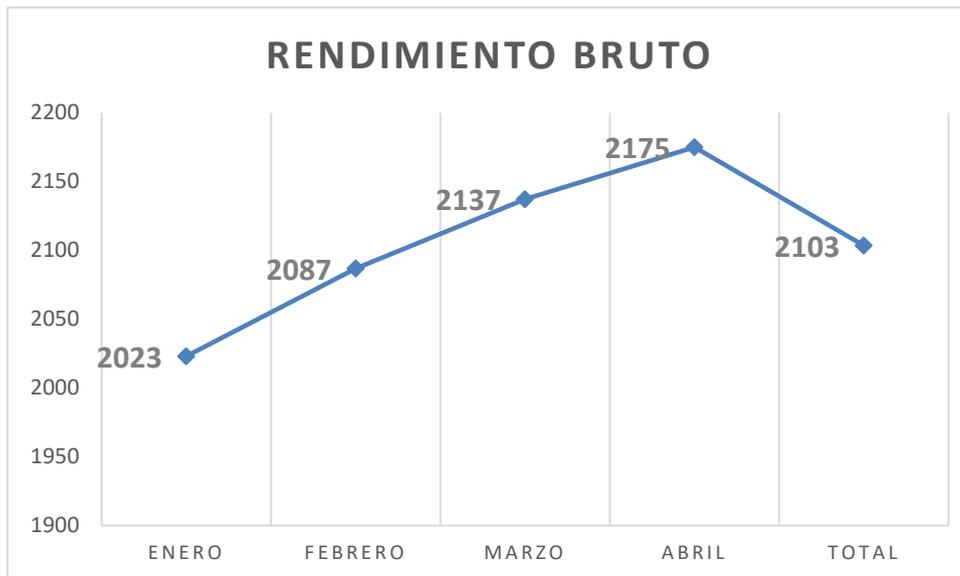


Imagen 61 Grafica de Rendimiento Bruto de los equipos de carguío

Para el cálculo del Rendimiento Bruto de los equipos de carguío dividimos el tonelaje total minado entre el total de horas maquinas consumidas para minar el tonelaje, de esta manera vemos que nuestro rendimiento bruto acumulado hasta abril es del 2103 Ton/Hr

4.3.7 Rendimiento Neto (Ton/HN):

Es la cantidad de producción que realiza una unidad productiva (equipo y grupo de trabajo) por hora sin considerar los tiempos improductivos con motor prendido:

$$\text{Rendimiento Neto de Carguío} = \frac{\sum \text{Toneladas}}{\sum \text{Horas Netas}}$$

Mes	Toneladas	Horas Netas	Rendimiento Neto
Enero	4595238	1920.1	2393
Febrero	4100256	1675.3	2447
Marzo	4605872	1821.5	2529
Abril	4328657	1731.9	2499
Total	17630023	7148.8	2466

Tabla 14 Rendimientos Netos

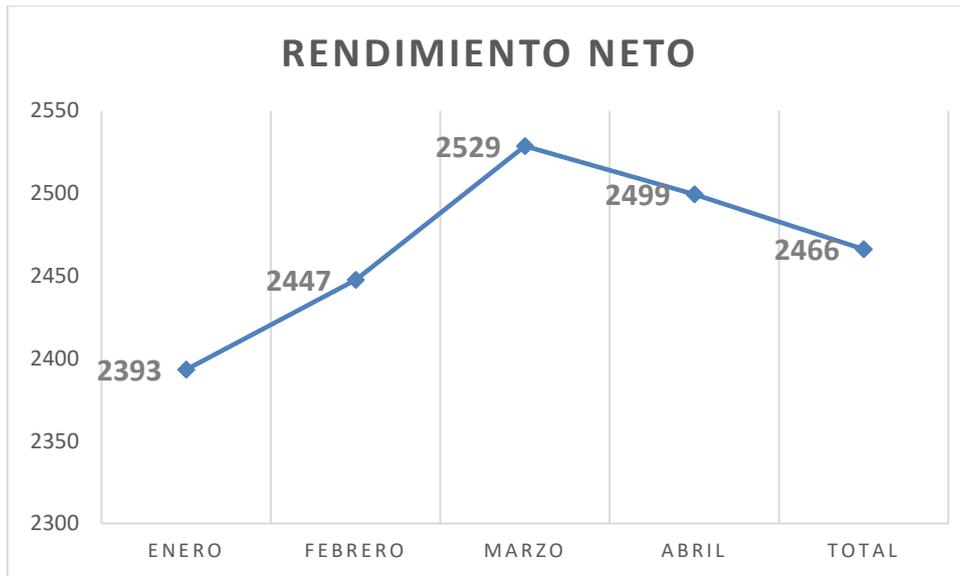


Imagen 62 Grafica de Rendimiento Neto de los equipos de carguío

Para el cálculo del Rendimiento Neto, dividimos el tonelaje minado por los equipos de carguío entre el total de horas netas consumidas para minar el tonelaje, para este rendimiento no se toman en cuenta las demoras operativas.

4.3.8 Escala de Tiempos:

Nos permite conocer el estatus operacional en el cual se encuentran los equipos durante un determinado periodo basados en la norma Asarco, generamos una escala de tiempos que se ajusta a nuestras operaciones, la distribución de tiempos y la descripción de estos se muestran en la figura

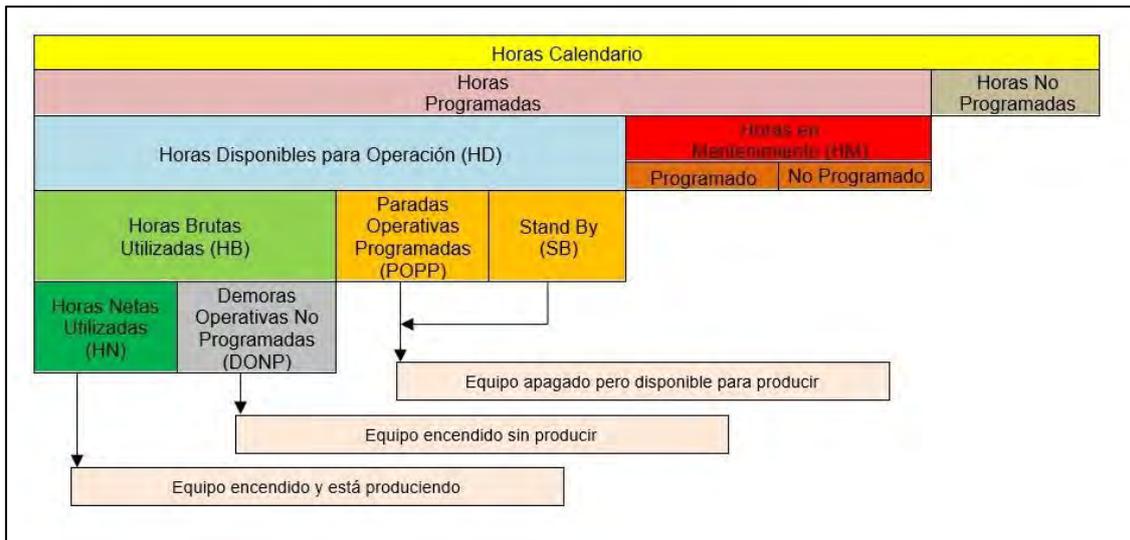


Imagen 63 Escala de tiempos Asarco

- Horas Calendario: Son horas contables durante el periodo de un año, 365 días.
- Horas Programadas: Es el tiempo o periodo durante el cual el equipo se encuentra físicamente operativo.
- Horas No programadas: Es el tiempo o periodo durante el cual el equipo no se encuentra físicamente operativo.
- Horas Disponibles para Operación (HD): Es el tiempo en el cual el equipo es mecánicamente listo para la operación.
- Horas de mantenimiento (HM): Es el tiempo en el cual se encuentra en mantenimiento y/o reparaciones programadas o correctivas.
- Horas Brutas (HB): Corresponde al tiempo en el cual el equipo se encuentra realizando trabajos con motor prendido.
- Paradas Operativas Programadas: Es el tiempo en el cual el equipo está en condiciones mecánicas de operación, pero no es utilizado por paradas programadas necesarias para la operación como el cambio de guardia, almuerzos, etc.

- Stand By (SB): Es el tiempo en el cual el equipo está en condiciones mecánicas de operación, pero no es utilizado para ninguna actividad operativa, como, por ejemplo: falla de operador o exceso de equipos.
- Horas Netas Utilizadas (HN): Tiempo en el cual el equipo se encuentra realizando actividades netamente productivas.
- Demoras Operativas no Programadas (DONP): Son demoras no programadas con motor encendido como, por ejemplo: traslados, limpieza de pisos, etc.

CONCLUSIONES

- El uso del Sistema de Gestión de Flota nos permite optimizar nuestra operación minera disminuyendo nuestros tiempos improductivos, y maximizando nuestro rendimiento.
- El Sistema de Gestión de Flota nos permite tomar decisiones acertadas respecto a la operación y así mejorar la cadena de comunicación entre la supervisión y los colaboradores a bordo de los camiones y palas mineras.
- Realizar el control adecuado y detallado de las actividades de las palas nos permite incrementar su utilización y eficacia al disminuir sus tiempos muertos y tiempos de espera.
- Realizar un control adecuado de los camiones nos permite incrementar la utilización y la eficacia de estos equipos, también nos permite controlar con mayor detalle actividades programadas como almuerzos o cambios de guardia.
- Con el Sistema de Gestión de Flota nos permitió tener un incremento en el porcentaje de disponibilidad del equipo al tener una comunicación más rápida con el área de mantenimiento y realizar un seguimiento para que los equipos sean atendidos lo más pronto posible y salgan operativos.
- El módulo de control de producción de palas nos permite realizar un seguimiento horario del rendimiento de las palas y corregir desviaciones en tiempo real para poder maximizar nuestra producción.
- Con el módulo de control de producción de las palas nos permite ver los tiempos de carguío, distancias, tipo de material de cada viaje realizado y para poder realizar un mejor control

- Con el módulo de producción de los camiones podemos visualizar los ciclos de acarreo de los camiones, peso cargado en cada camión e inactividades de estos, esto nos ayuda para poder realizar un control del payload de cada camión y por pala todo esto para cumplir con el público de planeamiento.
- El módulo de control de calidad de vías nos permite visualizar el estado de las vías de acarreo en tiempo real y tomar acción inmediata en estos para poder mejorarlos y evitar cortes en los neumáticos, problemas en la transmisión de los camiones y así incrementar su vida útil.
- Con el módulo de control de operación de palas y camiones podemos visualizar las actividades pasadas y actuales de los equipos en tiempo real, esto nos ayuda a mejorar en controlar las ratios de las actividades tales como almuerzos, cambio de guardia, etc.

RECOMENDACIONES

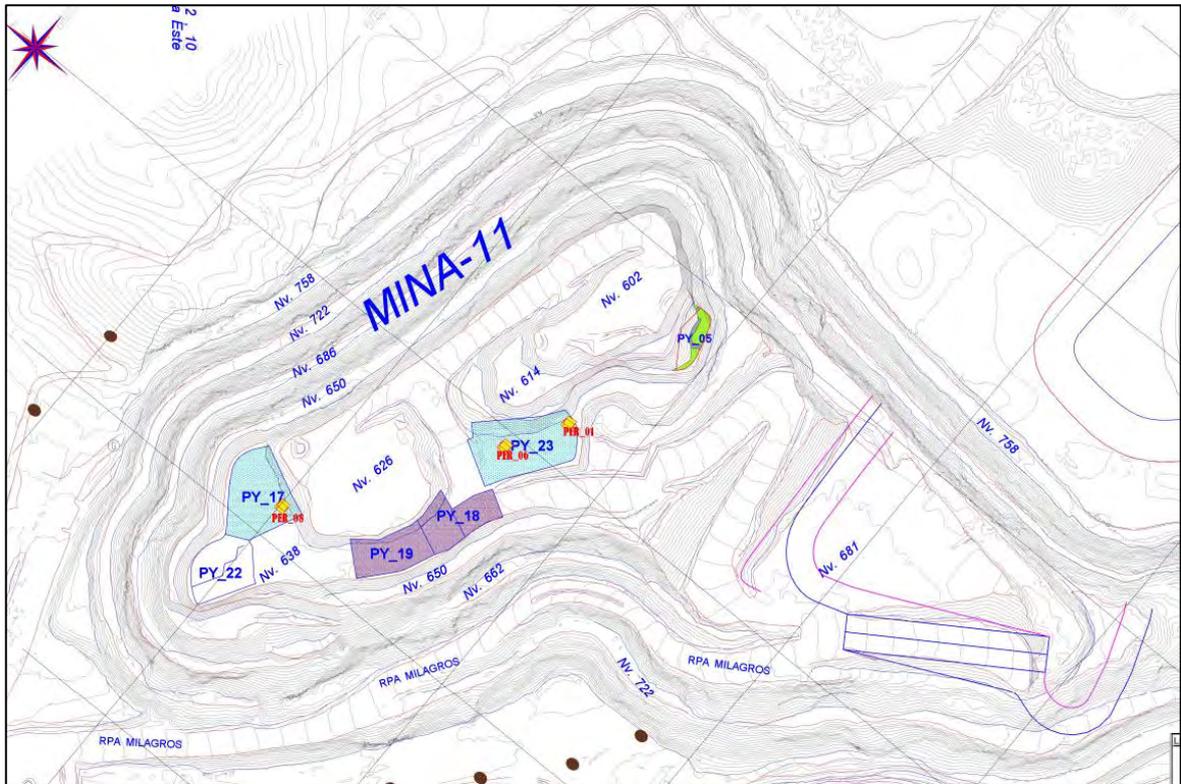
- Para que el Sistema de Gestión de Flota funcione adecuadamente y pueda trabajar con normalidad se le debe realizar un adecuado mantenimiento al hardware de los equipos a bordo tanto camiones como palas.
- Mantener actualizado el estado de todos los equipos nos permite tener una visión más clara de cómo se está manejando la operación durante el turno.
- Se debe realizar una limpieza constante a las torres de control Wi-fi (TCW) debido a las condiciones climáticas en la mina estas necesitan estar en constante evaluación y revisión ya que sin estos elementos no se pueden conectar los equipos a la red y no envían la información a los servidores.
- Realizar periódicamente limpieza a las antenas GPS de los camiones para evitar pérdidas de posicionamiento de estos.
- Se debe mantener actualizado los grafos de las vías por donde transitan los camiones, esto nos permite tener estadísticas de ciclos de los camiones y distancias de estos.
- Se debe tener una comunicación efectiva entre el personal encargado de manejar el dispatch y el área de operaciones para poder tener soluciones rápidas y eficaces.
- Se tiene que seguir capacitando al personal involucrado para que sigan usando el sistema de gestión de flota y así tener una información más exacta y precisa en las bases de datos.

BIBLIOGRAFIA

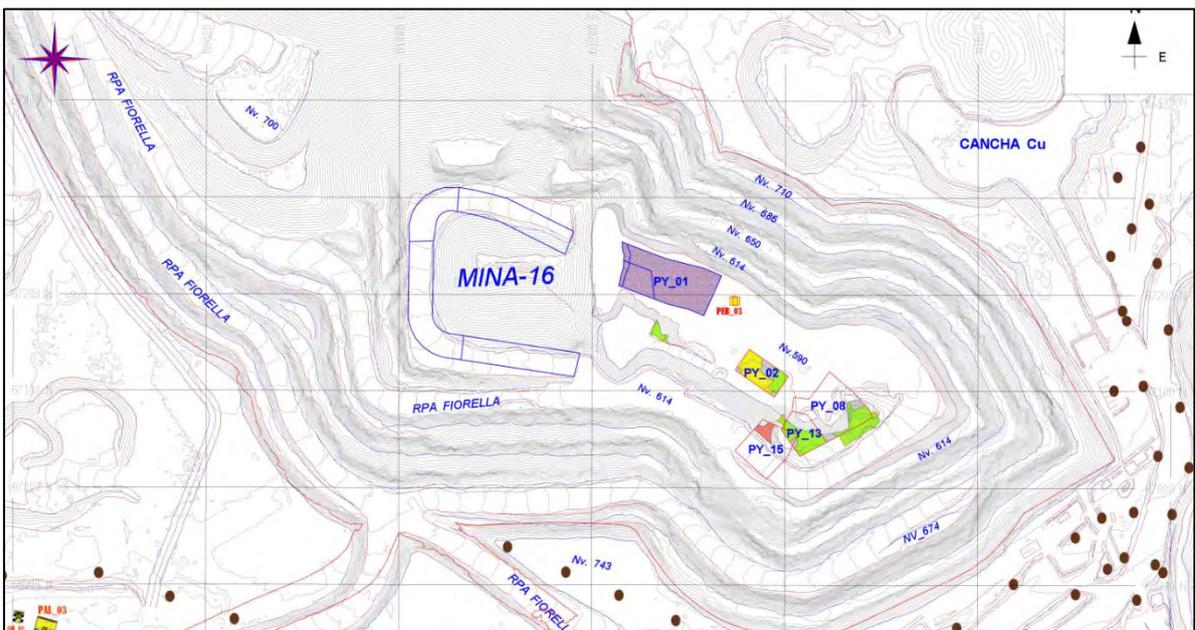
- Bustillo., López. (1997) “Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras”. Madrid, España.
- Hernández, R. Fernández, C., Bepista, P. (2010), Metodología de la investigación, editorial McGraw Hill.
- Hustrulid, W., Kuchta, M. (1998). “Open Pit Mine Planning & Design Volume I – Fundamentals.” A.A Balkema, Rotterdam, Holanda.
- Kennedy, E. (1994), Surface Mining, New York.
- Manual de Usuario VG Karier (2020), Moscú, Rusia
- Manual de Rendimiento Caterpillar (2017), Peoria, Illinois, EE. UU.
- Reporte Operativo 2022 – Cosapi Minería
- Control de Operaciones 2022 – Cosapi Minería.
- Reporte de Indicadores Estratégicos 2021 – Cosapi Minería
- Tesis, Eduardo Andrés Lagos Coronado (2007), “Gestión operativa del sistema de despacho estudio técnico económico”, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas-Departamento de Ingeniera de Minas.
- Tesis, Huambachano Ravello, Diego Mauricio (2018), “Mejoramiento de las distribuciones de la flota de carguío y acarreo en tajo abierto”, Universidad Nacional de Ingeniería”.
- Tesis, Nicolas Eduardo Sáez Muños. (2014), “Simulación on-line para el despacho de camiones mineros en operaciones a cielo abierto”, Pontificia Universidad católica de Chile- Escuela de Ingeniería.

ANEXOS

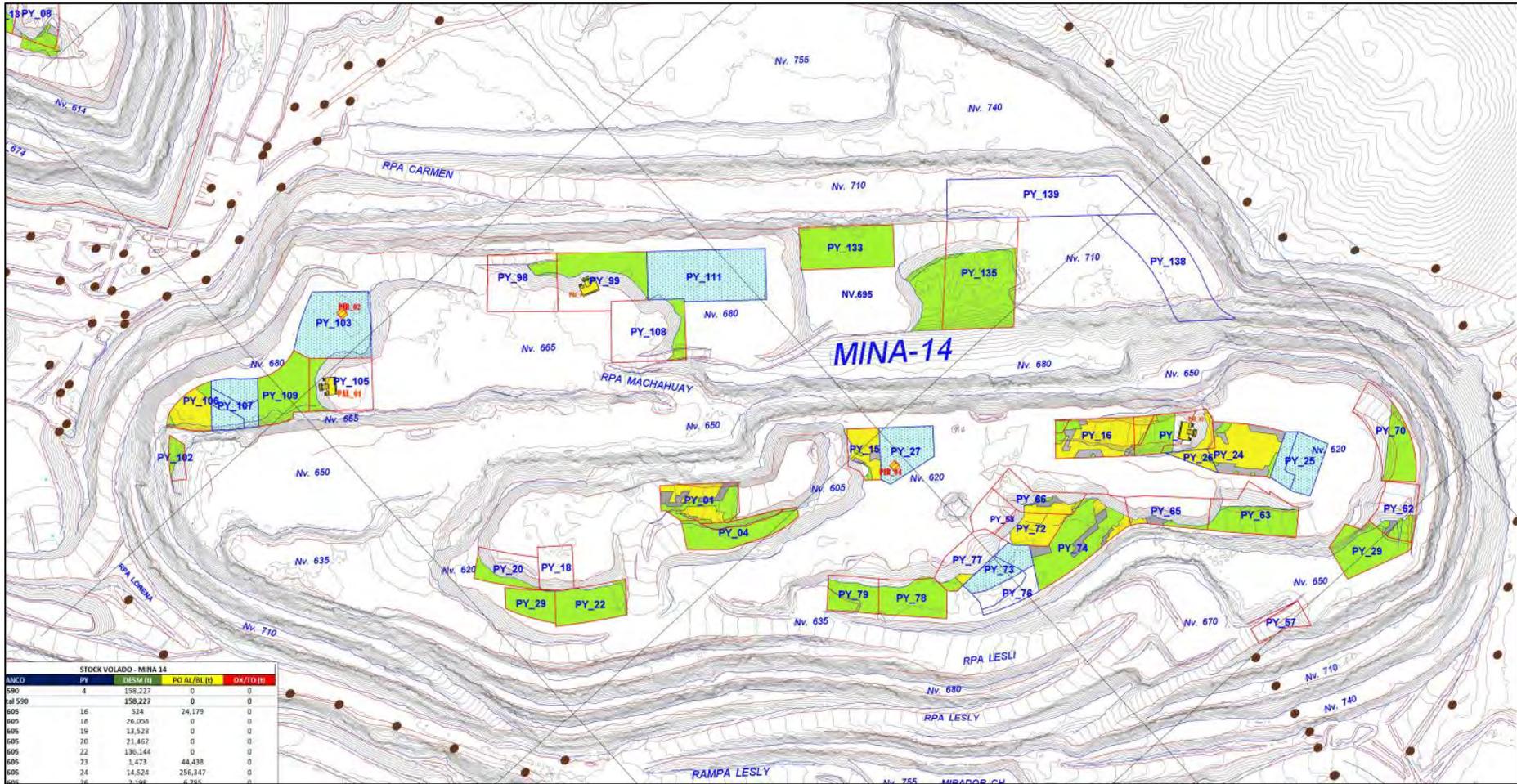
ANEXO 1: MAPA DE MINA 11



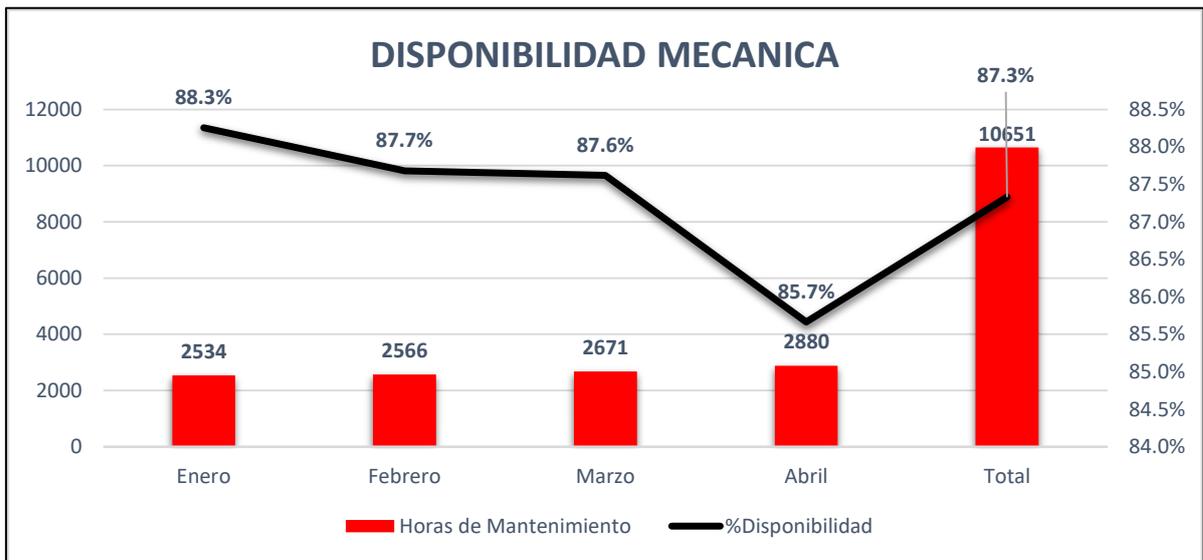
ANEXO 2: MAPA DE MINA 16



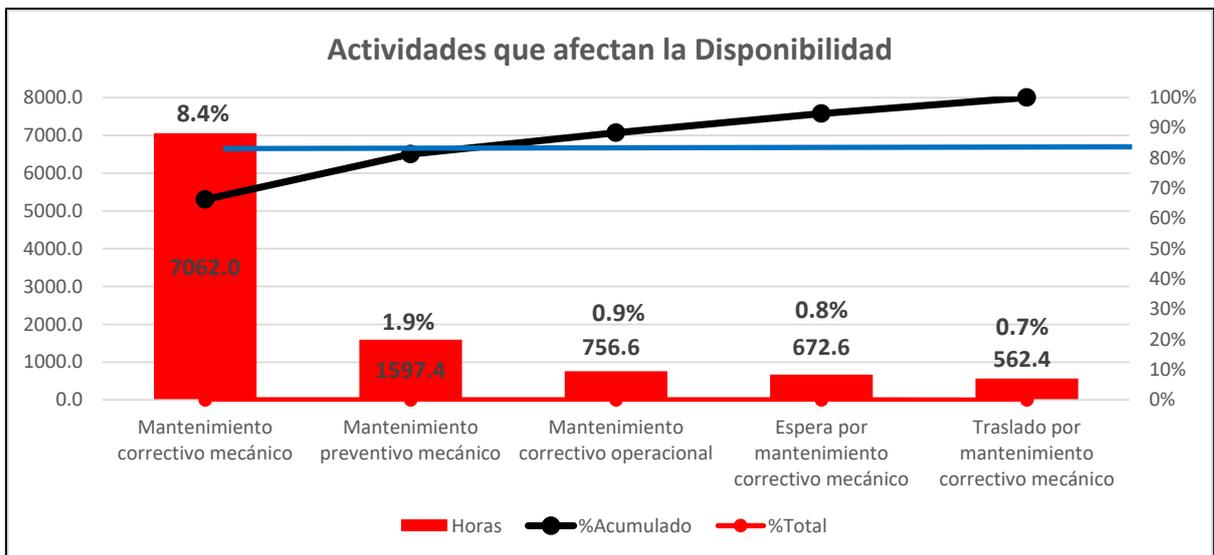
ANEXO 3: MAPA DE MINA 14



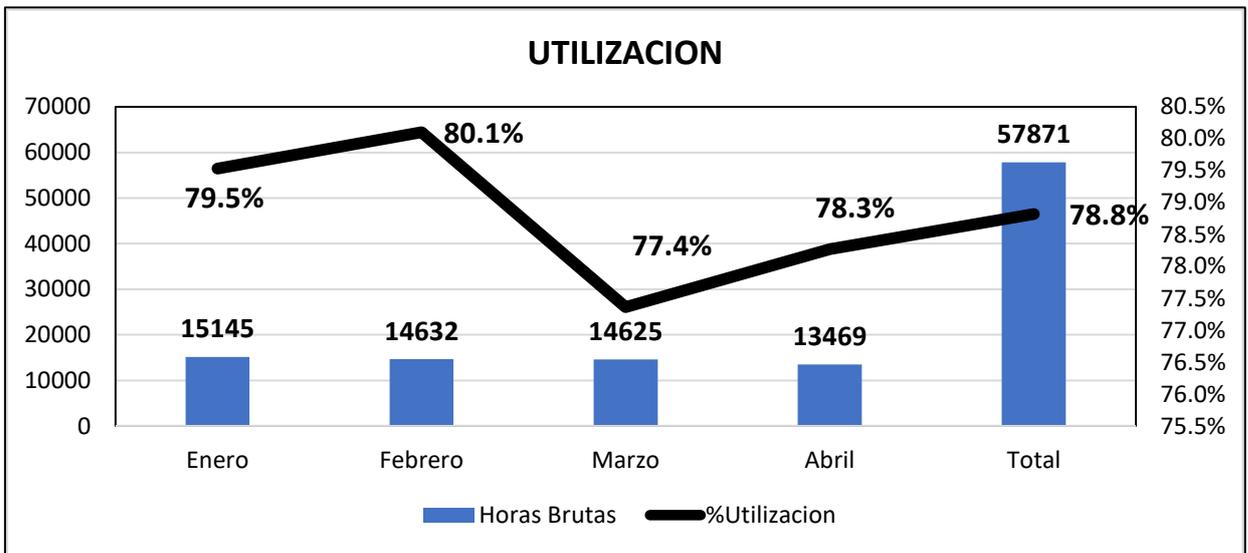
ANEXO 4: GRAFICO DE DISPONIBILIDAD DE CAMIONES MINEROS



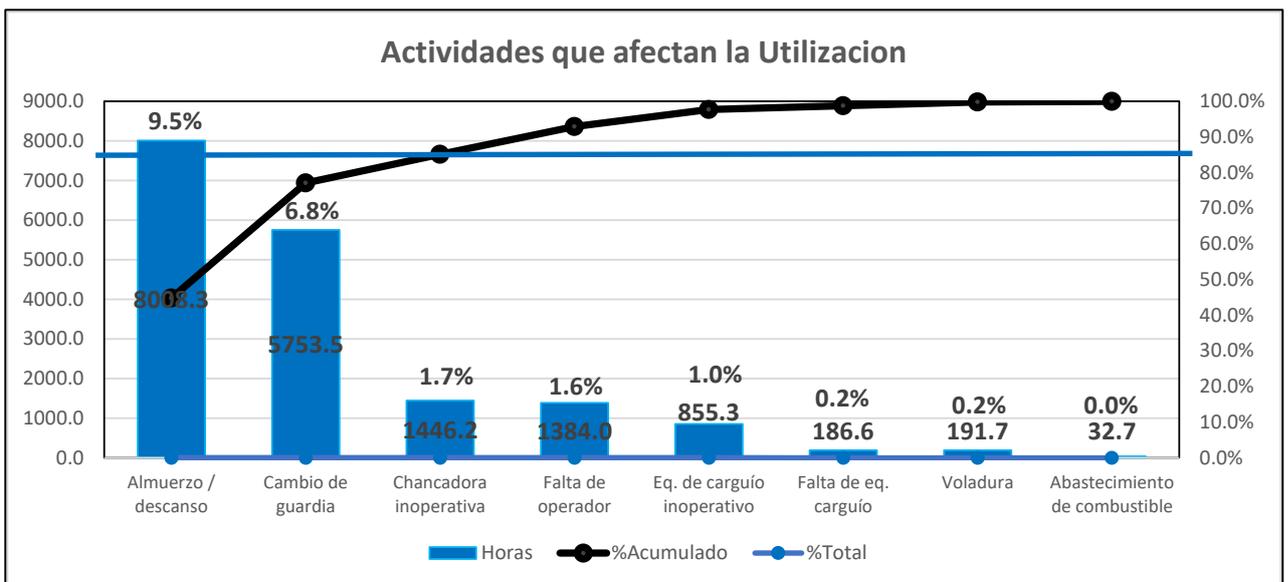
ANEXO 5: PARETO DE PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE AFECTAN A LA DISPONIBILIDAD DE CAMIONES MINEROS



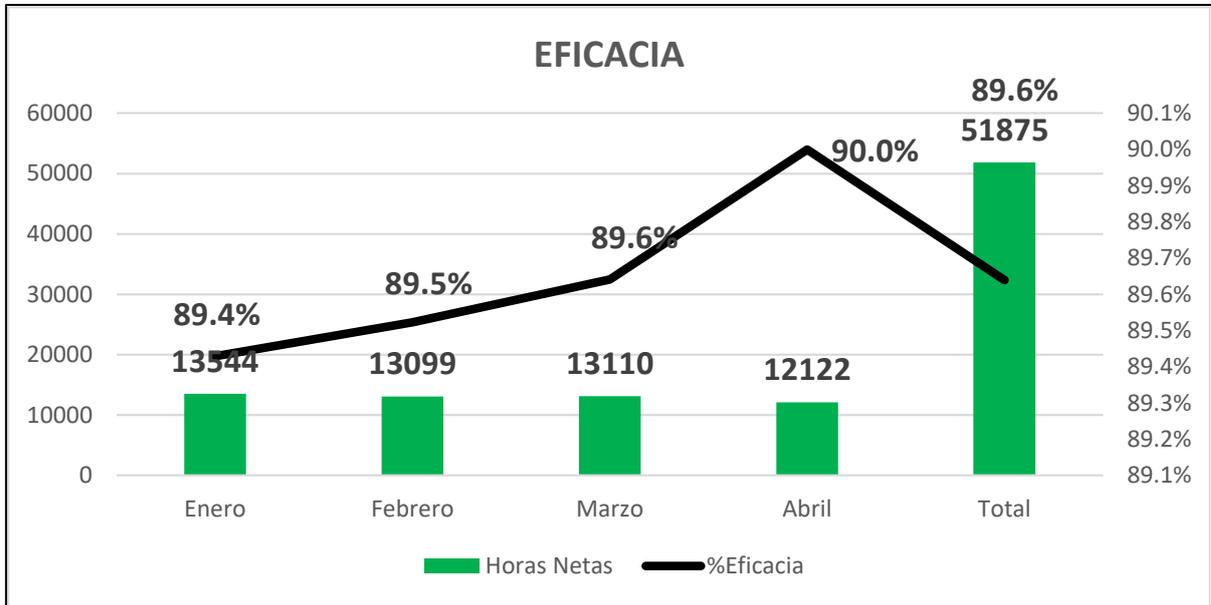
ANEXO 6: GRAFICO DE UTILIZACION DE CAMIONES MINEROS



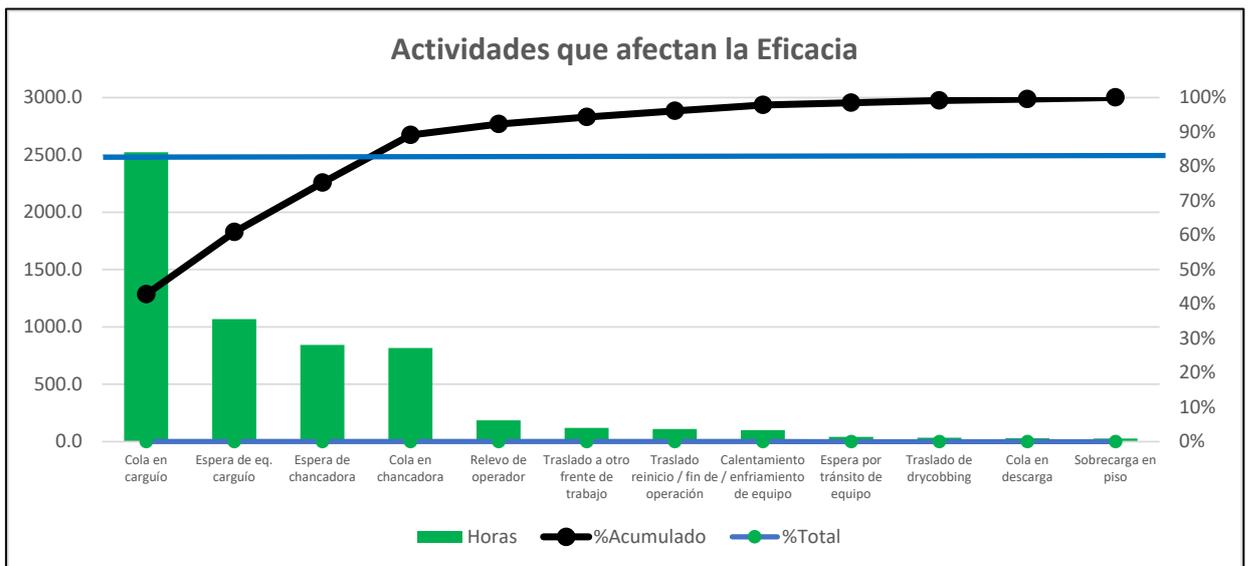
ANEXO 7: PARETO DE PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE AFECTAN LA UTILIZACION DE LOS CAMIONES MINEROS



ANEXO 8: GRAFICA DE EFICACIA DE CAMIONES MINEROS



ANEXO 9: PARETO DE PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE AFECTAN A LA EFICACIA DE LOS CAMIONES MINEROS



ANEXO 10: CONTROL OPERATIVO DE EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO

The screenshot displays a fleet management software interface. At the top, there's a 'SHIFT TASK' header and an 'Operation management module' with buttons for 'Full view', 'Hide names', 'Show closed unloads', and 'Sorting'. Below this is a map area showing the locations of various equipment units (PC2000/10, PC2000/15, PC2000/8, EX3600) with their respective status bars and icons. A list of equipment IDs is visible on the right side of the map.

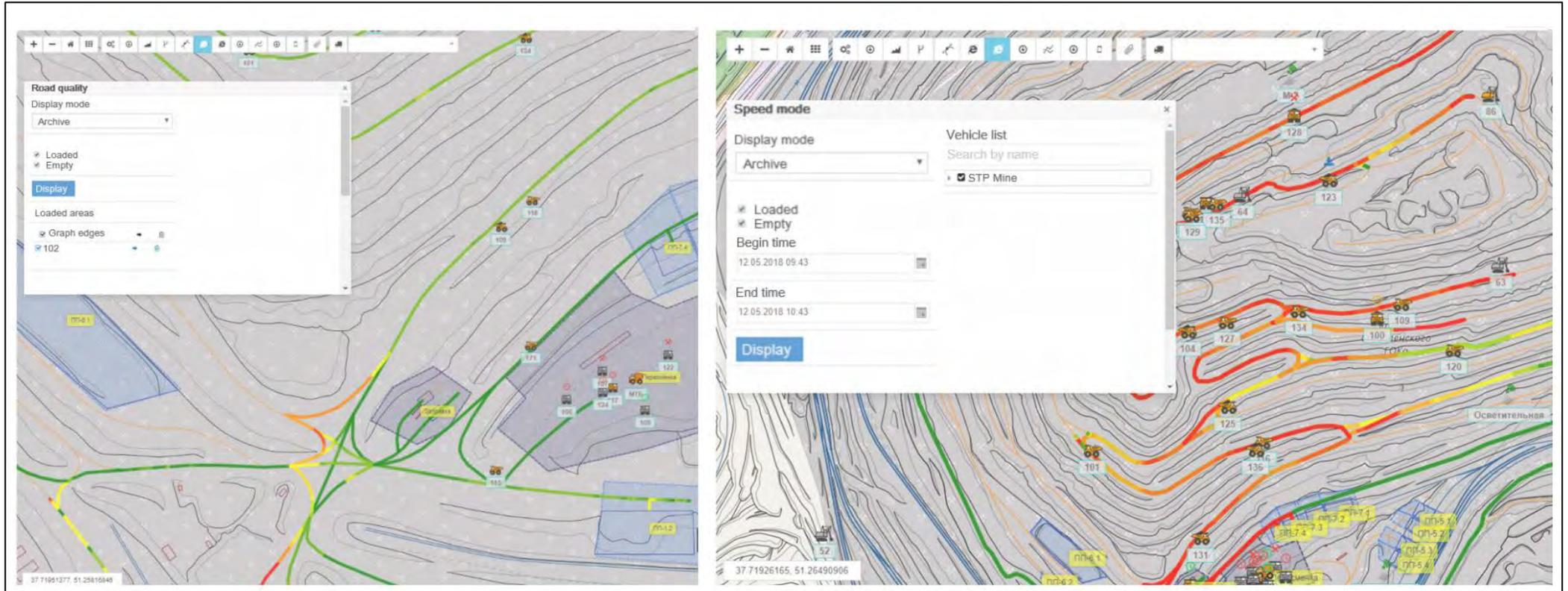
In the bottom left, there's a 'Default group' section with a table of directives. The table has columns for Time, Truck, Source, Destination, Status, and Group. Below the table are filters for 'Directives', '12 hours', 'Truck', and 'Assignment = All groups'.

On the right side, there's a detailed view for a 'Komatsu PC-2000 PC2000/15' unit. It shows information such as 'Last message' (03.08.2019 04:41:05), 'In idle' (No), 'Elevation mark' (-), 'Load type' (Waste), 'Work type' (Stripping), 'Driver' (John Smith), and 'Shift start driver' (John Smith). It also displays 'Total extraction volume' (0 t), 'Total overburden volume' (2346.05 cbm), and 'Hauls' (58). A 'Loading area' table is also present, listing models like 'Komatsu HD 785-7' and 'BenA3 75131' with their respective load types, loading times, and last update dates.

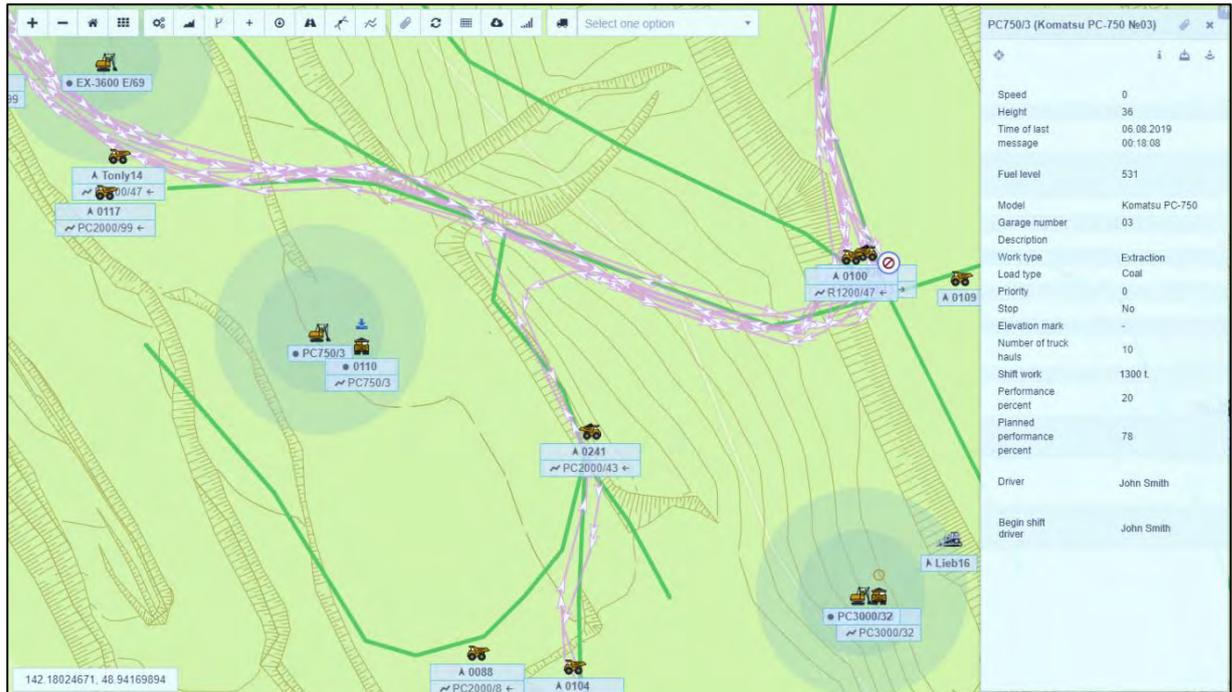
Time	Truck	Source	Destination	Status	Group
01:25:31 03/08	0100	PC2000/15	South	Expecting	New group
01:25:09 03/08	0109	PC2000/8	South	Expecting	New group
01:21:05 03/08	0103	South	PC2000/8	Expecting	New group
01:20:09 03/08	0107	South	PC2000/15	Accepted	New group
01:19:26 03/08	0228	PC2000/8	South	Accepted autom	New group
01:17:50 03/08	0229	waste pile 10	PC2000/8	Accepted autom	New group
13:56:08 02/08	0119	LR9250/5	Nord	Accepted autom	Default group
13:55:36 02/08	0122	Nord	PC2000/43	Accepted autom	Default group
13:54:56 02/08	0126	PC2000/43	Nord	Accepted autom	Default group
13:54:20 02/08	0121	Nord	PC2000/43	Accepted autom	Default group

Model	Load type	Loading time	Last update
Komatsu HD 785-7	Waste	2:27	29.05.19 08:17
Komatsu HD 785-7 B	Waste	3:35	02.08.19 17:34
TONLI TL785M	Waste	1:45	02.07.19 02:57
BenA3 75131	Waste	7:06	01.08.19 23:40
BenA3 75131 B	Waste	2:59	06.07.19 07:14
BenA3 75306	Waste	8:39	25.07.19 01:43

ANEXO 11: CONTROL DE CALIDAD DE VIAS



ANEXO 12: CONTROL DE ESTADISTICAS EN TIEMPO REAL



ANEXO 13 CONTROL DE PRODUCCION EN TIEMPO REAL

