

UNIVERSIDAD NACIONAL CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS PROFESIONAL

**OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y
ACARREO EN GOLD FIELDS LA CIMA S.A MEDIANTE LA DISMINUCIÓN DE
LAS DEMORAS OPERATIVAS MÁS SIGNIFICATIVAS**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Presentado por:

Bach. José Eder Bustamante Chávez

Asesor:

Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca

Cajamarca - Perú

2018

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a Dios, por guiarme siempre por el sendero del bien.

A mis padres y a mis hermanos, por los buenos valores que me inculcaron en casa,
por sus sabios consejos y su apoyo incondicional

A Katya y André, mi fuerza y motivo para seguir adelante.

A los profesionales de Minera Yanacocha S.R.L y Gold Fields que me inspiran a ser
mejor cada día.

A mis profesores de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas y
Geológica de la Universidad Nacional de Cajamarca por sus enseñanzas y consejos.

A mi asesor, el Ing. Víctor Arapa Vilca por guiarme y tenerme la paciencia para la
elaboración de este trabajo.

A mis amigos de la Universidad por creer y confiar en mí.

DEDICATORIA

A mis queridos padres:

Aníbal Bustamante Sempértegui y

María Magdalena Chávez Vásquez

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
--------------------	---

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación	3
2.1.1. Internacionales	3
2.1.2. Nacionales	3
2.2. Bases teóricas	4
2.2.1. Productividad	4
2.2.2. Tiempos en los equipos de minería	5
2.2.3. Indicadores Claves de Rendimiento (KPI)	8
2.2.4. KPIs de Productividad.....	9
2.2.5. Diagrama de Pareto.....	12
2.2.6. Sistema de Optimización de Flota - Dispatch	15
2.3. Definición de términos básicos	21

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

	Pág.
3.1. Gold Fields.....	24
3.1.1. Ubicación Geográfica.....	24
3.1.2. Accesibilidad.....	25
3.1.3. Historia de la Mina	25
3.1.4. Fisiografía y topografía	25
3.1.5. Clima y metereología	26
3.1.6. Flora y Fauna.....	27
3.1.7. Contexto Geológico	29
3.1.8. Operaciones Unitarias en Gold Fields	31
3.2. Sistema Control Sense en Gold Fields	45
3.2.1. Estructura informática de Control Sense	46
3.2.2. Red inalámbrica de Control Sense (Red tipo multimalla).....	47
3.2.3. Componentes en los equipos con Control Sense	49
3.2.4. Control de equipos en Control Sense	49
3.3. Metodología de la Investigación	52
3.3.1. Tipo de investigación	52
3.3.2. Nivel de investigación	52
3.3.3. Diseño de investigación	52
3.3.4. Método de investigación	53
3.3.5. Población de estudio.....	53
3.3.6. Muestra.....	53
3.3.7. Unidad de análisis.....	53
3.3.8. Variables.....	53
3.3.9. Instrumentos y equipos.....	53

	Pág.
3.4. Procedimiento.....	53
3.4.1. Etapa de gabinete.....	53
3.4.2. Etapa de campo.....	54
3.4.3. Etapa de gabinete.....	54
3.5. Situación actual de estados de equipos de carguío en el sistema Control	
Sense de Gold Fields	54
3.5.1. Horas Operativas	54
3.5.2. Demoras	55
3.5.3. Stand By	56
3.5.4. Mantenimiento	57
3.5.5. Duración total de estados de carguío	59
3.6. Cálculo de KPIs de los equipos de Carguío.....	59
3.6.1. Uso del equipo	59
3.6.2. Usage	60
3.6.3. Utilización	60
3.6.4. Disponibilidad Mecánica	60
3.6.5. Uso de disponibilidad.....	60
3.7. Análisis de demoras de los equipos de carguío.....	61
3.7.1. Demoras totales.....	61
3.8. Situación actual de estados de equipos de acarreo en el sistema Control	
Sense de Gold Fields	65
3.8.1. Horas operativas.....	65
3.8.2. Demoras	65
3.8.3. Stand By	67
3.8.4. Mantenimiento	68
3.8.5. Duración total de estados de acarreo	71

	Pág.
3.9. Cálculo de KPIs de los equipos de Acarreo	71
3.9.1. Uso del equipo	71
3.9.2. Usage	72
3.9.3. Utilización	72
3.9.4. Disponibilidad mecánica	72
3.9.5. Uso de disponibilidad.....	72
3.10. Análisis de demoras de los equipos de acarreo	73
3.10.1. Demoras totales.....	73
3.11. Refrigerio - descanso.....	77
3.11.1. Descripción de actividades	77
3.11.2. Duración promedio de refrigerio - descanso	79
3.12. Cambio de turno	81
3.12.1. Descripción de actividades	81
3.12.2. Cambio de turno - día	81
3.12.3. Cambio de turno - noche	83
3.13. Optimización de tiempos.....	86
3.13.1. Cambio de turno en caliente y comedor satelital	86
3.13.2. Tiempo perdido en refrigerio - descanso	88
3.13.3. Tiempo perdido en cambio de turno - día	89
3.13.4. Tiempo perdido en cambio de turno - noche	91
3.14. Toneladas movidas por hora durante el 2017.....	92
3.14.1. Toneladas dejadas de producir por refrigerio - descanso.....	94
3.14.2. Toneladas dejadas de producir por cambio de turno día	96
3.14.3. Toneladas dejadas de producir por cambio de turno noche	97
3.15. Valorización de toneladas dejadas de producir el 2017.....	98
3.15.1. Toneladas de mineral y desmonte dejado de producir por refrigerio - descanso	100

	Pág.
3.15.2. Toneladas de mineral y desmonte dejado de producir por cambio de turno día	102
3.15.3. Toneladas de mineral y desmonte dejado de producir por cambio de turno noche	103

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Carguío	105
4.2. Acarreo	106

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	116
5.2. Recomendaciones	117

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
---	-----

ANEXOS	120
---------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1: Targets de KPIs para equipos de carguío de Gold Fields	10
Tabla N° 2: Targets de KPIs para equipos de acarreo de Gold Fields	10
Tabla N° 3: Stand by de equipos de acarreo utilizados para diagrama de Pareto	13
Tabla N° 4: Cálculo de frecuencias para diagrama de Pareto.....	13
Tabla N° 5: Equipos de perforación en Gold Fields	32
Tabla N° 6: Características de los Heavy Anfo´s utilizados en Gold Fields.....	33
Tabla N° 7: Características de la emulsión gasificada en Gold Fields	34
Tabla N° 8: Equipos de carguío principales de Gold Fields	35
Tabla N° 9: Equipos de carguío auxiliares de Gold Fields	36
Tabla N° 10: Equipos de acarreo de Gold Fields	37
Tabla N° 11: Volquetes FM de Gold Fields	37
Tabla N° 12: Cisternas de agua de Gold Fields	37
Tabla N° 13: Motoniveladoras de Gold Fields	38
Tabla N° 14: Rodillo de Gold Fields	39
Tabla N° 15: Retroexcavadora de Gold Fields	40
Tabla N° 16: Martillos "picotones" de Gold Fields	41
Tabla N° 17: Tractores de Gold Fields	42
Tabla N° 18: Luminarias de Gold Fields.....	45
Tabla N° 19: Variables	53
Tabla N° 20: Horas operativas de los equipos de carguío durante el 2017 en Gold Fields	55
Tabla N° 21: Horas en demoras producto de la operación en Gold Fields.....	55
Tabla N° 22: Horas en demoras por seguridad en Gold Fields durante el 2017	55
Tabla N° 23: Horas en demoras por voladura en el 2017 en Gold Fields	56
Tabla N° 24: Otras demoras en Gold Fields en el año 2017	56
Tabla N° 25: Horas de stand by por recursos en Gold Fields durante el 2017.....	56
Tabla N° 26: Horas de stand by por seguridad durante el 2017 en Gold Fields.....	57
Tabla N° 27: Horas de stand by por traslado Largo en el 2017 en Gold Fields.....	57
Tabla N° 28: Horas de stand by por clima en Gold Fields en el año 2017	57
Tabla N° 29: Horas en mantenimiento programado de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017	58

Tabla N° 30: Horas en mantenimiento no programado de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017.....	58
Tabla N° 31: Demoras de equipos de carguío clasificados por estados del año 2017 en Gold Fields.....	59
Tabla N° 32: KPIs de los equipos de carguío de Gold Fields en el año 2017	61
Tabla N° 33: Horas totales en demoras durante el 2017 en Gold Fields	61
Tabla N° 34: Cálculo de Hi para graficar el diagrama de Pareto.....	62
Tabla N° 35: Horas operativas de los equipos de acarreo durante el 2017 en Gold Fields	65
Tabla N° 36: Horas en demoras producto de la operación en Gold Fields.....	66
Tabla N° 37: Horas en demoras por seguridad en Gold Fields durante el 2017	66
Tabla N° 38: Horas en demoras por voladura en el 2017 en Gold Fields	66
Tabla N° 39: Otras demoras en Gold Fields en el año 2017	67
Tabla N° 40: Horas de stand by por recursos en Gold Fields durante el 2017.....	67
Tabla N° 41: Horas de stand by por seguridad durante el 2017 en Gold Fields.....	68
Tabla N° 42: Horas de stand by por traslado Largo en el 2017 en Gold Fields.....	68
Tabla N° 43: Horas de stand by por clima en Gold Fields en el año 2017	68
Tabla N° 44: Horas en mantenimiento programado de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017	69
Tabla N° 45: Horas en mantenimiento no programado de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017	70
Tabla N° 46: Demoras de equipos de acarreo clasificados por estados del año 2017 en Gold Fields.....	71
Tabla N° 47: KPIs de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017	72
Tabla N° 48: Horas totales en demoras durante el 2017 en Gold Fields	73
Tabla N° 49: Cálculo de Hi para graficar el diagrama de Pareto.....	74
Tabla N° 50: Resumen de datos utilizados para calcular la duración promedio de refrigerio - descanso en Gold Fields durante el 2017	79
Tabla N° 51: Duración promedio del refrigerio - descanso durante el 2017 en Gold Fields	81
Tabla N° 52: Resumen de datos utilizados para calcular la duración promedio del cambio de turno – día en Gold Fields durante el 2017	82
Tabla N° 53: Duración promedio del cambio de turno en Gold Fields en el año 2017.....	83

Tabla N° 54: Resumen de datos utilizados para calcular la duración promedio del cambio de turno – noche en Gold Fields durante el 2017	84
Tabla N° 55: Duración promedio del cambio de turno noche en Gold Fields en el año 2017.....	85
Tabla N° 56: Resumen de la duración promedio por mes de las demoras más significativas de Gold Fields en el año 2017.....	85
Tabla N° 57: Cantidad de días de los meses calendario de Gold Fields durante el 2017.....	87
Tabla N° 58: Duración promedio, target, y tiempo perdido por refrigerio - descanso en Gold Fields durante el 2017.....	88
Tabla N° 59: Duración promedio, target, y tiempo perdido por cambio de turno día en Gold Fields durante el 2017.....	89
Tabla N° 60: Duración promedio, target, y tiempo perdido por cambio de turno noche en Gold Fields durante el 2017	91
Tabla N° 61: Resumen de datos utilizados para calcular las toneladas movidas por hora en Gold Fields durante el 2017.....	93
Tabla N° 62: Tn/hr de material producido por mes en Gold Fields durante el 2017....	94
Tabla N° 63: Tonelaje dejado de producir por las horas perdidas por refrigerio - descanso en Gold Fields en el año 2017.....	95
Tabla N° 64: Tonelaje dejado de producir por las horas perdidas por cambio de turno día en Gold Fields en el año 2017	96
Tabla N° 65: Tonelaje dejado de producir por las horas perdidas por cambio de turno noche en Gold Fields en el año 2017	97
Tabla N° 66: Resumen del tiempo perdido en las demoras más significativas en Gold Fields en el año 2017	98
Tabla N° 67: Datos utilizados para la valorización de toneladas dejadas de producir en Gold Fields en el año 2017	99
Tabla N° 68: Tonelaje dejado de producir por mes en el año 2017 de acuerdo a su valor económico por refrigerio - descanso	100
Tabla N° 69: Pérdida por material no producido por refrigerio – descanso en Gold Fields en el año 2017.....	101
Tabla N° 70: Tonelaje dejado de producir por mes en el año 2017 de acuerdo a su valor económico por cambio de turno día	102

Tabla N° 71: Pérdida por material no producido por cambio de turno día en Gold Fields en el año 2017.....	102
Tabla N° 72: Tonelaje dejado de producir por mes en el año 2017 de acuerdo a su valor económico por cambio de turno noche	103
Tabla N° 73: Pérdida por material no producido por cambio de turno noche en Gold Fields en el año 2017	104
Tabla N° 74: Horas por estado de los equipos de carguío 2017	105
Tabla N° 75: KPIs de carguío real, target y variación.....	106
Tabla N° 76: Horas por estado de los equipos de acarreo 2017	107
Tabla N° 77: KPIs de carguío real, target y variación.....	107
Tabla N° 78: Duración total de demoras por refrigerio – descanso y cambio de turno.....	108
Tabla N° 79: Duración promedio, target propuesto y variación de las demoras más significativas.....	109
Tabla N° 80: Tn/hr de material por mes en Gold Fields durante el 2017	109
Tabla N° 81: Tiempo perdido y tonelaje dejado de producir por refrigerio - descanso	110
Tabla N° 82: Dinero perdido por mineral no producido en refrigerio – descanso	111
Tabla N° 83: Tiempo perdido y tonelaje dejado de producir por cambio de turno día	111
Tabla N° 84: Dinero perdido por mineral no producido en cambio de turno - día.....	112
Tabla N° 85: Tiempo perdido y tonelaje dejado de producir por cambio de turno noche	112
Tabla N° 86: Dinero perdido por mineral no movido en cambio de turno noche	113
Tabla N° 87: Total de material dejado de producir en el 2017 por las demoras más significativas de acuerdo a su valor económico	114
Tabla N° 88: Pérdida por el material dejado de producir en el 2017 por las demoras más significativas en Gold Fields.....	114
Tabla N° 89: Tonelaje perdido valorizado por demora	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Distribución de tiempos en los equipos de minería (Saldaña, 2014).....	6
Figura N° 2: Datos y frecuencias en el diagrama de Pareto.....	14
Figura N° 3: Intersección del 80/20 del diagrama de Pareto.....	14
Figura N° 4: Pocos vitales y muchos triviales en el diagrama de Pareto	15
Figura N° 5: Ubicación de Gold Fields	24
Figura N° 6: Perforadoras DM y Rock en el nivel 3790.....	32
Figura N° 7: Excavadora CAT374 realizando carguío en el nivel 3800.....	35
Figura N° 8: Excavadora CAT336 realizando carguío en el nivel 3790.....	36
Figura N° 9: Tractor en construcción de rampa 3800 - Cerro Perú	38
Figura N° 10: Motoniveladora en lastrado de la vía principal	39
Figura N° 11: Limpieza de cunetas realizado por la retroexcavadora en 5 esquinas..	39
Figura N° 12: Muro colocado para cerrar el acceso al botadero Maricruz	40
Figura N° 13: Fracturamiento de bolonería realizado por el picotón en el nivel 3800	41
Figura N° 14: Acumulación de material realizado por un tractor en el nivel 3810	41
Figura N° 15: Tractor en empuje de material en el botadero Mecheros Parte Baja	43
Figura N° 16: Stripping de top soil realizado por una excavadora CAT336 en Cerro Candela.....	44
Figura N° 17: Iluminación al frente de carguío en el nivel 3790	45
Figura N° 18: Estructura informática de Control Sense (Mine Sense, 2017).....	47
Figura N° 19: Red inalámbrica de Control Sense (Mine Sense, 2017)	48
Figura N° 20: Pantalla de un equipo de carguío con sistema Control Sense (Mine Sense, 2017)	50
Figura N° 21: Pantalla de un equipo de acarreo con Sistema Control Sense (Mine Sense, 2017)	51
Figura N° 22: Pantalla de un equipo de perforación con sistema Control Sense (Mine Sense, 2017)	52
Figura N° 23: Horas totales de los estados de los equipos de carguío en Gold Fields durante el año 2017.....	59
Figura N° 24: Demoras de los equipos de carguío en Gold Fields en el año 2017	63
Figura N° 25: Diagrama de Pareto para las demoras de carguío de Gold Fields en el año 2017	64

Figura N° 26: Horas totales de los estados de los equipos de acarreo en Gold Fields durante el año 2017	71
Figura N° 27: Demoras de los equipos de acarreo en Gold Fields en el año 2017	75
Figura N° 28: Diagrama de Pareto para las demoras de acarreo en Gold Fields en el año 2017	76
Figura N° 29: Volquetes en el parqueo PLF3 de Gold Fields en cambio de turno	77
Figura N° 30: Equipo de acarreo en refrigerio - descanso en PLF3.....	78
Figura N° 31: Diagrama de Pareto para calcular la duración promedio de refrigerio - descanso en el año 2017 en Gold Fields	80
Figura N° 32: Diagrama de Pareto para calcular la duración promedio de cambio de turno día en el año 2017 en Gold Fields	82
Figura N° 33: Diagrama de Pareto utilizado para calcular la duración promedio de cambio de turno noche en el año 2017 en Gold Fields	84
Figura N° 34: Duración promedio del refrigerio - descanso vs el target de 60 min en Gold Fields durante el 2017	88
Figura N° 35: Duración promedio, target y tiempo perdido por refrigerio - descanso en Gold Fields en el año 2017	89
Figura N° 36: Duración promedio del cambio de turno día vs el target de 20 min en Gold Fields durante el 2017	90
Figura N° 37: Duración promedio, target y tiempo perdido por cambio de turno día en Gold Fields en el año 2017	90
Figura N° 38: Duración promedio del cambio de turno noche vs el target de 20 min en Gold Fields durante el 2017	91
Figura N° 39: Duración promedio, target y tiempo perdido por cambio de turno noche en Gold Fields en el año 2017.....	92
Figura N° 40: Diagrama de Pareto utilizado para calcular el tonelaje producido por hora en el año 2017 en Gold Fields	93
Figura N° 41: Tonelaje perdido por horas perdidas mensualmente en Gold Fields en el año 2017 por refrigerio – descanso	95
Figura N° 42: Tonelaje perdido por horas perdidas mensualmente en Gold Fields en el año 2017 por cambio de turno día.....	96
Figura N° 43: Tonelaje perdido por horas perdidas mensualmente en Gold Fields en el año 2017 por cambio de turno noche	97

	Pág.
Figura N° 44: Tonelaje dejado de producir por las demoras más significativas en Gold Fields durante el año 2017	98
Figura N° 45: Dinero perdido por el material no producido mensual en Gold Fields durante el 2017 por refrigerio - descanso	101
Figura N° 46: Dinero perdido por el material no producido mensual en Gold Fields durante el 2017 por cambio de turno día	103
Figura N° 48: Dinero perdido por el material no producido mensual en Gold Fields durante el 2017 por cambio de turno noche.....	104
Figura N° 48: KPIs real de los equipos de carguío vs target.....	106
Figura N° 49: KPIs real de los equipos de acarreo vs target.....	108
Figura N° 50: Dinero perdido por el material no producido mensualmente en Gold Fields durante el 2017 producto de las demoras más significativas ...	115
Figura N° 51: Valorización del material dejado de producir por las demoras más significativas.....	115

ABREVIATURAS

Au	:	Oro
Cu	:	Cobre
D	:	Demora
DM	:	Disponibilidad Mecánica
fi	:	Frecuencia Absoluta Simple
Fi	:	Frecuencia Absoluta Acumulada
hi	:	Frecuencia Relativa Simple
Hi	:	Frecuencia Relativa Acumulada
HD	:	Horas Disponibles del Equipo
HM	:	Horas de Equipo Malogrado
HR	:	Horas Ready u Operativas del Equipo
Hr(s)	:	Hora(s)
HT	:	Horas Totales del Equipo
IPERC:		Identificación de Peligros Evaluación de Riesgo y Control
KPIs	:	Indicadores Claves de Rendimiento
LAN	:	Red de Área Local
Min	:	Minutos
MTTR:		Tiempo Promedio por Reparación
MTBS:		Tiempo Promedio entre Paradas por Mantenimiento
NP	:	Mantenimiento no Programado
NTD	:	Ensayo no Destructivo
PLF3	:	Lugar de Parqueo de Volquetes en Gold Fields
PM	:	Mantenimiento Programado
SB	:	Stand By
SM	:	Scheduled Maintenance (Mantenimiento Programado)
SS.HH:		Servicios Higiénicos
UD	:	Uso de Disponibilidad
Tn	:	Toneladas
Tkphr	:	Toneladas producidas en una distancia y en un intervalo de tiempo
VPN	:	Red Privada Virtual

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa minera Gold Fields la Cima S.A y tuvo como finalidad optimizar la productividad de los equipos de carguío y acarreo mediante la disminución de las demoras operativas más significativas. El procedimiento metodológico se basa en campo y en gabinete, en la etapa inicial de gabinete se recopiló la información del sistema de optimización de flota y se procedió a revalidar la información en campo y verificar las posibles áreas para las instalaciones, en la fase final de gabinete se realizó la depuración, procesamiento, análisis de la información además del diseño de instalaciones y elaboración del informe final. Como resultado se obtuvo que las demoras más significativas de la operación fueron refrigerio – descanso y cambio de turno que significaron el 52.1 y 38.4% respectivamente de las demoras totales. Se estableció como target de 60 minutos para la duración del refrigerio descanso y 20 minutos para el cambio de turno, que permitió cuantificar las toneladas que se dejó de mover por la duración de las demoras sobre el target, siendo 426, 284 toneladas de mineral y 475, 843 toneladas de desmonte que posteriormente se valorizó ascendiendo a un monto total de \$ 13, 445, 975.8 por material dejado de producir.

Palabras Claves: Optimización, carguío, acarreo, productividad, Indicadores claves de rendimiento, demoras.

ABSTRACT

The present research work was carried out at the Gold Fields la Cima S.A mining company and its purpose was to optimize the productivity of loading and hauling equipment by reducing the most significant operational delays. The methodological procedure is based on field and cabinet, in the initial stage of the cabinet the information of the fleet optimization system was collected and the information was revalidated in the field and to verify the possible areas for the facilities, in the final phase of Cabinet was carried out the purification, processing, analysis of information in addition to the design of facilities and preparation of the final report. As a result, it was found that the most significant delays in the operation were refreshments - rest and change of shift, which represented 52.1 and 38.4% respectively of the total delays. It was established as a target of 60 minutes for the duration of the rest snack and 20 minutes for the change of shift, which allowed to quantify the tons that were left to move for the duration of the delays on the target, being 426, 284 tons of ore and 475, 843 tons of waste that was subsequently valued amounting to a total amount of \$ 13, 445, 975.8 per material stopped moving.

Keywords: Optimization, loading, hauling, productivity, key performance indicators, delays.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El proceso de carguío y acarreo en las diferentes operaciones mineras se ven afectadas por diferentes factores, ya sean operacionales, climáticos o por problemas con las comunidades poniendo en riesgo los objetivos que se plantean las empresas en cuanto a producción. Las demoras es uno de los factores que son muy comunes y a la vez muy significativas impactando directamente a la producción, que incluso se puede dejar de producir miles de toneladas por no tener un manejo adecuado o de proponer soluciones que minimicen o eliminen las demoras operativas, actualmente en el Perú las grandes empresas mineras utilizan cambios de turno en caliente y comedores satelitales con la finalidad de reducir los tiempos muertos.

De tal manera que en el presente estudio se plantea la siguiente pregunta: ¿La reducción de las demoras operativas más significativas en Gold Fields La Cima S.A permitirá optimizar la productividad de los equipos de carguío y acarreo?

La investigación tiene como objetivo general optimizar la productividad en los ciclos de carguío y acarreo en mediante la disminución de las demoras operativas más significativas, y como objetivos específicos: analizar los KPIs (Indicadores Claves de Rendimiento) de los equipos de carguío y acarreo; analizar las demoras más significativas que impactan directamente en la producción: cuantificar y valorizar las toneladas que se dejan de producir producto de las demoras operativas; proponer soluciones para reducir o eliminar las demoras más significativas y determinar la importancia del sistema dispatch para la gestión de demoras operativas.

Se induce que la reducción de las demoras operativas más significativas en Gold Fields La Cima S.A permite incrementar la productividad en los equipos de carguío y acarreo.

En el Primer Capítulo se describe el contexto, el problema, alcance, objetivos e hipótesis de investigación.

En el Segundo Capítulo se describe los antecedentes teóricos de las investigaciones internacionales y nacionales, así como bases teóricas sobre productividad, indicadores claves de rendimiento, sistema de optimización de flota y definición de términos básicos.

El Tercer Capítulo está constituido por la ubicación geográfica donde se ha desarrollado la investigación, descripción y operaciones unitarias, también se describe el sistema de optimización de flota Control Sense, descripción de los materiales, metodología y técnicas e instrumentos para la recolección de datos y la descripción del procedimiento.

En el Cuarto Capítulo se presentan el análisis y discusión de resultados a los que se han llegado en la investigación.

En el Quinto Capítulo muestra las conclusiones para cada objetivo planteado y recomendaciones para futuras investigaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

2.1.1. Internacionales

Según Barrientos, (2014) En su tesis denominada Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto, llegó a la conclusión de que los resultados indican que se observa que los días de mayor productividad son aquellos que poseen la menor duración de las detenciones en estudio, entre otros factores. El modelo permite construir nuevos escenarios a partir del caso base, donde se agregan cambios operacionales ligados a agregar la posibilidad de que los camiones puedan realizar cambios de turno cargado, que se varíe la posición del estacionamiento respecto al chancador y el cambio del tipo de camiones. Lo que permite un aumento de un 4.2% en la productividad diaria y disminuyendo en un 10.6% la duración de las detenciones. Esto se traduce en un aumento del beneficio económico de 4.07 MUS\$ mensualmente.

2.1.2. Nacionales

Según Mauricio, (2015) En su tesis denominada Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapaccay y Pucamarca, Llegó a la conclusión de que el manejo del sistema despacho-Dispatch es una herramienta en la administración de la flota de mina y es el eje principal y cerebro de la mina y su objetivo es producir al máximo en menor costo además de que presenta herramientas muy potentes para la gestión de la información y trabajan para

tratar de eliminar los tiempos de espera de las flotas de carguío y acarreo, estos tiempos constituyen los KPIs primarios del Dispatch.

Según Salas, (2013) En su tesis denominada Estudio de kpis en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 tm/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining, tuvo como objetivo determinar las demoras operativas de los equipos de perforación, carguío y acarreo para optimizar sus indicadores clave de desempeño e incrementar la producción de 3 000 a 3 600 TM/día en la unidad minera Pallancata llegando a la conclusión de que los equipos de perforación incrementaron sus utilizaciones efectivas bajas (<40%) a utilizaciones efectivas moderadas e ideales (>40%). Los equipos de carguío poseen utilizaciones efectivas moderadas a ideales (>40%) y los equipos de acarreo poseen utilizaciones efectivas ideales (>50%). Además de que Los equipos de perforación y carguío existentes en la U.O. Pallancata pueden cubrir el incremento de la producción de 3 000 a 3 600 TM/día, y se debería incrementar la flota de volquetes a 19 unidades para que cubran la producción.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Productividad

Productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción o también definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. En realidad, la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de producto utilizado con la cantidad de producción obtenida. (Saldaña, 2014)

También se puede definir como la capacidad de producir más con menos recursos. Esto redundaría en un costo bajo, mediante la cantidad adecuada de

equipos ya sea de carguío como de transporte que permita presupuestos menores. (Baldeón, 2011)

$$\frac{\$}{tn} = \frac{\$/hr}{tn/hr} = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Productividad}}$$

Podríamos nombrar algunos aspectos que afectan la productividad en minería:

- Que se tenga procesos de bajos costos para extraer minerales de baja ley en forma económica.
- El capital invertido en la operación o una mina que cuenta con equipos modernos con tecnologías de última generación tienen mayor productividad que una mina con tecnología vieja.
- Dureza del mineral, a mayor dureza del mineral va a requerir más molienda, por lo que la productividad se reduce.
- La disponibilidad de agua.
- Aspectos ambientales y de salud.
- La razón desmonte – mineral, a mayor razón de desmonte – mineral la productividad se reduce.
- La distancia de transporte de desmonte y mineral, a mayor distancia de transporte se reduce la productividad. (Baldeón, 2011)

La gestión de los tiempos de los equipos de la operación también es uno de los aspectos más importantes que si son manejados adecuadamente incrementarían la productividad.

2.2.2. Tiempos en los equipos de minería

- a. Horas totales del equipo (HT):** Son el total de las 24 horas del día, los 365 días del año y debe de considerarse para cada equipo. (Saldaña, 2014)

Se distribuyen de la siguiente manera:

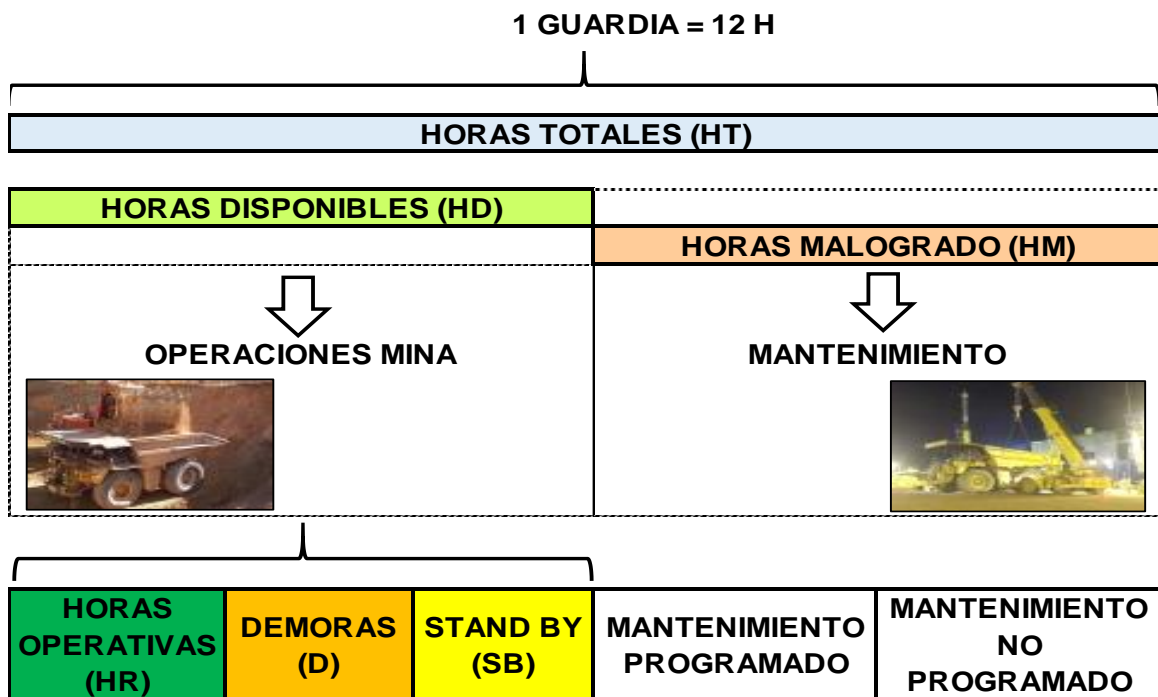


Figura N° 1: Distribución de tiempos en los equipos de minería (Saldaña, 2014)

b. Horas disponibles del equipo (HD): Son las horas en que el equipo está disponible para producir, es decir, a disposición de Operaciones Mina. (Saldaña, 2014)

c. Horas del equipo malogrado (HM): Son las horas en que el equipo no está disponible para producir, ya sea por reparación correctiva (NP) o preventiva (PM). Está a responsabilidad de Mantenimiento Mina. (Saldaña, 2014)

Normalmente en las operaciones mineras se tiene mantenimiento con mayor frecuencia por los siguientes motivos:

- Motor
- Ruedas Y Llantas
- Sistema Eléctrico
- Suspensiones Y Gatas
- Sistema De Frenos
- Motor
- Chasis
- Mantenimiento Preventivo

- Tolva & Torre
- Control Electrónico Del Equipo
- Sistema De Control De Aire
- Sistema Hidráulico
- Lubricación y engrase (Saldaña, 2014)

d. Horas del equipo operativo (horas ready) (HR): Son las horas en que el equipo está operativo y haciendo trabajo productivo (produciendo toneladas). (Saldaña, 2014)

e. Demoras o delays (D): Es el tiempo en que el equipo está operativo, pero no realizando trabajo productivo. (Saldaña, 2014)

Algunas demoras son:

- Limpieza de tolva
- Cambio de operador
- Cambio de guardia
- Relleno combustible
- Disparo
- Esperando instrucciones o supervisor
- Servicios higiénicos (SSH)
- Revisión y chequeo
- Perfilando
- Esperando topógrafo
- Traslados por propios medios (Saldaña, 2014)

f. Stand by o equipo listo, pero en espera (SB): Es el tiempo en que el equipo está disponible mecánicamente, pero apagado por consideraciones operativas. (Saldaña, 2014)

Algunos ejemplos de parada por stand by son los siguientes:

- Equipo parado por falta de equipo de acarreo
- Parada por condiciones inseguras
- Falta de frente

- Falta de grifo o cisterna
- Equipo listo en mantenimiento
- Falta de operador
- Equipo en traslado en camabaja (Saldaña, 2014)

2.2.3. Indicadores Claves de Rendimiento (KPI)

Los KPI o indicadores clave de rendimiento son mediciones financieras o no financieras que se utilizan para medir el grado de cumplimiento de los objetivos previamente establecidos, generalmente están contenido en el plan estratégico de la organización y reflejan su rendimiento en un periodo determinado; los KPIs se emplean en diversas áreas de una empresa entre las que se puede mencionar compras, ventas, logística y servicio y atención al cliente. (Cano, 2017)

Los KPIs se utilizan para determinar el estado actual de un negocio y permiten definir una línea de acción futura; expresan las variables a tomar en cuenta para incrementar el desempeño favorable para conseguir el progreso, posicionamiento y ganancias significativas de la empresa. El KPI mide las condiciones para el rendimiento y el desempeño de manera clave. (Cano, 2017)

Es ineludible tomarlos en cuenta para estudiar cómo se produce el trabajo de una empresa y cómo influye en sus resultados, por lo que se debe definir el principal objetivo de la compañía con anterioridad y expresarlo en cifras porcentuales. (Cano, 2017)

Para ello se realiza la monitorización de actividad de negocio que consiste en monitorear el comportamiento de los KPIs en tiempo real, esto permite medir actividades complejas de valorar como la satisfacción que brinda un producto o servicio, el compromiso de los empleados con una campaña o con las actividades de empresa y los beneficios de desarrollos líderes. (Cano, 2017)

2.2.4. KPIs de Productividad

- **Disponibilidad Mecánica o mechanical availability (DM):** Es el porcentaje del tiempo total que el equipo está disponible para operaciones. Es una medida de la eficiencia de Mantenimiento, por lo que es controlada por ellos. (Saldaña, 2014)

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas Malogrado}}{\text{Horas Totales}}$$

- **Uso de la disponibilidad (UD):** El porcentaje de tiempo que el equipo está encendido, en producción o en demoras, respecto al tiempo que está disponible mecánicamente. Este parámetro involucra directamente a los Stand by. (Saldaña, 2014)

$$\text{Uso de la disponibilidad} = \frac{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras}}{\text{Horas Totales} - \text{Horas Malogrado}}$$

$$\text{Uso de la disponibilidad} = \frac{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras}}{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras} + \text{Horas Stand By}}$$

- **Uso del equipo (Use):** El porcentaje de tiempo en que el equipo está produciendo, respecto del total de tiempo en que está con el motor encendido. Este parámetro involucra directamente a las Demoras Operativas. (Saldaña, 2014)

$$\text{Uso} = \frac{\text{Horas Operativas}}{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras}}$$

- **Usaje (Usage):** El porcentaje de tiempo en que el equipo está produciendo, respecto del total de tiempo disponible mecánicamente. Es una medida de la eficiencia del aprovechamiento de los recursos por parte de Operaciones. (Saldaña, 2014)

$$Usage = \frac{Horas\ Operativas}{Horas\ Operativas + Demoras + Horas\ Stand\ By}$$

- **Utilización:** Indica el porcentaje que el equipo estuvo operativo con respecto al tiempo total disponible para el equipo. (Saldaña, 2014)

$$Utilización = \frac{Horas\ Operativas}{Horas\ Totales}$$

Para los KPIs mencionados anteriormente, Gold Fields tiene un número óptimo tanto para equipos de carguío y acarreo y un intervalo de variación tal como se detallan en las tablas N°1 y 2.

Tabla N° 1: Targets de KPIs para equipos de carguío de Gold Fields

KPI	Target
Uso del equipo	82%
Usage	64%
Utilización	60%
Disponibilidad Mecánica	93%
Uso de disponibilidad	78%

Fuente: Gold Fields, 2017

Tabla N° 2: Targets de KPIs para equipos de acarreo de Gold Fields

KPI	Target
Uso del equipo	83%
Usage	70%
Utilización	63%
Disponibilidad Mecánica	90%
Uso de disponibilidad	84%

Fuente: Gold Fields, 2017

- **MTTR:** Tiempo promedio por reparación. Indica la mantenibilidad de los equipos y la eficacia del mantenimiento. (Gold Fields, 2017)

$$MTTR \left(\frac{Horas}{Parada} \right) = \frac{(Horas\ en\ reparación)}{(Número\ de\ Paradas)}$$

- **MTBS:** Tiempo promedio entre paradas por mantenimiento. Indica la confiabilidad y eficiencia del mantenimiento. (Gold Fields, 2017)

$$MTBS \left(\frac{Horas}{Parada} \right) = \frac{(Horas trabajadas)}{(Número de Paradas)}$$

- **Productividad:** Indicador que establece las toneladas producidas en un intervalo de tiempo. (Gold Fields, 2017)

$$Prod. \left(\frac{Ton}{Hrs} \right) = \frac{(Toneladas producidas)}{(Intervalo de tiempo)}$$

- **Tkphr:** Indicador que establece las toneladas producidas en una distancia promedio y en un intervalo de tiempo. (Gold Fields, 2017)

$$TKPHr. \left(\frac{Ton. km}{Hrs} \right) = \frac{(Toneladas producidas) * (Distancia promedio)}{(Intervalo de tiempo)}$$

- **Dig rate:** Indicador que establece la velocidad de minado de un equipo de Carguío. (Gold Fields, 2017)

$$Dig rate \left(\frac{Ton}{Hrs} \right) = \frac{(Toneladas producidas)}{(Intervalo de tiempo)}$$

- **Hang time:** Es el tiempo total de esperas de los equipos de acarreo en la zona de carguío en un intervalo de tiempo. Tiempo de espera por colas. (Gold Fields, 2017)

$$Hang Time (Hrs) = (Tiempo total de espera en cola) * \frac{(x horas)}{(x minutos)}$$

- **Queue time:** Es el tiempo de espera del equipo de carguío a la flota de acarreo en un intervalo de tiempo. (Gold Fields, 2017)

$$Queue Time (Hrs) = (Tiempo total de espera) * \frac{(x horas)}{(x minutos)}$$

2.2.5. Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto cuyo objetivo es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Los "pocos vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "muchos triviales" (los elementos poco importantes en ella). (Salas, 2013)

➤ **Características principales del diagrama de Pareto**

- Priorización: Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro del grupo.
- Unificación de criterios: Enfoca y dirige los esfuerzos de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
- Carácter objetivo: Su uso fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas. (Salas, 2013)

➤ **¿Por qué se recomienda su uso?**

Se recomienda el uso del diagrama de Pareto ya que permite:

- Identificar oportunidades para mejorar.
- Identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problema o causas de una forma sistemática.
- Analizar las diferentes agrupaciones de datos.
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).
- Que los datos puedan clasificarse en categorías. Cuando el rango de cada categoría es importante. (Salas, 2013)

➤ **Elaboración del diagrama de Pareto**

Paso 1: Tener los datos a analizar.

Tabla N° 3: Stand by de equipos de acarreo utilizados para diagrama de Pareto

Razón	Duración Total (hr)
Falta de equipo de Carguío	4,112
Sin operador	2,536
Condiciones inseguras	1,252
Esperando instrucciones	114
Refrigerio	91
Espera en botadero	85
Tormenta eléctrica	47
Equipo listo en mantenimiento	45
Neblina	34
Falta de cisterna de combustible	23
Charla de seguridad	23
Espera por reparación de pad	12
Fatiga	12
Clima severo	7
Esperando por mantenimiento	2
Traslado de equipo + 15 min	1
Total	8,398

Paso 2: Calcular las frecuencias

Tabla N° 4: Cálculo de frecuencias para diagrama de Pareto

Razón	Duración Total (hr)	hi (%)	Hi (%)
Falta de equipo de Carguío	4,112	49%	49%
Sin operador	2,536	30%	79%
Condiciones inseguras	1,252	15%	94%
Esperando instrucciones	114	1%	95%
Refrigerio	91	1%	97%
Espera en botadero	85	1%	98%
Tormenta eléctrica	47	1%	98%
Equipo listo en mantenimiento	45	1%	99%
Neblina	34	0%	99%
Falta de cisterna de combustible	23	0%	99%
Charla de seguridad	23	0%	100%
Espera por reparación de pad	12	0%	100%
Fatiga	12	0%	100%
Clima severo	7	0%	100%
Esperando por mantenimiento	2	0%	100%
Traslado de equipo + 15 min	1	0%	100%

Paso 3: Graficar los datos y la frecuencia; activar el eje secundario para visualizar el porcentaje acumulado (Para el eje principal es recomendable que el grafico sea en columnas y en el eje secundario en línea).

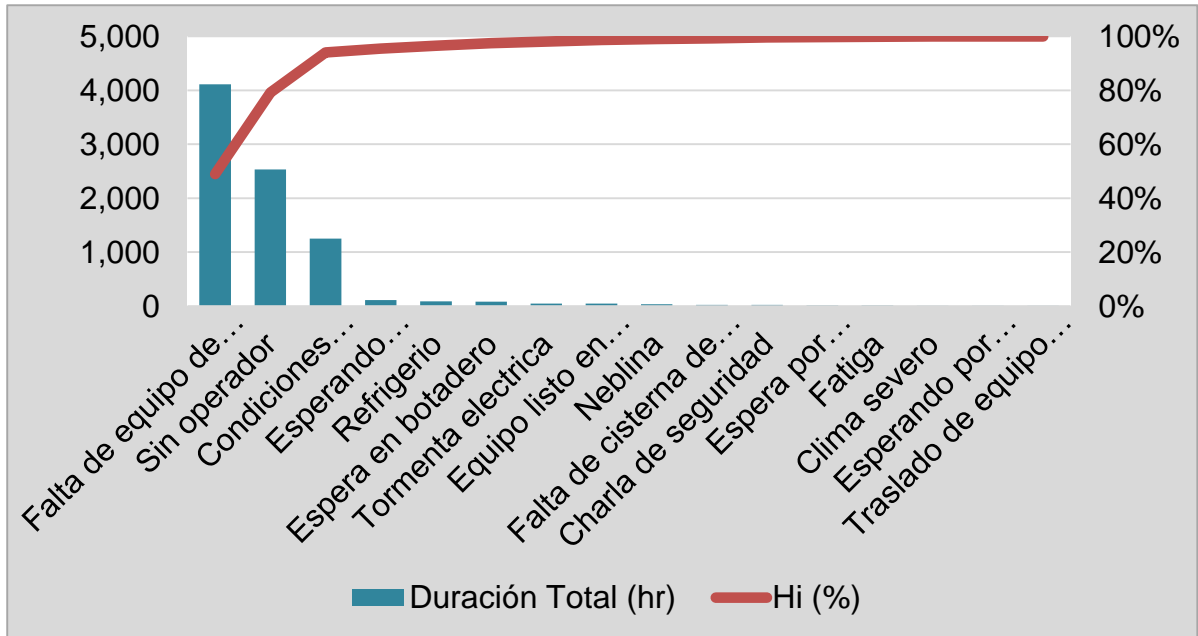


Figura N° 2: Datos y frecuencias en el diagrama de Pareto

Paso 4: En el eje secundario trazar una línea horizontal desde 80% y verificar en qué punto se intersecta con la línea del porcentaje acumulado y a partir de ahí trazar una línea vertical hacia abajo.

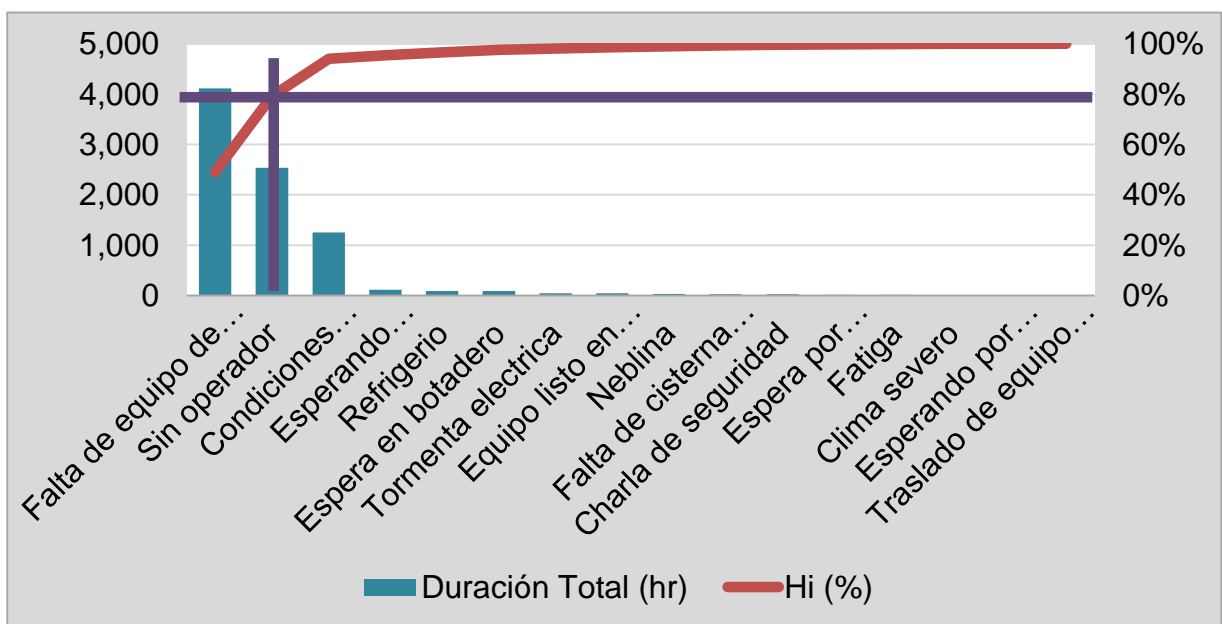


Figura N° 3: Intersección del 80/20 del diagrama de Pareto

Paso 5: De la línea vertical a la izquierda se encontrarán los pocos vitales y a la izquierda los muchos triviales.

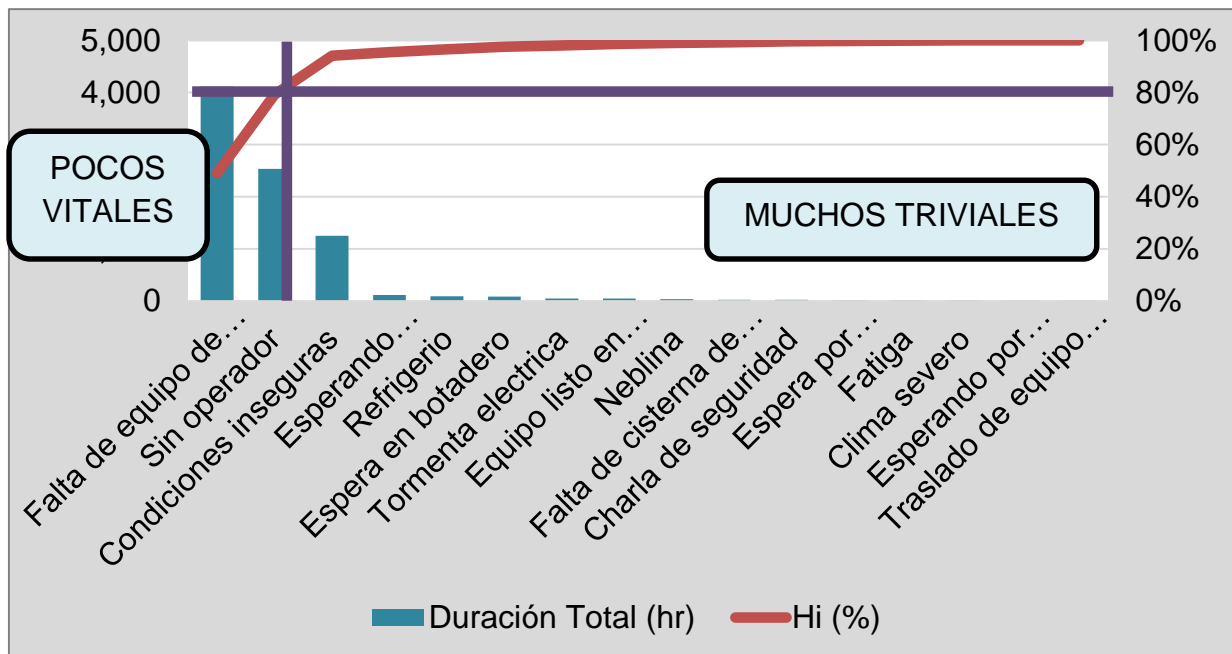


Figura N° 4: Pocos vitales y muchos triviales en el diagrama de Pareto

2.2.6. Sistema de Optimización de Flota - Dispatch

Para hacer seguimiento a los equipos ya sea de carguío, acarreo, remanejo y perforadoras es necesario que las operaciones mineras cuenten con un sistema que permita brindar información en tiempo real. Es por eso que en la actualidad casi la mayoría de empresas cuentan con el sistema dispatch.

➤ Dispatch

Dispatch es un sistema de Administración Minera, que emplea tecnología moderna en comunicaciones, GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y sistemas computacionales que manejan toda la información histórica y en tiempo real de la operación minera, proporcionando asignaciones óptimas y automáticas para camiones de acarreo. Permitiendo incrementar el tiempo efectivo de trabajo de palas y camiones y por ende su productividad. (Mauricio, 2014).

➤ **Administración del dispatch**

Dispatch es un sistema de Administración Minera, que emplea:

- Tecnología moderna en comunicaciones, GPS (Sistema de Posicionamiento Global).
- Sistemas computacionales que manejan toda la información histórica en tiempo real de la operación minera.
- Proporcionando asignaciones óptimas y automáticas para camiones de acarreo. Permitiendo incrementar el tiempo efectivo de trabajo de palas y camiones y por ende su productividad.
- Permite crear y almacenar las bases de datos turno a turno de producción, de los estados de los equipos mineros.
- Se tiene información desde el origen y la gestión de los datos y cálculo de KPIs es instantánea. (Mauricio, 2014)
- Utiliza tres modelos matemáticos de programación:
 - ✓ La Mejor Ruta (BP),
 - ✓ La Programación Lineal (PL),
 - ✓ La Programación Dinámica (PD); con el fin de obtener la mayor productividad en carguío y acarreo. (Mauricio, 2014)

➤ **Modelos matemáticos de programación en el sistema dispatch**

• **La mejor ruta**

El subsistema Mejor Ruta, determinado el menor tiempo de acarreo (tiempo-distancia), para lo cual utiliza el Algoritmo de Dijktras. Este algoritmo calcula el tiempo mínimo de un nodo a otro (punto virtual de ubicación), mediante una red de nodos que describen un árbol direccionado. Una vez realizado el cálculo de la mejor ruta, se entrega al siguiente subsistema (PL) la siguiente información acerca de las rutas de acarreo. (Mauricio, 2014).

• **Programación lineal (pl)**

Dispatch utiliza las soluciones entregadas por PL para generar asignaciones óptimas de equipos en tiempo real, utilizando el método

Simplex, este es un método matemático, que ayuda en la optimización, y así minimizar las necesidades de los camiones, siguiendo el concepto prioridades y exigencias. (Mauricio, 2014).

- **Programación dinámica (pd)**

Programación Dinámica (PD) es un proceso de optimización basado en el principio optimizante de Bellman's. Se tiene en consideración la disponibilidad de equipos, flujos de alimentación (puntos de carga y descarga), prioridad de palas, distancias de acarreo. Para generar la solución, Dispatch en lugar de asignar camiones a las palas que más lo requieren decide por asignar camiones a los equipos de carguío más necesitados en cualquier momento ya sea que requieran asignación o ya lo estén. (Mauricio, 2014).

Para este proceso, el sistema genera dos listas, una en base a la PL, donde incluye rutas ordenadas por prioridad de tiempo y una lista de camiones que requieran asignación a través del tiempo. Es así como la Programación Dinámica (PD) establece las necesidades de camiones óptimos sobre la base de los que requerirán asignación de carguío o bien puedan variar. (Mauricio, 2014).

- **Beneficios del uso del sistema en equipos de carguío**

- Control de la dilución.
- Mejora la certeza del carguío.
- Disminuye perdidas de mineral por asignación de material en forma automática.
- Control de pisos.
- Control secuencia de extracción. (Mauricio, 2014)

- **Problemas al no contar con un sistema dispatch**

- Dilución – Mineral al botadero y lastre al Chancado.
- Elevado gasto en combustible.
- Camiones detenidos o en colas

- Reparaciones de maquinaria de alto costo.
 - Operaciones de alto riesgo con operadores situados en los caminos.
- (Mauricio, 2014)

➤ **Responsabilidades y funciones del despachador mina**

• **Responsabilidades**

- Mantener una buena configuración del Dispatch, operando el sistema para lograr una eficiente asignación de camiones a las palas, controlando y minimizando los tiempos de cola (tiempo muerto por espera en puntos de carga y descarga); todo esto en tiempo real.
- Poseyendo capacidad de liderazgo y muy buena actitud con el personal con el que comparte el turno en la operación, debe de realizar las comunicaciones de coordinación con el equipo de trabajo tomando acción inmediata que apoye el logro de los objetivos.
- Mantener y mejorar la eficiencia y productividad de la extracción de la mina, pues tienen la responsabilidad y autoridad de detener o iniciar la operación de palas o camiones cuando sea necesario de acuerdo al plan operativo de la mina.
- Deberán ser dinámicos y con la capacidad de anticipar y estar preparados ante cambios en la operación por falla de los equipos u otra situación imprevista.
- Deben conocer la política gerencial en lo que se refiere a reducción de costos, de tal forma que tomando como base la información de Dispatch apoye en la optimización del proceso extractivo; es decir que pueden sugerir el empleo de los equipos que tienen menor costo y los que en resumen proporcionan la mejor performance.
- Llevar el control de los estados de todos los equipos de la mina (incluyendo el equipo auxiliar y que hasta tener Dispatch se realizarán de forma manual). Con esta información se calcula KPIs

operacionales (Productividad, utilización, tiempos de espera, Velocidades, etc.) como de mantenimiento (Disponibilidad, MTBF, MTTR), que apoyan en la planificación minera, así como en la planificación del mantenimiento de los equipos.

- Tiene la responsabilidad de mantener las bases de datos de Dispatch con información limpia, clara y precisa de todos los equipos de la mina (Cargas, descargas, estado de equipos, distancias, perfiles de acarreo). (Mauricio, 2014)

- **Funciones**

- Mantener correctamente configuradas las rutas de acarreo de acuerdo al avance de minado y descarga.
- Mantener una correcta configuración de balizas virtuales (ubicación, tamaño y cantidad). Las balizas de punto final son de especial cuidado y se deben actualizar con más frecuencia durante el turno y en los puntos de descarga actuales. Las balizas de reasignación se deben configurar teniendo en cuenta las prioridades de la mina durante el turno.
- Debe de asegurar que los tiempos de espera en puntos de carguío y descarga, así como la espera en chancado siempre estén bajo control.
- Debe coordinar con la supervisión y administración sobre las decisiones en el despacho y los cambios que se realicen en las configuraciones, esto de forma empática.
- Al realizar el relevo se debe informar de las configuraciones que se están dejando, así como toda información; incluida los objetivos con los que se han estado trabajando: el objetivo de tonelaje, nivel de stocks, coordinaciones, prioridades, etc. Solicitando además retroalimentación a planeamiento corto plazo respecto a los objetivos

según los cuales el despachador deberá configurar el sistema dispatch en su turno y en el día.

- Debe mantener con información correcta los registros de cargas, descargas, distancias y estados de tiempo de toda la flota (carguío, acarreo y equipos auxiliares).
- Coordinar con mantenimiento mina y la administración dispatch, actuando de forma inmediata para asegurar la toma de acción del personal de mantenimiento, conducente a tener una alta disponibilidad del sistema dispatch.
- Ante cualquier duda en el uso de polígonos o asignación de materiales, se debe llamar y consultar inmediatamente a personal de corto plazo. Si es de día por radio y sino a los teléfonos celulares de las personas a cargo.
- Con las pantallas que le permite el sistema, verificará el avance de la pala, retroalimentando a los operadores de pala, perforadora y supervisión respecto a los polígonos o mallas que tienen en sus frentes de trabajo, apoyando respecto a la información necesaria para la toma de decisiones en el frente de minado y por seguridad.
- Debe de proporcionar diariamente la información detallada de producción, estado de los equipos, e incidentes a la superintendencia y supervisión de operaciones, con la cual tomarán decisiones y asistirán a las reuniones diarias de coordinación.
- Brindar los servicios de ingeniería para lograr una eficiente administración del sistema de despacho con el objetivo de lograr la mayor productividad al menor costo operativo de las flotas de los equipos de mina.

- Mantener y realizar las coordinaciones necesarias que garanticen la disponibilidad del sistema. Debe coordinar con mantenimiento las acciones necesarias para lograr 99% de disponibilidad del sistema.
- Constantemente debe evaluar y analizar la información vinculada con las operaciones unitarias mineras, evaluando, exponiendo y sustentando las oportunidades de mejora en la operación.
- Coordinar con las áreas involucradas respecto a la actualización y uso de información de y hacia el Dispatch.
- Debe coordinar, recomendar, tomar acción y velar por la buena salud tecnológica del sistema.
- Proporcionar información a los usuarios del sistema para la toma de decisión adecuada y oportuna. Debe generar informes y reportes que permitan el mejor análisis de las oportunidades en la operación.
(Mauricio, 2014)

2.3. Definición de términos básicos

- **Perforación.** Es la primera etapa del ciclo de minado, que consiste en realizar hoyos o taladros en áreas de avance de minado ubicadas en los bancos del tajo. En ellos se ubicará posteriormente la carga explosiva. La perforación tiene parámetros que dependen del tipo de material (mineral o desmante) y la dureza. (Gold Fields, 2016)
- **Voladura.** El Proceso en el cual se busca la rotura de la roca en fragmentaciones adecuadas con la ayuda de cargas explosivas. El tipo de explosivo está determinado por el tipo de material, la dureza de la roca y la presencia de agua. (Gold Fields, 2016)
- **Carguío.** Es la actividad en la cual los equipos de carguío, llevan el material desde la pila de material volado hacia los equipos de acarreo.

- **Acarreo.** Es la actividad en la cual los equipos de acarreo después de ser cargados llevan el material a sus descargas respectivas dependiendo si es desmonte o mineral.
- **Producción.** La capacidad de producción es el nivel de actividad máximo que puede alcanzarse con una estructura productiva dada. El sistema de producción en la minería a cielo abierto sigue una lógica de planificación sobre la producción, con anticipación generalmente de manera semanal, se programa las cantidades de producción para el periodo siguiente. (Apaza, 2017)
- **Productividad.** La productividad se define como la cantidad de producción de una unidad de producto o servicio por insumo de cada factor utilizado por unidad de tiempo. En operaciones la productividad sirve para evaluar el rendimiento de las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados. (Apaza, 2017)
- **Optimización.** Optimización es la acción y efecto de optimizar es decir buscar mejores resultados, ya sea reduciendo o manteniendo los recursos invertidos. (Apaza, 2017)
- **KPIs.** Los indicadores claves de rendimiento (KPIs) es una métrica de negocio para evaluar los factores que son cruciales para el éxito de una organización. El propósito de usar KPI es enfocar la atención en las tareas y procesos que la gerencia ha determinado como los más importantes para avanzar hacia metas y objetivos declarados. (Rouse, 2017)
- **Equipo en producción.** Es el tiempo en el que los equipos están desarrollando un trabajo productivo es decir están produciendo toneladas.
- **Equipo en Demora.** Es el tiempo en el que los equipos están operativos, pero no están produciendo.
- **Demora por refrigerio – descanso.** Es el tiempo en el que los operadores de los equipos (carguío, acarreo, perforación y auxiliares) aprovechan para

tomar sus alimentos. Según la ley peruana el tiempo dedicado al refrigerio no podrá ser inferior a cuarenta y cinco (45) minutos. (Ley 27671, 2002)

- **Demora por cambio de turno.** Es el tiempo en el turno día o en el turno noche en que los operadores después de su jornada laboral parquean los equipos y estos quedan a la espera de los operadores de la guardia entrante.
- **Cambio de turno en caliente.** Es la actividad en la que los operadores después de que son asignados a esta actividad por el despachador, se dirigen a la zona de cambio de turno para que el operador de la guardia entrante continúe con la marcha del equipo ya sea al botadero o al rompad, para el cambio de turno de equipos de carguío se realizará en los mismos frentes de carguío y de esta manera evitar que la operación se detenga completamente.
- **Comedor Satelital.** Es la estructura que se ubica cerca al desarrollo de las operaciones mineras que tiene como finalidad alojar a los operadores de carguío, acarreo, equipos de empuje, perforadoras, supervisión etc. para el aprovechamiento de sus alimentos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Gold Fields

3.1.1. Ubicación Geográfica



Figura N° 5: Ubicación de Gold Fields

Gold Fields, se encuentra ubicada a 80 kilómetros de la ciudad de Cajamarca, a 7 kilómetros de la ciudad de Hualgayoc por carretera y a 30 kilómetros de la ciudad de Bambamarca, en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de los Andes en el norte del Perú, entre los 3600 y los 4050 m.s.n.m. (Gold Fields, 2017)

Se ubica entre las cuencas de los ríos Tingo-Maygasbamba y Hualgayoc-Arascorgue, afluentes del río Llaucano. (Gold Fields, 2016)

Su área de Influencia Directa (AID) está constituida por la comunidad campesina El Tingo, los caseríos de Pilancones, Coymolache y Cuadratura y el centro urbano del distrito de Hualgayoc. (Gold Fields, 2016)

Asimismo, su área de Influencia Indirecta (All) está constituida por los pobladores de la ciudad de Bambamarca y las comunidades de las cuencas de los ríos Tingo-Maygasbamba y Hualgayoc-Arascorgue, incluidos los usuarios de agua potable del sistema Manuel Vásquez Díaz. (Gold Fields, 2016)

También se considera a los pueblos ubicados en la ruta de transporte del mineral al puerto de Salaverry. (Gold Fields, 2016)

Se ubica en las siguientes coordenadas UTM, Datum WGS – 84: Longitud: 762719E, Latitud: 9251985N y Cota absoluta: 3939 m.s.n.m.

3.1.2. Accesibilidad

La vía principal que conduce a Gold Fields es por la vía de Cajamarca hacia Hualgayoc, con un aproximado de 80 km, la cual se encuentra asfaltada casi en su totalidad, los pequeños tramos que faltan se encuentran afirmados, tomando un tiempo aproximado de 2 horas 20 min.

3.1.3. Historia de la Mina

Gold Fields se ubica en el distrito y provincia de Hualgayoc en el departamento de Cajamarca, en una zona históricamente influenciada por la actividad minera. Desde fines del siglo XVIII, cuando el cerro Hualgayoc fue descubierto en el período colonial, hasta la actualidad, la actividad minera ha caracterizado el desarrollo de todas las actividades de la región. (Gonzales, 2011)

3.1.4. Fisiografía y topografía

Las pendientes más empinadas (Muy Empinada y Extremadamente Empinada) se ubican en la zona de la presa Las Águilas y Las Gordas y en la ladera Sur del valle del río Tingo, en la ladera del cerro Peña de las Águilas en la zona de Coymolache Alto, en la parte alta de la subcuenca del río Hualgayoc en la ladera del cerro Coymolache y en la zona de Cuadratura. (Gold Fields, 2015)

Por otro lado, respecto al paisaje podemos indicar que el área de estudio no tiene una gran riqueza de formas y elementos singulares del paisaje. Es dominado principalmente por terrenos de pastos, roquedales y zonas de actividad minera. Tiene un carácter fuertemente antrópico, influenciado en gran medida por la actividad minera que se ha venido realizando desde hace varios cientos de años y en menor proporción por la actividad ganadera. (Gold Fields, 2015)

3.1.5. Clima y meteorología

Según la clasificación climática del SENAMHI (1988) el área de estudio corresponde a un clima semifrío lluvioso con deficiencias de precipitaciones entre mayo - setiembre y alta humedad relativa. En el área de estudio se cuenta con 05 estaciones meteorológicas (Hualgayoc, Chugur, Bambamarca, Carolina y UT30, esta última ubicada en la unidad minera) las cuales son empleadas para la caracterización de los principales factores meteorológicos. (Gold Fields, 2015)

Los datos provenientes de la estación meteorológica Hualgayoc (1972 - 1981), muestran que el promedio mensual multianual de temperatura es de 7,95 °C, fluctuando entre 7,2°C (julio) y 8,4 °C (abril y noviembre). En la estación Carolina, el promedio mensual multianual de temperatura es de 8,4 °C, fluctuando entre 6,1°C (agosto) y 10,4 °C (abril). En la estación UT30, la temperatura media mensual multianual fue de 6,6 °C, variando entre 6 °C (julio) y 7,1 °C (abril). (Gold Fields, 2015)

La época de lluvias en Gold Fields se concentra principalmente entre los meses de octubre y abril; mientras que de mayo a setiembre se producen precipitaciones menores a 100 mm/mes. Las precipitaciones mínimas pueden presentar variaciones interanuales, abarcando la estación seca entre los meses de junio a agosto en la cual las precipitaciones son menores a 50 mm/mes. La precipitación acumulada anual promedio durante el periodo de registro fue de 1 356,1 mm para la estación Hualgayoc, 1 456,7 mm para la estación Chugur y 1 190,9 mm para la estación UT30. La evaporación promedio anual registrada en la estación Hualgayoc (1972-1981) fue de 676,4 mm, variando el total mensual entre 27,1 mm (febrero) y 68,7 mm (agosto). La

estación UT30 registra una evaporación total anual de 531,5 mm y valores totales mensuales que fluctúan entre 19,5 mm (enero) y 65,6 mm (setiembre). La evaporación promedio anual registrada en la estación Hualgayoc fue de 676,4 mm, variando el total mensual entre 27,1 mm (febrero) y 68,7 mm (agosto). La estación UT30 presenta una evaporación total anual de 531,5 mm y valores totales mensuales que fluctúan entre 19,5 mm (enero) y 65,6 mm (setiembre). (Gold Fields, 2015)

Según lo registrado en la estación UT30, los datos muestran que la zona se caracteriza por presentar vientos suaves según la escala de Beaufort, con una velocidad media anual de 4 m/s, en la cual las direcciones predominantes del viento provienen del Este (E) y del Este Noreste (ENE). (Gold Fields, 2015)

3.1.6. Flora y Fauna

➤ Flora Terrestre

Las principales formaciones vegetales presentes son: pajonal de puna, matorral bajo, vegetación de roquedal, vegetación ribereña o asociada a zonas húmedas, tabacal y rodal de puya fastuosa. (Gold Fields, 2015)

El número de especies registradas desde el 2008 hasta el 2013 fue de 486 especies de flora terrestre (182 géneros, 57 familias y 4 divisiones. Estas especies se distribuyen en seis divisiones botánicas, que corresponden a Bryophyta (2 especies), Lycopodiophyta (4 especies), Magnoliophyta (462 especies), y Pteridophyta (18 especies), La división Magnoliophyta (plantas que florecen) es la más representativa, con un registro total de 462 especies botánicas, distribuidas en 125 monocotiledóneas (Liliopsida) y 337 dicotiledóneas. Las familias botánicas Asteraceae y Poaceae obtuvieron los más altos registros de especies (106 y 85 especies, respectivamente); le siguen las familias Rosaceae, Scrophulariaceae y Caryophyllaceae, con un registro de 21, 20 y 19 especies, respectivamente. (Gold Fields, 2015)

➤ Fauna Terrestre

a. Mamíferos

Se han registrado un total de 16 especies de mamíferos, distribuidos en 5 órdenes y 9 familias. El orden Rodentia (roedores) fue el más representativo, con un registro de 9 especies, distribuidas en 3 familias. (Gold Fields, 2015)

En los monitoreos biológicos realizados entre el 2008 y el 2013 se han registrado 5 especies de roedores, siendo el más abundante el ratón campestre delicado *Akodon mollis*, el segundo más registrado fue el ratón vespertino rojizo *Calomys sorellus* y las otras 3 especies son poco comunes, habiéndose registrado su presencia una o dos veces en 6 años, y estos son: el ratón arrocero altísimo *Microryzomys altissimus*, el ratón orejón andino *Phyllotis andium* y el ratón arrocero pigmeo *Oligoryzomys* sp. La época seca fue la que registró mayor abundancia de roedores, probablemente debido a que durante la época seca se presenta mayor cantidad de semillas y frutos, y por lo tanto de insectos, de los cuales se alimentan estos roedores. (Gold Fields, 2015)

b. Aves

Se ha reportado un total de 91 especies de aves, distribuidas en 11 órdenes y 26 familias. El orden más representativo fue el Passeriformes, con un registro de 49 especies (54%), distribuidas en 11 familias taxonómicas. (Gold Fields, 2015)

c. Anfibios y reptiles

A fin de evaluar la evolución de la diversidad y abundancia de la herpetofauna en el área de estudio, se ha utilizado información de los monitoreos efectuados (2008-2013). De los resultados se tiene que las especies con mayor número de capturas durante estas campañas corresponden a la rana *Pristimantis simonsii* (43 individuos) y a la lagartija *Stenocercus melanopygus* (42 individuos). En las áreas donde se implementarán los componentes propuestos o áreas adyacentes en

el 2014, se ha identificado un total de 06 individuos (05 reptiles y 01 anfibios). Los anfibios corresponden a *Gastrotheca peruana* y *Pristimantis simonsii*. Los reptiles corresponden a *Petracola ventrimaculatus* y *Stenocercus stigmatosus*. (Gold Fields, 2015)

3.1.7. Contexto Geológico

➤ Geología Regional

Gold Fields es un depósito de tipo pórfido de cobre-oro, localizado en el distrito minero de Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca. Dicho depósito se encuentra emplazado en intrusivos dioríticos del Grupo Calipuy de edad miocena media con 14.4 ± 0.1 Ma, circundados por un basamento de rocas carbonatadas de las Formaciones Pariatambo y Yumagual, pertenecientes al Albiano medio a superior, las que forman parte de las secuencias silicoclásticas y carbonatadas del cretácico en el norte del Perú. (Gold Fields, 2006)

La evolución tectónica de la región, enmarcada por la orogenia andina favoreció el desarrollo de arcos magmáticos con posterior emplazamiento de mineralización, dicha orogenia empezó con la fase peruana en el cretácico superior, siendo Gold Fields, por su edad, parte de un régimen distensivo posterior a la fase Quechua I. Estructuralmente, Gold Fields se emplaza en un entorno de intersección de fallas de rumbo andino y transandino, subverticales y siniestras, siendo las fallas andinas de clara tendencia con el borde oeste del margen continental, alineado a una serie de depósitos en el mismo corredor y de origen similar (por subducción de la corteza oceánica). Las fallas transandinas (aproximadamente perpendiculares a las primeras), son producto de las diversas fases de compresión en sentido ENE – WSW, con esfuerzos irregulares, causando la ruptura de los ejes anticlinales, todo lo cual favoreció al ascenso de los magmas calcoalcalinos que dieron origen a la mineralización mencionada. (Gold Fields, 2006)

El distrito minero de Hualgayoc es uno de los más antiguos del Perú hispánico, y pertenece a la provincia metalogónica de Cajamarca, la cual

alberga un número grande de depósitos epitermales, porfiríticos y, en menor escala, polimetálicos, muchos de ellos en etapa de proyectos con un enorme potencial económico. La provincia metalogénica de Cajamarca es parte además de uno de los corredores metalogénicos más importantes de Sudamérica, el cual se extiende sobre la cordillera nor occidental de los Andes peruanos, siendo Pierina, Lagunas Norte, Yanacocha, entre otros, algunos de sus más importantes ocurrencias epitermales, y Michiquillay, el Galeno, Minas Conga, Gold Fields algunos de sus más importantes depósitos del tipo pórfido de cobre – oro. Otros depósitos como La Arena, La Zanja, Tantauatay, La Granja y muchos mas no podrían dejar de ser mencionados, sin embargo por su extensión, ello podrá ser revisado en algún otro artículo más especializado en el potencial minero de dicha franja metalogénica. (Gold Fields, 2006)

➤ **Geología Local**

Gold Fields es un stock diorítico a cuarzo diorítico, que intruyó las calizas de la Formación Yumagual, y en menor proporción la Formación Pariatambo. Dicho stock se divide en varios pulsos que se emplazan en una zona de intersección de fallas andinas y transandinas, los cuales han sufrido intenso fracturamiento y permeabilización secundaria en el borde externo, debido a su rápido enfriamiento. Dicho evento permitió el paso de fluidos tanto de alteración como de mineralización, el cual formó cuerpos en forma anular alrededor de cada pulso, presentando las zonas de mayor mineralización una mayor incidencia de vetillas y stockworks, de diferentes tipos, los cuales se han clasificado como sigue:

- ✓ Tipo A: Vetillas tempranas, milimétricas a centimétricas en espesor, conteniendo magnetita – hematita – calcopirita – bornita – pirita.
- ✓ Tipo B: Vetillas de edad intermedia, milimétricas a centimétricas, conteniendo cuarzo – magnetita – specularita – calcopirita.
- ✓ Tipo D: Vetillas tardías centimétricas (hasta 10cm) en espesor, conteniendo cuarzo – pirita – calcopirita.

- ✓ Tipo M: Vetillas (y vetas) tardías ricas en magnetita, claramente identificadas por su relación de corte posterior a todos los demás tipos de vetillas. (Gold Fields, 2006)

Producto del intemperismo, el cuerpo de sulfuros primarios (hipógeno) ha sufrido oxidación intensa, por lo que se generaron dos nuevos tipos de mineralización supérgena: una primera capa superior lixiviada conteniendo oro libre, y una segunda capa infrayacente, conteniendo minerales secundarios, producto de la removilización y enriquecimiento del cobre, con presencia principalmente de calcosita y covelita; ambos horizontes son sub paralelos con una potencia máxima de 40m, con una capa intermedia y difusa conocida como mixto, el cual es mas bien una zona de transición entre ambas capas. La presencia de enargita y tenantita en algunas partes del depósito, así como zonas con presencia únicamente de oro y óxidos de hierro deja entrever el colapso de una fase epitermal de alta sulfuración, lo cual es aún tema de discusión. (Gold Fields, 2006)

3.1.8. Operaciones Unitarias en Gold Fields

El proceso se inicia con la perforación, voladura, carguío y finaliza con el acarreo.

a. Perforación

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes. (Exsa, 2000)

Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo. (Exsa, 2000)

En Gold Fields se utiliza perforadoras DM para taladros de producción y Roc L8 para taladros de pre corte. Estas perforadoras son de oruga y utilizan el método rotativo utilizando triconos, normalmente este método de perforación es utilizado en rocas de dureza media y en rocas de alta dureza.

Los taladros de producción se realizan a banco simple de 10 metros y los taladros de pre corte en ocasiones se realiza a banco doble de 20 metros.



Figura N° 6: Perforadoras DM y Rock en el nivel 3790

Tabla N° 5: Equipos de perforación en Gold Fields

Equipo	Código	Descripción	Marca	Modelo
Perforadora	EP-18	Orugas rotativa	Ingersoll Rand	Dm45e
Perforadora	EP-22	Orugas rotativa	Atlas Copco	Dm45e/hp
Perforadora	EP-30	Orugas rotativa	Atlas Copco	Roc l8(30) lf
Perforadora	EP-77-AL	Orugas rotativa	Atlas Copco	Roc l8(30) lf
Perforadora	EP-87-AL	Orugas rotativa	Atlas Copco	Dml

b. Voladura

La voladura es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento. (Exsa, 2000)

El primero se refiere al tamaño de los fragmentos producidos, a su distribución y porcentajes por tamaños, mientras que el segundo se refiere al movimiento de la masa de roca triturada. (Exsa, 2000)

Una adecuada fragmentación es importante para facilitar la remoción y transporte del material volado y está en relación directa con el uso al que se destinará este material, lo que calificará a la “mejor” fragmentación. Así, en la explotación de minerales se busca preferentemente fragmentación menuda, que facilita los procesos posteriores de conminución en las plantas metalúrgicas. El desplazamiento y la forma de acumulación del material volado se proyecta de la manera más conveniente para el paleo o acarreo, de acuerdo al tipo y dimensiones de las palas y vehículos disponibles. (Exsa, 2000)

El tipo de explosivo está determinado por el tipo de material, la dureza de la roca y la presencia de agua. En la operación se emplea el heavy anfo y en el precorte se utiliza la emulsión encapsulada. (Gold Fields, 2017)

Tabla N° 6: Características de los Heavy Anfo´s utilizados en Gold Fields

Heavy ANFO	Densidad g/cc	VOD máx. m/s	Energía (kcal/kg)	Densidad Lineal (kg/m)	Resistencia al agua
ANFO	0.8	4200	910	25.2	Nula
HA 20/80	0.9	4500	865	28.3	Nula
HA 30/70	1.01	4800	844	31.8	Mula
HA 40/60	1.21	5000	825	38	Baja
HA 50/50	1.28	5250	804	40.2	Regular
HA 60/40	1.31	4900	770	41.2	Optima
Diámetros de 7 7/8 pulg.					
Densidad de E. Matriz 1.34 g/cc					
Densidad de N. Amoniaco 0.76 g/cc					

Fuente: Gold Fields, 2016

Tabla N° 7: Características de la emulsión gasificada en Gold Fields

Densidad Final (g/cm ³)	Solución G. (%)	350	300	250	200	Altura de carga Inicial (X=altura final)	VOD (m/s)
		Kg/m in	Kg/m in	Kg/m in	Kg/m in		
Flujo de Solución G kg/m in							
1.2	0.22	0.770	0.660	0.550	0.44	x/1.121	5600
1.15	0.29	0.998	0.855	0.713	0.57	X/1.170	5400
1.1	0.37	1.295	1.110	0.925	0.74	x/1.123	5200
1.05	0.45	1.575	1.350	1.125	0.9	x/1.281	5000
1.00	0.52	1.820	1.560	1.300	1.04	X/1.345	4800
0.95	0.6	2.100	1.800	1.500	1.2	X/1.416	4700

Fuente: Gold Fields, 2016

c. Carguío

Una vez que el material ha sido volado y que se ha revisado el área verificando que la operación será segura (tiros quedados, colpas muy grandes, derrumbes, etc.), se procede a preparar la zona de carguío. Cumplido con esto se posiciona el equipo de carguío con su correspondiente flota de equipos de transporte para iniciar la operación. (Gold Fields, 2017)

En el carguío lo que se hace es extraer el material volado desde el frente de operación por el equipo de carguío, para luego ser depositado en el equipo de transporte, lo cual se logra posicionando el equipo frente al material cargado, en un área donde tanto el equipo de carguío como los equipos de transportes puedan operar sin problemas. El equipo de carguío penetra el material volado con su cucharón, llenándolo y desplazándolo hacia el punto de descarga, donde el cucharón es vaciado sobre la tolva del equipo de transporte. Esto se repite hasta que el equipo de transporte alcance su llenado operacional y sea reemplazado por otro equipo de transporte para continuar cíclicamente hasta agotar el material del frente de trabajo. (Gold Fields, 2017)

Para el carguío en Gold Fields se cuenta con cuatro excavadoras Cat y una excavadora Hitachi de 4.6 m³ y 5.0 m³ respectivamente. Adicionalmente se utiliza excavadoras pequeñas Cat 336DL de 2.55 m³ que también sirven para realizar actividades auxiliares.

Tabla N° 8: Equipos de carguío principales de Gold Fields

Equipo	Código	Marca	Modelo	Capacidad m³
Excavadora	RE-33	Caterpillar	374dl	4.6
Excavadora	RE-48	Caterpillar	374dl	4.6
Excavadora	RE-49	Caterpillar	374fl	4.6
Excavadora	RE-950	Caterpillar	374dl	4.6
Excavadora	RE-951	Hitachi	Zx300lc	5.0



Figura N° 7: Excavadora CAT374 realizando carguío en el nivel 3800



Figura N° 8: Excavadora CAT336 realizando carguío en el nivel 3790

Tabla N° 9: Equipos de carguío auxiliares de Gold Fields

Equipo	Código	Marca	Modelo	Capacidad m³
Excavadora	RE-744-AL	Caterpillar	336d2l	2.55
Excavadora	RE-839-AL	Caterpillar	336d2lxe	2.55
Excavadora	RE-890-AL	Caterpillar	336d2l	2.55

d. Acarreo

Es el proceso en donde los equipos de acarreo, llevan el material desde los frentes de carguío hasta las zonas de descarga de acuerdo a su valor económico.

- Mineral de Valor Económico: El material con valor económico se envía a ROM PAD donde se tiene 5 fingers (Finger Norte, Centro, Sur1, Sur2 y Sur3) los fingers Norte y Sur3 se caracterizan por que el material que se descarga es material fino a comparación de los demás fingers. En la mina también se cuenta con stocks de baja ley y son el stock Maricruz y el stock de baja ley.

- Material sin Valor Económico: El material sin valor económico (desmonte) son enviados a los botaderos que se tiene en mina entre ellos: Fase 5, Mecheros parte alta y parte baja, Maricruz, Haul Road 2, Gallardo, Facilidades, UCB Norte entre otros.

En la operación se cuenta con 50 volquetes FMX de 33 toneladas.

Tabla N° 10: Equipos de acarreo de Gold Fields

Equipo	Cantidad	Modelo	Capacidad (tn)
Volquete	33	VOLVO FMX 480	33
Volquete	17	VOLVO FMX 440	33

También se tiene volquetes que son de menor capacidad que los mencionados anteriormente y son utilizados para el carguío de top soil, lodos, material de taco para voladura, lastre, etc.

Tabla N° 11: Volquetes FM de Gold Fields

Equipo	Código	Modelo	Capacidad (tn)
Volquete	V-42	VOLVO FM	20.5
Volquete	V-559	VOLVO FM	20.5

e. Actividades Auxiliares

Las actividades mencionadas anteriormente se llevan a cabo en conjunto con otros trabajos que hacen posible que se desarrollen de la manera más óptima, dentro de las cuales se puede mencionar a las principales:

- **Vías**

- Regado de vías: Se realiza con la finalidad de reducir la polución en las vías de acarreo de la mina. En la actualidad se tiene a disposición dos cisternas de agua.

Tabla N° 12: Cisternas de agua de Gold Fields

Equipo	Código	Marca
Cisterna de Agua	CI-185-al	Mercedes Benz
Cisterna de Agua	CI-280-al	Mercedes Benz

- Construcción de Rampas o Accesos: Conforme se avanza el desarrollo de la mina se necesita nuevas vías, rampas y accesos, que puedan conectar los diferentes proyectos. En la operación se tiene normalmente un tractor para esta actividad.



Figura N° 9: Tractor en construcción de rampa 3800 - Cerro Perú

- Lastrado de vías: Consiste en la construcción de una capa de material sobre las vías con la finalidad de nivelarlas y mantenerlas en buen estado. Se disponen de dos motoniveladoras, un tractor y un rodillo.

Tabla N° 13: Motoniveladoras de Gold Fields

Equipo	Código	Marca	Modelo
Motoniveladora	MO-184-AL	Caterpillar	140-k
Motoniveladora	MO-207-AL	Caterpillar	140-k



Figura N° 10: Motoniveladora en lastrado de la rampa principal

Tabla N° 14: Rodillo de Gold Fields

Equipo	Código	Marca	Modelo
Rodillo	RO-328-AL	Caterpillar	Cat cs78b

- Limpieza y construcción de cunetas: Las épocas de lluvia hace que las cunetas de las vías se encuentren limpias de material y el agua fluya normalmente, además conforme se avanzan los proyectos de minado se necesitan construir nuevas cunetas.



Figura N° 11: Limpieza de cunetas realizado por la retroexcavadora en 5 esquinas

- Colocación de muros de seguridad: Se realiza con la finalidad de evitar que los equipos se deslicen de un nivel a otro o para cerrar vías por seguridad. Normalmente el equipo encargado de la construcción y retiro de muros es una retroexcavadora que a continuación se muestra sus características.

Tabla N° 15: Retroexcavadora de Gold Fields

Equipo	Código	Marca	Modelo
Retroexcavadora	RE-795-AL	Caterpillar	420-f be



Figura N° 12: Muro colocado para cerrar el acceso al botadero Maricruz

- **Frentes de Carguío**

- Descreste: Lo realizan los mismos equipos de carguío o tractores por la parte alta, se realiza con la finalidad de bajar la altura de la pila del material.
- Perfilado de talud: Se realiza con la finalidad de uniformizar el talud que producto de la voladura no ha quedado de acuerdo a diseño.
- Fracturamiento de bolonería: Se realiza tanto en los frentes de carguío, en zonas post voladura y en rompad.



Figura N° 13: Fracturamiento de bolonería realizado por el picotón en el nivel 3800

En la operación se cuenta con dos martillos “picotones” que realizan esta actividad y el fracturamiento de toes.

Tabla N° 16: Martillos "picotones" de Gold Fields

Equipo	Código	Marca	Modelo
Martillo	RE-985-AL	Komatsu	Pc300 lc-7eo
Martillo	RE-949-AL	Komatsu	Pc350 lc8mo

- Acumulación de material: A medida que los equipos de carguío van avanzando en sus frentes de carguío hay material que queda disperso por lo que se necesita que un equipo auxiliar ya sea motoniveladora o tractor acumule el material para ser cargado.



Figura N° 14: Acumulación de material realizado por un tractor en el nivel 3810

- Retiro de bolonería: Los equipos de carguío a medida que van cargando a los equipos de acarreo, se van encontrando con bolones que lo van separando por lo que un equipo auxiliar tiene que retirarlo y acumularlo para su posterior carguío.
- Acumulación de lodos: En las épocas de lluvia, en los frentes del fondo del tajo o en las vías el mismo tránsito o desplazamiento de equipos de carguío origina lodos por lo que se acumula con un tractor para luego cargarlos y llevarlos a su destino de acuerdo a su valor económico.
- Lastrado: En los frentes de carguío algunas veces se encuentra que el piso no es uniforme por lo que se lastra con material adecuado y se compacta con rodillo y tener frentes en óptimas condiciones.

- **Zonas de descarga**

- Empuje de material: Esta actividad se realiza en las zonas de descarga de material por tractores de oruga. En rompad se realiza con la finalidad de que los cargadores tengan una pila adecuada de material para que posteriormente sea trasportado a la chancadora y en botaderos se realiza con la finalidad de que sea tratado adecuadamente, en la operación se cuenta con 7 tractores que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla N° 17: Tractores de Gold Fields

Equipo	Código	Marca	Modelo
Tractor	T-400-AL	Jon Deere	850j
Tractor	T-404-AL	Caterpillar	D6t xl
Tractor	T-453-AL	Caterpillar	D8t
Tractor	T-468-AL	Caterpillar	D6t xl
Tractor	T-484-AK	Caterpillar	D6t xl
Tractor	T-41	Caterpillar	D6t
Tractor	T-42	Caterpillar	D6t

El tractor T-453-AL por sus mejores características de los demás en ocasiones es designado para la construcción de rampas y accesos, lastrado de vías y empuje de material en descarga.



Figura N° 15: Tractor en empuje de material en el botadero Mecheros Parte Baja

- **Áreas de perforación**

- Limpieza de áreas de perforación: Para que un área de perforación esté lista para que los equipos realicen su trabajo se necesita que el área se encuentre limpia de material.
- Colocación de muros de seguridad para perforación: Se realiza con la finalidad de evitar que otros equipos no ingresen al área de perforación y de esa manera evitar interacción con las perforadoras o que tapen los taladros perforados.
- Fracturamiento de toe: Cuando se carga el material hay zonas que no se han fracturado por lo que se necesita que los picotones fracturen las bases del talud para su posterior carguío
- Plataformeo: Se realiza con la finalidad de que el área de perforación tenga un piso uniforme y las perforadoras tengan una posición adecuada para perforar.

- **Desbroce de Top Soil**

Es el retiro de la materia orgánica que cubre los yacimientos, se realiza con excavadora y el material se destina a botaderos de suelo orgánico.



Figura N° 16: Stripping de top soil realizado por una excavadora CAT336 en Cerro Candela

- **Drenaje de agua**

El manejo de las aguas de contacto en el interior del tajo provenientes de la precipitación será mediante su descenso por gravedad hasta llegar a pozas que colectan estas aguas y que luego son bombeadas a pozas ubicadas en el perímetro del tajo, las cuales tienen la función de coleccionar y bombear el agua por medio de tuberías superficiales hacia un tanque para luego ser derivadas hacia la presa. (Gold Fields, 2015)

Para el manejo de aguas de no contacto se cuenta con canales de coronación ya existentes cuyo trazo será reubicado paulatinamente de acuerdo al crecimiento de la huella planteada en la presente modificación. Estos canales coleccionan las aguas provenientes de escorrentía superficial e impiden el ingreso al interior del tajo para luego derivar estas aguas a las pozas de sedimentación y descargar sus aguas tratadas en las cuencas naturales. (Gold Fields, 2015)

- **Iluminación**

Se realiza con la finalidad de que los frentes de carguío, descarga y las actividades auxiliares que se desarrollan durante el turno noche tengan la suficiente iluminación y los operadores tengan una adecuada visibilidad.



Figura N° 17: Iluminación al frente de carguío en el nivel 3790

En la operación se tiene 19 iluminarias operativas de marca Terex y Atlas Copco tal como se puede observar en la tabla siguiente:

Tabla N° 18: Luminarias de Gold Fields

Equipo	Cantidad	Marca	Modelo
Luminaria	9	Terex	RI 4
Luminaria	10	Atlas Copco	HiLight V5+

3.2. Sistema Control Sense en Gold Fields

Es una herramienta destinada a mejorar el control y la supervisión de los equipos de campo, utilizando el Sistema de Control de flotas de equipos de acarreo, de carguío y auxiliares, usados frecuentemente en la industria minera para el movimiento de tierras. (Mine Sense, 2017)

Esta herramienta presenta las siguientes características:

- Se puede ejecutar "Control Sense" en ordenadores que usen plataformas Windows, Mac OS o Linux o ser ejecutado en cualquier sistema operativo.
- Su Arquitectura de diseño está implementada en Cliente-Servidor.
- Utiliza Tecnología WEB, que facilita acceso rápido a los parámetros operativos críticos.
- Está desarrollado en el Lenguaje de Programación JAVA.
- Utiliza el gestor de base de datos POSTGRESQL.
- Permite visualizar la trayectoria de los Equipos de campo.
- Permite visualizar la velocidad de los equipos de campo.
- Permite visualizar los estados de actividades, producción y productividad de los equipos (vehículos o maquinaria).
- Trabaja de manera integrada con servidores, e quipos móviles, un Centro de Control, una red de cableado (fibra óptica) e inalámbrica (Wireless). (Mine Sense, 2017)

3.2.1. Estructura informática de Control Sense

Todos los equipos de carguío, acarreo y perforadoras se conectan a través de su antena Wireless a una red interna de Gold Fields (LAN) que es conocida como mesh, Con esta red se conecta a los 4 servidores que se tiene en donde se almacena toda la información de estados, producción, perforación e indicadores de productividad. Y mediante otra red se dirige a la sala de control en tiempo real, además estos servidores tienen la red VPN que sirve para ingresar desde cualquier lugar para verificar los servidores y la información almacenada.

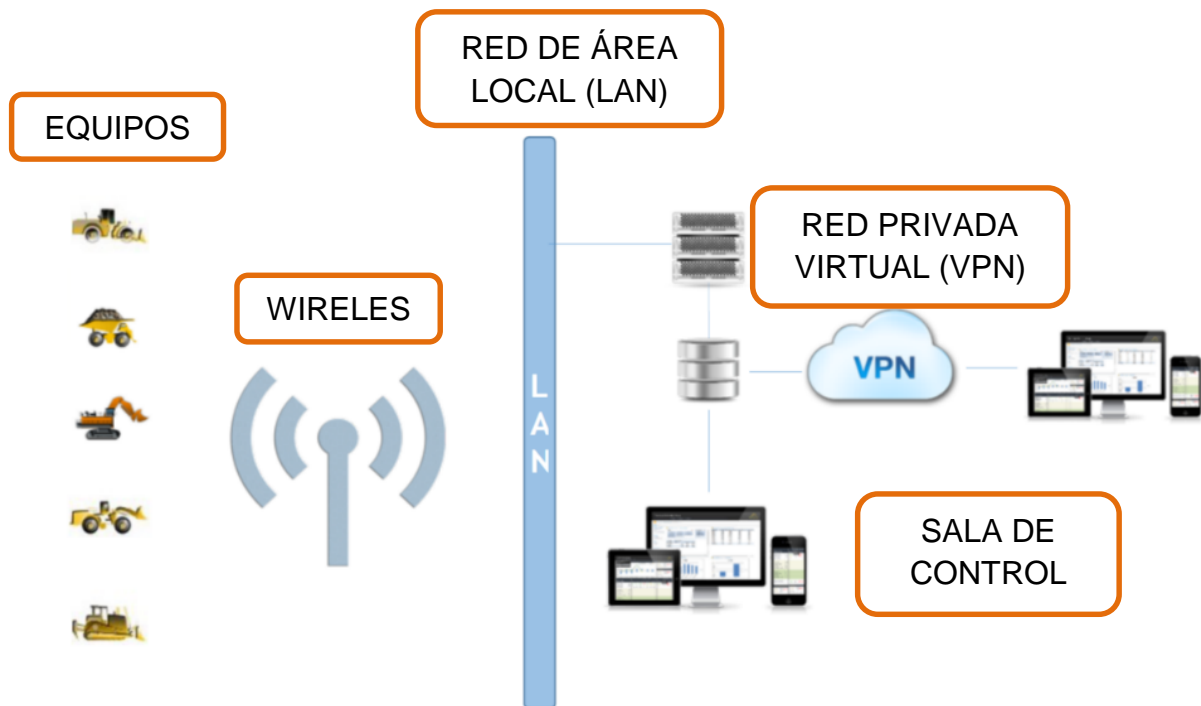


Figura N° 18: Estructura informática de Control Sense (Mine Sense, 2017)

3.2.2. Red inalámbrica de Control Sense (Red tipo multimalla)

Es la red en la que los equipos tanto de carguío y acarreo están conectados a través de nodos y el sistema de optimización de flota evalúa a través de los modelos matemáticos, la mejor ruta determinando el menor tiempo y la necesidad de equipos en los frentes de carguío, con la finalidad de evitar tiempos muertos tanto en carguío como en descarga, tal como se puede visualizar en la siguiente figura la interacción de un equipo de acarreo con 3 puntos de descarga de material:

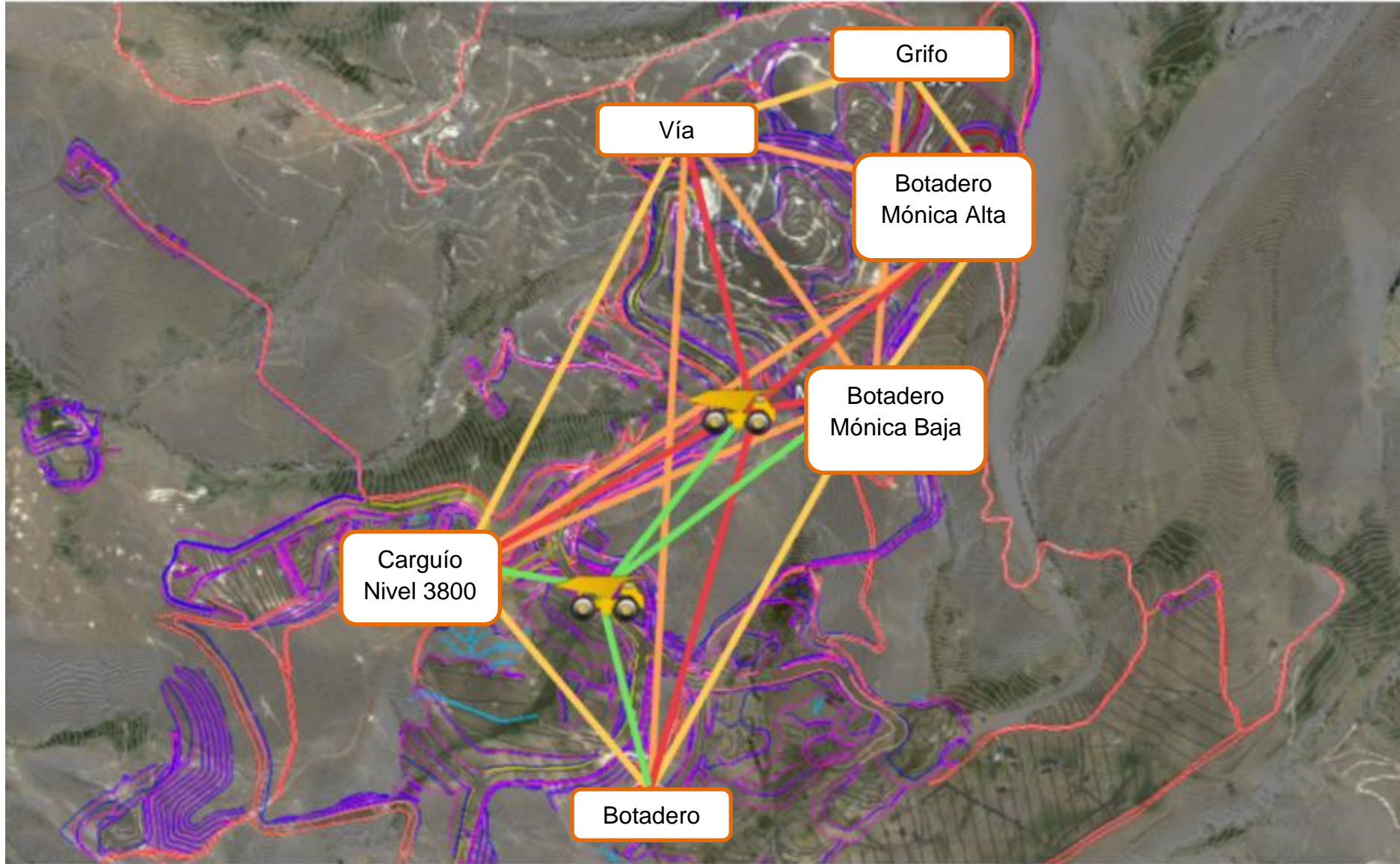


Figura N° 19: Red inalámbrica de Control Sense (Mine Sense, 2017)

3.2.3. Componentes en los equipos con Control Sense

- GPS
- Acelerómetros
- Inclínómetros
- Puertos usb
- Wifi
- Conexión VIMS (Mine Sense, 2017)

3.2.4. Control de equipos en Control Sense

a. Equipos de Carguío

Los equipos de carguío que poseen el sistema Control Sense nos permiten visualizar en tiempo real:

- Código de equipo
- Operador
- Estado del equipo
- Polígono y material asignado
- Ubicación y posición
- Movimiento que se ha generado durante el turno
- Uso del equipo
- Tiempo de carga
- Productividad
- Toneladas Cargadas durante el turno
- Equipos de acarreo que se encuentran con el equipo de carguío

Lo que permite al despachador verificar si el equipo de carguío se encuentra en el polígono de minado asignado y evitar que se lleve un material por otro y verificar si la cantidad de equipos de acarreo es el correcto.



Figura N° 20: Pantalla de un equipo de carguío con sistema Control Sense (Mine Sense, 2017)

b. Equipos de Acarreo

Para el caso de los equipos de acarreo el sistema permite visualizar:

- Código de equipo
- Operador
- Estado del equipo
- Equipo de carguío asignado
- Descarga asignada
- Ruta en el mapa de la mina para llegar tanto a equipo de carguío y lugar de descarga
- Estado del equipo
- Viajes realizados por hora y viajes totales durante el turno

Permitiendo al despachador y al operador verificar el de carguío y descarga asignada evitando de esa manera que el equipo cargue con otro equipo o descargue el material en una descarga no asignada

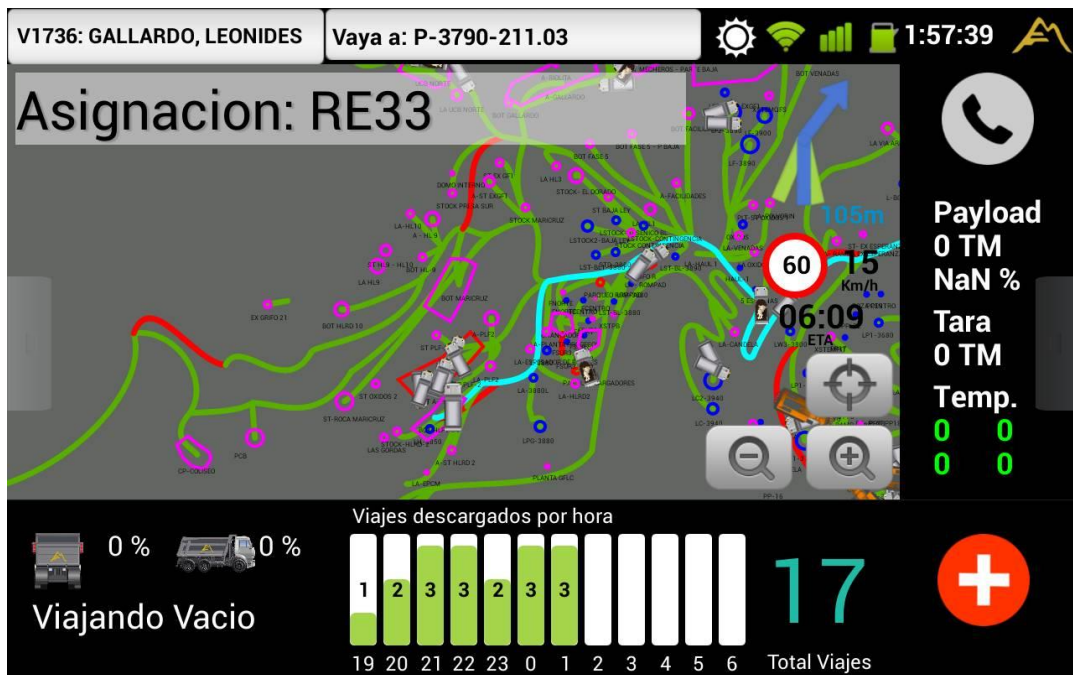


Figura N° 21: Pantalla de un equipo de acarreo con Sistema Control Sense (Mine Sense, 2017)

c. Perforación

En los equipos de perforación el sistema permite al despachador en tiempo real verificar:

- Código de equipo
- Operador
- Ubicación
- Estado del equipo
- Malla de perforación
- Número, diámetro y profundidad de taladro.
- Taladros perforados durante el turno
- Profundidad a la que el equipo se encuentra perforando
- Usage y uso de la perforadora



Figura N° 22: Pantalla de un equipo de perforación con sistema Control Sense (Mine Sense, 2017)

En todos los equipos el sistema Control Sense permite al operador ingresar el estado en el que se encuentra el equipo ya sea en producción, demora, stand by o en mantenimiento lo cual permite llevar un control adecuado de los tiempos de cada equipo, analizar y tomar una decisión acertada.

3.3. Metodología de la Investigación

3.3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación descriptivo – transversal porque se ha tomado un tiempo determinado para la realización del estudio.

3.3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo ya que se describe la situación actual y características de la población de estudio.

3.3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental ya que se basa en la observación de los hechos para luego ser analizados.

3.3.4. Método de investigación

El método de investigación es descriptivo porque se describe las condiciones en las que se realiza la investigación.

3.3.5. Población de estudio

Horas totales de los equipos de carguío y acarreo de operaciones mina de Gold Fields La Cima S.A.

3.3.6. Muestra

Demoras operativas de los equipos de carguío y acarreo.

3.3.7. Unidad de análisis

Estudio de tiempos de carguío y acarreo.

3.3.8. Variables

Tabla N° 19: Variables

Variable Independiente	Variable Dependiente
Demoras Operativas	Productividad

3.3.9. Instrumentos y equipos

- GPS
- Cámara digital
- Cronómetro
- Laptop
- Memoria USB
- Libreta de campo

3.4. Procedimiento

3.4.1. Etapa de gabinete

En esta etapa se realizó la planificación de los trabajos a realizar durante la investigación además de la revisión bibliográfica y la recopilación de la

información de la base de datos del sistema de control de flota de Gold Fields la Cima S.A.

3.4.2. Etapa de campo

A partir de la información recopilada se verificó y procedió a la toma de tiempos de las demoras más significativas evaluadas en gabinete además se verificó con el área de planeamiento y topografía las áreas para las instalaciones correspondientes.

3.4.3. Etapa de gabinete

A partir de la toma de datos en campo se procedió al análisis, depuración y procesamiento de la información, así como el diseño de planos para las instalaciones.

3.5. Situación actual de estados de equipos de carguío en el sistema Control Sense de Gold Fields

El sistema de optimización de flota Control Sense utilizado en Gold Fields permite monitorear en tiempo real a todos los equipos de la operación y registrar todos los estados como son:

- Horas operativas
- Demoras
- Stan By
- Mantenimiento

3.5.1. Horas Operativas

Las horas operativas se dividen en horas en producción, arreglo de frente de carguío o bolonería y operativo con supervisión, el total de horas operativas de los equipos de carguío que se tuvo durante el 2017 se detallan en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla N° 20: Horas operativas de los equipos de carguío durante el 2017 en Gold Fields

Operación	Duración (Hr)
Producción	22,298.13
Arreglo de frente de carguío o bolonería	400.78
Operativo con supervisión	6.31
Total	22,705.21

3.5.2. Demoras

Las demoras se clasifican de acuerdo si son propios de la operación, por seguridad, por voladura y otros, a continuación, se observa el total de horas que se ha tenido durante el 2017 en Gold Fields para los equipos de carguío.

Tabla N° 21: Horas en demoras producto de la operación en Gold Fields.

Operación	Duración (Hr)
Refrigerio-Descanso	2,631.14
Cambio de Turno	2,164.59
Traslado Operativo	626.77
Espera por descreste	156.68
Traslado Programado	66.04
Esperando Instrucciones	61.51
Relleno de Combustible	18.04
Reparación Botadero	15.94
Calentamiento de Equipo	15.57
Cambio de frente	13.90
Cambio operador	9.25
Demora por chequeo topográfico	2.63
Frente duro	1.77
Espera por Chancadora	0.77
Llenado de IPERC	0.75
Total	5,785.35

Tabla N° 22: Horas en demoras por seguridad en Gold Fields durante el 2017

Seguridad	Duración (Hr)
Espera por reparación en vías	43.80
Espera por Reparación Área	30.54
Revisión y Chequeo	19.47
Rescatando Equipo	1.50
Total	95.31

Tabla N° 23: Horas en demoras por voladura en el 2017 en Gold Fields

Voladura	Duración (Hr)
En espera por disparo	11.72
Total	11.72

Tabla N° 24: Otras demoras en Gold Fields en el año 2017

Otros	Duración (Hr)
Limpieza Equipo	2.10
SSHH	0.35
Total	2.45

3.5.3. Stand By

Al igual que las horas operativas y las demoras las horas de stand by se subdividen en: recursos, seguridad, clima y traslado largo tal como se muestran en las tablas siguientes:

Tabla N° 25: Horas de stand by por recursos en Gold Fields durante el 2017

Recursos	Duración (Hr)
Equipo No Requerido	7,079.72
Falta Equipo De Acarreo	1,369.82
Falta De Frente	422.17
Sin Operador	376.03
Control Sense	120.37
Parada por comunidades	98.30
Esperando Instrucciones + 15 min	56.34
Falta de Frente de Descarga	26.66
Parada Programada Por Mina	23.61
Falta de abastecimiento de combustible	17.44
Falta de Iluminación	9.99
Fatiga	5.99
Refrigerio	5.38
Incidente Operativo	0.01
Recursos Total	9,611.84

Tabla N° 26: Horas de stand by por seguridad durante el 2017 en Gold Fields

Seguridad	Duración (Hr)
Charla de Seguridad Anexo 6	134.52
Parada de Seguridad	55.37
Implementos de Seguridad	20.06
Charla de Seguridad en Campo	17.03
Arreglo de Área de Carguío	5.75
Auditoría	0.77
Clima severo	0.06
Total	233.56

Tabla N° 27: Horas de stand by por traslado Largo en el 2017 en Gold Fields

Traslado Largo	Duración (Hr)
Traslado De Equipo Más De 15 min	113.16
Traslado Operativo C/Cb	3.84
Traslado Programado	1.98
Total	118.97

Tabla N° 28: Horas de stand by por clima en Gold Fields en el año 2017

Clima	Duración (Hr)
Neblina	54.85
Condiciones Inseguras	30.37
Tormenta Eléctrica	24.06
Total	109.28

3.5.4. Mantenimiento

Se clasifica en mantenimiento programado, cuando el área de mantenimiento lleva una programación de los equipos que van a realizar alguna revisión o engrase de los equipos y el mantenimiento no programado cuando el equipo estando operativo presenta alguna falla y tiene que ser intervenido por mantenimiento.

Las horas registradas durante el 2017 en Gold Fields para los equipos de carguío fueron las siguientes:

➤ **Mantenimiento Programado**

Tabla N° 29: Horas en mantenimiento programado de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017

Mantenimiento Programado	Duración (Hr)
SM- Motor	733.51
SM- Mantenimiento Preventivo	619.45
SM-Pre PM	362.22
SM- Soldadura	32.90
Lubricación y engrase	32.84
SM- Sistema Hidráulico	12.11
SM- Sistema de Enfriamiento de Motor	5.94
SM- Sist. Control Electrónico de Motor	4.91
SM- Control Electrónico De Implementos	1.48
SM- Gets	0.81
SM- Cabina	0.72
SM- Esperando Mecánico	0.02
Total	1,806.91

➤ **Mantenimiento no Programado**

Tabla N° 30: Horas en mantenimiento no programado de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017

Mantenimiento No Programado	Duración (Hr)
NP- Motor	3,630.26
NP- Soldadura	90.51
NP- Sistema Hidráulico	40.76
NP- Sistema De Enfriamiento De Motor	34.74
NP- Gets	20.64
Lubricación y engrase	16.76
NP- Cabina	15.07
NP- Sist Control Electrónico De Motor	10.46
NP- Sistema De Lubricación De Motor	10.10
NP- Esperando Mecánico	8.49
NP- Sistema Eléctrico	6.76
Radio de comunicación	3.02
NP- Control Electrónico De Implementos	2.46
NP- Sistema de Lubricación Automático Lincoln	1.75
NP- Sistema De Admisión Y Escape	1.05
Inspección	1.01
NP- Sistema De Arranque	0.33
Total	3,894.20

3.5.5. Duración total de estados de carguío

El total de horas de los estados de los equipos de carguío en el 2017 en Gold Fields fue de 44,374.8 horas, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla N° 31: Demoras de equipos de carguío clasificados por estados del año 2017 en Gold Fields

Estado	Duración (hr)
Operativo	22,705.2
Demora	5,894.8
Stand By	10,073.6
Mantenimiento	5,701.1
Total	44,374.8

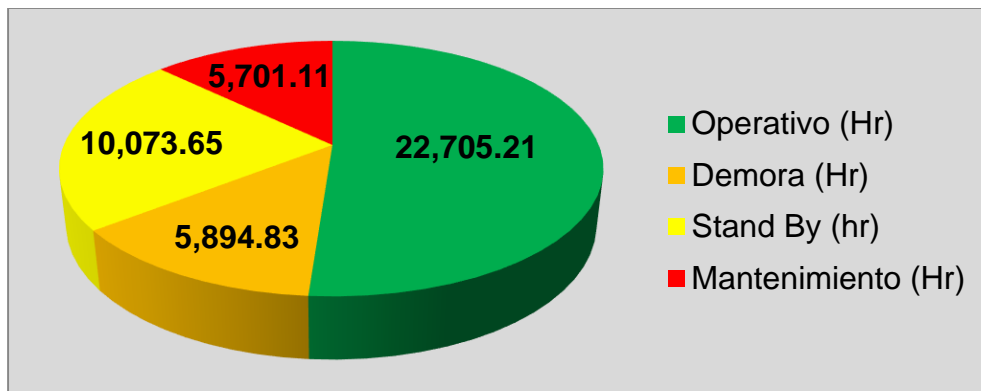


Figura N° 23: Horas totales de los estados de los equipos de carguío en Gold Fields durante el año 2017

3.6. Cálculo de KPIs de los equipos de Carguío

A partir de las horas que se mostraron en la tabla anterior se va a calcular los KPIs: uso, usage, utilización, uso de disponibilidad y disponibilidad mecánica que se tuvo durante el 2017 en Gold Fields.

3.6.1. Uso del equipo

$$Uso = \frac{22,705.2}{181,269.2 + 5,894.8}$$

$$Uso = 78.39\%$$

3.6.2. Usage

$$Usage = \frac{22,705.2}{22,705.2 + 10,073.6 + 5,894.8}$$

$$Usage = 58.71\%$$

3.6.3. Utilización

$$Utilización = \frac{22,705.2}{336,045.2}$$

$$Utilización = 51.17\%$$

3.6.4. Disponibilidad Mecánica

$$Disponibilidad = \frac{336,045.2 - 62,178.9}{336,045.2}$$

$$Disponibilidad = 87.15\%$$

3.6.5. Uso de disponibilidad

$$Uso de Disponibilidad = \frac{22,705.2 + 5,894.8}{22,705.2 + 10,073.6 + 5,894.8}$$

$$Uso de Disponibilidad = 73.95\%$$

Los KPIs de los equipos de carguío calculados anteriormente se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 32: KPIs de los equipos de carguío de Gold Fields en el año 2017

KPI	Real
Uso del equipo	79.39%
Usage	58.71%
Utilización	51.17%
Disponibilidad Mecánica	87.15%
Uso de disponibilidad	73.95%

3.7. Análisis de demoras de los equipos de carguío

3.7.1. Demoras totales

En la siguiente tabla se muestra las demoras totales en el año 2017 con su respectiva descripción:

Tabla N° 33: Horas totales en demoras durante el 2017 en Gold Fields

Demora	Duración (Hr)
Refrigerio-Descanso	2,631.14
Cambio de Turno	2,164.59
Traslado Operativo	626.77
Espera por descreste	156.68
Traslado Programado	66.04
Esperando Instrucciones	61.51
Espera por reparación en vías	43.80
Espera por Reparación Área	30.54
Revisión y Chequeo	19.47
Relleno de Combustible	18.04
Reparación Botadero	15.94
Calentamiento de Equipo	15.57
Cambio de frente	13.90
En espera por disparo	11.72
Cambio operador	9.25
Demora por chequeo topográfico	2.63
Limpieza Equipo	2.10
Frente duro	1.77
Rescatando Equipo	1.50
Espera por Chancadora	0.77
Llenado de IPERC	0.75
SSH	0.35
Total	5,894.83

Tabla N° 34: Cálculo de Hi para graficar el diagrama de Pareto

Demora	Duración (Hr)	hi	Hi
Refrigerio-Descanso	2,631.14	44.6%	44.6%
Cambio de Turno	2,164.59	36.7%	81.4%
Traslado Operativo	626.77	10.6%	92.0%
Espera por descreste	156.68	2.7%	94.6%
Traslado Programado	66.04	1.1%	95.8%
Esperando Instrucciones	61.51	1.0%	96.8%
Espera por reparación en vías	43.80	0.7%	97.6%
Espera por Reparación Área	30.54	0.5%	98.1%
Revisión y Chequeo	19.47	0.3%	98.4%
Relleno de Combustible	18.04	0.3%	98.7%
Reparación Botadero	15.94	0.3%	99.0%
Calentamiento de Equipo	15.57	0.3%	99.2%
Cambio de frente	13.90	0.2%	99.5%
En espera por disparo	11.72	0.2%	99.7%
Cambio operador	9.25	0.2%	99.8%
Demora por chequeo topográfico	2.63	0.0%	99.9%
Limpieza Equipo	2.10	0.0%	99.9%
Frente duro	1.77	0.0%	99.9%
Rescatando Equipo	1.50	0.0%	100.0%
Espera por Chancadora	0.77	0.0%	100.0%
Llenado de IPERC	0.75	0.0%	100.0%
SSHH	0.35	0.0%	100.0%
Total	5,894.83		

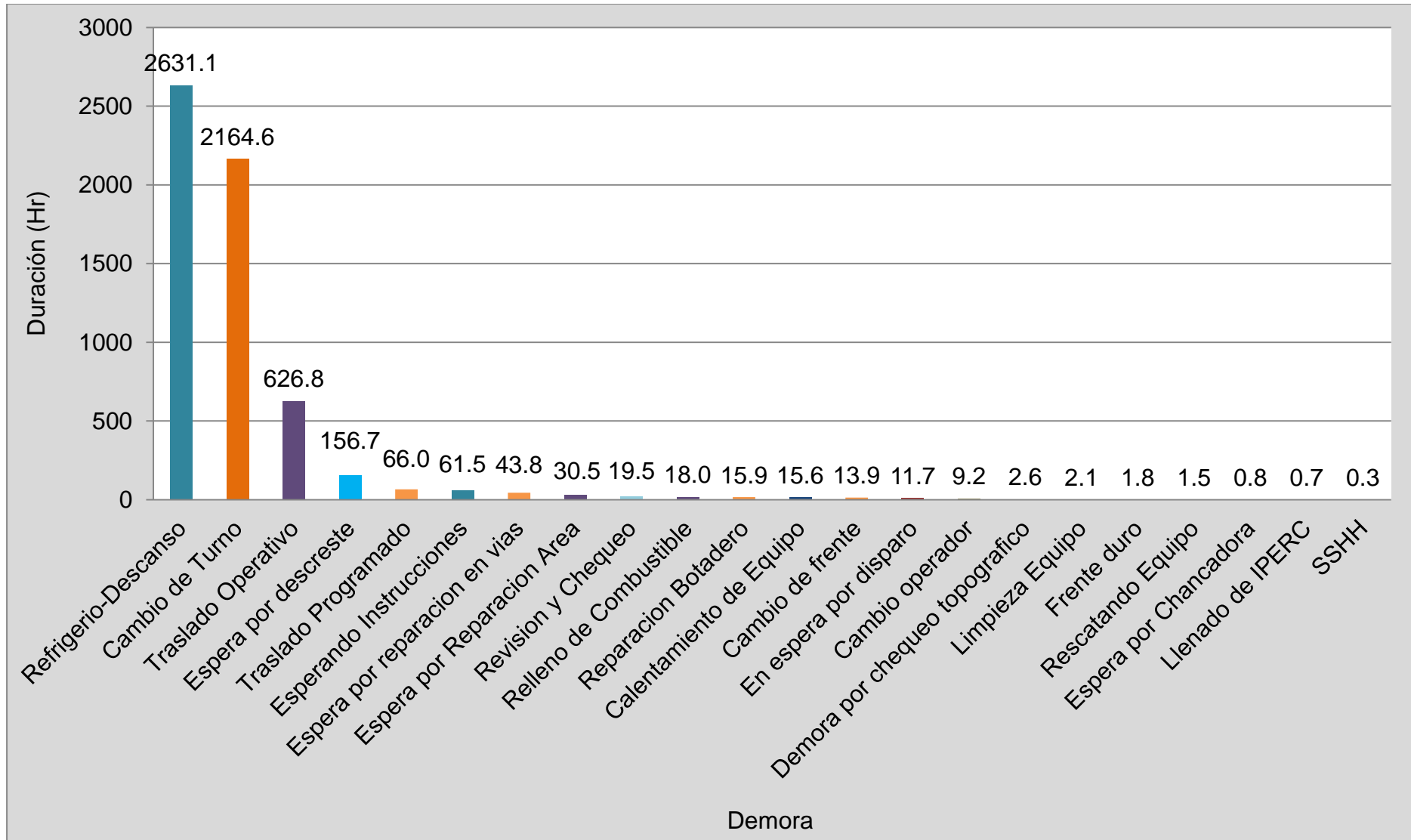


Figura N° 24: Demoras de los equipos de carguío en Gold Fields en el año 2017

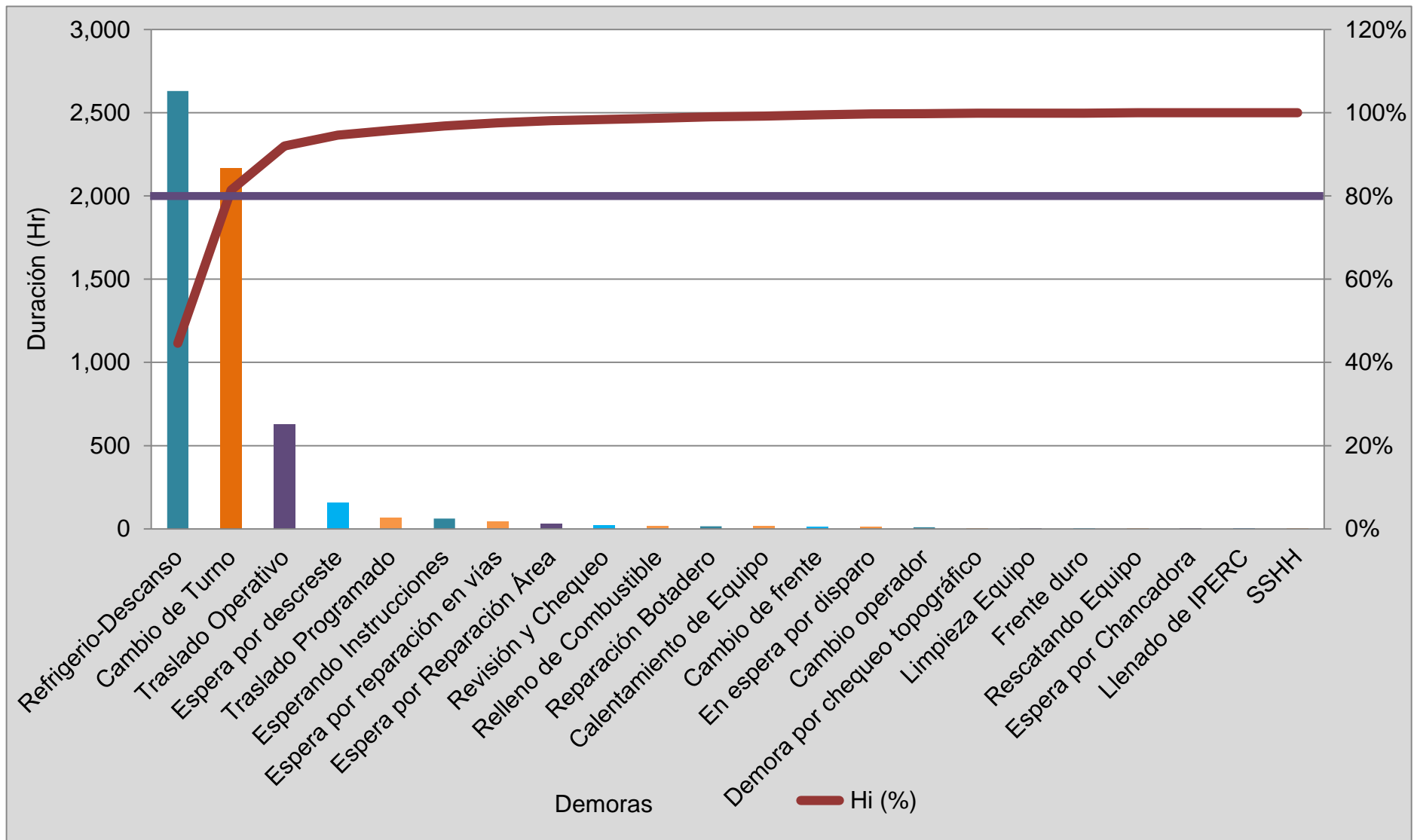


Figura N° 25: Diagrama de Pareto para las demoras de carguío de Gold Fields en el año 2017

Del diagrama de Pareto anterior se puede observar que los pocos vitales para los equipos de carguío son las demoras por refrigerio – descanso y cambio de turno.

3.8. Situación actual de estados de equipos de acarreo en el sistema Control Sense de Gold Fields

3.8.1. Horas operativas

Las horas operativas se dividen en horas en producción y operativo con supervisión, este último se hace en compañía de un encargado de mantenimiento con la finalidad de verificar el correcto funcionamiento del equipo o con el supervisor de seguridad cuando se hace seguimiento a los operadores en campañas de no uso de celular durante la jornada laboral.

El total de horas operativas de los equipos de acarreo que se tuvo durante el 2017 se detallan en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla N° 35: Horas operativas de los equipos de acarreo durante el 2017 en Gold Fields

Operación	Duración (hr)
Producción	177,096.2
Operativo con supervisión	4,173.0
Total	181,269.2

3.8.2. Demoras

Las demoras se clasifican de acuerdo si son propios de la operación, por seguridad, por voladura y otros, en las tablas que se muestran a continuación, se observa el total de horas que se ha tenido durante el 2017 en Gold Fields para los equipos de acarreo.

Tabla N° 36: Horas en demoras producto de la operación en Gold Fields.

Operación	Duración (Hr)
Refrigerio-Descanso	22,315.8
Cambio de Turno	16,456.5
Relleno de Combustible	1,268.5
Espera por descreste	693.6
Traslado De Equipos De Carguío	302.3
Traslado Operativo	249.1
Esperando Instrucciones	229.8
Esperando en descarga	218.9
Cambio operador	89.4
Reparación de Botadero	85.0
Calentamiento de Equipo	27.9
Abastecimiento de Combustible al Equipo de Carguío	24.8
Relevo Equipo Carguío	22.5
Llenado de IPERC	14.0
Demora por chequeo topográfico	10.6
Atollado	9.3
Compactación botadero	4.8
Total	42,023.0

Tabla N° 37: Horas en demoras por seguridad en Gold Fields durante el 2017

Seguridad	Duración (Hr)
Espera por Reparación Vía	176.1
Espera por Reparación Área	147.3
Revisión y Chequeo	111.3
Rescatando Equipo	12.4
Total	447.0

Tabla N° 38: Horas en demoras por voladura en el 2017 en Gold Fields

Voladura	Duración (Hr)
En espera por disparo	101.3
Total	101.3

Tabla N° 39: Otras demoras en Gold Fields en el año 2017

Otros	Duración (Hr)
SSHH	222.7
Limpieza Equipo	21.2
Limpieza Tolva	0.6
Total	244.5

3.8.3. Stand By

Al igual que las horas operativas y las demoras las horas de stand by se subdividen en: recursos, seguridad, clima y traslado largo tal como se muestran en las tablas siguientes:

Tabla N° 40: Horas de stand by por recursos en Gold Fields durante el 2017

Recursos	Duración (Hr)
Sin Operador	24,033.7
Falta De Frente	9,369.8
Equipo No Requerido	7,104.5
Listo en Mantenimiento	2,621.3
Falta Equipo De Carguío	636.8
Parada por comunidades	590.3
Falta de abastecimiento de combustible	409.9
Control Sense	332.0
Falla mecánica del equipo de carguío	331.6
Fatiga	240.4
Parada Programada Por Mina	197.3
Falta de Iluminación	104.9
Incidente Operativo	96.9
Esperando Instrucciones + 15 min	94.7
Reparación de Botadero	72.6
Chancadora Parada	37.6
Falta De Radio De Comunicación	35.3
Falta de Combustible en Equipo de Carguío	28.4
Falta de equipo de empuje	27.7
Falta de puntero	9.2
Compactación botadero	8.8
Refrigerio	4.2
Enfriamiento de llantas	0.2
Total	46,388.1

Tabla N° 41: Horas de stand by por seguridad durante el 2017 en Gold Fields

Seguridad	Duración (Hr)
Charla de Seguridad Anexo 6	1,037.2
Parada de Seguridad	846.5
Charla de Seguridad en Campo	285.0
Vías resbaladizas	174.2
Arreglo de Área de Carguío	57.5
Implementos de Seguridad	18.7
Clima severo	17.0
Auditoría	10.3
Falta de vigías	0.8
Total	2,447.3

Tabla N° 42: Horas de stand by por traslado Largo en el 2017 en Gold Fields

Traslado Largo	Duración (Hr)
Traslado Operativo C/Cb	2.8
Traslado Programado	2.1
Total	4.9

Tabla N° 43: Horas de stand by por clima en Gold Fields en el año 2017

Clima	Duración (Hr)
Neblina	538.4
Tormenta Eléctrica	233.9
Condiciones Inseguras	168.7
Total	940.9

3.8.4. Mantenimiento

Se clasifica en mantenimiento programado y en mantenimiento no programado.

Las horas registradas durante el 2017 en Gold Fields fueron las siguientes:

➤ **Mantenimiento Programado**

Tabla N° 44: Horas en mantenimiento programado de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017

Mantenimiento Programado	Duración (Hr)
SM- Motor	3,123.1
SM- Mantenimiento Preventivo	980.6
SM- Ruedas Y Llantas	323.3
Pre - PM	262.1
Lubricación y engrase	180.4
SM- Suspensiones Y Gatas	154.4
SM- Sistema De Lubricación De Motor	135.0
SM- Sistema Eléctrico	123.0
SM- Transmisión	85.4
SM- Tolva & Torre	68.7
NTD- Predictivo	65.9
SM- Sist. Control Electrónico De Motor	54.4
SM- Sistema De Frenos	45.1
SM- Chasis	44.7
SM- Embragues De Freno Y Dirección	38.8
SM- Sistema De Dirección	33.6
Accidente en Mantenimiento	32.4
SM- Esperando Mecánico	29.1
SM- Cardanes Y Semiejes	23.0
SM- Sistema De Control De Aire	20.4
SM- Control Electrónico Del Equipo	16.0
SM- Sistema de Lubricación Automático Lincoln	15.4
SM- Soldadura	14.7
SM- Sistema De Combustible	11.3
SM- Sistema Hidráulico	10.1
SM- Cabina	9.5
SM- Control Electrónico De Implementos	6.9
SM- Sistema De Enfriamiento De Motor	4.9
SM- Sistema De Arranque	3.6
SM- Lavar y Limpiar - Equipos	3.2
SM- Condiciones Inseguras	1.9
SM- Sistema De Admisión Y Escape	0.6
SM- Control Electrónico De Tren De Mando	0.5
Total	5,921.8

➤ **Mantenimiento no Programado**

Tabla N° 45: Horas en mantenimiento no programado de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017

Mantenimiento No Programado	Duración (Hr)
NP- Motor	34,528.7
NP- Ruedas Y Llantas	4,977.3
NP- Suspensiones Y Gatas	2,419.1
NP- Sistema Eléctrico	2,395.5
NP- Sistema De Frenos	1,771.9
NP- Chasis	1,355.1
NP- Tolva & Torre	907.3
NP- Control Electrónico Del Equipo	835.2
NP- Transmisión	830.5
NP- Sistema Hidráulico	765.4
NP- Sistema De Control De Aire	725.3
NP- Sistema De Dirección	508.5
NP- Esperando Mecánico	463.5
NP- Embragues De Freno Y Dirección	419.0
Inspección de Neumáticos	413.7
Accidente	354.6
NP- Sistema de Control Electrónico De Motor	330.5
NP- Sistema de Enfriamiento De Motor	291.7
NP- Cardanes Y Semiejes	275.2
NP- Soldadura	255.8
NP- Sistema de Combustible	248.4
Lubricación y engrase	240.3
NP- Control Electrónico de Implementos	160.6
NP- Cabina	225.3
NP- Sistema de Admisión y Escape	124.2
PM- Condiciones Inseguras	121.7
NP- Sistema De Lubricación De Motor	104.5
Radio comunicación	59.9
NP- Sistema De Arranque	28.6
NP- Sistema de Lubricación Automático Lincoln	26.1
NP- Mando Final	24.9
NP- Convertidor de Torque	25.7
PM- Metales/Cambio Aceite	21.0
NP- Lavar y Limpiar - Equipos	10.3
Tormenta Eléctrica	8.3
NP- Mando De Bombas	3.5
Total	56,257.1

3.8.5. Duración total de estados de acarreo

El total de horas de los estados de los equipos de acarreo en el 2017 en Gold Fields fue de 336,045.2 horas, en la siguiente tabla se muestra el resumen de todas las horas por estado:

Tabla N° 46: Demoras de equipos de acarreo clasificados por estados del año 2017 en Gold Fields

Estado	Duración (hr)
Operativo	181,269.2
Demora	42,815.9
Stand By	49,781.2
Mantenimiento	62,178.9
Total	336,045.2

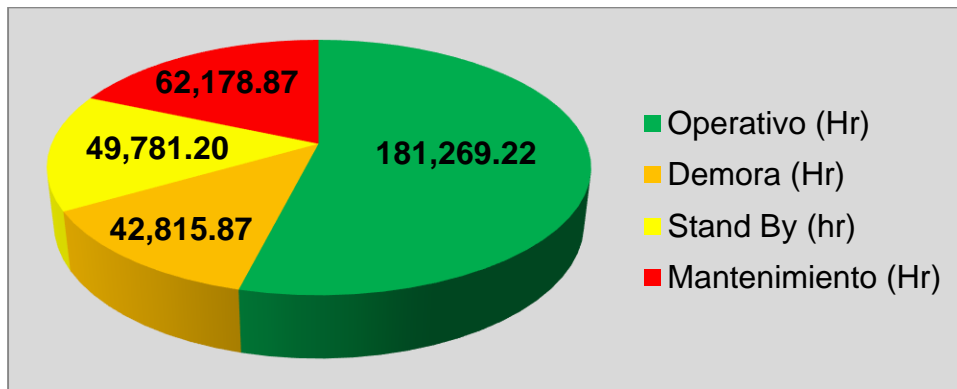


Figura N° 26: Horas totales de los estados de los equipos de acarreo en Gold Fields durante el año 2017

3.9. Cálculo de KPIs de los equipos de Acarreo

A partir de las horas que se mostraron en la tabla anterior se va a calcular los KPIs: uso, usage, utilización, uso de disponibilidad y disponibilidad mecánica que se tuvo durante el 2017 en Gold Fields.

3.9.1. Uso del equipo

$$Uso = \frac{181,269.2}{181,269.2 + 42,815.9}$$

$$Uso = 80.89\%$$

3.9.2. Usage

$$Usage = \frac{181,269.2}{181,269.2 + 42,815.9 + 49,781.2}$$

$$Usage = 66.19\%$$

3.9.3. Utilización

$$Utilización = \frac{181,269.2}{336,045.2}$$

$$Utilización = 53.94\%$$

3.9.4. Disponibilidad mecánica

$$Disponibilidad = \frac{336,045.2 - 62,178.9}{336,045.2}$$

$$Disponibilidad = 81.50\%$$

3.9.5. Uso de disponibilidad

$$Uso de Disponibilidad = \frac{181,269.2 + 42,815.9}{181,269.2 + 42,815.9 + 49,781.2}$$

$$Uso de Disponibilidad = 81.82\%$$

Los KPIs de los equipos de acarreo calculados anteriormente se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 47: KPIs de los equipos de acarreo de Gold Fields en el año 2017

KPI	Real
Uso del equipo	80.89%
Usage	66.19%
Utilización	53.94%
Disponibilidad Mecánica	81.50%
Uso de disponibilidad	81.82%

3.10. Análisis de demoras de los equipos de acarreo

3.10.1. Demoras totales

A continuación, se muestra las demoras totales en el año 2017 con su respectiva descripción:

Tabla N° 48: Horas totales en demoras durante el 2017 en Gold Fields

Demora	Duración (Hr)
Refrigerio-Descanso	22,315.8
Cambio de Turno	16,456.5
Relleno de Combustible	1,268.5
Espera por descreste	693.6
Traslado De Equipos De Carguío	302.3
Traslado Operativo	249.1
Esperando Instrucciones	229.8
SSHH	222.7
Esperando en descarga	218.9
Espera por Reparación Vía	176.1
Espera por Reparación Área	147.3
Revisión y Chequeo	111.3
En espera por disparo	101.3
Cambio operador	89.4
Reparación de Botadero	85.0
Calentamiento de Equipo	27.9
Abastecimiento de Combustible al Equipo de Carguío	24.8
Relevo Equipo Carguío	22.5
Limpieza Equipo	21.2
Llenado de IPERC	14.0
Rescatando Equipo	12.4
Demora por chequeo topográfico	10.6
Atollado	9.3
Compactación botadero	4.8
Limpieza Tolva	0.6
Total	42,815.9

Tabla N° 49: Cálculo de Hi para graficar el diagrama de Pareto

Demora	Duración (Hr)	hi	Hi
Refrigerio-Descanso	22,315.8	52.1%	52.1%
Cambio de Turno	16,456.5	38.4%	90.6%
Relleno de Combustible	1,268.5	3.0%	93.5%
Espera por descreste	693.6	1.6%	95.1%
Traslado De Equipos De Carguío	302.3	0.7%	95.8%
Traslado Operativo	249.1	0.6%	96.4%
Esperando Instrucciones	229.8	0.5%	97.0%
SSHH	222.7	0.5%	97.5%
Esperando en descarga	218.9	0.5%	98.0%
Espera por Reparación Vía	176.1	0.4%	98.4%
Espera por Reparación Área	147.3	0.3%	98.7%
Revisión y Chequeo	111.3	0.3%	99.0%
En espera por disparo	101.3	0.2%	99.2%
Cambio operador	89.4	0.2%	99.5%
Reparación de Botadero	85.0	0.2%	99.7%
Calentamiento de Equipo	27.9	0.1%	99.7%
Abastecimiento de Combustible al Equipo de Carguío	24.8	0.1%	99.8%
Relevo Equipo Carguío	22.5	0.1%	99.8%
Limpieza Equipo	21.2	0.0%	99.9%
Llenado de IPERC	14.0	0.0%	99.9%
Rescatando Equipo	12.4	0.0%	99.9%
Demora por chequeo topográfico	10.6	0.0%	100.0%
Atollado	9.3	0.0%	100.0%
Compactación botadero	4.8	0.0%	100.0%
Limpieza Tolva	0.6	0.0%	100.0%
Total	42,815.9		

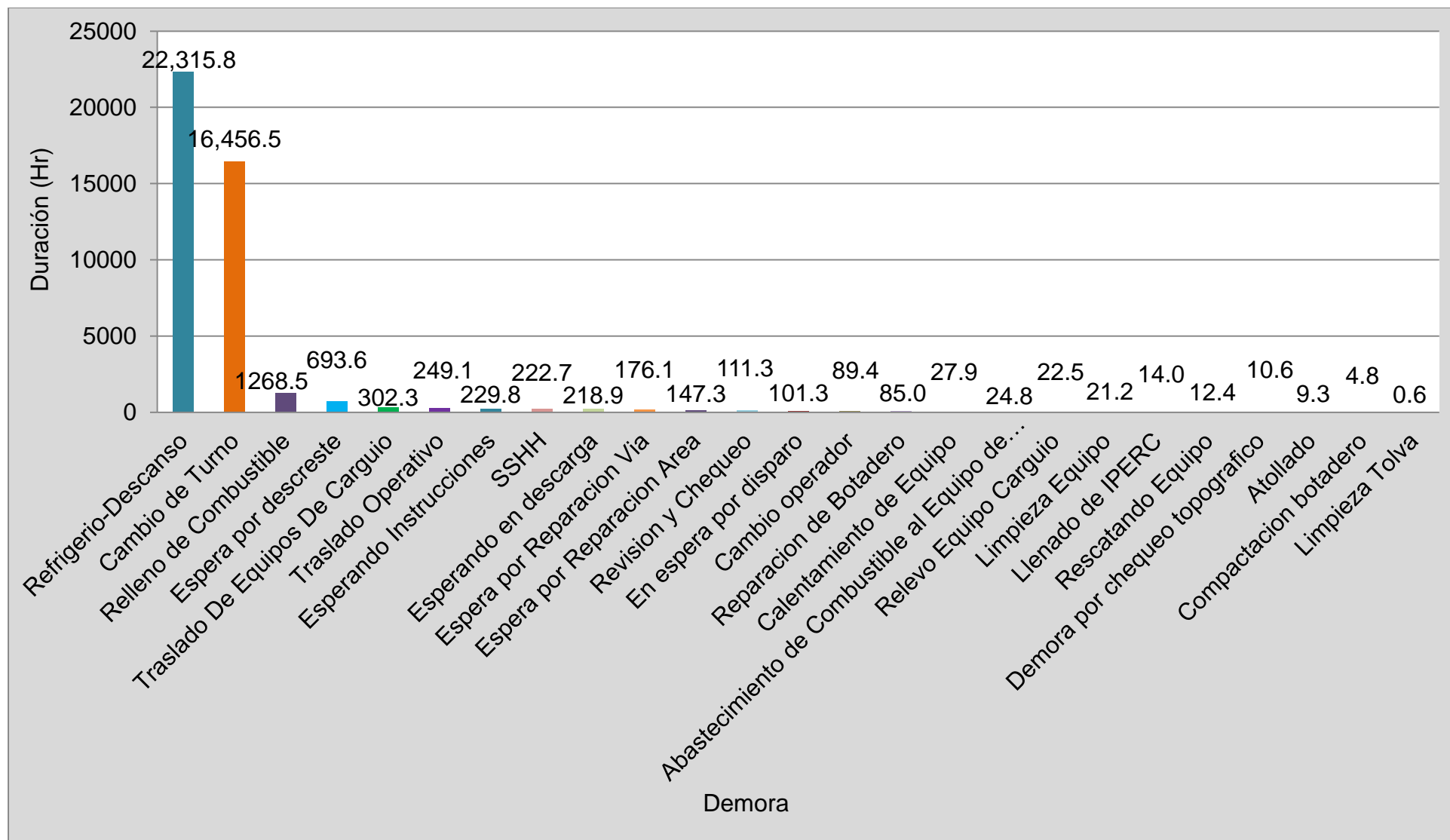


Figura N° 27: Demoras de los equipos de acarreo en Gold Fields en el año 2017

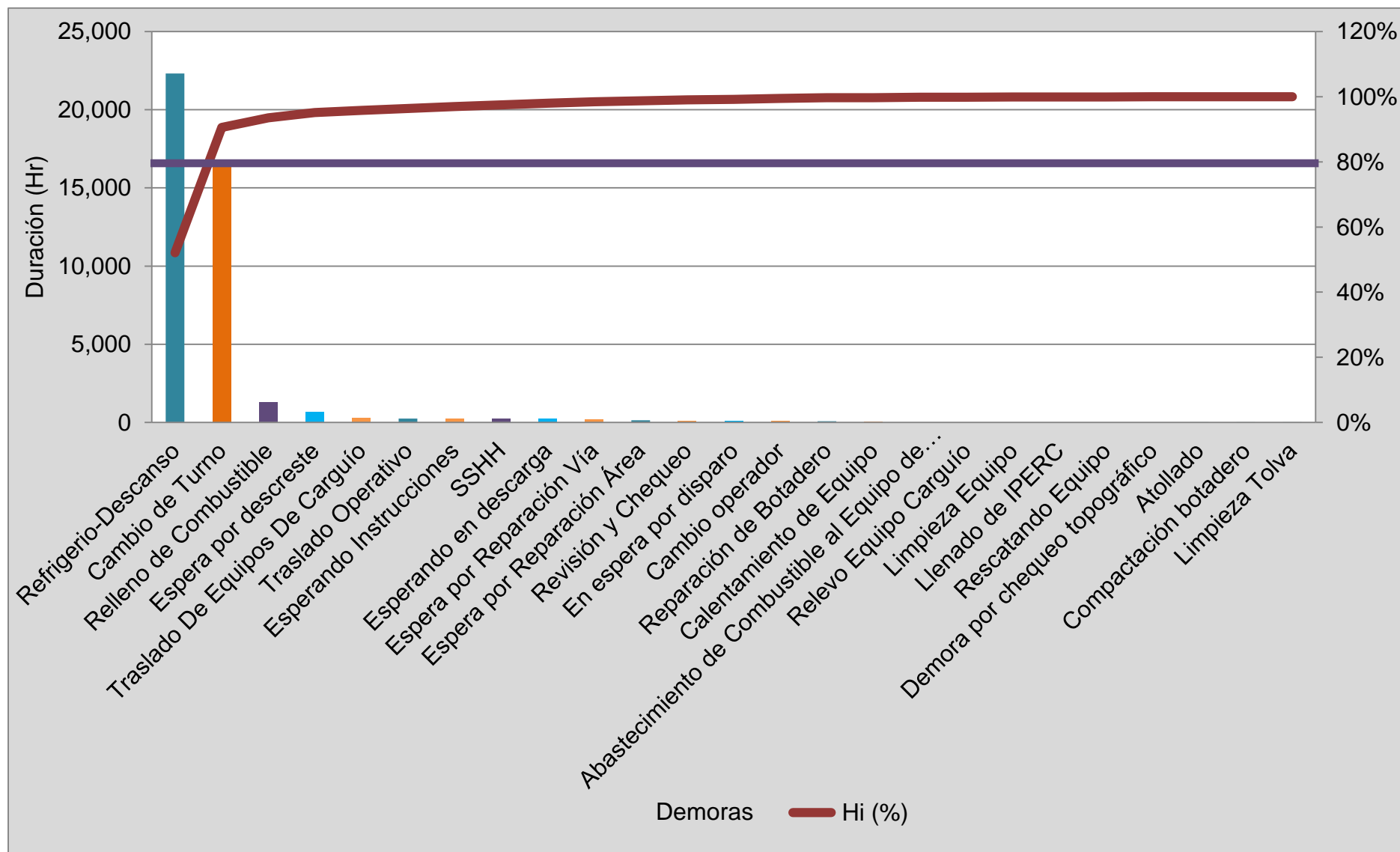


Figura N° 28: Diagrama de Pareto para las demoras de acarreo en Gold Fields en el año 2017

En el diagrama de Pareto claramente se puede visualizar que los pocos vitales son las demoras por refrigerio – descanso y el cambio de turno sobre los muchos triviales por lo que se procede a analizar más profundamente las dos demoras significativas presentes en la operación.

3.11. Refrigerio - descanso

Actualmente el refrigerio – descanso inicia entre las 11:40 a.m a 12:00 p.m y se reinicia entre la 1:00 p.m a 1:10 p.m.

3.11.1. Descripción de actividades

- Para el refrigerio – descanso, el supervisor de operaciones entre las 10:00 a.m a 11:00 a.m comunica vía radial el mensaje de voladura donde informa el lugar de la voladura, zonas que se encuentran dentro y fuera del radio de voladura, áreas involucradas y la hora de carguío del último volquete.
- Los volquetes se dirigen a PLF3, lugar donde se parquea los volquetes tanto para cambio de turno y refrigerio, así mismo los operadores ingresan su demora en el sistema Control Sense.



Figura N° 29: Volquetes en el parqueo PLF3 de Gold Fields en cambio de turno



Figura N° 30: Equipo de acarreo en refrigerio - descanso en PLF3

En la imagen anterior se puede verificar la hora que el volquete V1763 ingresa su demora de refrigerio descanso aproximadamente a las 11:38 a.m y se encuentra ubicado en PLF3.

- Los buses de operaciones esperan a los operadores de acarreo en PLF3 y se trasladan al comedor ubicado en Arpón, a unos 2.2 km de distancia aproximadamente. A los operadores de carguío y perforación, una combi se traslada por cada frente y los recoge, del pit a Arpón hay aproximadamente 1.6 km.
- Los operadores llegan al comedor, aprovechan sus alimentos y después nuevamente suben a los buses y a la combi que los regresa al PLF3 y al pit respectivamente.
- Llegan a PLF3, suben a sus equipos ingresan sus estados en el sistema Control Sense y se dirigen al carguío.

3.11.2. Duración promedio de refrigerio - descanso

Para calcular la duración promedio del refrigerio descanso se tomaron 8,778 datos de refrigerio – descanso de los volquetes en el sistema Control Sense de los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 50: Resumen de datos utilizados para calcular la duración promedio de refrigerio - descanso en Gold Fields durante el 2017

	Li	Ls	xi	fi	Fi	hi	Hi
1	0.57	26.6	13.59	85	85	1%	1%
2	26.6	52.7	39.64	138	223	2%	3%
3	52.7	78.7	65.68	4,497	4,720	51%	54%
4	78.7	104.8	91.73	3,595	8,315	41%	95%
5	104.8	130.8	117.78	351	8,666	4%	99%
6	130.8	156.8	143.82	75	8,741	1%	100%
7	156.8	182.9	169.87	24	8,765	0%	100%
8	182.9	208.9	195.92	5	8,770	0%	100%
9	208.9	235.0	221.96	0	8,770	0%	100%
10	235.0	261.0	248.01	0	8,770	0%	100%
11	261.0	287.1	274.06	3	8,773	0%	100%
12	287.1	313.1	300.10	2	8,775	0%	100%
13	313.1	339.2	326.15	0	8,775	0%	100%
14	339.2	365.2	352.20	0	8,775	0%	100%
15	365.2	391.3	378.24	3	8,778	0%	100%

Donde:

Li: Límite inferior

Ls: Límite superior

Xi: media

fi: Frecuencia absoluta simple

Fi: Frecuencia absoluta acumulada

hi: Frecuencia relativa simple

Hi: Frecuencia relativa acumulada

Con las frecuencias se realizó la gráfica de Pareto para su análisis respectivo:

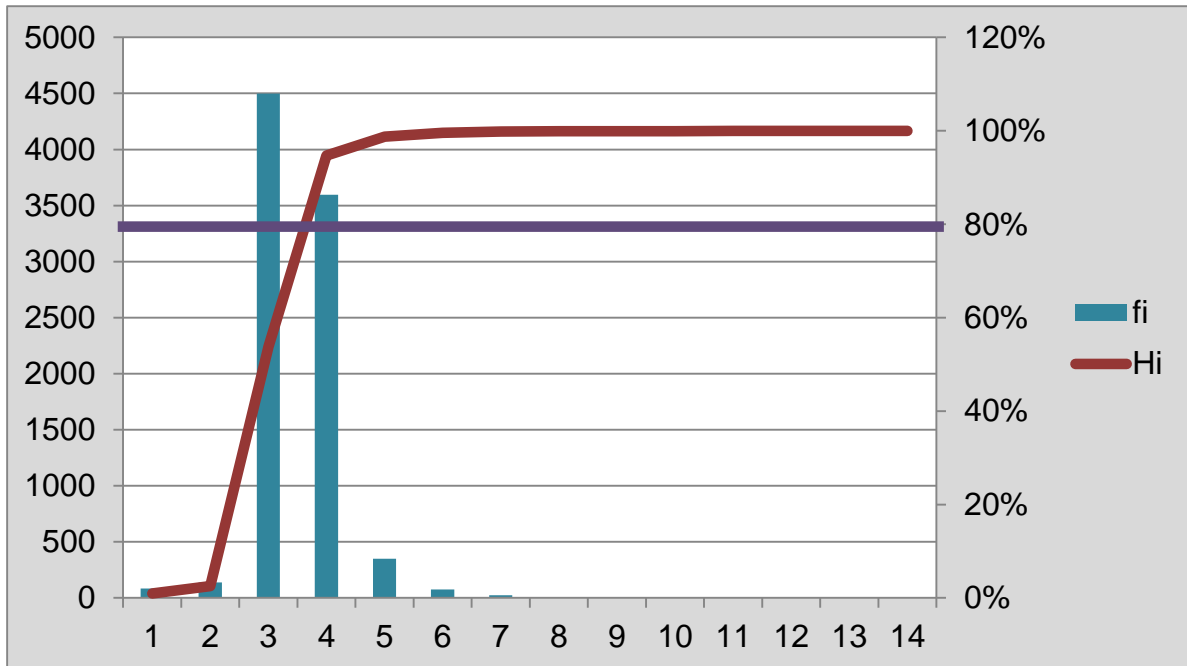


Figura N° 31: Diagrama de Pareto para calcular la duración promedio de refrigerio -descanso en el año 2017 en Gold Fields

A partir del diagrama de Pareto se puede observar que los datos más significativos se encuentran en el intervalo 3 y 4 es decir entre 52.7 y 104.8 minutos.

Luego se procedió a validar los 8,787 datos que se encuentran entre los límites mencionados anteriormente y se calculó la duración promedio por la demora para cada mes.

A continuación, se muestra la duración promedio de refrigerio – descanso durante el 2017 en Gold Fields.

Tabla N° 51: Duración promedio del refrigerio - descanso durante el 2017 en Gold Fields

Mes	Duración Promedio (min)
Enero	83.1
Febrero	75.4
Marzo	72.2
Abril	77.6
Mayo	77.4
Junio	79.1
Julio	77.4
Agosto	78.3
Septiembre	77.2
Octubre	78.0
Noviembre	79.2
Diciembre	80.6
Promedio	78.1

Del gráfico anterior se observa que la duración promedio del refrigerio descanso en Gold Fields es de 78.1 min para el año 2017.

3.12. Cambio de turno

El cambio de turno día normalmente debe ser a las 07:00 p.m y a las 07:00 a.m pero actualmente se parquea entre las 06:20 y 06:30 y se reinicia entre las 07:00 a 07:15 tanto para cambio de turno día y cambio de turno noche.

3.12.1. Descripción de actividades

- El cambio de turno inicia cuando los volquetes empiezan a llegar a PLF3 e ingresan al sistema Control Sense la demora cambio de turno.
- El inicio de cada turno es cuando los operadores ingresan al sistema su estado y se dirigen a los frentes de carguío asignados.

3.12.2. Cambio de turno - día

Para calcular el tiempo perdido por la demora cambio de turno – turno día se tomaron 10,969 datos registrados en el sistema Control Sense de los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 52: Resumen de datos utilizados para calcular la duración promedio del cambio de turno – día en Gold Fields durante el 2017

	Li	Ls	xi	fi	Fi	hi	Hi
1	0.3	26.0	13.14	315	315	3%	3%
2	26.0	51.6	38.78	5,676	5,991	52%	55%
3	51.6	77.2	64.42	3,837	9,828	35%	90%
4	77.2	102.9	90.06	870	10,698	8%	98%
5	102.9	128.52	115.70	209	10,907	2%	99%
6	128.5	154.2	141.34	45	10,952	0%	100%
7	154.2	179.8	166.98	6	10,958	0%	100%
8	179.8	205.4	192.62	3	10,961	0%	100%
9	205.4	231.1	218.26	3	10,964	0%	100%
10	231.1	256.7	243.90	1	10,965	0%	100%
11	256.7	282.4	269.54	0	10,965	0%	100%
12	282.4	308.0	295.19	0	10,965	0%	100%
13	308.0	333.6	320.83	1	10,966	0%	100%
14	333.6	359.3	346.47	2	10,968	0%	100%
15	359.3	384.9	372.11	1	10,969	0%	100%

Se procedió a graficar con los datos de la tabla anterior utilizando las frecuencias

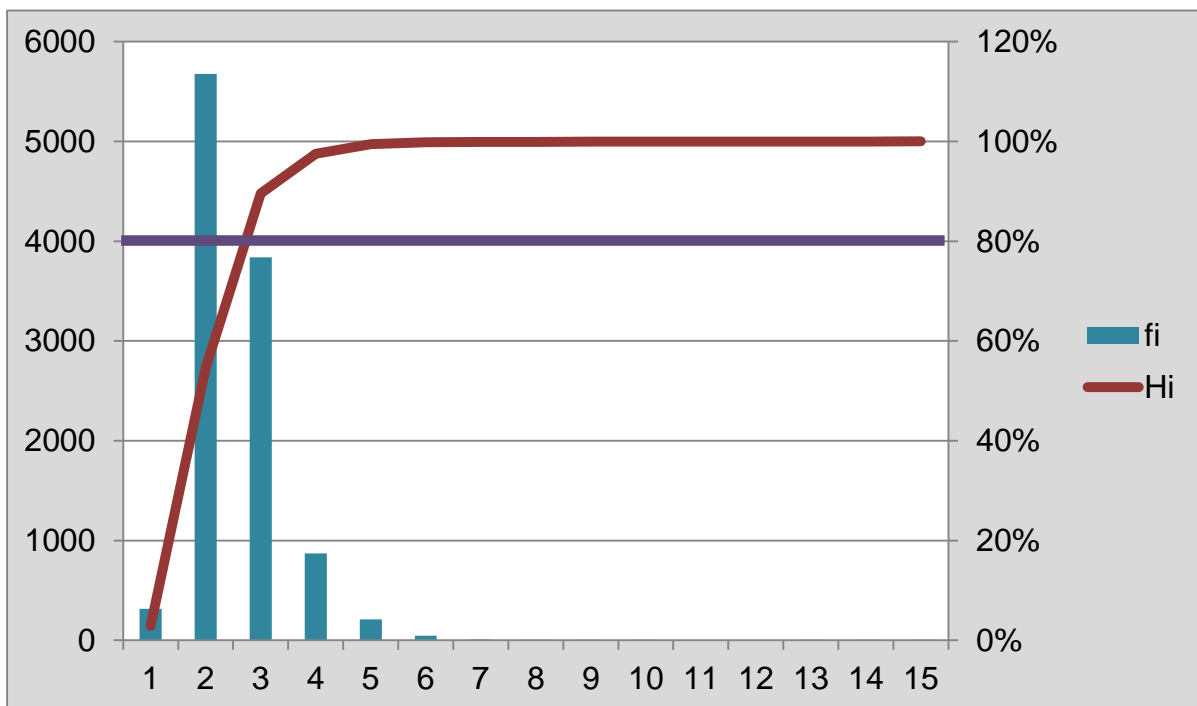


Figura N° 32: Diagrama de Pareto para calcular la duración promedio de cambio de turno día en el año 2017 en Gold Fields

Del diagrama de Pareto anterior se observa que el intervalo más significativo es el intervalo 2 que está comprendido entre 26 y 51.6 minutos por lo que se procedió a validar los 10,969 datos y se calculó la duración promedio de la demora por cada mes.

Tabla N° 53: Duración promedio del cambio de turno en Gold Fields en el año 2017

Mes	Duración Promedio (min)
Enero	42.4
Febrero	39.3
Marzo	39.1
Abril	39.7
Mayo	39.6
Junio	41.5
Julio	41.6
Agosto	42.1
Septiembre	41.2
Octubre	41.4
Noviembre	42.6
Diciembre	42.1
Promedio	41.0

De la tabla anterior se puede visualizar que la duración promedio del cambio de turno día es de 41 min.

3.12.3. Cambio de turno - noche

Para el cambio de turno noche se tomó 11,127 datos del registro de demoras en el sistema Control Sense los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 54: Resumen de datos utilizados para calcular la duración promedio del cambio de turno – noche en Gold Fields durante el 2017

	Li	Ls	xi	fi	Fi	hi	Hi
1	0.68	36.2	18.46	1,724	1,724	15%	15%
2	36.2	71.8	54.03	7,770	9,494	70%	85%
3	71.8	107.4	89.59	1,483	10,977	13%	99%
4	107.4	142.9	125.15	121	11,098	1%	100%
5	142.9	178.5	160.71	17	11,115	0%	100%
6	178.5	214.1	196.27	5	11,120	0%	100%
7	214.1	249.6	231.84	2	11,122	0%	100%
8	249.6	285.2	267.40	0	11,122	0%	100%
9	285.2	320.7	302.96	1	11,123	0%	100%
10	320.7	356.3	338.52	0	11,123	0%	100%
11	356.3	391.9	374.08	2	11,125	0%	100%
12	391.9	427.4	409.65	1	11,126	0%	100%
13	427.4	463.0	445.21	0	11,126	0%	100%
14	463.0	498.5	480.77	0	11,126	0%	100%
15	498.5	534.1	516.33	1	11,127	0%	100%

Luego se graficó las frecuencias:

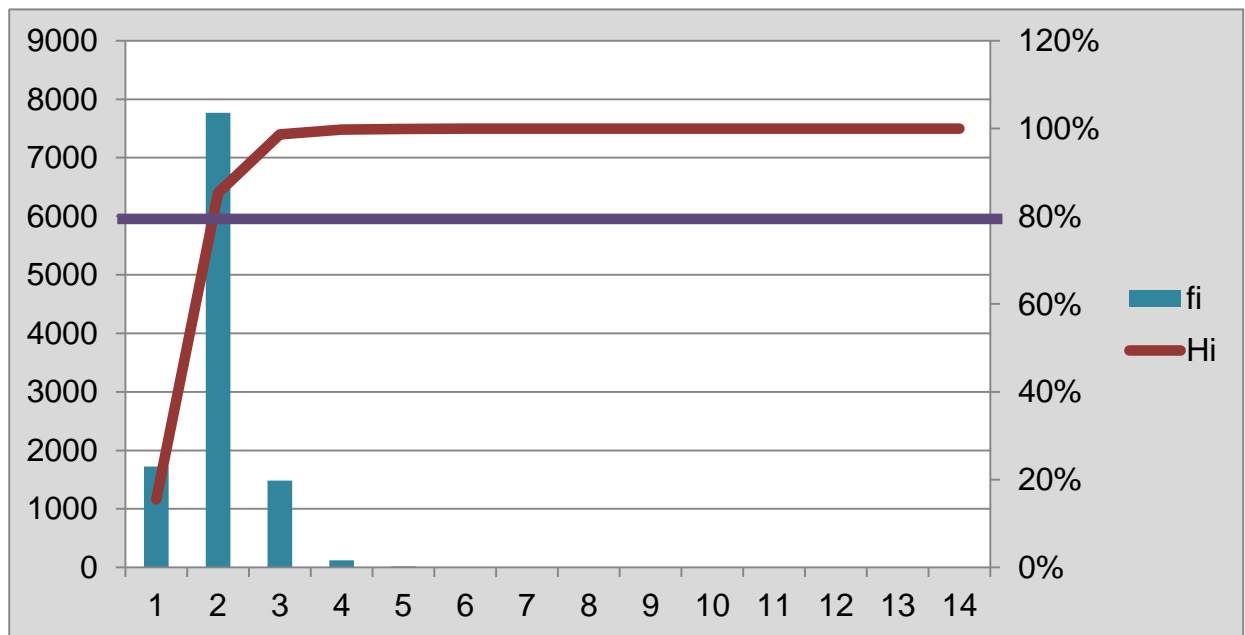


Figura N° 33: Diagrama de Pareto utilizado para calcular la duración promedio de cambio de turno noche en el año 2017 en Gold Fields

Del gráfico se puede observar que el poco vital se encuentra en el intervalo 2 lo que significa que la demora por cambio de turno noche oscila entre 36.2 min y 71.8 min.

A continuación, se procedió a validar los datos que se encuentran en dicho intervalo y se calculó la duración promedio de la demora siendo de 50.9 min tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 55: Duración promedio del cambio de turno noche en Gold Fields en el año 2017

Mes	Duración Promedio (min)
Enero	54.7
Febrero	49.2
Marzo	48.8
Abril	50.7
Mayo	50.4
Junio	51.9
Julio	51.6
Agosto	51.9
Septiembre	49.9
Octubre	51.7
Noviembre	49.3
Diciembre	50.8
Promedio	50.9

En resumen, la duración promedio por las demoras más significativas de Gold Fields durante el 2017 por mes, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla N° 56: Resumen de la duración promedio por mes de las demoras más significativas de Gold Fields en el año 2017

Demora	Refrigerio - descanso	Cambio de turno día	Cambio de turno noche
Enero	83.1	42.4	54.7
Febrero	75.4	39.3	49.2
Marzo	72.2	39.1	48.8
Abril	77.6	39.7	50.7
Mayo	77.4	39.6	50.4
Junio	79.1	41.5	51.9
Julio	77.4	41.6	51.6
Agosto	78.3	42.1	51.9
Septiembre	77.2	41.2	49.9
Octubre	78.0	41.4	51.7
Noviembre	79.2	42.6	49.3
Diciembre	80.6	42.1	50.8
Duración promedio (min)	78.1	41.0	50.9

3.13. Optimización de tiempos

3.13.1. Cambio de turno en caliente y comedor satelital

Para la optimización de la duración promedio de las demoras calculadas anteriormente, se propone la construcción de un área donde se realice un cambio de turno en caliente implementado con un comedor satelital con la finalidad de evitar demoras por traslados para el refrigerio – descanso y evitar que la operación pare totalmente en los cambios de turno.

Para la construcción de esta estructura se tuvo las siguientes consideraciones principales:

- El área debe ser una vía que transiten equipos con desmonte y mineral
- Planeamiento aseguró que el área no será utilizada para otros fines al menos en los próximos 3 años.
- El área se debe encontrar fuera del radio de voladura

Esta estructura está compuesta de:

- Comedor satelital
- Dos accesos (uno cargado por la derecha y otro vacío por la izquierda)
- 8 bahías para el cambio de turno
- SS. HH
- Oficina de OSPAT (sistema de monitoreo de fatiga)
- Carpa para la charla de seguridad
- Zona para el parqueo de volquetes
- Zona exclusiva de parqueo de camionetas, buses y combis.

Para el estudio se considera que el target de cambio de turno y refrigerio descanso deben demorar 20 min y 60 min respectivamente.

Se considera 20 min para el cambio de turno ya que en la estructura para el cambio de turno en caliente se cuenta con 8 bahías en las que se puede hacer el cambio de turno cargado o vacío y normalmente se tiene de 35 a 40

volquetes y por los tiempos que se está considerándose en los procedimientos el cambio de turno debe ser como máximo 20 min.

Para el refrigerio descanso por ley se tiene que debe ser como mínimo 45 min, pero en Gold Fields se considera 60 min por lo que utilizaremos estos targets para los cálculos que se realizarán más adelante.

Para calcular el tiempo perdido por las demoras más significativas es necesario indicar que en Gold Fields los meses se consideran a partir del 22, 23 o 24 de cada mes por lo que varía la cantidad de días de cada mes para el 2017 se tuvo la cantidad de días para cada mes como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 57: Cantidad de días de los meses calendario de Gold Fields durante el 2017

Mes	Cantidad de días
Enero	32
Febrero	31
Marzo	29
Abril	31
Mayo	29
Junio	31
Julio	31
Agosto	30
Septiembre	30
Octubre	31
Noviembre	31
Diciembre	29

3.13.2. Tiempo perdido en refrigerio - descanso

Tabla N° 58: Duración promedio, target y tiempo perdido por refrigerio - descanso en Gold Fields durante el 2017

Mes	Duración Promedio diario (min)	Target diario (min)	Duración Promedio Mensual (hr)	Target Mensual (hr)	Tiempo Perdido (hr)
Enero	83.1	60	44.3	32	12.3
Febrero	75.4	60	39.0	31	8.0
Marzo	72.2	60	34.9	29	5.9
Abril	77.6	60	40.1	31	9.1
Mayo	77.4	60	37.1	29	8.1
Junio	79.1	60	40.8	31	9.8
Julio	77.4	60	40.0	31	9.0
Agosto	78.3	60	39.1	30	9.1
Septiembre	77.2	60	38.6	30	8.6
Octubre	78.0	60	40.3	31	9.3
Noviembre	79.2	60	40.9	31	9.9
Diciembre	80.6	60	39.0	29	10.0

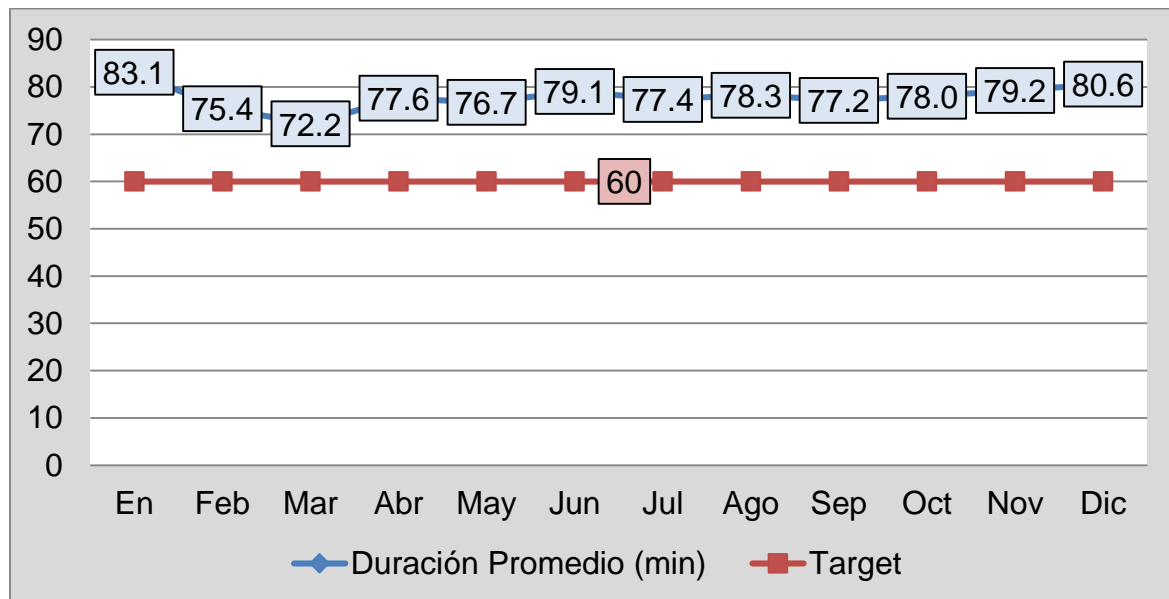


Figura N° 34: Duración promedio del refrigerio - descanso vs el target de 60 min en Gold Fields durante el 2017

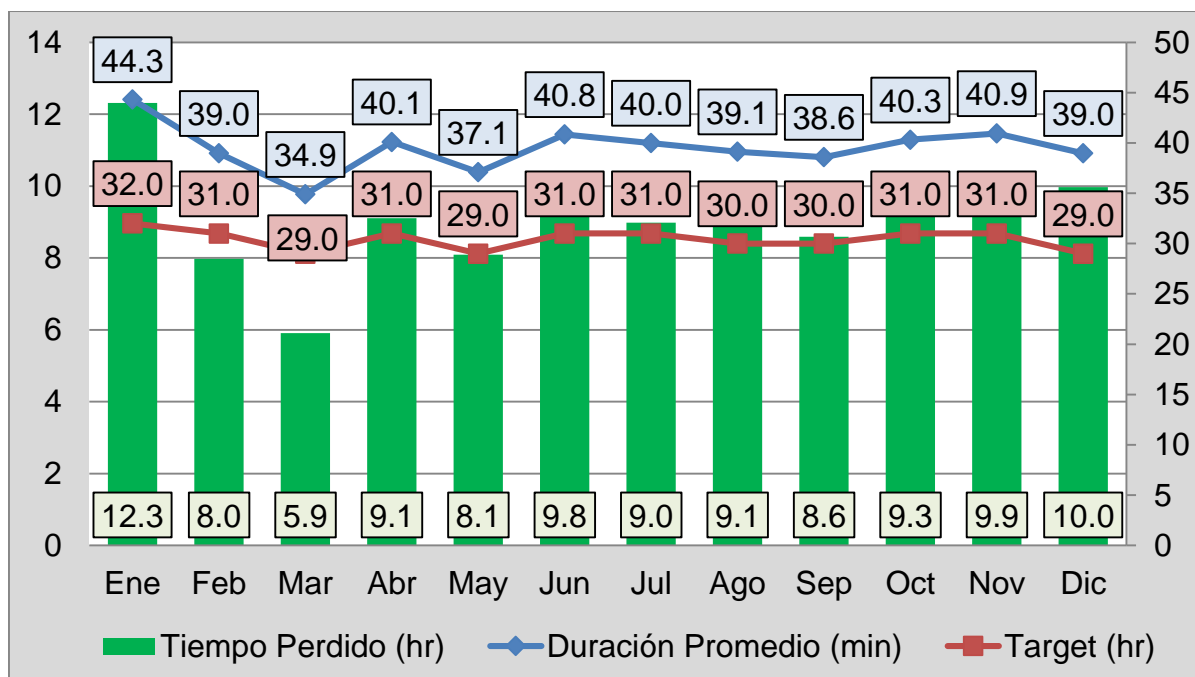


Figura N° 35: Duración promedio, target y tiempo perdido por refrigerio - descanso en Gold Fields en el año 2017

3.13.3. Tiempo perdido en cambio de turno - día

Tabla N° 59: Duración promedio, target y tiempo perdido por cambio de turno día en Gold Fields durante el 2017

Mes	Duración Promedio diario (min)	Target diario (min)	Duración Promedio Mensual (hr)	Target Mensual (hr)	Tiempo Perdido (hr)
Enero	42.4	20	22.6	10.7	12.0
Febrero	39.3	20	20.3	10.3	10.0
Marzo	39.1	20	18.9	9.7	9.2
Abril	39.7	20	20.5	10.3	10.2
Mayo	39.6	20	19.1	9.7	9.5
Junio	41.5	20	21.4	10.3	11.1
Julio	41.6	20	21.5	10.3	11.2
Agosto	42.1	20	21.0	10.0	11.0
Septiembre	41.2	20	20.6	10.0	10.6
Octubre	41.4	20	21.4	10.3	11.1
Noviembre	42.6	20	21.5	10.3	11.1
Diciembre	42.1	20	20.3	9.7	10.7

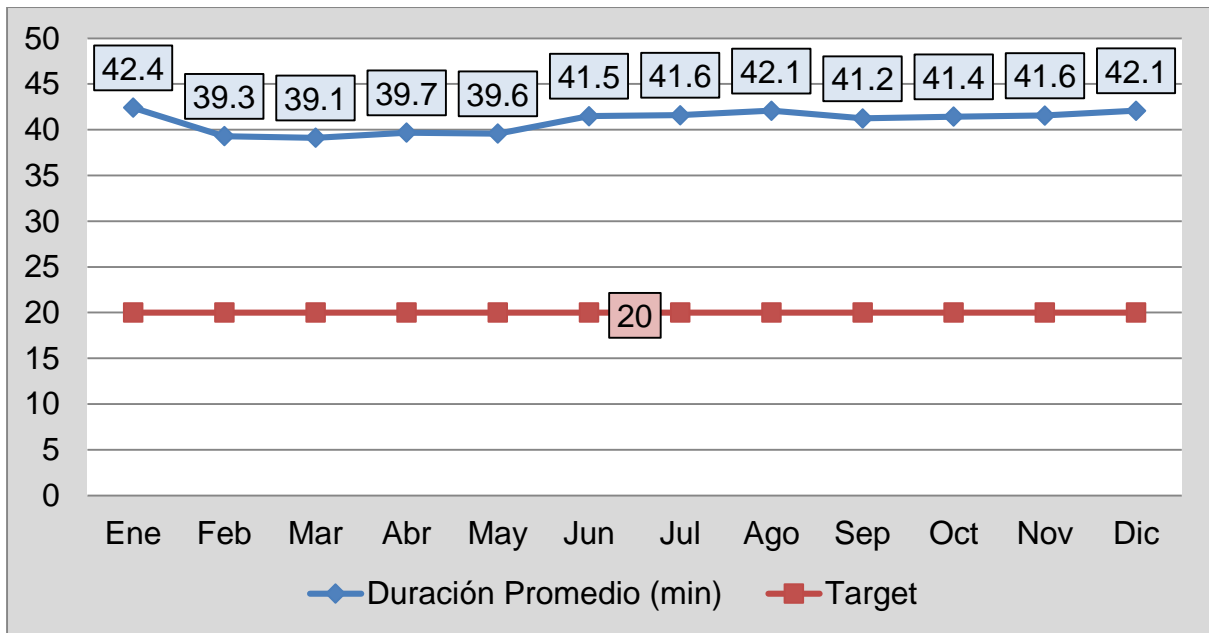


Figura N° 36: Duración promedio del cambio de turno día vs el target de 20 min en Gold Fields durante el 2017

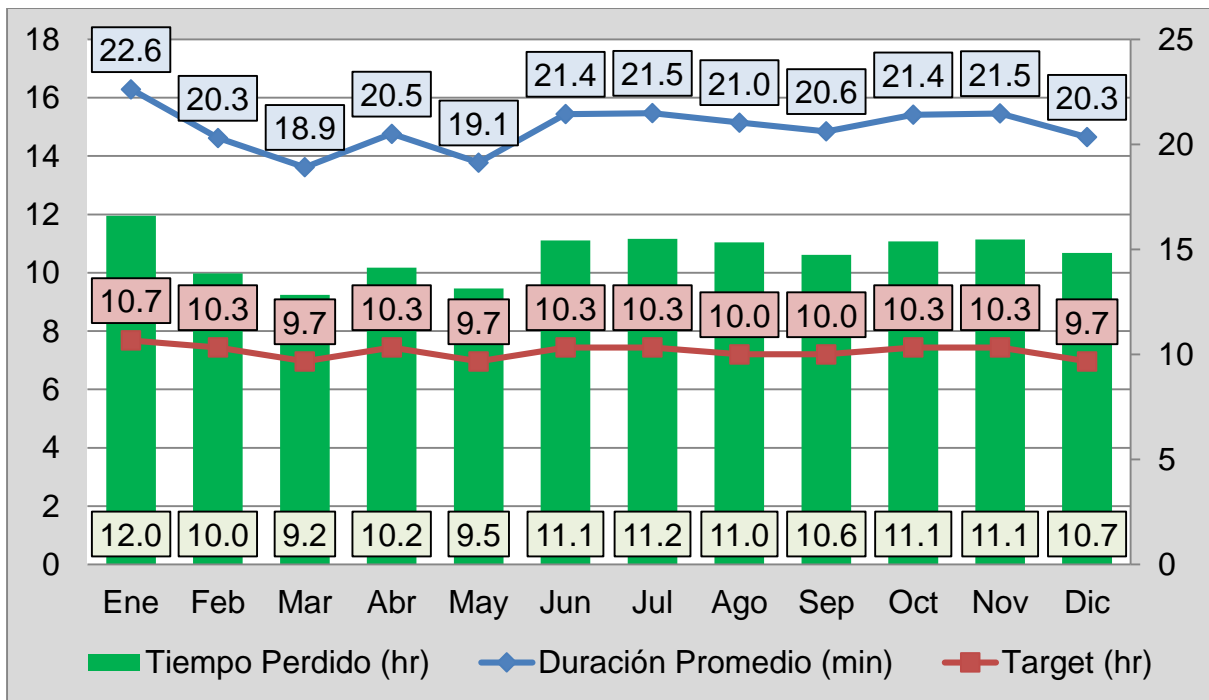


Figura N° 37: Duración promedio, target y tiempo perdido por cambio de turno día en Gold Fields en el año 2017

3.13.4. Tiempo perdido en cambio de turno - noche

Tabla N° 60: Duración promedio, target y tiempo perdido por cambio de turno noche en Gold Fields durante el 2017

Mes	Duración Promedio diario (min)	Target diario (min)	Duración Promedio Mensual (hr)	Target Mensual (hr)	Tiempo Perdido (hr)
Enero	54.7	20	29.2	10.7	18.5
Febrero	49.2	20	25.4	10.3	15.1
Marzo	48.8	20	23.6	9.7	13.9
Abril	50.7	20	26.2	10.3	15.8
Mayo	50.4	20	24.4	9.7	14.7
Junio	51.9	20	26.8	10.3	16.5
Julio	51.6	20	26.7	10.3	16.3
Agosto	51.9	20	25.9	10.0	15.9
Septiembre	49.9	20	24.9	10.0	14.9
Octubre	51.7	20	26.7	10.3	16.4
Noviembre	49.3	20	25.5	10.3	15.1
Diciembre	50.8	20	24.5	9.7	14.9

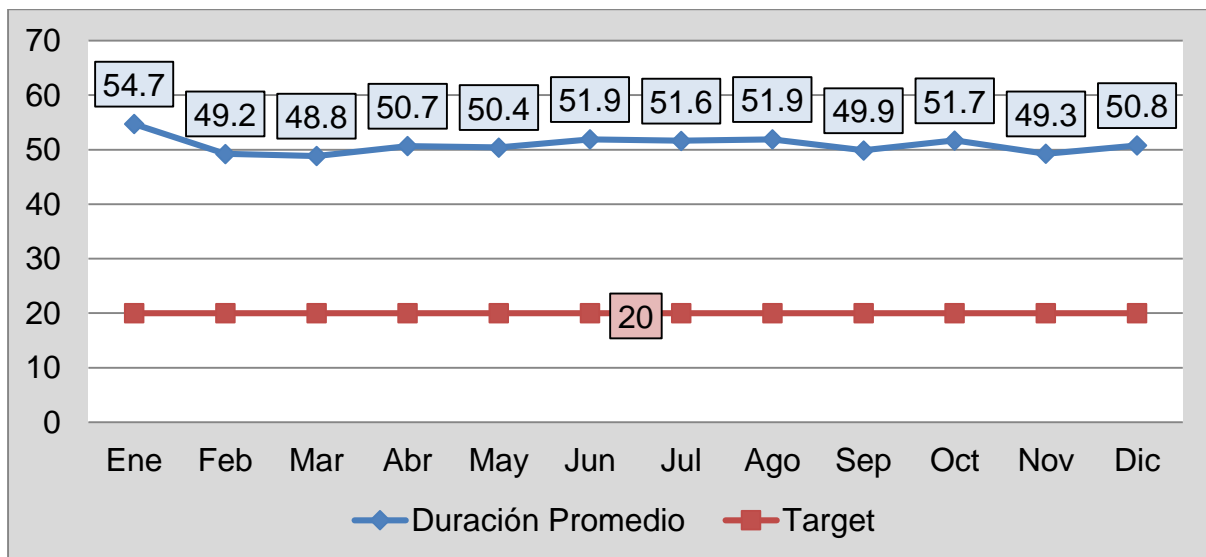


Figura N° 38: Duración promedio del cambio de turno noche vs el target de 20 min en Gold Fields durante el 2017

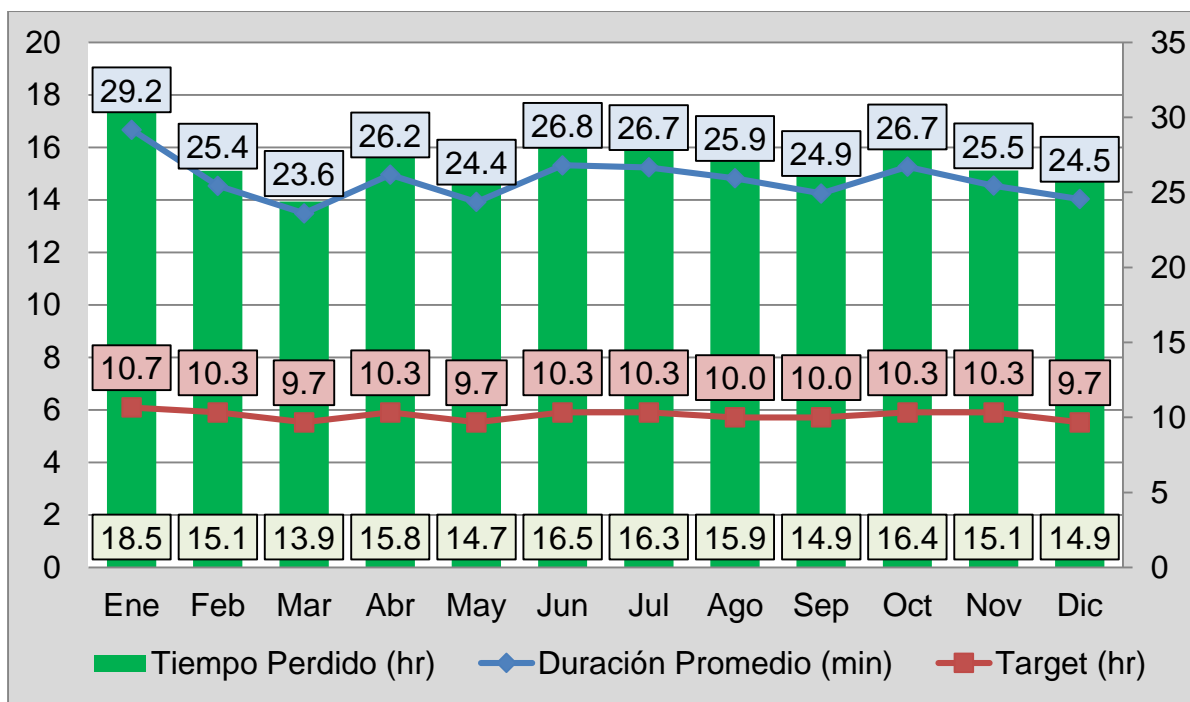


Figura N° 39: Duración promedio, target y tiempo perdido por cambio de turno noche en Gold Fields en el año 2017

Como ya se tiene el tiempo perdido en (hr) por cada mes, a continuación, se procedió a calcular las toneladas que se ha producido por hora mensualmente durante el año 2017 con la finalidad de cuantificar la cantidad de toneladas que se han dejado de producir por las demoras.

3.14. Toneladas movidas por hora durante el 2017

Se analizaron un total de 8253 datos de toda la producción hora de Gold Fields del 2017 de los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 61: Resumen de datos utilizados para calcular las toneladas movidas por hora en Gold Fields durante el 2017

	Li	Ls	xi	fi	hi	Fi	Hi
1	29	364	197	446	5%	446	5%
2	364	698	531	247	3%	693	8%
3	698	1,032	865	370	4%	1,063	13%
4	1,032	1,367	1,200	713	9%	1,776	22%
5	1,367	1,701	1,534	1065	13%	2,841	34%
6	1,701	2,035	1,868	1133	14%	3,974	48%
7	2,035	2,370	2,203	1015	12%	4,989	60%
8	2,370	2,704	2,537	1218	15%	6,207	75%
9	2,704	3,038	2,871	1119	14%	7,326	89%
10	3,038	3,373	3,206	707	9%	8,033	97%
11	3,373	3,707	3,540	201	2%	8,234	100%
12	3,707	4,042	3,874	15	0%	8,249	100%
13	4,042	4,376	4,209	3	0%	8,252	100%
14	4,376	4,710	4,543	1	0%	8,253	100%

A continuación, se graficó las frecuencias para analizar en el diagrama de Pareto como se observa a continuación:

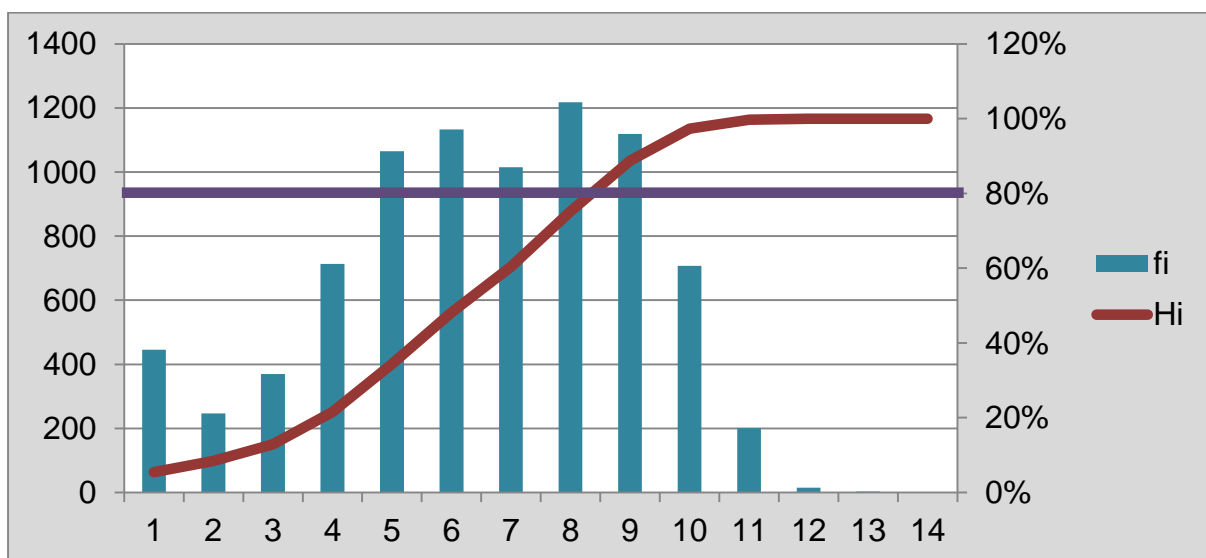


Figura N° 40: Diagrama de Pareto utilizado para calcular el tonelaje producido por hora en el año 2017 en Gold Fields

De la gráfica anterior se puede observar que las toneladas más comunes (pocos vitales) están comprendidos entre los intervalos 5 al 9 es decir su límite inferior es 1,367 y su límite superior es 3,038 que son las toneladas

Con esos límites se procedió a filtrar los datos que están comprendidos en esos límites y se calculó el promedio y se obtuvo una producción por hora por mes tal como se muestra en la siguiente gráfica:

Tabla N° 62: Tn/hr de material producido por mes en Gold Fields durante el 2017

Mes	Tn/hr
Enero	1,555.7
Febrero	1,869.0
Marzo	1,614.3
Abril	1,886.7
Mayo	2,211.8
Junio	2,452.6
Julio	2,264.2
Agosto	2,329.6
Septiembre	2,442.9
Octubre	2,325.6
Noviembre	2,303.3
Diciembre	2,209.6

3.14.1. Toneladas dejadas de producir por refrigerio - descanso

Calculadas las toneladas por hora que se han movido en Gold Fields en el año 2017, se procede a cuantificar las toneladas dejadas de producir en la demora por refrigerio – descanso.

Tabla N° 63: Tonelaje dejado de producir por las horas perdidas por refrigerio - descanso en Gold Fields en el año 2017

Mes	Tiempo perdido (hr)	Tn/hr	Tonelaje dejado de producir
Enero	12.3	1,556	19,154
Febrero	8.0	1,869	14,898
Marzo	5.9	1,614	9,531
Abril	9.1	1,887	17,180
Mayo	8.1	2,212	17,899
Junio	9.8	2,453	24,143
Julio	9.0	2,264	20,342
Agosto	9.1	2,330	21,279
Septiembre	8.6	2,443	20,980
Octubre	9.3	2,326	21,680
Noviembre	9.9	2,303	22,894
Diciembre	10.0	2,210	22,038
Total	109.2		232,018

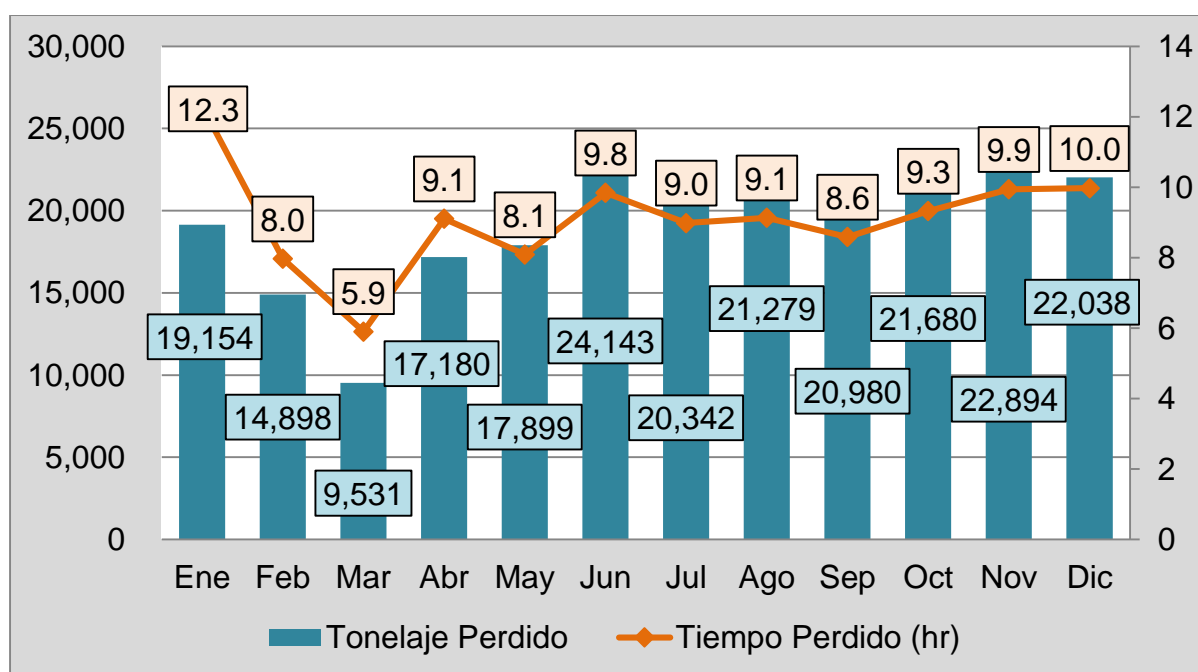


Figura N° 41: Tonelaje perdido por horas perdidas mensualmente en Gold Fields en el año 2017 por refrigerio – descanso

3.14.2. Toneladas dejadas de producir por cambio de turno día

Tabla N° 64: Tonelaje dejado de producir por las horas perdidas por cambio de turno día en Gold Fields en el año 2017

Mes	Tiempo perdido (hr)	Tn/hr	Tonelaje dejado de producir
Enero	12.0	1,556	18,596
Febrero	10.0	1,869	18,636
Marzo	9.2	1,614	14,920
Abril	10.2	1,887	19,186
Mayo	9.5	2,212	20,933
Junio	11.1	2,453	27,236
Julio	11.2	2,264	25,260
Agosto	11.0	2,330	25,720
Septiembre	10.6	2,443	25,933
Octubre	11.1	2,326	25,751
Noviembre	11.1	2,303	25,654
Diciembre	10.7	2,210	23,587
Total	127.6		271,411

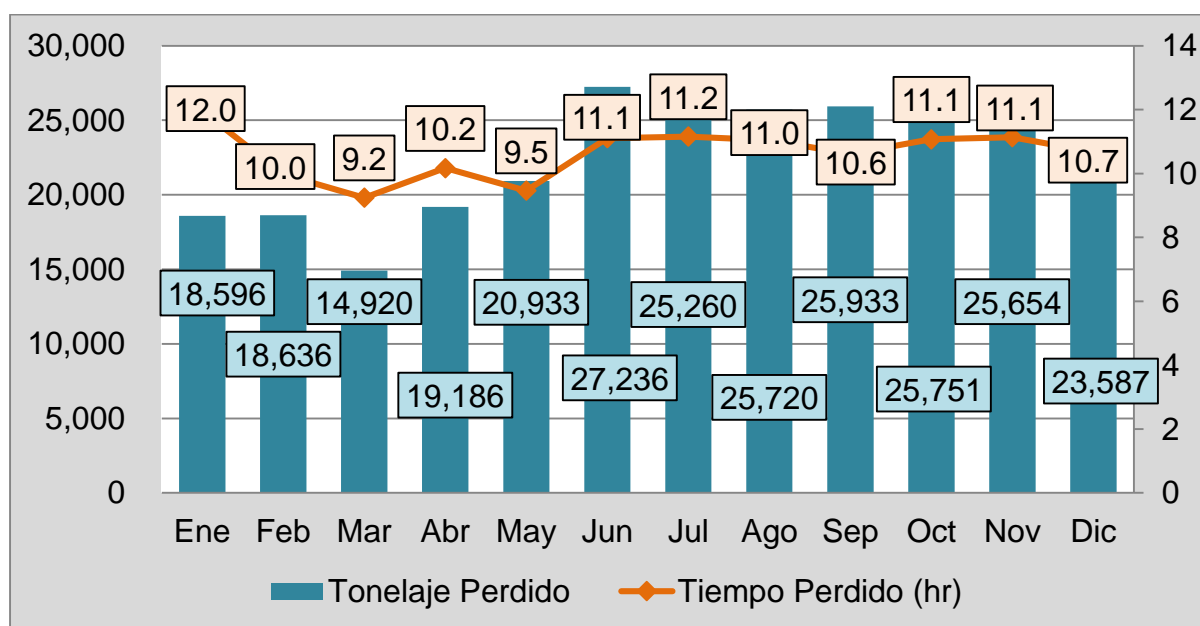


Figura N° 42: Tonelaje perdido por horas perdidas mensualmente en Gold Fields en el año 2017 por cambio de turno día

3.14.3. Toneladas dejadas de producir por cambio de turno noche

Tabla N° 65: Tonelaje dejado de producir por las horas perdidas por cambio de turno noche en Gold Fields en el año 2017

Mes	Tiempo perdido (hr)	Tn/hr	Tonelaje dejado de producir
Enero	18.5	1,556	28,791
Febrero	15.1	1,869	28,230
Marzo	13.9	1,614	22,499
Abril	15.8	1,887	29,890
Mayo	14.7	2,212	32,505
Junio	16.5	2,453	40,400
Julio	16.3	2,264	36,985
Agosto	15.9	2,330	37,136
Septiembre	14.9	2,443	36,474
Octubre	16.4	2,326	38,079
Noviembre	15.1	2,303	34,821
Diciembre	14.9	2,210	32,887
Total	188.1		398,698

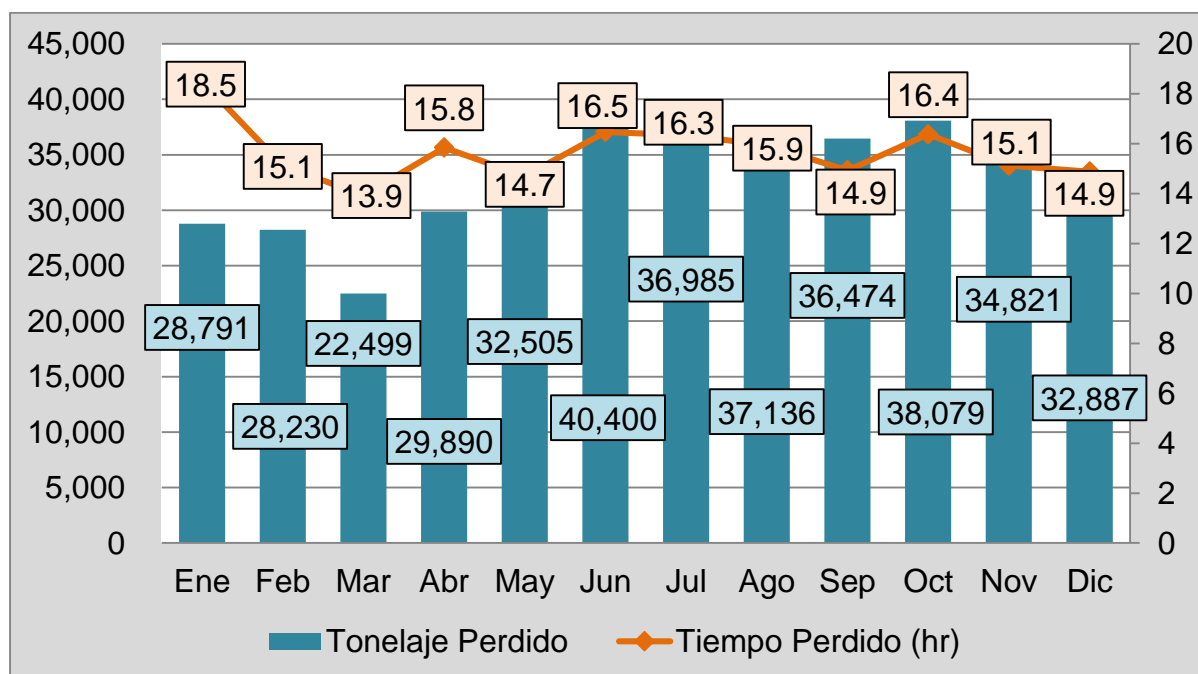


Figura N° 43: Tonelaje perdido por horas perdidas mensualmente en Gold Fields en el año 2017 por cambio de turno noche

En resumen:

Tabla N° 66: Resumen del tiempo perdido en las demoras más significativas en Gold Fields en el año 2017

Demora	Tiempo perdido (hr)	Tonelaje dejado de producir
Refrigerio - descanso	109.2	232,017.5
Cambio de turno (día)	127.6	271,410.7
Cambio de turno (noche)	188.1	398,698.2
Total	424.9	902,126.4

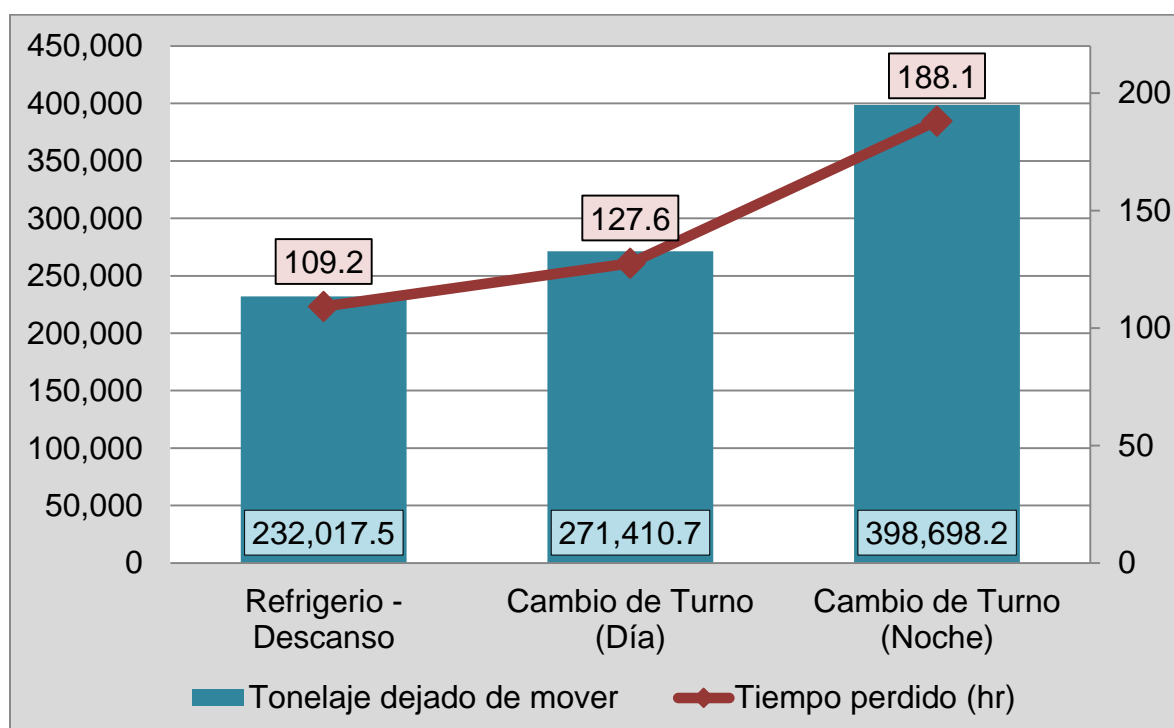


Figura N° 44: Tonelaje dejado de producir por las demoras más significativas en Gold Fields durante el año 2017

3.15. Valorización de toneladas dejadas de producir el 2017

Para valorizar las toneladas que se han dejado de producir producto de las demoras más significativas se utilizó datos que emite el área de planeamiento los cuales se pueden visualizar en la siguiente tabla:

Tabla N° 67: Datos utilizados para la valorización de toneladas dejadas de producir en Gold Fields en el año 2017

	En	Feb	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Radio desmonte mineral	0.76	0.87	0.82	0.72	1.32	0.85	1.41	1.08	1.71	1.30	1.53	1.23
Au (g/t)	0.77	0.71	0.88	0.92	0.84	0.99	1.01	0.95	1.09	0.97	1.18	1.40
Cu (%)	45.4%	53.5%	58.9%	58.1%	54.9%	46.2%	59.6%	55.2%	60.5%	52.7%	59.6%	58.2%
Recuperación Au (%)	73.2%	71.3%	69.7%	72.1%	68.6%	70.1%	69.4%	72.4%	69.4%	73.3%	68.5%	70.5%
Recuperación Cu (%)	85.8%	87.5%	89.8%	86.2%	87.2%	84.5%	86.7%	88.7%	90.7%	88.3%	86.8%	87.0%
Precio Au (US\$/oz)	1,181	1,221	1,230	1,263	1,246	1,264	1,233	1,271	1,319	1,286	1,279	1,268
Precio Cu (US\$/t)	5,653	5,938	5,827	5,719	5,575	5,685	5,816	6,324	6,614	6,648	6,646	6,746
Gasto de tratamiento y refinación Au (\$/oz)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
Gasto de tratamiento y refinación Cu (\$/t)	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Costo unitario Procesos (US\$/t milled)	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
Costo unitario gastos generales (US\$/t milled)	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33
Costo transporte (US\$/dmt)	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8
Costo de minado (\$/tn)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4

Fuente: Gold Fields, 2017

A continuación, con el radio de desmonte mineral se calculó la cantidad de mineral y desmonte que se perdió mensualmente para las demoras más significativas tal como se puede ver a continuación en las siguientes tablas:

3.15.1. Toneladas de mineral y desmonte dejado de producir por refrigerio - descanso

Tabla N° 68: Tonelaje dejado de producir por mes en el año 2017 de acuerdo a su valor económico por refrigerio - descanso

Mes	Tonelaje dejado de producir	d/m	Tn de mineral	Tn de desmonte
Enero	19,154	0.76	10,879	8,275
Febrero	14,898	0.87	7,969	6,929
Marzo	9,531	0.82	5,240	4,291
Abril	17,180	0.72	9,976	7,203
Mayo	17,899	1.32	7,719	10,180
Junio	24,143	0.85	13,053	11,090
Julio	20,342	1.41	8,444	11,898
Agosto	21,279	1.08	10,206	11,073
Septiembre	20,980	1.71	7,739	13,241
Octubre	21,680	1.30	9,406	12,274
Noviembre	22,894	1.53	9,062	13,832
Diciembre	22,038	1.23	9,905	12,133
Total	232,018		109,598	122,420

Valorizando las toneladas de mineral dejadas de producir y restando el costo de transportar el desmonte se puede calcular cuánto de dinero se perdió por el material no producido

➤ **Pérdida por material no producido por refrigerio – descanso**

Tabla N° 69: Pérdida por material no producido por refrigerio - descanso en Gold Fields en el año 2017

Mes	Pérdida por material no producido (\$)
Enero	270,475
Febrero	210,080
Marzo	163,911
Abril	307,310
Mayo	232,827
Junio	326,712
Julio	282,305
Agosto	349,211
Septiembre	241,531
Octubre	297,855
Noviembre	364,242
Diciembre	416,777
Total	3,463,235

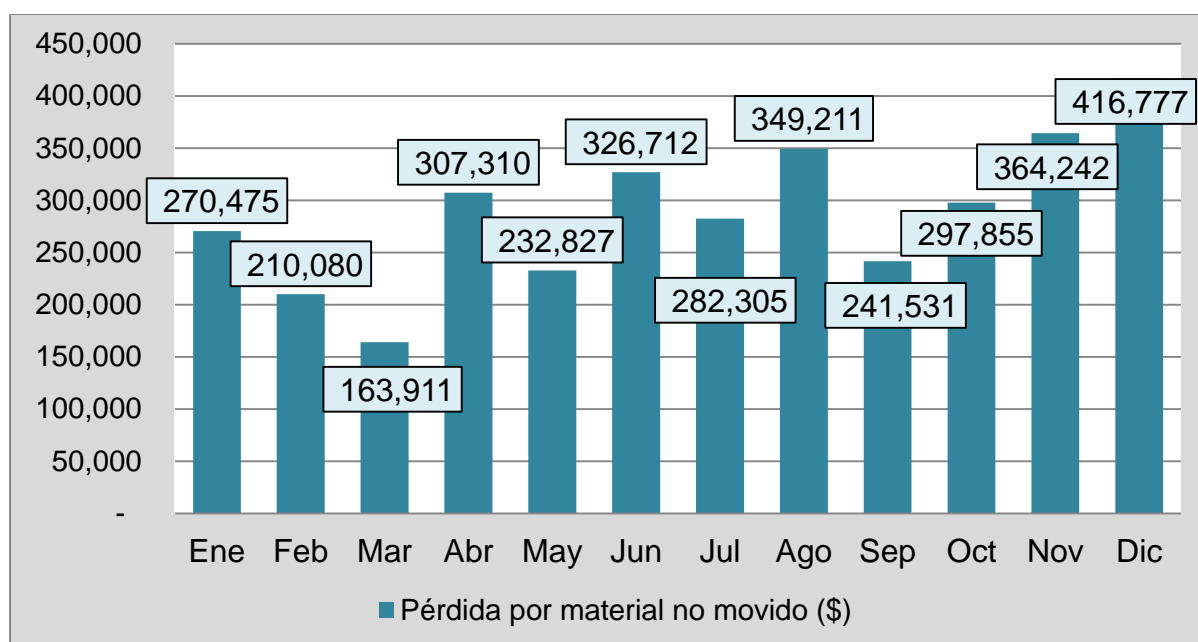


Figura N° 45: Dinero perdido por el material no producido mensual en Gold Fields durante el 2017 por refrigerio - descanso

3.15.2. Toneladas de mineral y desmonte dejado de producir por cambio de turno día

Tabla N° 70: Tonelaje dejado de producir por mes en el año 2017 de acuerdo a su valor económico por cambio de turno día

Mes	Tonelaje dejado de producir	d/m	Tn de mineral	Tn de desmonte
Enero	18,596	0.76	10,562	8,034
Febrero	18,636	0.87	9,968	8,668
Marzo	14,920	0.82	8,203	6,717
Abril	19,186	0.72	11,141	8,045
Mayo	20,933	1.32	9,028	11,905
Junio	27,236	0.85	14,725	12,511
Julio	25,260	1.41	10,486	14,774
Agosto	25,720	1.08	12,336	13,384
Septiembre	25,933	1.71	9,566	16,367
Octubre	25,751	1.30	11,173	14,578
Noviembre	25,654	1.53	10,154	15,500
Diciembre	23,587	1.23	10,601	12,986
Total	271,411		127,942	143,469

➤ Pérdida por material no producido por cambio de turno día

Tabla N° 71: Pérdida por material no producido por cambio de turno día en Gold Fields en el año 2017

Mes	Pérdida por material no producido (\$)
Enero	262,600
Febrero	262,791
Marzo	256,586
Abril	343,198
Mayo	272,286
Junio	368,574
Julio	350,550
Agosto	422,084
Septiembre	298,553
Octubre	353,790
Noviembre	408,154
Diciembre	446,061
Total	4,045,225

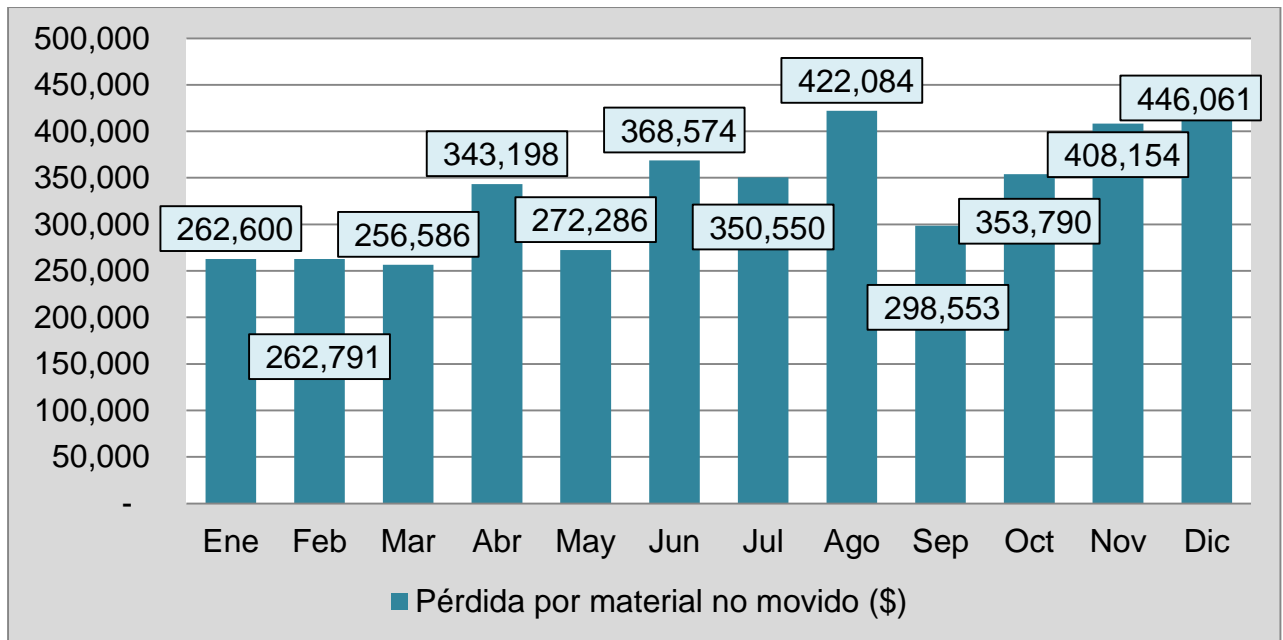


Figura N° 46: Dinero perdido por el material no producido mensual en Gold Fields durante el 2017 por cambio de turno día

3.15.3. Toneladas de mineral y desmonte dejado de producir por cambio de turno noche

Tabla N° 72: Tonelaje dejado de producir por mes en el año 2017 de acuerdo a su valor económico por cambio de turno noche

Mes	Tonelaje dejado de producir	d/m	Tn de mineral	Tn de desmonte
Enero	28,791	0.76	16,353	12,438
Febrero	28,230	0.87	15,100	13,130
Marzo	22,499	0.82	12,370	10,129
Abril	29,890	0.72	17,358	12,533
Mayo	32,505	1.32	14,019	18,487
Junio	40,400	0.85	21,842	18,558
Julio	36,985	1.41	15,353	21,632
Agosto	37,136	1.08	17,812	19,324
Septiembre	36,474	1.71	13,454	23,020
Octubre	38,079	1.30	16,522	21,558
Noviembre	34,821	1.53	13,783	21,039
Diciembre	32,887	1.23	14,780	18,106
Total	398,698		188,744	209,954

➤ Pérdida por material no producido por cambio de turno noche

Tabla N° 73: Pérdida por material no producido por cambio de turno noche en Gold Fields en el año 2017

Mes	Pérdida por material no producido (\$)
Enero	406,562
Febrero	398,082
Marzo	386,937
Abril	534,675
Mayo	422,815
Junio	546,712
Julio	513,269
Agosto	609,443
Septiembre	419,904
Octubre	523,164
Noviembre	554,014
Diciembre	621,940
Total	5,937,516

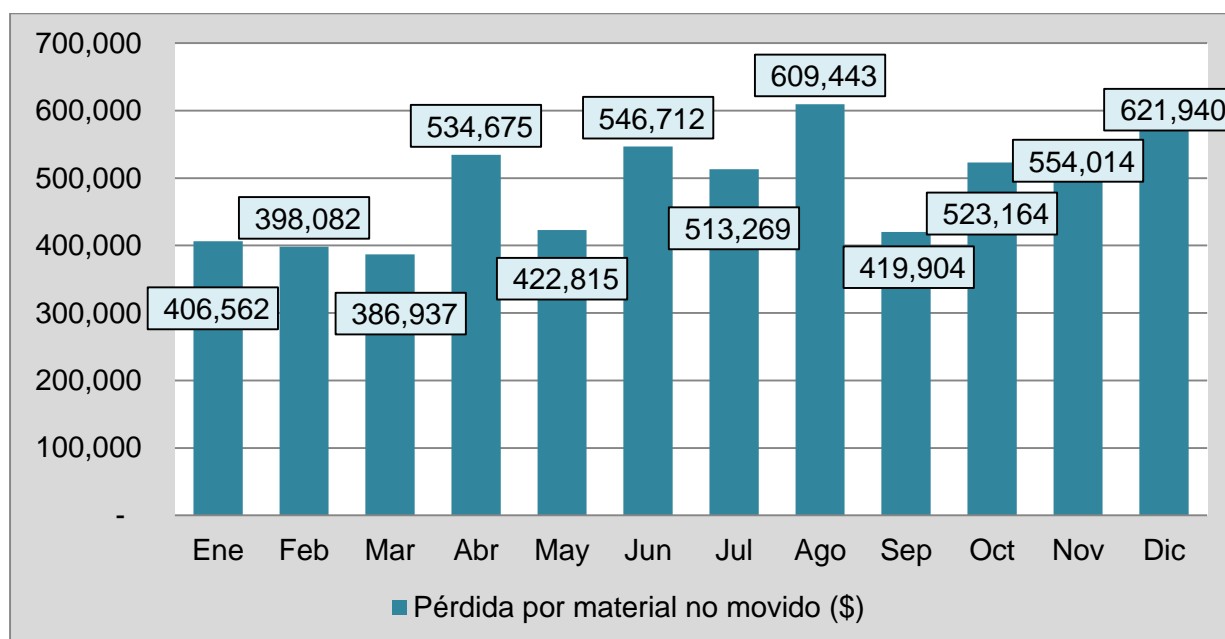


Figura N° 47: Dinero perdido por el material no producido mensual en Gold Fields durante el 2017 por cambio de turno noche

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Carguío

En el 2017 en Gold Fields se tuvo en carguío entre 5 a 6 excavadoras CAT 374 de las cuales sus horas totales fueron 44,374.8 horas de las cuales, 22,705.2 horas que representó el 51.17% fueron de operación, 5,894.8 que representó el 13.28% fue de demora, 10,073.6 horas que representó el 22.85% fue de stand by y de mantenimiento fue 5,701.1 horas que representó el 12.85%, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 74: Horas por estado de los equipos de carguío 2017

Estado	Duración (hr)	Porcentaje
Operativo	22,705.2	51.17%
Demora	5,894.8	13.28%
Stand By	10,073.6	22.70%
Mantenimiento	5,701.1	12.85%
Total	44,374.8	100.00%

De la tabla anterior se observa que la duración del stand by se encuentra en segundo lugar después de las horas operativas esto se debe a normalmente trabajaron 5 excavadoras y quedaba 1 en stand by como equipo no requerido, en el caso de las horas por demoras se vio incrementada por refrigerio – descanso y cambio de turno.

Los KPIs calculados para los equipos de carguío en Gold Fields en el año 2017, el target y su variación, se observan en la siguiente tabla:

Tabla N° 75: KPIs de carguío real, target y variación

KPIs de carguío	Real	Target	Variación
Uso del equipo	79.39%	82%	2.61%
Usage	58.71%	64%	5.29%
Utilización	51.17%	60%	8.83%
Disponibilidad Mecánica	87.15%	93%	5.85%
Uso de disponibilidad	73.95%	78%	4.05%

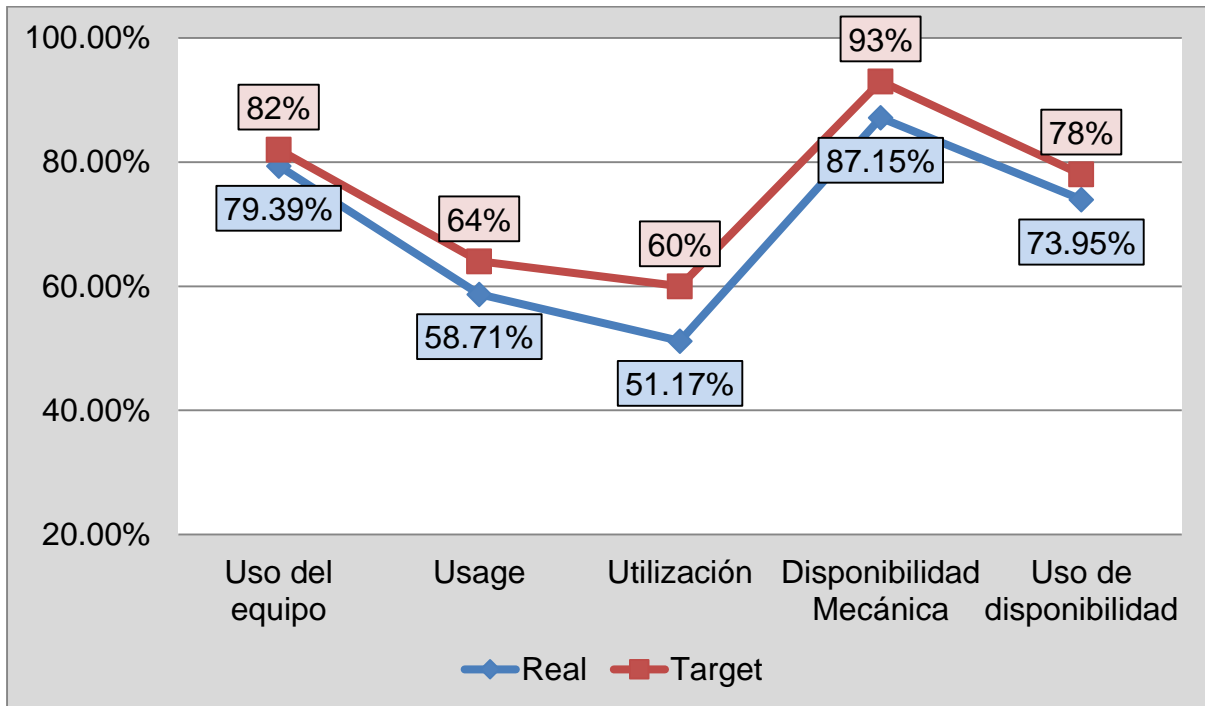


Figura N° 48: KPIs real de los equipos de carguío vs target

Del gráfico y de la tabla anterior se observa que los KPIs reales del 2017 están por debajo de los targets existiendo mayor variación en la utilización con 8.83%, disponibilidad mecánica con 5.85% y en usage con 5.29% esto debido a que estos indicadores involucran el stand by y como ya se explicó anteriormente, en dicho estado se tuvo un tiempo considerable.

4.2. Acarreo

En acarreo en el 2017 se tuvo 50 volquetes en promedio de los cuales sus horas totales fueron 336,045.2 horas de las cuales, 181,269.2 horas que representó el 53.94% fueron de operación, 42,815.9 que representó el 12.74% fue de demora, 49,781.2 horas que representó el 14.81% fue de

stand by y de mantenimiento fue 62,179.9 horas que representó el 18.5%, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 76: Horas por estado de los equipos de acarreo 2017

Estado	Duración (hr)	Porcentaje
Operativo	181,269.2	53.94%
Demora	42,815.9	12.74%
Stand By	49,781.2	14.81%
Mantenimiento	62,178.9	18.50%
Total	336,045.2	100.00%

De la tabla anterior se observa que después de las horas operativas en segundo lugar se tuvo a mantenimiento, se tuvo horas considerables en mantenimiento no programado por motor esto debido a que los volquetes que se tenían eran un poco antiguos.

Normalmente en el 2017 solo trabajaron de 38 a 40 volquetes lo que significaba que los demás volquetes estaban en stand by o en mantenimiento, las demoras principalmente se vieron afectadas por el refrigerio – descanso y los cambios de turno lo que se reflejan en las horas que se muestran en la tabla anterior.

Los KPIs calculados para los equipos de acarreo en Gold Fields en el año 2017, el target y su variación, se observan en la siguiente tabla:

Tabla N° 77: KPIs de carguío real, target y variación

KPIs de acarreo	Real	Target	Variación
Uso del equipo	80.89%	83%	2.11%
Usage	66.19%	70%	3.81%
Utilización	53.94%	63%	9.06%
Disponibilidad Mecánica	81.50%	90%	8.50%
Uso de disponibilidad	81.82%	84%	2.18%

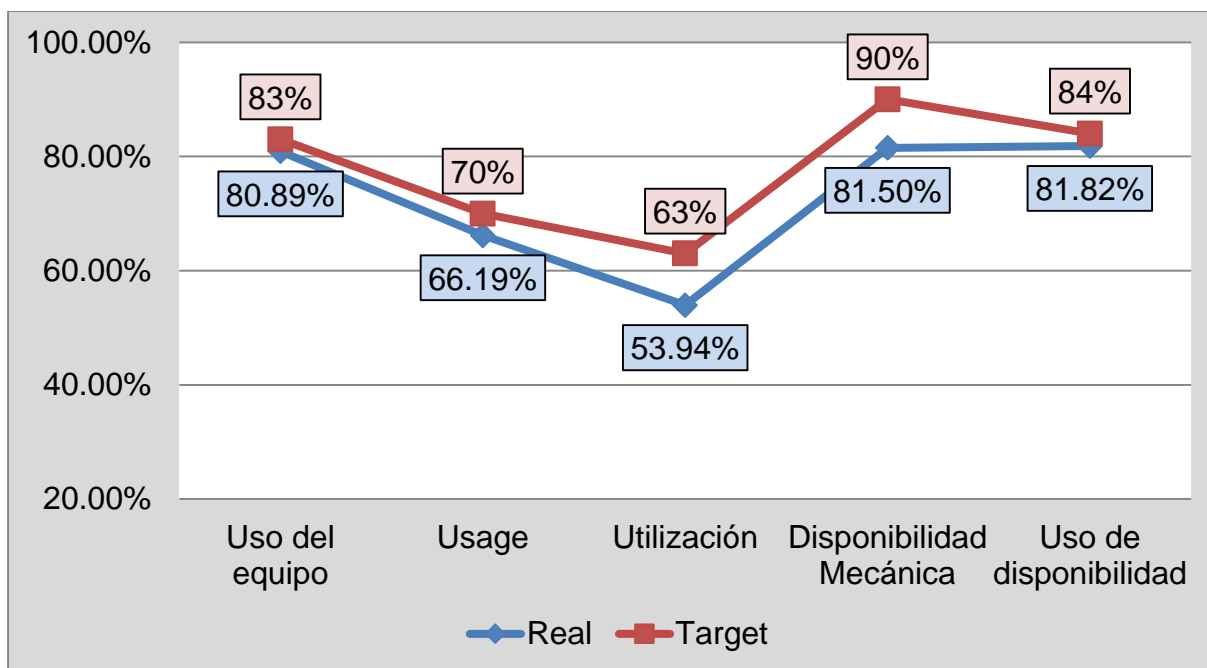


Figura N° 49: KPIs real de los equipos de acarreo vs target

Del gráfico y de la tabla anterior al igual que para el carguío se observa que los KPIs reales del 2017 están por debajo de los targets existiendo mayor variación en la utilización con 9.06% y disponibilidad mecánica con 8.5 % esto debido a que estos indicadores involucran el stand by y mantenimiento, estados que en el 2017 se tuvo una cantidad de horas considerable.

Al analizarse las demoras por diagrama de Pareto para los equipos de acarreo se tuvo las demoras más significativas fue por refrigerio – descanso y cambio de turno. De las 42,815.9 horas totales, 22,315.8 horas fue por refrigerio – descanso y representó el 52.1%, 16,456.5 horas fue por cambio de turno y representó el 38.4% turno tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla N° 78: Duración total de demoras por refrigerio – descanso y cambio de turno

Demora	Duración (Hr)	Porcentaje
Refrigerio-Descanso	22,315.8	52.1%
Cambio de Turno	16,456.5	38.4%
Total en Demoras	42,815.9	100%

Para poder analizar a más detalle se disgregó el cambio de turno en cambio de turno día y en cambio de turno noche, a continuación, en tabla se muestra la duración promedio de las demoras más significativas las cuales se encuentran por encima del target propuesto.

Tabla N° 79: Duración promedio, target propuesto y variación de las demoras más significativas

Demora	Duración promedio (min)	Target propuesto (min)	Diferencia (min)
Refrigerio - Descanso	78.1	60	18.1
Cambio de turno - día	41.0	20	21
Cambio de turno - noche	50.9	20	30.9

La producción por hora en Gold Fields en el año 2017 fue como se muestra a continuación en la tabla:

Tabla N° 80: Tn/hr por mes en Gold Fields durante el 2017

Mes	Tn/hr
Enero	1,555.7
Febrero	1,869.0
Marzo	1,614.3
Abril	1,886.7
Mayo	2,211.8
Junio	2,452.6
Julio	2,264.2
Agosto	2,329.6
Septiembre	2,442.9
Octubre	2,325.6
Noviembre	2,303.3
Diciembre	2,209.6

De la tabla anterior observa que la producción en los 4 primeros meses fue menor a la producción a partir del mes de mayo, esto debido a que en los primeros meses las condiciones climáticas y el estado de las vías no son las óptimas llegando incluso a parar la operación por vías resbaladizas o neblina. Con la producción hora mostrada en la tabla anterior se procedió a

cuantificar las toneladas que se dejan de producir por la diferencia de minutos de las demoras más significativas que se mostraron anteriormente, las toneladas dejadas de producir por refrigerio – descanso se detallan a continuación:

Tabla N° 81: Tiempo perdido y tonelaje dejado de producir por refrigerio - descanso

Mes	Tiempo perdido (hr)	Tonelaje dejado de producir	Tn de mineral	Tn de desmonte
Enero	12.3	19,154	10,879	8,275
Febrero	8.0	14,898	7,969	6,929
Marzo	5.9	9,531	5,240	4,291
Abril	9.1	17,180	9,976	7,203
Mayo	8.1	17,899	7,719	10,180
Junio	9.8	24,143	13,053	11,090
Julio	9.0	20,342	8,444	11,898
Agosto	9.1	21,279	10,206	11,073
Septiembre	8.6	20,980	7,739	13,241
Octubre	9.3	21,680	9,406	12,274
Noviembre	9.9	22,894	9,062	13,832
Diciembre	10.0	22,038	9,905	12,133
Total	109.2	232,018	109,598	122,420

De la tabla anterior se puede observar que en refrigerio – descanso en Gold Fields en el 2017 se perdió 109.2 horas lo que significó 232,018 toneladas dejadas de producir siendo 109,598 toneladas de mineral y 122,420 toneladas de desmonte,

Valorizadas las toneladas de mineral y descontando el costo por el tonelaje producido de desmonte significó una pérdida de \$ 3, 463,235 tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 82: Dinero perdido por mineral no producido en refrigerio – descanso

Mes	Pérdida por material no producido (\$)
Enero	270,475
Febrero	210,080
Marzo	163,911
Abril	307,310
Mayo	232,827
Junio	326,712
Julio	282,305
Agosto	349,211
Septiembre	241,531
Octubre	297,855
Noviembre	364,242
Diciembre	416,777
Total	3,463,235

Las toneladas dejadas de producir por cambio de turno – día se detallan en la siguiente tabla:

Tabla N° 83: Tiempo perdido y tonelaje dejado de producir por cambio de turno día

Mes	Tiempo perdido (hr)	Tonelaje dejado de producir	Tn de mineral	Tn de desmonte
Enero	12.0	18,596	10,562	8,034
Febrero	10.0	18,636	9,968	8,668
Marzo	9.2	14,920	8,203	6,717
Abril	10.2	19,186	11,141	8,045
Mayo	9.5	20,933	9,028	11,905
Junio	11.1	27,236	14,725	12,511
Julio	11.2	25,260	10,486	14,774
Agosto	11.0	25,720	12,336	13,384
Septiembre	10.6	25,933	9,566	16,367
Octubre	11.1	25,751	11,173	14,578
Noviembre	11.1	25,654	10,154	15,500
Diciembre	10.7	23,587	10,601	12,986
Total	127.6	271,411	127,942	143,469

De la tabla anterior se puede observar que en cambio de turno día en Gold Fields en el 2017 se perdió 127.6 horas lo que significó 271,411 toneladas dejadas de producir siendo 127,942 toneladas de mineral y 143,469

toneladas de desmote, valorizadas las toneladas de mineral y descontando el costo por el tonelaje producido de desmote significó una pérdida de \$ 4, 045,225 tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 84: Dinero perdido por mineral no producido en cambio de turno - día

Mes	Pérdida por material no producido (\$)
Enero	262,600
Febrero	262,791
Marzo	256,586
Abril	343,198
Mayo	272,286
Junio	368,574
Julio	350,550
Agosto	422,084
Septiembre	298,553
Octubre	353,790
Noviembre	408,154
Diciembre	446,061
Total	4,045,225

Las toneladas dejadas de producir por cambio de turno noche se detallan en la siguiente tabla:

Tabla N° 85: Tiempo perdido y tonelaje dejado de producir por cambio de turno noche

Mes	Tiempo perdido (hr)	Tonelaje dejado de producir	Tn de mineral	Tn de desmote
Enero	18.5	28,791	16,353	12,438
Febrero	15.1	28,230	15,100	13,130
Marzo	13.9	22,499	12,370	10,129
Abril	15.8	29,890	17,358	12,533
Mayo	14.7	32,505	14,019	18,487
Junio	16.5	40,400	21,842	18,558
Julio	16.3	36,985	15,353	21,632
Agosto	15.9	37,136	17,812	19,324
Septiembre	14.9	36,474	13,454	23,020
Octubre	16.4	38,079	16,522	21,558
Noviembre	15.1	34,821	13,783	21,039
Diciembre	14.9	32,887	14,780	18,106
Total	188.1	398,698	188,744	209,954

De la tabla anterior se puede observar que en cambio de turno noche en Gold Fields en el 2017 se perdió 188,1 horas lo que significó 398,698 toneladas dejadas de producir siendo 188,744 toneladas de mineral y 209,954 toneladas de desmonte.

Como se observa en la tabla anterior y en la tabla N° 84 la duración promedio y el tiempo perdido en el cambio de turno noche es mayor que el cambio de turno día ya que normalmente las charlas de seguridad del turno noche se prolongan más que las del turno día.

Valorizadas las toneladas de mineral y descontando el costo por el tonelaje producido de desmonte significó una pérdida de \$ 5, 937,516 tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 86: Dinero perdido por mineral no movido en cambio de turno noche

Mes	Pérdida por material no movido (\$)
Enero	406,562
Febrero	398,082
Marzo	386,937
Abril	534,675
Mayo	422,815
Junio	546,712
Julio	513,269
Agosto	609,443
Septiembre	419,904
Octubre	523,164
Noviembre	554,014
Diciembre	621,940
Total	5,937,516

En resumen, el total de material dejado de producir y su clasificación por su valor de las demoras más significativas de Gold Fields en el año 2017, lo podemos verificar en la siguiente tabla:

Tabla N° 87: Total de material dejado de producir en el 2017 por las demoras más significativas de acuerdo a su valor económico

Mes	Tn de mineral	Tn de desmante	Tn totales
Enero	37,795	28,747	66,542
Febrero	33,036	28,728	61,764
Marzo	25,813	21,136	46,949
Abril	38,475	27,781	66,256
Mayo	30,766	40,572	71,337
Junio	49,619	42,159	91,778
Julio	34,282	48,305	82,587
Agosto	40,354	43,781	84,135
Septiembre	30,758	52,629	83,387
Octubre	37,101	48,410	85,511
Noviembre	32,999	50,370	83,369
Diciembre	35,286	43,226	78,511
Total	426,284	475,843	902,126

De la tabla anterior se observa que de las 902,126 toneladas dejadas de producir en el Gold Fields en el 2017, 426,284 toneladas fueron de mineral y 475,843 toneladas de desmante lo que significó una pérdida de \$ 13,445,976 por el material dejado de producir.

Tabla N° 88: Pérdida por el material dejado de producir en el 2017 por las demoras más significativas en Gold Fields

Mes	Pérdida por material no producido (\$)
Enero	939,637
Febrero	870,953
Marzo	807,433
Abril	1,185,182
Mayo	927,928
Junio	1,241,999
Julio	1,146,124
Agosto	1,380,737
Septiembre	959,988
Octubre	1,174,808
Noviembre	1,326,410
Diciembre	1,484,778
Total	13,445,976

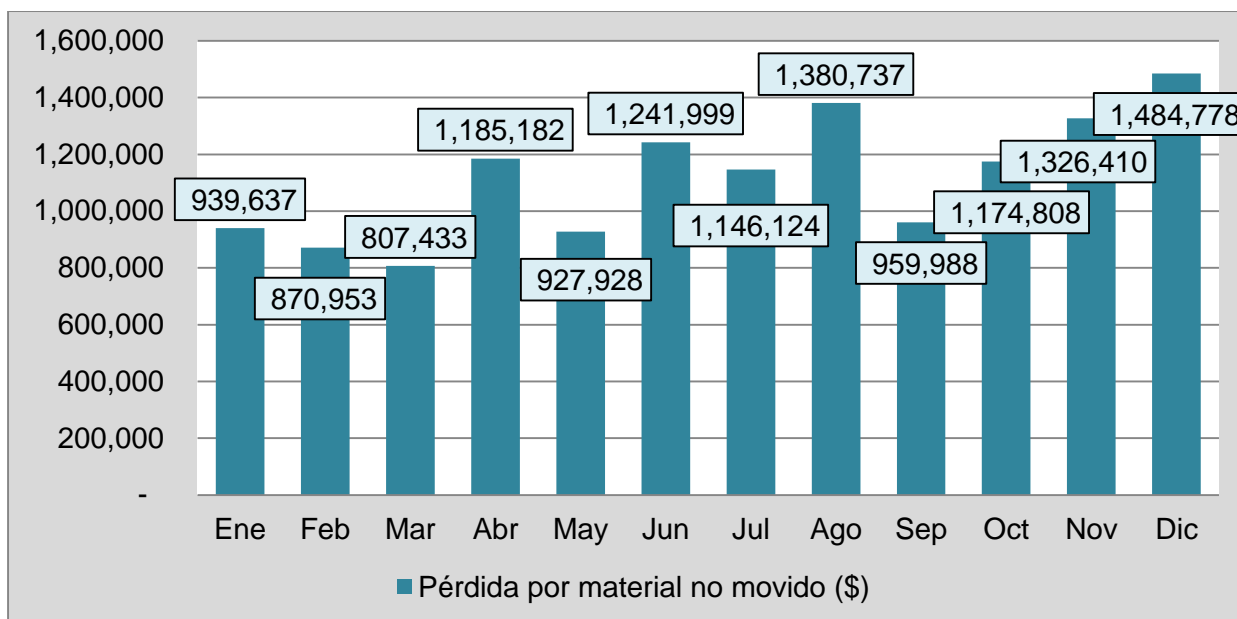


Figura N° 50: Dinero perdido por el material no producido mensualmente en Gold Fields durante el 2017 producto de las demoras más significativas

Tabla N° 89: Tonelaje perdido valorizado por demora

Demora	Tonelaje Valorizado (\$)
Refrigerio - Descanso	3,463,235
Cambio de Turno (Día)	4,045,225
Cambio de Turno (Noche)	5,937,516
Total	13,445,976

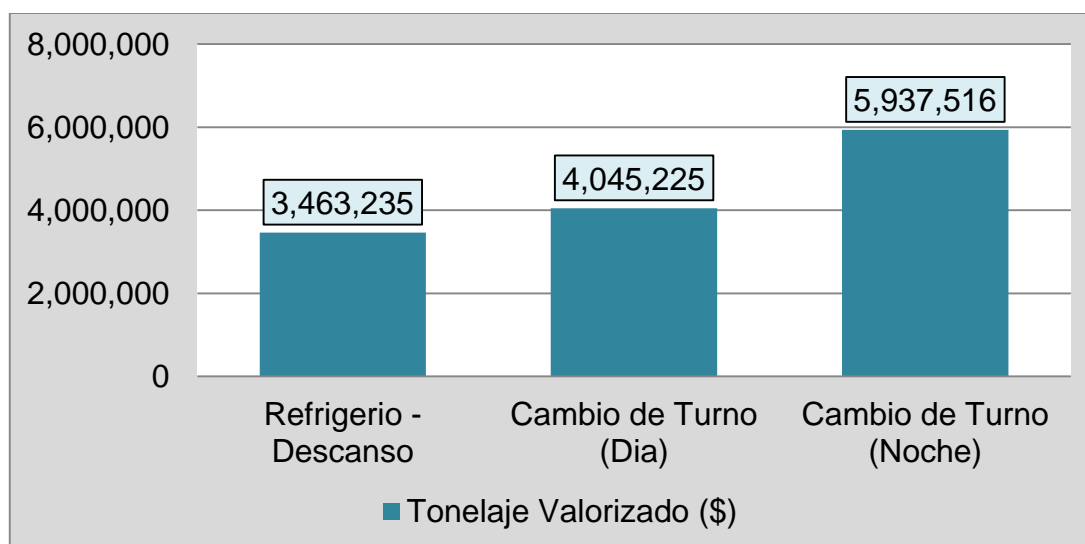


Figura N° 51: Valorización del material dejado de producir por las demoras más significativas

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los indicadores claves de rendimiento de carguío el año 2017 en Gold Fields fueron: 79.39% en uso del equipo, 58.71% de usage, 51.17% de utilización, 87.15% de disponibilidad mecánica y 73.95% de uso de disponibilidad y para acarreo fueron: 80.89% en uso del equipo, 66.19% de usage, 53.94% de utilización, 81.50% de disponibilidad mecánica y 81.82% de uso de disponibilidad.
- Las demoras más significativas fueron por refrigerio - descanso y cambio de turno. Por refrigerio – descanso se tuvo un total de 22,315.8 horas que representó el 52.1% y la demora por cambio de turno 16,456.5 horas que representó el 38.4%.
- La implementación de un comedor satelital y el cambio de turno en caliente permitió que las demoras más significativas se vean reducidas de 78.1 min en promedio a 60 min para el refrigerio descanso y de 41 min en cambio de turno día y de 50.9 min en cambio de turno noche a 20 min.
- Cuantificadas las toneladas dejadas de producir por la sobre duración de las demoras se llega a la conclusión que se dejó de mover 426,284 toneladas de mineral y 475,843 toneladas de desmonte que valorizadas hacen un total de \$ 13,445,975.8.
- El Sistema dispatch permite obtener en tiempo real la información de todos los equipos en campo permitiendo de esa manera tomar decisiones

acertadamente además permite la asignación correcta de los equipos de acarreo para el cambio de turno en caliente, evitando que la productividad se vea afectada.

5.2. Recomendaciones

- La zona elegida para el comedor satelital y cambio de turno deben ser áreas que se encuentren en un lugar donde se pueda acceder a las descargas de mineral y desmonte con facilidad y también que en el corto plazo no sean modificadas o utilizadas con otra finalidad.
- Realizar programas de premiación al desempeño laboral para que el personal de carguío, acarreo y supervisión, se sientan más involucrados con la operación.
- Realizar capacitaciones constantes a todo el personal involucrado en el uso del sistema Control Sense y de indicadores para llevar un control óptimo de los estados de todos los equipos.
- Realizar cálculos que permitan conocer en qué porcentaje incrementarán los KPIs al disminuir las demoras más significativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, E. 2017. Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C.
- Baldeón, Z, 2011. Gestion en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cia. Minera Condestable S.A.
- Barrientos, V. 2014. Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto
- Exsa, 2000. Manual de práctico de Voladura.
- Gold Fields, 2017. Reporte Integrado, documento interno.
- Gold Fields, 2017. Indicadores de Gestión en Dispatch, documento interno.
- Gold Fields, 2016. Parámetros de perforación y voladura en Gold Fields, documento interno.
- Gold Fields, 2016. Reporte Integrado, documento interno.
- Gold Fields, 2015. Modificación de estudio de impacto ambiental, optimización de operaciones mina, documento interno.
- Gold Fields, 2013. Geología de Gold Fields, documento interno.
- Gold Fields, 2006. Contract document for surface mining operations at Cerro Corona, documento interno.
- Gonzales, L. 2011. Inicio de operaciones en Cerro Corona, documento interno.
- Ley N° 27671 Ley de Jornada de Trabajo.
- Lévano, L, 2012. Incremento de productividad mina mediante herramientas sixsigma.
- Mauricio, G. 2015. Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala,

Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca.

Mine Sense, 2017. Manual de operación – administración.

Mine Sense, 2017. Control Sense

Rouse, M. (2017). Indicador clave de rendimiento (KPI). [online] disponible en: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Indicador-clave-de-rendimiento-KPI> [Accedido el 11 Aug. 2018].

Salas, L. 2013. Estudio de kpis en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 tm/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining.

Saldaña, A. 2013. Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Chaquicocha bajo clima severo – Minera Yanacocha.

ANEXOS

PROCEDIMIENTO PARA CAMBIO DE TURNO EN CALIENTE – ACARREO

1. Antes de las 07:00 p.m o 07:00 a.m el supervisor de dispatch asignará a los equipos de acarreo al cambio de guardia indicándole por radio si lo hará cargado o vacío y el número de la bahía, verificando la disponibilidad de plataforma previa coordinación con el supervisor de la guardia entrante que dará la indicación que los operadores se encuentran en las bahías.
2. Para los volquetes cargados, los equipos ingresaran por la mano derecha a la zona de parqueo A, a una velocidad máxima de 15 Km/hr, encendiendo sus luces de estacionamiento y verificando siempre que no haya ningún operador en la plataforma.
3. Los volquetes vacíos ingresarán por la mano derecha regresando de la descarga a la zona de parqueo B, a una velocidad máxima de 15 Km/hr, encendiendo sus luces de estacionamiento y verificando siempre que no haya ningún operador en la plataforma.
4. Procedimiento para el operador saliente.
 - Cuando ya haya estacionado su volquete el operador debe activar el freno de parqueo y luego marcar en la pantalla Dispatch la demora por cambio de turno.
 - El operador hará contacto visual con el operador entrante e indicarle que inicie la inspección visual, luego completará el horómetro y eventos ocurridos en su check list.
 - El operador saliente bajara de la cabina para hacer el cambio con su relevo, en caso el volquete esté cargado, le indicará el tipo de material y la descarga, lo que podría corroborarse en la pantalla del sistema Control Sense, en caso de estar vacío, le indicará la ubicación del equipo de

carguío, además de informarle el estado de las vías y consideraciones adicionales y se dirigirá al comedor para la cena o desayuno según corresponda.

- En caso que no haya operador de relevo, los equipos en caso estén cargados, se dirigirán a la descarga y retornaran al parqueo previa comunicación con el supervisor de la guardia entrante, además en su pantalla ingresa el estado de stand by – sin operador.

5. Procedimiento para el operador entrante.

- Luego de haber recibido la señal, éste iniciará la inspección visual del equipo), la inspección debe durar entre 1.5 a 2 min, luego procederá a realizar su IPERC y check list lo que no debe tomar más de 4 minutos.
- En caso de que identifique alguna falla o problema en el equipo, el operador entrante comunicará a su supervisor y depende de la falla irá a descargar y luego irá a taller o se quedará en la bahía para que mantenimiento intervenga cuanto antes.
- El operador entrante será informado lo siguiente: en caso el volquete esté cargado, el tipo de material y la descarga, en caso de estar vacío, la ubicación del equipo de carguío, además el estado de las vías y consideraciones adicionales y debe durar entre 1.5 a 2 min.
- El operador subirá al equipo ingresará su código al sistema Control Sense, pondrá su estado operativo, tocará 02 veces el claxon se dirigirá según corresponda a descargar o a la zona de carguío.

PROCEDIMIENTO PARA CAMBIO DE TURNO EN CALIENTE – CARGUÍO

1. El operador de carguío preguntará por la radio la ubicación exacta del equipo que se está dirigiendo a la zona de carguío, y en caso se encuentre a una distancia considerable se procederá al cambio de turno.

2. Procedimiento para el operador saliente.
 - El operador ingresará su demora cambio turno en el sistema Control Sense y luego apagará el equipo e indicará al operador entrante que puede acercarse y el horómetro y eventos ocurridos en su check list.

 - El operador saliente bajara de la cabina para hacer el cambio con su relevo, le indicará el tipo de material que se está minando además de informarle el estado del equipo, del frente de carguío y consideraciones adicionales y se dirigirá a una zona segura hasta que la combi operaciones le recoja.

3. Procedimiento para el operador entrante.
 - El operador entrante verificará que ningún equipo de acarreo se aproxime a la zona de carguío y con la aprobación del operador saliente ingresará a la zona de carguío y realizará la inspección visual del equipo, luego procederá a llenar su IPERC y su check list los cuales no deben tomar más de 5 minutos.

 - En caso de que identifique alguna falla o problema en el equipo, el operador entrante comunicará a su supervisor y depende de la falla continuará o reportará que los volquetes se asignen a otro equipo e ingresará en el sistema Control Sense su estado mantenimiento.

 - El operador subirá al equipo, encenderá su equipo e ingresará en el sistema su estado operativo, e indicará mediante 02 toques de claxon que los volquetes ingresen al carguío.

PROCEDIMIENTO PARA REFRIGERIO – DESCANSO

1. El supervisor mina, entre las 10:00 a.m a 11:00 a.m informa el mensaje de voladura a través de la radio donde indica la hora de carguío del ultimo volquete.
2. Los volquetes para ingresar a refrigerio – descanso deberán estar vacíos, al aproximarse a la zona de cambio de turno deberán movilizarse máximo a una velocidad de 15 Km/hr.

Se estacionarán en la zona de parqueo empezando por el ultimo cajón de la mano derecha, hasta llenar todos los 20 cajones, al completarse los cajones de la mano derecha ingresarán a los cajones de la mano izquierda para lo cual deben ingresar por la mano derecha y darán vuelta en U al comedor, percatándose si algún volquete cargado se aproxima y se parquearán empezando del último cajón. Cuando estén estacionados ingresarán la demora por refrigerio descanso en el sistema Control Sense, apagarán sus equipos y se dirigirán al comedor y tendrán 60 min en total.

3. Después de aprovechar sus alimentos, uso de SS.HH se dirigirán nuevamente a sus equipos, encenderán e ingresaran su estado operativo en el sistema Control Sense y se dirigirán a sus equipos de carguío.
4. Los volquetes que se hayan estacionado en los cajones de la derecha seguirán directamente, para el caso de los volquetes estacionados en los cajones de la izquierda deberán dar vuelta al comedor y continuar con su marcha.