

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**



**“PRODUCTIVIDAD EN EL CICLO DE CARGUÍO Y ACARREO  
EN EL TAJO CHAQUICOCHA BAJO CLIMA SEVERO –  
MINERA YANACOCHA”**

**TESIS**

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

**ELABORADO POR:  
ANTHONY DENNIS SALDAÑA TUMBAY**

**ASESOR  
MSC. ING. JOSE ANTONIO CORIMANYA MAURICIO**

**LIMA - PERÚ**

**2013**

## **DEDICATORIA**

A mi gran familia, a mis padres **Rosa y Felipe** por su apoyo y formación, a mi madrina **Elena**, por ser mi eterna maestra, a mis tíos, primos y amigos que me dieron su apoyo; y a **Lucianita**, mi hija, por ser la inspiración de todos los días de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis maestros de la Universidad que hicieron reafirmar mi vocación, a mis colegas de trabajo de Minera Yanacocha y Southern Peru, que con el día a día me enseñaron de sus experiencias, a mis asesores de tesis por sus consejos para llegar al día de la sustentación y por supuesto, a Dios, el que me dio las palabras exactas a plasmar en este trabajo y me dará las palabras exactas para sustentarlo.

## **RESUMEN**

El problema principal que se intentará resolver en la presente tesis es el cómo mantener el factor de medición de eficacia y eficiencia, llamada Productividad, ante los ojos de la Gerencia y el Directorio con presencia de climas severos en épocas de invierno y verano, riesgos operacionales generados por condiciones subestándar en la mina, falta de equipos operativos para completar tareas y un factor humano como pieza clave en el cumplimiento de objetivos que generarán una calidad operativa de excelencia con trabajos seguros y con un clima laboral favorable a todos los trabajadores de la empresa.

Al intentar buscar bibliografía sobre el tema a desarrollar en la tesis presentada, se nota la deficiencia o prácticamente inexistencia de métodos, fórmulas y/o casos en los cuales se explique como poder administrar de forma óptima una determinada cantidad de equipos de acarreo, auxiliares y carguío en una mina superficial, para poder conservar la productividad; es así como queda demostrado que la experiencia adquirida por el mismo Ingeniero de Minas y la forma para relacionarse con el

personal a cargo son los puntos de apoyo para sostener y resolver los problemas que se presentan en el día a día y noche a noche, los cuales son diferentes o en su defecto con algunas similitudes pero nunca iguales, haciendo así, que la mina sea en general un entorno variable y si a ello le sumamos los constantes cambios climáticos, esta variabilidad aumenta haciéndose mas complejo.

Así, teniendo un claro planteamiento del problema recién puedo pasar a la parte de ver como se realizaría el trabajo o Metodología del Trabajo basada en mi experiencia en Operaciones Mina como Supervisor de Tajo en Minera Yanacocha SRL y complementada en la actualidad en la Unidad de Toquepala de *Southern Peru Copper Corporation*, en el cual me desempeño como Jefe General de Guardia, el cual se verá su realización de la siguiente forma.

Empezaré describiendo generalmente la Mina Yanacocha, ubicación geográfica, geología y clima para luego pasar a describir únicamente las operaciones en el Tajo Chaquicocha, el cual es la parte central del proyecto, en donde desarrollaremos la presente tesis.

En la segunda parte de la tesis enunciaré los riesgos operaciones dados por los climas severos en la operación del Tajo Chaquicocha: vías resbaladizas, empozamientos de agua, vías con anchos operativos subestándar y tormentas eléctricas. A continuación pasaré a analizar cuales son los factores que inciden en la conservación de la productividad, tales como velocidades en vacío, velocidades en cargado, pisos de palas inadecuados, paradas de seguridad, frentes de palas en mal estado, botaderos inadecuados para la descarga, etc.

Como parte final, y objetivo del presente trabajo, presentaré la metodología usada para lograr que los factores nombrados líneas arriba, se vean reducidos en su intento de perjudicar los valores de productividad con actividades como lastrado de vías, realización de cunetas y sangrías, control de distancias adecuadas y como un tópico importante, el factor humano dado por los operadores en la mina, los cuales son los protagonistas de los logros logrados en la presente tesis.

## **ABSTRACT**

The main problem to be solved in the current thesis is: how to maintain the measurement factor of effectiveness and efficiency, called productivity, in front of management's eyes with severe climate in winter and summer time, operational risks generated by substandard condition inside mine, lack of operative machines to complete tasks and a human factor like key in the accomplishment of objectives.

When I try to search bibliography about the topic in current thesis, it's obvious the deficiency or very infrequent presence of method, formulas, and cases where there is an explanation of how we can manage of optimal way a determinate amount of machines of haulage, loading and dumping in an open pit, to conserve the productivity; so we can demonstrate that acquired experience for the mining engineer and the way to link with the people in charge are the support points for holding and solving the problem.

So, with the clarified planning, I can pass to explain about how I could do the work or the work methodology based on my experience in Operation Mine in Yanacocha Mining SRL, it's going to be at this way:

I will start to describe Yanacocha Mining in a general way, geography location, geology and climate, then I will pass to describe only open pit operations, that's the central part of the project.

In the second part of the thesis I'm going to announce the operational risks by severe climates in Chaquicocha's operations: slippery roads, water formations, roads with substandard operational width and electric storms. To continue, I will analyze what are the factors that influence in the productivity conservation, such as empty traveling speed, haulage speed, inadequate shovels floors and safety stopping.

As a final part and the main objective of this project; I'm going to present the utilized methodology to reach that factors aforementioned, will be reduced in this attempt to injury productivity values with ballast on roads, ditches and water rings construction, control of correct distances and like the key of the thesis, the human factor by mine operators.

## INDICE

INTRODUCCIÓN	22
1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES	28
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	28
1.2 CAJAMARCA	29
1.3 UBICACIÓN	29
1.4 UBICACIÓN Y GENERALIDAD YANACOCHA	30
1.5 CLIMA, FAUNA Y VEGETACIÓN	32
1.6 RESEÑA HISTÓRICA Y BREVE INFORMACIÓN	34
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	40
2.1 TÉRMINOS RELACIONADOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO	40
2.1.1 Horas totales del equipo (HT)	40
2.1.2 Horas disponibles del equipo (HD)	41
2.1.3 Horas del equipo malogrado (HM)	41
2.1.4 Horas del equipo operativo (horas ready) (HR)	42
2.1.5 Demora o delays (D)	42
2.1.6 Stand-by o equipo listo pero en espera (SB)	43
2.1.7 Disponibilidad Mecánica o mechanical availability (DM)	44
2.1.8 Uso de la disponibilidad (UD)	45
2.1.9 Uso del equipo (USE)	46

2.1.10	Usaje (Usage)	47
2.2	TÉRMINOS RELACIONADOS A LA PRODUCTIVIDAD	48
2.2.1	Distancia equivalente horizontal (EFH)	48
2.2.2	Tonelaje nominal	49
2.2.3	Actividades del ciclo de carguío y acarreo	49
2.2.4	Tiempo de carguío o load time	59
2.2.5	Tiempo de cuadrado o spot time	60
2.2.6	Equipos de carguío esperando camiones o hang	61
2.2.7	Tiempo de cola o queue time	62
2.2.8	Tasa de excavación o dig rate	63
2.2.9	Productividad efectiva	64
2.2.10	Productividad horaria o productividad por hora ready	65
2.2.11	Producción de la hora	66
2.2.12	Capacidad de Minado	66
2.2.13	Payload	66
2.2.14	KPI Despachador	68
3.	CAPÍTULO III: GEOLOGÍA MINERA YANACOCHA SRL	70
3.1	GEOLOGÍA MYSRL	70
3.1.1	Geología Regional	70
3.1.2	Geología Estructural	71
3.1.3	Estratigrafía	72
3.1.4	Alteración y Mineralización	73
3.1.5	Geología Local	76
3.1.6	Alteraciones	76

3.1.7	Clasificación de los materiales en Yanacocha	77
3.1.8	Clasificación en función al contenido de arcillas	80
3.2	GEOLOGÍA CHAQUICOCHA	80
3.2.1	UBICACIÓN Y ACCESO	80
3.2.2	MARCO GEOLÓGICO	82
4.	CAPÍTULO IV: OPERACIONES EN MINERA YANACOCHA	101
4.1	ZONAS OPERATIVAS A LA ACTUALIDAD	101
4.1.1	Tajos Zona Oeste	101
4.1.2	Tajos Zona Este	103
4.1.3	Zonas de tratamiento de mineral	106
4.1.4	Botaderos	109
4.1.5	Stocks	111
4.1.6	Grifos para flota gigante	112
4.1.7	Cambios de guardia	112
4.2	EQUIPOS PRINCIPALES	114
4.2.1	Camiones	114
4.2.2	Palas Hidráulicas	120
4.2.3	Cargadores Frontales	122
4.3	EQUIPOS AUXILIARES	125
4.3.1	Rodillo (RD)	125
4.3.2	Motoniveladores (GR)	126
4.3.3	Cisterna de agua (WT)	128
4.3.4	Camabaja (LB)	129
4.3.5	Tractor de ruedas (RT)	129

4.3.6	Tractor de orugas (DZ)	131
5.	CAPÍTULO V: TÉRMINO PRODUCTIVIDAD EN MINERA YANACOCHA SRL	133
5.1	TERMINOLOGÍA GENERAL	133
5.2	TERMINOLOGÍA MYSRL	134
5.2.1	Productividad en equipos de carguío	134
5.2.2	Productividad en equipos de acarreo	135
5.3	CONTROL DE PRODUCTIVIDADES EN TIEMPO REAL	136
6.	CAPÍTULO VI: PELIGROS Y RIESGOS EN OPERACIONES MINA	145
6.1	ESPECIFICACIONES SOBRE LA SEGURIDAD EN MYSRL	145
6.1.1	Observaciones de Tarea	146
6.1.2	OK	148
6.1.3	Inspecciones	148
6.1.4	Reporte de cuidado de llantas	148
6.2	VÍAS DE ACARREO	150
6.2.1	Vías de acarreo resbalosas	151
6.2.2	Vía de acarreo con empozamiento de agua	153
6.2.3	Vías de acarreo con ancho operativo y bermas subestándar	156
6.3	Condiciones naturales	158
6.3.1	Tormentas eléctricas	158
6.3.2	Calor intenso	162
6.3.3	Neblinas densas	164
7.	CAPÍTULO VII: FACTORES INCIDENTES EN LA PRODUCTIVIDAD	166
7.1	VELOCIDADES DE CAMIONES	166

7.2 PISOS DE PALA Y BOTADEROS	167
7.3 FRENTES DE CARGUÍO	168
7.4 PARADAS DE SEGURIDAD	169
7.4.1 Tormenta eléctrica	169
7.4.2 Neblina densa	169
7.4.3 Polvo masivo	169
7.5 RESTRICCIONES DISPATCH	169
7.5.1 Zonas de descarga en mal estado	170
7.5.2 Cumplimiento de mezclas de % de finos	170
7.5.3 Desbalance en el ciclo de carguío y acarreo	172
7.5.4 Vías en mal estado	172
8. CAPÍTULO VIII: METODOLOGÍA DE CORRECCIÓN DE FACTORES	173
8.1 MANTENIMIENTO VÍAS	173
8.1.1 Construcción de cunetas y sangrías	173
8.1.2 Limpieza de material regado	178
8.1.3 Peralte adecuado	179
8.1.4 Control de polvo	182
8.1.5 Lastrado	183
8.2 CONTROL DE PISO DE PALA Y BOTADERO	184
8.3 CONTROL DE FRENTES DE CARGUÍO	185
8.4 CONTROL DE DISTANCIAS	185
8.5 FACTOR HUMANO - CLIMA LABORAL	186
8.5.1 Productividad	186
8.5.2 Resolver problemas	188

8.5.3	Saber Escuchar	190
8.5.4	Conclusiones y recomendaciones de un buen clima laboral	192
9.	CAPÍTULO IX: PRODUCTIVIDAD CONSERVADA COMO RESULTADO FINAL	193
9.1	NÚMEROS DE DICIEMBRE	193
9.2	PÉRDIDAS EN PRODUCTIVIDAD EN MESES PASADOS	195
9.2.1	Mantenimiento de vías	195
9.2.2	Control de pisos en palas y botaderos	195
9.2.3	Control de frentes de carguío	196
9.2.4	Clima Laboral	196
9.3	PRODUCTIVIDAD DE DICIEMBRE	197
	CONCLUSIONES	200
	RECOMENDACIONES	202
	BIBLIOGRAFIA	204
	ANEXOS	206
	ANEXO 1: PARAMETROS DE DISEÑO PARA CURVAS EN ACCESOS DE MINA	207
	ANEXO 2: DIMENSIONES DE CAMIONES EN MINERA YANACOCKA SRL	214
	ANEXO 3: DISEÑO ESTRUCTURAL DE VÍAS DE ACARREO	223
	ANEXO 4: CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA QUINUA Y DISEÑO DE ESPESORES CARACTERÍSTICAS PORTANTES DEL MATERIAL DE LA QUINUA VALORES DE CBR EN PISOS DE TAJOS POR	

L&G EN BASE A LA IDENTIFICACIÓN GEOLÓGICA (VALORES PROMEDIO)	230
ANEXO 5: PROCEDIMIENTOS PRINCIPALES EN VÍAS	232
ANEXO 6: ESCAPES O RUNAWAYS	236
ANEXO 7: RANKING OPERADORES DE ACARREO	243

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista Tajo La Quinua	25
Figura 2: Ubicación de Cajamarca en el Perú	30
Figura 3: Mapa provincial de Cajamarca	31
Figura 4: Yanacocha en el Perú	33
Figura 5: Minera Yanacocha	35
Figura 6: Mapa de yacimientos de Minera Yanacocha	36
Figura 7: Mapa con declaraciones de Minera Yanacocha	36
Figura 8: Pad de Lixiviación	38
Figura 9: Gold Mill	39
Figura 10: Diagrama de horas utilizadas en los equipos	41
Figura 11: Traslado por propios medios de Pala	43
Figura 12: Ingreso de camión a cambio de guardia	44
Figura 13: Diagrama de horas totales	45
Figura 14: Diagrama de uso de disponibilidad	46
Figura 15: Diagrama de uso de equipo	46
Figura 16: Datos Reales de MYSRL para Usage	47
Figura 17: Método de calcular EFH	48
Figura 18: Ejemplo real de cálculo EFH	48
Figura 19: Viajando vacío en panel <i>Dispatch</i> de camión	51
Figura 20: Esperando en panel <i>Dispatch</i> de camión	52
Figura 21: Cuadrándose en panel <i>Dispatch</i> de camión	53
Figura 22: Cargando en panel <i>Dispatch</i> de camión	54
Figura 23: Acarreando en panel <i>Dispatch</i> de camión	55

Figura 24: En cola en panel <i>Dispatch</i> de camión	56
Figura 25: Retrocediendo en panel <i>Dispatch</i> de camión	57
Figura 26: Descargando en panel <i>Dispatch</i> de camión	58
Figura 27: Ciclo de viajes en Operaciones Mina	58
Figura 28: Actividades en el ciclo de transporte	59
Figura 29: Camión siendo cargado por Excavadora	60
Figura 30: Camión cuadrándose para ser cargado por Excavadora	61
Figura 31: Excavadora en tiempo de espera para carga	62
Figura 32: Camiones esperando en cola	63
Figura 33: Pala llenando cucharón para el primer pase	64
Figura 34: Ranking de operadores de pala por productividad efectiva	65
Figura 35: Política de Caterpillar sobre el Payload	67
Figura 36: Política de MYSRL sobre el <i>payload</i>	68
Figura 37: Geología General en el Perú	71
Figura 38: Geología Regional de Minera Yanacocha	72
Figura 39: Columna Estatigráfica de Minera Yanacocha	74
Figura 40: Alteración argílica	78
Figura 41: Alteración argílica avanzada	79
Figura 42: Clasificación de rocas según contenido de arcillas	80
Figura 43: Ubicación Chaquicocha	81
Figura 44: Geología Regional de Yanacocha	84
Figura 45: Estatigrafía de Minera Yanacocha	85
Figura 46: Unidades litológicas en Minera Yanacocha	89
Figura 47: Estatigrafía Local	91
Figura 48: Plano litológico de la zona de Chaquicocha	94

Figura 49: Plano con las principales estructuras-fallas	96
Figura 50: Plano de alteraciones hidrotermales de Carachugo Alto	99
Figura 51: Sección q muestra geología y alteraciones en Carachugo	100
Figura 52: Tajo El Tapado en La Quinua	102
Figura 53: Tajo El Tapado Oeste	103
Figura 54: Tajo Chaquicocha	104
Figura 55: Tajo Yanacocha	105
Figura 56: Tajo Maqui Maqui	106
Figura 57: Planta Gold Mill	107
Figura 58: Pad Yanacocha	108
Figura 59: <i>Pad</i> Carachugo	109
Figura 60: Botadero Shilamayo	110
Figura 61: Mapa con locaciones de Operaciones Mina	113
Figura 62: Flota de camiones parqueados por contingencia	114
Figura 63: Camión CAT 777D	115
Figura 64: Camión CAT 785C Tolva <i>Standard</i>	116
Figura 65: Camión CAT 793B	117
Figura 66: Camión CAT 793C	118
Figura 67: Camión CAT 793D	119
Figura 68: Camión CAT 793F	120
Figura 69: Pala Hidráulica Hitachi EX5500	121
Figura 70: Pala Hidráulica Hitachi EX2500	122
Figura 71: Cargador Frontal CAT 996F	123
Figura 72: Cargador Frontal CAT 992HL	124
Figura 73: Cargador Frontal CAT 994F	125

Figura 74: Rodillo CAT CS533E	126
Figura 75: Motoniveladora CAT 24H	127
Figura 76: Motoniveladora CAT 24M	127
Figura 77: Camión Cisterna	128
Figura 78: Camabaja acondicionada de CAT 793B	129
Figura 79: Tractor de Ruedas CAT 834H	130
Figura 80: Tractor de orugas D11R	131
Figura 81: Tractor de orugas D10R	132
Figura 82: Pantalla principal del Sistema <i>Dispatch Jigsaw</i>	137
Figura 83: Reporte de Supervisor <i>Dispatch</i>	140
Figura 84: Reporte <i>Jigsaw</i> KPI	141
Figura 85: Reporte HPGPS Carguío	142
Figura 86: Reporte de Perforadoras	143
Figura 87: Reporte Capacidades de Carguío	144
Figura 88: Observaciones de tarea por supervisor	147
Figura 89: Hoja de cuidado de llantas	149
Figura 90: Camión 793C acarreando material	150
Figura 91: Accidente de impacto entre camiones por lluvia	152
Figura 92: Accidente provocado por granizo	153
Figura 93: Fuerza aplicada por camión sobre sus ruedas	154
Figura 94: Rescate de camión atrapado en zona de descarga	155
Figura 95: Camión enfangado en zona de descarga	155
Figura 96: Rescate de camión atrapado en vía de acarreo	156
Figura 97: Ancho operativo en vía de acarreo con cuneta y bermas	156
Figura 98: Dimensiones de berma y ancho de vías de acarreo	157

Figura 99: Descripción gráfica de generación de tormentas	159
Figura 100: Mapa de zona de tormentas eléctricas en MYSRL	160
Figura 101: Cielo mostrando indicios de inicio de tormenta eléctrica	162
Figura 102: Levantamiento de polvo generado por el fuerte sol	164
Figura 103: Densa neblina que dificulta la visibilidad	165
Figura 104: Representación de las zona F y G del <i>Pad</i> de lixiviación	171
Figura 105: Vía Sección Lomo de Corvina	175
Figura 106: Vía Sección Súper	176
Figura 107: Vía Sección doble vía con berma intermedia	177
Figura 108: Correcta metodología de limpieza de vía con lomo de corvina	178
Figura 109: Partes de una curva con peralte	180
Figura 110: Sección A-A de la figura 109	181
Figura 111: Sección B-B de la figura 109	181
Figura 112: Las personas y los resultados	188

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tonelajes nominales por camiones y por tajo	49
Tabla 2: Parámetros <i>Jigsaw</i>	69
Tabla 3: Matriz de Riesgos para el IPERC	146
Tabla 4: Porcentaje de finos zonas F y G en <i>Pad</i>	170
Tabla 5: Productividad ideal mes de Diciembre	194
Tabla 6: Productividad Mes de Diciembre	198

## INTRODUCCIÓN

Minera Yanacocha SRL se presenta como una de las minas superficiales más grandes y complejas no solo del Perú, sino de Sudamérica y por qué no, del mundo.

El constante batallar contra los climas severos dados en épocas de verano e invierno, obligan a los supervisores a cargo de la operación a buscar opciones para mejorar, o en el peor de los casos, mantener el *target* diario y mensual de productividad ante los ojos de la Gerencia.

En épocas de verano, la presencia de polvo domina las vías y produce el riesgo de que la operación deba detener por condiciones de seguridad al no tener una adecuada visibilidad, es así, como una correcta administración de cisternas de agua y un trabajo concientizado y comprometido de parte los operadores de equipo se convierten en las herramientas principales para no disminuir productividades.

En épocas de invierno, las condiciones adversas aumentan, las lluvias torrenciales las cuales pueden llegar a inundar los tajos, logrando en ocasiones que las orugas de las palas Hitachi 5500 sean cubiertas totalmente, las tormentas eléctricas que paran las operaciones por completo por tema de seguridad, los granizos intensos que vuelven las vías de acarreo intransitables y neblinas que ciegan totalmente a los operadores de los equipos haciendo que estos detengan su marcha. Se requiere de un manejo mas complejo para poder hacerle frente a las adversidades en esta época, por lo tanto, la administración de motoniveladoras, tractores de ruedas, tractores de orugas, cargadores frontales y la disponibilidad de material adecuado para corregir condiciones subestándar se vuelven nuestras opciones vitales.

Si bien es cierto Minera Yanacocha SRL cuenta actualmente con 3 tajos en explotación con flota gigante, en ésta tesis solo me enfocaré en el Tajo Chaquicocha, del cual estuve a cargo como Supervisor de Tajo y en el cual pude desempeñarme como capataz de descargas, acarreo y carguío. La misma necesidad de responder ante mis superiores con resultados positivos respecto a la seguridad y productividad, me llevaron a invertir gran parte de mi tiempo en poder establecer una metodología para ser mi equipo de trabajo y yo, los que estemos siempre un paso adelante a las condiciones climáticas.

Explicaré detalladamente, con tiempos, beneficios, problemas y recomendaciones de los operadores, cada uno de los métodos usados en el Tajo Chaquicocha, desde la limpieza de lodo en las cunetas de las vías de acarreo con cargadores frontales CAT966 o en su defecto con tractores de rueda, hasta un correcto lastrado de vías con descarga de un material adecuado atendido por tractores de ruedas CAT844 y

refinado por motoniveladoras CAT24H. Como parte importante de la correcta administración de equipos, explicaré las ocasiones en que la falta de equipos por estar malogrados, hace que el supervisor deba “convertir” motoniveladoras en tractores de rueda, cargadores frontales en motoniveladoras, etc.

Los resultados finales se verán reflejados con números comparando el *target* de productividad mensual teórica y la productividad mensual real lograda en campo; todo ello logrado gracias a la metodología aplicada en las operaciones de la mano con los colaboradores de los equipos, los cuales al participar con sus ideas y experiencias pasadas llegaron a asimilar con una mayor conciencia lo que el supervisor quiere de ellos y así lograr un inmejorable trabajo en equipo.

Al final de la tesis, quedará demostrado que no traté de realizar una forma mecánica o monótona de responder ante los problemas de una Operación Minera como Yanacocha, ya que una mina se presenta como un ente totalmente variable y ambiguo en el tiempo, en el cual la herramienta del Ingeniero de Minas en el campo no será el conocimiento adquirido por cuántos libros pudo o pueda leer o cuánta experiencia pueda adquirir durante todos los trabajos de su carrera, la herramienta principal será pues, el criterio para enfrentar la variabilidad de una mina.



Figura 1: Vista Tajo La Quinoa

## **OBJETIVO GENERAL**

- Sustentar y presentar la metodología usada para lograr que los factores perjudiciales en la productividad de carguío y acarreo bajo clima severo se vean aplacados o en su defecto disminuidos tomando en cuenta los factores de seguridad en la operación

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar todos y cada uno de los riesgos y peligros presentes en la operación en el ciclo de carguío, acarreo y descarga del Tajo Chaquicocha como punto de partida para sus tratamientos y mantener la productividad estable.
- Identificar en las operaciones los factores incidentes en la productividad en el ciclo de carguío, descarga y acarreo, así como entender el origen de cada uno de ellos y clasificarlos según importancia y control para su tratamiento según metodología-
- Describir y enfatizar la importancia del uso correcto de cada una de las metodologías usadas en el Tajo Chaquicocha para poder controlar y conservar los factores de productividad, seguridad y clima laboral del objetivo anterior presentado.

- Reconocer al elemento humano, los operadores de los equipos pesados; volquetes, tractores, motoniveladoras, cisternas, pala hidráulicas, etc; como la principal fuente de apoyo en la búsqueda de soluciones a todos y cada uno de los problemas operacionales, climáticos y de seguridad vistos en la presente tesis.
- Fomentar y analizar con los casos presentados en la tesis, la cultura de producción con seguridad en la operación y producción bajo un clima laboral eficiente.

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En minerías superficiales, como el caso de Minera Yanacocha, el ciclo de carguío y acarreo se presenta a gran escala. Es la gran escala la que permite mover cientos de miles de toneladas por día y a su vez requiere de una supervisión de campo adecuada para poder resolver las dificultades que incidirán en la productividad.

El frente de carguío en donde la pala será ubicada siempre presenta alguna novedad, como altura de banco que necesiten descrestar o simplemente altura de banco apta

para cargadores, ancho insuficiente para cargar por ambos lados, macizo rocoso muy duro que prácticamente rompen las uñas de la pala o una densidad de material que hace llenar un camión con mas pases del promedio.

Las vías de acarreo desde el punto en que el camión cargado sale de la pala hacia el punto de la zona de descarga, suelen deteriorarse por lluvias o granizos que agrietan las vías o las vuelven resbaladizas, disminuyen anchos operativos por presencia de lodo en las cunetas o simplemente son intransitable para los camiones que son operados por personal que ante una cultura de seguridad impartida, reducen sus velocidades o simplemente detienen sus equipos provocando pérdidas de toneladas movidas por hora.

Es así que se debe saber como reducir las consecuencias de las condiciones adversas ante las que se trabajará aplicando tanto métodos empíricos, como métodos basados en la carrera estudiada de Ingeniería de Minas.

## **1.2 CAJAMARCA**

Cajamarca es un departamento del Perú situado en la parte norte del país. Limita al oeste con los departamentos de Piura y Lambayeque, al sur con La Libertad, al este con Amazonas y al norte con territorio ecuatoriano. Está conformado por territorios de sierra y de selva de diversas cuencas afluentes del río Marañón y las partes altas de algunas de la vertiente del Pacífico.

### 1.3 UBICACIÓN

El departamento de Cajamarca está situado en la zona norteandina, presenta zonas de sierra y selva. Limita por el norte con Ecuador; por el sur con La Libertad; por el oeste con Piura, Lambayeque y La Libertad y por el este con Amazonas. Su capital Cajamarca, es una ciudad ubicada en el valle interandino del mismo nombre, la ciudad se puede divisar desde la colina Santa Apolonia. Cajamarca actualmente representa el núcleo económico, turístico, industrial, comercial, cultural y minero de la sierra norte del Perú.



Figura 2: Ubicación de Cajamarca en el Perú

Fuente: MYSRL



Figura 3: Mapa provincial de Cajamarca

Fuente: MYSRL

#### 1.4 UBICACIÓN Y GENERALIDAD YANACOCCHA

Minera Yanacocha SRL. (Minera Yanacocha) se ubica en la Provincia y Departamento de Cajamarca sobre la Cordillera de Los Andes, al norte del Perú, con una localización aproximada de 7° Latitud Sur y 78°30' Longitud Oeste, aproximadamente a 32 kilómetros al norte de la ciudad de Cajamarca, por carretera. Toda la propiedad comprende un área de más de 175 000 hectáreas. Con elevaciones

que van desde los 3,700 hasta los 4,100 msnm. El acceso a la mina desde la ciudad de Cajamarca es a través de una vía asfaltada y toma aproximadamente una hora.

El distrito está ubicado en la línea divisoria continental, separando arroyos que drenan hacia el este dentro de la Cuenca del Amazonas y luego al Océano Atlántico (en las cuencas de Porcón, Chonta y Honda) de aquellas que drenan hacia el oeste al Océano Pacífico (en la cuenca Rejo).

### **1.5 CLIMA, FAUNA Y VEGETACIÓN**

El clima del área de estudio es típico de las regiones andinas cercanas al ecuador: fresco y húmedo, con una temporada distintiva de lluvias. Las temperaturas son relativamente constantes todo el año, y rara vez bajan de cero inclusive en los puntos más elevados de la mina. Las condiciones son a menudo de mucho viento, especialmente a gran altura.

El clima se caracteriza por temporadas distintivas de lluvia (de octubre a abril) y secas (de mayo a septiembre).

La vegetación nativa en el área de estudio está dominada por la vegetación alpina tropical, incluidos prados, zonas boscosas, arbustos y tierras pantanosas. La zona ecológica a lo largo de la línea divisoria andina entre la zona más seca de Páramo al norte y más húmeda de Puno al sur, se llama Jalca. Sobre los 3 300 m, la vegetación de jalca es principalmente de prados, y el pasto predominante es el ichu. La fauna nativa incluye sapos, lagartijas, aves, mamíferos pequeños y venados.

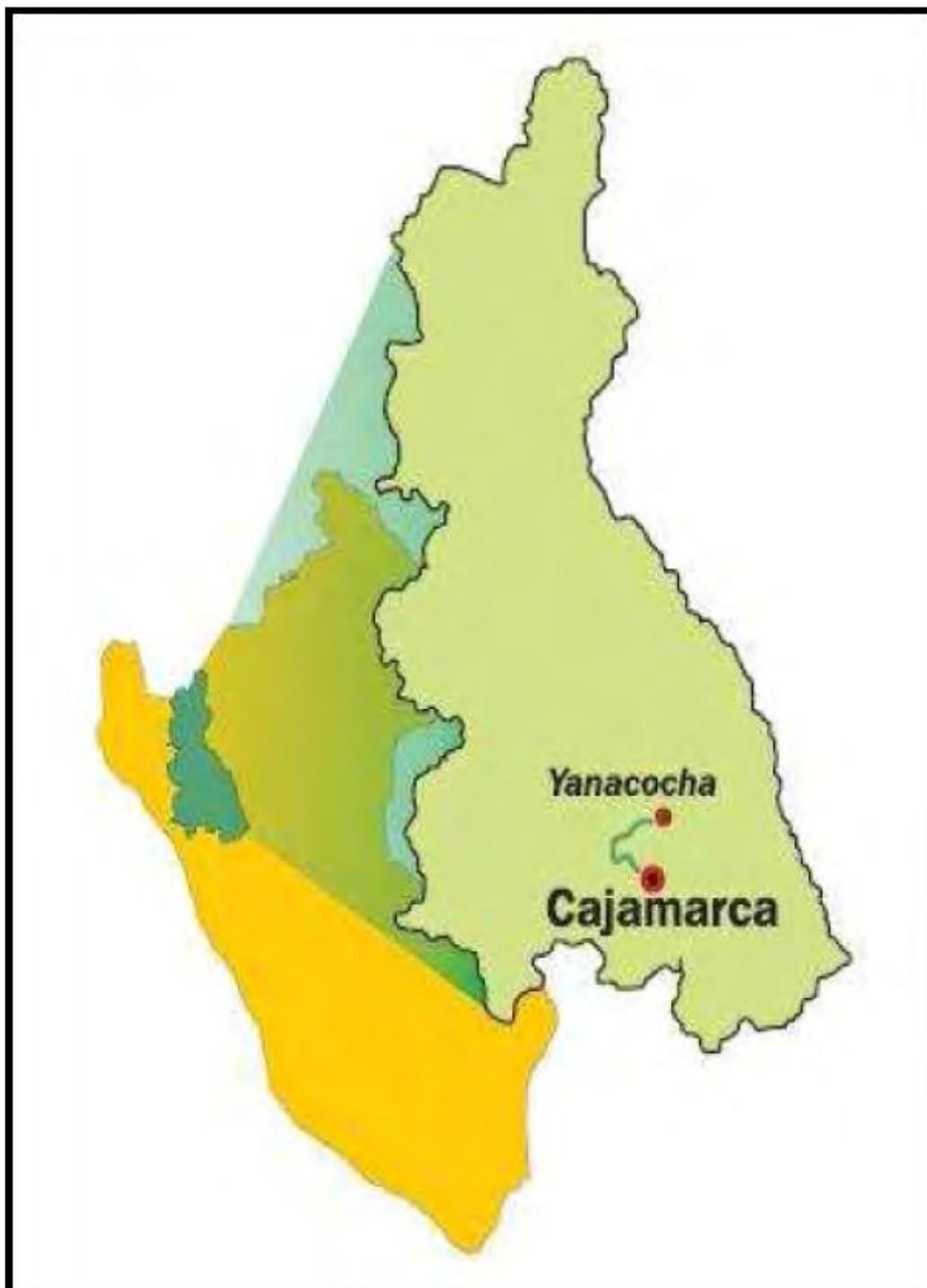


Figura 4: Yanacocha en el Perú

Fuente: MYSRL

Esta región ha sustentado residentes dedicados al pastoreo durante más de 3 000 años. La zona de la Jalca se usa principalmente para pacer ganado vacuno y ovejas.

Las menores alturas de la Jalca se usan a menudo para cultivar cosechas nativas e introducidas. Los cultivos andinos nativos incluyen tubérculos, representados por distintos tipos de papas, fréjoles y cereales.

## **1.6 RESEÑA HISTÓRICA Y BREVE INFORMACIÓN**

Minera Yanacocha SRL (MYSRL) es una compañía que cuenta con tres accionistas los cuales son los siguientes: Newmont Mining Company de Estados Unidos con 51%, Compañía de Minas Buenaventura con 44% y el Banco Mundial con 5%.

Los yacimientos son minados por el método de *Open Pit* y puede ser caracterizado como un yacimiento volcánico epitermal con ocurrencias de oro diseminadas. La producción empezó en Agosto 1993.

Las operaciones activas en Minera Yanacocha en la actualidad involucran 8 *pits* diferentes: Chaquicocha, Yanacocha, El Tapado, Tapado Oeste, Carachugo, San José, Maquimaqui y Cerro Negro



Figura 5: Minera Yanacocha

Fuente: Google Earth

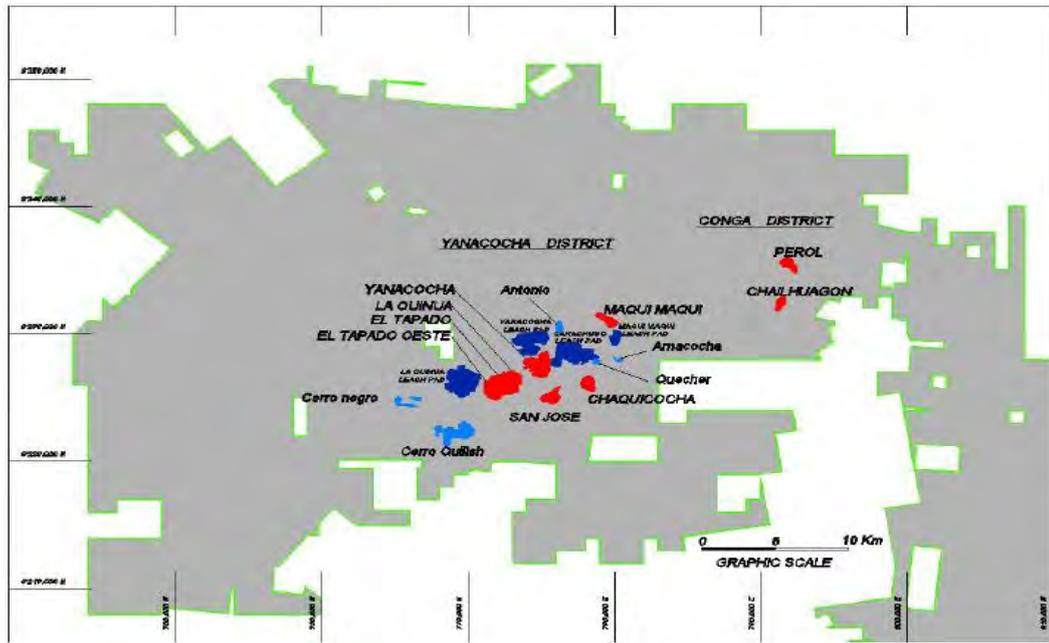


Figura 6: Mapa de yacimientos de Minera Yanacocha

Fuente: MYSRL

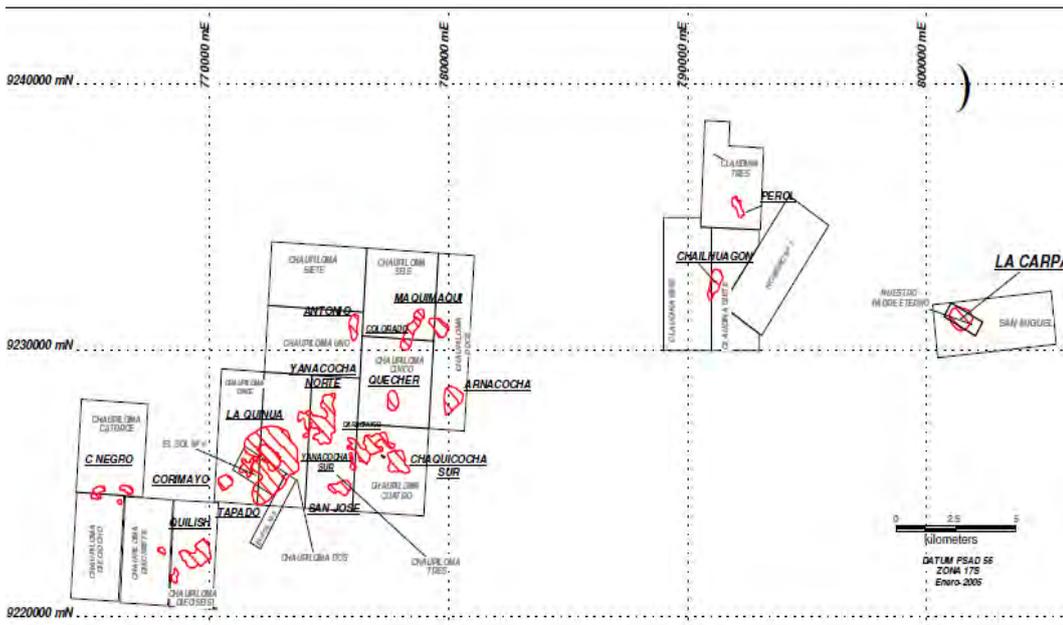


Figura 7: Mapa con declaraciones de Minera Yanacocha

Fuente: INGEMMET

El minado se realiza con palas hidráulicas, cargadores frontales y camiones volquetes gigantes en los tajos de Chaquicocha, Yanacocha, El Tapado, Tapado Oeste, Carachugo y Maquimaqui, mientras que en Cerro Negro y San José el minado se realiza con flota pequeña

Para los yacimientos el mineral de baja ley (o simplemente llamado mineral de ahora en adelante) es acarreado directamente a los *pads* de lixiviación sin chancarlo, para los minerales de alta ley (llamado *goldmill* de ahora en adelante) el acarreo es hacia la chancadora primaria si hay capacidad o de lo contrario es stockeado. El desmonte es destinado a botaderos que son divididos según la acidez del material, clasificándose en inertes o argílico.

Existen cuatro *Pads* de Lixiviación: Maqui-Maqui, Carachugo, Cerro Yanacocha y La Quinoa. Hasta hace unos meses en el *pad* de Maqui Maqui no había descargas adicionales, ya que solo se estaban llevando a cabo lixiviación residual, pero actualmente tanto ese *pad* como los 3 restantes están atendiendo descargas.

La pila o *PAD* de lixiviación es una estructura a manera de pirámide escalonada donde se acumula el mineral extraído. A este material se le aplica, a través de un sistema de goteo, una solución cianurada de 50 miligramos por litro de agua, la cual disuelve el oro. Mediante un sistema de tuberías colocadas en la base del *PAD*, la solución disuelta de oro y cianuro – llamada solución rica – pasa a una poza de lixiviación o procesos, desde donde se bombea hacia la planta de procesos.



Figura 8: Pad de Lixiviación

Mediante la planta de procesamiento de minerales *Gold Mill* (Molino de Oro) se busca procesar el metal que no puede ser obtenido mediante la lixiviado en pilas. El oro se recupera en 24 horas, a diferencia del proceso de lixiviación en pilas que dura casi 60 días.

La construcción del *Gold Mill* se inició a mediados del 2006 y concluyó a principios del 2008, con una inversión de 270 millones de dólares y un plan de producción de 9

años. 1500 trabajadores participaron en la construcción de esta importante obra que tiene una capacidad de procesamiento de 5,000,000 t/año.



Figura 9: Gold Mill

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico que se dará a conocer en la presente parte de la tesis tendrá como punto primordial la productividad y los factores que se asocian a ella según los parámetros de Minera Yanacocha.

#### **2.1 TÉRMINOS RELACIONADOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO**

##### **2.1.1 Horas totales del equipo (HT)**

Son el total de las 24 horas del día, los 365 días del año. Debe considerarse para cada equipo.

### 2.1.2 Horas disponibles del equipo (HD)

Son las horas en que el equipo está disponible para producir, es decir, a disposición de Operaciones Mina.

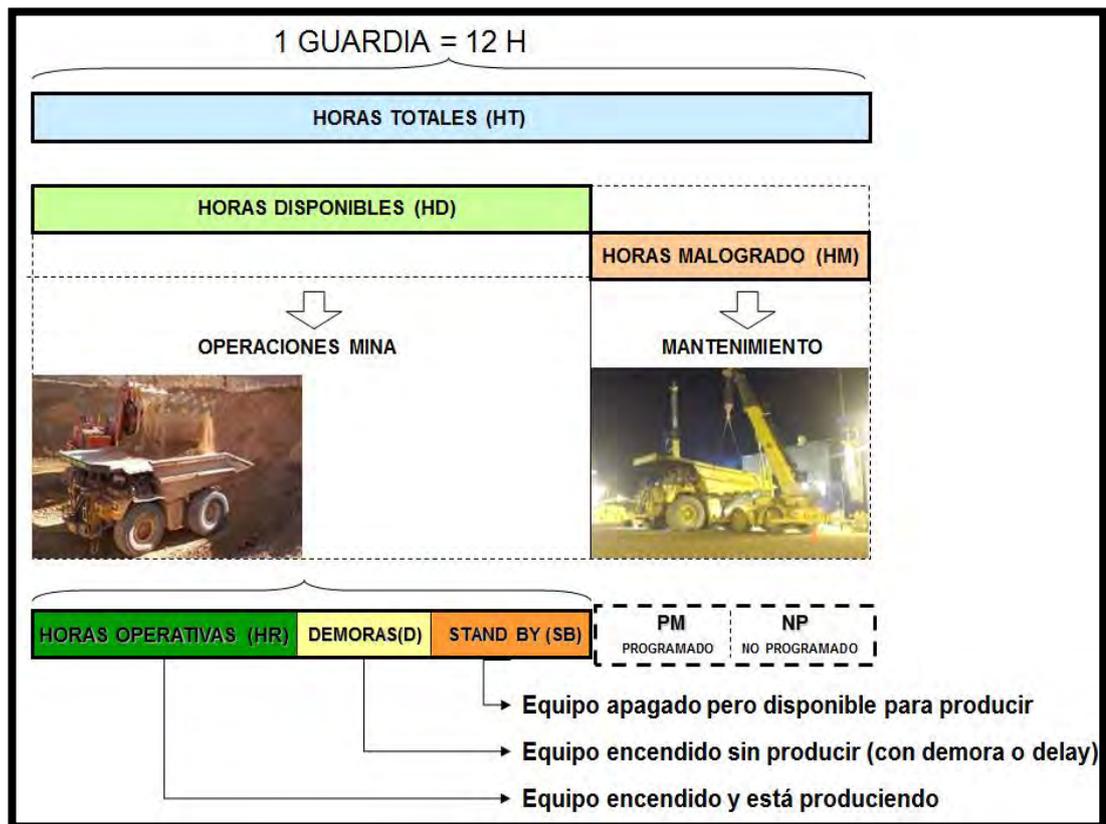


Figura 10: Diagrama de horas utilizadas en los equipos

### 2.1.3 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.

#### **2.1.4 Horas del equipo operativo (horas *ready*) (HR)**

Son las horas en que el equipo está operativo y haciendo trabajo productivo (produciendo toneladas).

#### **2.1.5 Demora o *delay* (D)**

Es el tiempo en que el equipo está operativo, pero no realizando trabajo productivo. Algunas demoras son:

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



Figura 11: Traslado por propios medios de Pala

### 2.1.6 *Stand-by* o equipo listo pero en espera (SB)

Es el tiempo en que el equipo está disponible mecánicamente, pero apagado por consideraciones operativas. Ejemplos de paradas por *stand-by* son:

- 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

- Refrigerio
- Equipo en traslado en camabaja



Figura 12: Ingreso de camión a cambio de guardia

### 2.1.7 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.

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas malogrado}}{\text{Horas totales}}$$

Los valores planeados para este parámetro son:

- Carguío: 87% Aproximado un equipo que produce 4000 t
- Acarreo: 89% Aproximado 8 camiones malogrados.

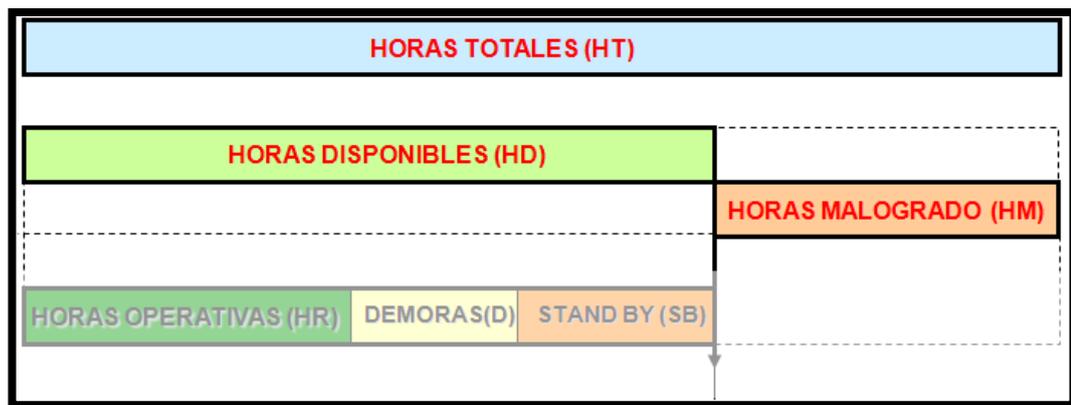


Figura 13: Diagrama de horas totales

### 2.1.8 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*.

$$\text{Uso de la disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas} + \text{Demoras}}{\text{Horas totales} - \text{Horas malogrado}}$$

$$\text{Uso de la disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas} + \text{Demoras}}{\text{Horas operativas} + \text{Demoras} + \text{Horas de stand by}}$$

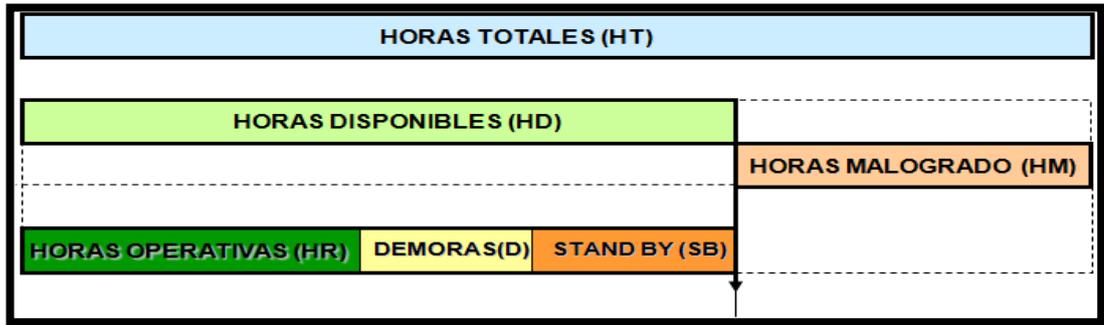


Figura 14: Diagrama de uso de disponibilidad

### 2.1.9 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.

$$Uso = \frac{Horas\ operativas}{Horas\ operativas + Demoras}$$



Figura 15: Diagrama de uso de equipo

### 2.1.10 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.

$$Usage = \frac{Horas\ operativas}{Horas\ operativas + Demoras + Horas\ de\ stand\ by}$$

Los valores planeados para este parámetro son:

Carguío                      92%

Acarreo                      95%

Un ejemplo real de mina se ve en el siguiente gráfico:

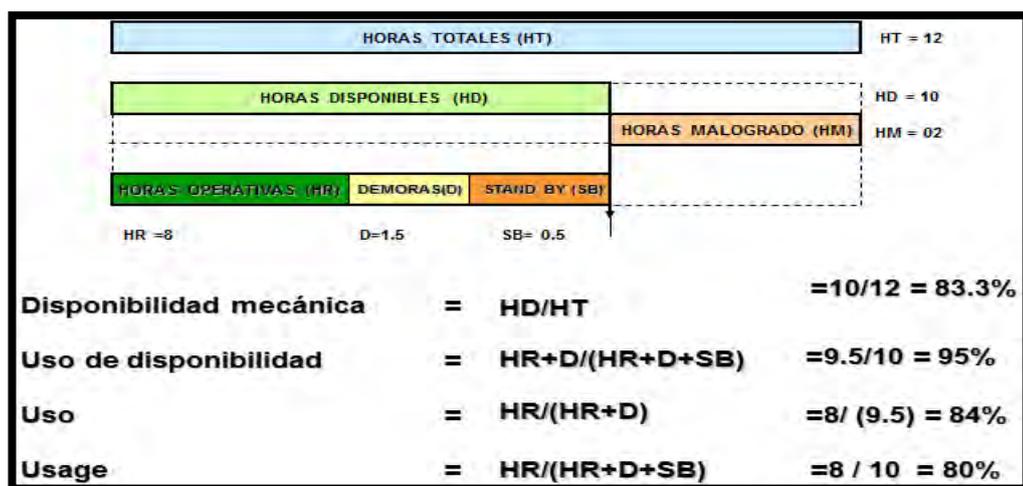


Figura 16: Datos Reales de MYSRL para Usage

## 2.2 TÉRMINOS RELACIONADOS A LA PRODUCTIVIDAD

### 2.2.1 Distancia equivalente horizontal (EFH)

Es la distancia horizontal que el camión podría recorrer en el mismo tiempo que le demanda sobre una pendiente (positiva o negativa).

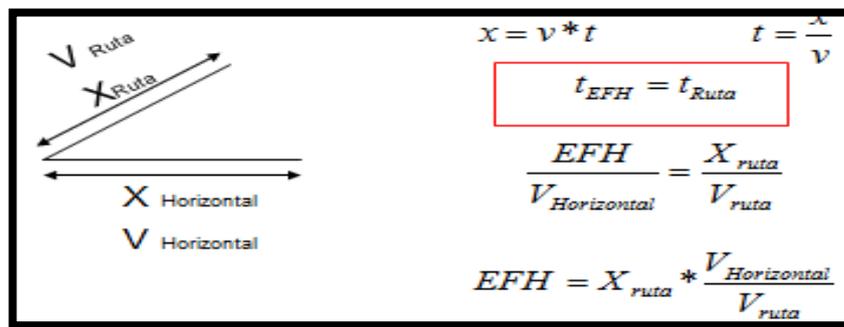


Figura 17: Método de calcular EFH

Un ejemplo real de mina es el siguiente:

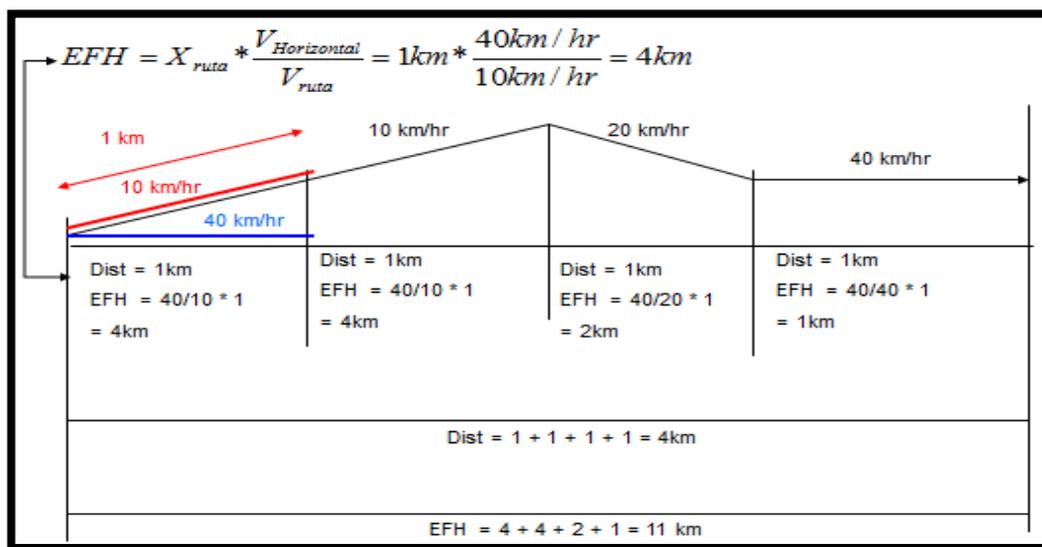


Figura 18: Ejemplo real de cálculo EFH

### 2.2.2 Tonelaje nominal

El tonelaje nominal es el valor que resulta de la multiplicación de la capacidad de carga útil del equipo por un factor de ajuste. Este factor de ajuste se obtiene de la relación entre el tonelaje VIMS (toneladas húmedas) menos el % de Humedad y el tonelaje reportado por *Jigsaw* (*Jigsaw* siempre reporta toneladas secas).

Tonelaje Nominal = Capacidad de carga útil del equipo \* factor de ajuste

El factor de ajuste varía mensualmente, considerando los factores de los últimos de los 3 meses. En Agosto 2011 fue:

Tabla 1: Tonelajes nominales por camiones y por tajo

Fuente: *Dispatch* MYSRL

<b>Tonelaje Nominal</b>		<b>785C</b>	<b>793B</b>	<b>793C</b>	<b>793D</b>
	<b>Carga Útil</b>	138	228	234	234
	<b>Factor de Ajuste</b>				
<b>LQ</b>	<b>0.8908</b>	122.93	203.10	208.44	208.44
<b>YAN</b>	<b>0.9944</b>	137.23	226.72	232.69	232.69
<b>CHQ</b>	<b>0.9898</b>	136.59	225.67	231.61	231.61

### 2.2.3 Actividades del ciclo de carguío y acarreo

Las actividades del Ciclo de Carguío y Acarreo y su óptima asignación están basadas en:

- Actual posición y velocidad del camión
- Tiempo estimado de llegada a destinos.
- Tiempo estimado de llegada a palas.
- Actual cola en las palas
- Actual tasa de excavación de las palas
- Asignaciones recientes de camiones para cada ruta

Para determinar los 8 estados en los cuales puede encontrarse un camión operativo, el *Jigsaw* es el sistema usado en el *Dispatch* en Minera Yanacocha para proveernos las actividades registradas:

Viajando, Esperando, Cuadrando, Cargando, Acarreando, En Cola, Retrocediendo, Descargando

### **2.2.3.1 Viajando vacío**

El camión se encuentra viajando vacío cuando se dirige al equipo de carguío. Los camiones vacíos automáticamente entran en la actividad de Viajando después de haber partido más de 20 m de su punto de descarga.

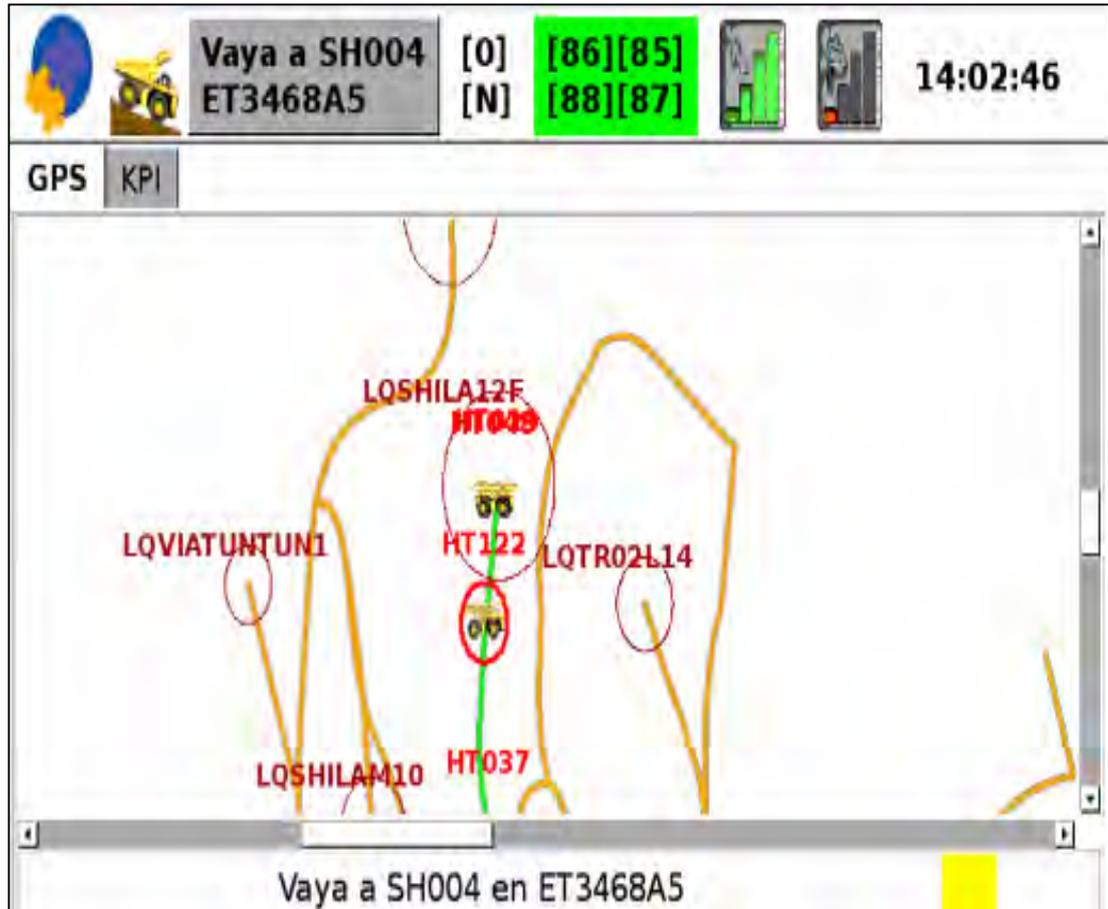


Figura 19: Viajando vacío en panel *Dispatch* de camión

Fuente: *Dispatch* MYSRL

### 2.2.3.2 Esperando

El camión se encuentra en espera a ser cargado por el equipo de carguío. Los camiones en la actividad de Viajando entran en la actividad de Esperando después de detenerse dentro de la distancia de espera (*waiting\_distance*) a 60m de la pala.

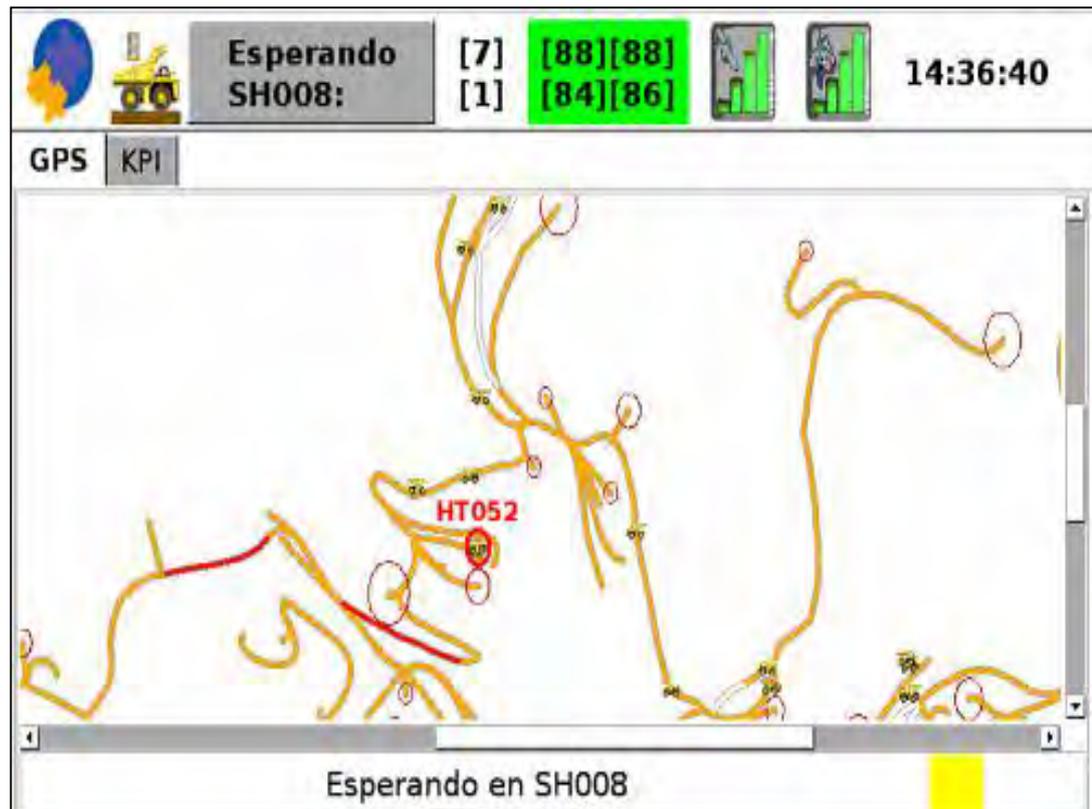


Figura 20: Esperando en panel *Dispatch* de camión

Fuente: *Dispatch* MYSRL

### 2.2.3.3 Cuadrándose

El camión en la actividad de Esperando entra en la actividad Cuadrándose cuando el GPS detecta que el camión ha iniciado la reversa y se encuentra al frente del equipo de carguío dentro de la distancia de cuadrado (*spotting\_distance*) a 20 m de la misma.



Figura 21: Cuadrándose en panel *Dispatch* de camión

Fuente: *Dispatch* MYSRL

#### 2.2.3.4 Cargando

Cuando el camión está cargando en el equipo de carguío. Los camiones en la actividad de Cuadrándose entran en la actividad de Cargando cuando el VIMS del camión detecta que está cargando.



Figura 22: Cargando en panel *Dispatch* de camión

Fuente: *Dispatch* MYSRL

### 2.2.3.5 Acarreando

Los camiones en la actividad Cargando entran en la actividad Acarreando cuando el GPS detecta que el camión ha viajado más que la distancia de salida (*departure\_distance*) de 20 m desde la zona de carga.

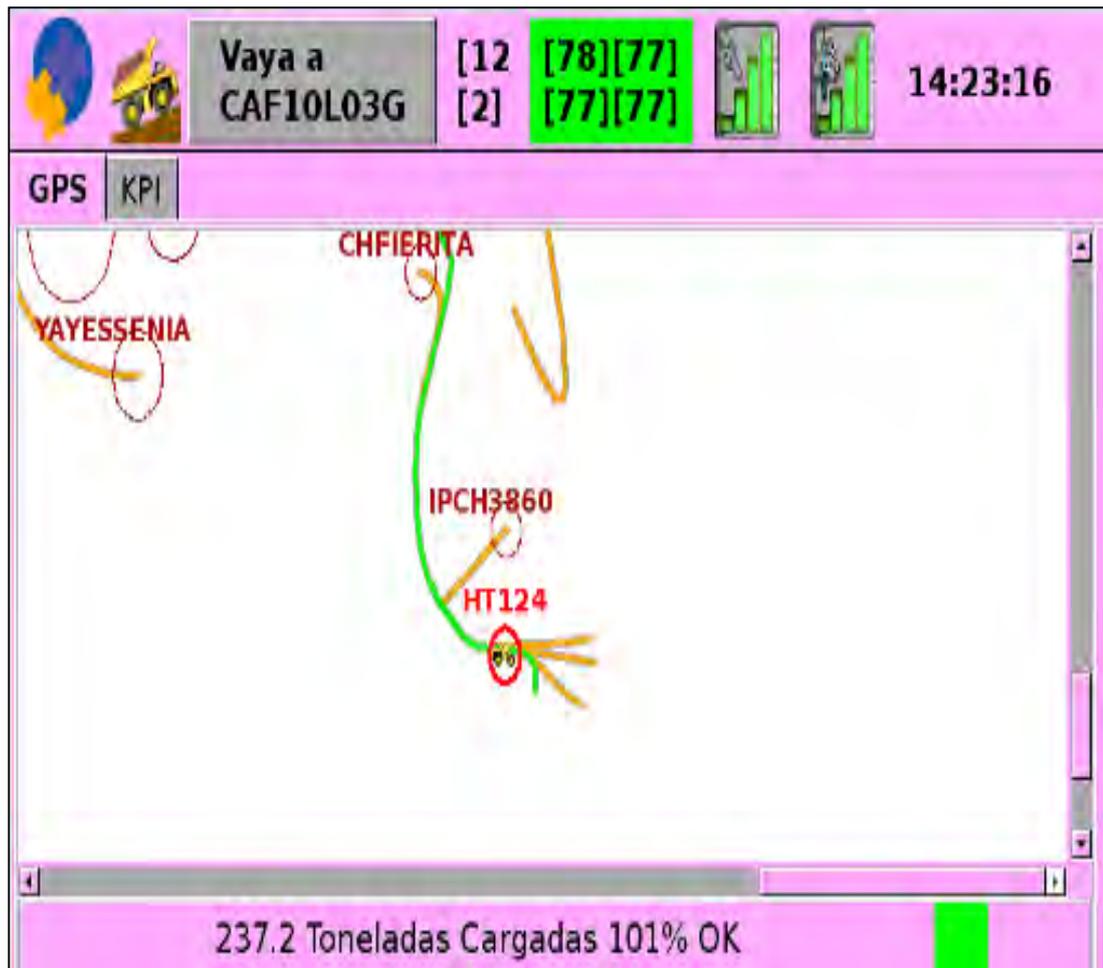


Figura 23: Acarreando en panel *Dispatch* de camión

Fuente: *Dispatch* MYSRL

### 2.2.3.6 En cola

Los camiones en la actividad de Acarreando entran en la actividad de En cola cuando el GPS detecta que el camión se ha detenido dentro de los límites de una locación de descarga.

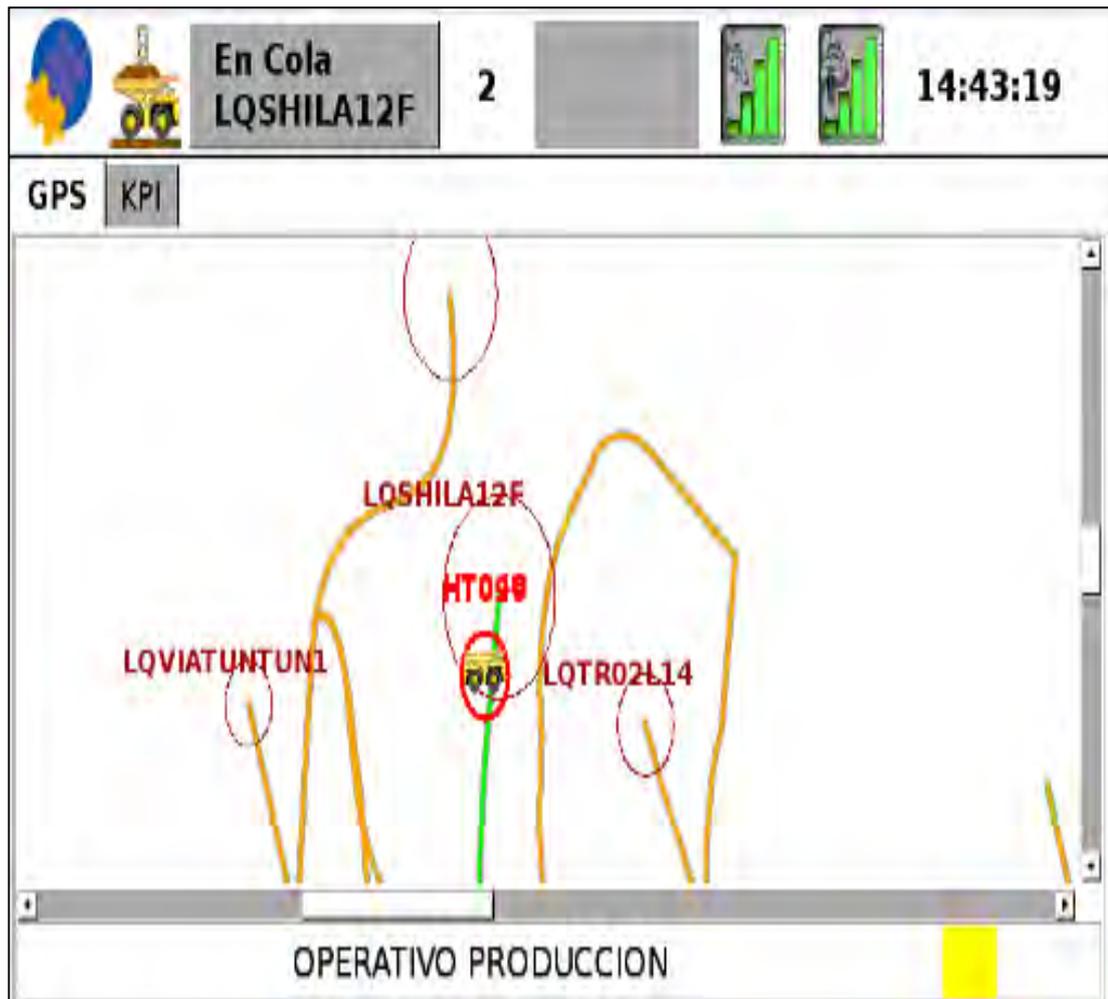


Figura 24: En cola en panel *Dispatch* de camión

Fuente: *Dispatch* MYSRL

### 2.2.3.7 Retrocediendo

Los camiones en la actividad En cola entra en la actividad de Retrocediendo cuando el GPS detecta que el camión ha iniciado la reversa y se encuentra dentro de los límites de la descarga.

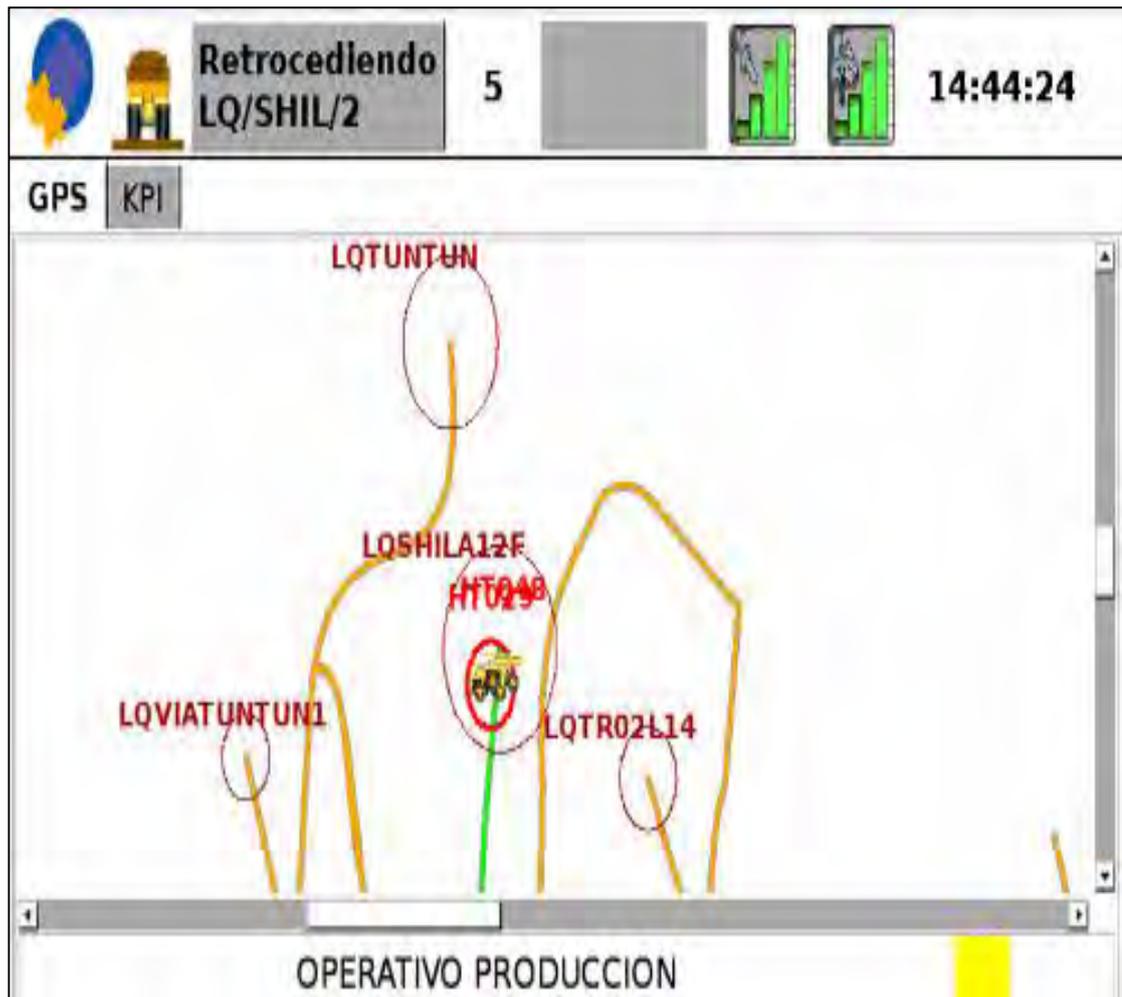


Figura 25: Retrocediendo en panel *Dispatch* de camión

Fuente: *Dispatch* MYSRL

### 2.2.3.8 Descargando

Los camiones en la actividad Retrocediendo entran en la actividad Descargando, cuando el VIMS informa que el camión está descargando.



Figura 26: Descargando en panel Dispatch de camión

Fuente: Dispatch MYSRL

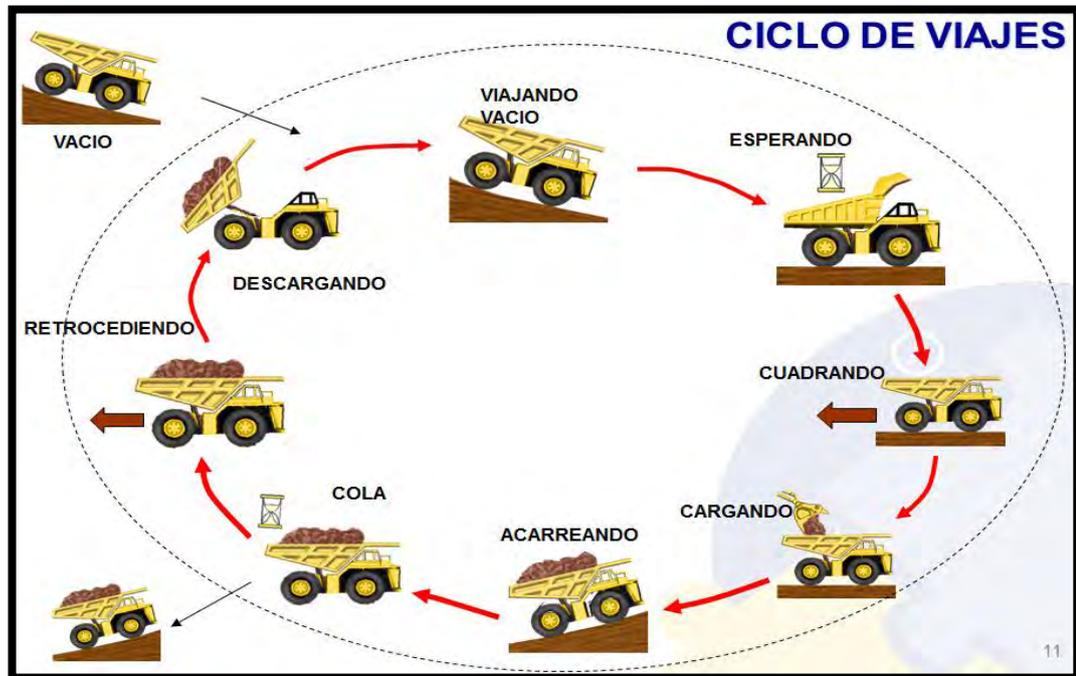


Figura 27: Ciclo de viajes en Operaciones Mina

Fuente: Dispatch MYSRL

	<b>VIAJANDO VACIO</b>	<i>Viajando vacío a la Pala.</i>	<i>Comienza cuando el camión viaja hacia la Pala como resultado de la asignación.</i>
	<b>ESPERANDO</b>	<i>Esperando en la Pala.</i>	<i>Comienza cuando el camión se detiene en el área de carga.</i>
	<b>CUADRANDO</b>	<i>Cuadrando en la Pala.</i>	<i>Comienza cuando el camión retrocede dentro del área de carga.</i>
	<b>CARGANDO</b>	<i>Cargando en la Pala.</i>	<i>Comienza después de la primer pase o cuando la velocidad alcanza a ser 0 Km/h dentro del radio de la Pala.</i>
	<b>ACARREANDO</b>	<i>Acarreando desde la Pala hacia la Descarga</i>	<i>Comienza cuando la Pala da la señal de fin de carga, la carga en el VIMS es detectada o el Volquete sale del área de carga.</i>
	<b>COLA</b>	<i>Cola en la Descarga.</i>	<i>Comienza cuando el camión se detiene al inicio del área de la Descarga</i>
	<b>RETROCEDIENDO</b>	<i>Retrocediendo en la Descarga</i>	<i>Comienza cuando el camión retrocede dentro del área de la Descarga.</i>
	<b>DESCARGANDO</b>	<i>Descargando en Descarga.</i>	<i>Comienza una vez detenido después de haber retrocedido dentro del área de Descarga y levantar la Tolva.</i>

Figura 28: Actividades en el ciclo de transporte

Fuente: *Dispatch* MYSRL

#### 2.2.4 Tiempo de carguío o *load time*

Es el tiempo transcurrido desde que se inicia el carguío de un camión hasta que éste es despachado.



Figura 29: Camión siendo cargado por Excavadora

### 2.2.5 Tiempo de cuadrado o spot time

Es el tiempo transcurrido desde que se despacha a un camión en un equipo de carguío hasta que se inicia el carguío en el siguiente, sin considerar la espera de camiones por el equipo de carguío (*hang*).

En término ideales este tiempo debe ser:

-En palas menor que 50 segundos.

-En cargadores menor que 1 min



Figura 30: Camión cuadrándose para ser cargado por Excavadora

### 2.2.6 Equipos de carguío esperando camiones o *hang*

Es el tiempo en el cual el equipo de carguío no tiene camiones, transcurrido desde que salió el último camión del equipo de carguío, hasta que le marca auto-llegada al próximo camión. Para que marque auto-llegada el camión debe tener velocidad GPS cero y estar a menos de 60 m de la pala.

$$\text{hang}(\%) = \frac{\text{tiempo esperando camiones}}{\text{tiempo operativo}}$$

El *hang* ideal es 15%



Figura 31: Excavadora en tiempo de espera para cargar

### 2.2.7 Tiempo de cola o *queue time*

Es el tiempo en el cual los camiones en el frente de carguío están esperando en cola para ser cargados. Se mide como el porcentaje de tiempo respecto al tiempo operativo del resto de la flota. Un camión en cola es considerado a partir del primer camión en espera, en el radio de 60m de la pala.

$$queue(\%) = \frac{tiempo\ de\ camiones\ en\ cola}{tiempo\ operativo}$$

El *queue* ideal es 8%



Figura 32: Camiones esperando en cola

### 2.2.8 Tasa de excavación o *dig rate*

Es la relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo de carguío.

$$\text{Tasa de excavación (} tm/h \text{)} = \frac{\text{tonelaje nominal}}{\text{tiempo de carguío}}$$



Figura 33: Pala llenando cucharón para el primer pase

### 2.2.9 Productividad efectiva

Es la relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo efectivo de carga, incluyendo el tiempo de cuadrado. Esto es lo que se produciría en una hora si el *hang* fuera cero. Es la productividad que aparece en los reportes de tiempo real y es la empleada para los rankings.

$$Productividad\ efectiva\ (tm/h) = \frac{\text{tonelaje nominal}}{\text{tiempo de carguío} + \text{tiempo de cuadrado}}$$

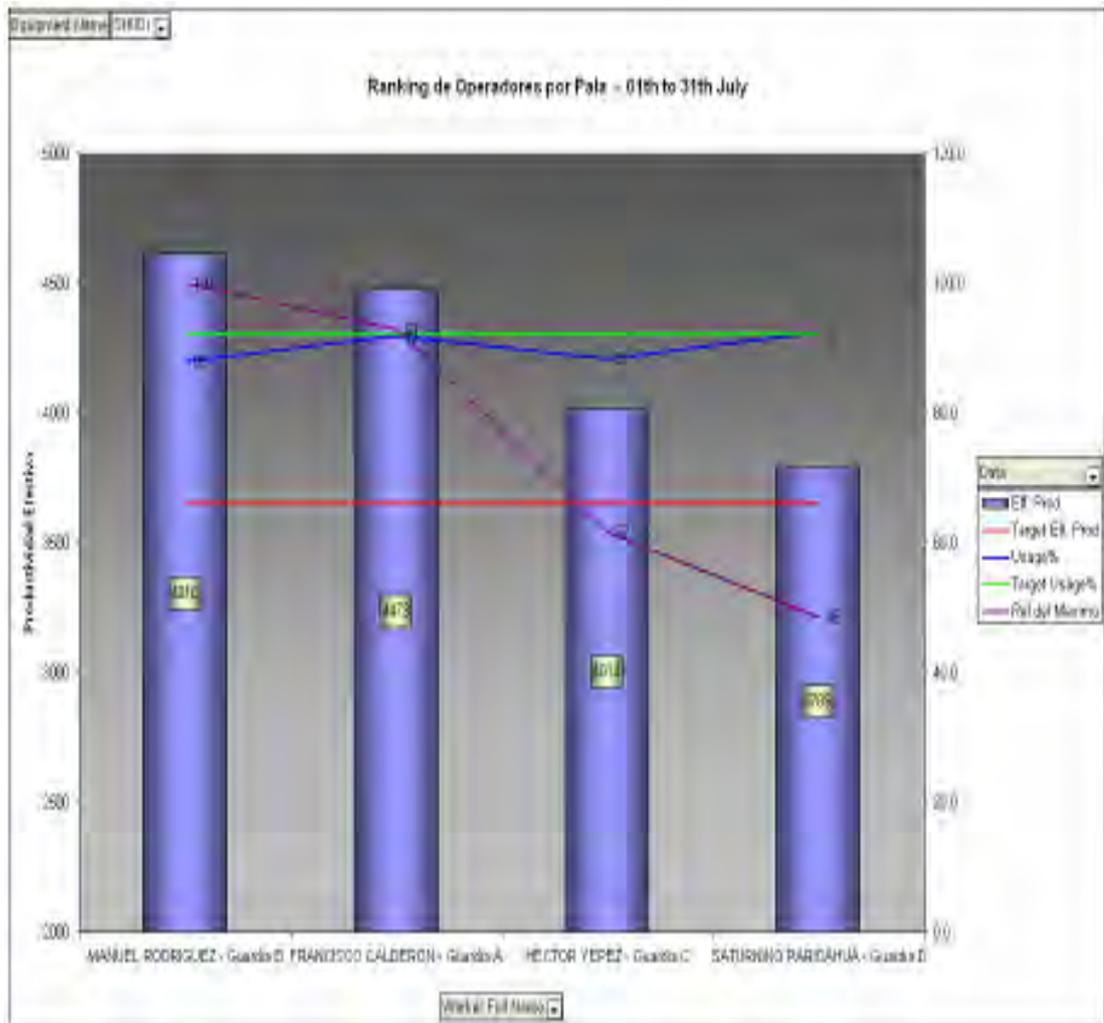


Figura 34: Ranking de paleros por productividad efectiva

Fuente: Dispatch MYSRL

### 2.2.10 Productividad horaria o productividad por hora ready

Es la relación entre las toneladas nominales y el tiempo total productivo, que incluye tiempo de carguío, tiempo de cuadrado y esperando camiones.

$$Productividad\ horaria\ (tm/h) = \frac{tonelaje\ nominal}{tiempo\ de\ carguío + tiempo\ de\ cuadrado + hang}$$

### 2.2.11 Producción de la hora

Es el total de toneladas nominales que produjo un equipo de carguío en una hora determinada, incluyendo demoras, traslados y tiempo malogrado. Es el número que dicta Pentágono.

### 2.2.12 Capacidades de minado

#### Capacidad de Carguío:

$$Cap. \text{ Carguío} = \sum (\# \text{ Unds.} * \text{Productividad carguío} * \text{Usage} * \text{Disp. mecánica})$$

según el tipo de flota

#### Capacidad de acarreo:

$$Cap. \text{ Acarreo} = \sum (\# \text{ Unds.} * \text{Productividad acarreo} * \text{Usage} * \text{Disp. mecánica})$$

Según el tipo de flota

### 2.2.13 Payload

Es el factor que nos indica el porcentaje de camiones cargados durante una guardia con menos de la carga nominal (60-95%) Su valor debe ser de 5%, aunque este valor es complicado de cumplir ya que hay materiales que deben minarse en la zona de Chaquicocha que tienen una baja densidad y por ende un menor tonelaje.

La política de *Caterpillar* indica que una carga aceptable se da entre los rangos de 90 y 110%, pudiendo aceptarse una carga mayor a esta hasta 120%, sin embargo los valores mayores a 120% deben ser descargados para evitar problemas en las llantas o en el equipo. Los valores menores de 90% pertenecen a incidir en el *Payload*.

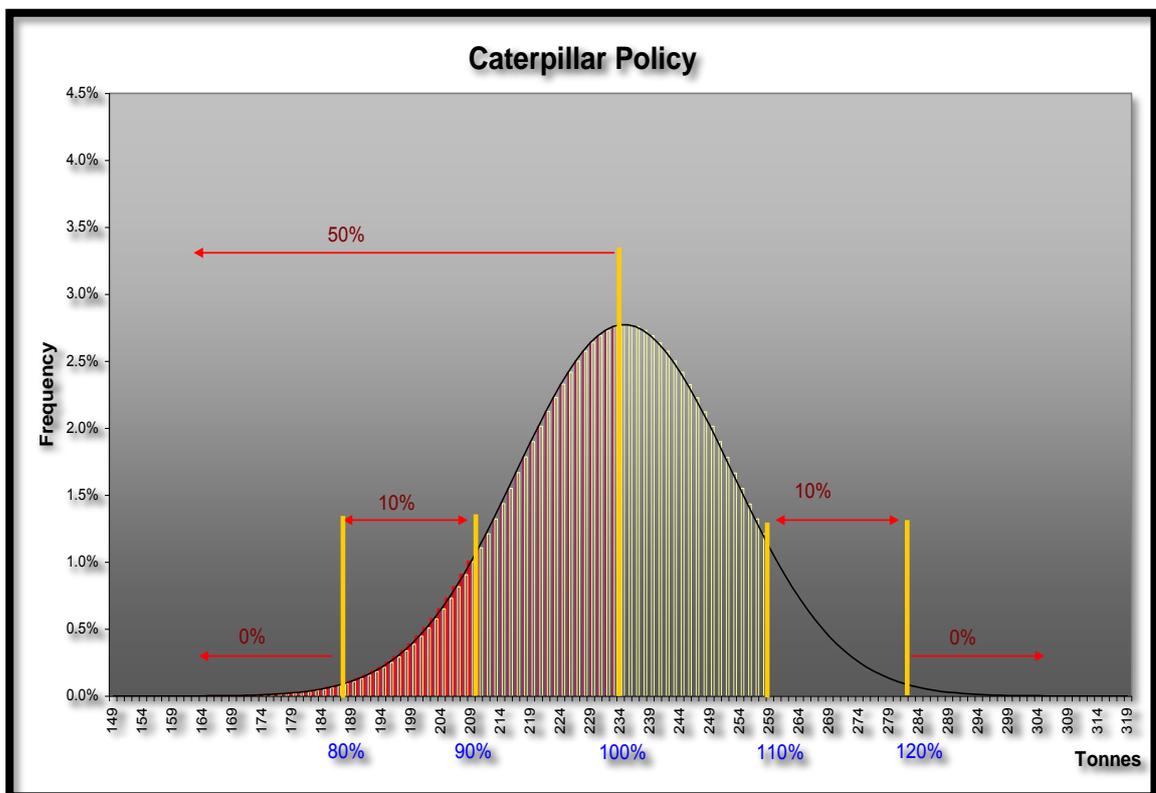
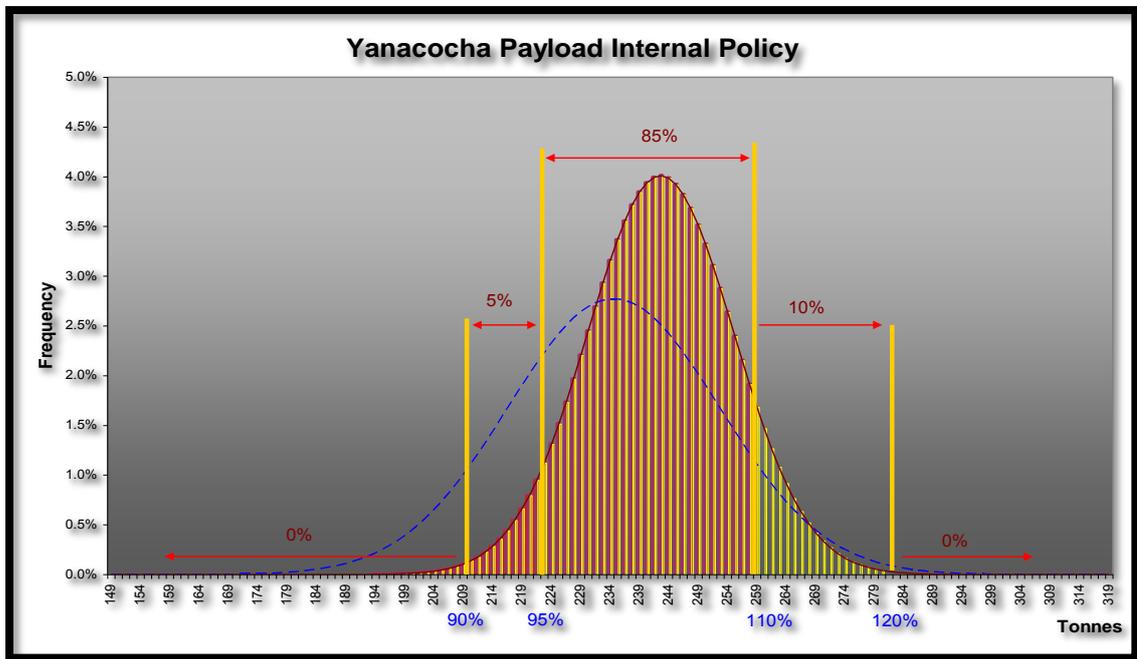


Figura 35: Política de Caterpillar sobre el Payload

La política de Yanacocha es más exigente y por lo tanto considera que los valores de



carga menores a 95% inciden en el *Payload*.

Figura 36: Política de MYSRL sobre el *payload*

### 2.2.14 KPI Despachador

El KPI despachador es la recopilación de numerosas variables y su interrelación entre las mismas, asignándole pesos a los mismos con el objeto de obtener un mayor KPI a un mejor desempeño.

$$KPI = IHQ + IH + IQ + IPA + IPC + IU$$

*Leyenda :*  
*IQH : Indice \_Queue & Hang*  
*IH : Indice \_Hang*  
*IQ : Indice \_Queue*  
*IPA : Indice \_Productividad \_Acarreo*  
*IPC : Indice \_Productividad \_Carguio*  
*IU : Indice \_de \_Usage*

PESO	Valor
HQ	0.15
H	0.15
Q	0.15
PA	0.2
PC	0.2
U	<b>0.15</b>
	1

El objetivo de los supervisores *Dispatch* es el de mantener el KPI de color verde, es decir que este sea mayor a 81%, teniendo como momentos críticos los cambios de guardia en los cuales el KPI puede caer tremendamente, siendo muy complicado ascenderlo ya que este es un promedio de toda la guardia.

La forma de calcular el KPI, el cual se calcula automáticamente mediante el *JigSaw* es el siguiente:

Tabla 2: Parámetros *Jigsaw*

Fuente: Dispatch MYSRL

$IH = \text{PesoH} \times \left( \frac{\text{Hang\_Target}}{\text{Hang\_Actual}} \right)$	<b>VARIABLE</b>	<b>TARGETS:</b>
$IQ = \text{PesoQ} \times \left( e^{\left  \frac{Q - Q_{\text{Target}}}{3.7} \right } \right)^{0.5}$	Q	8
$IHQ = \text{PesoHQ} \times \left[ \frac{IQ \times IH}{\text{PesoQ} \times \text{PesoH}} \right]^{0.5}$	H	15
$IPC = \text{PesoPC} \times \left[ \left( \frac{\text{ProdCarguio}}{\text{ProdCarguioTarget}} \right) \times \left( \frac{\text{DispMecanizPalas}}{\text{DispMecanizPalasTarget}} \right) \right]$	Prod.Acarreo	450
$IU = \text{PesoU} \times \left[ \left( \frac{0.4 \times \text{Usage\_Camiones} + 0.6 \times \text{Usage\_793C}}{\text{Usage\_Target\_Camiones}} \right) \times \left( \frac{0.4 \times \text{Usage\_Palas} + 0.6 \times \text{Usage\_5500}}{\text{Usage\_Target\_Palas}} \right) \right]$	Prod. Carguio	3000
$IPA = \text{PesoPA} \times \left[ \left( \frac{\text{Prod.Acarreo}}{\text{Prod.AcarreoTarget}} \right) \times \left( \frac{\text{Disp MecanicaCamiones}}{\text{Disp MecanicaCamTarget}} \right) \times \left( \frac{\%EmptyTarget}{\%Empty} \right) \right]$	Usage Camiones	0.94
	Usage Palas	0.9
	Disp. Mec. Camiones	0.9
	Disp. Mec. Palas	0.86
	%Empty	0.4

## **CAPITULO III**

### **GEOLOGÍA MINERA YANACocha SRL**

#### **3.1 GEOLOGÍA MYSRL**

##### **3.1.1 Geología Regional**

El distrito Yanacocha se localiza en los andes volcánicos terciarios del norte del Perú, aproximadamente a 20 KM al norte de la ciudad de Cajamarca (figura 2.1). El Mercurio era minado históricamente en algunas partes del distrito. La exploración moderna de cobre y plata empezó al inicio de 1960s y continuó hasta inicios de los 1980s. Un *joint venture* entre *Newmont Mining Corporation* y *Buenaventura Mining Company* descubrió la mineralización superficial de oro en Yanacocha en 1984. Los primeros trabajos fueron el muestreo geoquímico usando el método rock-chip, lo que resultó en la identificación de 14 anomalías superficiales de oro separadas. La

perforación empezó en 1985 y concluyó en 1992; las reservas iniciales de todo el distrito fueron de 1.28 millones de onzas. La producción comenzó en el yacimiento Carachugo en 1993. A finales del 2005 más de 20 millones de onzas han sido recuperadas y es hasta la actualidad la operación minera de oro más grande de Sudamérica.



Figura 37: Geología General en el Perú

Fuente: Geología MYSRL

### 3.1.2 Geología Estructural

El distrito Yanacocha forma hacia el NE un cinturón de alta sulfuración epitermal de yacimientos de oro con secuencia volcánica, referido como el Complejo Volcánico de Yanacocha (CVY). El CVY es generalmente confinado dentro de una longitud de (24KM de diámetro) con tendencia hacia el NE, y una depresión volcánica tectónica. El distrito está en el Centro de la intersección regional de las del

norroeste de los andes, y el corredor estructural de tendencia trans-andina Chicama-Yanacocha noreste. Esta falla dominante NE-NO es reflejada como control interno de la mineralización de oro de la mayoría de yacimientos.

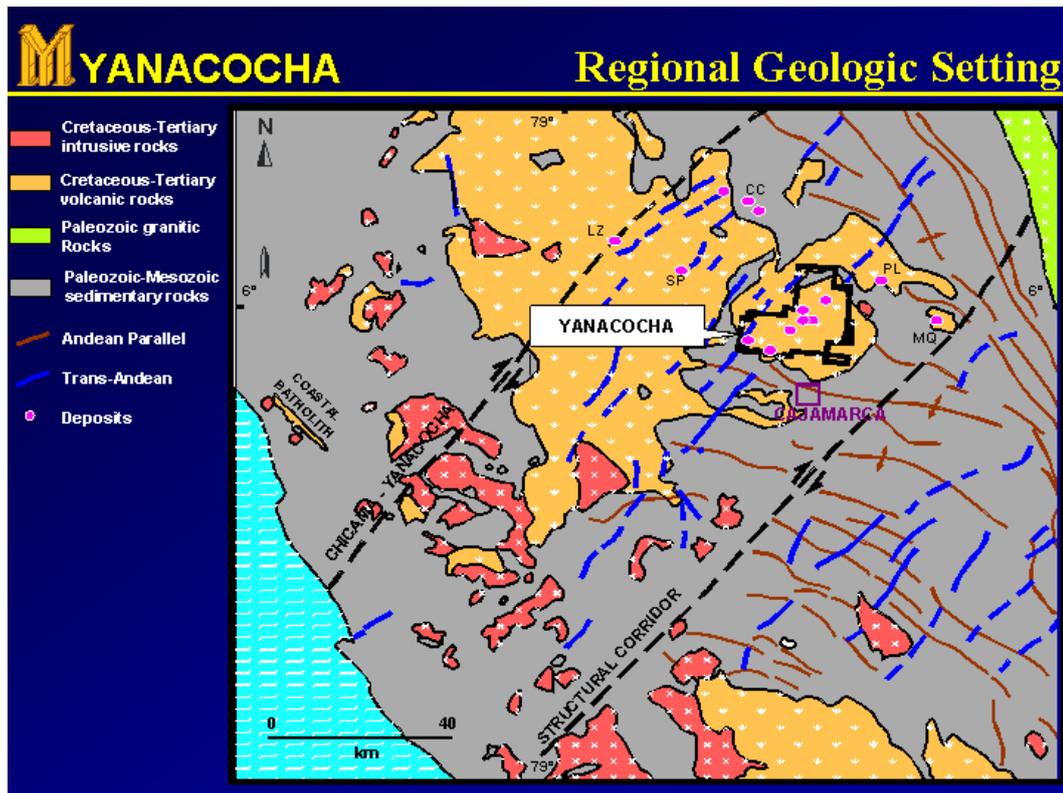


Figura 38: Geología Regional de Minera Yanacocha

Fuente: Geología MYSRL

### 3.1.3 Estratigrafía

Los testigos de perforación diamantina y el mapeo geológico detallado han establecido la estratigrafía volcánica, llevando al reconocimiento de fases múltiples de rocas porfíricas superficiales que son intrusiones en el nivel superior de la pila volcánica. Las más bajas exposiciones estratigráficas en el distrito son calizas y cuarcitas del cretáceo.

Estas son delineadas por el complejo volcánico Yanacocha. Cinco ciclos principales eruptivo/intrusivo han sido interpretados: desde el más antiguo hasta el más joven.

- Andesita inferior; una secuencia temprana consistente de flujos de domos andesíticos y relacionado con flujos de andesita y rocas piroclásticas.
- Una secuencia intermedia de flujo de cenizas de tufo y otros fragmentos de rocas piroclásticas con fragmentos de cristales.
- Andesita Superior; andesita localizada en domos de dacita, flujos y rocas piroclásticas.
- Brechas volcánicas de fase múltiple.
- Rocas intrusivas de nivel superficial incluyendo andesita – dacita, y rocas plutónicas.

#### **3.1.4 Alteración y Mineralización**

La alteración ácido sulfurosa en Yanacocha contiene una formación de gran volumen (área superficial es  $>10\text{Km}^2$ ) de sílica residual, con menos cantidades de argílico avanzado y argílico. La alteración inicial consiste en una solución ácida lixivante y la destrucción de minerales como feldespatos, piroxenos, y biotitas. Esto crea una roca vuggy sílica cuyo componente principal es la sílica remanente.

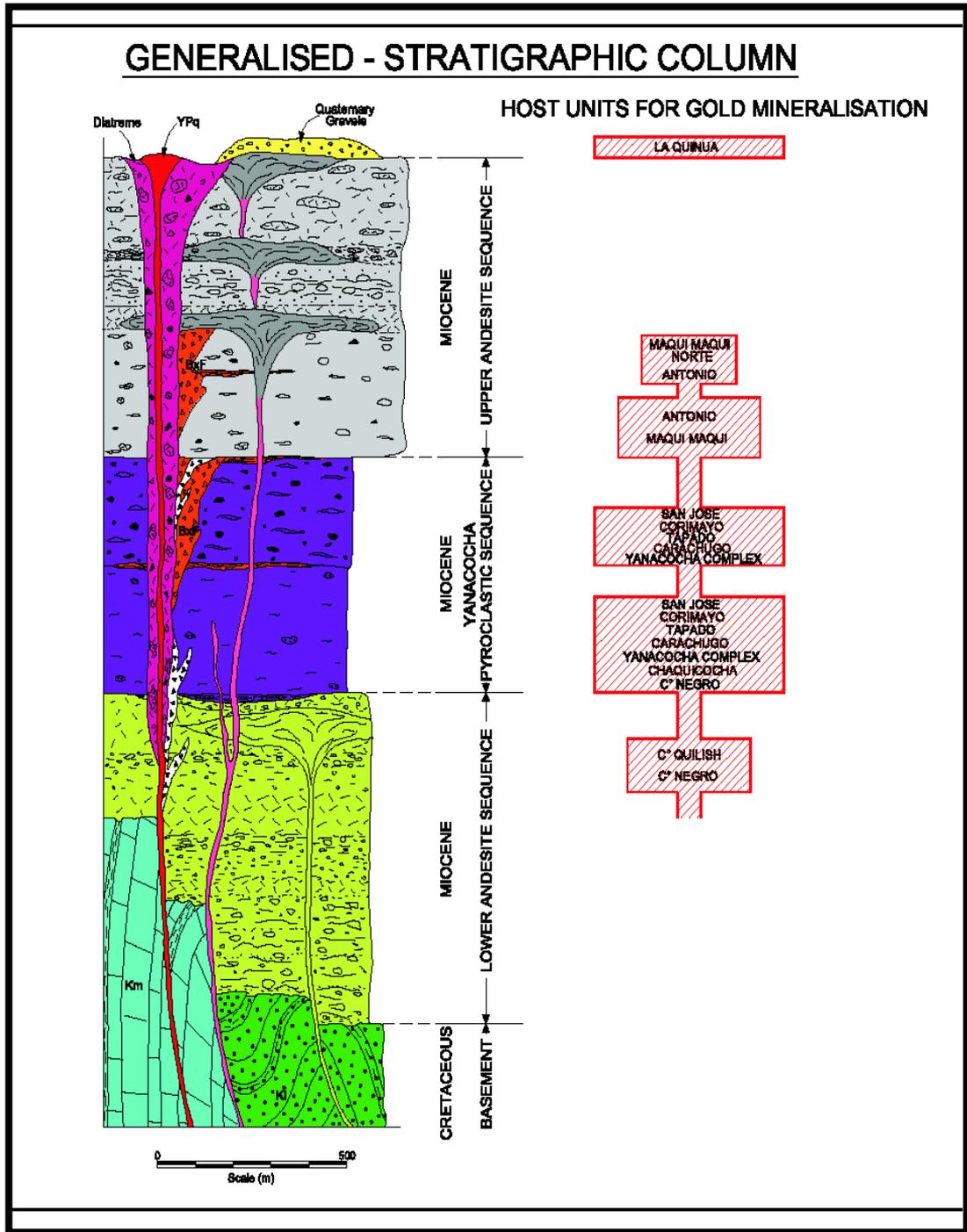


Figura 39: Columna Estratigráfica de Minera Yanacocha

Fuente: Geología MYSRL

Una alteración secundaria masiva de sílica reformo la vuggy sílica que se formo al inicio. La sílica granular tipicamente formada como vapor dominante en el borde la

aureola de la alteración. Saliendo de esta zona de silificación hacia la zona de alteración argílica avanzada formada, la cual se caracteriza por la sílica-alunita y otras arcillas. En esta zona las leyes salieron hacia la alteración argílica la cual típicamente consiste en motmorilenita, kaolinita, y otras arcillas. El borde más extremo de la alteración consiste de una unión propilítica entre la clorita, la pirita y la calcita.

La fase principal de la mineralización de oro es interpretada como la ocurrencia de una fase débil de un emplazamiento de pórfidos de un nivel superficial dentro de la pila volcánica. Los yacimientos de oro en Yanacocha ocurren como cuerpos tabulares sub – verticales cuyas altas leyes ( $>2\text{g/t Au}$ ) de mineralización están controladas a lo largo estructuras alimentadoras con altos buzamientos y brechas hidrotermales rodeadas por aureolas semi estratiformes (aprox  $1\text{g/t}$ ). La deposición primaria ocurrió en zonas más permeables como vuggy y granular sílica y sílica masiva fracturada. Los estudios de caracterización de oro con micro probeta electrónica en ambos ambientes oxido y sulfuroso indicaron que el oro ocurre en partículas del tamaño de un micrón y sub. micrón, generalmente formada después de la paragénesis del yacimiento. En rocas oxidadas (óxidos), el oro ocurre en partículas discretas a lo largo de las fracturas, grietas y diseminado a través de la roca. En rocas sulfurosas, el oro esta generalmente encapsulado en la pirita, arsenopirita, o minerales de cobre. Minerales de cobre en las zonas de sulfuros son comúnmente la enargita, calcocita, y la covelita. Algunas trazas de galena, esfalerita, y baritina son también comunes.

### 3.1.5 Geología Local

#### a. Depósitos cuaternarios.-

Los depósitos coluviales se presentan al pie de los cerros, consisten de bolones y bloques angulosos de tamaño variado hasta 1.0 m, en matriz de gravas arenosas y algo de finos, de compactación suelta, humedad media a baja, beige anaranjado. El espesor estimado con las calicatas varía entre 1.0 y 3.5 m.

#### b. Volcánicos Porculla.-

Las rocas piroclásticas del Volcánico Porculla constituyen el basamento rocoso de los materiales cuaternarios fluvio-glaciares, lagunares y coluviales que se depositaron durante el cuaternario y que afloran ampliamente.

### 3.1.6 Alteraciones

El grado de alteración es una función de la litología inicial y de la distancia al foco epitermal.

Las alteraciones encontradas e incluidas en el Modelo Geológico son: Sílice Clay 3, Sílice Clay 2, Sílice Clay 1, Sílice Alunita, Sílice Masiva y Propilítico.

Planeamiento Mina ha incorporado el “Modelo Geológico” para el diseño de los tajos, basando la configuración de los bancos y ángulos interrampa (IRA) para cada tipo de alteración existente, con los datos proporcionados por el Grupo de Geotecnia.

La caracterización geotécnica en el Área de Cerro Yanacocha se basa en el tipo de alteración, donde el grado de alteración va de una roca silicificada a un argílico avanzado (alunita), pasando por argílico (caolinita, montmorillonita, dominando la presencia de clay) y zonas de propílico. Reconocer el tipo de alteración clay es un primer control estructural para la estabilidad de los taludes.

### **3.1.7 Clasificación de los materiales en Yanacocha**

El Grupo de Geotecnia clasifica los materiales de Yanacocha en función de su tipo de alteración, características geomecánicas y contenido de arcillas (contenido de finos).

Para ello se basa en información de Geología Mina y cuenta con un laboratorio geotécnico que realiza ensayos de granulometría, de propiedades físicas, y ensayos de carga puntual en roca.

Las arcillas en Yanacocha se originaron producto de una alteración hidrotermal.

La Alteración Hidrotermal es la respuesta mineralógica textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en la presencia de agua caliente vapor o gas. La alteración hidrotermal ocurre a través de la transformación de fases minerales, crecimiento de nuevos minerales, disolución de minerales y/o precipitación y reacciones de intercambio iónico entre los minerales constituyentes de la roca y el fluido caliente que circulo por la misma. La temperatura del fluido y el PH son los factores más influyentes en la alteración, más aun que la litología de la roca original.

Los principales tipos de alteración que involucran la formación de arcillas, en un yacimiento tipo “Epitermal de Alta Sulfuración”, que es el caso de Yanacocha, son las siguientes:

**Alteración Argílica:** Caracterizada por la presencia de caolinita, smectita, montmorillonita.



Figura 40: Alteración argílica

**Alteración Argílica Avanzada:** Caracterizada por la destrucción total de feldespatos en condiciones de una hidrólisis muy fuerte, dando lugar a la formación de caolinita, dickita, pirofilita, alunita y sílice.



Figura 41: Alteración argílica avanzada

La alteración hidrotermal puede destruir totalmente la estructura de la roca, haciéndola más dura o totalmente deleznable, así por ejemplo una silicificación endurece totalmente la roca, y una argilización la vuelve totalmente suave y deleznable.

En resumen la sílice endurece el macizo, mientras que las arcillas la debilitan.

En una alteración Argílica Avanzada, que es una combinación de sílice con arcilla (clay) ó una combinación de sílice y alunita, es importante determinar el tipo de arcilla y la proporción entre sus componentes.

Debido a que las alteraciones con presencia de arcilla son el principal control de la resistencia y estabilidad del macizo rocoso, resulta geotécnicamente adecuado el modelamiento de la alteración hidrotermal considerando la cantidad de arcilla presente y diferenciando la arcilla (clay) de la alunita.

### 3.1.8 Clasificación en función al contenido de arcillas

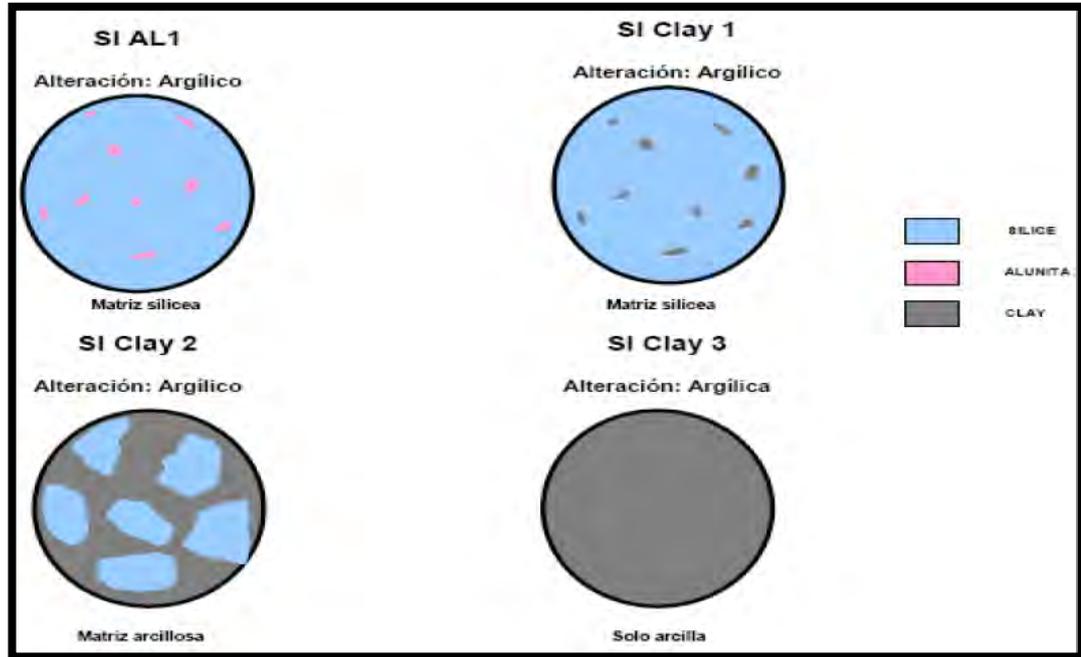


Figura 42: Clasificación de rocas según contenido de arcillas

Fuente: Geología MYSRL

## 3.2 GEOLOGÍA CHAQUICOCHA

### 3.2.1 Ubicación y Acceso

El zona de Chaquicocha Alto esta ubicado aproximadamente a unos 20 kms al norte de la ciudad de Cajamarca y se accede mediante una carretera de 45 kms conformada principalmente por asfalto y trochas carrosables. Se encuentra colindante con el antiguo tajo de Carachugo, a unos 500 mts del actual tajo de Carachugo Alto y a unos 3 kms al oeste del tajo Maquimaqui.



Figura 43: Ubicación Chaquicocha

Fuente: Google Earth

### 3.2.2 Marco geológico

#### 3.2.2.1 Geomorfología

El proyecto se ubica en la divisoria continental de la cordillera de los andes a una altura de 4000 m.s.n.m. Los rasgos geomorfológicos más saltantes de la zona

lo constituyen las montañas escarpadas del Cerro Carachugo y Montura cuyas pendientes alcanzan una inclinación hasta de 40° haciendo algunas zonas de difícil acceso, también es característicos los valles en forma de U localizados al sur del proyecto.

### **3.2.2.2 Geología regional**

El depósito de Yanacocha ocurre en la parte Norte del cinturón Orogénico Andino que atraviesa el Perú en toda su longitud y se encuentra conformado principalmente por rocas sedimentarias del Mesozoico y rocas Volcánicas del Terciario. La zona mineralizada de Yanacocha está ubicada a lo largo de una perturbación de escala regional de este cinturón orogénico. Las orientaciones Noroeste de pliegues y sobrescurrimientos en las rocas sedimentarias del Cretáceo son desviados a casi Este-Oeste a lo largo de la intersección con una zona estructural ENE trasandina, conocida con el nombre de corredor estructural Chicama – Yanacocha, la que muestra tendencias estructurales a lo largo de unos 200 km de longitud comenzando en la costa Pacífica. Esta tiene un ancho de 30 a 40 kms y está definida por el desplazamiento de la línea de costa peruana, múltiples fallas paralelas de orientación N50E y el alineamiento ENE del depósito de Yanacocha.

La unidad más antigua en la región de Cajamarca está conformada por rocas Sedimentarias del Cretáceo (Gráfico 29). Un paquete basal siliciclásticos se encuentra cubierto por la plataforma de rocas carbonatadas. No se conoce mineralización de alta sulfuración tipo Yanacocha en las rocas sedimentarias, pero

muchos otros tipos de depósitos prospectados en la región están hospedados en estas rocas.

El basamento de rocas volcánicas Terciarias en la región de Cajamarca esta conformada por flujos de lava, conglomerados de escombros volcánicos (debris flow) y secuencias volcanoclásticas de la Formación Llama, la cual ha sido datada como Paleoceno. Las rocas de la formación Llama ocurren al sur del distrito y sobre estas se depositan el complejo volcánico de Yanacocha el que es correlacionado con la formación regional Porculla.

El complejo volcánico Yanacocha en una intercalación de secuencias de flujos de lava andesíticos y rocas piroclásticas que se superponen a la formación Llama a lo largo de un contacto transicional. A unos 10 kms al NE de Yanacocha se encuentra cubierto por ignimbritas, dacíticas y andesíticas de la formación Huambos (Miembro Fraylones)(8.4 Ma.)

Estas rocas sedimentarias y volcánicas están cortadas por intrusiones terciarias, los que ocurren de forma circular o elongados a lo largo de una tendencia WNW las que corta el margen Este del distrito. Estas intrusiones han sido datadas como Paleoceno a Mioceno.

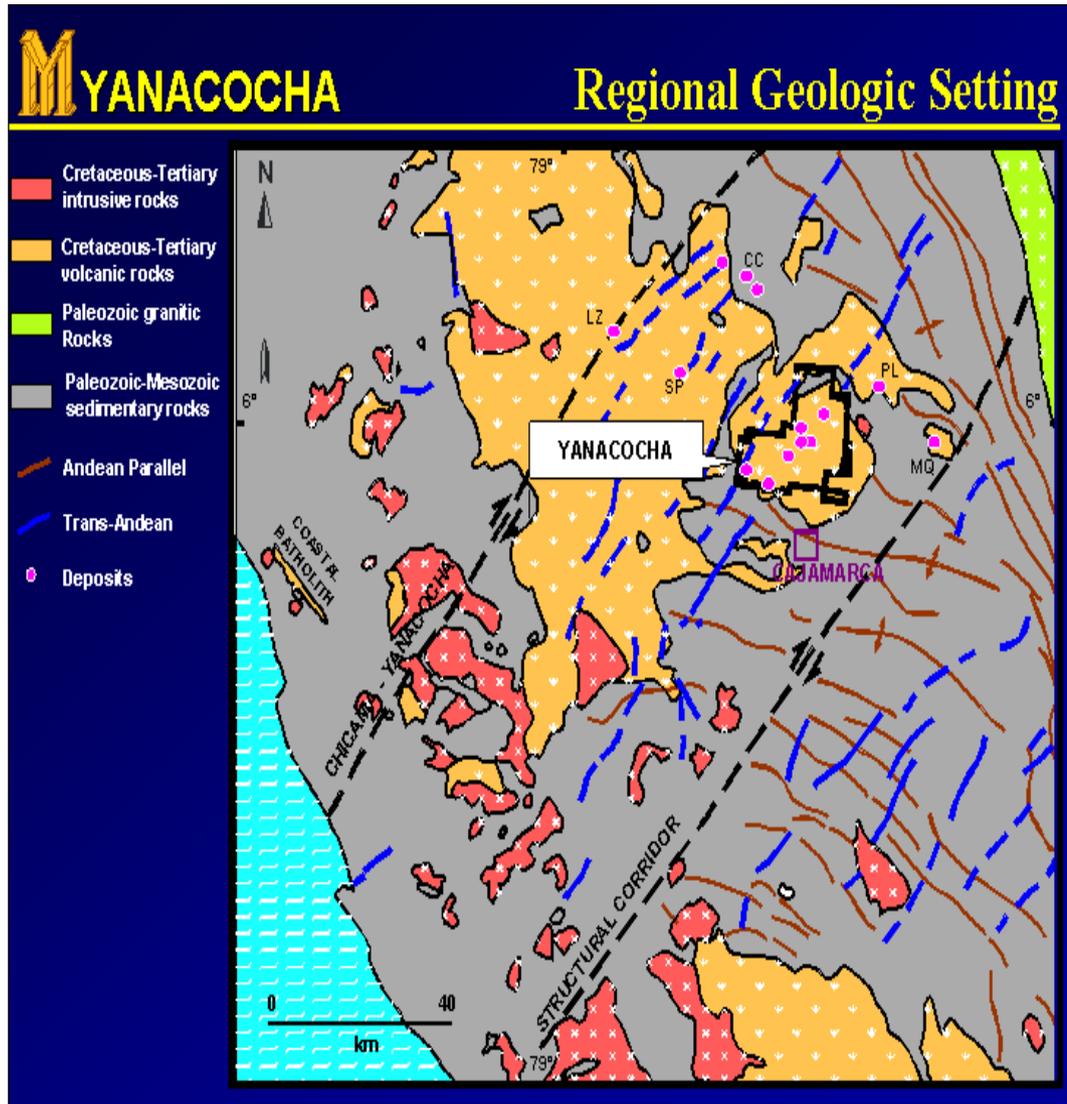


Figura 44: Geología Regional de Yanacocha

Fuente: Geologia MYSRL

### 3.2.2.3 Estratigrafía regional

La estratigrafía de la región como se menciona anteriormente esta conformada principalmente por rocas de origen Volcánico y Sedimentario.

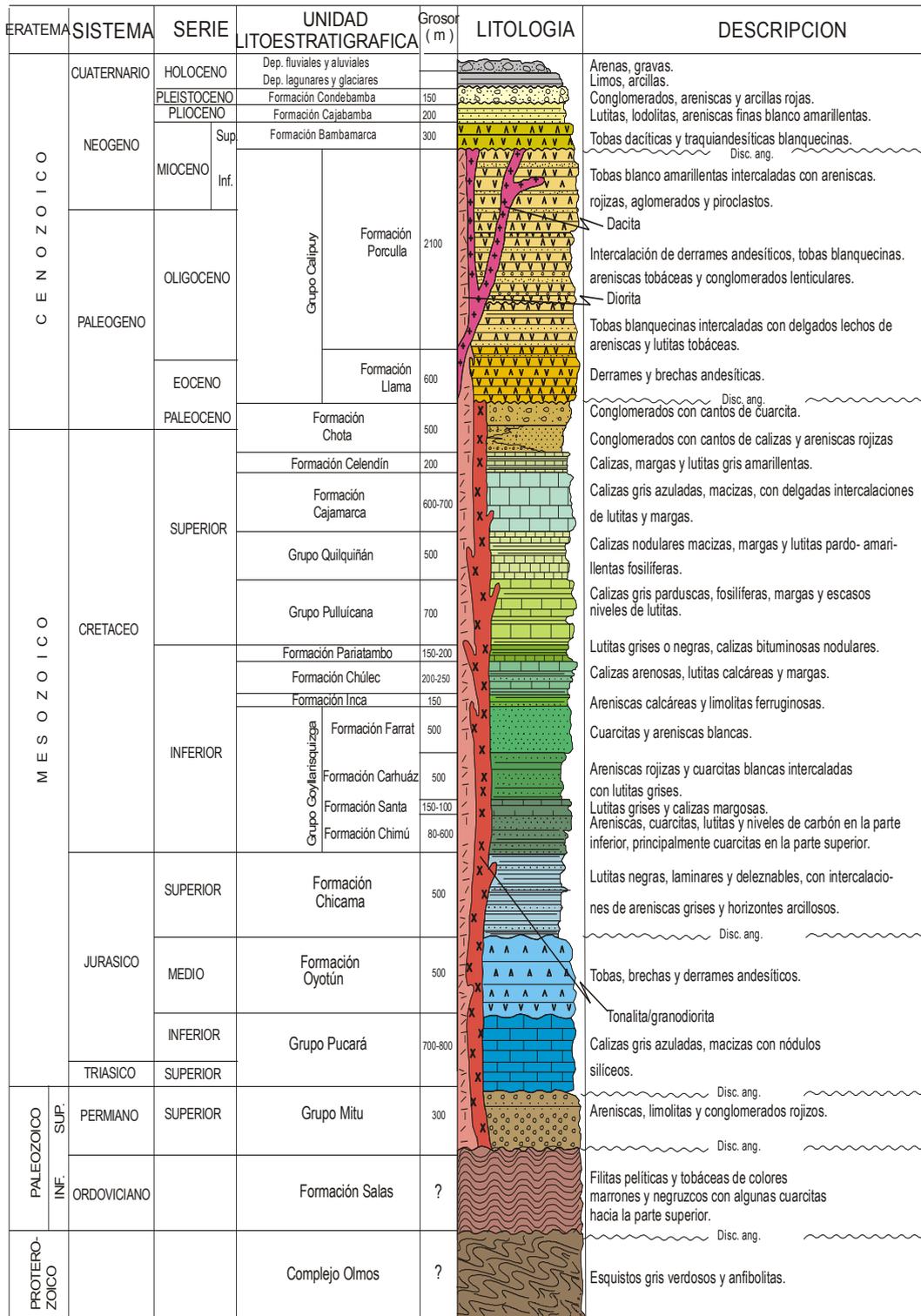


Figura 45: Estatigrafia de Minera Yanacocha

Fuente: Geologia MYSRL

A continuación se hace una breve explicación de las principales unidades litológicas presentes. (Gráfico 30)

#### **a. Rocas Sedimentarias**

Cuarcitas fuertemente plegadas y limolitas de la formación Farrat (Cretáceo bajo) que forman parte del Grupo Goyllarisquizga son las rocas más antiguas expuestas en la parte Sur y Oeste del distrito. La formación Yumagual (Cretáceo Medio) parte del grupo Puilluicana se encuentran expuestas en la parte el NE del distrito y esta compuesto principalmente por prominentes horizontes de caliza gris intercaladas por pequeños horizontes de pizarras y limolitas.

Evidencia de rocas Sedimentarias no ha sido encontrada a la fecha en profundidad dentro de los depósitos. Solo fragmentos de cuarcita son comunes en las unidades piroclásticas y en brechas.

#### **b. Rocas Volcánicas**

Esta secuencia volcánica sobreyace a las rocas sedimentarias del Cretáceo en discordancia angular. Está compuesta por las Formaciones Llama, Porculla y los miembros Fraylones y Otuzco de La Formación Huambos (Grupo Calipuy).

Las unidades litológicas del Distrito Minero han sido denominadas como Complejo Volcánico Yanacocha, las dataciones lo ubican estratigráficamente dentro de la Formación Porculla.

**a. Formación Llama**

Es la secuencia basal y está dominada por flujos de lavas, conglomerados volcánicos (flujo de debris) y rocas vulcanoclásticas. Esta secuencia de rocas se localiza al Sur del Distrito y presenta una débil alteración argílica y alteración propilítica. En la región de Cajamarca la Formación Llama ha sido datada como el Paleoceno (65 a 23 ma)

**b. Formación Porculla**

Consiste de una gruesa secuencia de rocas piroclásticas intercalado con niveles lávicos y cortadas por multi-fases de eventos intrusivos.

- **Volcánico Yanacocha**

Conocido localmente con el nombre del “Complejo Volcánico Yanacocha”. Esta secuencia vulcanoclástica se extiende regionalmente y hospeda la mineralización del Distrito de Yanacocha. Está constituido por rocas piroclásticas y flujo de lavas de composición andesítica.

- **Volcánico Regalado**

Una secuencia delgada de lavas andesíticas muy viscosas cubren principalmente las zonas de depresiones y sobreyacen a las rocas del Complejo Volcánico Yanacocha. Estos flujos de probable origen fisural son correlacionados con los Volcánicos Regalado.

En los niveles inferiores de esta columna eruptiva-débilmente explosiva, se ha desarrollado una incipiente a débil alteración, del tipo propilítica a argílica; esta alteración es posterior al evento principal del oro. La secuencia volcánica ha sido datada como Mioceno Medio (11ma).

### **c. Formación Huambos**

La secuencia media a superior es predominantemente piroclástica, con niveles de flujos de bloques y cenizas sobreyacidos por flujos piroclásticos ricos en cristales e ignimbritas soldadas. Estos niveles superiores pobres en líticos, muestran fragmentos de roca alterada, lo cual evidencia un evento hidrotermal previo a la extrusión de esta secuencia.

Dos secuencias de distinta composición de flujos de brechas piroclásticas son reconocidas al Norte y Sur del Distrito Minero. La primera de composición dacítica, corresponde al miembro Fraylones y la segunda de composición andesítica corresponde al miembro Otuzco, ambos de la Formación Huambos, asociados a distintos centros eruptivos.

Toda la secuencia volcanoclástica es cortada por múltiples eventos intrusivos pre y post- alteración. Intrusiones de brechas freáticas a freatomagmáticas, juntos a las secuencias piroclásticas constituyen la roca huésped de la mineralización económica, algunos de estas unidades son posteriores y cortan la fase principal de mineralización. Intrusiones dómicas andesíticas a

dacíticas pre y post-alteración son reconocidas en diferentes áreas del Distrito Minero.

Sedimentos inconsolidados de origen glacial a fluvio-glacial se depositaron sobre los valles en U y cuencas tectónicas. Ello ha permitido la dispersión secundaria del oro, con la consecuente formación de yacimientos en gravas, algunos de ellos económicos, ejemplo el depósito La Quinua.

Cuerpos Intrusivos: Se emplazan a lo largo de un cinturón WNW cortando el margen Este del Distrito Minero y son principalmente dioritas a cuarzo-dioritas. Las intrusiones forman cuerpos circulares a elongados hasta de 5 Km. de ancho, y han sido datados como Paleocenos a Miocenos.

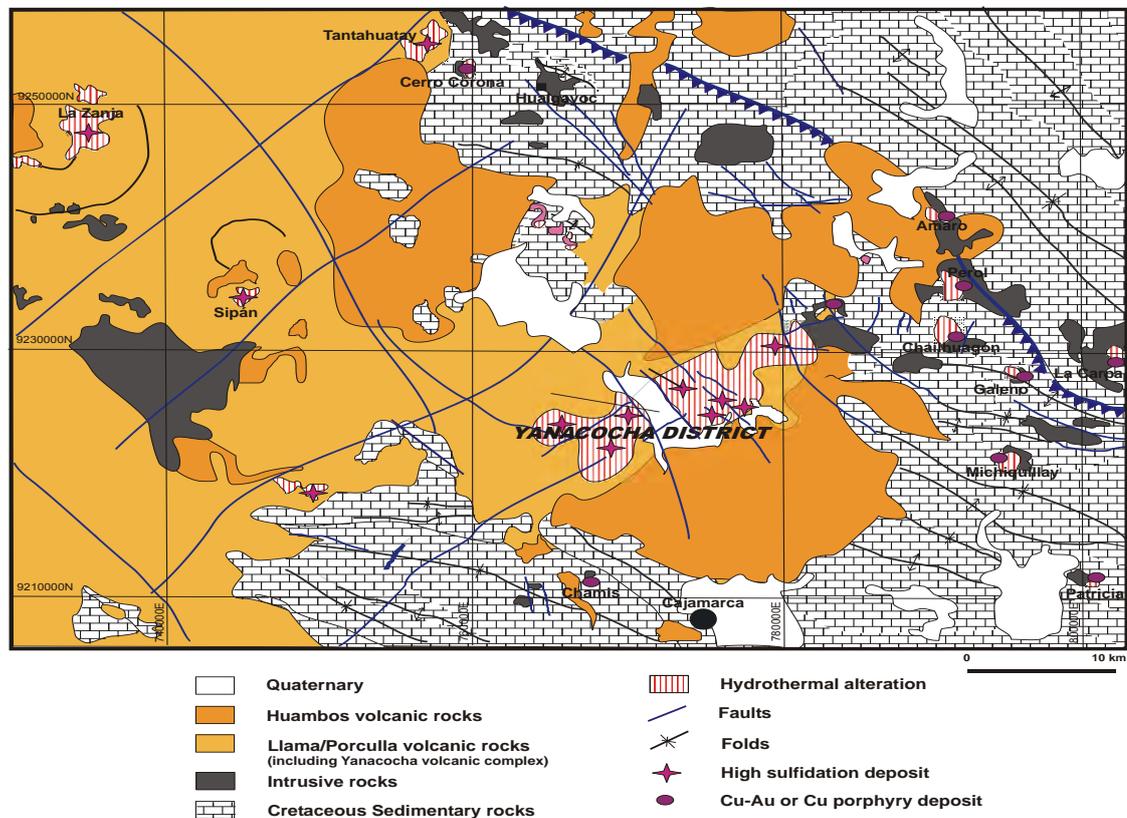


Figura 46: Unidades litológicas en Minera Yanacocha

Fuente: Geología MYSRL

#### **3.2.2.4 Geología local**

El depósito de Chaquicocha está hospedado en las rocas del complejo volcánico Yanacocha el cual se encuentra dividido en tres secuencias:

La secuencia de Andesitas Inferiores (Lower Andesite), una secuencia piroclástica intermedia y una secuencia de andesitas superiores (Upper Andesita).

A continuación en la estratigrafía local se describe detalladamente estas tres secuencias. (Gráfico 32)

Las secuencias volcánicas en esta área como se explicó anteriormente están compuestas por rocas piroclásticas y derrames lávicos de composición andesítica a dacítica. Estas se encuentran intruidas por diferentes tipos de brechas e intrusivos de composición similar a la pila volcánica. La nomenclatura litológica de este acápice es usada por los geólogos de Yanacocha en forma local.

##### **a. Unidad Andesita Inferior (Lower Andesite – LA)**

No se encuentra expuesta en superficie pero es encontrada a 300 mts de profundidad. Esta secuencia consiste principalmente de tufos andesíticos ricos en cristales y con fragmentos líticos generalmente alterados a silice-arcillas.

##### **b. Unidad Tufo Fino (Tft)**

Secuencia de tufos finos o laminados que marca un hiato volcánico entre las secuencias Inferiores (LA) y la secuencia sobreyacente (Teut). Localmente se

encuentra fuertemente alterada y comúnmente remplazada por sulfuros de pirita masiva.

### c. Unidad Eutaxítica Transicional (Teut)

Secuencia de lapillis y tufos de cristales con esporádicos clastos líticos del basamento, sobreyaca a la secuencia Tft y generalmente están fuertemente alterados a Silice Masiva y Silice Vuggy. La mineralización de Au esta localmente hospedado en esta secuencia

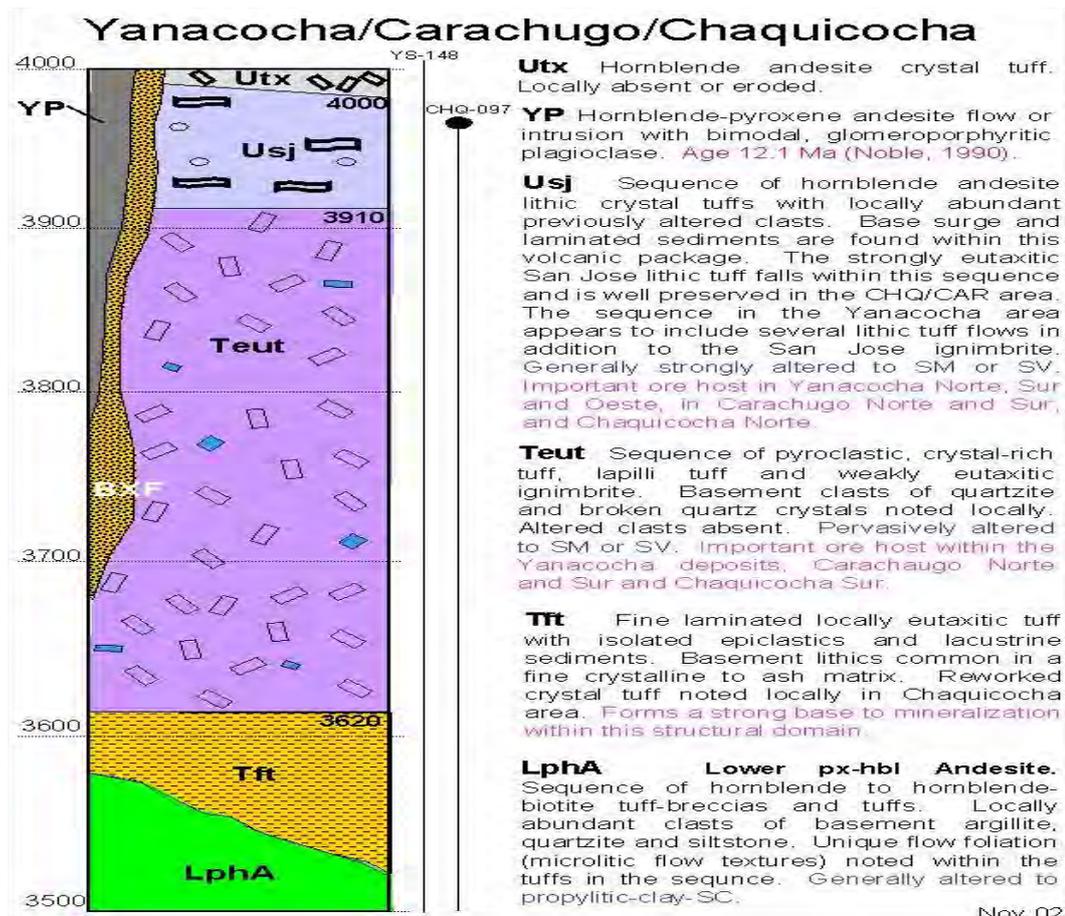


Figura 47: Estadigrafía Local

Fuente: Geología MYSRL

**d. Unidad San José**

Compuesta por tufos andesíticos ricos en cristales con abundantes clastos líticos previamente alterados y se encuentra sobreyaciendo a la unidad Teut. La alteración en la zona de Chaquicocha varía entre silice Vuggy y silice granular. Se encuentra bien preservada en los depósitos de Carachugo y Chaquicocha, la mineralización de Au se encuentra hospedada en esta secuencia a lo largo de Yanacocha.

**e. Unidad Andesita Superior**

Esta secuencia esta conformada por secuencias de lavas y domos de composición Dacítica y andesítica. Para la zona de Chaquicocha esta representada por las siguientes nomenclaturas Utx (Tufos de Andesita-Horblenda) y UphA (Andesita Superior Horblenda-Piroxenos).

**f. Rocas Porfíricas**

De acuerdo a la tabla de clasificación de texturas de origen magmático, las rocas en el Distrito Minero Yanacocha, son de carácter porfírico.

A continuación se describen las rocas porfíricas que están aflorando en el Cerro Yanacocha.

- Unidad Porfíritico Yanacocha (Yp)

El porfíritico Yanacocha es de composición andesítica de grano grueso, generalmente porfíritica con un 25% de fenocristales de plagioclasas y hornblendas y matriz afanítica.

Este pórfido andesítico ocurre como un flujo de lava-domo con un interior porfíritico y con influencia de flujo en los márgenes

- Unidad Porfíritico Carachugo (Cp)

Esta unidad es de composición andesítica de grano medio a fino y está asociada a la presencia de domos y flujos de lava generalmente presenta una alteración argílica y argílica avanzada.

- Brechas

Las brechas típicas en el área son las siguientes:

Brecha Freática.- Esta compuesta por fragmentos angulosos a subangulosos con diferentes grados de silicificación, desde sílice masiva a sílice vuggy. La matriz está constituida por una sílice microgranular de grano fino-grueso y líticos muy finos (polvo de roca). La matriz y las cavidades son rellenadas principalmente por limolitas, y en menor proporción alunita, baritina y escoradita y ocurre en forma de diques subverticales.

Brecha Hidrotermal.- Esta compuesta principalmente por fragmentos angulosos y subangulosos, de carácter heterolíticos a monolíticos soportados por matriz compuesta principalmente por sílice masiva color crema/gris y óxidos de fierro, su proporción con respecto a los clastos es muy variada llegando a ser en zonas una brecha de clastos soportados, ocasionalmente presencia de baritina relleno espacios vacíos, esta roca el la mayoría de los casos hospeda leyes de Au >1.0 g/t.

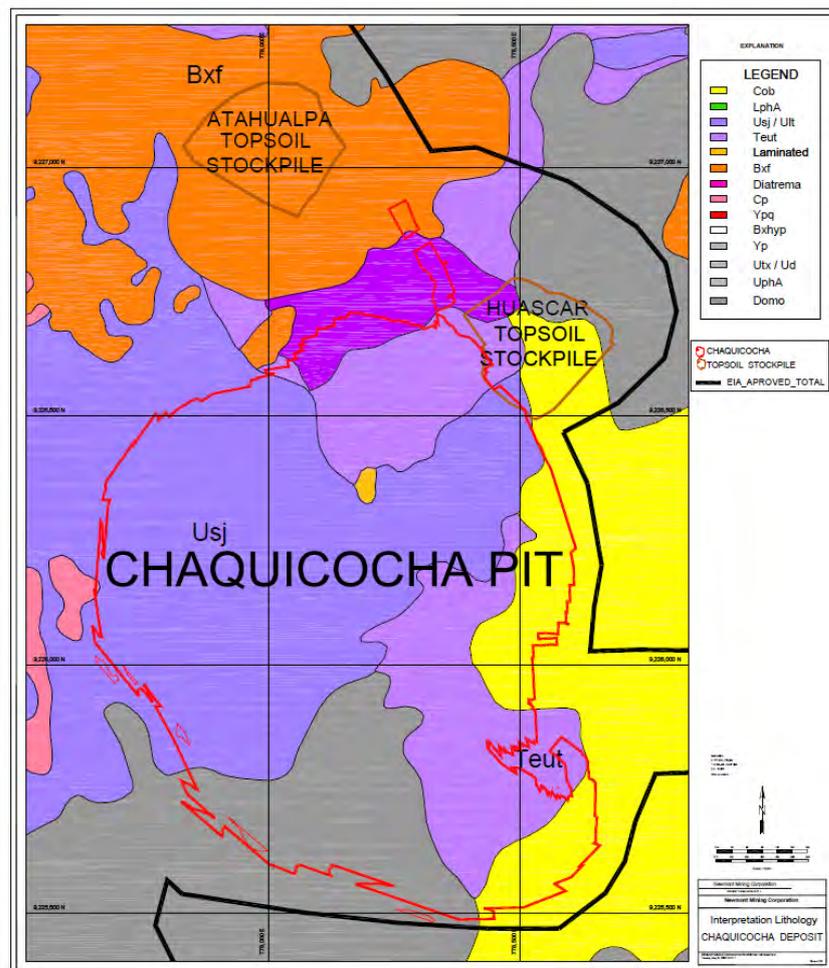


Figura 48: Plano litológico de la zona de Chaquicocha

Fuente: Geología MYSRL

### 3.2.2.5 Geología estructural

Existen importantes rasgos estructurales regionales que han ayudado a la formación del ambiente geológico local. El Distrito Minero está localizado cerca a una importante intersección de lineamientos andinos y tras andinos. El trend andino es expresado por la orientación Noroeste de los ejes de plegamiento de rocas mesozoicas y la alineación de intrusiones terciarias en el área de Cajamarca, mientras que el patrón trans-andino, conocido como el corredor Chicama-Yanacocha, se evidencia por el desplazamiento del litoral peruano y el lineamiento ENE del Distrito Minero de Yanacocha. Este corredor estructural corresponde a una franja de 30 a 40 Km. de ancho y 200 Km. de largo que se inicia desde el río y puerto Chicama y se extiende en dirección N40°E, pasando por Guzmango-Contumaza, Cajamarca, La Encañada, Yanacocha y Hualgayoc, extendiéndose aún más hacia el Este. En él se presentan fallas transversales al rumbo Andino (Transandino), eventos magmáticos alineados en la misma dirección, lo mismo que fenómenos de alteración Hidrotermal y Mineralización.

En la zona del Complejo Chaquicocha/Carachugo existen principalmente dos tendencias estructurales (Gráfico 34) asociadas a la mineralización de Au, una tendencia N30°- 40°E ligada a niveles profundas asociada a la falla La Fuente y una segunda tendencia de N35°W que es dominante en la zona de óxidos relacionada a la Zona estructural de La Champa.

### 3.2.2.6 Geología económica

El depósito de Yanacocha es descrito como un Yacimiento epitermal de alta Sulfuración hospedado en rocas de origen piroclástico en donde se han evidenciado múltiples eventos de alteración hidrotermal así como eventos de mineralización.

Las alteraciones Hidrotermales más dominantes superficialmente (Gráfico 32) y en profundidad en la zona de Chaquicocha son la sílice Lixiviada (alteración sílice granular y oqueroso) y la sílice masiva ambas representan casi el 70% de las alteraciones presentes en el depósito y se extiende desde niveles superficiales hasta 400 mts de profundidad; en menor proporción y colindando con las anteriores tenemos las alteraciones argílica, argílica avanzada y propilitica.

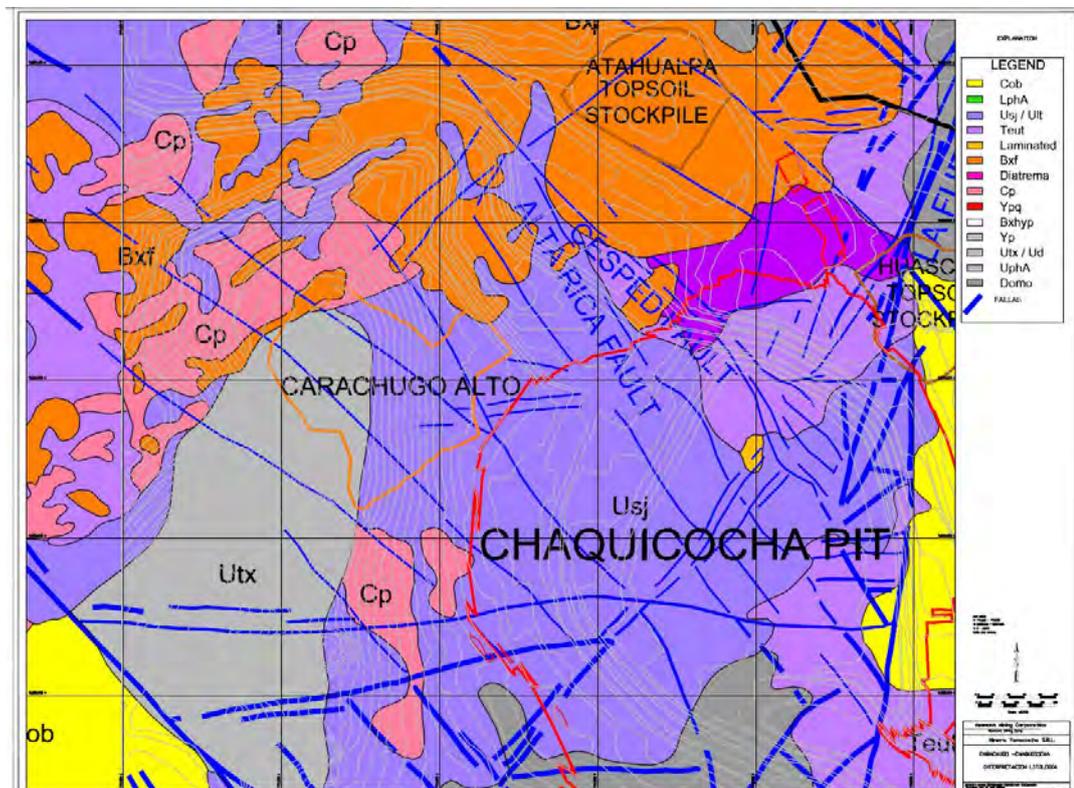


Figura 49: Plano con las principales estructuras-fallas

Fuente: Geología MYSRL

Las zonas Argilicas, Argilicas Avanzadas está presente en el extremo SW estrechamente ligada a intrusiones de roca de edad temprana.

A continuación se describe algo mas detallada las diferentes alteraciones hidrotermales presentes en la zona.

#### **a. Silicificación**

La silicificación es el más importante tipo de alteración en el área y hospeda la principal mineralización de oro y plata; está constituida esencialmente por sílice masiva, sílice oqueroso (vuggy) y sílice granular.

#### **b. Sílice masiva**

Consiste de un cuarzo microcristalino muy denso, entre 10 a 3um de tamaño. Esta desarrollada en gran parte del depósito, en los niveles superficiales se manifiesta formando grandes masas montañosas (Cerro Carachugo) y alcanza espesores de hasta 400 mts de espesor.

#### **c. Sílice Granular**

Consiste de cuarzo remanente friable, poco compactado y de textura sacaroidea, producido por fluidos ácidos. Estuvo presente en los niveles superiores superficiales del Chaquicocha alcanzando espesores en algunas zonas hasta de 250 mts. y también se encuentra relacionado a la mineralización.

**d. Sílice Oqueroso (Vuggy)**

Consiste de cuarzo de grano fino con cavidades o moldes de fenocristales que varían desde 1mm a 1cm. Esta se encuentra en menor proporción que las anteriores poco desarrollada en el depósito de Chaquicocha, se ubica principalmente en los niveles superficiales formado cuerpos sub-horizontales y también está relacionada con la mineralización.

**e. Argílico Avanzado**

Está caracterizado por la presencia de alunita, caolinita, dickita y pirofilita. Está representado por los ensambles Sílice Alunita (SA) y Sílice Clay (SC) y esta presente al SW del depósito de Chaquicocha.

**f. Argílico**

Consiste principalmente de montmorillonita e illita con cantidades subordinadas de caolinita. Típicamente el ensamble argílico contiene pirita diseminada y en venillas. Este ensamble es periférico a la mineralización de oro y plata en el sistema de alta sulfuración y es usualmente asociado a las rocas porfíricas de composición andesítica y en menor proporción a las brechas freatomagmáticas.

**g. Propilítico**

Está compuesta por un ensamble de clorita, actinolita y epidota. Este ensamble ocurre principalmente en el porfírico andesítico Yp, su distribución es principalmente en los alrededores de la zona mineralizada.

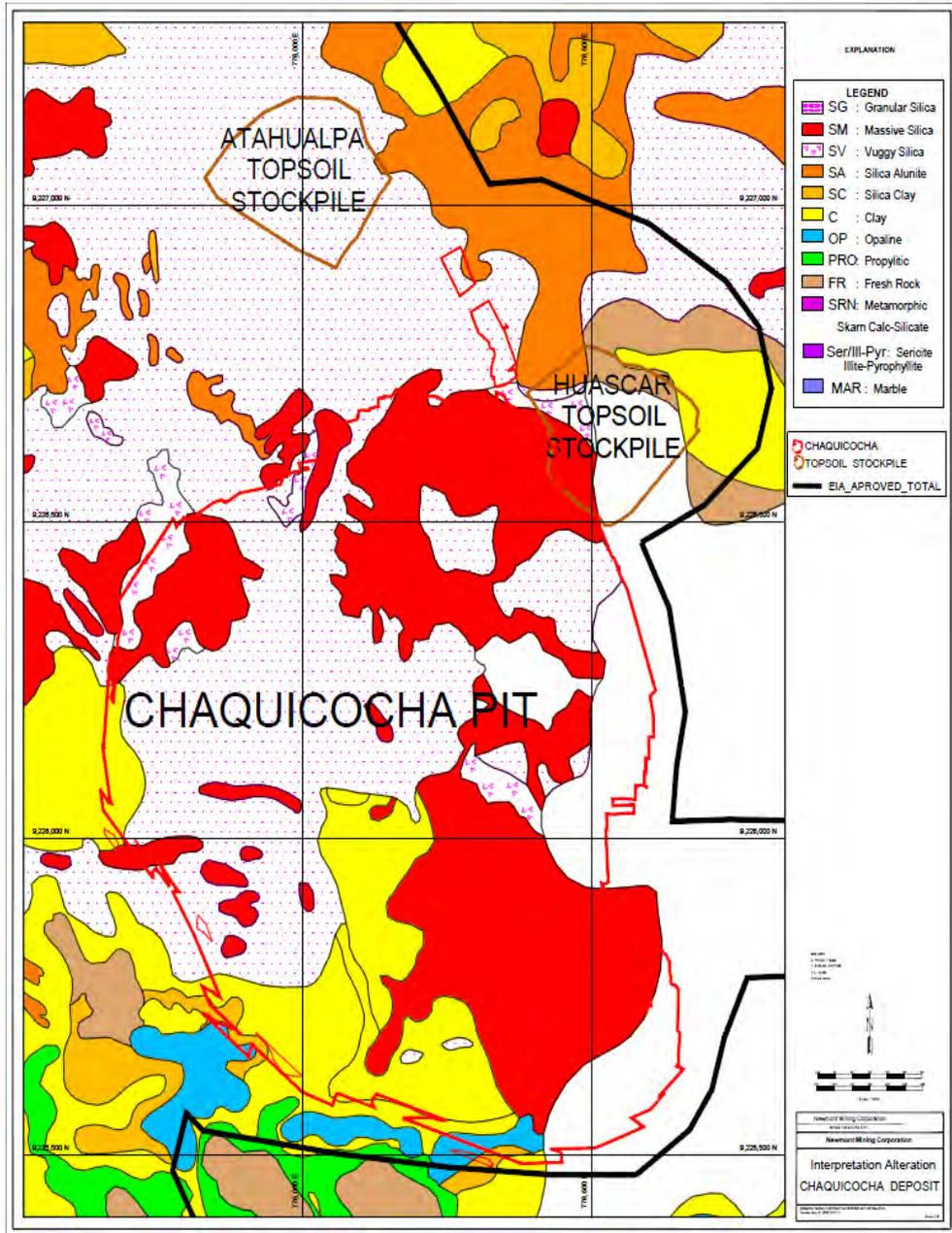


Figura 50: Plano de alteraciones hidrotermales de Carachugo Alto Fuente: Geología MYSRL

La Mineralización es típica de un yacimiento epitermal de alta sulfuración y se encuentra estrechamente asociada a las facies silíceas centrales del sistema.

En la zona de Chaquicocha ocurre típicamente en forma diseminada- fracturas y ligada principalmente a las zonas de alteración Silica Masiva y silica Lixiviada. La oxidación es débil a moderada y esta esta compuesta principalmente por goetita esta presente principalmente en el extremo Este y se extiende 100 mts por debajo de la superficie.

En los niveles más profundos 200 mts por debajo de la superficie ocurre una transición gradual hacia una zona de sulfuros la cual se caracteriza por la presencia de sulfuros de cobre (Covelita, Calcocina y Enargita) los cuales están estrechamente ligados a la mineralización de Au.



Figura 51: Sección q muestra geología y alteraciones en Carachugo Fuente: Geología MYSRL

## **CAPITULO IV**

### **OPERACIONES EN MINERA YANACOCCHA**

#### **4.1 ZONAS OPERATIVAS A LA ACTUALIDAD**

En la actualidad las áreas de operación con la cuenta minera Yanacocha esta dada por la siguiente clasificación.

##### **4.1.1 Tajos Zona Oeste**

###### **a. La Quinoa - El Tapado:**

Tajo que presenta problemas de estabilidad tanto en paredes como en suelos siendo este muy complicado de minar por tema de seguridad en épocas de condiciones extremas; sin embargo su minado se retomó con mucha fuerza en

Julio del 2011, llegando a tener media flota de la mina en la zona, en marzo del 2012 se terminó totalmente el tajo para empezar el backfill. Sus bancos de 12 metros de alto.



Figura 52: Tajo El Tapado en La Quinua

**b. La Quinua – Tapado Oeste:**

Tajo que presenta problemas de recuperación por su alta presencia de paleosuelos y problemas de estabilidad como en El Tapado. Su minado está proyectado hasta el año 2013. Bancos de 12 metros de alto.



Figura 53: Tajo El Tapado Oeste

### **c. Cerro Negro**

Tajo que a mediados del 2012 ya termino su etapa de preminado y está produciendo sus primeras onzas de oro minándose con flota pequeña por el momento.

## **4.1.2 Tajos Zona Este**

### **a. Chaquicocha**

Es el tajo en la cual se centra la tesis. Tajo que continúa en producción

constante hasta el 2014 con bancos de 10 metros de altura. Para el 2015 se estima iniciar el proyecto Chaquicocha *Underground*.



Figura 54: Tajo Chaquicocha

### **b. Yanacocha**

Tajo con bancos de 10 metros de altura que quedó sin producir onzas de oro por un año y solo era usado para extraer material para lastre (Zona Pinos). Actualmente se está pensando en realizar el layback del tajo volviendo este a producir onzas de oro y volviendo a presentar zona de sulfuros, por ello para el año 2017 se iniciará el proyecto de sulfuros de Yanacocha Verde, para lo cual desde el día de hoy se está stockeando material que es usado para pruebas metalúrgicas.



Figura 55: Tajo Yanacocha

### **c. Carachugo Alto**

Tajo que se encuentra en su fase final dando a la operación las últimas onzas de oro que posee y abasteciendo con lastre para épocas de clima severo. Posee bancos de 10 metros de alto.

### **d. San José**

Tajo que ha vuelto a ser explotado, pero con flota pequeña de la contrata Tolmos. Bancos de 8 metros de alto.

### **e. Maqui Maqui**

Es un tajo que estuvo siendo explotado por flota pequeña hasta mediados del 2011, para luego volver a ser minado con flota gigante, pero por el momento en menor cantidad. Sus bancos son de 6m.



Figura 56: Tajo Maqui Maqui

## **4.1.3 Zonas de tratamiento de mineral**

### **4.1.3.1 Zona Oeste**

#### **a. *Pad La Quinua***

*Pad* que hasta el 2012 se encontraba en el Lift 14 de descargas, de todos los *pads* es el que presenta una mayor recuperación, hasta casi 90%. Los lifts

actualmente presentan alturas de 8 metros.

#### **b. Planta *Gold Mill***

Planta que se encuentra en la Zona Oeste y como se nombró anteriormente solo recibe mineral de alta ley del cual puede llegar a recuperar hasta un 90% de oro, a diferencia del *Pad* de Lixiviación, la solución rica esta lista en 48 horas.



Figura 57: Planta *Gold Mill*

#### **4.1.3.2 Zona Este**

##### **a. *Pad Yanacocha***

*Pad* que se usa en pocas ocasiones como una medida operativa.



Figura 58: *Pad Yanacocha*

**b. *Pad Carachugo***

*Pad* que continúa siendo usado para las descargas, se encuentra en el Lift 12 y sus bancos tienen alturas de 8 metros.

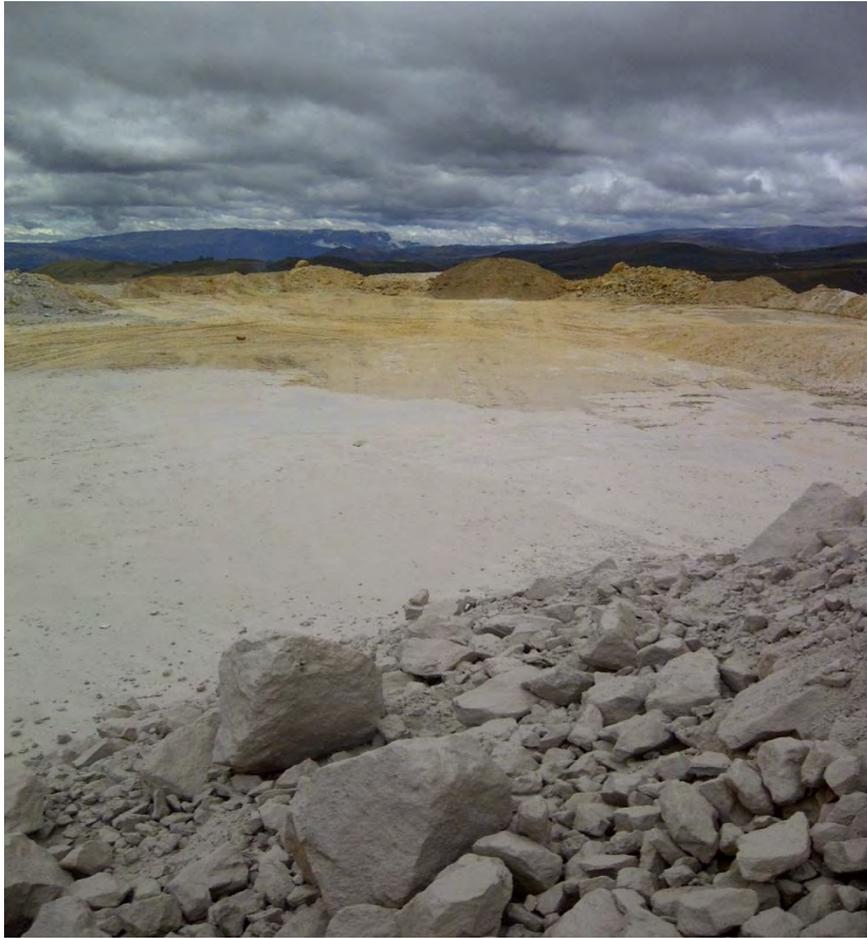


Figura 59: *Pad Carachugo*

#### **4.1.4 Botaderos**

##### **4.1.4.1 Zona Oeste**

###### **a. Shilamayo**

Uno de los botaderos emblemáticos de la empresa, que tiene capacidad para material inerte y ácido, ya se encuentra en el Lift 33 y por el momento ya se encuentra en su fase final.



Figura 60: Botadero Shilamayo

#### 4.1.4.2 Zona Este

##### a. Lourdes

Botadero que tiene solo capacidad para desmonte y que ya cerró, ya que sobre este se está construyendo la planta piloto para el tratamiento de

sulfuros.

**b. Otilia**

Botadero que al igual que Shilamayo, presenta zona de descargas para material argílico y desmonte.

**4.1.5 Stocks**

**4.1.5.1 Stocks de sulfuros**

Son stocks que almacenan material que está destinado a ser tratado posteriormente por el proyecto Yanacocha verde, entre los cuales tenemos:

- Máncora
- Huamanchumo
- Katya

**4.1.5.2 Stocks de Gold Mill**

Como su nombre lo dice, son *stocks* que almacenan material de alta ley (*gold mill*) para su posterior tratamiento por capacidad de planta. Tenemos:

- Brígida
- Hopper
- Camello
- Pinos

#### **4.1.6 Grifos para flota gigante**

Grifos ubicados dentro de la mina y que cuenta con dos bahías cada uno al 100% de su disponibilidad

- Grifo La Quinoa
- Grifo Carachugo

#### **4.1.7 Cambios de Guardia**

Son zonas en las cuales los operadores ingresan para realizar el cambio de guardia a fin de turno, para ingresar a tomar su refrigerio o hacer uso de los servicios higiénicos.

- Yanacocha 2001
- La Quinoa

A continuación, muestro un mapa con la mayoría de las ubicaciones nombradas

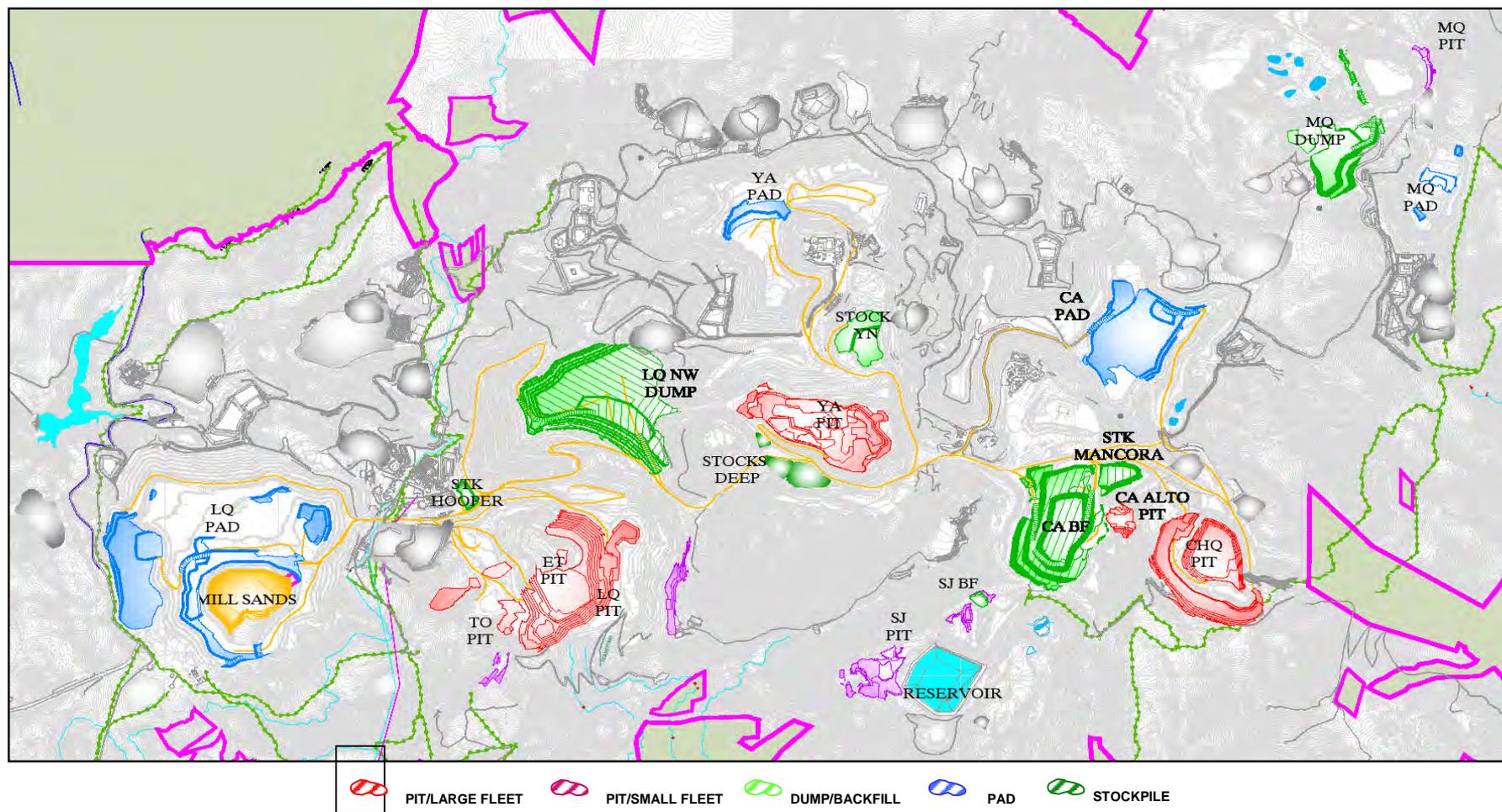


Figura 61: Mapa con locaciones de Operaciones Mina

Fuente: Departamento de Planeamiento Mina MYSRL

## 4.2 EQUIPOS PRINCIPALES

La flota de equipos principales de MYSRL son de las proveedoras *Caterpillar* e *Hitachi* y está conformada por camiones, palas, excavadoras y cargadores frontales las cuales poseen características específicas que describiré a continuación:



Figura 62: Flota de camiones parqueados por contingencia

### 4.2.1 Camiones

#### 4.2.1.1 CAT 777D

Son 5 camiones que poseen un tonelaje nominal de 100 t, mayormente se usan en rutas cortas y con asignación fija a un equipo de carguío. En la mina son los siguientes: HT29, HT30, HT32, HT35 y HT37.



Figura 63: Camión CAT 777D

#### **4.2.1.2 CAT 785C Standard**

Son 10 camiones que poseen un tonelaje nominal de 140 t mayormente se usan en rutas fijas para acarrear lastre. En la mina son los siguientes: HT44, HT45, HT48, HT49, HT50, HT55, HT61, HT65, HT67 y HT70.



Figura 64: Camión CAT 785C Tolva *Standard*

#### 4.2.1.3 CAT 785C Ligeros

Son 15 camiones poseen un tonelaje nominal de 155 t ya que se les cambio la tolva *standard* por una tolva ligera que permitió una mayor capacidad de tonelaje, sin embargo no pueden ser cargados por los cargadores frontales 966, es decir los LD11, LD13 y LD14. Los camiones son los siguientes: HT46, HT52, HT53, HT54, HT56, HT57, HT58, HT59, HT60, HT62, HT63, HT64, HT66, HT68 y HT69.

#### 4.2.1.4 CAT 793B

Son 9 camiones poseen un tonelaje nominal de 240 t, los 9 llegaron de EE.UU luego de ser usados, son los camiones del HT71 AL HT79.



Figura 65: Camión CAT 793B

#### 4.2.1.5 CAT 793C

Son 30 camiones poseen un tonelaje nominal de 240 t, son los camiones del HT101 AL HT130.



Figura 66: Camión CAT 793C

#### **4.2.1.6 CAT 793D**

Son 15 camiones poseen un tonelaje nominal de 240 t, son los camiones del HT131 AL HT145.

#### **4.2.1.7 CAT 793DT**

Son 9 camiones poseen un tonelaje nominal de 240 t, son los camiones del HT146 AL HT154.



Figura 67: Camión CAT 793D

#### 4.2.1.8 CAT 793F

Un camión que se encuentra actualmente a prueba y tiene constantemente problemas por lo que para más tiempo en el taller que en el campo. El camión es el HT160.

Por lo tanto, la flota total de camiones en MYSRL ES 94



Figura 68: Camión CAT 793F

## 4.2.2 Palas Hidráulicas

### 4.2.2.1 HITACHI EX5500

Estas palas de la línea Hitachi, posee una cuchara de capacidad de 50 t haciendo posible cargar un camión 793 en 6 pases y un camión 785 en 4 pases bajo condiciones normales, las cuales explicaré posteriormente.

En la mina son las siguientes: SH001, SH002, SH003, SH004, SH005, SH007.

De las 6 palas operativas, la que presenta mayor productividad es la SH007 ya que posee un motor Cummins especial.



Figura 69: Pala Hidráulica Hitachi EX5500

#### 4.2.2.2 HITACHI EX2500

Estas palas de la línea Hitachi, poseen una cuchara de capacidad de 28 t, su principal uso es para perfilar y cargar frentes duros, aunque en algunos casos por necesidad son usadas para rebatir en zonas lixiviables. En el transcurso de la última mitad del 2011 llegaron 2 excavadoras nuevas cuyo destino inicial era Conga, por el momento aún continúan en Yanacocha. Son las siguientes: SH006, SH008, SH009 y SH0010.



Figura 70: Pala Hidráulica Hitachi EX2500

### **4.2.3 Cargadores frontales**

#### **4.2.3.1 Cargador CAT 996F**

Estos “pequeños” cargadores no son usados por su capacidad nominal de hasta 5 t para el carguío de camiones, por el contrario, son usados para mantener la mina en condiciones estándar, como lo explicaré posteriormente. Son 4 y son

LD06, LD07, LD08 y LD09



Figura 71: Cargador Frontal CAT 996F

#### 4.2.3.2 Cargador CAT 992HL

Son 3 cargadores que poseen una cuchara de 20 t y no pueden cargar a los camiones 785C de tolva ligera. Son los cargadores LD011, LD013 y LD014



Figura 72: Cargador Frontal CAT 992HL

#### 4.2.3.3 Cargador CAT 994A/D/F

Cargadores que poseen una cuchara de 30 t y son abastecidas cada 12 horas. En MYSRL las ruedas delanteras están protegidas por mallas de acero que cubren toda la rueda. En total son 4 y son los siguientes:

1 CAT 994A, es el cargador LD015

2 CAT 994D, son los cargadores LD016 Y LD017

1 CAT 994F, es el cargador LD018



Figura 73: Cargador Frontal CAT 994F

### 4.3 EQUIPOS AUXILIARES

La flota de equipos auxiliares de MYSRL es muy surtida en cuanto a tipo de equipos, aunque todos sean de la marca *Caterpillar*. Estos equipos son los que sostienen la mina en mi opinión, ya que ellos son los que controlaran las condiciones subestándar, como lo demostraré posteriormente.

#### 4.3.1 Rodillo (RD)

Son 3 rodillos CAT CS533E, cuya función principal es el de compactar las vías de acarreo u otras zonas, una vez estas estén debidamente lastradas, este trabajo ayuda para el cuidado de las llantas de lo equipos que transiten por la zona

plataformeada. Los rodillos son: RD001, RD002 y RD003



Figura 74: Rodillo CAT CS533E

#### 4.3.2 Motoniveladora (GR)

Las motoniveladoras en MYSRL son equipos de vital importancia para mantener las vías en buen estado. La cuchara rectangular que posee en la parte delantera para remover lodo o piedras en el camino y las uñas posteriores para escarificar las vías en mal estado son las dos herramientas principales que posee para nivelar el terreno.

Entre las motoniveladoras actuales se cuenta con las siguientes:

- CAT 16H, las cuales son GR008, GR009, GR010, GR011 y GR012.
- CAT 24H, las cuales son GR020, GR021, GR022, GR023 y GR024.



Figura 75: Motoniveladora CAT 24H

- 2 CAT 24M. las cuales han llegado a fines del año pasado y cuyo destino final era Conga.



Figura 76: Motoniveladora CAT 24M

### 4.3.3 Cisterna de agua (WT)

Son camiones 777D o 785C que fueron transformados en cisternas al extraerles las tolvas y colocarle en vez de estas unos tanques de agua. El uso de estas cisternas se basa en estados de emergencia como incendios, regado de vías para aplacar el polvo, etc.

Entre las cisternas tenemos:

- 3 CAT 777WT con capacidad de 20000 galones, son los siguientes:  
WT040, WT041 y WT043
- 2 CAT 785WT con capacidad de 25000 galones, son los siguientes:  
WT050, WT051



Figura 77: Camión Cisterna

#### 4.3.4 Camabaja (LB)

Es un camión 793B que fue transformado en camabaja al extraerle la tolva y colocarle una plataforma para movilizar equipos gigantes como las palas o excavadoras según requerimientos. A su vez existen camabajas pequeñas pero que son manejadas por empresas contratistas. Su nominación es el CB80.



Figura 78: Camabaja acondicionada de CAT 793B

#### 4.3.5 Tractor de ruedas (RT)

Equipo auxiliar usado básicamente para trabajar en el piso de las palas para acumular el material chorreado de estas al cargar, adicionalmente es una herramienta muy útil en el mantenimiento de las vías en condiciones operativas, detalle que describiré mas adelante.

En la mina se tiene 2 modelos de tractores, los cuales son:

- 2 CAT 834 que son el RT024 y RT036
- 7 CAT 844 que son los siguientes: RT026, RT027, RT028, RT029, RT030, RT031 y RT032



Figura 79: Tractor de Ruedas CAT 834H

#### 4.3.6 Tractor de orugas (DZ)

Equipo que tiene prácticamente las mismas funciones que los tractores de rueda pero que posee menos movilidad y mayor fuerza de trabajo, ya que es utilizado zonas de difícil acceso, alta pendiente y relieve accidentado.

Actualmente en se cuenta con 2 tipos de tractores de orugas, los cuales son:

- 5 CAT D10 que son los siguientes: DZ11, DZ13, DZ14, DZ30 y DZ31.



Figura 80: Tractor de orugas D11R

- 8 CAT D11 que son los siguientes: DZ17, DZ18, DZ19, DZ20, DZ21, DZ22, DZ23 y DZ24.



Figura 81: Tractor de orugas D10R

## **CAPITULO V**

### **TÉRMINO PRODUCTIVIDAD EN MINERA YANACocha SRL**

#### **5.1 TERMINOLOGÍA GENERAL**

Una de las palabras del título de la tesis que estoy desarrollando es Productividad, la cual encuentra distintos significados según la industria que la trate, pero en términos generales esta se define como “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”.

En términos mineros, usaré la terminología usada por Minera Yanacocha SRL, ya que entendiendo a lo que se refiere por productividad, podremos entender cuales son los factores que se deben considerar para su conservación en el ciclo de carguío y acarreo.

## **5.2 TERMINOLOGÍA MYSRL**

La productividad en Minera Yanacocha se define para los equipos de carguío y acarreo y son las siguientes:

### **5.2.1 Productividad en equipos de carguío**

La productividad con respecto a los equipos de carguío se da como sigue:

#### **5.2.1.1 Productividad efectiva**

Es la relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo efectivo de carga, incluyendo el tiempo de cuadrado. Esto es lo que se produciría en una hora si el *hang* fuera cero. Es la productividad que aparece en los reportes de tiempo real y es la empleada para los rankings.

$$Productividad\ efectiva\ (tm/h) = \frac{tonelaje\ nominal}{tiempo\ de\ carguío + tiempo\ de\ cuadrado}$$

### 5.2.1.2 Productividad horaria o productividad por hora *ready*

Es la relación entre las toneladas nominales y el tiempo total productivo, que incluye tiempo de carguío, tiempo de cuadrado y esperando camiones.

$$\text{Productividad horaria (tm/h)} = \frac{\text{tonelaje nominal}}{\text{tiempo de carguío} + \text{tiempo de cuadrado} + \text{hang}}$$

### 5.2.1.3 Producción de la hora

Es el total de toneladas nominales que produjo un equipo de carguío en una hora determinada, incluyendo demoras, traslados, tiempo malogrado y otros en general

### 5.2.2 Productividad en equipos de acarreo

La productividad en equipos de acarreo, esta dada por la siguiente fórmula:

$$\% \text{USO} = \frac{\text{PAYLOAD} \times (\text{DISTANCIA VACIO} + \text{DISTANCIA CARGADO})}{\text{TIEMPO CICLO (Viajando vacio + cuadránd. + acarreand. + retroced + descargand)}}$$

### 5.3 CONTROL DE PRODUCTIVIDADES EN TIEMPO REAL

El *Dispatch* tiene el control en tiempo real de las productividades de los equipos mediante el *JigSaw*. Afortunadamente en Minera Yanacocha SRL se nos provee de una laptop personal en la cual podemos estar en las operaciones y a la vez poder ver que sucede con nuestras productividades

Mediante el *JigSaw* se puede observar en tiempo real la ubicación de los equipos principales nombrados anteriormente, así como los orígenes y destinos en los cuales trabajarán los camiones. El tiempo entre ruta y ruta, las cargas de los camiones, los estados del ciclo de carguío y acarreo en los camiones y palas, los tiempos de llegada estimados de los camiones a su destino, etc.

Todos estos parámetros deben ser manejados correctamente por el Asistente Técnico *Dispatch* y el Supervisor *Dispatch* con el fin de mantener el KPI dentro de los parámetros establecidos y por lo tanto controlar los valores de *Queue*, *Hang*, *Payloads*, etc.

La pantalla principal con la que se manejan estos parámetros y con la que trabajan los despachadores durante todas las guardias es la que se puede observar en la figura 82:

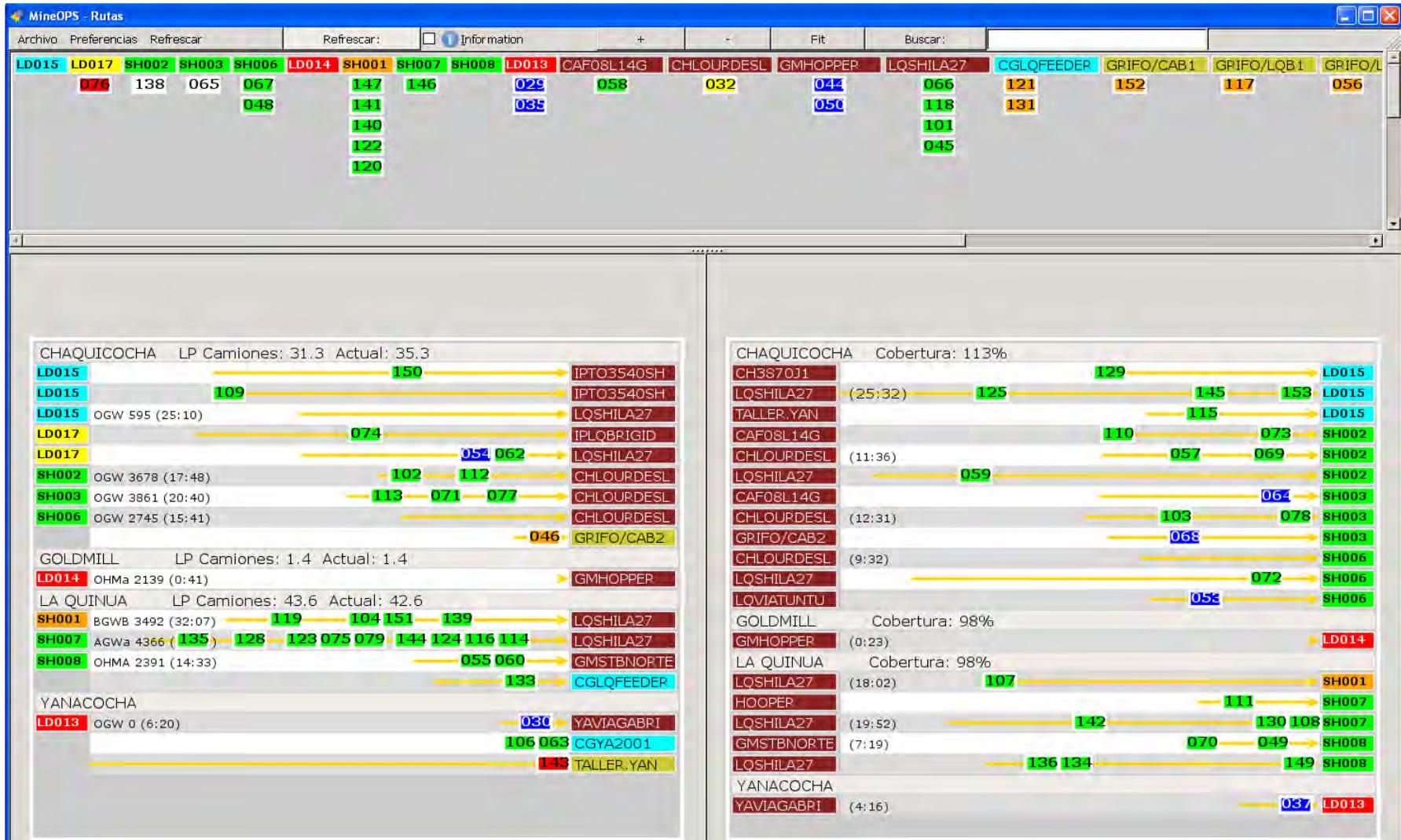


Figura 82: Pantalla principal del Sistema Dispatch Jigsaw

Fuente: Dispatch MYSRL

La Supervisión *Dispatch* maneja todos los parámetros con reportes, reportes que son verificados a cada hora con el fin de hacer un seguimiento a la producción.

Los reportes que presentaré seguidamente son los más importantes de los tantos con lo que cuenta el *Dispatch*, los describiré para que luego pueda contemplarse las capturas de pantalla:

**a. Reporte de Supervisor *Dispatch***

Este reporte es importante porque nos presenta las toneladas movidas por hora durante toda la guardia por cada uno de los equipos de carguío en su zona correspondiente. Para el reporte de hora de la producción y el tonelaje proyectado al finalizar la guardia, el supervisor *Dispatch* usa este reporte y lo comunica por radio.

Otros parámetros como el *queue*, *hang*, *dig rate*, etc se ven también en el reporte. (Gráfico 38)

**b. Reporte *JigSaw* KPI**

Este reporte nos presenta de una forma detallada cual es la incidencia de cada uno de los equipos de carguío con respecto al KPI, ya que nos muestra los parámetros que manejan este valor, como el *queue*, *hang*, *dig rate*, productividad, *payload*, etc. Además de ello nos muestra las velocidades de vacío y velocidades de cargado de los camiones durante la guardia, EFH, disponibilidades mecánica, *hangs* y *queues* generales que nos permiten reconocer el porqué del KPI presente en el reporte. (Gráfico 39)

### **c. Reporte HPGPS Carguío**

Este reporte nos indica el KPI de precisión de minado, el cual es muy importante porque nos advertirá sobre que polígonos están siendo minados incorrectamente por cada uno de los equipos de carguío, pudiendo llevarse mineral como desmonte o viceversa. El valor mínimo que debe tener el KPI de precisión de minado es de 85%. (Gráfico 40)

### **d. Reporte de Perforadoras**

Este reporte nos permite conocer los estados de demora o *stand by* de cada una de las perforadoras en tiempo real, los cuales inciden en el usage de estas, debiente permanecerse por encima del 80%. Además nos da información sobre parámetros que son manejados por el área de perforación como por ejemplo los taladros perforados por hora, velocidad de perforación, velocidad de penetración, etc. (Gráfico 41)

### **e. Reporte de Capacidades de Carguío**

Lo más importante de este reporte es el verificar que la capacidad de carguío sea siempre mayor que la capacidad de acarreo pero cuidando que esta diferencia no sea mayor a 600 t. El mantener esta relación constante nos avala para mantener valores de *queue* y *hang* adecuados de 8% y 15% respectivamente y por ende maximizar producción mientras se minimiza los costos. (Gráfico 42)

A continuación las capturas:







Figura 85: Reporte HPGPS Carguío

Fuente: Dispatch MYSRL

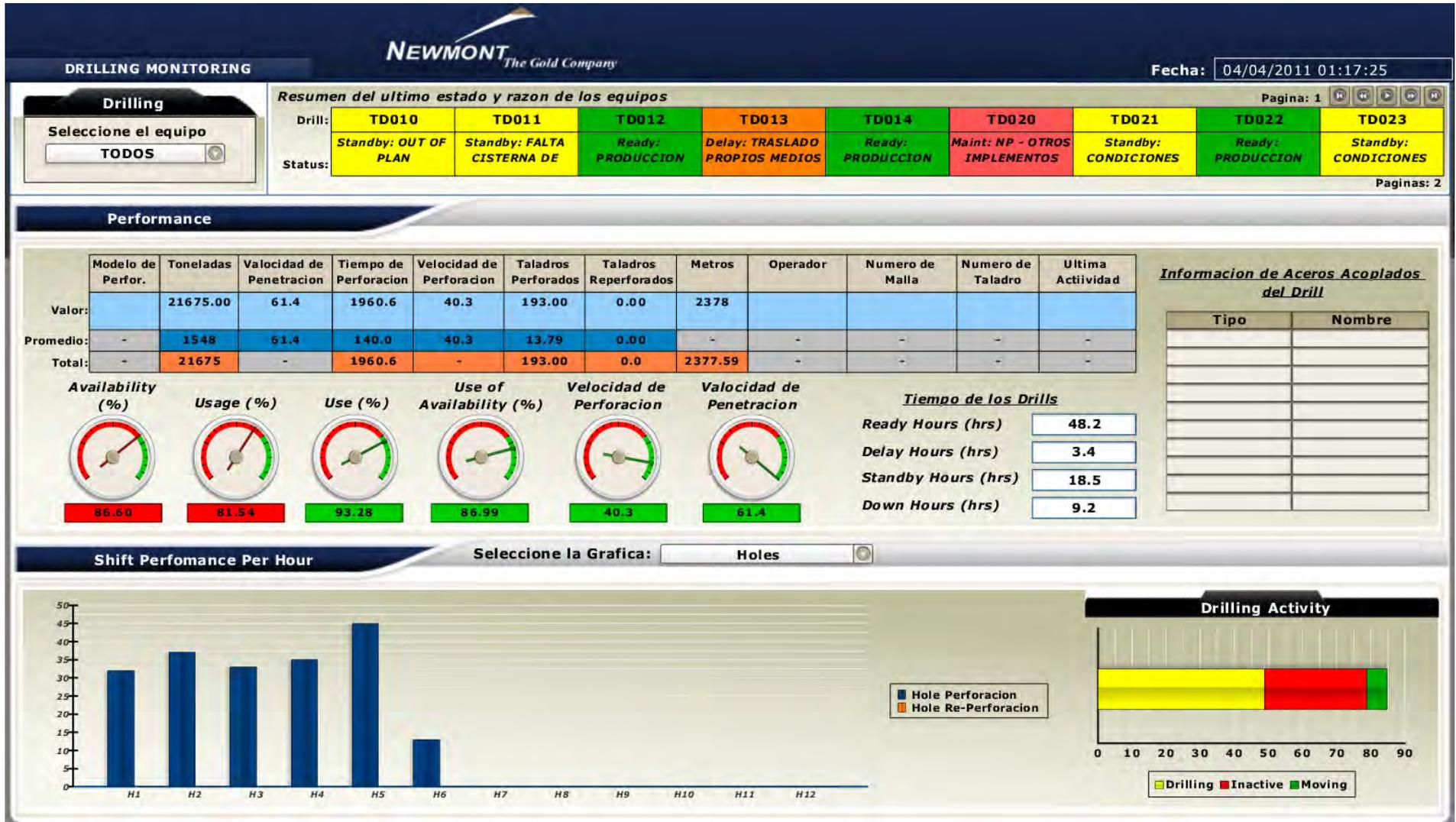


Figura 86: Reporte de Perforadoras

Fuente: Dispatch MYSRL



Figura 87: Reporte Capacidades de Carguío

Fuente: Dispatch *MYSRL*

## **CAPITULO VI**

### **PELIGROS Y RIESGOS EN OPERACIONES MINA**

#### **6.1 ESPECIFICACIONES SOBRE LA SEGURIDAD EN MYSRL**

Los riesgos y peligros en las operaciones de una mina son demasiados, es por ello que cada uno de ellas tiene un programa de seguridad y gestión para poder de una u otra forma disminuir la potencialidad de los riesgos al mínimo.

En Minera Yanacocha SRL no se es ajeno al tema de seguridad y no solo el prevencionista de pérdidas de cada guardia tiene la misión de controlar, identificar y evaluar los riesgos y peligros mediante el IPERC, por el contrario cada supervisor de cada zona a la que está asignado y todos y cada uno de los operadores hacen seguridad todos los días de su trabajo, para ello se usa la Matriz de Riesgo establecida por MYSRL. (Tabla 3)

Tabla 3: Matriz de Riesgos para el IPERC

Fuente: Departamento de Seguridad

Probabilidad		MATRIZ DE RIESGOS					Yanacocha
		Consecuencia					
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderada	Mayor	Catastrofica	
Siempre	5	Alto	Alto	Extremo	Extremo	Extremo	
Muy Probablemente	4	Moderado	Alto	Alto	Extremo	Extremo	
Probablemente	3	Bajo	Moderado	Alto	Extremo	Extremo	
Poco Probable	2	Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Extremo	
Rara Vez	1	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado	Alto	

En Minera Yanacocha SRL, cada supervisor debe cumplir con uno de los puntos del sistema de gestión en el cual debe realizar obligatoriamente los siguientes reportes:

### 6.1.1 Observaciones de Tarea

Las observaciones de tarea es uno de los métodos por los cuales los supervisores califican bajo una nota del 1 al 4 el cumplimiento de cada uno de los procedimientos para la realización de un trabajo específico de parte de un operador. Una vez calificado, el operador recibirá el *feedback* correspondiente comprometiéndose a mejorar al firmar la evaluación. El supervisor debe hacer una por día. (Gráfico 42)

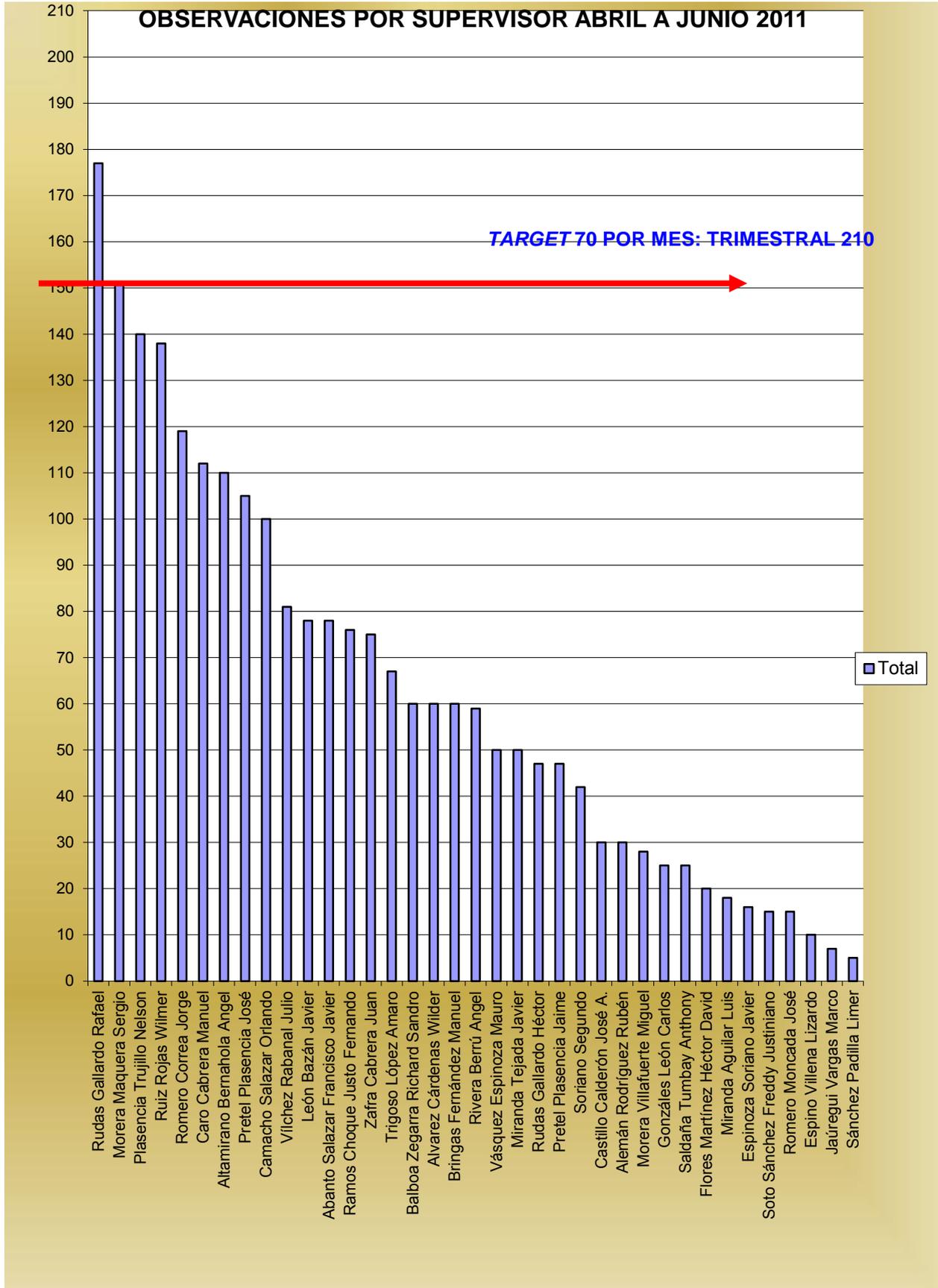


Figura 88: Observaciones de tarea por supervisor

### **6.1.2 OK**

Una OK es descrita como el reporte de una condición o acto subestándar desde su identificación, solución y finalización. Se ingresa mediante el sistema Centillate por intermedio del supervisor, debiendo realizar una por día.

### **6.1.3 Inspecciones**

Las inspecciones se realizan aleatoriamente en un área de trabajo, en un equipo operativo o en talleres anexos a la operación. Estas deben realizarse de forma mensual por parte de los supervisores e ingresarlo al sistema Centillate.

### **6.1.4 Reporte de cuidado de llantas**

Estos reportes diarios ayudan a identificar alguna acción de los operadores que puedan causar un daño prematuro en sus llantas o algún aporte de ellos para el cuidado de las mismas. Los operadores que son parte del reporte deben recibir el *feedback* correspondiente vía radial si es de felicitación o contacto personal si es para sugerir una corrección.

Sin duda alguna estos reportes son los que abren los ojos a los supervisores y a toda la operación sobre las prioridades a tratar, y por su puesto ayuda a la presente tesis a identificar cuales son esos peligros y riesgos que influyen en la productividad, lo cual se en la figura 89.



## 6.2 VÍAS DE ACARREO

Las vías de acarreo son aquellas por donde ocurre toda la circulación de la mina, en Minera Yanacocha el correcto cuidado de ellas mantendrán las condiciones operativas estándares y por ende una mayor productividad. Bajo esta premisa se pueden identificar los diversos problemas en las vías, las cuales describo a continuación.



Figura 90: Camión 793C acarreando material

### **6.2.1 Vías de acarreo subestándar**

Las precipitaciones caídas sobre las vías de acarreo producen que estas se transformen en un peligro para los operadores con riesgos potenciales muy altos como choques entre camiones, camiones que se introducen en las cunetas, etc.

Antes de describir los riesgos en forma específica, debemos conocer la diferencia entre patinar y resbalar en las vías de acarreo.

Se dice que un equipo resbala, cuando el coeficiente de rozamiento entre la llanta y el piso tiende a ser cero, es decir existe una falta de agarre entre las cocadas de las llantas y el piso, por lo tanto el camión sigue avanzando sin control de la dirección tanto de costado (izquierdo o derecho) o frontalmente.

Por otro lado, se dice que un equipo patina cuando las llantas posteriores se sobre revolucionan, es decir cuando no ruedan sino giran casi en el mismo lugar perdiendo el avance del equipo. El equipo puede avanzar de costado con tendencia de ir al lado derecho. Hacia el lado izquierdo y/o frontalmente.

En el Tajo Chaquicocha, tenemos 2 precipitaciones comunes las cuales son las lluvias y el granizo.

#### **6.2.1.1 Lluvias**

Las lluvias al caer sobre las vías producen que éstas se vuelvan “jabonosas” ya que el material por el cual está compuesto las vías es en su mayoría arcilloso, provocando que los camiones resbalen. Asimismo durante las madrugadas empiezan

las heladas que producen que las vías con humedad tiendan a solidificarse provocando que los equipos patinen como en una pista de hielo provocando accidentes:



Figura 91: Accidente de impacto entre camiones por lluvia

### 6.2.1.1 Granizo

El granizo, produce los mismo efectos que la lluvia en la madrugada cuando se solidifica con la diferencia que el granizo no necesita un tiempo para generar vías en las cuales los camiones patinen.

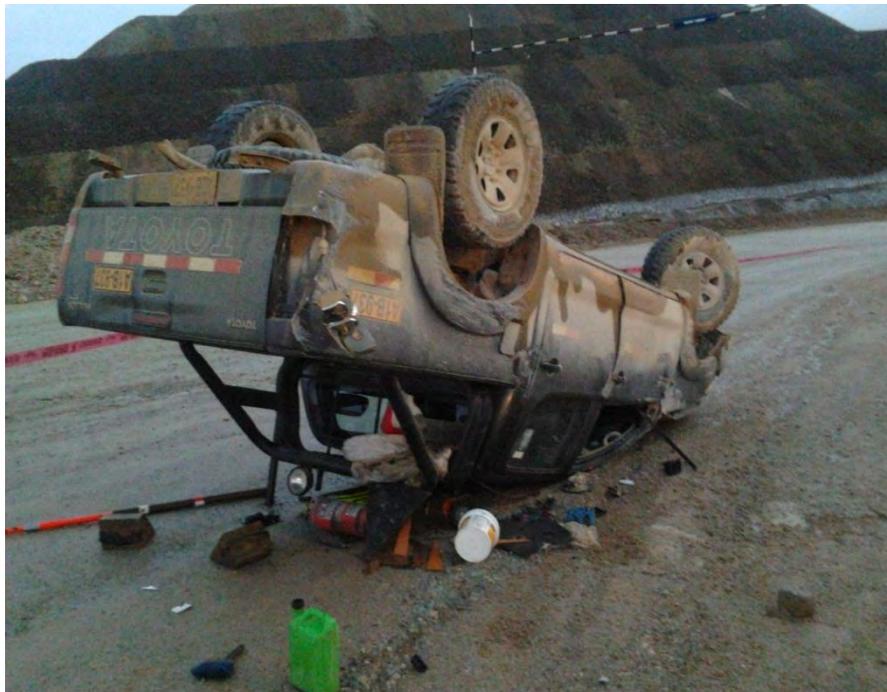


Figura 92: Accidente provocado por granizo

### 6.2.2 Vías de acarreo con empozamiento de agua

Los empozamientos de agua en las vías de acarreo son producto de dejar de lado el nivelado de las vías en su debido momento para cuando empiezan las lluvias, un mal lastrado con material que en vez de lograr una vía compactada solo logra tapar un desnivel momentáneamente y aparentemente.

Son un riesgo potencial para el daño de llantas ya que el operador al no poder apreciar lo que se encuentra por debajo de esa “laguna” y asumir el riesgo de pasar y seguir con su camino, podría encontrarse con una piedra puntiaguda que cause el reventón de su llanta y a la vez un daño personal que definitivamente causará pérdidas en la productividad y pérdidas a la empresa.

Asimismo, camiones, camionetas y demás equipos sobre rueda pueden verse atrapadas según la profundidad que tenga el empozamiento y el rescate de estos equipos producen pérdidas en productividad por el tiempo invertido en decidir la forma del rescate y de tener los equipos y personal necesario.

La misma fuerza de las llantas de los camiones sobre el terreno hace que estos eventos sean más frecuentes.

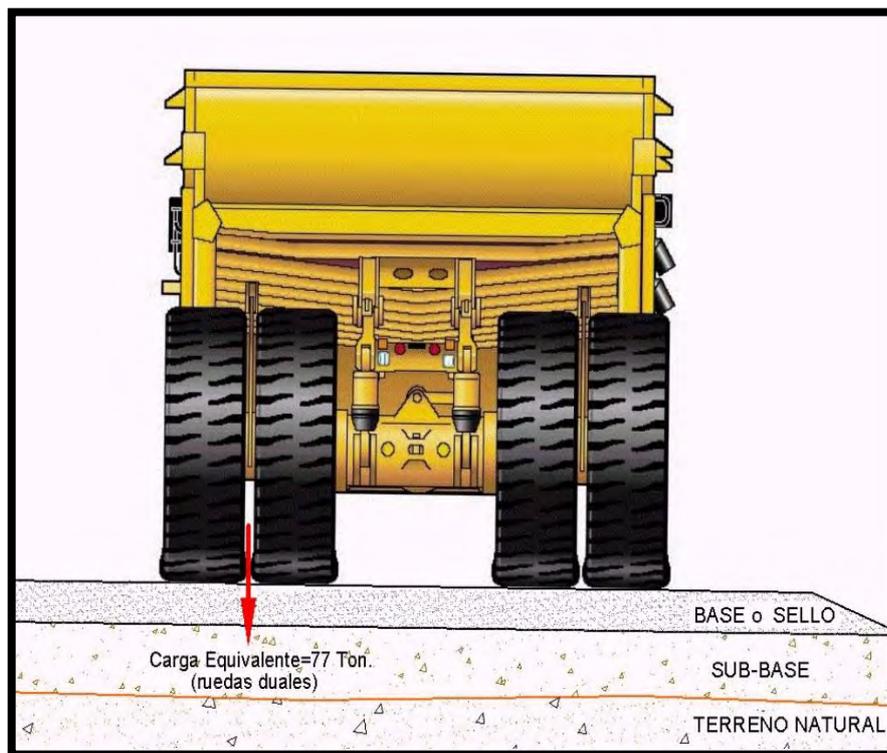


Figura 93: Fuerza aplicada por camión sobre sus ruedas

Fuente: Dpto. Vías MYSRL



Figura 94: Rescate de camión atrapado en zona de descarga



Figura 95: Camión enfangado en zona de descarga



Figura 96: Rescate de camión atrapado en vía de acarreo

### 6.2.3 Vías de acarreo con ancho operativo y bermas subestándar

Según el procedimiento en el cual se basa Minera Yanacocha, las vías de acarreo deben tener un ancho operativo de 27 metros sin considerar cunetas y bermas para encontrarse en condiciones estándar que permita el libre tránsito de 2 camiones en simultáneo en sentidos contrarios.

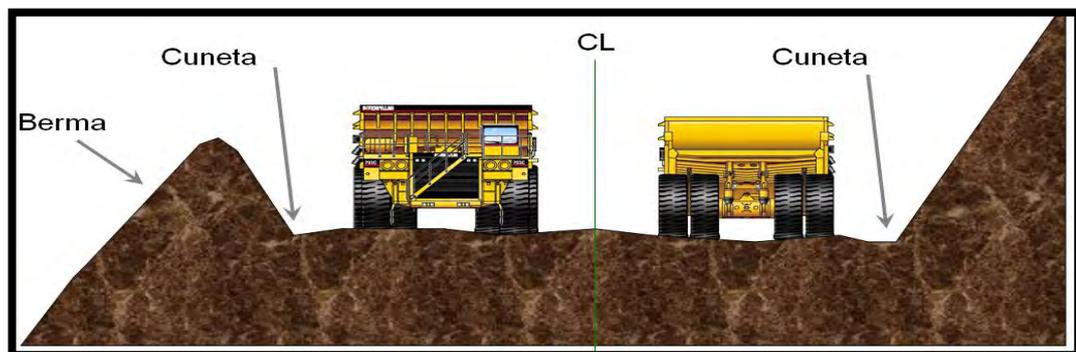


Figura 97: Ancho operativo en vía de acarreo con cuneta y bermas

Este ancho operativo de 27 metros es tomado en base al camión mas ancho que se tiene en la mina, para así asegurar el tránsito de los camiones mas pequeños como los son los CAT 777.

Lo mismo ocurre con las bermas de seguridad que siempre deben tener la altura mínima de las  $\frac{3}{4}$  partes de la llanta del camión mas grande, en este caso el camión CAT 793F el cual al tener una altura de 3.5 metros determina una altura de 2.5 metros aproximadamente para bermas de seguridad en vías de acarreo y 1.5 metros en zonas de descarga.

Una mala supervisión en el control de los anchos operativos y de las bermas con altura estándar provocará accidentes de choque de camiones o camiones que caen de un nivel a otro y con ello, con el enfoque de la tesis, pérdidas en productividad.

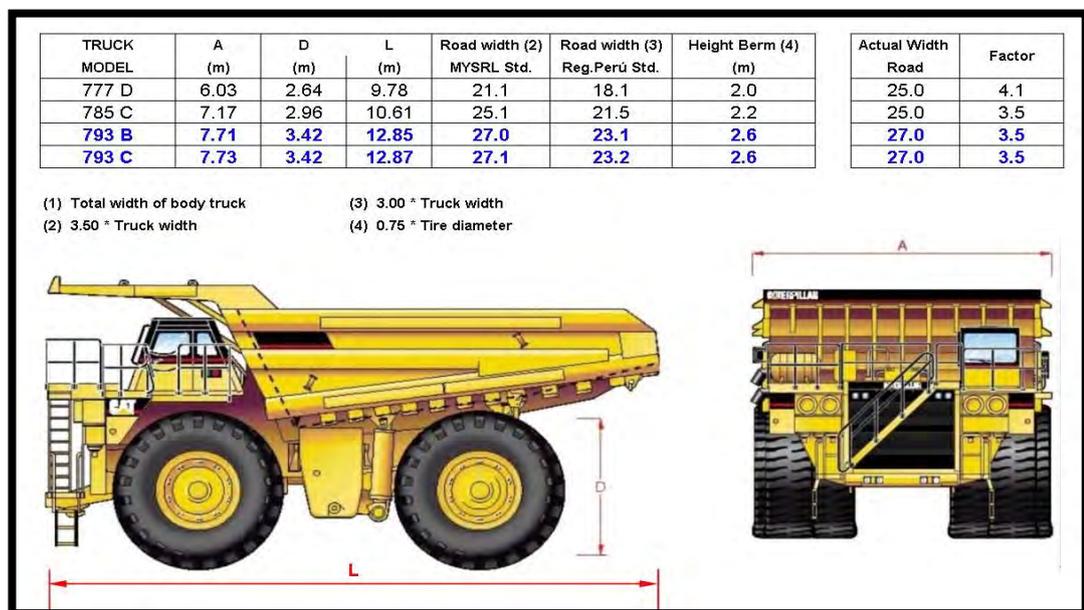


Figura 98: Dimensiones de berma y ancho de vías de acarreo

Fuente: Dpto. Vías MYSRL

## **6.3 CONDICIONES NATURALES**

Las condiciones naturales bajo la cuales trabajan las operaciones de Minera Yanacocha SRL forman parte del título de esta tesis bajo el nombre de clima severo. Las tres que más influyen en el trabajo diario son las siguientes y las presento a continuación:

### **6.3.1 Tormentas eléctricas**

Generalmente los meses de Octubre a Abril de cada año son temporada de tormentas eléctricas es por ello que todo personal está entrenado en el entendimiento de los tipos de alerta y los procedimientos de protección y evacuación para reaccionar a tiempo.

En si, las tormentas eléctricas son condiciones atmosféricas adversas, producidas por descargas eléctricas de gran intensidad, conocidas como rayos, los cuales son descargas eléctricas que golpea la tierra, proveniente de la polarización que se produce entre las moléculas de agua de una nube, cuyas cargas negativas son atraídas por la carga positiva de la tierra. El rayo puede desplazarse hasta 13 Km, provocar una temperatura de más de 1.000°C, alcanzar más de 100 millones de voltios y 20.000 amperios, su velocidad puede llegar a 140.000 km/s.



Figura 99: Descripción gráfica de generación de tormentas Fuente: Dpto. Seguridad MYSRL

Existen condiciones atmosféricas que actúan como indicadores de una posible tormenta eléctrica:

- Nubes de desarrollo vertical de color gris plomo y densas.
- Presencia de corriente estática (cabello erizado).
- Sonido de truenos.
- Llovizna permanente.
- Presencia de granizo
- Vientos fuertes.

Usando estos indicadores es como en Yanacocha se cuenta con dos tipos de alertas de emergencia con respecto a tormentas eléctricas:

- Amarilla – Alerta de Advertencia- indica la aproximación de una tormenta eléctrica.
- Roja – Alerta de Peligro- indica tormenta eléctrica directamente sobre la zona.

Para poder determinar si una alerta es amarilla o roja se cuentan con equipos que conforman el sistema principal de detección de tormentas eléctricas de Yanacocha, estos detectores están administrados por Prevención de Pérdidas y se encuentran distribuidos en 8 zonas de la mina las cuales son:

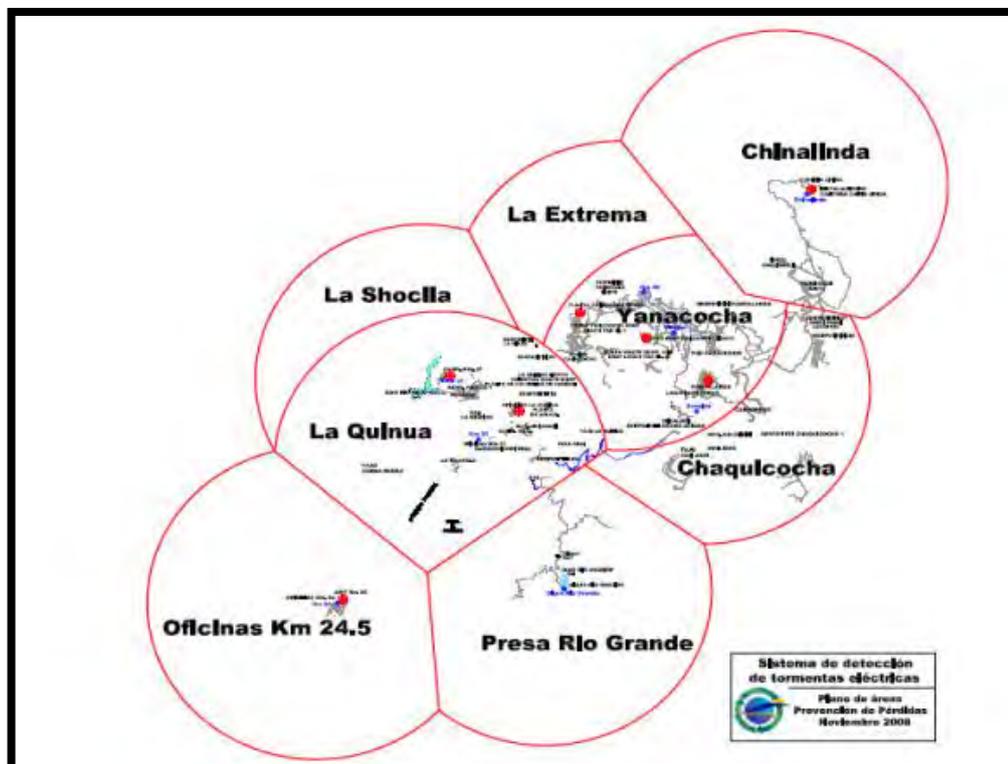


Figura 100: Mapa de zona de tormentas eléctricas

Fuente: Dpto. Seguridad MYSRL

Las recomendaciones generales para las alertas son:

Al emitirse la alerta AMARILLA:

- El personal de piso deberá separarse a una distancia superior a 100 metros de cualquier estructura metálica que no posea una malla o línea a tierra y deberá prepararse para buscar refugio.
- Los supervisores dispondrán que los refugios se encuentren próximos a las áreas de trabajo.
- Los operadores de equipo pesado permanecerán laborando en sus cabinas con las ventanas y puertas cerradas.

Al emitirse la alerta ROJA (Peligro)

- NINGUNA persona debe permanecer a la intemperie. En edificios con aterramiento adecuado los trabajos pueden continuar normalmente; En cualquier otro caso se deberán tomar precauciones para evitar cualquier shock eléctrico al personal.
- Al emitirse la alerta roja cierre inmediatamente todas las puertas, compuertas, ventanas, etc, tanto de sus equipos como de sus áreas de trabajos.
- Si se encuentra en el cambio de guardia, ingrese al comedor o al módulo y cierre puertas y ventanas.

- Si se encuentra en el taller de mantenimiento en espera de su equipo, ingrese inmediatamente a las instalaciones, no espere a la intemperie su equipo.



Figura 101: Cielo mostrando indicios de inicio de tormenta eléctrica

### 6.3.2 Calor intenso

Al hablar de calor intenso nos enfocamos en 2 incidencias principales:

#### a. Al personal

El calor intenso de hasta 28°C y con radiación solar de nivel 14 se presenta como un peligro de todos los días y con riesgos de cáncer a la piel y

deshidrataciones que afectan a la salud del colaborador y a su vez conllevan a un bajo rendimiento laboral.

Es por ello que todas las cabinas de los equipos cuentan con un sistema de aire acondicionado indispensable, de no tenerlo el equipo es detenido y seteado con estado malogrado hasta su reparación por parte de mantenimiento.

Por otro lado, mensualmente se entregan bloqueadores a todos los colaboradores con protecciones fps de acuerdo a la piel que posean, para ello previamente pasaron por un examen médico de piel en el centro médico del campamento minero.

#### **b. A la operación**

El intenso calor trae consigo levantamiento de polvo que provoca disminución de velocidades en las vías de acarreo, parada de equipos por falta de visibilidad y por ende disminución en la productividad.

La administración correcta de las cisternas en zonas críticas y regados intermitentes para rampas que ameritan grandes velocidades de camiones, solucionan el problema.



Figura 102: Levantamiento de polvo generado por el fuerte sol

### **6.3.3 Neblinas densas**

Al igual que la lluvia, la neblina es un factor que contribuye negativamente al normal desarrollo del minado, ocasionando pérdidas económicas por detener temporalmente las operaciones y mantener parados los equipos. Yanacocha protege a sus colaboradores y detiene sus operaciones bajo condiciones extremas bajo las siguientes recomendaciones:

- Transitar en las vías de acarreo sólo si tiene visibilidad mayor de 40 metros, caso contrario comunicar al *Dispatch* y al supervisor el motivo de la parada. Reiniciar cuando se despeja la neblina permita operar con normalidad.
- Reducir la velocidad, se recomienda 25 kph y la distancia mínima entre camiones de 60 metros.
- En presencia de neblina no deberán transitar equipos livianos y auxiliares por las vías de acarreo. Reportar al supervisor esta condición cuando se presente.
- Nunca se descarga cuando hay neblina en el botadero o *Pad*.
- Usar señales visuales (luces) para advertir su presencia.



Figura 103: Densa neblina que dificulta la visibilidad

## **CAPITULO VII**

### **FACTORES INCIDENTES EN LA PRODUCTIVIDAD**

Los factores que inciden en la productividad que serán descritos a continuación pueden dividirse en 2 tipos, los que son controlables por la operación y los que no lo son.

#### **7.1 VELOCIDADES DE CAMIONES**

Como lo vimos en el capítulo de definición de productividades en MYSRL, para los equipos de acarreo, la productividad esta medida por:

$$\frac{PAYLOAD \times (DISTANCIA VACIO + DISTANCIA CARGADO)}{TIEMPO CICLO (Viajando vacio + cuadránd. + acarreand. + retroced + descargand)} \times \%USO$$

Es así como se puede comprobar que una baja velocidad de los camiones cuando están viajando vacío o acarreando material influye directamente con la productividad.

Como parámetros medibles y controlables en MYSRL, el *target* de velocidad viajando vacío en los camiones es de 31 km/h y de 25km/h la velocidad de viajando cargado. Así es como el *Dispatch* puede reportar cada hora a los supervisores de zona, la velocidad promedio de los equipos de acarreo para su corrección, dichas correcciones las describiré en el capítulo 8.

## 7.2 PISOS DE PALA Y BOTADEROS

Usando la misma fórmula de productividad para equipos de acarreo, podemos ver que un mal piso de pala influirá en el tiempo de cuadrado y retroceso de un camión a la pala. Además, al hablar de malos pisos en zonas de descarga, el tiempo de cuadrado, retroceso y descarga se elevará y esto conllevará a una menor productividad en los equipos de acarreo.

$$\frac{PAYLOAD \times (DISTANCIA VACIO + DISTANCIA CARGADO)}{TIEMPO CICLO (Viajando vacio + cuadránd. + acarreand. + retroced + descargand)} \times \%USO$$

Por si fuera poco, un mayor tiempo de cuadrado afectará la productividad efectiva de los equipos de carguío como se ve en la fórmula:

$$Productividad\ efectiva\ (t^m/h) = \frac{tonelaje\ nominal}{tiempo\ de\ +\ tiempo\ de\ carguío\ cuadrado}$$

Los controles a llevar a cabo serán de suma importancia.

### 7.3 FRENTES DE CARGUÍO

Los problemas con respecto a los frentes de carguío son:

- Frentes de carguío estrechos que obliguen a la pala a cargar por un solo lado.
- Frentes de material duro que llegan a desgastar las uñas.
- Frentes de minado a cresta de diseño incómodos para el carguío.
- Frentes de minado en rampa con altura subestándar.
- Frentes de material con baja densidad.

Todo lo descrito líneas arriba provocará una menor productividad efectiva en los equipos de carguío, por los tiempos de carguío y de cuadrado elevados. Por otro lado la baja densidad del material en el frente aumentará el *Payload* y con ello disminuirá la productividad de los equipos de acarreo.

$$Productividad\ efectiva\ (t^m/h) = \frac{tonelaje\ nominal}{tiempo\ de\ +\ tiempo\ de\ carguío\ cuadrado}$$

Este factor es sin duda controlable por la supervisión.

## **7.4 PARADAS DE SEGURIDAD**

Las paradas de seguridad en MYSRL están dadas por los procedimientos establecidos para velar por la integridad de la operación, tanto para personal y/o equipos.

### **7.4.1 Tormenta eléctrica**

Las tormentas eléctricas como se describió en capítulos anteriores se presenta como una condición natural ante la cual la supervisión no puede hacer nada para evitar y deberá en ese momento demostrar que la seguridad es mas importante que la operación y parar la mina si es necesario, por alguna zona cargada de explosivos cerca a los trabajos de carguío y acarreo.

### **7.4.2 Neblina densa**

Al igual que el caso de las tormentas eléctricas, si el uso de los faros neblineros de los equipos de carguío y acarreo no permiten visualizar mas de 40 metros debido a la neblina, la operación deberá detenerse por completo sin importar la caída en las productividades.

### **7.4.3 Polvo masivo**

Si bien es cierto, el polvo masivo en las mina es resultado de una condición natural como lo es el intenso calor, este si puede ser controlado a tiempo con una

correcta administración de tanques cisterna para así evitar que el polvo “gane” a la operación y haga parar por falta de visibilidad.

## 7.5 RESTRICCIONES *DISPATCH*

Las restricciones que pueda generar el *Dispatch* con respecto al carguío y acarreo tienen su mayor influencia en el tiempo que recorrerán los camiones estando vacíos o cargados, provocando una disminución en la productividad según la fórmula que ya conocemos.

$$\frac{PAYLOAD \times (DISTANCIA VACIO + DISTANCIA CARGADO)}{TIEMPO CICLO (Viajando vacio + cuadránd. + acarreand. + retroced + descargand)} \times \%USO$$

Pero, ¿cuáles son los motivos que llevan al *Dispatch* a generar dichas restricciones y cómo influyen?

### 7.5.1 Zonas de descarga en mal estado

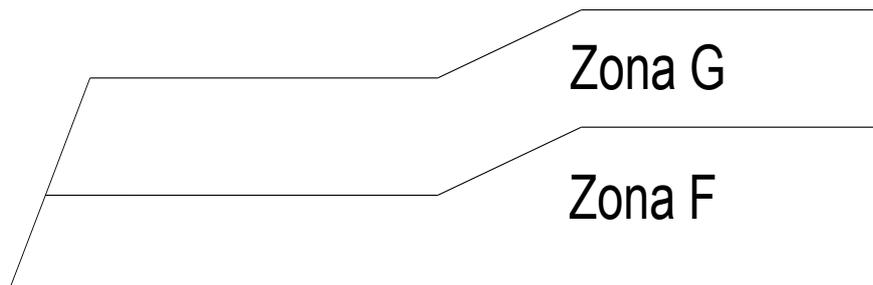
El *Dispatch* al ser informado sobre una zona de descarga en mal estado se ve en la obligación de buscar nuevas opciones de descarga, esta nueva zona en la mayoría de veces conllevará a un área con mayor distancia de acarreo y con esto una menor productividad.

### 7.5.2 Cumplimiento de mezclas de % de finos

En los *pads* de lixiviación se debe cumplir con un porcentaje de fino establecido por planeamiento:

Tabla 4: Porcentaje de finos zonas F y G en *Pad* Fuente: Planeamiento Mina

Zona	Finos Promedio	Máximo Contenido de Finos para Mezcla	Ubicación	Observación
Zona F	17%	25%	2 Primeros Lifts	No se descargará Silice Granular 3
Zona G	22%	30%	Resto de Lifts	-

Figura 104: Representación de las zona F y G del *Pad* de lixiviación

Por lo tanto, si tenemos una zona que ya no puede recibir un material determinado por tener una cantidad de finos que altere la mezcla y con ello la estabilidad del *pad*, el *Dispatch* buscará otra opción de descarga que desafortunadamente representará una mayor tramo por recorrer.

### 7.5.3 Desbalance en el ciclo de carguío y acarreo

Como se explicó en capítulos anteriores, el *Dispatch* debe controlar que el balance entre el carguío y acarreo esté siempre correcto, esto conlleva a que el *queue* y el *hang* mantengan parámetros de 8% y 15% respectivamente. Esto se lograba no permitiendo que los equipos de carguío se quede sin camiones y tengan que esperar o viceversa, que los camiones hagan cola para ser cargados.

Es así como si en algún momento ocurre un desbalance en el ciclo de carguío de acarreo, en la cual haya insuficientes equipos de carguío para los camiones, se deberán alargar las distancias para evitar las colas en las palas y cargadores, provocando un mayor tiempo de viaje vacío o cargado de los camiones.

### 7.5.4 Vías en mal estado

Análogamente como con las zonas de descarga, si alguna de las vías de acarreo se encuentran en mal estado, éstas tendrán que ser remplazadas por una ruta alterna que sin duda será de mayor distancia. De igual modo si hubiese un ciclo de acarreo, por una vía camiones cargados y por otra vía camiones vacíos, y una de ellas se restringe, se tendrá que usar una de ellas en doble sentido, provocando disminución de velocidades para evitar accidentes.

## **CAPITULO VIII**

### **METODOLOGÍA DE CORRECCIÓN DE FACTORES**

#### **8.1 MANTENIMIENTO VÍAS**

El mantenimiento de una vía es realizar varias acciones, para obtener una superficie de terreno preparada, de acuerdo a características técnicas y dotada de obras tales que por ellas puedan transitar vehículos automotores a velocidades determinadas en las mejores condiciones de seguridad y economía.

##### **8.1.1 Construcción de cunetas y sangrías**

La construcción de cunetas y sangrías, nos permite tener las vías en buenas condiciones de trabajo durante una fuerte lluvia en la operación.

Las cunetas que comúnmente conocemos o vemos en la ciudad, tienen la misma estructura que las que podemos encontrar en la mina, con la diferencia de que estas son construidas de forma temporal por la cuchilla de una motoniveladora, el criterio para su construcción es crearla hacia el lado del peralte, logrando así que si hay una corriente de agua en la vía, esta sea inmediatamente canalizada hacia las cunetas evitando daños.

Las sangrías son el complemento de las cunetas, estas se definen como pequeñas cañerías en forma transversal a la vía, las cuales conectan a las cunetas, es decir de que en vez de que la corriente de agua tenga que pasar por toda la vía para llegar a la cuneta, el agua sea ayudada por las sangrías a llegar más fácilmente a su destino y por supuesto sin dañar las vías de acarreo.

La creación tanto de las cunetas como las sangrías en operaciones se realizan en forma empírica por la misma necesidad de tomar acciones rápidas cuando el agua ya nos está “ganando”; sin embargo, este diseño empírico debe mantener relación con el diseño geométrico dado por el área de Ingeniería Civil.

Según el diseño geométrico de Ingeniería Civil, tenemos 3 secciones transversales en las vías de acarreo:

**a. La vía de acarreo con sección “Lomo de Corvina” o Crown.**

Esta vía de acarreo es ya poco frecuente en Minera Yanacocha, sin embargo para conocimientos generales se debe entender que esta sección posee efectivamente un lomo en el medio de la misma, haciendo así que deben

existir 2 cunetas, tanto en el lado izquierdo como en el lado derecho de la vía, como se muestra a continuación:

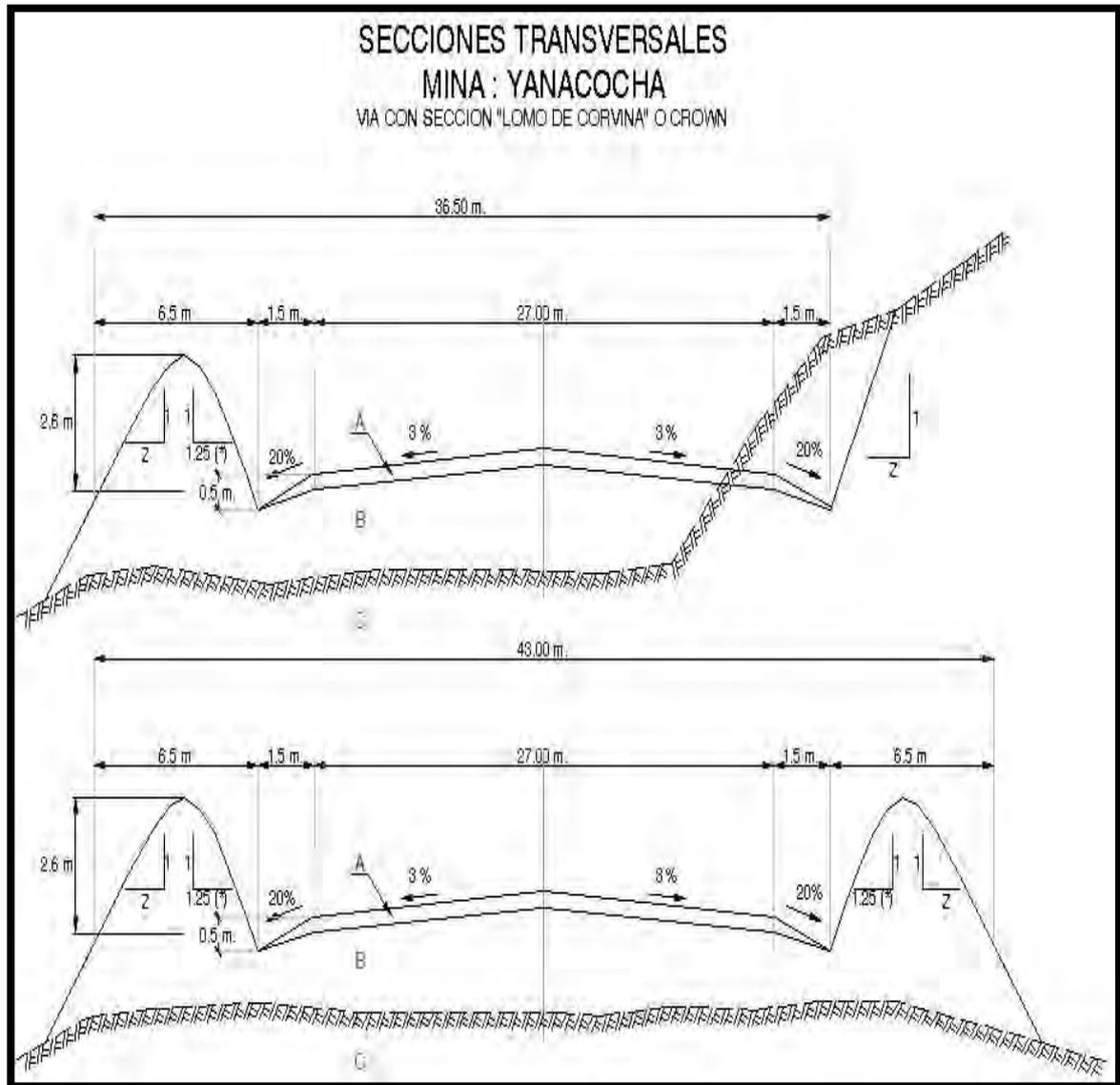


Figura 105: Vía Sección Lomo de Corvina

Fuente: Dpto. Vías MYSRL

**b. La vía de acarreo con sección pendiente a un lado o “Super”**

Esta tipo de sección transversal es la más común en Minera Yanacocha, esta cuenta con solo una cuneta ya sea al lado derecho o izquierdo según el diseño geométrico de Ingeniería Civil basado en el patinamiento de los camiones durante época de lluvias. El diseño es como se muestra:

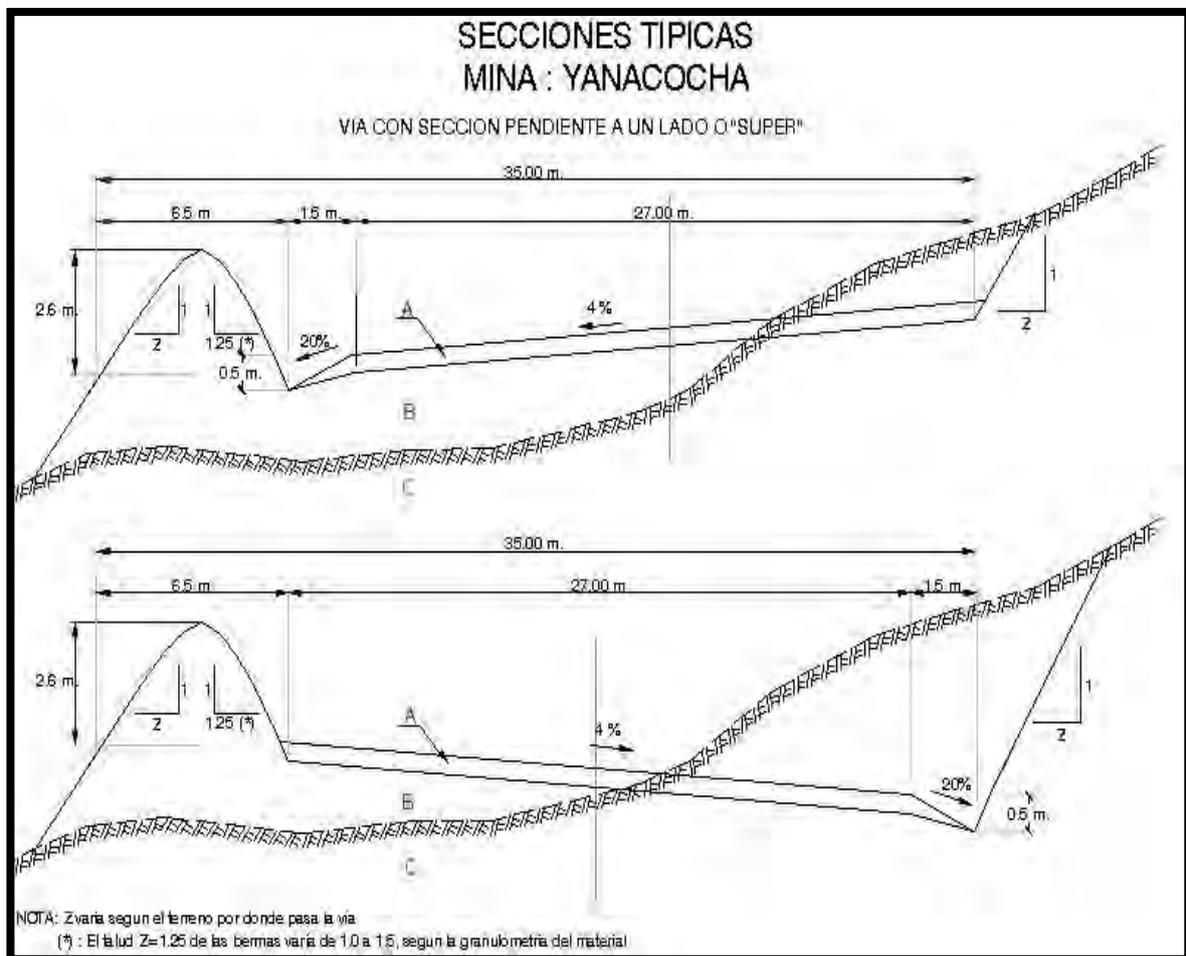


Figura 106: Vía Sección Súper

Fuente: Dpto. Vías MYSRL

**c. La vía de acarreo con sección doble vía con berma intermedia**

La sección doble vía con berma intermedia, es una tipo de sección poco común en MYSRL, sin embargo, su uso esta dado para vías de acarreo en doble sentido con ancho operativo al límite para 2 camiones, la berma ayudará a que no exista invasión de un carril a otro y de esta forma evitar accidentes.

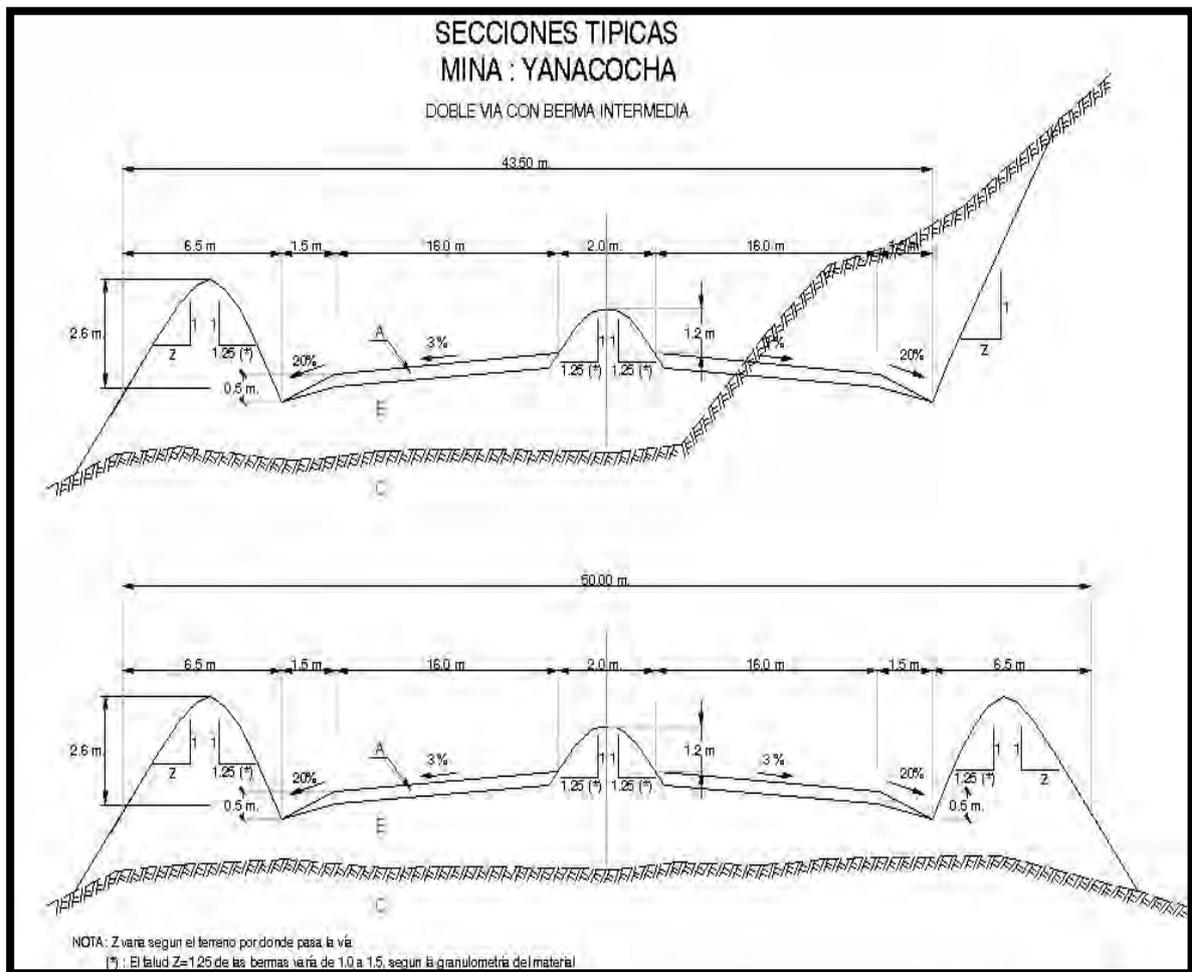


Figura 107: Vía Sección doble vía con berma intermedia

Fuente: Dpto. Vías MYSRL

### 8.1.2 Limpieza de material regado

Los camiones que acarrean el material hacia sus destinos, en el 30% de sus viajes, derraman material en las vías de acarreo. La limpieza de las vías en sí por parte de las motoniveladoras, debe mantener un método de trabajo para evitar que esta se deteriore o dificulte el paso como se muestra en el Gráfico 54.

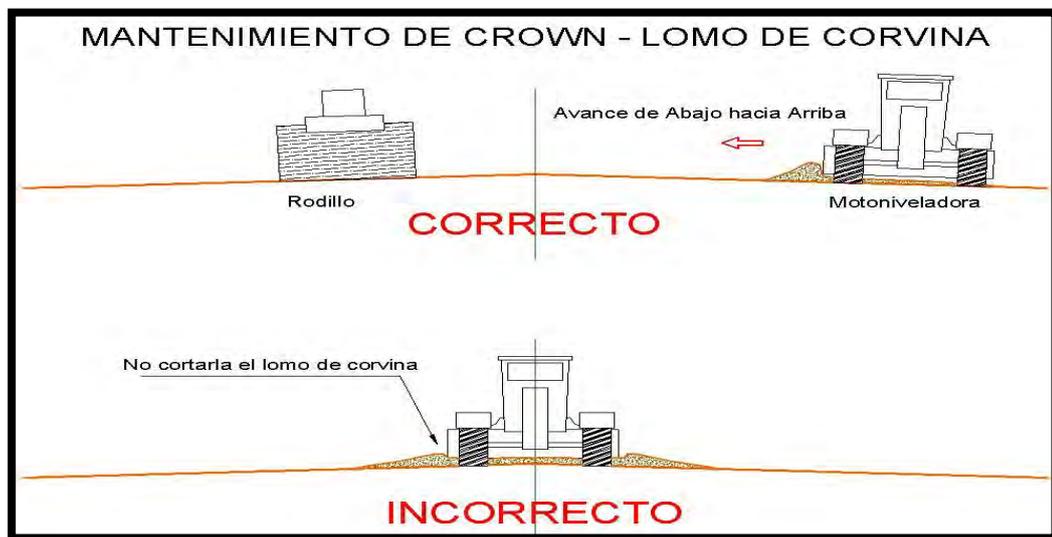


Figura 108: Metodología de limpieza de vía con lomo de corvina Fuente: Dpto. Vías MYSRL

Los motivos por el cual ocurre derrame de material en las vías de acarreo son:

#### a. Mal carguío de parte del operador de pala

Continuamente, el supervisor debe recordar y recomendar a los operadores de pala que la carga en el volquete debe ir centrada tanto vertical y horizontalmente, logrando así que haya menos posibilidad que pueda haber caída de material en las vías.

### **b. Incorrecta selección de marcha de parte de los operadores de camión**

Como cuando manejamos un auto en segunda marcha en una subida y al notar que el auto no puede seguir mas y realizamos un cambio a primera marcha provocando que el auto tiemble o salte; esto mismo pasa con los camiones, es por ello que se debe recordar y recomendar a los operadores que deben seleccionar correctamente sus marchas especialmente en las subidas en curva para no ensuciar en vez de limpiar.

Si a pesar de dichas recomendaciones, tenemos material regado en las vías de acarreo, se debe llamar de inmediato a un equipo auxiliar, al que esté asignado a la zona o en su defecto al que se encuentre mas cerca para apoyarlo, ya sean motoniveladoras, tractores de rueda y/o cargadores frontales pequeños.

### **8.1.3 Peralte**

Primero, definimos el peralte como la inclinación que se le da a la curva para vencer la fuerza centrífuga que hace que el vehículo salga por la tangente.

Como lo nombre anteriormente para el tema de cunetas y sangrías, el peralte en las vías se realiza en forma empírica por la misma necesidad de tomar acciones rápida; sin embargo, este diseño empírico debe mantener relación con el diseño geométrico dado por el área de Ingeniería Civil, área que posteriormente realizará las correcciones exactas.

Para la realización de un peralte, se debe tener en cuenta una serie de parámetros que tendrán participación determinante en el desarrollo de esta. Un buen peralte dará una mayor estabilidad en los camiones al pasar por una curva, una mayor seguridad en la operación, ingresar a las curvas con mayor velocidad y por supuesto una mayor velocidad. Estos parámetros son:

CC: Centro de Curva

PC: Punto de Comienzo de Curva

PI: Punto de Deflexión

PT: Punto de Término de Curva

I: Angulo de Deflexión

Lrp: Longitud de rampa de peralte

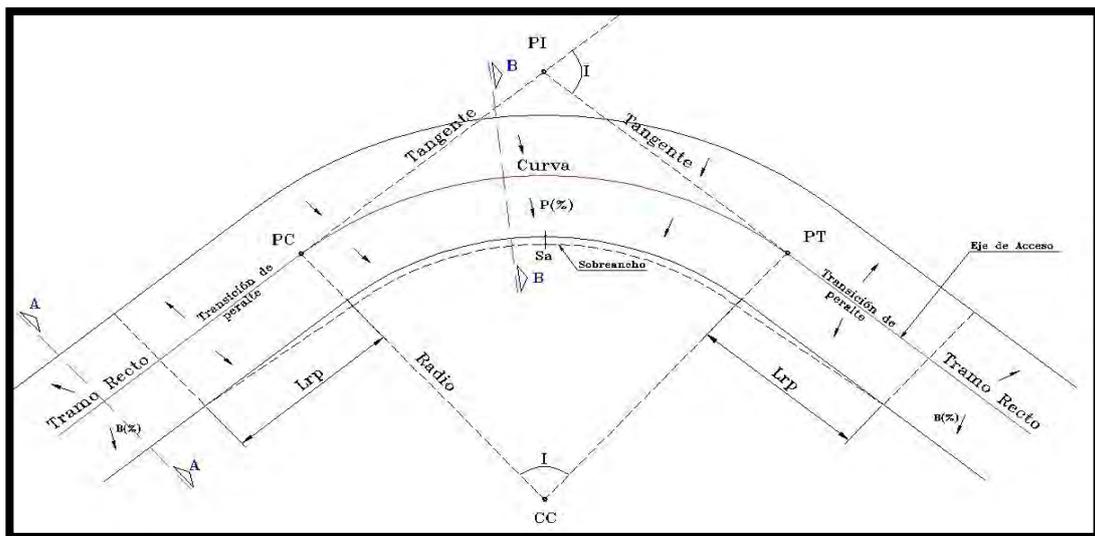


Figura 109: Partes de una curva con peralte

Fuente: Dpto. Vías MYSRL

Del gráfico, podemos analizar las secciones transversales A-A y B-B:

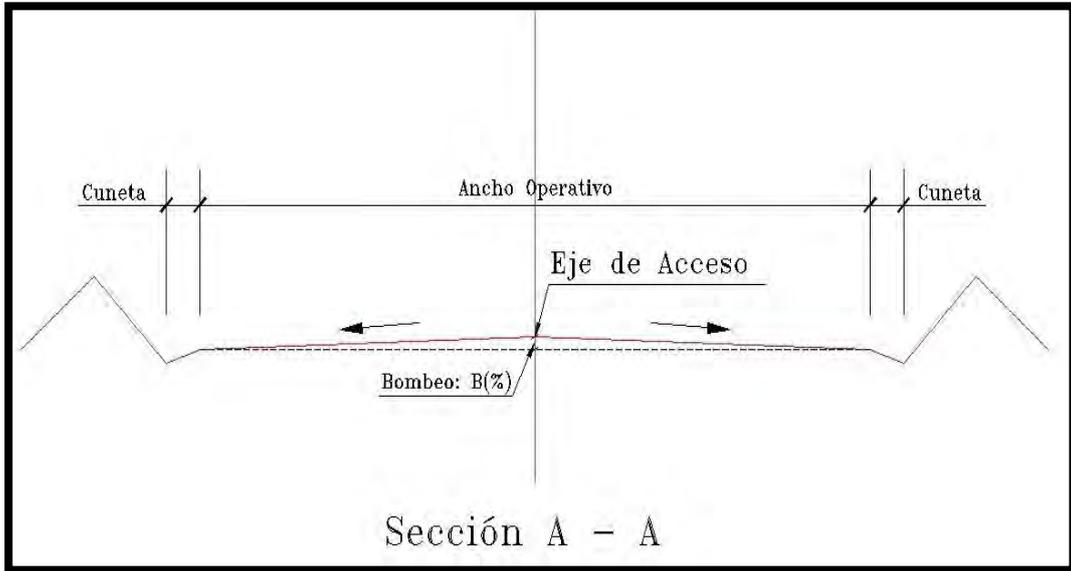


Figura 110: Sección A-A de la figura 109

Fuente: Dpto. Vías MYSRL

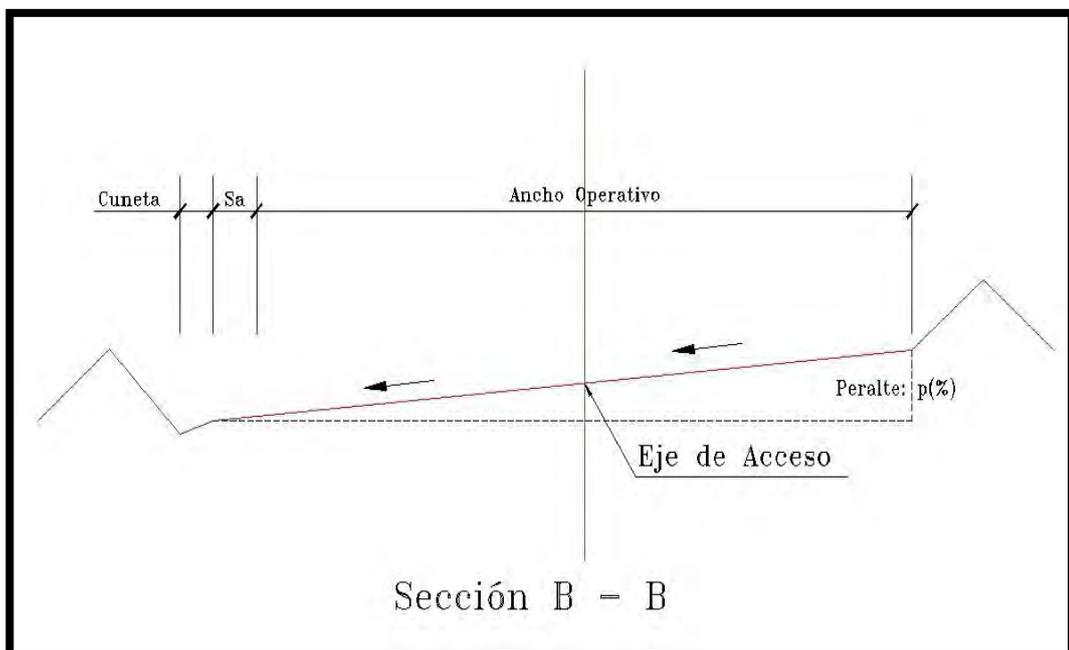


Figura 111: Sección B-B de la figura 109

Fuente: Dpto. Vías MYSRL

En donde, definimos bombeo y angulo de deflexión:

**a. Bombeo:**

Es la Inclinación que nace del eje del acceso o vía hacia los extremos para la evacuación de las aguas.

**b. Angulo de Deflexión (I):**

Angulo con el cual cambia de dirección el alineamiento.

En el método empírico podemos tomar estas secciones transversales como referencia para las motoniveladoras que realizan el trabajo en particular para definir un buen peralte en las vías. Los parámetros geométricos en general se encontrarán en el Anexo: Diseño geométrico de vías.

#### **8.1.4 Control de polvo**

El control de polvo en MYSRL es controlado por 4 cisternas de agua, dos de ellos con capacidad de 20mil galones y los otros dos con una capacidad de 25mil galones. Para la zona del Tajo Chaquicocha y demás tajos de la zona este, hay una asignación permanente de 2 cisternas, los cuales tienen la función de regar continuamente todas las vías de acarreo, zonas de descarga y zonas de carguío para evitar la acumulación de polvo.

Sin embargo, durante épocas de invierno en las cuales las lluvias son un común denominador, las cisternas no regarán de ningún modo, pudiendo colocar a los operadores en otros equipos para seguir produciendo.

Asimismo, durante épocas secas en las cuales en la noche ocurren heladas que producen que el agua se congele y conlleven a patinamiento de camiones, los operadores de cisterna salen a regar solo hasta antes de la media noche y de forma intermitente.

Del supervisor de zona dependerá el uso de solo una cisterna en la zona según sea la necesidad de personal o en algunos casos, por falla de algunas de ellas, ingeniárselas para poder contrarrestar el polvo solo con una.

#### **8.1.5 Lastrado**

El lastrado se define como la colocación de una capa de material inerte y granulado de tal manera que los desniveles de una vía sean corregidos para su posterior relleno con una capa de material fino.

Un lastrado de vías debe realizarse con la plena seguridad de que se esté realizando con el material correcto y en el lugar correcto, ya que si usamos un material muy fino para lastrar, la lluvia y los mismos camiones con su paso harán que el tiempo usado para este trabajo sea en vano al ser este material fino deshecho. Por otro lado, si usamos un material muy grueso, generarán mayores desniveles que una motoniveladora no podrá refinar con su cuchilla, provocando nuevamente pérdidas de tiempo.

Los trabajos de lastrado se realizan tanto en botaderos, vías de acarreo y zonas de carguío. Un correcto lastrado debe realizarse con tractores ya sean de ruedas o de orugas, los cuales estirarán todo el material descargado en la zona que se quiere reparar. Ya posteriormente las motoniveladoras deben ser usadas solo para refinar el terreno lastrado, de tal forma que las piedras que puedan quedar sobresalidas luego del trabajo de lastreo, sean eliminadas y la superficie que totalmente plana y sin desniveles.

## **8.2 CONTROL DE PISOS EN PALAS Y BOTADEROS**

El control de pisos en palas y botaderos tienen como base principal el indicador de alta precisión que manejan los topógrafos en el campo, ya que ellos son los encargados de colocar si un terreno necesita corte, relleno o se encuentra a nivel. Según sus requerimientos, el supervisor de mina deberá administrar sus equipos auxiliares para realizar los cortes o rellenos correspondientes, para de esta forma evitar malos carguíos por errores de precisión.

Del mismo modo, al hablar de este control de pisos, nos referimos también al buen estado que estos deben tener para que los equipos de acarreo no demoren en cuadrarse o descargar, o simplemente no se queden atollados, no puedan salir y de esta forma no permitan el tránsito normal y fluido.

### 8.3 CONTROL DE FRENTES DE CARGUÍO

Al iniciar el turno de trabajo, el supervisor de zona deberá subir a todos y cada uno de los frentes de carguío de sus palas y cargadores, la razón principal es poder ver e imaginar como será el avance de su equipo durante el turno. De esta forma poder identificar:

- ¿En qué momento la pala podría encajonarse?
- ¿En qué momento la pala tendrá que cambiar de un tipo de material a otro?
- ¿Qué opciones de material tenemos para minar?
- ¿Cuánto material tengo para minar?
- ¿Qué tan duro, suave o granulado esta el material?

Estas son solo unas de las tantas preguntas que un supervisor de tajo puede absolver en solo subir unos minutos a los frentes de sus equipos de carguío.

### 8.4 CONTROL DE DISTANCIAS

El control de distancias, como lo explique anteriormente, responde a la necesidad del *Dispatch* de evitar se disparen sus parámetros de *queue* y *hang*, sin embargo, los supervisores de campo pueden ser de gran ayuda si:

- a. **Controlan que todas las vías se encuentren en buen estado,** haciendo así que cada vez que haya un cambio de ruta, no se pierda tiempo en habilitarla.

- b. **Zonas de carguío y descarga**, deberán cumplir con tener buenas condiciones de terreno y el supervisor deberá contar siempre con un frente de carguío o zona de descarga adicional, para que el tiempo de cambio sea inmediato.
- c. **Conocer todos los polígonos con el % de finos correspondiente**, de esta forma, ayudará al *Dispatch* a poder discernir entre cambiar de mezcla o no de forma inmediata y eficaz, evitando dudas por la falta de precisión en el sistema de carguío de palas y cargadores.

## **8.5 FACTOR HUMANO - CLIMA LABORAL**

Antes de finalizar el contenido del capítulo sobre la metodología para la corrección de los factores incidentes en la productividad, no podía dejar pasar el tema del factor humano y su relación con el clima laboral. Ninguno de los trabajos, métodos o sugerencias dadas hasta este momento, podrían dar resultado alguno sin las personas que hacen esto posible.

Dividiré este sub capítulo en 3 más, los cuales engloban en cierta forma mi punto de vista sobre el factor humano.

### **8.5.1 Productividad**

Ya me encargué de explicar los factores que inciden la productividad desde el punto de vista operacional, sin embargo, la productividad vista del enfoque humano, tienen los siguientes factores:

**a. Motivación**

Encierra la motivación interna del propio operador, lo que lo motiva a el a estar aquí, su familia, su desarrollo personal, etc. Asimismo, la motivación externa brindada por la empresa para la cual trabaja.

**b. Compromiso**

Que es el acuerdo tácito para cumplir.

**c. Entrenamiento**

El correcto entrenamiento que puede recibir un colaborador antes de realizar un trabajo, implicará una mayor productividad.

**d. Expectativas**

Es el dar a conocer al operador que esperamos de el como persona y que espera la empresa de el dentro del equipo de la compañía.

**e. Competencias del operador**

Es el saber, querer y poder hacer las cosas bien en el trabajo.

**f. Entorno**

Implica el clima laboral en donde el colaborador realiza sus funciones, sus jefes, sus compañeros, el campamento, etc.

Todos estos parámetros se pueden definir en una estructura con un fin en común: productividad como resultado de la empresa.

CONOCIMIENTOS x HABILIDADES = CAPACIDAD

ACTITUD x ENTORNO = MOTIVACIÓN

CAPACIDAD x MOTIVACIÓN = DESEMPEÑO POTENCIAL

DESEMPEÑO POTENCIAL x RECURSOS = RESULTADOS DE LA EMPRESA



Figura 112: Las personas y los resultados

### 8.5.2 Resolver problemas

El saber resolver problemas no solo de la operación, sino también de nuestros colaboradores, nos ayudará a mejorar los vínculos con ellos.

Una encuesta de la organización internacional del trabajo indica que del 100% de los problemas que ocurren en la empresa:

- 60% son triviales
- 30% son de fácil solución
- 10% presentan alguna dificultad

En este caso lo importante no es solucionar el problema cuando ya está creado sino establecer las condiciones para evitar que este no se produzca, o si ocurre, que sean de un nivel fácil de resolver.

De esta forma podemos establecer cuáles son las fuentes de los problemas en su mayoría:

- Falta de liderazgo
- Malas comunicaciones o ausencia de estas
- Falta de motivación e incentivos
- Mal clima laboral
- Falta de disciplina laboral
- Falta de confianza en el grupo
- Estructura organizacional inadecuada
- Falta de programas de entrenamiento
- Procedimientos de trabajo inadecuados
- Malos sistemas de evaluación de desempeño
- Selección de personal deficiente
- Falta de compromiso de supervisores y colaboradores

Así pues, la capacidad de tomar decisiones debe encontrar su máxima expresión en la capacidad para resolver problemas, todo proceso de resolver problemas es un ejercicio de toma de decisiones.

### **8.5.3 Saber escuchar**

El saber escuchar es refrenar la apremiante inclinación a hablar, hablar y hablar que tienen los que ostentan un cargo de jefatura y a llenar con palabras todos los espacios que siempre se permiten tomar.

Se tienen costumbres no productivas sobre el escuchar, las cuales son:

1. Interrumpir al que habla
2. Falta de interés por el tema de conversación
3. Concentrarse en los detalles y perder lo principal
4. Mostrar una actitud corporal pasiva
5. Dejar de escuchar lo que resulta difícil
6. Crear o tolerar distracciones
7. Permitir que las emociones bloqueen el mensaje
8. Ponerse a pensar en otra cosa
9. Adaptarlo todo a una idea preconcebida

Asimismo, las 10 buenas costumbre que debemos considerar para saber escuchar son:

1. “Deje de hablar” no puedo escuchar si esta hablando
2. Hacer que el que habla se sienta cómodo y libre de hablar
3. Demuéstrele que desea escucharlo, actúe como si estuviera sinceramente interesado
4. Elimine y evite distracciones
5. Trate de ser empático con el otro, intente ponerse en su lugar, comprender sus puntos de vista
6. Sea paciente dedíquele el tiempo necesario. No interrumpa
7. Mantenga la calma y el buen humor
8. Evite discusiones críticas, sea prudente con lo que dice
9. Haga preguntas, eso estimula al otro
10. “Pare de hablar” esto es lo primer y lo último, usted no puede escuchar si está hablando.

Todos los días de nuestro trabajo diario, tendremos la oportunidad de saber escuchar a alguno de nuestros trabajadores, ya sea para una sugerencia, una petición o simplemente por el hecho de querer conversar. Solo de nosotros dependerá no solo el saber escuchar, sino el QUERER escuchar.

### 8.6.3 Conclusiones y recomendaciones de un buen clima laboral

Los puntos rescatables de saber mantener un buen clima laboral son los siguientes:

- La forma adecuada en la que manejan los descansos de 45 minutos para los operadores durante las guardias y la confianza existente entre supervisores y operadores para poder informar un estado de fatiga para poder descansar, demuestra el alto grado de trato humano que se tiene en MYSRL, logrando así un ambiente muy agradable para trabajar.
- No olvidar que el personal con el cual trabajamos es del cual dependemos directa e indirectamente para la realización de las labores diarias, démosle la importancia y el trato que se merecen para que el clima laboral mejore y con ello también la productividad.
- La Productividad en MYSRL, no dejará de ser importante en los objetivos diarios de esta empresa, sin embargo, el clima laboral con el cual trabaja MYSRL, es muestra de querer hacer las cosas bien y en equipo. Es agradable ver tantos trabajadores comprometidos con sus supervisores y saber cuál es el papel que desempeña cada uno de ellos en cada una de las toneladas movidas diariamente.

## **CAPITULO IX**

### **PRODUCTIVIDAD FINAL BAJO CLIMA SEVERO**

El mes elegido para realizar la comprobación de los resultados obtenidos mediante la metodología descrita en capítulos anteriores del presente trabajo, fue el mes de Diciembre del 2011, mes crítico por la fuerte presencia de lluvias, neblina y tormentas eléctricas en el Tajo de Chaquicocha, si bien es cierto existen parámetros que influyen en la productividad que se basan en la disponibilidad mecánicas de los equipos, como se nombró al inicio de la tesis, solo tomaremos en cuenta los parámetros operacionales que influyen en la misma.

## 9.1 NÚMEROS DE DICIEMBRE

En el mes de diciembre de 31 días se tuvieron los siguientes *targets*:

*Target* producción mensual de toda la mina: 15'374000 t

*Target* producción mensual Tajo Chaquicocha: 6'324000 t

*Target* producción turno Tajo Chaquicocha: 102000 t

Los equipos y las productividades que se tuvieron en el mes de Diciembre para trabajar fueron los siguientes:

Tabla 5: Productividad ideal mes de Diciembre Fuente: Elaboración propia

	<b>Productividad ideal por hora (t/h)</b>	<b>Tiempo Real Disponibile (h)</b>	<b>Productividad por turno</b>
<b>Pala 02</b>	3800	10.8	41040
<b>Pala 07</b>	3800	10.8	41040
<b>Excavadora 08</b>	1800	10.8	19440
<b>Cargador 16</b>	1500	10.8	16200
<b>Cargador 18</b>	1500	10.8	16200

**133920**

Al ver, el cuadro presentado, se podría cometer el error de pensar que el *target* es fácil para cumplir, teniendo más de 30mil toneladas en exceso con respecto a lo requerido. Sin embargo, como lo comenté al inicio del capítulo, no pondré mayor atención a las demoras mecánicas ocurridas durante un turno de trabajo, tanto para equipos de acarreo y equipos de carguío, partiré del dato obtenido de Mantenimiento

Mina de que en el mes de diciembre el porcentaje de disponibilidad de equipos de carguío fue de 89%, con ello, la productividad por turno de 133920 t se ve reducida a un:

$$133920 \text{ t} * 0.89 = \mathbf{119188.8 \text{ t}}$$

Ya con este valor tendríamos un “colchón” de poco menos de 20mil toneladas, que son asignadas con tino por parte de Planeamiento Mina por la temporada de lluvia y neblina que se presenta.

## **9.2 PÉRDIDA EN PRODUCTIVIDADES EN MESES PASADOS**

Siguiendo correctamente todos y cada una de los métodos de conservación de productividad, basados en productividades perdidas en meses anteriores, es que se logra el objetivo final, como se ejemplifica a continuación:

### **9.2.1 Mantenimiento de vías**

El mantenimiento de vías que involucra la construcción de cunetas y sangrías para el encauce de aguas por la lluvia, limpieza de material regado en las vías y lastrado correcto de las mismas para evitar badenes y zonas intransitables, tiene como principal objetivo el conservar las velocidades de acarreo y de viajando vacío de los camiones, que para el mes de diciembre fue de 25km/h promedio. Como se pudo comprobar en meses anteriores, la reducción de esta velocidad a 20km/h promedio por no corregir las falencias en las vías de acarreo llevó a una pérdida por turno aproximada de producción de **40000 t por día**

### 9.2.2 Control de pisos en palas y botaderos

Un correcto control de pisos en las palas, no permitirá que camiones se queden atollados e impidan el carguío normal de la pala, asimismo permitirá un tiempo normal de cuadrado en la pala de parte de los camiones. Por otro lado, la conservación de un buen botadero, permitirá que los camiones ingresen, descarguen y salgan con normalidad, evitando la presencia de colas de espera que demoren la descarga y aumenten el *hang* de las palas.

La productividad perdida en meses anteriores por no prever un correcto control de pisos en palas y botaderos dio como resultado la pérdida de **24000 t** por día

### 9.2.3 Control de frentes de carguío

El control de frentes de carguío en el tajo Chaquicocha se basa en el control que se tenga del *Payload*, que el operador de pala realice un correcto carguío de camión con 6 pases y con pases bien cargados, la pérdida de producción por dicho problema fue de **20000 t** por día en meses anteriores.

### 9.2.4 Clima Laboral

Según estudios del Sr. Homero Vera, consultor chileno que trabaja en la empresa cuya función principal esta basada en el clima laboral y mejoras continuas de la organización, indicó que debido a la buena relación con los trabajadores y supervisores logrados gracias a los cursos de capacitación en liderazgo brindados, los operadores llenaron una encuesta en la cual plasmaron que su nivel de motivación había aumentado de un 63% a un 85%, números que nos permitieron lograr la

conservación de productividad no solo con equipos y administración de los mismos, sino con la actitud y ganas de cada uno de los colaboradores.

### **9.3 PRODUCTIVIDAD MES DE DICIEMBRE**

Antes de pasar a describir, todos y cada uno de los días del mes de diciembre en los cuales se logró la conservación de productividad como objetivo final, cabe resaltar que como se verá en el cuadro a continuación, hubieron condiciones naturales a las que no se le pudo hacer frente, como tormentas eléctricas y densas neblinas que obligaron sin opción, a detener la operación.

Todas y cada una de las toneladas descargadas para conservar la productividad en el Tajo Chaquicocha fueron realizadas con 100% seguridad, lo cual demuestra que no se tuvo que forzar trabajos que pusieran en riesgo la integridad de los colaboradores en la mina, siendo ellos mismo los que reportaban en ocasiones las condiciones subestándar que debían corregirse para poder continuar con la operación.

El cuadro del mes de diciembre es como sigue:

Tabla 6: Productividad Mes de Diciembre

Fuente: Elaboración propia

Día	Mantenimiento de vías	Control de pisos	Control de <i>payload</i>	Paradas por neblina	Paradas por tormenta	Tonelaje perdido	Tonelaje Total
01-dic-11	6600	9200	5500	0	0	21300	<b>217077.6</b>
02-dic-11	4400	6500	5000	0	0	15900	<b>222477.6</b>
03-dic-11	9000	3400	5000	3500	0	20900	<b>217477.6</b>
04-dic-11	12200	6400	5100	8000	0	31700	<b>206677.6</b>
05-dic-11	5800	8800	4900	14000	21000	54500	<b>183877.6</b>
06-dic-11	6400	8200	5100	0	0	19700	<b>218677.6</b>
07-dic-11	8200	7500	5300	0	0	21000	<b>217377.6</b>
08-dic-11	5800	6900	5200	0	0	17900	<b>220477.6</b>
09-dic-11	16400	7400	4800	12000	8500	49100	<b>189277.6</b>
10-dic-11	10800	7600	5000	0	0	23400	<b>214977.6</b>
11-dic-11	4600	7900	5200	6000	0	23700	<b>214677.6</b>
12-dic-11	6400	7900	5000	12300	24000	55600	<b>182777.6</b>
13-dic-11	6400	10200	4800	14500	22000	57900	<b>180477.6</b>
14-dic-11	6800	8400	5300	9700	18000	48200	<b>190177.6</b>
15-dic-11	6600	6600	4900	17500	5000	40600	<b>197777.6</b>
16-dic-11	8000	9100	5100	0	0	22200	<b>216177.6</b>
17-dic-11	5200	7800	5000	0	0	18000	<b>220377.6</b>
18-dic-11	15000	8200	5200	14200	0	42600	<b>195777.6</b>
19-dic-11	6400	6300	5300	7300	15000	40300	<b>198077.6</b>
20-dic-11	3800	8300	5200	6900	13000	37200	<b>201177.6</b>
21-dic-11	3600	3800	5000	11200	5500	29100	<b>209277.6</b>
22-dic-11	4600	3300	5200	0	0	13100	<b>225277.6</b>
23-dic-11	6800	5400	5000	0	0	17200	<b>221177.6</b>
24-dic-11	5000	6400	4800	0	0	16200	<b>222177.6</b>
25-dic-11	7200	6500	4500	0	0	18200	<b>220177.6</b>
26-dic-11	8400	6600	4900	21500	0	41400	<b>196977.6</b>
27-dic-11	10200	11500	5000	54500	0	81200	<b>157177.6</b>
28-dic-11	4800	8200	5100	17500	0	35600	<b>202777.6</b>
29-dic-11	5800	7800	5200	0	8800	27600	<b>210777.6</b>
30-dic-11	6800	9500	4800	8500	9000	38600	<b>199777.6</b>
31-dic-11	4400	7700	4800	5400	14000	36300	<b>202077.6</b>

Luego de tener 15 días en los cuales las tormentas eléctricas y las neblinas no pudieron ser controladas por estar lejos del alcance de la supervisión, se pudo compensar dichas pérdidas con 15 días de una correcta administración de equipos para realizar cada una de las metodologías de trabajo presentadas en la tesis, teniendo como resultado final una producción mensual en el Tajo Chaquicocha de **6373505.6** t, que representa 49505 t más por encima del *target*, rompiendo de esta forma, cuatro meses sin poder sobrepasar la barrera de producción mensual requerida por Planeamiento.

Los resultados obtenidos en el mes de diciembre, sin duda sirvió como muestra de que el paradigma en el cual la lluvia y la neblina no permiten alcanzar las metas mensuales fuera eliminado, logrando de esta forma que la meta se siguiera cumpliendo en meses posteriores y mejorando, sin lugar a duda, el clima laboral de la operación, al ver los colaboradores que sus esfuerzos son reflejados en un bono de producción mensual.

## CONCLUSIONES

1. Se demuestra que una correcta metodología de trabajo de la mano con el equipo humano con el que se cuenta en la operación resultaron ser suficiente para poder alcanzar el *target* mensual pese al clima severo de todos los días durante el mes de Diciembre.
2. MYSRL cuenta con una buena cantidad de equipos auxiliares, los cuales ayudan al correcto desempeño de las operaciones, motoniveladoras, tractores de ruedas y de orugas que si son bien administradas por el supervisor de zona, serán efectivas cerca al 100%.
3. El hecho de contar con una metodología de trabajo para poder hacerle frente a las adversidades climáticas, no implicó salir airosos todos los días, hubieron oportunidades en que nos faltaron equipos o inclusive tiempo para poder contrarrestar una fuerte lluvia que inunde las orugas de las palas, atolle volquete o simplemente pare la operación por completo.

4. El ranking mensual con el cual cuenta MYSRL, con respecto a la productividad de los trabajadores de acarreo y carguío ayuda a que ellos mismo se sienta en la necesidad de querer hacer bien su trabajo con el fin de evitar ser los últimos y esperar un reconocimiento de parte de su líder, con ello mantenemos que todos los meses sean o no de clima severo, los operadores se sientan comprometidos con su trabajo y querer sobresalir entre los demás compañeros de su área

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda crear una forma de medir la productividad de los equipos auxiliares en MYSRL, ya que su función dentro de la operación durante clima severo es de vital importancia. Los mismos operadores no se sienten motivados, como los operadores de carguío y acarreo, a mejorar su rendimiento.
2. La mala fragmentación o dejando perforadoras paradas por supuestamente falta de limpieza en el área demuestra la falta de control en los costos de operación al no controlar los parámetros de perforación y voladura, es algo que se recomienda mejorar.
3. El ranking que se realiza mensualmente de acuerdo a la productividad de cada operador debe ser un indicador de mejora pero con seguridad, mas no debe ser motivo de correr más o de incumplir condiciones de seguridad que puedan traer consigo accidentes.

4. El área de mantenimiento de equipos del área de operaciones mina, no realiza un trabajo completo en la mayoría de las reparaciones que realiza, ya que hay ocasiones en que un equipo entra por un problema y sale con un problema nuevo, o casos en que el desperfecto no es corregido como debe hacerse. Todo ello sin duda alguna afecta a la disponibilidad mecánica y al usage de los equipos, por ende a la productividad de la operación y por supuesto el clima laboral. Se recomienda poner mayor énfasis en el punto.

## BIBLIOGRAFÍA

- CHÁVEZ DONOSO, Samuel. *Supervisión: Ideas clave, conceptos, técnicas, principios y recomendaciones prácticas*. Viña del Mar, REKREA, 2007. 180p.
- MINERA YANACOCCHA SRL. *Manual de Vías*. Cajamarca, 2005. 88p.
- MINERA YANACOCCHA SRL. *Módulo de Carguío y Acarreo*. Cajamarca, 2008. 62p.
- MINERA YANACOCCHA SRL. *Diseño del Tajo Chaquicocha*. Cajamarca, 2010. 99p.
- MINERA YANACOCCHA SRL. *Geología General de Minera Yanacocha SRL*. Cajamarca, 2008. 273p.
- MINERA YANACOCCHA SRL. *Chaquicocha Project – Geology*. Cajamarca, 2001. 174p.

- MINERA YANACOCHA SRL. *PETS Recopilación Final*. Cajamarca, 2010. 668p.
  
- SALDAÑA TUMBAY, Anthony. *Informe de prácticas pre profesionales MYSRL 2011*. Lima, 2011. 146p. Informe (Bachiller en Ingeniería de Minas). Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.
  
- VERA, Homero. *El saber escuchar*. Viña del Mar, REKREA, 2008. 108p.
  
- VERA, Homero. *Resolver problemas*. Viña del Mar, REKREA, 2009. 116p.
  
- CATERPILLAR. *Manual de rendimiento 39*. Illinois, Caterpillar, 2009. 1394p.
  
- GIRALDO IRIARTE, Fernando. *Control de Vibraciones para casas de Tierra en el Perú*. Lima, 2010. 355p. Tesis (Ingeniero de Minas). Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.

**ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**PARAMETROS DE DISEÑO PARA CURVAS EN ACCESOS DE MINA**

Tabla 1: Cuadra de parámetros de diseño para curvas en mina

<b>Veloc. Diseño</b>	<b>Km/h</b>	<b>p.máx (%)</b>	<b>Radio Mínimo (m)</b>
30.00		7.00	30.00
40.00		7.00	50.00
50.00		7.00	85.00
60.00		7.00	125.00
70.00		7.00	175.00

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Para Ancho Operativo = **27.00 m.**

Long: CAT-793C = **9.00 m.** (eje posterior - parte frontal)

<b>RADIOS</b>	<b>p.máx(%)</b>	<b>Veloc. Máx (km/h)</b>	<b>Lrp (m)</b>	<b>Sa (m)</b>
25.00	7.00%	30.00	36.00	2.00
30.00	7.00%	30.00	36.00	1.50
35.00	7.00%	30.00	36.00	1.20
40.00	7.00%	30.00	36.00	1.00
45.00	7.00%	40.00	38.60	1.10
50.00	7.00%	40.00	38.60	0.90
55.00	7.00%	40.00	38.60	0.80
60.00	7.00%	40.00	38.60	0.70
65.00	7.00%	40.00	38.60	0.60
70.00	7.00%	50.00	41.50	0.70
75.00	7.00%	50.00	41.50	0.60
80.00	7.00%	50.00	41.50	0.60
85.00	7.00%	50.00	41.50	0.50
90.00	7.00%	50.00	41.50	0.50
100.00	7.00%	60.00	45.00	0.50

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Para Ancho Operativo = **25.00 m.**

Long: CAT-785C = **7.20 m.** (eje posterior - parte frontal)

<b>RADIOS</b>	<b>p.máx(%)</b>	<b>Veloc. Máx (km/h)</b>	<b>Lrp (m)</b>	<b>Sa (m)</b>
25.00	7.00%	30.00	33.30	1.30
30.00	7.00%	30.00	33.30	1.00
35.00	7.00%	30.00	33.30	0.80
40.00	7.00%	30.00	33.30	0.60
45.00	7.00%	40.00	35.70	0.70
50.00	7.00%	40.00	35.70	0.60
55.00	7.00%	40.00	35.70	0.50
60.00	7.00%	40.00	35.70	0.40
65.00	7.00%	40.00	35.70	0.40
70.00	7.00%	50.00	38.50	0.40
75.00	7.00%	50.00	38.50	0.40
80.00	7.00%	50.00	38.50	0.40
85.00	7.00%	50.00	38.50	0.30
90.00	7.00%	50.00	38.50	0.30
100.00	7.00%	60.00	41.70	0.30

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Para Ancho Operativo = **15.00 m.**

Long: CAT-777D = **6.55 m.** (eje posterior - parte frontal)

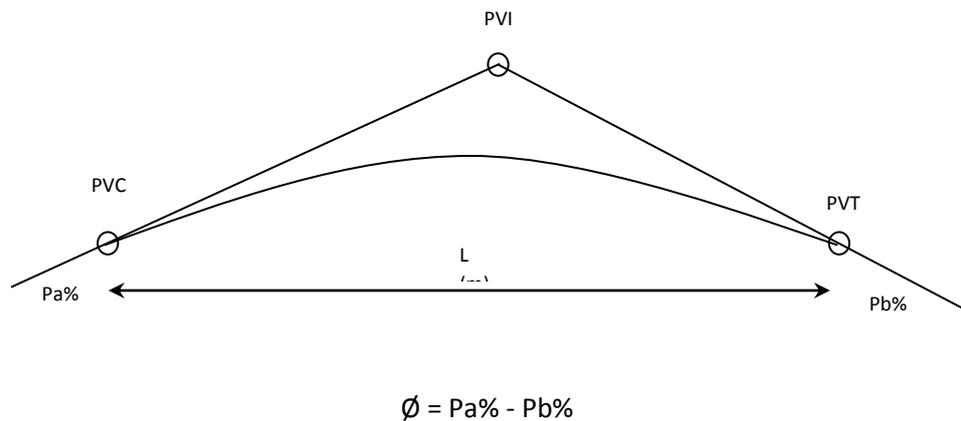
<b>RADIOS</b>	<b>p.máx(%)</b>	<b>Veloc. Máx (km/h)</b>	<b>Lrp (m)</b>	<b>Sa (m)</b>
25.00	7.00%	30.00	20.00	1.00
30.00	7.00%	30.00	20.00	0.80
35.00	7.00%	30.00	20.00	0.60
40.00	7.00%	30.00	20.00	0.50
45.00	7.00%	40.00	21.40	0.60
50.00	7.00%	40.00	21.40	0.50
55.00	7.00%	40.00	21.40	0.40
60.00	7.00%	40.00	21.40	0.40
65.00	7.00%	40.00	21.40	0.30
70.00	7.00%	50.00	23.10	0.40
75.00	7.00%	50.00	23.10	0.30
80.00	7.00%	50.00	23.10	0.30
85.00	7.00%	50.00	23.10	0.30
90.00	7.00%	50.00	23.10	0.30
100.00	7.00%	60.00	25.00	0.30

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

## DISEÑO DE EL ALINAMIENTO VERTICAL EN HAUL ROADS

Como parte de los criterios de diseño los alineamientos verticales son importantes ya que de esto depende la fluidez del ciclo de producción.

Las pendientes deben oscilar entre 0.5% a 10% para mantener la fluidez del ciclo de producción. De esta manera la eficiencia mecánica de los camiones de carguío es mayor.



La longitud Mínima esta dada por la formula:

$$L(m) = 1400 * \emptyset$$

El valor Mínimo de  $L(m) = 80.00$  m por efectos de visibilidad, teniendo como un valor excepcional de  $L(m) = 60.00$ m, con restricciones de velocidad y pendientes, según criterios de diseño.

Cuando el valor de  $\emptyset < 0.11$  el valor de  $L(m) = 150.00$  m, independiente de la expresión anterior.

Cuando el valor de  $\emptyset > 0.02$  el valor no es necesario el diseño de curva vertical ya que en el proceso constructivo la maquinaria se encarga de conformar la transición de las pendientes.

Tabla 2: Longitud de curvas verticales y pendientes

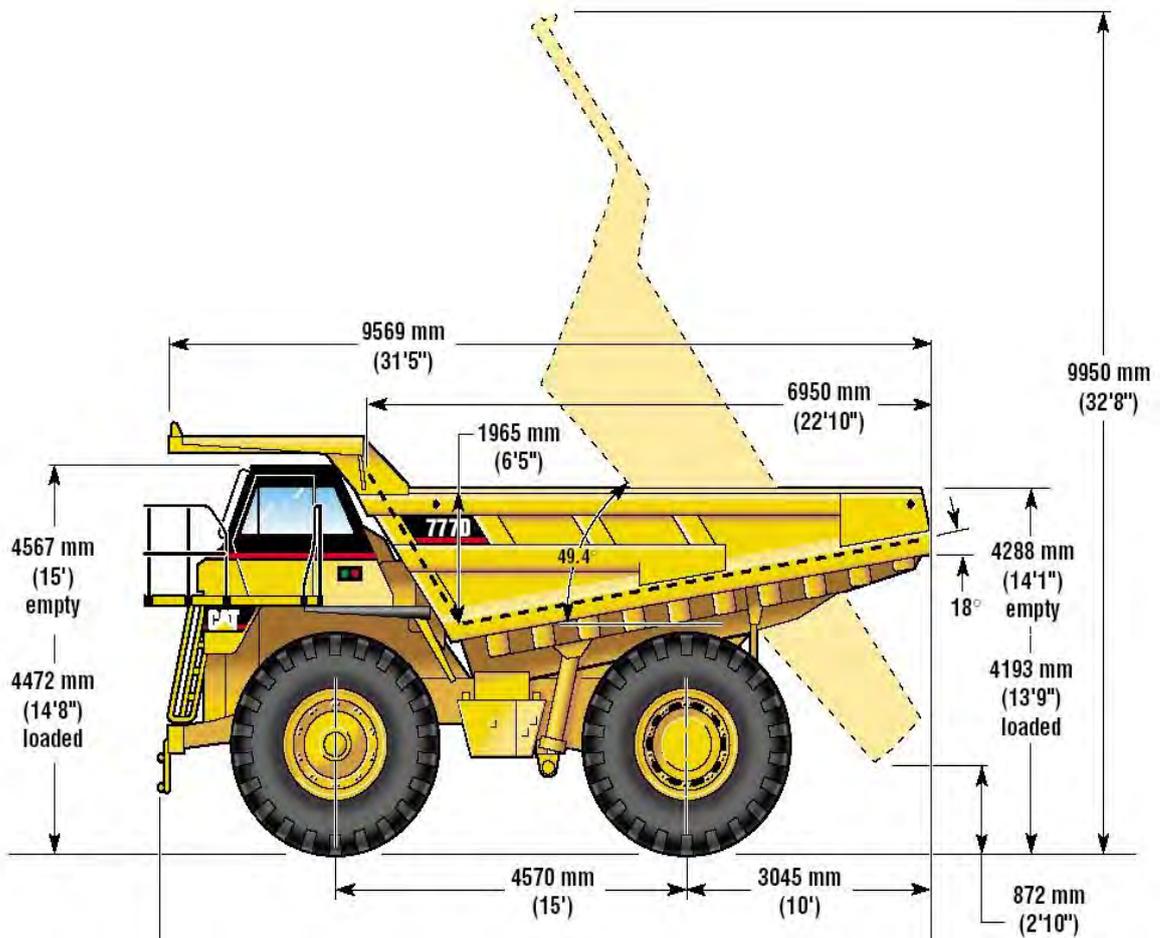
LONGITUD CURVAS VERTICALES		Pb(%)											
		0.50%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	
Pa%	0.50%	80	80	80	80	80	80	80	80	100	110	120	140
	1%	80	80	80	80	80	80	80	80	90	100	120	130
	2%	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	100	120
	3%	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	100
	4%	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90
	5%	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	6%	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	7%	100	90	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	8%	110	100	90	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	9%	120	120	100	90	80	80	80	80	80	80	80	80
10%	140	130	120	100	90	80	80	80	80	80	80	80	

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

**ANEXO 2**

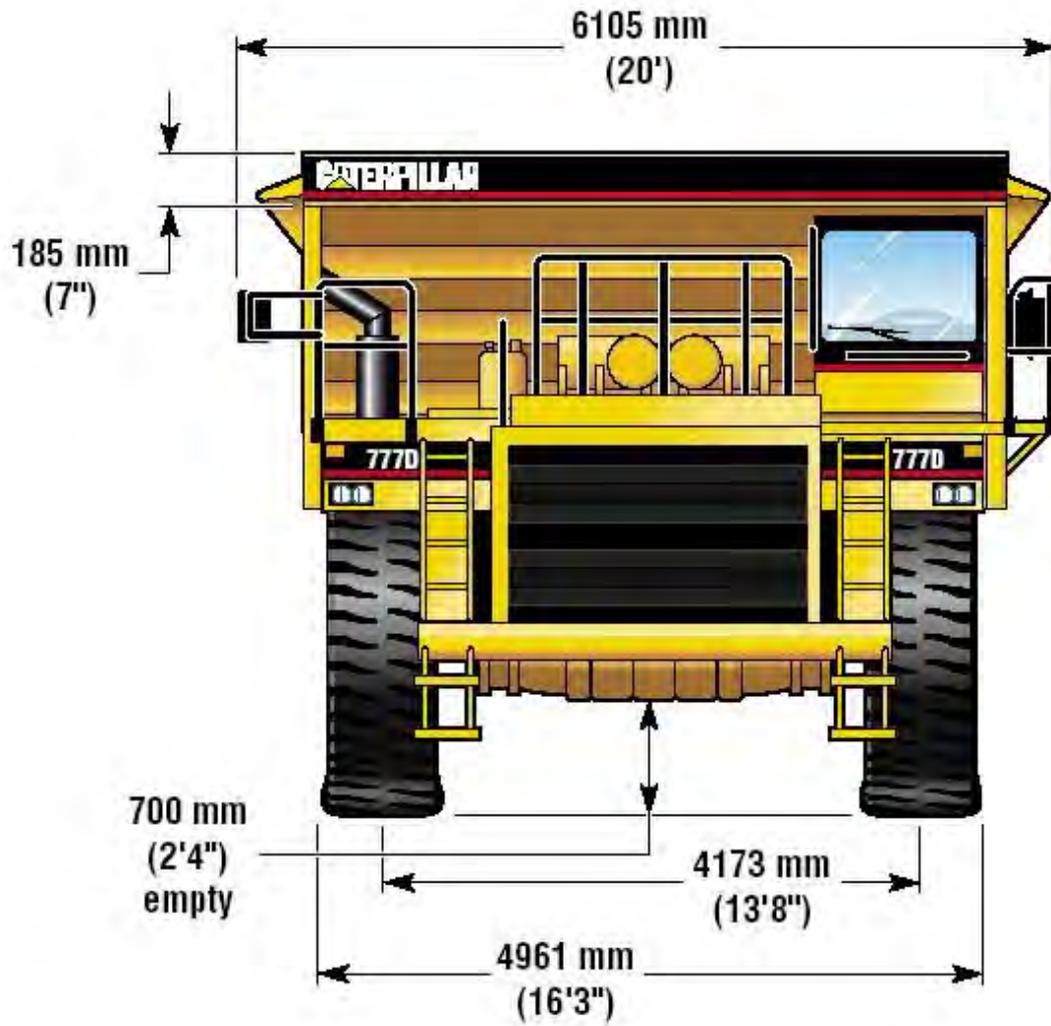
**DIMENSIONES DE CAMIONES EN MINERA YANACOCCHA SRL**

Gráfico 1: Vista de perfil de Camión CAT 777D



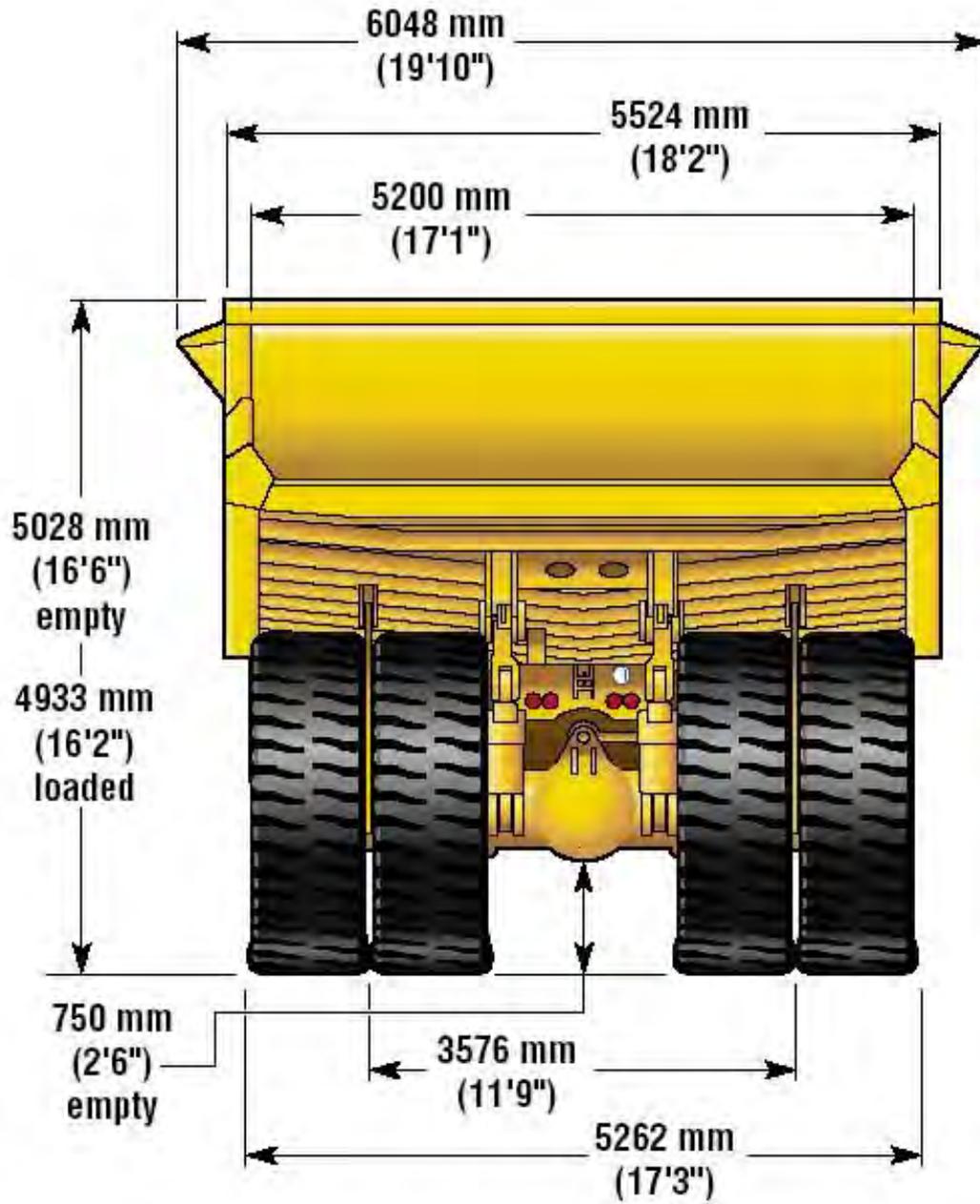
Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Gráfico 2: Vista frontal de Camión CAT 777D



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

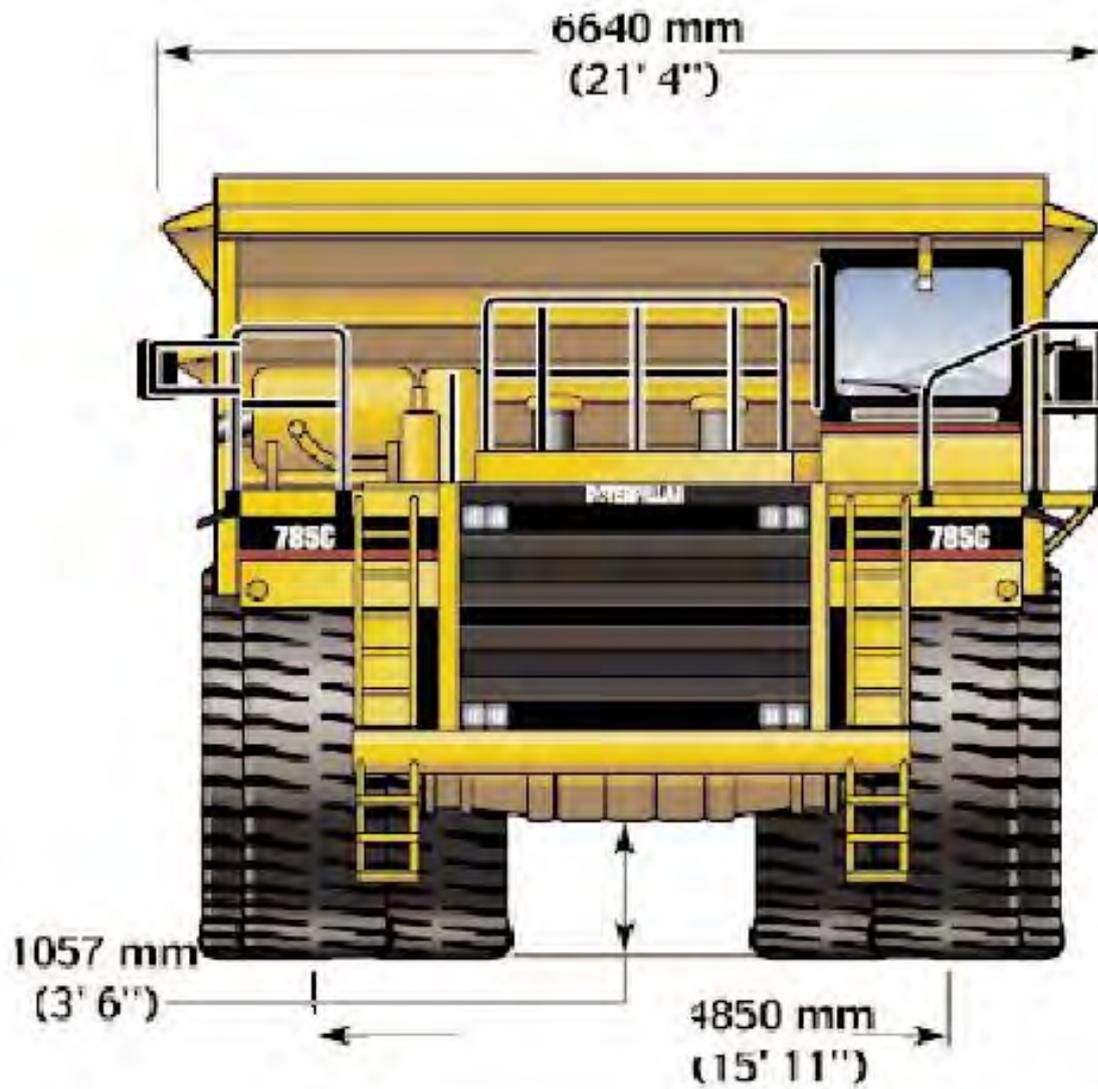
Gráfico 3: Vista posterior de Camión CAT 77D



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

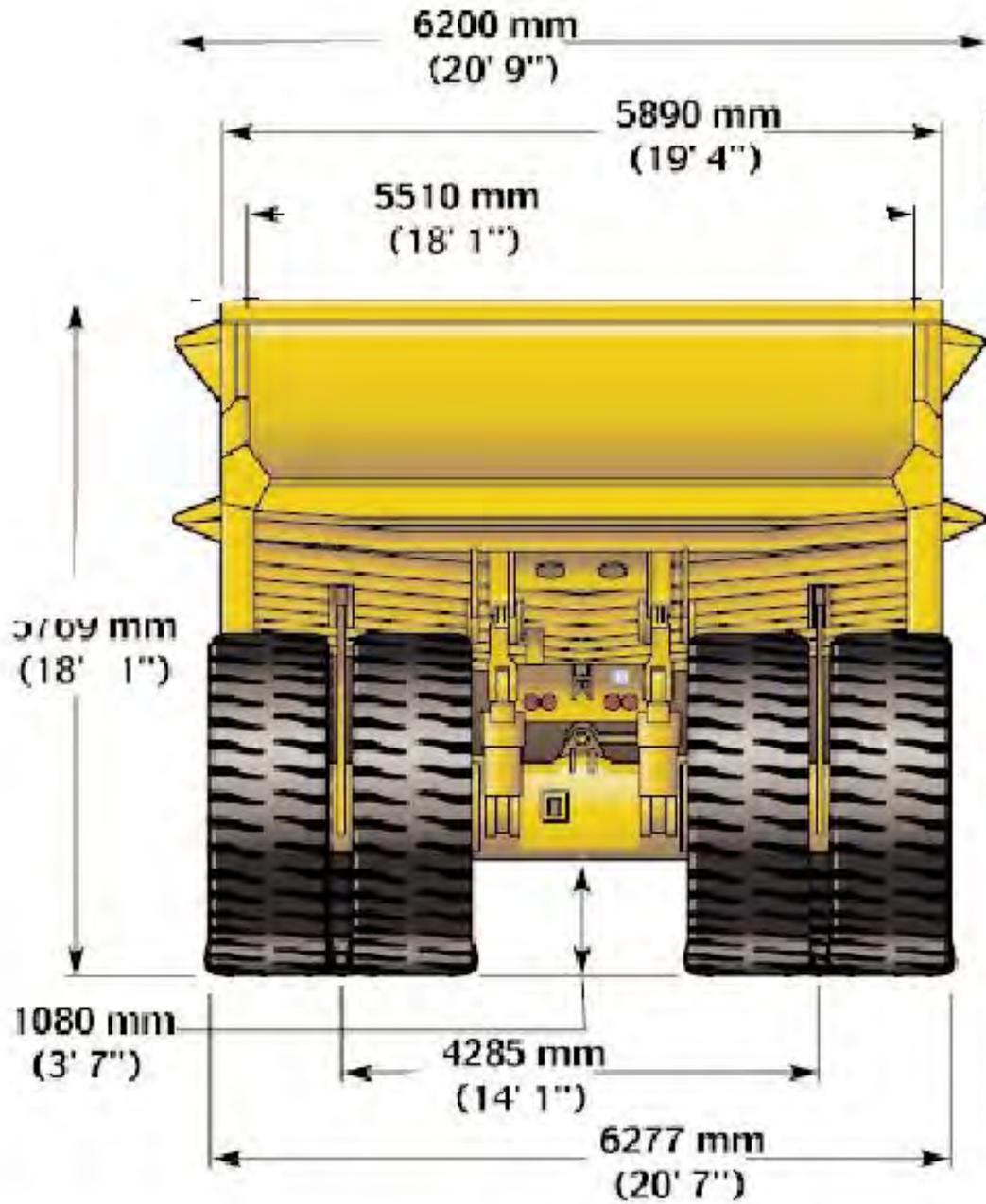


Gráfico 5: Vista frontal de Camión CAT 785C



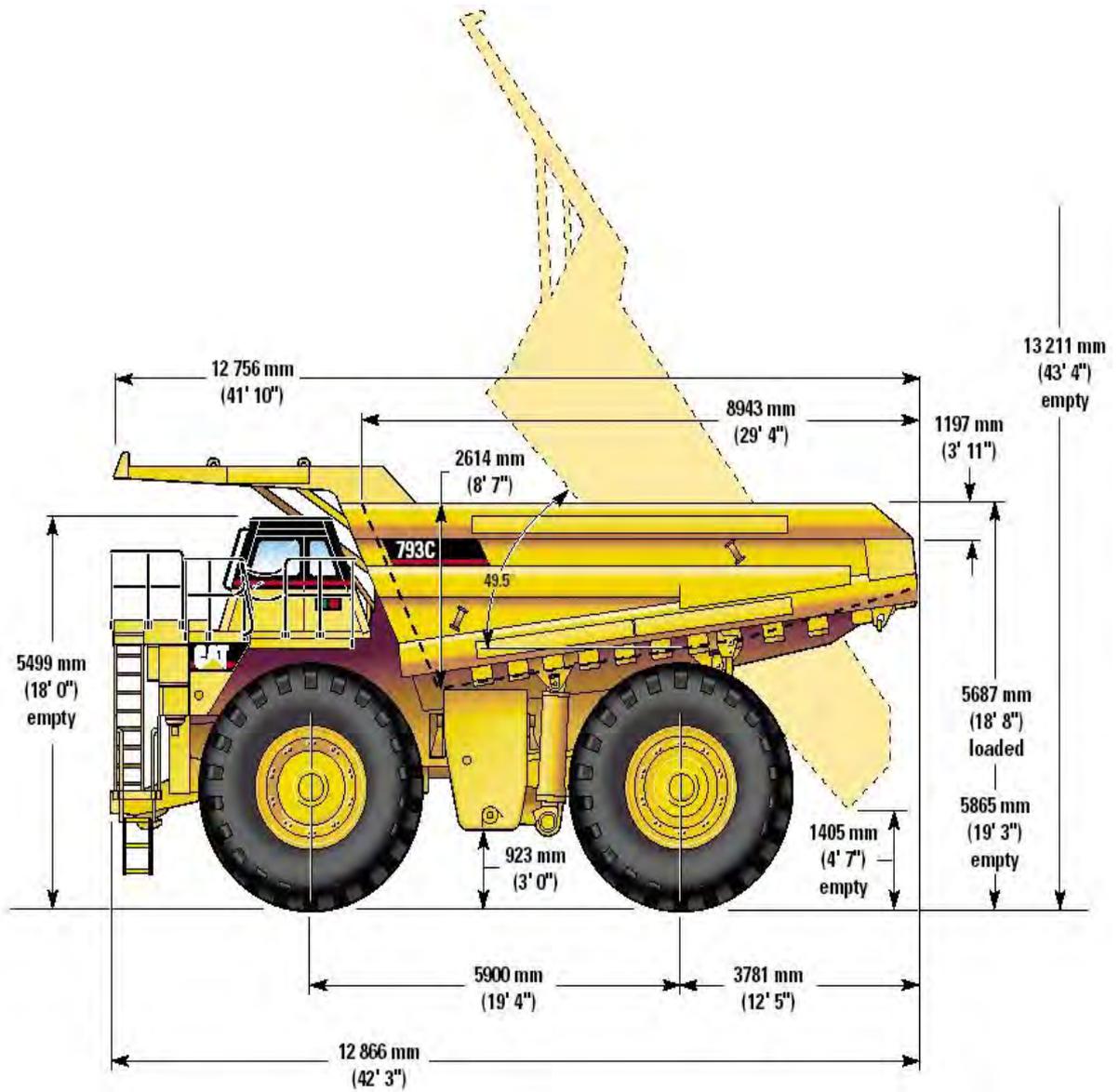
Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Gráfico 6: Vista posterior de Camión CAT 785C



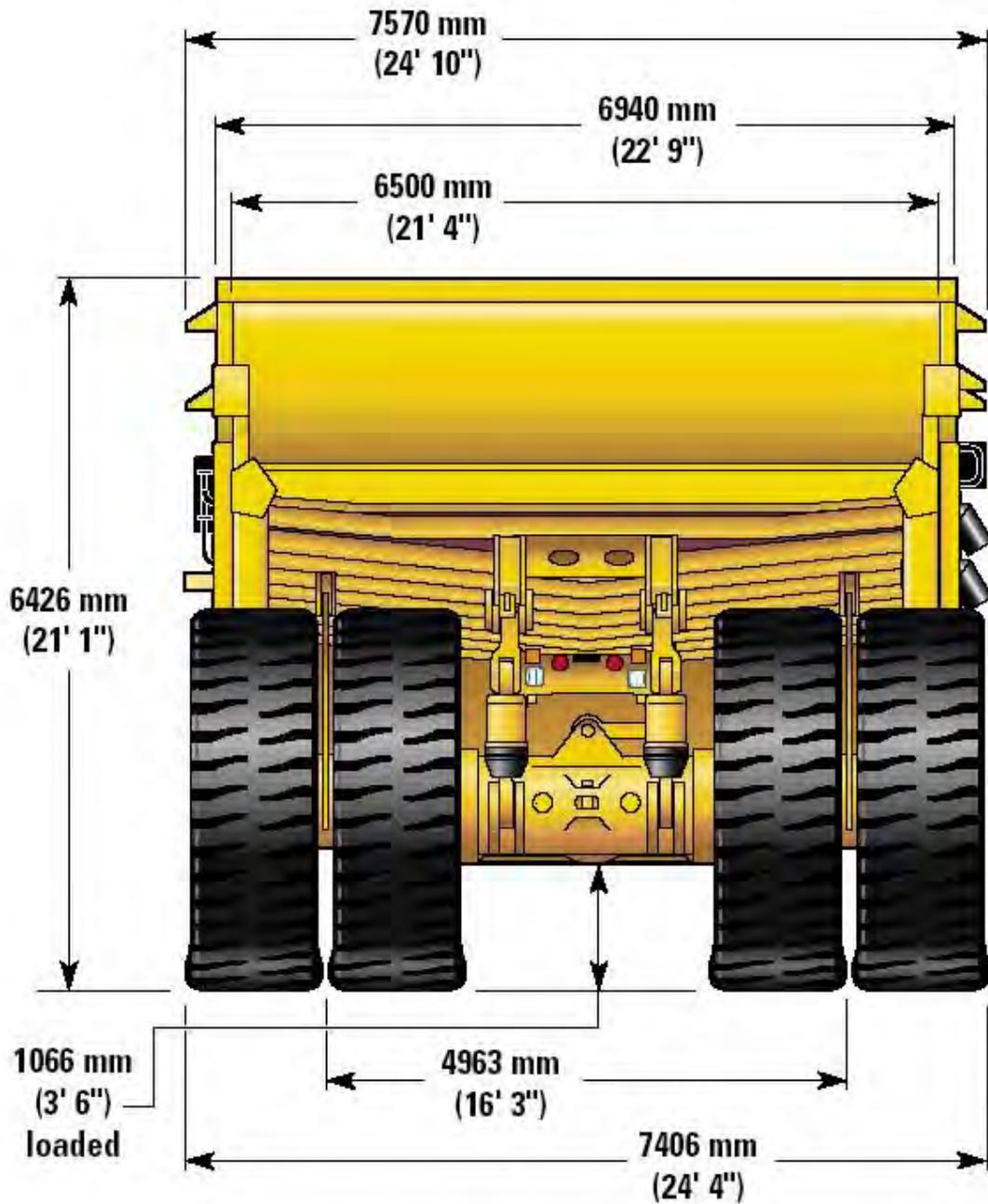
Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Gráfico 7: Vista de perfil de Camión CAT 793C



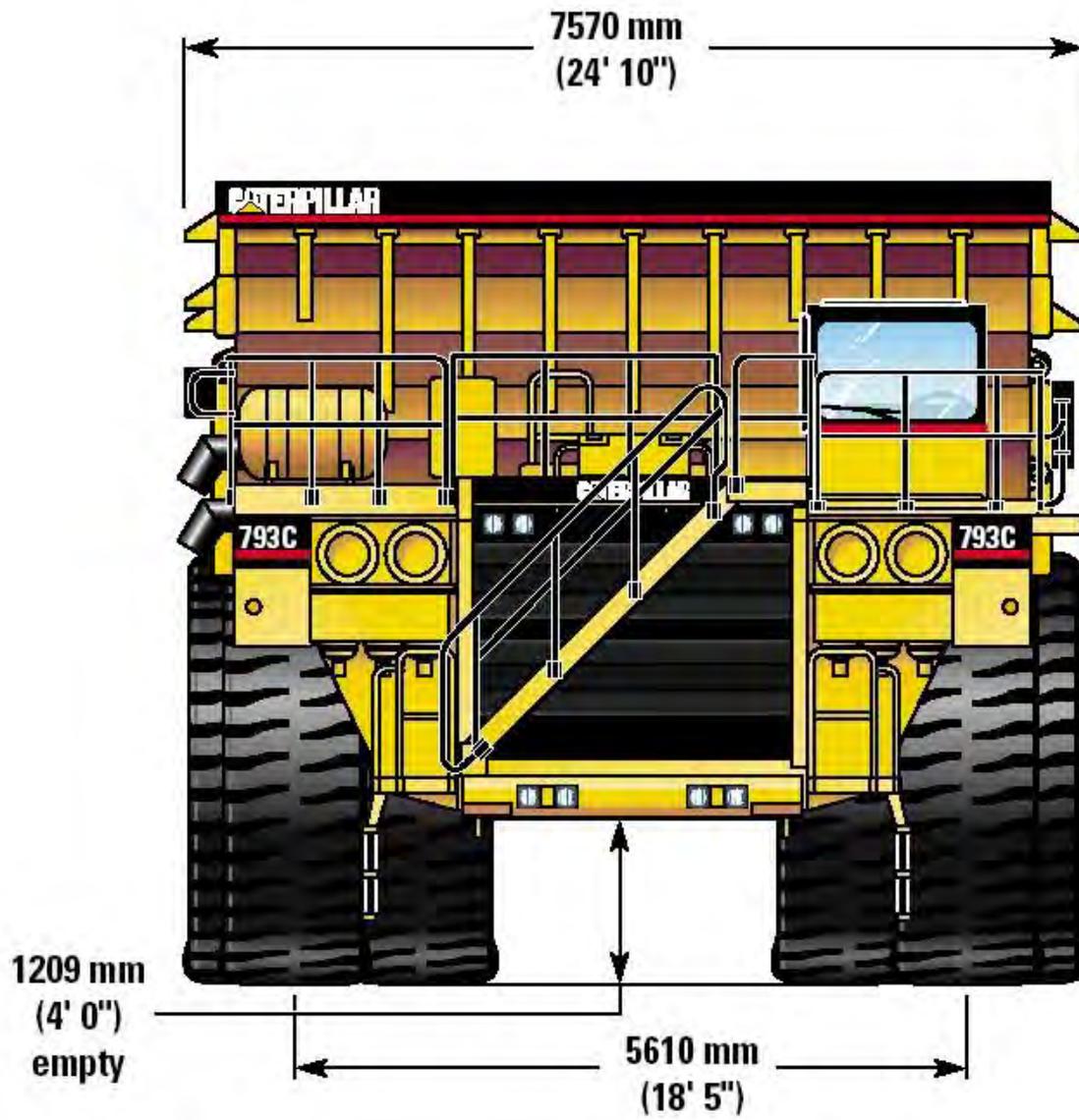
Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Gráfico 8: Vista de posterior de Camión CAT 793C



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Gráfico 9: Vista de frontal de Camión CAT 793C



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

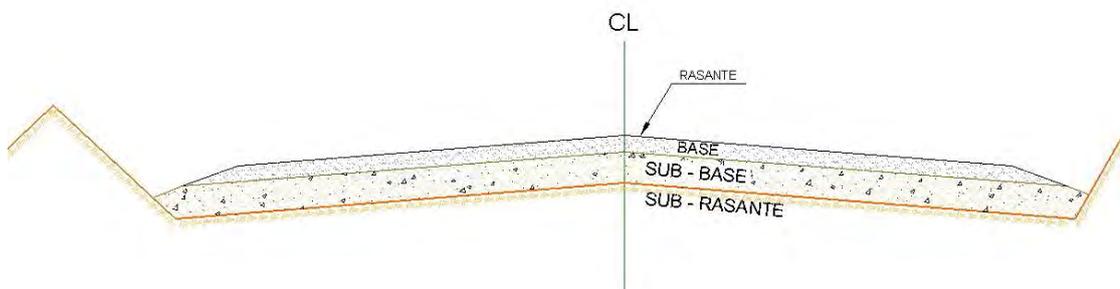
### ANEXO 3

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE VÍAS DE ACARREO

### DEFINICIONES PRELIMINARES:

#### 1. ESTRUCTURA DE UNA VÍA:

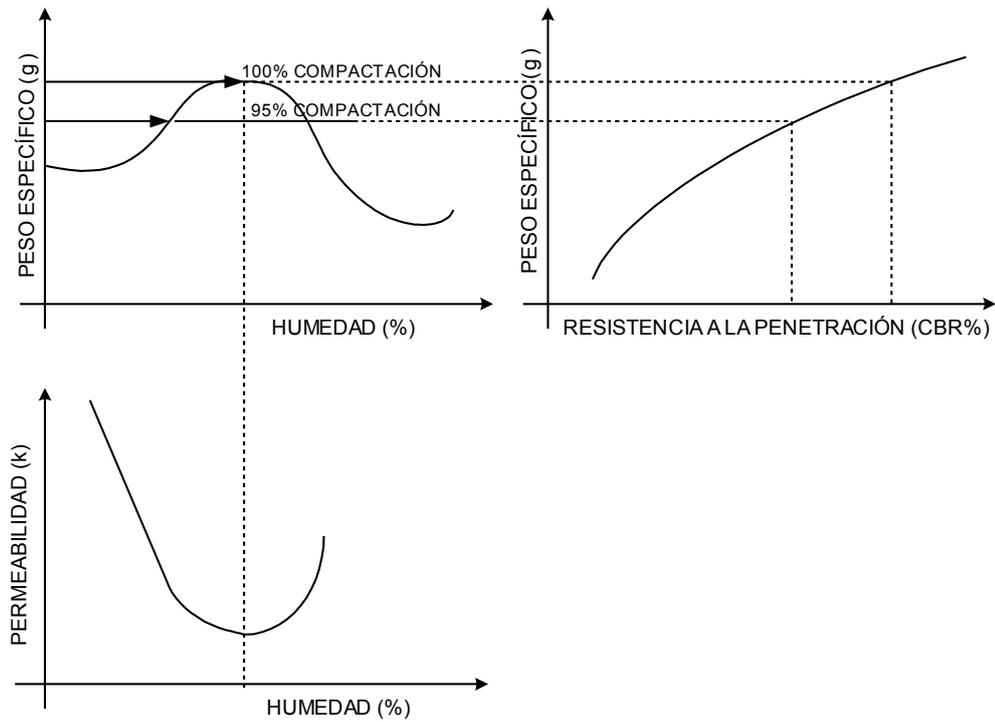
Gráfico 1: Corte transversal de vía para visualizar su estructura



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

## 2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:

Gráfico 2: Curvas de propiedad de los materiales



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

## 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES:

### 3.1 SUBBASE:

Fuentes:

- Canteras, con evaluación de sus características.
- Desmonte o estéril de mina seleccionado, con evaluación de sus características.

- Mineral de mina seleccionado sobre áreas de *pad* o polígonos de mineral en el *pad*.

Tamaño:

- En los 0.15 m superiores no deberán tenerse piedras mayores a 6”.

Compactación:

- Se hará medidas de compactación al menos 1 cada 1250 m<sup>2</sup>, al tresbolillo (derecha, centro, izquierda).
- La densidad media del tramo deberá ser como mínimo, el 95% de la máxima densidad obtenida por el ensayo Próctor Modificado de referencia (AASHTO T180). A su vez, la densidad obtenida en cada tramo individual deberá ser igual o superior al 98% del valor medio del tramo.

### **3.2 BASE:**

Fuentes:

- Planta de zarandeo de desmonte de mina o cantera seleccionado.
- Planta de chancado.
- Mezcla de los dos anteriores.
- Mezclas en campo de modo de obtener las características granulométricas deseadas:

Tabla 1: Tamaño de tamizado vs % en peso que pasa

<b>TAMIZ</b>	<b>% EN PESO QUE PASA</b>
76 mm. (3")	100
37.5 mm. (1 1/2")	70 - 100
25.0 mm. (1)	55 – 88
9.5 mm. (3/8")	40 – 70
4.75 mm. (N° 4)	30 – 55
2.0 MM. (N° 10)	22 – 42
75 um (N°200)	5 – 10

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

#### Compactación:

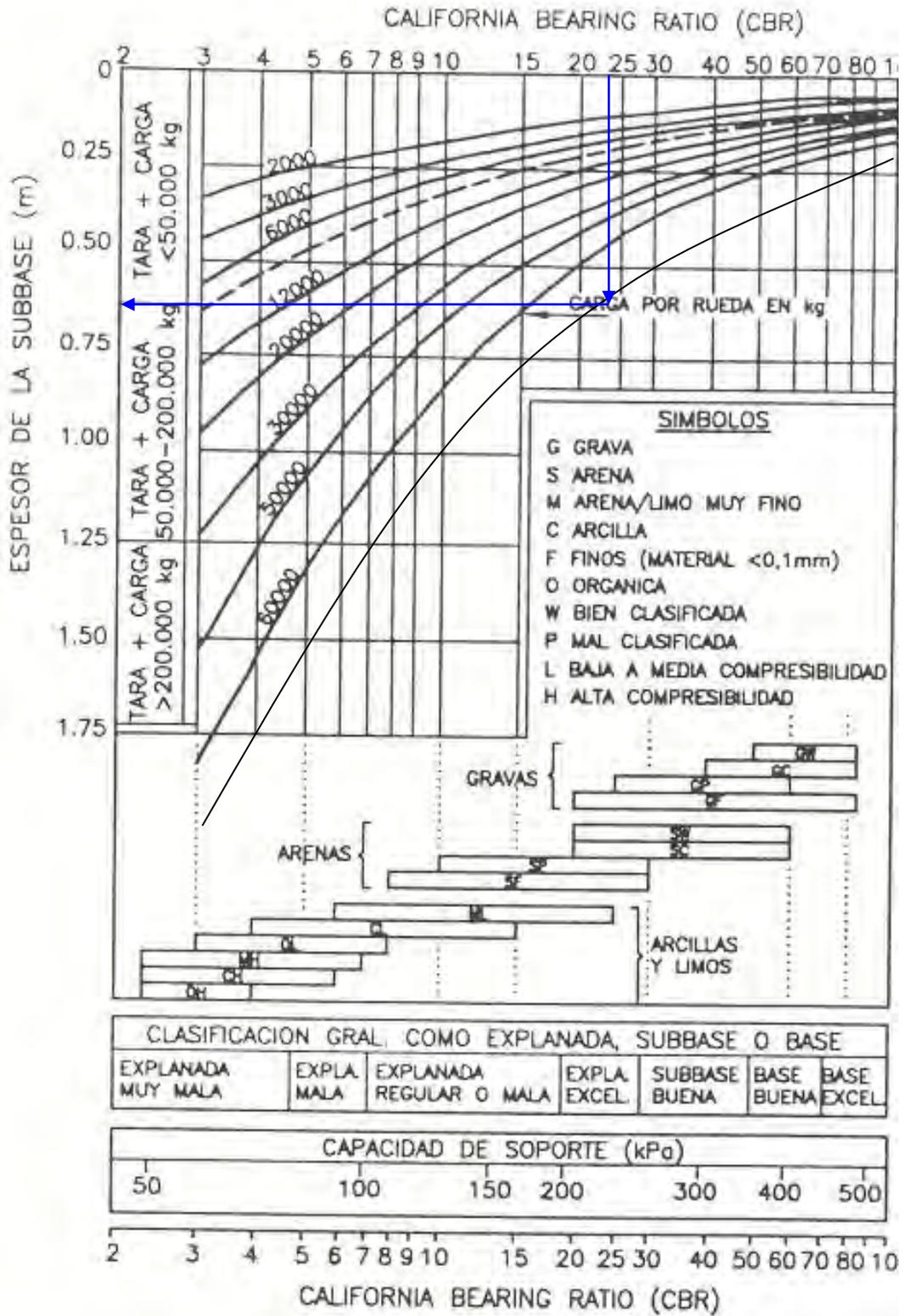
- Se harán medidas de compactación al menos 1 cada 1250 m<sup>2</sup>, al tresbolillo (derecha, centro, izquierda).
- La densidad media del tramo deberá ser como mínimo, el 98% de la máxima densidad obtenida por el ensayo Próctor Modificado de referencia (AASHTO T180). A su vez, la densidad obtenida en cada tramo individual deberá ser igual o superior al 95% del valor medio del tramo. De no cumplirse estas características el tramo deberá ser nuevamente trabajado.

#### **4. PROCESO DE DISEÑO, OBTENCIÓN DE ESPESORES DE SUBBASE Y**

##### **BASE:**

- En primer lugar se efectúan ensayos de la superficie actual de las vías, obteniéndose correlaciones CBR - Densidad Seca. Con ello, para la densidad a la cual se encuentra la vía se determina el CBR de diseño.
- Se evalúa la carga por rueda del camión cargado (incluye peso del camión más la carga), evaluando la carga por llanta según la distribución de cargas. Para las ruedas duales posteriores, es frecuente idealizarlas como una sola rueda con el 20% más de carga.
- Se emplea el gráfico de diseño CBR:

Tabla 2: Espesor de subbase vs California Bearing Ratio



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

## 5. DISEÑO DE ESPESORES POR EL MÉTODO DEL CBR

Tabla 3: Tabla de diseño de espesores por el método CBR

EQUIPO	MODELO LLANTA	PESO CARGADO TONNE	AREA LLANTA PROMEDIO M2	DISTRIBUCION DE CARGAS POR EJE DE CARGAS		CARGA POR LLANTA TONNE		PRESION DE CONTACTO (TONNE/M2)	
				DELANTERA	POSTERIOR	DELANTERA	POSTERIOR	DELANTERA	POSTERIOR
777D	27.00R49	160	0.47	33.3%	66.7%	26.64	26.68	56.68	56.77
785C HA	33.00R51	250	0.87	33.3%	66.7%	41.63	41.69	47.84	47.92
793C	40.00R57	384	1.58	33.3%	66.7%	63.94	64.03	40.47	40.53
EX5500	ORUGAS	565						23.50	
994D		225						56.57	
992G		125						70.84	

EQUIPO	CARGA EQUIVALENTE EJE DUAL (TONNE)	CBR FERRICRETAS	ESPESOR LASTRE EN FERRICRETAS (M)	CBR ROM GRAVAS	ESPESOR LASTRE EN ROM GRAVAS (M)	CBR GOOD BLEND	ESPESOR LASTRE EN GOOD BLEND (M)	CBR BAD BLEND	ESPESOR LASTRE EN BAD BLEND (M)
777D	32.02	24%	0.28	15%	0.35	12%	0.55	6.50%	0.70
785C HA	50.03	24%	0.35	15%	0.50	12%	0.65	6.50%	0.75
793C	76.84	24%	0.60	15%	0.80	12%	1.00	6.50%	1.30

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

**ANEXO 4**

**CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA QUINUA Y DISEÑO DE  
ESPEORES**

**CARACTERÍSTICAS PORTANTES DEL MATERIAL DE LA QUINUA**

**VALORES DE CBR EN PISOS DE TAJOS POR L&G EN BASE A LA  
IDENTIFICACIÓN GEOLÓGICA (VALORES PROMEDIO)**

Tabla 1: Densidad Seca, Humeda y valor CBR para materiales presentes en MYSRL

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

<b>N°</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>DENSIDAD SECA (t/M3)</b>	<b>HUMEDA D (%)</b>	<b>C.B.R. %</b>
1	Ferricreta consolidada	1.75	4.5	24.0
2	ROM gravas	1.66	4.9	15.5
3	Good blend	1.62	3.0	12.0
4	Bad blend	1.52	8.0	6.5

## **ANEXO 5**

### **PROCEDIMIENTOS PRINCIPALES EN VÍAS**

#### **A. ACTUALIZACION TOPOGRAFICA**

1. Topografía (Planeamiento) como soporte de Técnico en Mina, una de las responsabilidades es mantener la información necesaria del estado actual de las vías de acarreo dentro y fuera de las zonas de operaciones.
2. El levantamiento de las vías se hace con equipos de alta precisión GPS de manera continua, junto al plan semanal de mina.
3. Esta información permite mantener el monitoreo de cada una de vías en sección, peraltes, perfiles, alineamientos horizontales, anchos operativos, etc.

#### **B. MANTENIMIENTO DE VIAS**

1. Con la información obtenida por Topografía (Planeamiento), se comunica al supervisor de vías, se elabora el plan semanal.

2. El supervisor de Vías coordina con la supervisión de Mina para plantear y delinear las estrategias a tomar con el mantenimiento de vías, sin afectar a la operación.
3. Se trabajará solamente en un carril, luego en el otro, para no interrumpir el tránsito de los vehículos.
4. Luego iniciará su trabajo con el perfilado y la conformación de la superficie que estuviera en mal estado, y eliminando las piedras o barro.
5. Este material excedente se colocará en el centro de la vía para luego ser eliminado, evitando llevar a las cunetas obstruyéndolas.
6. Empezar a construir las cunetas a ambos lados o aun solo lado de la vía según sea el caso, y de acuerdo a los nuevos diseños (son parte de la superficie de rodadura).
7. Las cunetas terminarán en el ingreso de una alcantarilla, de una sangría o ventana existente a los costados de la vía.
8. Es responsabilidad del operador de motoniveladora mantener su tramo asignado según cuadro, en perfectas condiciones de transitabilidad, sin baches, encalaminado, piedras, y en épocas de lluvia dar continuidad a las aguas, no permitiendo que estas ingresen a la vía y la deterioren, limpiando el material que cae de los taludes a las cunetas.
9. Se limpiará las cunetas diariamente, evitando que se colmaten de material, de ser factible usar la cuchilla totalmente inclinada hacia arriba, para arreglar los taludes, tal y como lo indica el diseño del fabricante de esta maquinaria.

10. Se llenará un parte diario de campo, donde constará la ubicación, fecha, el nombre del operador, trabajos realizados paralizaciones, abastecimiento de combustible, mantenimiento sucesos etc.
11. El operador es responsable del uso del equipo de protección personal y del cumplimiento de las normas de Control de Pérdidas y Medio Ambiente de MYSRL.

**C. CONSIDERACIONES GENERALES EN LASTRADO Y ENSANCHE DE VIA:**

1. La vía tendrá un trazo horizontal y tangencial evitando sinuosidades cortando estas deflexiones, se rellenarán con material grueso las curvas verticales y los ensanches, para después cubrir estos con afirmado, debidamente conformados, perfilados, regados y compactados por capas de 30 cm. de espesor.
2. La distancia más corta entre dos puntos es la línea.
3. Antes de lastrar una vía, primero será regada la zona de trabajo, luego se descargará el material y se esparcirá con tractor, ingresará la motoniveladora, para conformará, perfilar, luego la cisterna regará e ingresará el rodillo para compactar toda el área inclinada la de las cunetas, para que al final la motoniveladora corte y construya las cunetas según diseño.
4. Se cortarán las gibas existentes en las intersecciones de vías, para dar mayor visibilidad al tránsito vehicular.
5. Se colocarán alcantarillas, y construirán badenes, cunetas, sangrías, ventanas en las vías, para el mejor drenaje de las aguas de lluvia.

6. Las entradas y salidas de las alcantarillas, sangrías y ventanas, serán protegidas con enrocados, plástico o costales llenos de material fino.
7. el material de afirmado de la cantera “Mirador”, según estudios técnicos realizados, es el que mejores características físicas y granulométricas, por lo cual es usado en el lastrado de las vías y también es útil como agregado para la elaboración de concreto.
8. Se ha diseñado las nuevas formas geométricas de las superficies de rodadura más apropiada para la mina, por su fácil drenaje; tales como la sección transversal “Lomo de corvina” o crown y la sección en pendiente a un solo lado o súper. Estos nuevos diseños de las cunetas se incluye como parte de las vías para el drenaje y seguridad, porque hemos tenido varios accidentes con camiones y camionetas, los cuales ingresaron dentro de las cunetas profundas, parecidas a canales grandes, ahora los vehículos pueden salir fácilmente desde las cunetas.
9. Se colocarán señalizaciones preventivas e informativas en todas las vías de la mina.

**D. RECOMENDACIONES BASICAS MANTENIMIENTO DE VIAS EN EPOCA DE LLUVIAS:**

1. Cuando este lloviendo, NO se debe cortar la superficie de la vía con motoniveladora, eliminando el material (base o subbase) saturado (barro), hacia la cuneta, sino hacia el centro de la vía (berma intermedia), para luego después que

pase la lluvia, efectuar el mantenimiento, utilizando el mismo material o replazándolo.

2. Si la superficie de la vía está resbalosa, por la lluvia, se debe disminuir la velocidad de los camiones al 50%, para prevenir cualquier riesgo, pudiendo así el operador controlar mejor su vehículo.
3. Cuando la superficie de la vía se "encalamine" u origine baches, por el tráfico, frenado y pendiente, esto se arreglará inmediatamente, antes que se deteriore totalmente; con motoniveladora, rodillo, capataz y vigías, todo esto se coordinará con el supervisor de vías y Operaciones.
4. Debemos mantener siempre limpias las cunetas y sangrías de sedimentos o piedras que obstruyan el drenaje, para que así fluya el agua normalmente hacia las alcantarillas.
5. Prioridad en mantenimiento de vías:
6. Primera: cero baches y piedras en todas las vías de mina.
7. Segunda: mantenimiento de superficie, peraltes, bermas y ancho de vía estándar
8. Tercera: mantener la base de pavimento en todas las vías.
9. Cuarta: mantener siempre limpio el drenaje superficial.
10. Quinta: el control de polvo es la primera prioridad cuando no llueve.

## **ANEXO 6**

### **ESCAPES O RUNAWAYS**

El planteamiento y construcción de los “Escapes” o “Runaways” está destinado para detener a los camiones de acarreo en caso de una eventual falla total de los sistemas de frenado (servicio, parqueo, retardador), evitando de esta forma accidentes de alto potencial.

El Reglamento de Seguridad e Higiene Minera del MEM en el artículo 196, ítems h e i, los denomina “carreteras de alivio” e indica la obligatoriedad de su construcción en vías con pendientes mayores al 5%.

Se construirán runaways en vías con pendientes mayores a 5%, según lo especificado en la Tabla 13 adjunta:

Tabla 1: Runaways especificando pendiente y espaciamiento de escape

Pendiente de la vía principal	Espaciamientos máximos entre Escapes (m)
5 %	1200
6 %	770
7 %	550
8 %	430
9 %	350
10 %	300

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

La altura de las bermas será como mínimo las  $\frac{3}{4}$  partes de la altura de la llanta del camión de mayor tamaño:

Tabla 2: Berma de runaways según modelo de camión

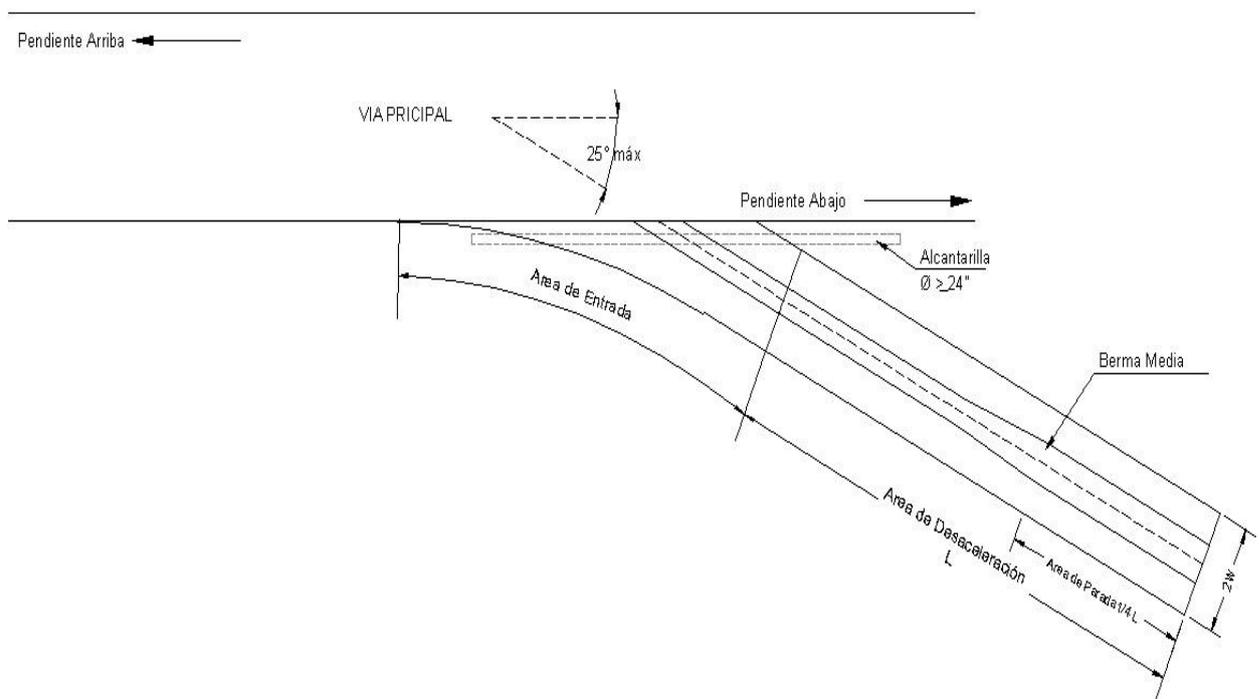
Modelo del camión	Ancho camión (m)	Altura llanta (m)	Altura berma (m)
777 D	6.03	2.64	2.0
785 C	7.17	2.96	2.3
793 B	7.71	3.42	2.6
793 C	7.73	3.42	2.6

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

En MYSRL empleamos dos tipos de runaways: rampa de escape y berma de escape o frenado, la que puede ser central o lateral. Estas deberán cumplir los siguientes requisitos:

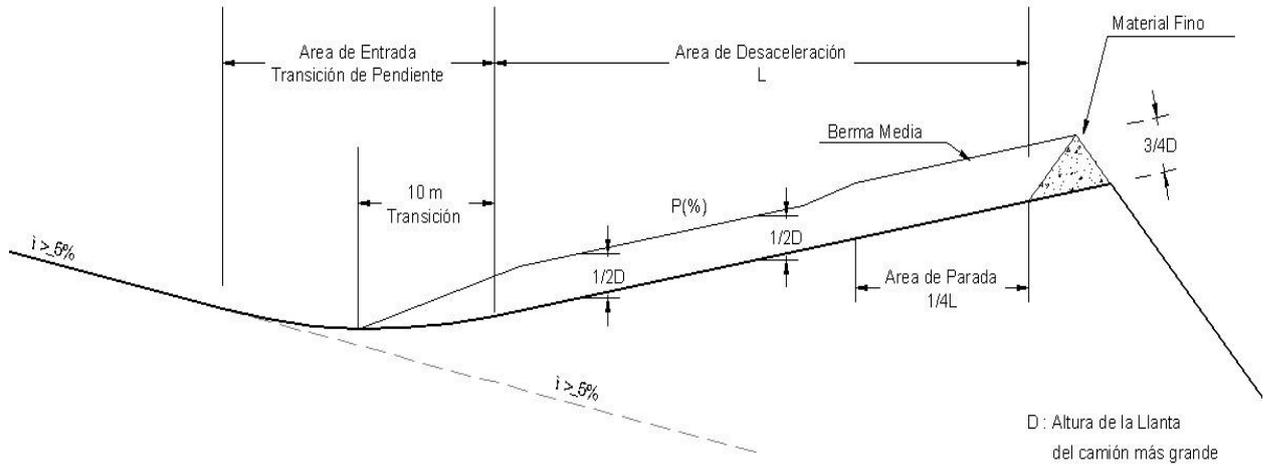
### 1. RAMPA DE ESCAPE

Gráfico 1: Corte perfil a rampa de escape



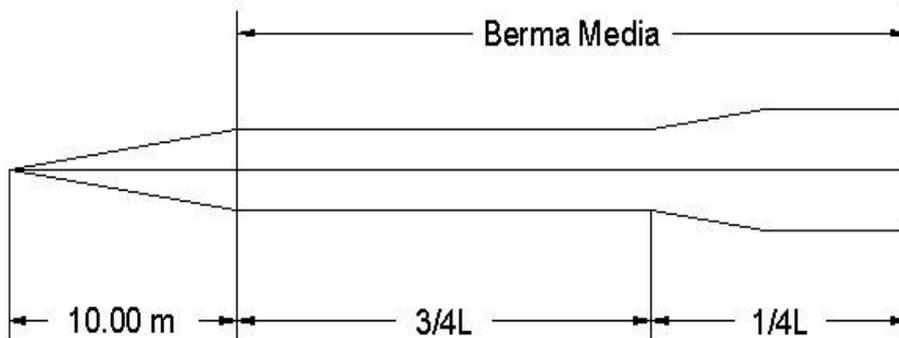
Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Gráfico 2: Longitud de rampa de escape



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Gráfico 3: Detalle de la berma central de frenado en eje de rampa



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

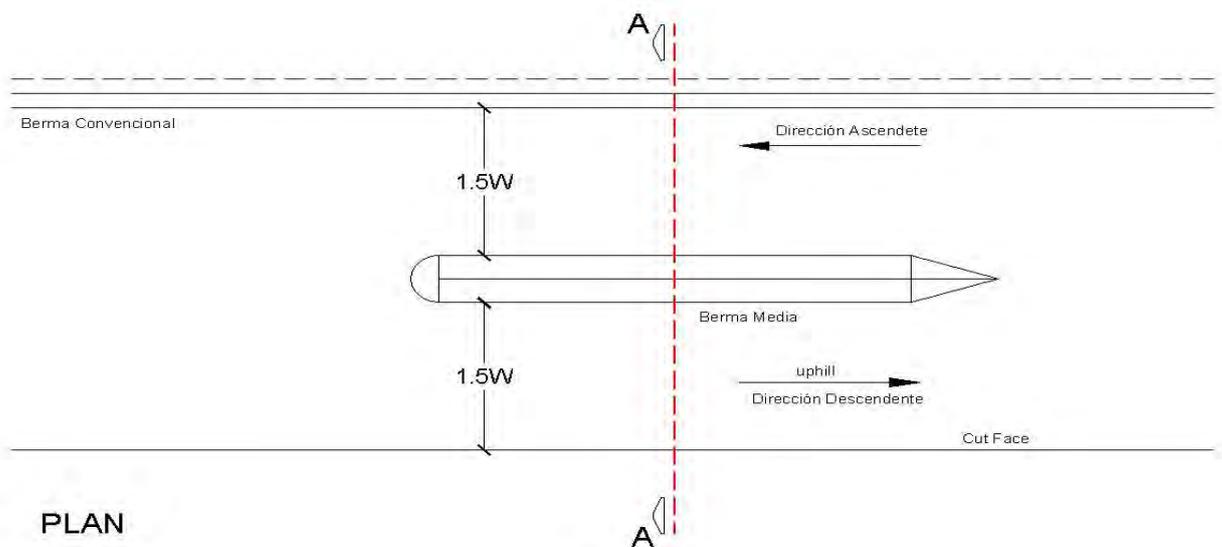
Tabla 3: Pendiente vs Longitud de escape

Pendiente del escape	Longitud del escape (m)
10 %	75
15 %	70
20 %	65
25 %	60

Fuente: Departamento de Vías MYSRL

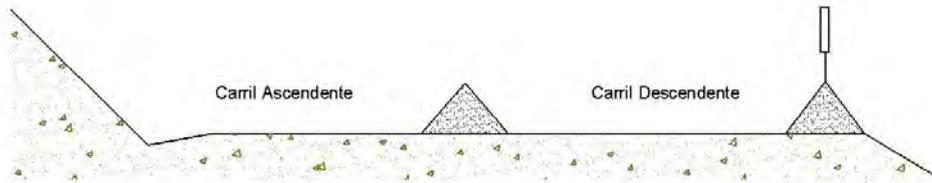
## 2. BERMA DE ESCAPE:

Gráfico 4: Vista de planta de berma de escape



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

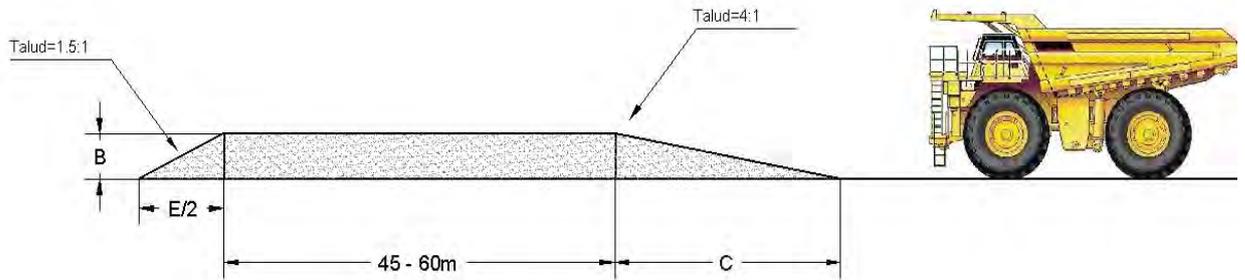
Gráfico 5: Sección transversal de berma de escape



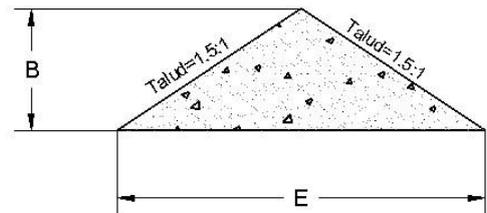
Fuente: Departamento de Vías MYSRL

Gráfico 6: Detalle des construcción de berma de escape

SECTION A - A



	E	B	C
777D	4.00	2.00	5.00
785C	5.00	2.30	7.00
793 B/C	6.00	2.60	10.00



Fuente: Departamento de Vías MYSRL

## **CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS ESCAPES**

- Los escapes deberán ser señalizados.
- El material existente en el piso y bermas de los escapes será granular de tamaño menor a 4".
- Deberán permanecer libres de obstáculos.
- Se evitará badenes en su ingreso. Si deben ser cruzados por cunetas o drenajes, se plantearán alcantarillas.
- Cuando existan rocas grandes en el piso o bermas, deberán ser removidas.
- El piso de las rampas de escape será ripeado con frecuencia mensual con motoniveladora o tractor.

**ANEXO 7**  
**RANKING OPERADORES DE ACARREO**

Site: YANACOCOA	Crew: Guardia A;Guardia B;Guardia C;Guardia D;Perforadoras;UNKNOWN	Fleet: Cat 777D;Cat 785C;Cat 793B;Cat 793C;Cat 793D;Cat 793DT;Cat 793F	Facility: CARACHUGO ALTO;CHAQUICOCHA;EL TAPADO;GOLD MILL;LA QUINUA;MAQUI MAQUI;SAN JOSE;TAPADO OESTE;YANACOCOA NORTE;YANACOCOA OTHER
Reporting Period: 01-ENE-2011 to 31-DIC-2011			

Operator Name	Operator Crew	Tonnes	SPEED (Km/h)			CYCLE TIMES (Minutes)						STATUS			TKPH	Payload (t)	Rendimiento
			Loaded	Empty	Average	Trav. Empty	Spot	Trav. Loaded	Backing	Tipping	Cycle	Use %	Ready (h)	Delay (h)			

### Cat 777D

#### HT029

ESPINOZA, NOE	Guardia A	130,763	12.74	19.85	15.73	10.47	0.14	14.41	0.16	0.69	32.41	98.23%	826.79	14.92	498.2561898	90.50	2,547
GUTIERREZ, CESAR	Guardia B	2,200	11.11	16.40	13.92	10.87	0.12	9.57	0.10	0.44	26.22	99.83%	12.03	0.02	356.7373047	89.40	2,246
TERRONES, HUMBERTO	Guardia C	5,016	12.86	18.06	15.03	13.91	0.15	19.49	0.08	0.53	38.83	98.39%	36.39	0.60	567.9062954	85.65	2,445
ALVARADO, SEGUNDO	Guardia D	34,963	16.21	23.59	19.40	7.98	0.34	10.49	0.20	0.90	26.28	96.67%	177.58	6.12	568.6304159	89.73	2,912
YOPLA, EUSEBIO	UNKNOWN	158,431	14.80	21.87	17.91	9.29	0.20	11.79	0.17	0.66	28.34	97.95%	878.57	18.36	541.8051131	90.02	2,772

#### HT030

RODRIGUEZ, WALTER	Guardia A	34,936	14.13	25.05	18.32	8.89	0.39	14.30	0.16	1.56	32.29	98.89%	221.40	2.48	550.6360564	88.75	2,664
GUTIERREZ, CESAR	Guardia B	1,496	15.92	24.70	19.74	11.16	0.35	14.47	0.01	2.80	35.61	99.79%	10.25	0.02	569.4793674	84.76	2,791
MENA, JIMM	Guardia C	1,320	11.65	34.20	18.55	8.87	0.35	20.13	0.07	0.86	40.35	98.07%	10.47	0.21	511.5679334	88.00	3,591
CAMACHO, WALTER	Guardia D	7,480	16.76	21.23	18.83	8.12	0.38	9.43	0.22	1.01	26.54	98.74%	38.83	0.50	524.0686937	86.67	2,708
GARAY, TRINIDAD	UNKNOWN	56,486	13.49	16.87	15.10	12.51	0.26	13.75	0.08	1.56	35.26	97.09%	392.60	11.76	461.6268814	84.33	2,172

#### HT032

RODRIGUEZ, WALTER	Guardia A	78,760	12.84	20.52	15.91	11.01	0.11	16.50	0.09	0.53	35.15	97.68%	531.28	12.64	530.3054752	89.42	2,692
GUTIERREZ, CESAR	Guardia B	3,784	12.78	20.46	16.51	12.41	0.20	13.15	0.18	0.73	34.17	99.97%	24.76	0.01	432.6314554	89.93	2,646
BARBOZA, JUAN	Guardia C	5,183	13.27	18.09	15.70	11.97	0.30	11.82	0.10	0.83	31.99	98.17%	37.10	0.69	431.4128705	92.18	2,582
ALVARADO, SEGUNDO	Guardia D	60,729	12.46	21.24	15.92	9.81	0.18	15.12	0.11	0.87	32.44	97.44%	370.85	9.74	510.7914225	90.07	2,489

VILLANUEVA, HECTOR	UNKNOWN	103,524	12.86	18.59	15.36	9.93	0.15	12.80	0.08	0.71	30.04	97.92%	601.89	12.76	481.8273337	89.94	2,491
-----------------------	---------	---------	-------	-------	-------	------	------	-------	------	------	-------	--------	--------	-------	-------------	-------	-------

**HT033**

			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%			0	0.00	
--	--	--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	--	--	---	------	--

**HT035**

TACILLA, JUAN	Guardia A	72,503	13.21	21.95	16.69	9.22	0.32	13.92	0.10	1.40	31.91	97.50%	450.04	11.53	506.7068043	88.91	2,449
GUTIERREZ, CESAR	Guardia B	2,992	14.82	19.81	16.95	10.71	0.19	14.30	0.22	1.15	35.30	99.99%	21.19	0.00	528.2801578	88.00	2,856
GONZALES, WILDER	Guardia C	5,632	12.33	17.35	14.92	8.79	0.28	8.24	0.15	0.58	25.46	98.91%	27.76	0.31	351.2493633	86.66	2,378
ALVARADO, SEGUNDO	Guardia D	58,478	12.92	21.35	16.31	8.83	0.30	13.13	0.15	1.24	31.09	95.47%	354.16	16.81	480.1286802	86.92	2,287
AYAY, ROBERTO	Perforadoras	1,144	13.62	17.10	15.23	17.49	0.05	20.13	0.16	1.59	47.21	99.26%	9.25	0.07	510.8059666	95.33	2,883
VILLANUEVA, HECTOR	UNKNOWN	63,786	14.85	22.70	18.04	8.54	0.20	12.48	0.13	0.89	27.55	98.56%	345.33	5.04	592.1432138	88.12	2,606

**HT037**

CHILON, WILMAN	Guardia A	143,954	12.12	19.65	15.12	9.95	0.16	15.03	0.11	0.80	32.58	97.85%	897.20	19.69	492.1787449	88.60	2,431
CUBA, EDWIN	Guardia B	1,496	10.17	20.45	13.62	8.89	0.35	17.61	0.13	3.79	35.83	100.00%	8.94	0.00	439.8710047	88.00	1,764
VALDIVIA, EFRAIN	Guardia C	4,224	11.30	17.25	13.85	15.80	0.25	21.09	0.10	0.78	45.87	97.32%	38.25	1.05	457.285274	81.96	2,176
HUATAY, SANTOS	Guardia D	3,344	14.66	21.60	17.99	9.89	0.42	10.72	0.07	0.42	26.74	92.81%	17.74	1.37	516.9030354	89.48	2,663
FLORES, JOSE	UNKNOWN	144,541	10.47	15.45	12.54	11.83	0.11	16.65	0.10	0.82	35.93	97.80%	1003.52	22.55	426.6078293	87.86	2,040

Fuente: *Dispatch* MYSRL

## Cat 793F

	Operator Name	Operator Crew	Tonnes	SPEED (Km/h)			CYCLE TIMES (Minutes)						STATUS			TKPH	Payload (tons)	Rendimiento
				Loaded	Empty	Average	Trav. Empty	Spot	Trav. Loaded	Backing	Tipping	Cycle	Use %	Ready (h)	Delay (h)			
1	OLIVOS, JAKELINE	Guardia D	362,624	15.36	29.46	20.33	12.02	0.30	22.05	0.44	1.06	44.47	97.04%	1253.45	38.23	1668.772641	237.00	9,064
2	BORDA, DIONEL	Guardia C	358,694	14.93	26.61	19.42	12.41	0.21	19.85	0.39	0.93	41.92	96.43%	1132.03	41.96	1575.888051	234.33	8,408
3	SAGASTEGUI, NELSON	Guardia B	235,911	15.31	28.39	19.98	12.08	0.21	21.73	0.38	0.95	44.41	96.75%	802.43	26.98	1642.523202	233.81	8,797
4	DELGADO, ELICEO	Guardia A	195,424	15.65	29.43	20.56	10.63	0.20	19.16	0.41	0.81	40.41	96.10%	596.74	24.22	1652.465716	237.20	9,010
5	MONTERO, CARLOS	Guardia B	139,106	14.57	28.85	19.47	12.05	0.21	23.05	0.51	0.86	45.54	97.08%	484.66	14.56	1609.083408	232.33	8,994
6	PORTAL, CARLOS	Guardia A	118,314	13.20	25.75	17.63	14.45	0.13	26.52	0.49	1.09	52.18	97.06%	464.60	14.05	1493.486761	235.90	8,027
7	MEZA, JORGE	Guardia A	71,660	15.62	27.20	19.96	12.62	0.20	21.00	0.39	0.97	44.22	96.12%	237.91	9.61	1658.277076	232.97	8,493
8	PEREZ, TOMAS	Guardia C	53,256	14.43	27.42	18.99	12.21	0.25	22.60	0.29	0.86	44.63	93.99%	177.57	11.35	1630.12156	233.40	8,358
9	PEREZ, CARLOS	Guardia B	48,920	13.96	22.58	17.31	15.37	0.24	24.19	0.53	0.89	50.86	96.56%	196.35	6.99	1443.667633	232.86	7,789
10	MENDOZA, SALATIEL	Guardia C	41,329	15.27	27.78	20.84	13.77	0.20	17.17	0.31	0.73	40.48	97.37%	126.28	3.41	1468.748272	234.50	8,751
11	MORALES, JUAN	Guardia D	32,179	16.15	30.41	21.35	11.80	0.20	20.52	0.40	0.70	41.20	95.58%	100.60	4.65	1766.310823	233.91	9,364
12	CHUQUIMANGO, JOSE L.	Guardia D	29,719	15.31	29.25	20.09	12.31	0.31	23.60	0.42	1.09	46.36	96.56%	106.43	3.79	1694.275044	235.75	9,174
13	CHUQUIMANGO, JOSE	Guardia A	23,464	15.11	27.09	19.68	12.64	0.16	20.48	0.27	1.06	42.17	97.27%	76.58	2.15	1646.773899	230.99	8,368
14	GONZALES, ROLANDO	Guardia D	10,937	15.16	26.41	19.47	14.64	0.17	23.56	0.40	0.96	46.73	94.50%	40.96	2.39	1674.874938	235.51	8,435
15	ARANA, CARLOS	Guardia D	8,839	14.81	31.52	20.26	10.70	0.24	22.10	0.49	0.87	43.55	98.91%	29.37	0.32	1622.49769	236.63	9,373
16	DIAZ, JOSE	Guardia D	8,008	13.46	22.67	16.95	14.10	0.31	23.07	0.44	1.93	47.57	94.55%	28.92	1.67	1418.176051	237.71	7,764
17	GONZALES, ERICK	Guardia C	6,768	13.78	31.85	19.64	10.40	0.04	21.64	0.17	0.56	40.94	97.56%	22.42	0.56	1642.872167	229.56	9,320
18	CHAVEZ, JESUS	Guardia A	6,426	12.59	29.81	17.89	11.33	0.01	25.43	0.40	0.80	46.57	98.89%	22.21	0.25	1520.198865	236.23	8,214
19	AQUINO, ORLANDO	Guardia C	5,533	11.86	24.20	15.94	14.03	0.03	28.41	0.39	0.98	51.24	98.71%	24.73	0.32	1456.231427	229.43	7,636
20	GUTIERREZ, CESAR	Guardia B	5,238	14.35	21.95	17.27	16.15	0.10	25.83	0.38	0.89	51.92	96.66%	20.57	0.71	1565.862461	236.45	7,870
21	AZULA, LUIS	Guardia A	4,541	12.73	27.07	18.52	16.50	0.11	24.32	0.76	0.77	54.52	99.92%	19.15	0.01	1288.898224	234.71	8,650
22	BELLIDO, JORGE	UNKNOWN	4,525	12.67	29.08	18.69	13.67	0.24	23.58	0.29	0.77	46.29	100.00%	15.39	0.00	1460.228582	238.29	8,927
23	POVIS, CARLOS	Guardia C	2,779	16.94	22.98	20.10	15.10	0.08	13.79	0.46	0.66	38.35	94.68%	7.17	0.40	1408.473616	217.44	7,897
24	UNKNOWN	UNKNOWN	2,688	13.02	22.77	16.77	12.92	0.06	20.68	0.83	0.70	41.68	10.58%	13.11	110.87	1449.411526	229.55	850
25	SALCEDO, EDWIN	Guardia D	1,745	18.88	30.23	23.43	14.28	0.32	21.35	0.50	0.54	44.05	99.69%	4.52	0.01	2012.340466	228.34	9,818
26	RUIZ, RUBEN	Guardia B	645	12.33	35.06	18.88	8.73	0.44	21.59	0.25	5.37	44.71	98.90%	2.00	0.02	1281.229041	234.47	8,607
27	MEDINA, MARCELINO	Guardia D	446	12.52	22.55	16.41	11.53	0.00	18.20	0.50	0.73	39.34	85.74%	1.53	0.25	1276.575103	259.20	7,396

Fuente: Dispatch MYSRL