

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y
METALÚRGICA



**“EFICIENCIA EN EL CONTROL DE PROCESOS CON EL
SISTEMA DE DESPACHO MINEOPS JIGSAW”**

INFORME DE COMPETENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO DE MINAS

ELABORADO POR:

RICARDO PUERTA VILLAGARAY

ASESOR:

MSc. ING. JOSÉ ANTONIO CORIMANYA MAURICIO

LIMA – PERÚ

2014

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a aquellas personas que hicieron posible mi formación y desarrollo profesional. Desde mis inicios en Compañía minera Perubar, *Shougang Hierro Perú* y *Southern Perú Cooper Corporation*.

A mi esposa Vannia, a mi hija Fabianna, que son mi motivación.

A mis padres por el apoyo incondicional y sabios consejos. A mis hermanos por su comprensión y cariño.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater la Universidad Nacional de Ingeniería por haberme acogido en sus aulas y formado con la rigurosidad y empeño que amerita la profesión.

A los catedráticos que a través de los años transmitieron con esmero sabias enseñanzas. En especial a mis asesores MSc. Ing. José Corimanya Mauricio, Ing. Carmen Matos Avalos y al Ing. Jorge Díaz Artieda por la paciencia, apoyo, amistad, y dedicación que me brindaron al revisar cada capítulo del presente informe de competencia profesional.

RESUMEN

El presente trabajo titulado “**Eficiencia en el control de procesos con el sistema de despacho *Mineops Jigsaw***”, es el resultado de la utilización de la aplicación tecnológica de control de procesos *Mineops Jigsaw* en la mina a tajo abierto de la empresa *Southern Perú Copper Corporation* unidad Cuajone.

Este trabajo se origina en el año 2008 conjuntamente con la implementación del sistema *Mineops Jigsaw* a razón que el anterior sistema de administración de flota vigente desde el año 1998 se torna lento e inexacto en el procesamiento de data.

Se plantea la problemática administrativa del sistema de despacho **modular *Dispatch*** debido al avance tecnológico de los actuales equipos mineros y la aparición de nuevas formas de comunicaciones inalámbricas.

El presente informe describe las aplicaciones, limitaciones y beneficios del sistema de despacho *Jigsaw*, llegándose a la conclusión que el sistema es

compatible a diversas tecnologías que pueden ser orientadas en beneficio del negocio minero en producción y seguridad.

Las limitaciones en la cobertura satelital es uno de los puntos débiles que presenta el sistema *Mineops Jigsaw*, la baja cobertura en zonas cercanas a los taludes se ha sido contrarrestada con puntuaciones en el terreno para caso de las perforadoras, mientras que en los equipos como son volquetes y palas no se ha generado pérdida alguna.

Los resultados obtenidos con la aplicación del sistema de despacho son el incremento de la productividad basado en tonelaje por hora debido a la minimización de demoras operativas por una asignación óptima de la flota, mejor utilización de los equipos, así como mejoras en la operación en bien de la seguridad debido al apoyo de paneles gráficos en las cabinas de los equipos útiles en climas adversos.

ABSTRACT

This work entitled "Efficiency in the firm Mineops Jigsaw system using process control", is the result of the use of the technological application of process control Mineops Jigsaw Company Southern Peru Copper Corporation unit Cuajone open pit mine.

This work originates in the year 2008 together with the implementation of the system Mineops Jigsaw to reason that the previous system in force since the year 1998 fleet management is becomes slow and inaccurate data processing.

Raises the problem of administrative system of modular office Dispatch due to the technological advancement of the current mining equipment and the emergence of new forms of wireless communications.

The present report describes the applications, benefits and limitations of the system of release Jigsaw, coming to the conclusion that it is a most friendly and compatible software which has been equipped with other technologies

aimed at the safety of workers, adding integrated camera systems on blades, infrared cameras for detection of dangers, etc.

The limitations in the satellite coverage is one of the weak points which presents the system Mineops Jigsaw little coverage in areas close to the slope has countered with sensors in the field for drills, while in the fleet of dump trucks and shovels has not been generated loss in the data in real time.

The results obtained with the implementation of the system are the increase in productivity based on tonnage per hour due to the minimization of operational delays by an optimal allocation of the fleet, reduction of safety due to the support of graphic panels in the cabins of the computers serving as guides in adverse climates.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO I: GENERALIDADES.....	15
1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	15
1.2. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO	16
1.2.1.Geología Regional	16
1.2.2.Geología Estructural y Alteración.....	24
1.2.3.Mineralización.....	27
1.2.4.Zonas Minerales	30
CAPITULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DE MINA CUAJONE	36
2.1. RESEÑA HISTÓRICA	36
2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	38
2.3. EQUIPOS.....	40
2.4. PERSONAL.....	43
CAPITULO III: PLANIFICACIÓN.....	45
3.1. DIMENSIONES Y DISEÑO DEL TAJO	45
3.2. DISEÑO DE VÍAS DE ACARREO Y ZONA DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES	47
3.2.1.Perfiles de acarreo.....	49
3.3. PARÁMETROS DE PLANEAMIENTO DE MINADO.....	52

3.4. FASES DE MINADO	53
3.5. DETERMINACIÓN DE LA PARED FINAL.....	56
3.6. FACTORES QUE GOBIERNAN LOS PLANES DE MINADO ANUAL	57
3.7. PRECIO DE LOS METALES.....	58
3.8. COSTOS.....	59
3.9. LEYES	62
CAPITULO IV: RED INALÁMBRICA Y POSICIONAMIENTO SATELITAL.....	65
4.1. RED INALÁMBRICA EN MINA.....	65
4.2. POSICIONAMIENTO SATELITAL.....	68
4.3. APLICACIÓN DEL POSICIONAMIENTO SATELITAL.....	69
4.3.1.Sistema de baja precisión.....	70
4.3.2.Sistema de alta precisión.....	72
CAPITULO V: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DESPACHO JIGSAW MINEOPS	
.....	77
5.1. GENERALIDAD.....	77
5.2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	78
5.3. COMPONENTES DEL SISTEMA.....	81
5.4. LÓGICA DEL SISTEMA	83
5.4.1.Estados de los equipos, destinos, zonas	83
5.4.2.Parámetros de carguío	84
5.4.3.Parámetros de acarreo	89
5.4.4.Asignaciones	90
5.5. APLICACIONES GRÁFICAS.....	92
5.5.1.Panel de control de tráfico de volquetes	93
5.5.2.Panel gráfico de mina (Mine graph)	95
5.6. MODULO DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA.....	99
5.6.1.Módulo de la mejor ruta	99
5.6.2.Módulo de programación lineal	102
5.6.3.Módulo de programación dinámica	104

CAPITULO VI: BENEFICIOS OBTENIDOS CON LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA

MINEOPS JIGSAW	105
6.1. COMO SISTEMA DE CONTROL DE OPERACIONES.....	105
6.2. COMO SISTEMA COLECTOR DE DATOS.....	107

CAPITULO VII: RESULTADOS OBTENIDOS POR LA APLICACIÓN DEL SISTEMA

MINEOPS JIGSAW	110
7.1. INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN.....	110
7.2. OPTIMIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE FLOTA DE VOLQUETES	111
7.3. INCREMENTO EN LA UTILIZACIÓN DE PALAS Y VOLQUETES.....	113
7.4. MEJORA EN EL CONTROL ESTADÍSTICO	115
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA	119

NOMENCLATURA

mph	.....: millas por hora.
Km/h	.....: kilómetros por hora
Km	.....: kilómetros
TMPH	..... : toneladas millas por hora
TKPH	..... : toneladas kilómetros por hora
m	..... : metros
%	..... : porcentaje
t	..... : toneladas métricas
Mt	.....: millones de toneladas
c/u	..... : cada uno
ft	.....: pies
Yd ³	..... : yardas cúbicas
lbs	.....: libras
kg	..... kilogramos
m.s.n.m	..... : metros sobre el nivel del mar
mm	.....: milímetros

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Ubicación de mina Cuajone.....	15
Figura 2:	Fisiología y Geología Regional Cuajone.....	18
Figura3:	Fallas principales Cuajone.....	27
Figura 4:	Vista en sección del modelo de roca	29
Figura 5:	Tipo de mineralización.....	31
Figura 6:	Vista en sección del modelo de mineralización	35
Figura 7:	Proceso de minado.....	39
Figura 8:	Zona de disposición de material	48
Figura 9:	Perfil de acarreo del botadero Torata este	51
Figura 10:	Vista en sección del modelo de fases de minado.....	54
Figura 11:	Vista de planta y transversal de fases de minado	55
Figura 12:	Precio del cobre tendencia en los años.....	59
Figura 13:	Costos total de minado en mina Cuajone.....	61
Figura 14:	Costo de minado por procesos mina Cuajone.....	62
Figura 15:	Ley de cobre minado en Cuajone a través de los años..	63
Figura 16:	Mineral enviado por años a concentrado Cuajone	64

Figura 17:	Red inalámbrica en mina Cuajone.....	67
Figura 18:	Sistema de posicionamiento satelital.....	69
Figura 19:	Puntos virtuales de GPS tránsito de volquetes.....	71
Figura 20:	Pantalla Jigsaw operador de pala.....	73
Figura 21:	Pantalla Jigsaw operador de perforadora.....	74
Figura 22:	Pantalla Jigsaw operador de volquete.....	75
Figura 23:	Pantalla monitoreo TKPH neumáticos de volquete	76
Figura 24:	Arquitectura del sistema Jigsaw	81
Figura 25:	Componentes del sistema Jigsaw	83
Figura 26:	Cobertura de palas pantalla del operador.....	86
Figura 27:	Secuencia de requerimiento de capacidades	87
Figura 28:	Factor de prioridad de pala.....	88
Figura 29:	Pantalla de restricciones de palas.....	90
Figura 30:	Capa de asignación de descargas	91
Figura 31:	Panel de control tráfico de volquetes.....	94
Figura 32:	Panel gráfico de mina.....	96
Figura 33:	Panel de operador de volquetes.....	97
Figura 34:	Panel de operador de pala	98
Figura 35:	Circuito de producción.....	103
Figura 36:	Panel de tránsito de equipos	106
Figura 37:	Identificación de equipos	106
Figura 38:	Servidores de datos del sistema.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Tipo de mineralización.....	32
Tabla 2:	Evolución histórica de mina Cuajone.....	37
Tabla 3:	Modelo de equipos en mina.....	42
Tabla 4:	Organigrama de personal mina Cuajone	44
Tabla 5:	Ángulo de talud del tajo final.....	46
Tabla 6:	Costos de concentradora.....	60
Tabla 7:	Costos de fundición y refinería	60
Tabla 8:	Costos de minado.....	60
Tabla 9:	Modelo de optimización	101
Tabla 10:	Reporte de producción en mina Cuajone	108
Tabla 11:	Incremento de producción	111
Tabla 12:	Cantidad de volquetes esperando pala	112
Tabla 13:	Beneficio por reducción de colas de volquetes.....	113
Tabla 14:	Disponibilidad y utilización de palas	114
Tabla 15:	Disponibilidad y utilización de volquetes.....	114
Tabla 16:	Productividad de operadores por pala.....	115

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se origina por la necesidad de mejorar, optimizar y en algunos casos de automatizar los procesos productivos en especial el de acarreo de volquetes con el objetivo de obtener un mayor beneficio rentable en el tiempo a un menor costo.

Durante la implementación y puesta en marcha el sistema actual de administración de flota presentó limitaciones en cobertura satelital así como adecuación a la realidad de mina Cuajone

Uno de los beneficios principales para la utilización del actual sistema de administración de flota fue la confiabilidad en la recolección de data basada en una estructura o arquitectura amigable e innovadora en un entorno *Windows* de fácil acceso que evita la pérdida de información vital para la asignación óptima de equipos

A la fecha el sistema de despacho *Jigsaw* proporciona herramientas de controles estadísticos útiles para las mejoras continuas en los diversos

procesos operacionales con mayores beneficios en términos de dólares por toneladas.

La metodología utilizada es de la estadística descriptiva, en el presente trabajo se muestra gráficos de barras, tablas comparativas expresadas en porcentajes, cuadros de rendimientos, disponibilidades y utilizaciones de flota.

La toma de datos ha sido histórica de los últimos cinco años, las apreciaciones, conclusiones y recomendaciones se basan en la experiencia como controlador de flota, usuario del sistema y supervisor de campo en el área de operaciones mina.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El depósito cuprífero de Cuajone se encuentra ubicado al sur del Perú, en el flanco andino de la Cordillera oriental de los Andes, departamento Moquegua, Provincia Mariscal Nieto, distrito de Torata entre 3.100 y 3.565 m.s.n.m. aproximadamente 42 km al noreste de la ciudad de Moquegua (ver FIGURA 1).



FIGURA 1: UBICACIÓN DE MINA CUAJONE
Fuente: presentación del área- mina Cuajone

1.2 GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO

El yacimiento de Cuajone es un pórfido de cobre del tipo diseminado, ubicado en el talud oeste de la Cordillera Occidental, en la parte sur de la Cordillera de los Andes del Perú, en el área de la quebrada de Chuntacala, un tributario seco del río Torata, a 30 km al noreste de la ciudad de Moquegua, y 25 km al noroeste de la mina de cobre de Toquepala (ver figura 2).

1.2.1 Geología regional

Cuajone está localizada dentro de la “sub provincia cuprífera del pacífico sur”, en el flanco occidental de los andes al sur del Perú.

Fisiográficamente se puede diferenciar: la cordillera de la costa, la llanura costanera, el flanco andino y la cadena de conos volcánicos. Estas áreas fisiográficas se encuentran emplazadas longitudinalmente de sureste a noreste y se encuentran definidos mayormente por la altitud, relieve, el clima y la geología.

La cordillera de la costa forma una serie de montañas de hasta 1.800 m.s.n.m. que se presentan en forma discontinuas. Están compuestas mayormente por rocas intrusivas de edades que varían entre 140 a 190 millones de años, se observa dioritas, granodioritas, dioritas cuarcíferas, monzonitas, riocitas latitas, diabasas, aplitas.etc.

La llanura costanera está constituida mayormente por la formación Moquegua que viene a ser un relleno de una cuenca longitudinal entre la cadena costanera y el pie de los Andes. Se encuentra emplazada entre 350 a 3.000 m.s.n.m. con una leve inclinación hacia el suroeste.

El flanco andino está constituido por rocas volcánicas y macizos intrusivos que muestran una topografía abrupta con fuertes pendientes cuyas cumbres llegan a los 4.000 m.s.n.m. En las partes altas se presenta una topografía moderadamente ondulada con algunos sectores planos mayormente cubierto por rocas volcánicas.

La cadena de los conos volcánicos abarca una franja de 20 a 30 kilómetros de ancho con un rumbo noroeste sureste cuyas cimas alcanzan altitudes hasta 5.815 m.s.n.m (volcán Tutupaca) que gran parte del año se encuentra cubierto por nieve.

El afloramiento de las rocas a nivel regional son: en el jurásico (volcánico chocolate) que aflora cerca al puerto de Ilo en la cadena de la costa, en el cretáceo superior paleoceno (grupo Toquepala) que aflora una parte en la mina Cuajone y mayormente se extiende en el flanco andino, del cretáceo superior al eoceno- paleoceno (rocas intrusivas del batolito de la costa segmento Toquepala) afloran en la mina Cuajone del flanco andino y entre la cadena de la costa y llanura costanera en el oligoceno superior al mioceno inferior (la formación Moquegua) formado por clastos continentales afloran en toda la llanura costanera, en el mioceno inferior al mioceno superior

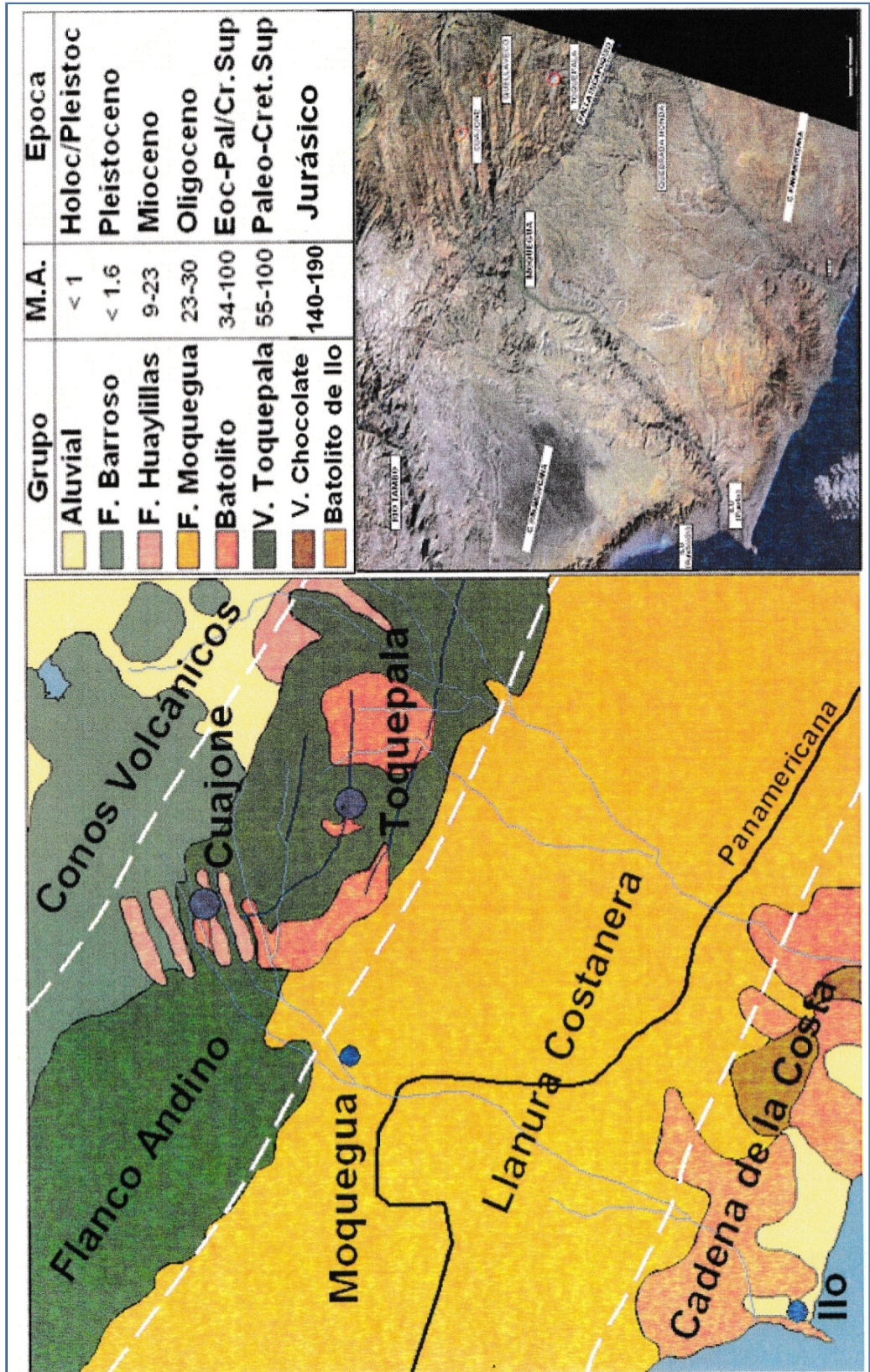


FIGURA2: FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA REGIONAL DE CUAJONE

Fuente: informe de reservas geológicas y recursos de mina Cuajone

Volcánicos Huaylillas y volcánicos Chuntacala afloran en la mina Cuajone, en el plioceno (volcánicos barroso) afloran en los conos volcánicos. En el holoceno pleistoceno depósitos glaciares aluviales y coluviales).

Formación Chocolate aflora principalmente en la cordillera de la costa y se presenta como una alternancia de derrames de brecha y tufos con capas de calizas marrones.

Grupo Toquepala viene a ser el basamento de las rocas presentes en el área y están mayormente compuestos por rocas volcánicas con algunas intercalaciones de clastos gruesos. Se le asigna una edad de 34 a 100 millones de años.

Formación Toquepala está constituida en la parte inferior por una secuencia de derrames, brechas de flujo y piroclásticos de composición andesítica, dacítica y riolítica, en su parte media se presentan bancos de conglomerados y areniscas, en la parte superior se tiene derrames y brechas de flujos riolíticos y aglomerados.

Formación Inogoya está formada por una intercalación de conglomerados y areniscas gruesas, los conglomerados son gruesos, compuestos de clastos volcánicos en una matriz arenotufácea, los clastos disminuyen en tamaño hacia los niveles superiores. Sobreyace discordantemente a la formación Toquepala.

Volcánico Paralaque está compuesto mayormente por derrames de dacita, riolitas, andesitas, piroclásticos y conglomerados en los niveles superiores sobreyace discordantemente a la formación Inogoya.

Volcánico Quellaveco sobreyace discordantemente al volcánico Paralaque y está constituido por varios miembros como son pórfido Quellaveco, dolerita Toquepala, pórfido cuarcífero Toquepala, andesita Toquepala, riolita Toquepala.

Serie alta es una secuencia de flujos volcánicos compuestos en su parte inferior por riolitas rosáceas ocasionalmente brechoides con textura porfirítica de feldespatos y cuarzos subredondeados en una matriz fina también se tiene la presencia de flujos andesíticos brechoides de colores negruzcos verdosos a marrones con textura porfirítica intercaladas con brechas de flujo de flujo y conglomerados. En los niveles más recientes se encuentran flujos riolíticos rosáceos conglomerados y piroclásticos.

Riolita Yarito es de color claro rosáceo y violáceo, presenta una textura porfirítica con fenos de feldespato de hasta 0,5 cm. Generalmente caolinizados. También se presentan algunas hornblenas alteradas. La matriz es microgranular a afanítica.

Riolitas Tinajones afloran en las cercanías de Cuajone, presenta una coloración rosada claro, grisácea y blanco amarillenta. Muestra una textura porfirítica y su ocurrencia es en bancos medianos a gruesos. Se puede observar granos de cuarzo angulares a redondos, feldespatos y

micas en una matriz microcristalina a afanítica. Sobreyace en discordancia a la serie alta.

En el área afloran rocas intrusivas conformadas por dioritas, granodioritas, granitos, monzonitas cuarcíferas, latitas, dacitas, chimeneas de brecha y diques de diferentes dimensiones conformando pequeños apófices y grandes stocks que atraviesan las rocas pertenecientes al grupo Toquepala. Las edades de estos intrusivos varían del cretáceo superior al terciario inferior a medio 37 a 100 millones de años.

Los intrusivos que se presentan entre 50 a 60 millones de años de antigüedad son los que mayormente han traído la mineralización tal y como se puede comprobar en los yacimientos de cobre de Toquepala, Quellaveco, Cuajone y Cerro Verde mayormente asociados a cuerpos intrusivos ácidos a intermedios de dacitas, monzonitas y latitas que vienen a conformar una faja mineralizada dentro de la sub provincia cuprífera del Pacífico en el flanco occidental de los andes del Sur del Perú que se correlaciona con los depósitos de cobre del norte de Chile.

El origen se le atribuye a la tectónica de placas en donde la placa subductora del pacífico oriental en contacto con la placa continental a lo largo de la zona de *Benioff*, generó una fusión parcial de la corteza oceánica en algunos casos rica principalmente en minerales de cobre, que se introdujeron a la corteza a través de zonas de debilidad como

fallas, fisuras y brechas. Las rocas encajonantes o receptoras de los intrusivos pertenecen al grupo Toquepala.

Formación Moquegua se depositó en la depresión tectónica formada entre los cerros de la cadena costanera y el pie del frente andino sobreyace discordantemente en forma parcial al grupo Toquepala y a los intrusivos de la cadena costanera y del Batolito del sur del Perú. Su origen se le atribuye a un prolongado período de erosión en el terciario (Oligoceno a mioceno inferior).

Las rocas continentales fueron erosionadas y depositadas formando arcillas, areniscas, conglomerados, areniscas tufáceas y tobas que vienen a constituir en gran parte lo que geomorfológicamente se denomina la llanura costanera con una topografía de relieve suavizado. Se le asigna una edad de 23 a 30 millones de años.

La formación Moquegua ha sido subdividida en Moquegua inferior y superior.

Moquegua inferior compuesta principalmente por arenisca arcóscicas a tufáceas interestratificadas con areniscas arcillosas y arcillas. Toda esta secuencia presenta capas y venillas de yeso.

Moquegua superior presenta una secuencia areno conglomerádica intercalada con tufos redepositados, areniscas y arcillas sobreyace al Moquegua inferior con discordancia débil. Los clastos de los

conglomerados son mayormente redondeados y de una composición volcánica casi íntegramente compuesta por rocas del grupo Toquepala.

Formación huaylillas es una secuencia volcánica de tufos y flujos lávicos de colores blancos rosáceos que se presentan generalmente en las cumbres de los cerros a manera de lenguas sobre rocas del grupo Toquepala y formación Moquegua en la discordancia paralela. Consiste de tufos dacíticos, riolíticos y traquíticos compuestos de feldespatos, micas escasas hornblendas y fragmentos de pómez. La textura varia de tufos de grano grueso, poroso, blando y friable a flujos o derrames compactos, macizos, duros y silificados presentan bandeamientos de flujo y en algunos horizontes son vesiculares. se le asigna una edad de 17 a 22,8 millones de años.

Formación Chuntala es una secuencia de tobas, aglomerados de colores, rosáceos y marrones cuyos miembros se encuentran en unos casos en forma gradacional y en otros en discordancia erosional atribuidos a levantamientos y erosiones sucesivas intraformacionales.

La secuencia empieza con el conglomerado basal, luego se tiene la toba cristal, toba inferior, aglomerada inferior, toba superior, aglomerado superior, finalmente en las cumbres andesita porfirítica se le asigna una edad de 9 a 14 millones de años.

Formación Capillune es una sucesión de conglomerados, areniscas, arcillas y tufos que sobreyacen discordantemente a la formación Huaylillas y formación Chuntacala. Se les atribuye una edad pliocénica

superior. Por la naturaleza de los sedimentos se ha determinado su depositación en un ambiente continental lacustre por medio de fuertes corrientes de corto recorrido.

Formación Barroso serie de rocas y derrames volcánicos compuestos de andesitas, traquitas y traquiandesitas intercaladas con brechas de flujo, piroclásticos y aglomerados. Conforman principalmente la cadena de conos volcánicos.

Depósitos cuaternarios principalmente en los lechos de los ríos, quebradas y laderas de cerros, se han depositados morrenas, aluviales y coluviales de variada composición y tamaño.

1.2.2 Geología estructural y alteración

Estructuralmente la mina Cuajone es un cuerpo en “stock work” que incluye fallas, fracturas y brechas con una orientación predominante noroeste, sur-este más específicamente con dirección 130 grados azimut

En la gran mayoría de fallas, el cuerpo central de brechas-latitas porfíricas brechosas, el stock de latita porfírica y andesita intrusita, al que se denomina “Alineamiento Cuajone” que es consecuencia de una tendencia regional. En los mapeos actuales no se ha detectado una falla que cruce diametralmente el tajo, sino, más bien una serie o secuencias de estas con potencias menores de 0,80m rellenas de panizo.

La litología de Cuajone contiene rocas volcánicas del Cretáceo al Cuaternario existe treinta y dos tipos de rocas como rocas pre mineralizado, andesita basáltica, riolita porfirítica, dolerita Toquepala y rocas intrusivas, como diorita, latita porfídica, brechas y diques. Además, tiene presencia de las siguientes rocas postmineralizadas como la formación Huaylillas que aparece al lado sur-sureste del yacimiento y que está formada por conglomerados, tufos, traquitas y aglomerados, tufos, traquitas y aglomerados, formaciones que se originaron hace 17 a 23 millones de años atrás y que se encuentran en el Grupo Toquepala en discordancia; y la formación Chuntacala que tiene una antigüedad de 9 a 14 millones de años y que está formada por conglomerados, flujos, tufos y aglomerados dispuestos gradualmente en algunos casos y en discordancia en otros. También hay yacimientos Cuaternarios en ríos, arroyos y cerros.

El sistema de fallas Incapuquio tienen un rumbo preferencial entre 290 y 310 grados y han sido reconocidas cerca al límite de la frontera con Chile, atraviesa el departamento de Tacna y gran parte del departamento de Moquegua en una distancia aproximada de 140 km. De largo y 1 km de ancho compuestas de rocas alteradas y trituradas con un buzamiento subvertical.

La falla Micalaceo aflora en las inmediaciones de la mina Toquepala entre el pueblo de Micalaco y la quebrada Cortadera. Tiene un afloramiento de 21 km de longitud con potencias de 500 metros

principalmente en zonas de cizalla. Su buzamiento es vertical y está rellena por cuarzo, turmalina, sulfuros, diques, brechas, rocas trituradas, ligera alteración hidrotermal, material fracturado y material cizallado. Esta estructura se encuentra limitando la mineralización en el sector sur de la mina Toquepala con un rumbo de 290 grados.

Falla Viña Blanca tiene un afloramiento de 5,5 km en la riolita porfirítica al este sureste de la mina Cuajone. No atraviesa a las rocas volcánicas postminerales de la formación huaylillas, lo cual indica que su ocurrencia sucedió probablemente en el terciario inferior y no ha tenido reactivaciones posteriores. Tiene una dirección predominante norte 290 grados y un buzamiento preferencialmente subvertical. Se presenta como una serie de estructuras paralelas y sinuosas que varían en potencia de 2 a 20 metros. El relleno está conformado de rocas fracturadas, cizalladas, brechas y fragmentos de rocas de diferentes y variada composición

Falla Botiflaca aflora aproximadamente a 2,5 km al suroeste de la mina Cuajone en forma sinuosa con una longitud de aproximada de 20 km cruzando las quebradas de Cocotea y Torata. Tiene una dirección generalizada de norte 280° a norte 300° y presenta un buzamiento subvertical, la potencia llega hasta 40 metros y está compuesta por roca fuertemente fracturada, brechas heterolíticas formadas por clastos y fragmentos subangulares a subredondeados. Este fallamiento atraviesa rocas pertenecientes al grupo Toquepala y por posibles reactivaciones

posteriores atraviesa rocas postminerales volcánicas pertenecientes a la formación Huaylillas. (Ver figura 3)

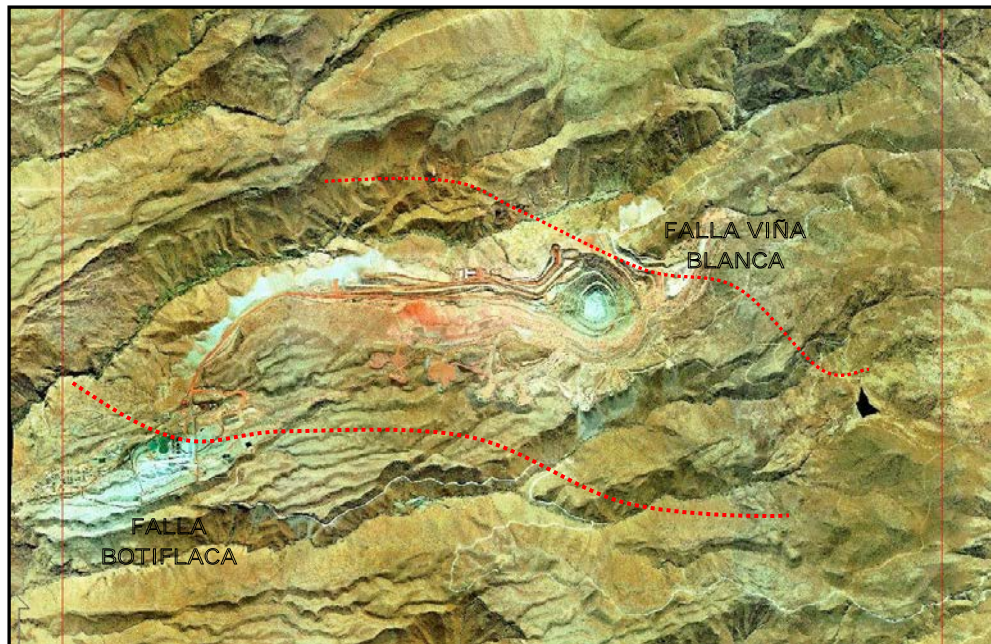


FIGURA 3: FALLAS PRINCIPALES CUAJONE

Fuente: presentación del área- mina Cuajone-Google Earht

1.2.3 Mineralización

El depósito el mineral se distribuye volumétricamente en forma homogénea dentro de las rocas encajonantes, de la siguiente manera: Latita porfirítica 50%, Andesita basáltica 25%, andesita intrusita 23% y riolita porfirítica 2%, a la fecha las reservas minerales de Cuajone son de 1.242 millones de toneladas a una ley de 0.64% de cobre.

Principales rocas existentes en mina Cuajone:

a) Andesita basáltica:

Es una roca de color gris verdoso a negra dependiendo del grado de

alteración. Presenta una textura que varía de fanerítica holocristalina de grano fino a porfirítica.

b) Riolita porfirítica:

Está compuesta por un flujo ácido porfirítico con granos de cuarzo de diferentes tamaños, hasta de 2 mm de diámetro, generalmente subredondeados. La matriz es afanítica, densa y dura. La roca es de un color gris claro a blanquecino.

c) Latita porfirítica:

Se tiene la presencia de un cuerpo intrusivo elongado de latita porfirítica de aproximadamente 2,5 km de largo por 0,7 km de ancho, con una dirección predominante noroeste-sureste. Se encuentra intensamente alterado en su sector sureste, decreciendo dicha alteración hacia el noroeste.

d) Brechas post-minerales:

Las brechas han sido clasificadas por su contenido de mineralización en Brechas Mineralizadas cuyas leyes son superiores a 0,40 % de Cu, brechas marginales con las leyes que varían entre 0,10 y 0,40 % de Cu y brechas estériles con leyes inferiores a 0,10 % de Cu. La mineralización que se presenta en las brechas proviene de rocas mineralizadas. (Ver figura 4).

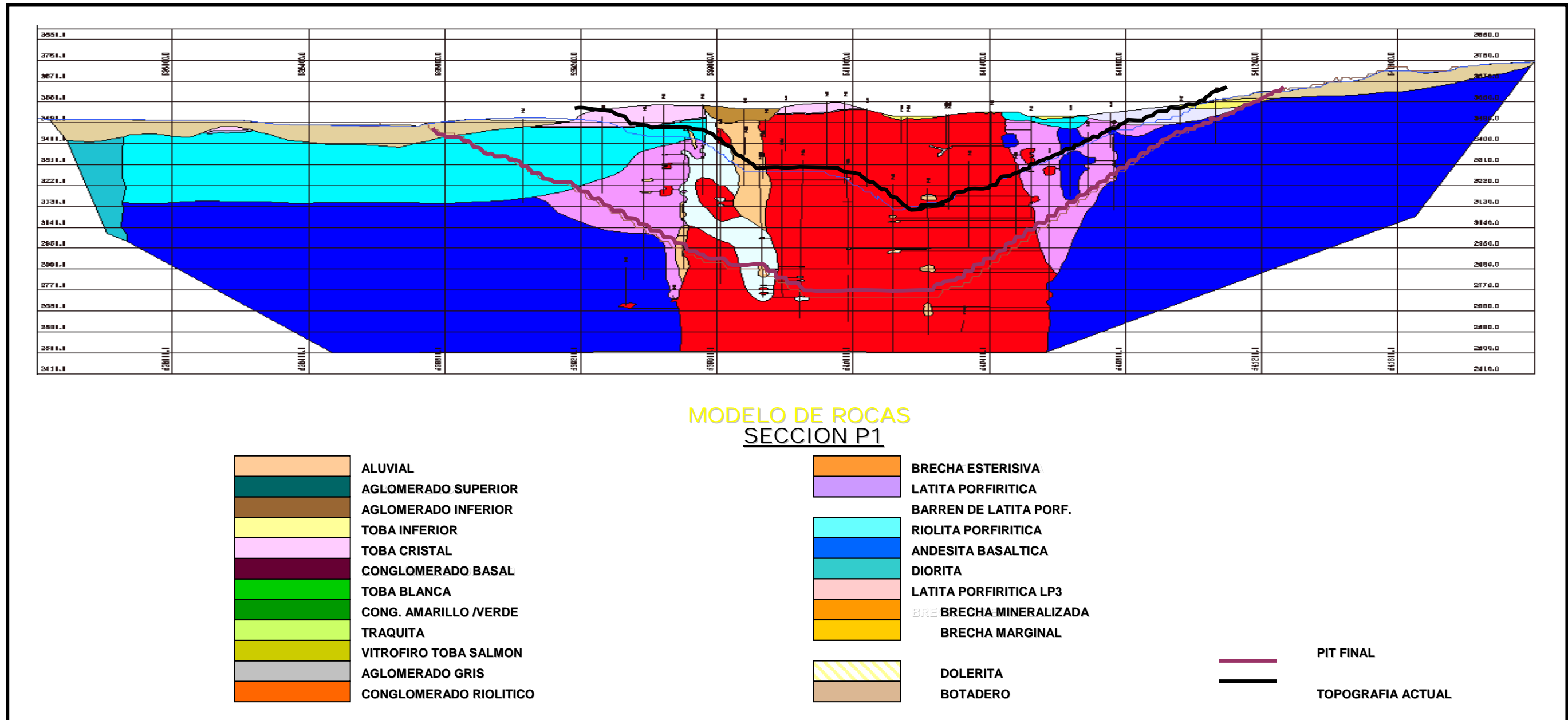


FIGURA 4: VISTA EN SECCION TRANSVERSAL DEL MODELO DE ROCA CUAJONE
 Fuente: área de geología- mina Cuaajone

1.2.4 Zonas Minerales

El cuerpo mineralizado de cobre de Cuajone mayor de 0,4% presenta una mineralización regular, homogénea y tiene una mineralogía simple.

Abarca una extensión aproximada de 2.300 m de longitud por 900 m de ancho, alargada con una dirección noreste sureste.

Presenta un cuerpo de baja ley en el sector noroeste central de 550 a 850 metros y otro cuerpo en el sector sureste central de 200 a 300 metros aproximadamente.

En sección vertical la mineralización tiene una forma de embudo y los valores de leyes decrecen económicamente en el sector noroeste aproximadamente en el nivel 2.950, mientras que en el sector sureste profundiza hasta el nivel 2.580 en donde todavía se tienen taladros con mineralización superior a 0,4 % de cobre.

La diferencia de las zonas mineralizadas está definida principalmente por los minerales predominantes que se encuentran en cada una de ellas y la relación del índice de solubilidad ácida, cianurada e insoluble. (Ver figura 5) (Ver tabla 1)

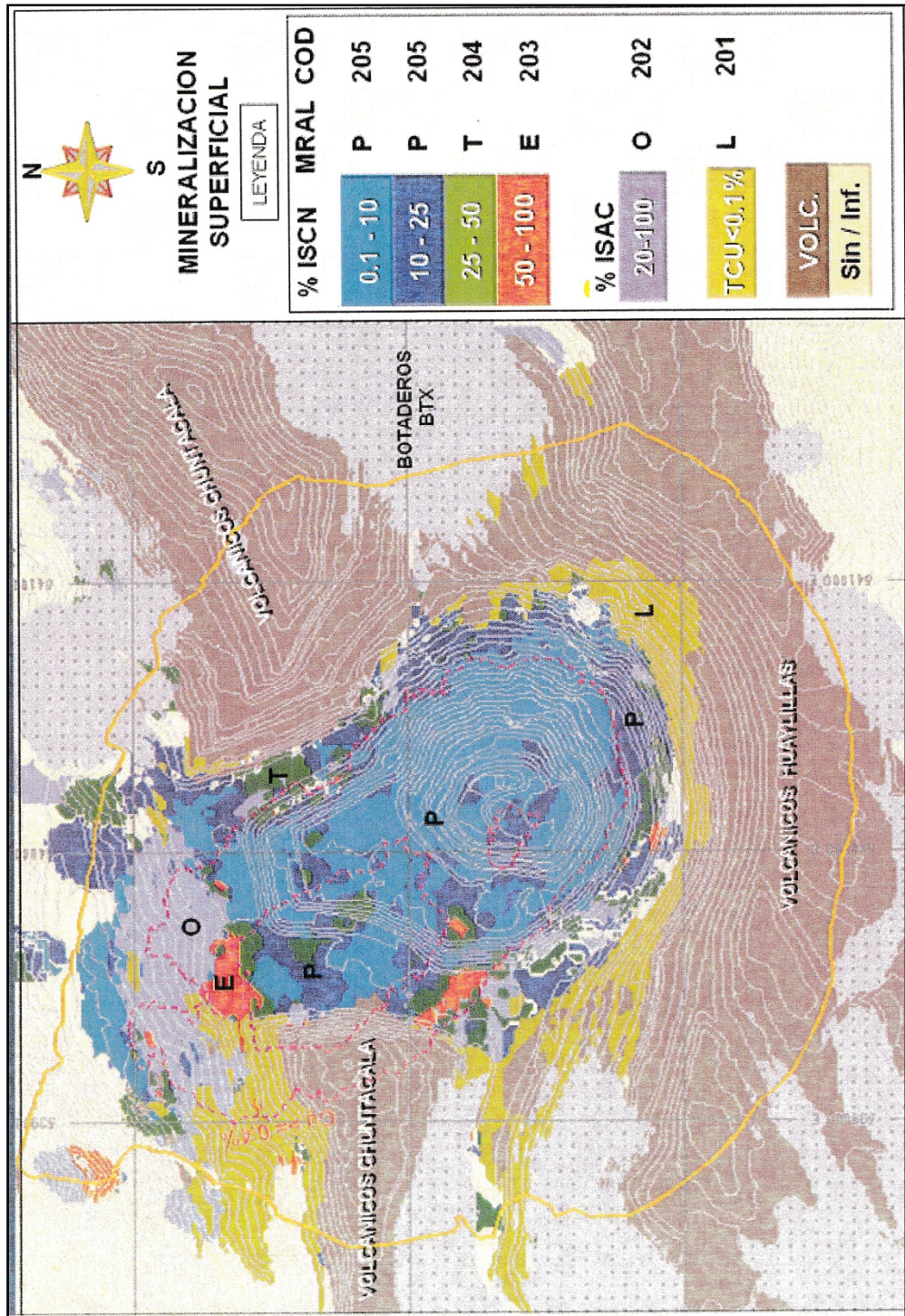


FIGURA 5: PLANO DE MINERALIZACIÓN SUPERFICIAL
 Relación del índice de solubilidad ácida (%ISAC) y cianurada (%ISCN) con la mineralización de sulfuros primarios (P) y mineralización.

Fuente: informe cálculo de reservas año 2011 - mina Cuajone

TABLA 1: TIPO DE MINERALIZACIÓN

MODELO TIPO DE MINERALIZACION			
ZONA MINERAL	MINERALES PREDOMINANTES	OCURRENCIA	DESTINO
OXIDOS	Crisocola, Malaquita, Calcan-tita, Brocantita, Cuprita, Teno-rita, Cu Nativo.	Mayormente en fracturas, en parte diseminado.	>20% Oxidos a botaderos para futura lixiviación. <20% Oxidos a Concentradora.
ENRIQUECIDO	Calcocita, Covelita, Digenita, Bornita, Pirita y Cu Nativo, Molibdenita.	Tanto diseminado como en fracturas.	Concentradora >50% de Cu Soluble cianuro
TRANSICIONAL	Calcopirita, Calcocita, Molib-denita, Bornita, Pirita.	Mayormente diseminado y en fracturas con venas de Cuarzo.	Concentradora >25% <50% de Cu Soluble en cianuro.
PRIMARIO	Calcopirita, Pirita, Molibdenita, ocasionalmente Enargita, Gale-na y Esfalerita.	Diseminado y en fractu-ras con venas de Cuarzo.	Concentradora <25% de Cu Soluble en ácido y cianuro.

Fuente: área geología - mina Cuajone

Las siguientes zonas minerales que se presente en Cuajone son:

a) Zona Lixiviada

Actualmente esta zona se restringe hacia el lado sur alto de la mina en riolita porfírica y hacia el lado norte- este en la andesita intrusita, pudiéndose encontrar en contacto directo debajo de los volcánicos pos- minerales. Su mineralogía es simple, constituida por óxidos de Fe (limonita, Hematitas) y óxidos de manganeso (pirolusita)

b) Zona de óxidos

Esta zona se forma debido a las percolaciones de aguas subterráneas que contienen cobre en solución encuentran condiciones de cambio de pH el cual resulta en precipitaciones de óxidos, hidróxidos, carbonatos y silicatos de cobre.

La mineralogía de la zona oxidada consiste en crisocola, malaquita, calcantita, cobre nativo, cuprita y tenorita.

c) Zona enriquecida

La zona enriquecida en Cuajone es definida mineralógicamente por la predominancia de sulfuros secundarios sobre las formas de mineralización económica. La mineralogía la constituye a chalcocita, digenita y covelita, en menor cantidad acompañado a esta zona la presencia de molibdenita y pirita.

En las zonas en que la pirita tuvo un recubrimiento de minerales secundarios (digenita) este mineral representa un problema en los concentrados puesto que la cubierta de digenita hace flotar a la pirita ocasionando una menor ley de concentrado.

d) Zona de transición

El paso de la zona enriquecida a la zona primaria, no es definido, teniéndose entre ambas una amplia zona transicional caracterizada principalmente por la presencia de pirita calcopirita y en menor proporción la presencia de calcosita y bornita.

La potencia aproximada es de 190 metros y tanto su base como su tope tienen una forma ondulada gradacional en contacto con los sulfuros enriquecidos y la zona primaria.

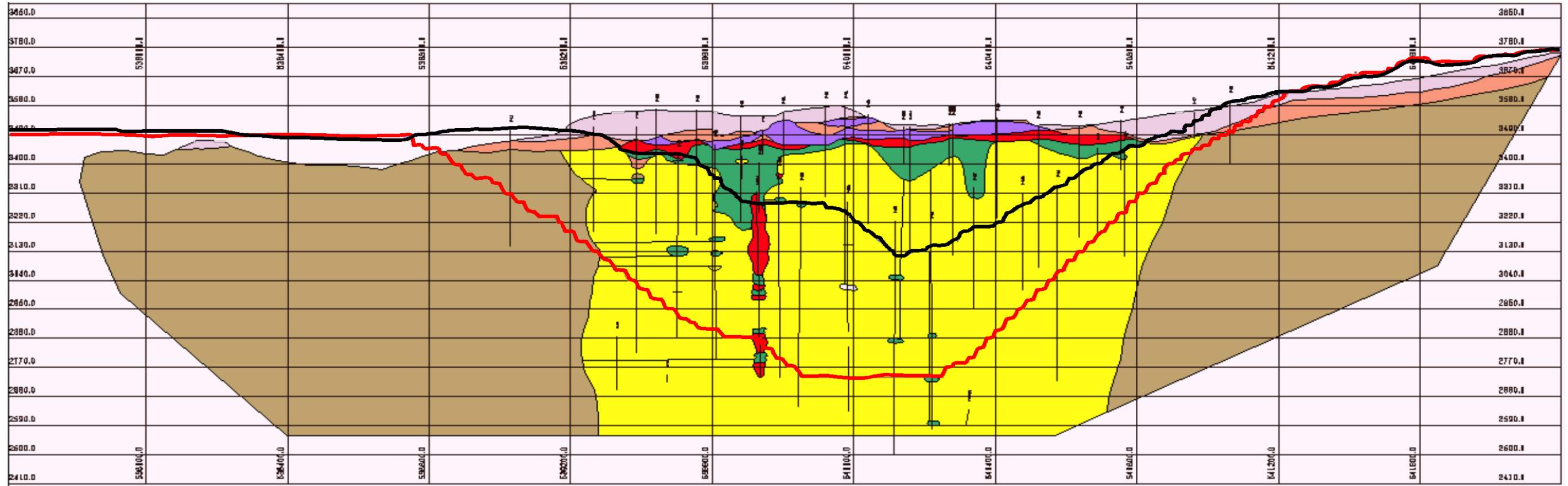
e) Zona primaria

Zona que está escasamente expuesta en Cuajone la mineralogía está compuesta principalmente por pirita, calcopirita con menos bornita en venillas y finamente diseminadas dentro de un stock principal de latita porfirítica. Dentro de la zona de brechas más profundas se puede encontrar trazos de enargita, esfalerita, galena.

f) Mineralización de Molibdeno

La ley promedio de molibdeno para el yacimiento es 0,020% y ocurre como un sulfuro de molibdenita ya sea en forma cristalizada en venillas de cuarzo, en forma de pátina en las fracturas de las rocas y finamente diseminado visible al microscopio.

El molibdeno no tiene un zoneamiento de óxidos, enriquecidos transicional y primario tal como ocurre con el cobre y el molibdeno en un ambiente supérgeno en el rango oxidante, el molibdeno es inmóvil en pH ácido. (Ver figura 6).



MODELO DE MINERALIZACION

SECCION P1

- COBERTURA POST MINERAL
- LEACH CAPPING
- OXIDOS
- ENRIQUECIDO
- TRANSICIONAL
- PRIMARIO
- WASTE
- MATERIAL DE BOTADERO
- PIT FINAL
- TOPOGRAFIA ACTUAL

FIGURA 6. VISTA EN SECCIÓN DEL MODELO DE MINERALIZACIÓN
 Fuente: área de geología- mina Cuajone

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN GENERAL DE MINA CUAJONE

2.1 RESEÑA HISTÓRICA

El conocimiento de la existencia de yacimientos de cobre en Cuajone en la ladera sur de la quebrada Torata data de fines del siglo XIX.

Fue en el año de 1929 después de resolver los problemas limítrofes entre Perú y Chile que se retoma el interés en estas áreas por los mineros locales.

En el año de 1937 se reconoce como proyecto de yacimiento potencial de cobre porfirítico.

En 1942 Cerro de Pasco Corporation bajo la opción de compra comienza a perforar taladros exploratorios y adquiere el denuncia de Cuajone en 1943.

TABLA 2: EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE MINA CUAJONE

FECHA	ACONTECIMIENTO
1954	Se forma Southern Peru 88.5% acciones (Asarco 52.3%, marmon group 20,7%, Phelps Dodge 16,3%, Newmont 10,7%)
1965-1970	Nueva campaña de perforación confirmatoria malla de 60 mts
1969	Se firma convenio bilateral
1969-1976	Etapa de construcción: Carreteras, líneas de alta tensión, líneas de agua, concentradora
1976	Se inicia producción
1980	Planta de Moly
1982-1988	Campaña de perforación para ampliar reservas al Nivel 2950
1991	Billington Vende su participación de acciones a SPCC
1993	Prospección Geofísica y Geoquímica al noroeste del tajo
1994-1997	Perforación diamantina para ampliar reservas y explorar al noroeste y sureste
1995	Newmont vende su participación de acciones a SPCC
1995	Se comienza a tratar óxidos para lixiviarlos en Toquepala
1996	Campaña de Magnetometría
1998	Se termina la ampliación de la concentradora con una capacidad de tratamiento de mineral de 96000 t./día
2005	Grupo México es el principal accionista con el 54 % de las acciones

Fuente: archivo interno área ingeniería - mina Cuajone

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La operación de minado se realiza por el método de tajo abierto, mina Cuajone produce 90 mil toneladas métricas de mineral al día con una ley promedio de 0.62% de cobre. La mina está dividida en ocho fases de minado hasta alcanzar el límite final del tajo, actualmente se encuentra en explotación las fases de minado 5 y 6.

Cuajone es una mina que diariamente extrae más de 500.000 t/día, con una vida de mina de aproximadamente de 54 años.

La perforación se realiza con máquinas rotativas en taladros de 16 metros de altura y 12 ¼ de pulgadas en diámetro, en la actualidad se cuenta con 6 máquinas perforadoras y 3 máquinas de martillo en el fondo para la perforación de precorte.

Los distintos tipos de materiales a transportar son sulfuros de bajas ley menores a 0,4 % en cobre depositados en botaderos, óxidos que son llevados a planta de lixiviación y mineral transportados a las tolvas de transferencia.

La transferencia del mineral hacia la planta chancadora se realiza por medio de trenes, los puntos de acumulación del mineral son llamados *hoppers* o tolvas de transferencias llamadas B y C cuya capacidad es de 2.000 toneladas cada uno aproximadamente, para el continuo envío de mineral se

utiliza cinco trenes los cuales poseen 17 vagones cada uno con capacidad de 75 toneladas.

La sexta fase de minado en mina Cuajone se encuentra en ejecución, para ello, todo lo relacionado con el desbroce se realiza con dos palas gigantes Bucyrus Erie 495, y un total de 20 camiones.

El proyecto de expansión de Cuajone empezó a inicios del año 2010, invirtiéndose un total de US\$ 39.4 millones, la compra de equipos de mina y equipos auxiliares de soporte es parte del plan de expansión de Cuajone, el proyecto contempla una metodología de ley de corte variable, que aumentará la producción de cobre y molibdeno a un total de 147.000 toneladas y 3.000 toneladas en los próximos 10 años respectivamente (Ver figura 7)

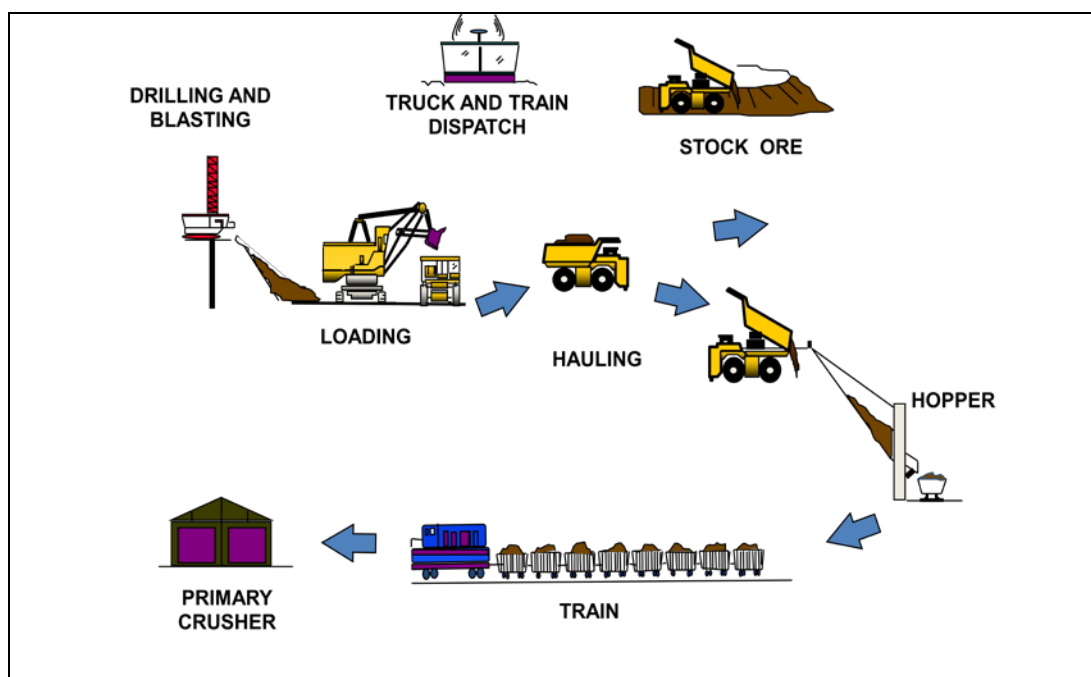


FIGURA 7: PROCESO DE MINADO
Fuente: presentación del área - mina Cuajone

2.3 EQUIPOS

Mina Cuajone cuenta con 6 perforadoras rotativas eléctricas entre las marcas *P&H* y *Bucyrus Erie* de los modelos 49HR y 39HR esta ultima cedida del proyecto minero Tía María.

La utilización de estos equipos está en el rango de 89% llegándose a perforar 100.000 metros al mes, la productividad diaria por máquina es de 700 metros perforados.

En la perforación de precorte se utilizan dos perforadoras a combustible de la marca *Sandvik* modelo DR56 y una perforadora *Atlas Copco RockL8* que perforan diámetros de 5" de 15 metros de longitud con inclinaciones de taladros de 70°.

El acarreo se realiza con volquetes de diversos modelos entre los cuales se tiene el camión *komatsu 830 E* de tracción eléctrica cuya velocidad oscilan entre 9 a 25 km/ h, se aprovecha la flota de camiones del modelo *Komatsu 930 E* para zonas de mayores profundidades por las velocidades que desarrollan 26km/h, este modelo cuenta con sistemas de seguridad haciéndolo confiable en pendientes pronunciadas.

Para la fase de minado seis se utiliza la flota de volquetes *Caterpillar 797F* cuyas capacidades son de 390 t, alcanzando productividades de 1.200 t/h mina Cuajone cuenta con 12 unidades

El carguío se realiza con 6 palas eléctricas de capacidades de cucharón de 42 a 73 yd³, el modelo de pala *P&H 2800* se ubica en el fondo del tajo, esta pala es utilizada en zonas de mineral conjuntamente con el cargador frontal *Letorneau* proporcionando la mezcla diaria de acuerdo a las leyes y durezas según los planes programados.

La flota de equipos auxiliares está conformada por tractores de rueda, tractores de orugas, motoniveladoras, retroexcavadoras y cargadores frontales utilizados en las limpiezas de pisos de palas, áreas de perforación, carreteras, limpieza de tolvas de transferencias, mantenimiento de vías férreas, construcción de rampas, construcción de vías, mantenimiento de botaderos, habilitación de bermas laterales y centrales para el tránsito de volquetes, construcción de canales de drenajes.

El control de la polución se realiza con tres tanques de regadíos de la marca Caterpillar de capacidad de llenado de treinta mil galones distribuidos de la siguiente manera: dos tanques en las zonas centrales del tajo y un tanque exclusivo para la fase de minado 6B.

El agua utilizada en el regadío de vías es la que se recolecta de las filtraciones (freática y lluvias) las cuales se han depositado en los niveles inferiores del tajo siendo bombeadas a superficie. (Ver tabla 3)

TABLA 3: MODELOS DE EQUIPOS EN MINA

PERFORACIÓN
2 Perforadoras P&H 120A 1 Perforadora 100XP 1 Perforadora Bucyrus 49RIII 1 Perforadora Bucyrus 49 HR 1 Perforadora Bucyrus 39 HR 1 Perforadora DTH Roc-L8 2 Perforadoras Sandvick DR56
CARGUÍO
1 Pala P&H 2800XPB Capacidad. 31.6m ³ 2 Palas P&H 4100 A Capacidad. 42.8 m ³ 1 Pala Bucyrus 49BII Capacidad. 56 yd ³ 2 Palas Bucyrus 495 HR Capacidad. 73 yd ³ 2 Cargadores Frontales Letorneau
ACARREO
18 Volquetes Komatsu 830 E Cap. 218 t 15 Volquetes Komatsu 930 E Cap. 290 t. 07 Volquetes Caterpillar 793 C Cap. 231 t. 02 Volquetes Caterpillar 793 D Cap. 231 t. 12 Volquetes Caterpillar 797 F Cap. 390 t.
TRENES
6 Locomotoras U23B con 17 vagones cada uno de 70 toneladas
COMUNICACIÓN
Radio voz en todos los equipos, control de tráfico de volquetes, palas y trenes mediante el sistema de despacho <i>Jigsaw</i> .
EQUIPO AUXILIAR
05 Motonivaladoras 2x24 H, 1x24 M, 1x16 H, 1x16M. 10 Tractores Oruga 7xD10R, 1D9R, 2 D11T 03Cargadores Frontales 1x988, 1x966, 1x992 04 Tanques de regadío 785D Cap. 30.000gal.

Fuente: área de operaciones mina–mina Cuajone

2.4 PERSONAL

El organigrama de la gerencia mina se divide en cuatro superintendencias conformadas por operaciones mina, ingeniería, geotecnia y geología (Ver tabla 4)

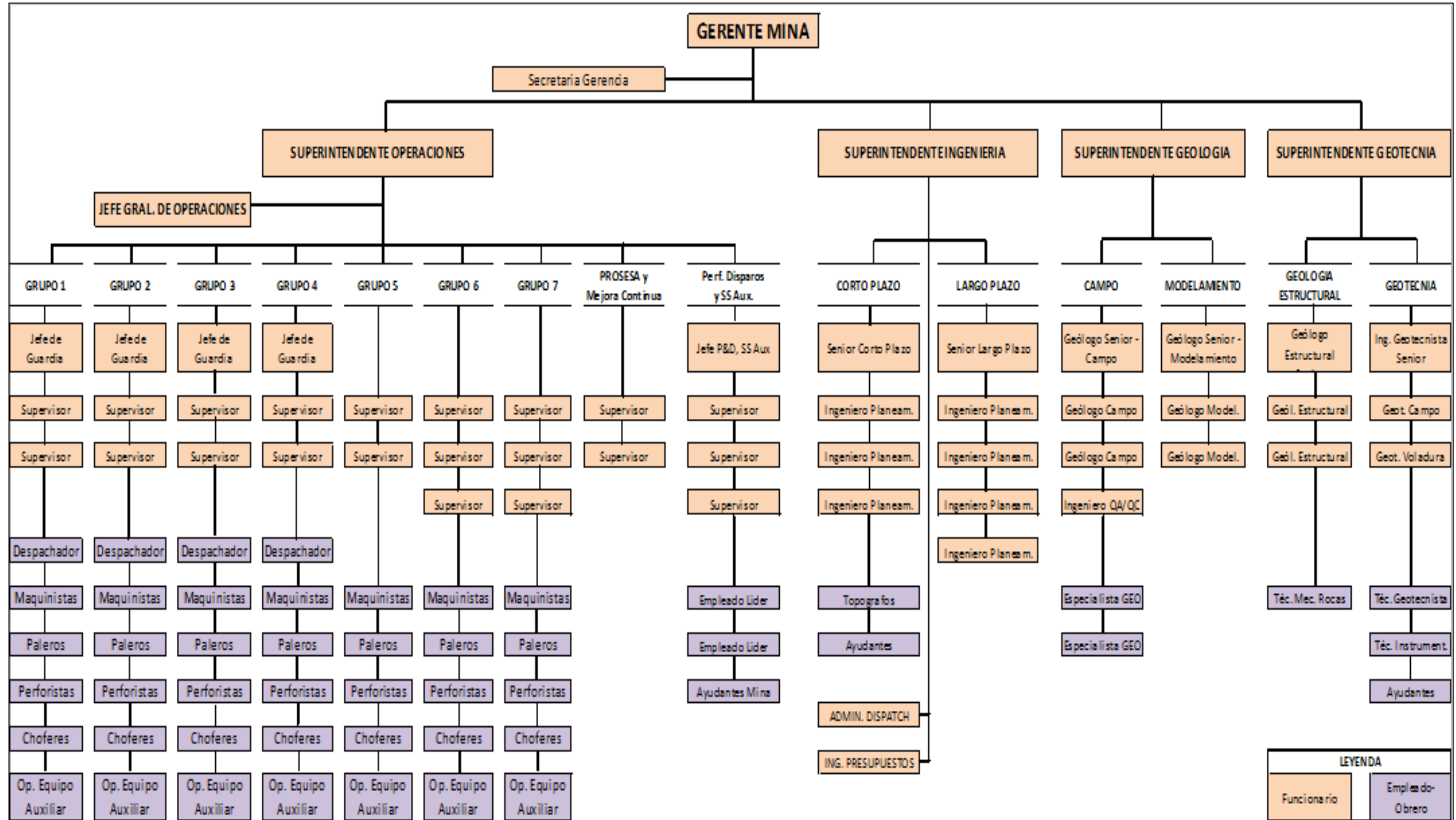
Las operaciones en mina Cuajone está conformado por 7 grupos de trabajo, cada grupo compuesto por 50 trabajadores. Las jornadas de trabajo en la parte operativa son de 12 horas en dos turnos (día y noche), estos grupos de trabajo cumplen un sistema de 5 días laborados por 3 de descanso, mientras que en las áreas administrativas las jornadas son de 8 horas diarias.

Para cumplir con las capacitaciones del reglamento de seguridad y salud ocupacional, se ha conformado un grupo adicional de 10 personas que laboran en jornadas de ocho horas.

Mina Cuajone ha implementado tercerización de funciones, cuenta con 6 contratistas que cumplen las labores de servicio de voladura, lubricación de equipos auxiliares, topografía de campo, perforación secundaria y de precorte, drenajes, manipuleo de cables eléctricos.

Los entrenamientos y capacitaciones del personal se basan en estándares y normas internas, las prácticas operacionales se realizan en simuladores computacionales para evitar riesgos

TABLA 4: ORGANIGRAMA MINA CUAJONE



Fuente: área gerencia mina – mina Cujone

LEYENDA

Funcionario	Empleado-Obrero
-------------	-----------------

CAPITULO III

PLANIFICACIÓN

3.1 DIMENSIONES Y DISEÑO DEL TAJO

Las dimensiones del tajo en la actualidad tiene un eje principal de 2,5 km en orientación norte sur, por 2,1 Km en orientación este oeste, el tajo tiene una profundidad de 480 m, la cota más elevada es el nivel 3580 y la cota más baja es en el nivel 3100 m.s.n.m.

Los ángulos de talud usados se basan en las recomendaciones hechas a partir de estudios geotécnicos, los ángulos recomendados de las paredes finales del tajo dependen de los siguientes factores:

- El tipo de roca expuesta sobre la superficie final del tajo.
- Los dominios estructurales definidos por *Golder Associates*.
- El azimut (dirección) de las paredes finales del tajo.

El Tajo tendrá una dimensión de 3,4 kilómetros con una profundidad de 500 metros que lo llevará a ser uno de los más grandes. (Ver tabla 5)

TABLA 5:- ANGULO DE TALUD DEL TAJO FINAL

XTRA4	TIPO DE ROCA		SLOPE	PHSLP	BANCO		BERM	
código			BANCO	INTER-RAMPA		m.	m.	m.
1	AL	AL/BOT	65	38	SIMPLE	15	12.2	12.2
2	VOLC N	VOLC	70	47	DOBLE	30	0	17.06
3	VOLC S		70	47	DOBLE	30	0	17.06
4	RP	RP	60	38	SIMPLE	15	10.54	10.54
5	RP		65	42	DOBLE	30	0	19.33
6	LP1	LP	65	43	SIMPLE	15	9.09	9.09
7	BLP		65	43	SIMPLE	15	9.09	9.09
8	LP1		65	46	DOBLE	30	0	14.98
9	BLP		65	46	SIMPLE	15	7.49	7.49
10	LP1		65	46	DOBLE	30	0	14.98
11	BA NE	BA	60	38	SIMPLE	15	10.54	10.54
12	BA SE		60	38	MODIF	15	8	13.08
13	BA SW		65	42	DOBLE	30	0	19.33
14	BA NW		65	45	DOBLE	30	0	16.01
15		default	65	42	SIMPLE	15	10.54	10.54

Fuente: área de geotecnia mina Cuajone

3.2 DISEÑO DE VÍAS DE ACARREO Y ZONA DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES

El tajo tiene un diseño de vías en función a las dimensiones de los trenes y volquetes.

Para el acarreo por trenes el ancho mínimo de rampas es de 15m con una gradiente de 1%, para trenes cargados y de 4.5% para los trenes vacíos. En Cuajone actualmente se tienen dos sistemas de rampas principales de orientación norte y sur, debido a los trabajos de la fase 6B de minado solo opera la rampa norte para el acarreo de volquetes, que permite la continuidad de la operación en zonas bajas de la mina.

El ancho mínimo de rampa para el acarreo de volquetes es de 30 m y el máximo es de 35 m, con una gradiente de rampa que va de 8% a 10 % como máximo.

De acuerdo a los planes de minado la disposición de los materiales se realizarán según la clasificación por la ley de cobre en caso de mineral ($Cu > 0,45\%$) serán transportado hacia dos tolvas de transferencias denominadas B y C, este mineral será acarreado a la chancadora primaria por trenes, en el caso de sulfuros de baja ley de cobre ($0.3\% < Cu < 0.45$) estos serán depositado en botaderos preparados especialmente con la finalidad de recuperarlos en un futuro.

Para los materiales como óxidos de cobre estos serán depositados en botaderos ubicados a 20 km de distancia del tajo, posteriormente de acuerdo a la necesidad y programas de envío serán transportados hacia la planta de lixiviación para su procesamiento.(Ver figura 8)

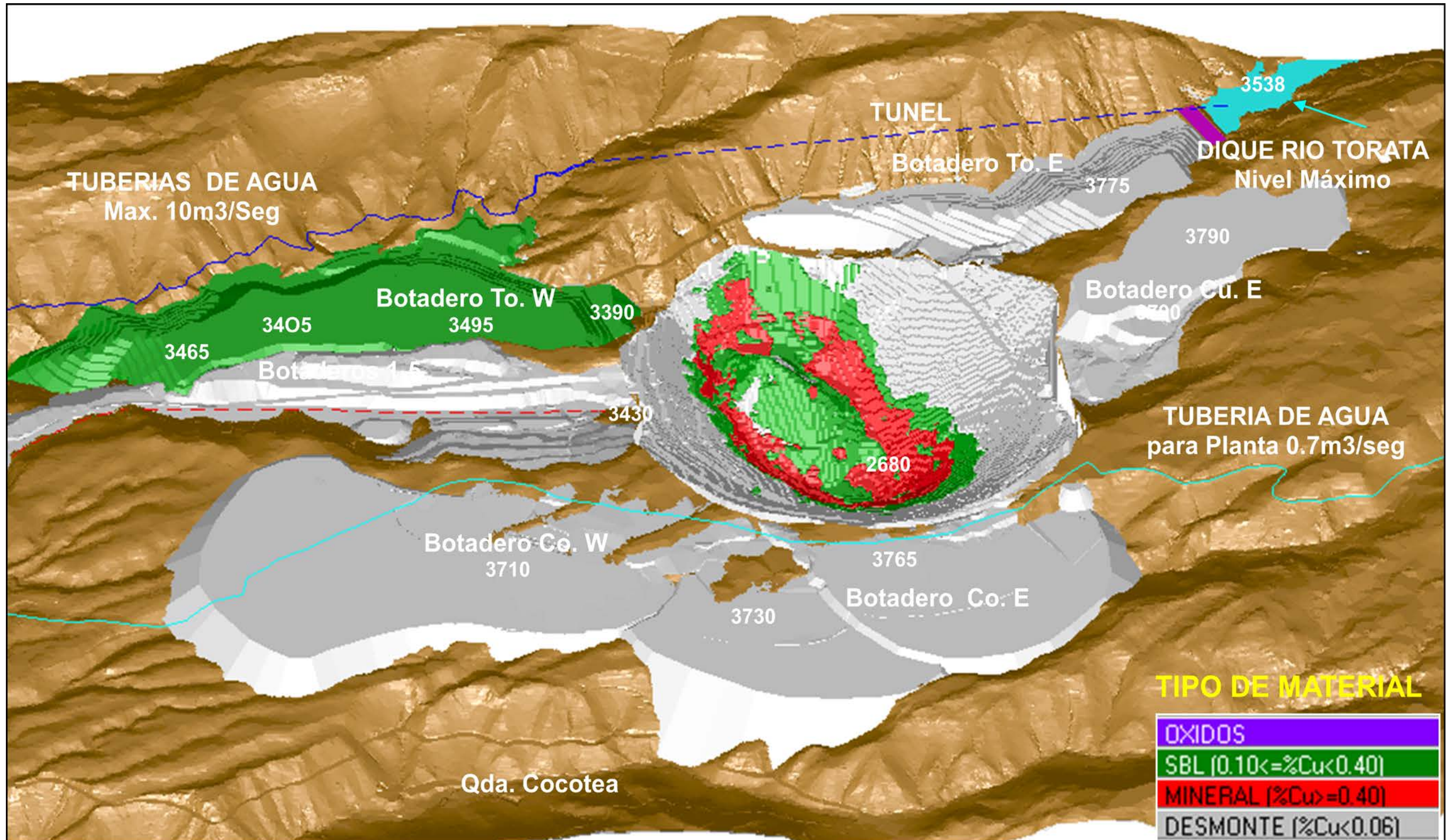


FIGURA 8: ZONA DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES

Fuente: Área de Ingeniería- Mina Cuajone

3.2.1 Perfiles de acarreo

Para acceder hacia el último nivel del tajo Cuajone de cota 3.190m.s.n.m se tiene dos rampas de acceso de orientación Norte y Sur. Ambas rampas tienen entre 8 y 9 % de gradiente respectivamente.

Generalmente en el fondo del tajo se presenta mineral de cobre, por lo que el destino de los volquetes son las tolvas de transferencia que se ubican en la cota 3.430, lo que significa que estos volquetes realicen un recorrido de 3 km.

La pala 1 se encuentra en la cota 3.100, por su menor capacidad de cucharón es el equipo adecuado de asegurar el envío de mineral de cobre hacia la planta chancadora. Normalmente la pala 3 ubicada en el nivel 3.275 trabaja en materiales de desmonte o sulfuros de baja ley, estos materiales son descargados por los volquetes en los botaderos denominados “botadero 5%”.

La pala 02, pala 04 y la pala 05 se ubican en la etapa de desbroce de material estéril llamada fase de minado 6 B, esta fase comprende el nivel 3700 y es principal área de explotación en la actualidad.

Las labores en la fase de minado 6B se iniciaron a principios del año 2011 utilizando los equipos de carguío de mayor capacidad por la necesidad de habilitar en un menor tiempo niveles inferiores que contengan minerales de cobre (sulfuros y óxidos)

La fase de minado 6 B comprende vías de acarreo entre 5% a 7%.de pendiente con un ancho mínimo de vía de 40 metros, los material extraídos que básicamente son estériles roca traquita y tova volcánica son transportados hacia los botaderos denominados “Viña Blanca” y “Cocotea” ubicados a una distancia de 5,5 km desde los puntos de carguío de las palas

Las vías de acarreo poseen bermas centrales y bermas laterales de 2 metros de altura, la finalidad es direccionar el tránsito de los volquetes en épocas de neblina.

Todas las vías de acarreo son lastradas con materiales escogidos especialmente de las zonas de transición de óxidos evitando así el desgaste prematuro de neumáticos. (Ver figura 9).

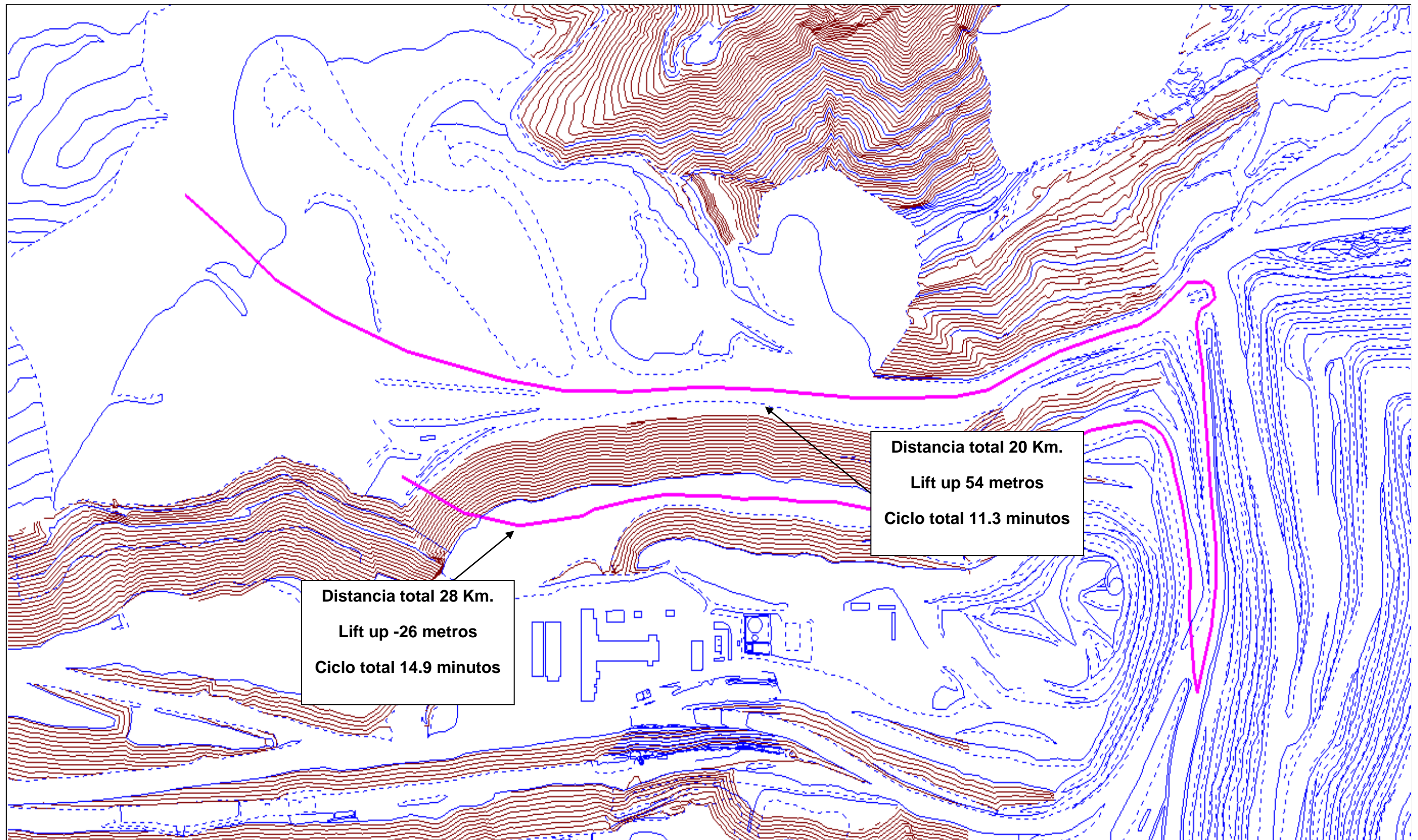


FIGURA 9: PERFIL DE ACARREO DEL BOTADERO TORATA ESTE
Fuente: área de ingeniería- Mina Cuajone

3.3 PARÁMETROS DE PLANEAMIENTO DE MINADO

En todo planeamiento de minado se debe considerar dos tipos de parámetros: los generales y los específicos.

Los parámetros generales son los aplicables a todos los depósitos de tipo diseminado de gran tamaño y ley de cobre relativamente baja muy similar al depósito de Cuajone.

Los parámetros específicos dependen de las características no comunes que cada yacimiento presenta, tales como morfología superficial, topografía, etc. Sin establecer estos parámetros sería imposible llevar a cabo la delineación y planeamiento necesario para la evaluación de reservas contenidas, más aun si la explotación de estas demandas inversiones deben ser compensadas por un adecuado retorno, que dependerá de un económico y eficiente abastecimiento de mineral.

En mina Cuajone se considera los siguientes parámetros para el respectivo plan de minado:

- Ángulos inter rampas (ángulo de bancos y bermas) acorde con recomendaciones geotécnicas y según los dominios estructurales.
- Altura de banco: 15 m.
- Ancho mínimo de minado: 75 m.
- Ancho de vías para volquetes: 40 m. (Incluye bermas de seguridad)
- Gradiente de rampa de diseño: 10%.

- Berma de Seguridad en las vías de acarreo $\frac{3}{4}$ partes de la altura de la llanta del volquete.
- Rampas de seguridad (alivio): 12% con un ancho de 20 metros.

3.4 FASES DE MINADO

La mina Cuajone está dividida en 8 ***pushbacks*** o fases de minado hasta llegar al límite final del tajo.

Las reservas del yacimiento se estiman de acuerdo a la información proporcionada por la perforación diamantina, donde se redefine el modelo de rocas y el modelo geológico.

Actualmente el departamento de ingeniería en el largo plazo trabaja con la metodología geoestadística del modelo de bloques utilizando un bloque de dimensiones 20x20x10 m con esta información se vuelve a definir los límites del tajo para diferentes escenarios de precios de cobre, luego se definirá el límite final de tajo y las secuencias óptimas de minado.

(Ver figura 10 y 11)

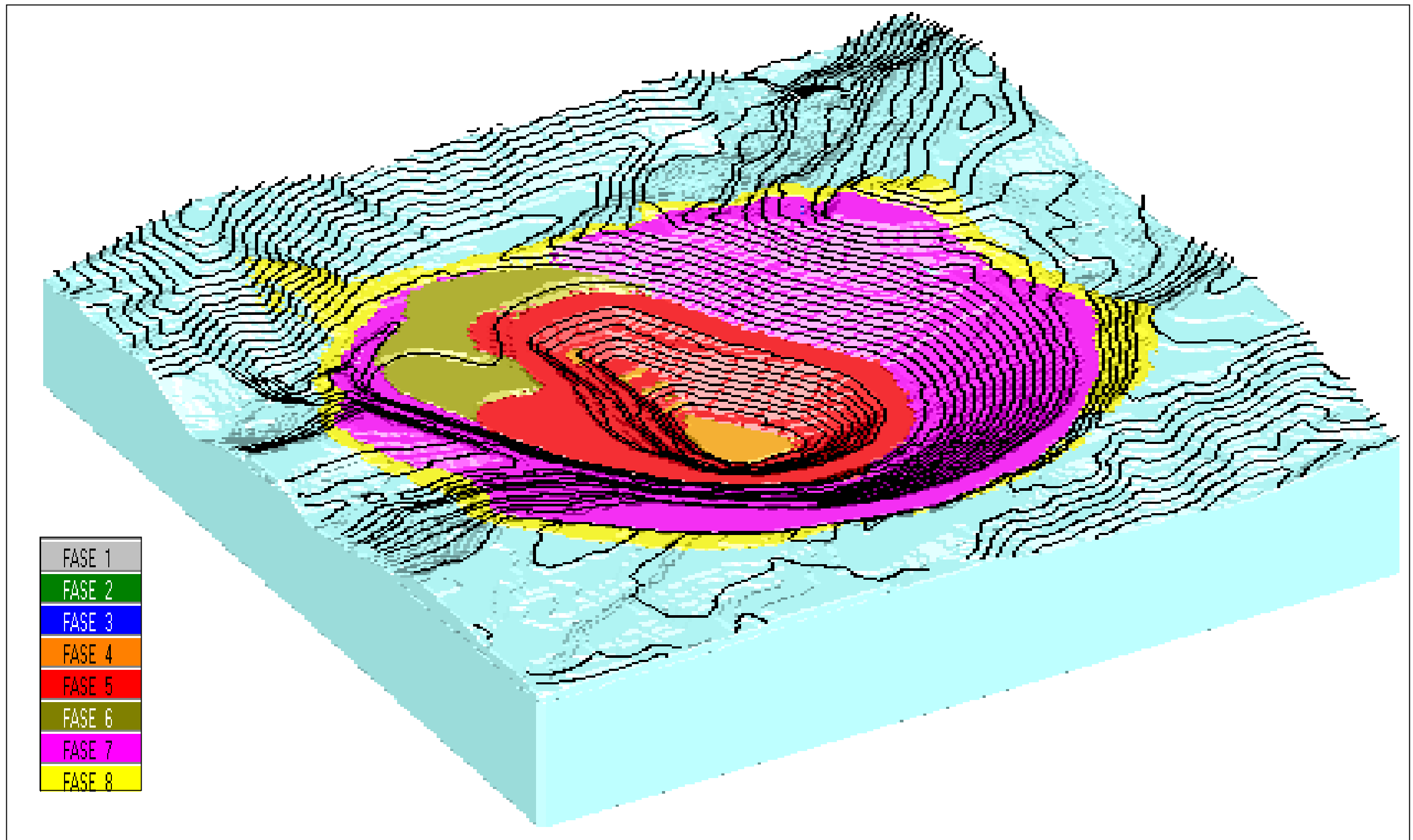


FIGURA 10: VISTA EN SECCIÓN DEL MODELO DE FASES DE MINADO

Fuente: área de ingeniería- mina Cuajone

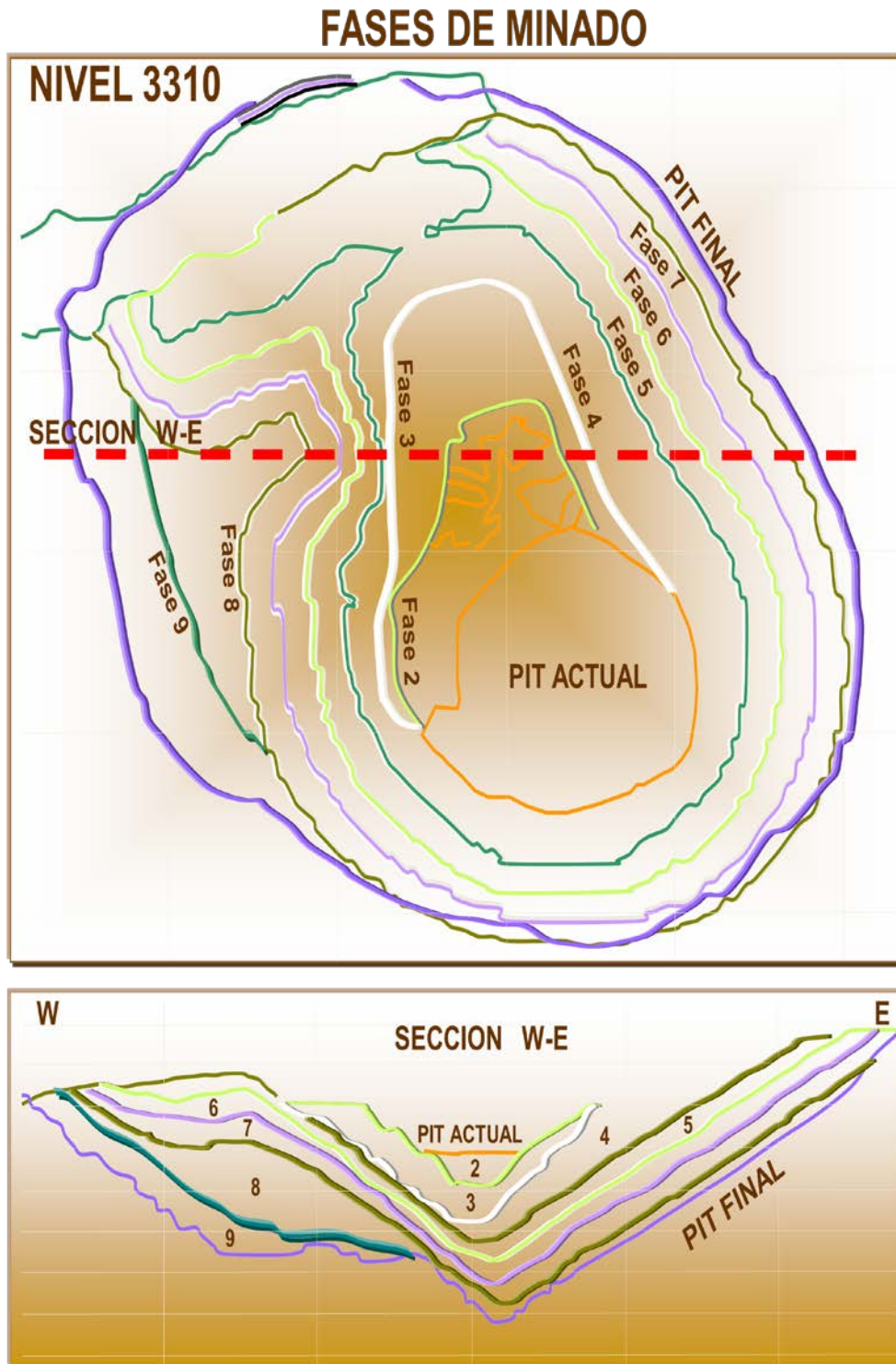


FIGURA 11: VISTA DE PLANTA Y TRANSVERSAL DE LAS FASES DE MINADO EN MINA CUAJONE

Fuente: área de ingeniería – mina Cuajone

3.5 DETERMINACIÓN DE LA PARED FINAL

La pared final está determinada por los siguientes factores:

- Tipo de yacimiento
- Ángulos de talud final
- Variables económicas
- Ley de corte.

En el caso de mina Cuajone al ser un tipo de yacimiento porfirítico la pared final está gobernada por parámetros económicos y varía según cambien estos parámetros.

Los ángulos de taludes finales, quedan establecidos por estudios de estabilidad basados en las condiciones geológicas de la roca, de tal manera que se obtiene la mayor cantidad de reservas, el menor desbroce de desmonte, y el máximo rendimiento económico.

Las variables económicas, consideradas son los precios de los metales de cobre y molibdeno, costos de los procesos de minado, recuperación del metal en el proceso de concentración, fundición y refinación.

La ley de corte, está definida por los mismos parámetros de la pared final, por lo tanto ambos factores son dinámicos. En rigor, una pared final para una variable económica fija tiene una sola ley de corte óptimo.

3.6 FACTORES QUE GOBIERNAN LOS PLANES DE MINADO ANUAL

Se han identificado los siguientes factores que gobiernan los planes de minado anuales:

El plan de minado debe de garantizar el nivel de producción, debe de proporcionar el mineral de cobre de acuerdo a la capacidad de tratamiento de la planta concentradora.

Cumplir el movimiento en tonelaje de otros materiales con la finalidad de garantizar el mineral disponible para el año siguiente.

La flota disponible de equipos: perforadoras, palas, volquetes, trenes y equipo auxiliar. Un plan anual no debe exceder el tonelaje que el equipo puede mover.

Disponibilidad mecánica y eléctrica, así como el porcentaje de utilización de los equipos.

Diseños de frentes de minado acorde a las dimensiones de los equipos, alturas de bancos y el mínimo de ancho de las plataformas operativas.

Ley de corte de mineral.

Estimado de variables económicas tales como la recuperación en planta concentradora.

3.7 PRECIO DE LOS METALES

Si bien el Perú es un país polimetálico, en los últimos años ha sido evidente que ha logrado consolidar su posición como segundo productor de cobre en el mundo con posibilidades de llegar a ocupar el primer lugar de concretarse la explotación de grandes yacimientos cupríferos que han sido localizados en diferentes lugares de nuestro territorio.

La comercialización al exterior de este mineral en el 2013 se ha incrementado en 0,3% con respecto al año 2012, el precio ha sido uno de los factores estímulos, la oferta interna y demanda externa son factores importantes, el inicio del proyecto Toromocho aumentaría la producción nacional del 2014 en un 10%, se estima que el precio del metal rojo fluctuaría en 3.26 dólares la libra.

Dentro de la operación de Cuajone se producen ingresos, principalmente, a tres minerales, estos metales son: cobre, molibdeno, y plata.

En el figura 12 se observa la variación del precio del cobre a través de los años, el precio del metal rojo alcanzó valores picos de 3.6 dólares la libra entre los años 2005 al 2009, la caída del precio de metal en los años 2001 al 2002 puso a prueba la continuidad de las operaciones mineras en Cuajone, para ello se adoptaron medidas para mantener bajos costos operativos de minado expresados en maximización de la utilización de flota mediante la mejor administración, la polifuncionalidad y capacitación constante del elemento humano.

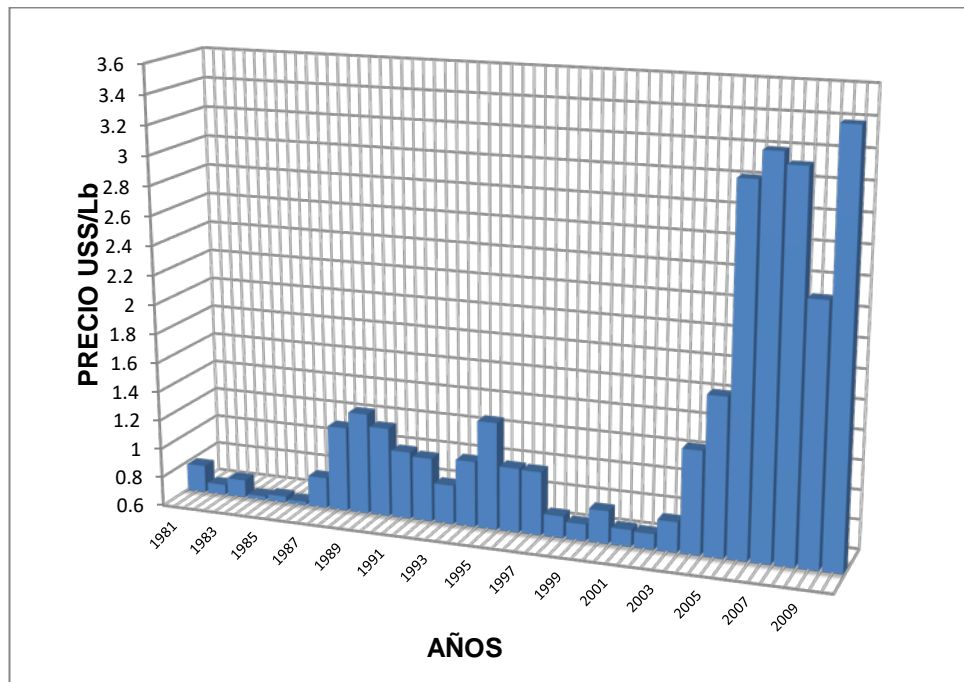


FIGURA 12: PRECIO DEL COBRE TENDENCIA EN LOS AÑOS
Fuente: informe de tendencia del mercado de cobre 2011-2012 - Gobierno de Chile.

3.8 COSTOS

Los costos generales considerados para estimar el gasto de producir cobre en *southern Perú* incluyen los costos tanto de mina, concentradora, refinería y fundición. Los costos de concentradora están en el rango de 3.51 dólares la tonelada (Ver tabla 6) mientras que los costos de fundición y refinería son de 0.09 dólares por cobre fino. (Ver tabla 7 y 8).

TABLA 6. COSTOS DE CONCETRADORA

CONCENTRADORA	Costo (\$)	Mineral t*1000	\$/t. Mineral
Costo de Operación	62,964,379	23,562	2.67
Costo Indirecto Concentradora	15,379,981	23,562	0.65
Costo de Supervisión	1,281,323	23,562	0.05
Costo Capital de Reposición	2,153,695	30,006	0.07
Costo Capital de Mantenimiento	1,875,200	30,006	0.06
Costo Total de Concentradora			3.51

Fuente: área de planeamiento a largo plazo mina Cuajone

TABLA 7: COSTO DE FUNDICIÓN Y REFINACIÓN

TRATAMIENTO	Cost (\$)	Cobre Fino Lb	\$/LbCu
Costo Operativo de Fundición	56,243,985	314,318,828	0.18
Costo Operativo de Refinería	13,897,288	314,318,828	0.04
Credito por Plata en Blister			-0.01
Credito por Plata en Cátodo			-0.06
Credito por Acido Sulfúrico			-0.07
Costo Total de Tratamiento			0.09

Fuente: área de planeamiento a largo plazo mina Cuajone

TABLA 8: COSTO DE MINADO

MINA	Costo (\$)	Material t*1000	\$/t. Mat
Perforación y disparo	11,693,021	96,136	0.12
Carguío	9,025,980	96,136	0.09
Acarreo por volquetes	32,514,951	96,136	0.34
Caminos y Botaderos	8,021,973	96,136	0.08
Costos Generales	6,825,247	96,136	0.07
Costos Directos de Minado	68,081,173	96,136	0.71
Costos Indirectos Variable	462,702	96,136	0.00
Costo Capital de Reposición	27,853,796	119,048	0.23
Costo Capital de Mantenimiento	4,700,300	119,048	0.04
Costo Base de Minado			0.99

Fuente: área de planeamiento a largo plazo mina Cuajone

Los costos de los proceso de minado se ven afectados por diversos factores, estos pueden ser externos como las alzas en el precio de los combustibles, insumos, escases de llantas o factores internos como caminos, carreteras, planeamiento inadecuado etc. (ver figura 13)

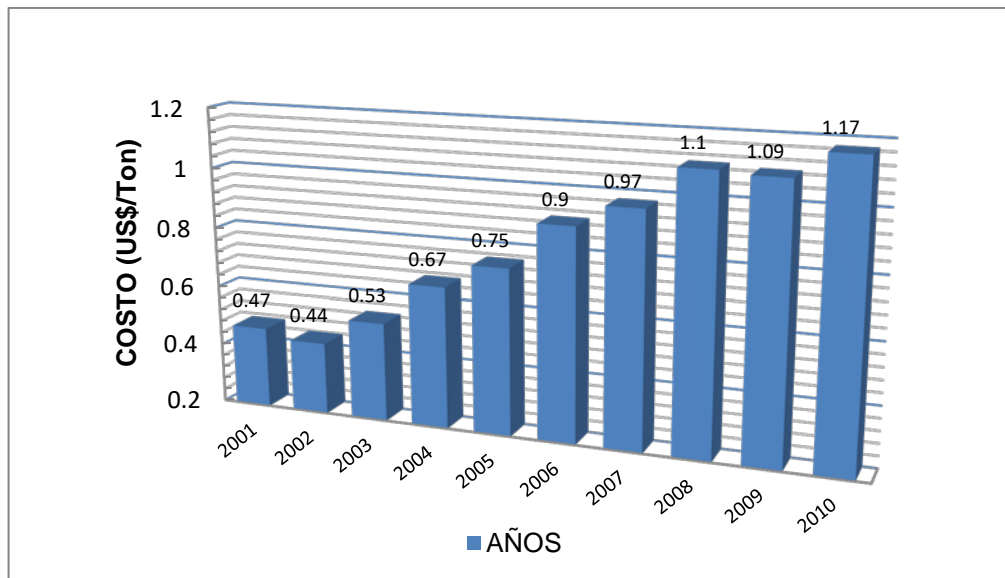


FIGURA 13.VARIACIÓN DE COSTO DE MINADO MINA CUAJONE
Fuente: área de planeamiento a largo plazo mina Cuajone

En mina Cuajone se ha visto la necesidad de optimizar los procesos de minado uno de ellos como es el de acarreo de volquetes que representa el 41% del total de los costos directos de minado

El costo de acarreo es uno de los costos más elevados debido al consumo de combustible por los volquetes, los costos de los neumáticos dentro de la estructura de costos de acarreo representan el 30%.

Es importante mencionar que los costos de acarreo están en función de la distancia de acarreo que deben de recorrer los volquetes. (Ver figura 14).

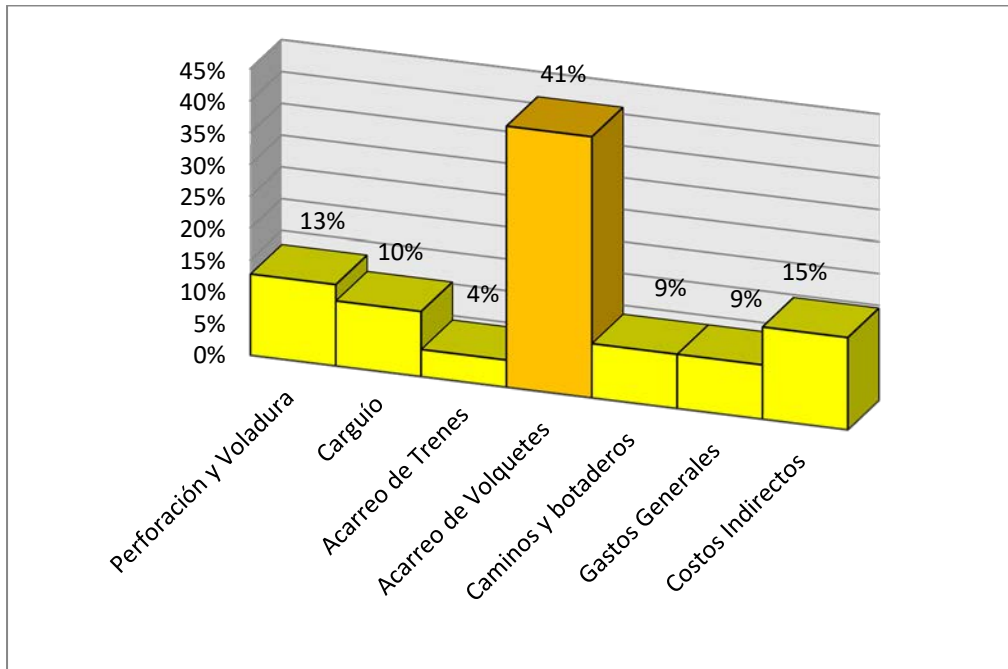


FIGURA 14: COSTO DE MINADO MINA CUAJONE

Fuente: anuario de productividad 2012 - gerencia operaciones Cuajone

3.9 LEYES

Al iniciar las operaciones de minado en el año 1976, mina Cuajone extraía leyes de cobre mayores a la unidad el nivel de producción estaba basada para cubrir la demanda del mercado Estadounidense.

Posteriormente se aprovecharon leyes en promedio de 1.2% en cobre, el tonelaje minado fue incrementándose por las apertura de mercados externos, adquiriéndose maquinarias de mayores capacidades con la finalidad de satisfacerla demanda internacional.

A la fecha en mina Cuajone se extrae leyes anuales promedios de 0.63% de cobre, y 0.018% de molibdeno.

Mina Cuajone extrae treinta y uno millones de toneladas anuales de mineral de cobre a planta concentradora. (Ver figura 15 y 16)

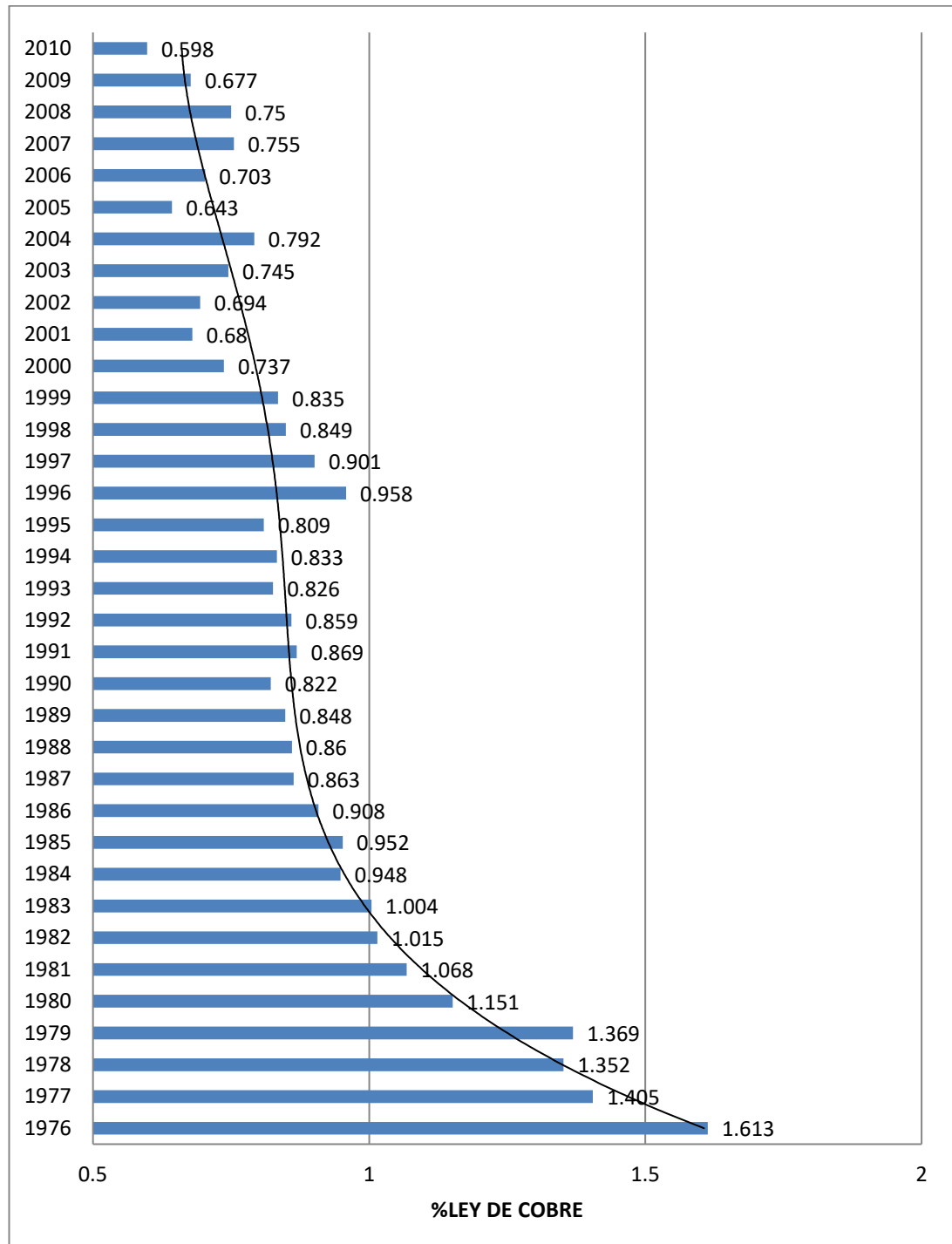


FIGURA 15: LEY DE COBRE MINADO EN CUAJONE A TRAVÉS DE LOS AÑOS

Fuente: anuario de productividad 2012- gerencia de operaciones Cuajone

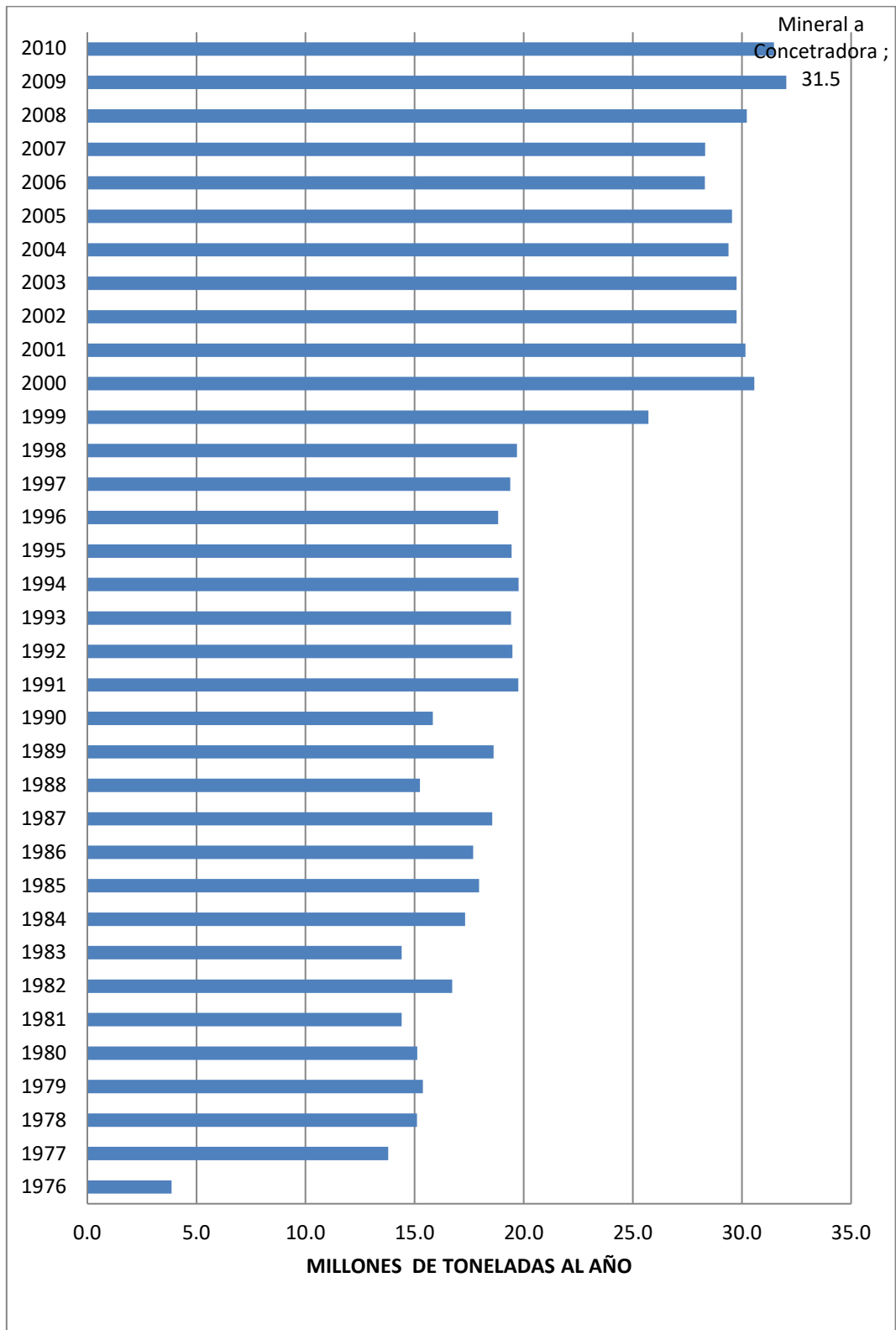


FIGURA 16: TONELAJE DE MINERAL ENVIADO POR AÑOS A CONCENTRADORA CUAJONE

Fuente: anuario de productividad gerencia de operaciones Cuaajone

CAPITULO IV

RED INALÁMBRICA Y POSICIONAMIENTO SATELITAL

4.1 RED INALÁMBRICA EN MINA

Mejorar los procesos operativos en mina Cuajone ha significado optimizar el uso de dos herramientas tecnológicas importantes: La red de comunicaciones y el sistema de despacho en mina.

La anterior red de comunicaciones con que se contaba en mina Cuajone era de frecuencia de radio y trabaja en la banda UHF 460 MHz originando problemas de congestión de voz, poca información en datos y gráficas.

Para el diseño y configuración de la red inalámbrica se consideró la ubicación geográfica particular del tajo ya que es una excavación profunda de centenares de metros y radio aproximado de 1 km, otro factor que se consideró en el diseño y configuración fue las condiciones climáticas que se presentan en la zona como las severas lluvias, descargas eléctricas especialmente en los meses de Enero, Febrero y Marzo.

La actual red inalámbrica en mina cumple con tres requisitos importantes:

- Tecnología estándar 802.11
- Bandas de operación 2400-2483.5MHz y 5725 – 5850 MHz
- Equipos homologados por el ministerio de transporte y comunicaciones.

El número de usuarios de la red de comunicaciones es 85, siendo estos usuarios móviles (volquetes, trenes, camiones, cargadores frontales) y usuarios fijos (palas, tolvas de transferencias).

La red inalámbrica soporta el nuevo sistema de despacho de equipos de mina, se viene evaluando otros posibles usos como: topografía de la mina en tiempo real cargando la data a un servidor, monitoreo de los medidores de energía en las subestaciones eléctricas vía remoto, transmisión de información de los controles lógicos programables de las palas en tiempo real, monitoreo de los signos vitales de las palas y volquetes vía remoto, uso de computadoras portátiles por parte de la supervisión en mina.

La actual red de comunicaciones inalámbrica permite el transporte de voz, datos y videos con mejor calidad de servicio, su cobertura alcanza un área rectangular aproximada de 4,5 Km. por 9 Km. (40.5 Km²) y comprende: el área de la mina, planta concentradora y zonas de lixiviación, dando mayor importancia al área de mina en donde la cobertura es de 12,3 Km². (Ver figura 17)

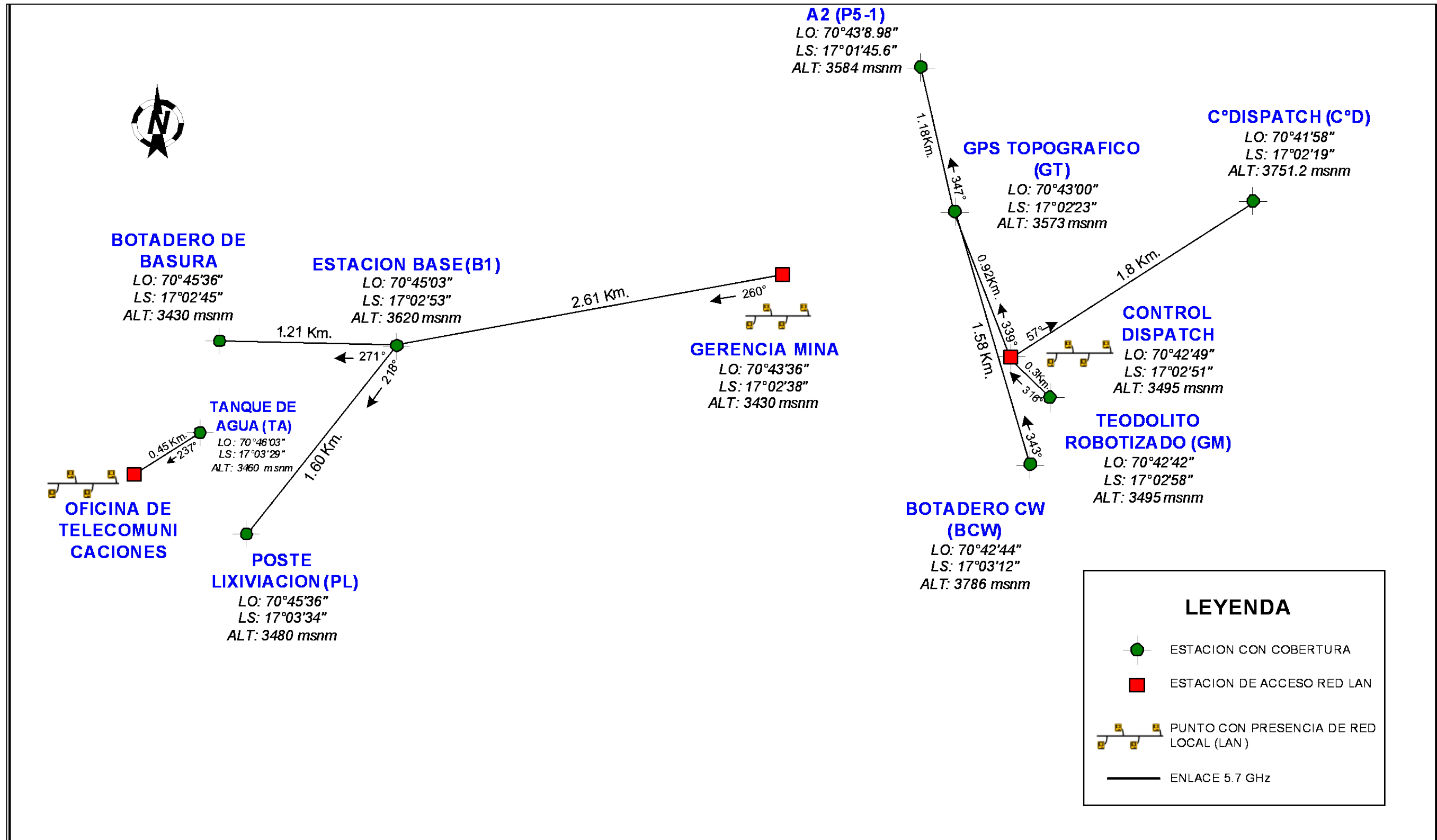


FIGURA 17: RED INALÁMBRICA MINA CUAJONE
 Fuente: área tecnología de la información – mina Cuajone

4.2 POSICIONAMIENTO SATELITAL EN MINA CUAJONE

Es importante aclarar que la expresión GPS (sistema de posicionamiento satelital) se aplica solamente a sistemas dependientes del departamento de defensa de los Estados Unidos y a sus satélites NAVSTAR (*navigation satellite timing and ranging*).

En una forma correcta uno debería hablar de sistemas de posicionamiento satelital como dos sistemas disponibles se encuentran NAVSTAR y el sistema de la federación Rusa GLONASS (*global navigation satellite system*).

El sistema NAVSTAR consiste de una constelación de 24 satélites orbitando la tierra a una altitud cercana a los 20.000 km. Los satélites viajan en una de sus seis orbitas diferentes, y cada satélite orbita la tierra aproximadamente dos veces por día.

El sistema GLONASS provee una constelación de 16 satélites presentando serios problemas con la calidad de las señales transmitida.

Actualmente la Unión Europea está desarrollando su propio sistema de posicionamiento por satélite denominado Galileo.

A su vez, la República Popular China está implementando su propio sistema de navegación, el denominado Beidou, se prevé que cuente con treinta satélites para el año 2020. (Ver figura 18)

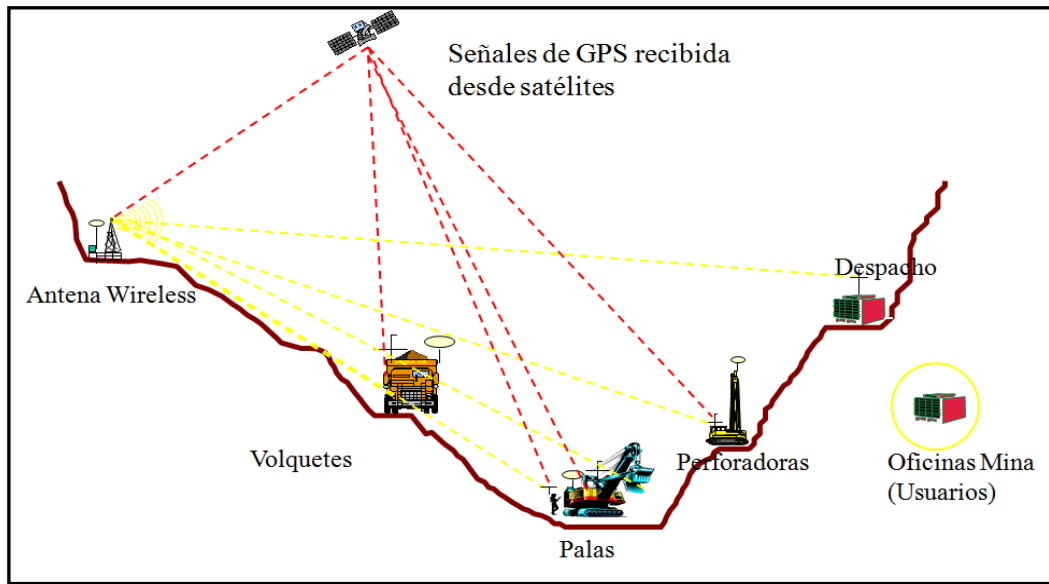


FIGURA 18: SISTEMA DE POSICIONAMIENTO SATELITAL

Fuente: presentación del área - mina Cuajone

4.3 APLICACIONES DEL POSICIONAMIENTO SATELITAL

Existe un interés creciente por parte de la minería superficial de todo el mundo de aplicar el sistema de posicionamiento satelital a todas las actividades involucradas en sus procesos, los avances que se han dado en la topografía, administración de flota de volquetes y navegación de palas y perforadoras se ha visto limitada por la cobertura directa de los satélites

En minería superficial el equipo de minado no necesariamente tiene cobertura con la torre de control por lo que se ha visto en la necesidad de contar con repetidoras portátiles para que la información pueda llegar oportunamente.

Las aplicaciones del sistema de posicionamiento satelital en minería se describen a continuación:

4.3.1 Sistema de baja precisión.

El sistema satelital de baja precisión se usa en minería para la ubicación de equipos, caminos y ubicación de puntos topográficos necesarios para la actualización del avance en la descarga de los materiales en las zonas conocidas como botaderos.

En Cuajone todos los componentes interfases con que cuenta el sistema de administración de flota *Jigsaw* cuentan con el sistema de satelital de baja precisión.

Actualmente los volquetes en mina Cuajone poseen el sistema de posicionamiento satelital de baja precisión con una precisión de ubicación de 7 a 10 metros de distancia suficiente para la generación de la nube de puntos utilizada por el sistema de administración de flota para la construcción y actualización de las rutas gráficas que se muestran en los paneles digitales colocados en los volquetes.

La operación en Cuajone se realiza de la siguiente forma: los receptores en los volquetes continuamente toman posiciones usando las señales de los satélites, estas posiciones son procesadas en cada componente ubicado en cada volquete o pala y luego son enviadas al sistema central o computadora central para determinar la mejor ruta y la correcta asignación de los volquetes.

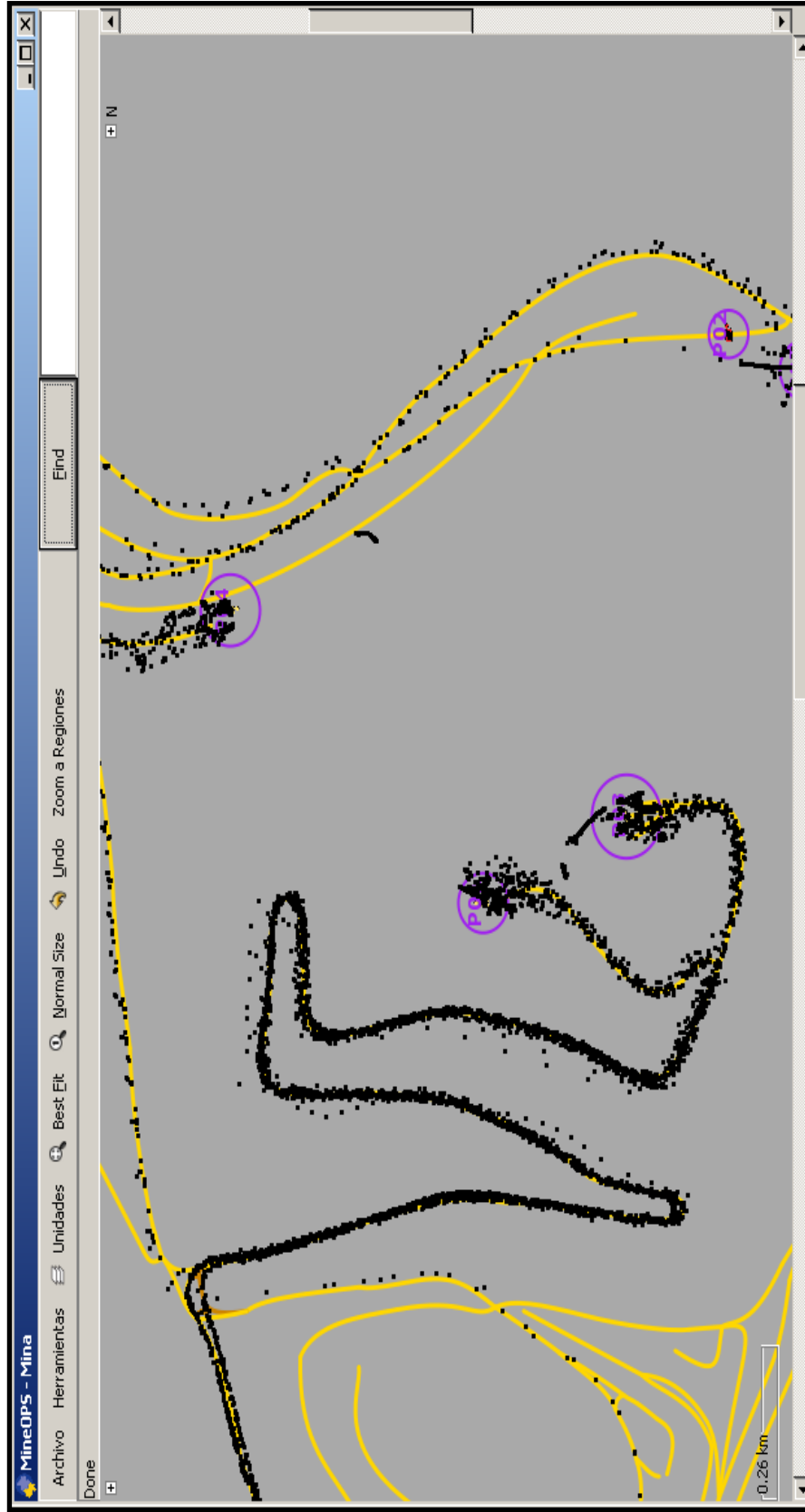


FIGURA 19: PUNTOS VIRTUALES DE GPS: TRÁNSITO DE VOQLUJETES

Fuente: administración Jigsaw- mina Cuaajone

4.3.2 Sistema de alta precisión.

El sistema de posicionamiento satelital de alta precisión cumple dos funciones importantes:

- En palas: manejo de niveles de bancos o pisos.
- En perforadoras: ubicación de puntos de perforación.

El sistema de alta precisión está compuesto por los siguientes módulos:

a) Módulo de control de pisos.

Este módulo muestra al operador de la pala lecturas de las alturas del piso sobre las orugas del equipo, para asistir en el control de la gradiente el sistema muestra en el panel las elevaciones indicando si las orugas se encuentran por encima o por debajo del nivel correcto, esta acción disminuye el tiempo de trabajo de los topógrafos, supervisores, así como horas de utilización de equipos auxiliares.

b) Módulo de control de dilución y avance.

El posicionamiento correcto del cucharón de la pala permite al operador ver en su consola los polígonos y avances específicos de minado en el cual se esté trabajando, aún cuando sea de noche o en condiciones climáticas adversas.

El módulo reporta al sistema de administración de flota que tipo de material se está cargando.

Los trabajos de encintado y estacado de los polígonos de minado se realizan como una forma de verificación de la precisión del sistema (Ver figura 20).

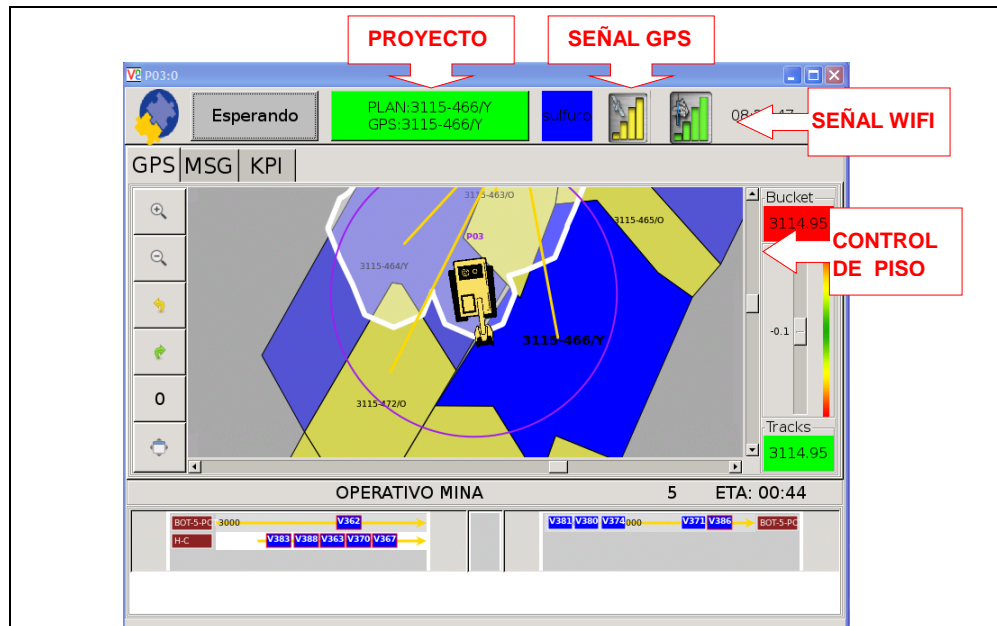


FIGURA 20: PANTALLA JIGSAW - OPERADOR DE PALA
Fuente: administración Jigsaw – Mina Cuajone.

c) Módulo de precisión para perforadora.

El módulo de posicionamiento satelital de alta precisión para perforadoras provee al sistema de administración de flota la ubicación y altura de taladros de perforación, el plano de diseño de malla de perforación es cargado al sistema de administración conteniendo los archivos con las coordenadas que son observados en el panel de control de la perforadora.

De esta manera el operador pueda cuadrarse desde la cabina sobre el taladro próximo que va a perforar con precisión. (Ver figura 21).

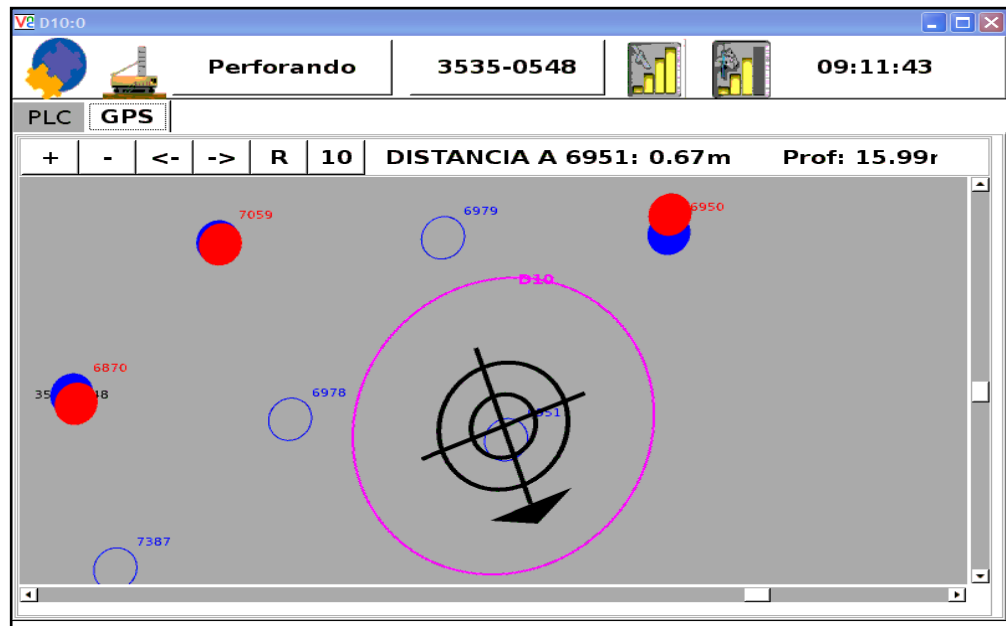


GRÁFICO 21: PANTALLA JIGSAW-OPERADOR DE PERFORADORA

Fuente: administración Jigsaw - mina Cuajone

d) Módulo de signos vitales

Este módulo permite monitorear en tiempo real el trabajo de cada componente de un volquete alertando al computador central del sistema de administración de flota.

Mediante este módulo se obtiene una data histórica para su posterior análisis, esta data puede ser temperaturas, revoluciones por minuto, niveles permisibles, horas trabajadas, velocidades etc. Los equipos con que se cuenta en Cuajone poseen una interfase computarizada para el caso de la flota de volquetes *Caterpillar* VIMS por sus siglas en inglés (*vital information machine system*) o en la flota de volquetes *Komatsu* PLMII (*payload meter*)

El módulo de signos vitales predice necesidades de mantenimiento, permite solucionar problemas potenciales antes de una costosa pérdida de tiempo por reparación de componentes de equipos, contribuyendo a incrementar la disponibilidad de los equipos. (Ver figura 22)

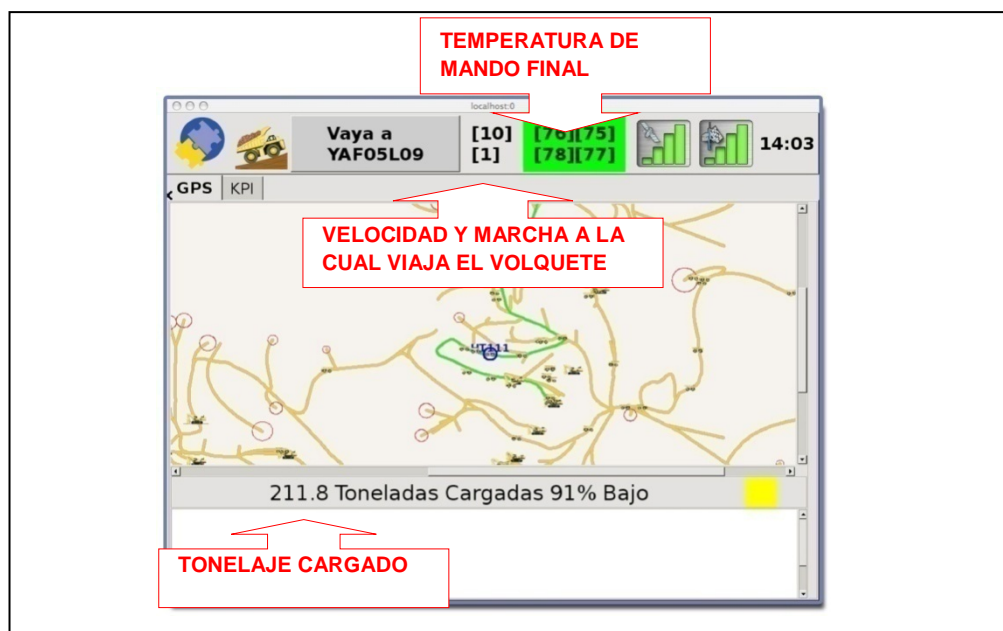


FIGURA 22: PANTALLA JIGSAW-OPERADOR DE VOLQUETE

Fuente: administración Jigsaw - mina Cuajone

e) Modulo administración de neumáticos

El módulo de administración de neumáticos está en proceso de implementación, proporcionará información en tiempo real de los kilómetros recorridos así como las horas trabajadas por el neumático según la posición en el volquete.

El módulo tiene como finalidad determinar el tonelaje kilómetros por hora del neumático y compararlo con los valores que proporciona el fabricante, emitiendo una alarma al centro de control del sistema de administración de flota indicando que la llanta está al límite de trabajo y que acción se tomará al respecto. (Ver figura 23)

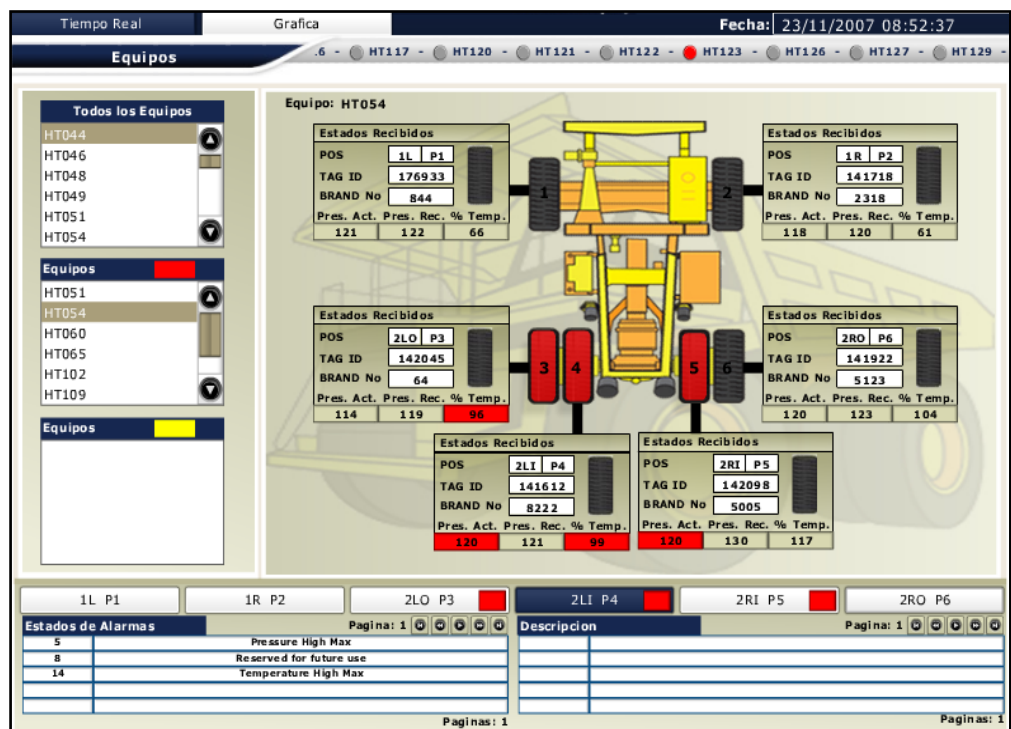


FIGURA 23: PANTALLA DE MONITOREO TKPH NEUMÁTICODE VOLQUETES

Fuente: administración Jigsaw – mina Cuajone

CAPITULO V

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DESPACHO JIGSAW MINEOPS

5.1 GENERALIDAD

El sistema de administración de flota *Jigsaw MineOps* es un sistema de control de procesos que utiliza tecnología del sistema de posicionamiento satelital (GPS), comunicaciones de datos, programación lineal y dinámica para proporcionar asignaciones óptimas y automáticas a los volquetes de acarreo en las minas.

Este nuevo sistema de despacho posee tecnología de comunicación abierta (*wireless*) utiliza un lenguaje de programación común para hacer consultas directas a las bases de datos proporcionando soluciones basadas en plataformas *web* y acceso a los datos a través de un navegador de red.

Este sistema posee una pantalla de comunicación amigable y flexible para los operadores de los equipos, pantallas táctiles con menús y submenús para el ingreso de los eventos.

Se describirá en forma detallada el funcionamiento del nuevo sistema de despacho de volquetes.

5.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema de administración de flota *Jigsaw* utiliza una arquitectura de base de datos distribuida jerárquicamente.

Cada dispositivo que se encuentra ubicado en los equipos proporciona una copia replicada en tiempo real de la base de datos conteniendo el estado actual de la totalidad de la operación en mina.

Esta base de datos proporciona información al sistema de administración de flota dando soluciones gráficas y de asignación a los diferentes equipos.

Esta base de datos incluye lo siguiente:

- Estado y posición actual de todos los equipos en mina
- Soluciones basadas en programación lineal.
- Red de Caminos actuales.
- Ubicaciones de botaderos.
- Datos de operadores con registros y equipos que puedan operar
- Datos de eventos ingresados por los operadores en las transacciones de los paneles gráficos para ser replicados al servidor central.

Cada equipo en mina mantiene automáticamente su actividad actual, posición y actividad, diferenciándose de los sistemas pasados de administración de flota que utilizaban un servidor central de comunicación.

El sistema de administración de flota *Jigsaw* no requiere de un 100% de comunicaciones con el servidor debido a que la lógica para realizar transacciones de rutina como son las llegadas, asignaciones, carga y descarga de los equipos son llevadas a cabo por el software del equipo y no a través de comunicaciones con el servidor central. Además, debido a que los datos de turno son generados en el equipo y guardados en la base de datos replicada, los datos no se pierden por errores en los fallos de comunicación y los tiempos representan tiempos exactos de la ocurrencia de eventos aun cuando no exista comunicación entre equipo y servidor.

La arquitectura distribuida se refleja en el servidor central. A diferencia de sistemas antiguos que ejecutan un proceso central de mensajes único para procesar las transacciones de bajo nivel, el servidor central de administración de flota realiza las siguientes funciones:

- Replicación de tablas de base de datos a clientes inalámbricos.
- Compuerto de la solución de optimización, programación lineal.
- Compuerto de asignación óptima de volquetes programación dinámica.
- Aplicación de acceso a base de datos para usuarios de oficina.
- Compuerto de indicadores de rendimiento y generación de reportes.

A continuación se describe la arquitectura del sistema de administración de flota:

- a) Red inalámbrica:** esta tecnología es el medio de comunicación inalámbrica con todos los equipos de mina utiliza el estándar 802.11

cuyas cualidades son de tener un mayor rango de frecuencia y mayor capacidad de transferencia de información.

- b) Red corporativa:** esta red provee acceso directo de información a los diversos usuarios del sistema de administración de flota.
- c) Servidor de aplicaciones:** proporciona toda la información gráfica que son utilizadas tanto por los operadores de los equipos y controladores del sistema.
- d) Servidor de reportes:** proporciona toda la data de la base de datos replicados.
- e) Servidor data base:** este servidor es el encargado de recolectar y formar la base de datos en tiempo real. Acumula todas las transacciones y eventos posibles generados debido a la actividad de los equipos y a los estados que son ingresados por los operadores de los equipos.(Ver figura 24)

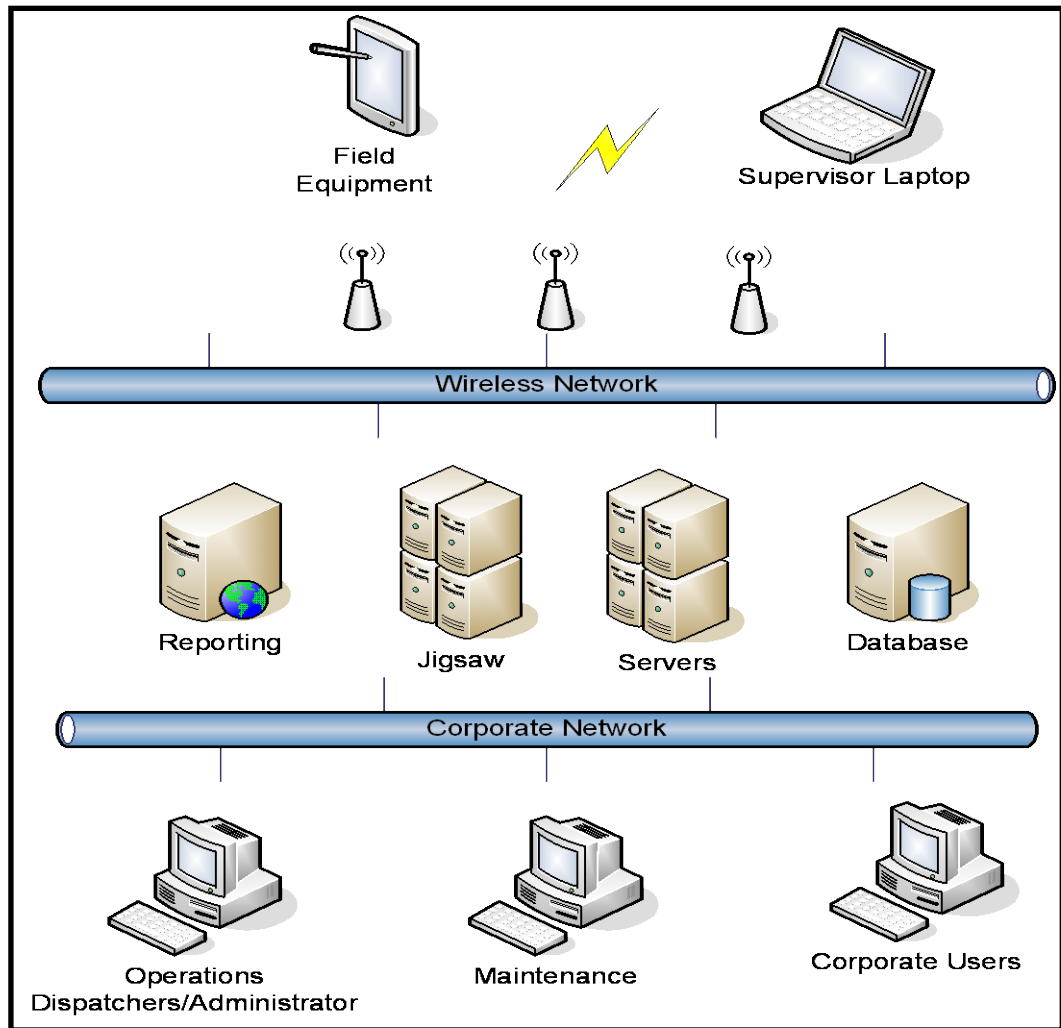


FIGURA 24: ARQUITECTURA DEL SISTEMA JIGSAW

Fuente: manual de optimización Jigsaw – mina Cuajone

5.3 COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema de administración de flota *Jigsaw* requiere de numerosos y variados componentes físicos para su funcionamiento en forma confiable y óptima, estos componentes se detallan a continuación:

a) JS Hub:

Es un computador con gran capacidad de memoria, contiene todo el *software* relacionado con el sistema de navegación de todos los

equipos mineros, proporciona en tiempo real la posición de los equipos dentro de la mina ya que transfiere la información por el receptor de comunicación satelital GPS, adicionalmente interpreta toda la data en la interacción que se produce con el operador del equipo a través del panel gráfico.

b) JS Panel:

El componente *JS panel* es la consola gráfica que los operadores de los equipos utilizan, esta consola es sensible al tacto, es decir que su interacción es mediante la presión de los dedos directamente sobre la pantalla.

Los eventos que se producen en la operación diaria son ingresados mediante menús y submenús despegables.

c) Antenas y receptor gps:

Estos componentes físicos reciben información desde el satélite, de posicionamiento en tres dimensiones, el equipo consta de dos antenas cada una conectada a un receptor de posicionamiento satelital que va almacenando las diversas ubicaciones de los equipos como el caso de las palas calculará la ubicación de minado del cucharón para determinar el avance del equipo. (Ver figura 25)

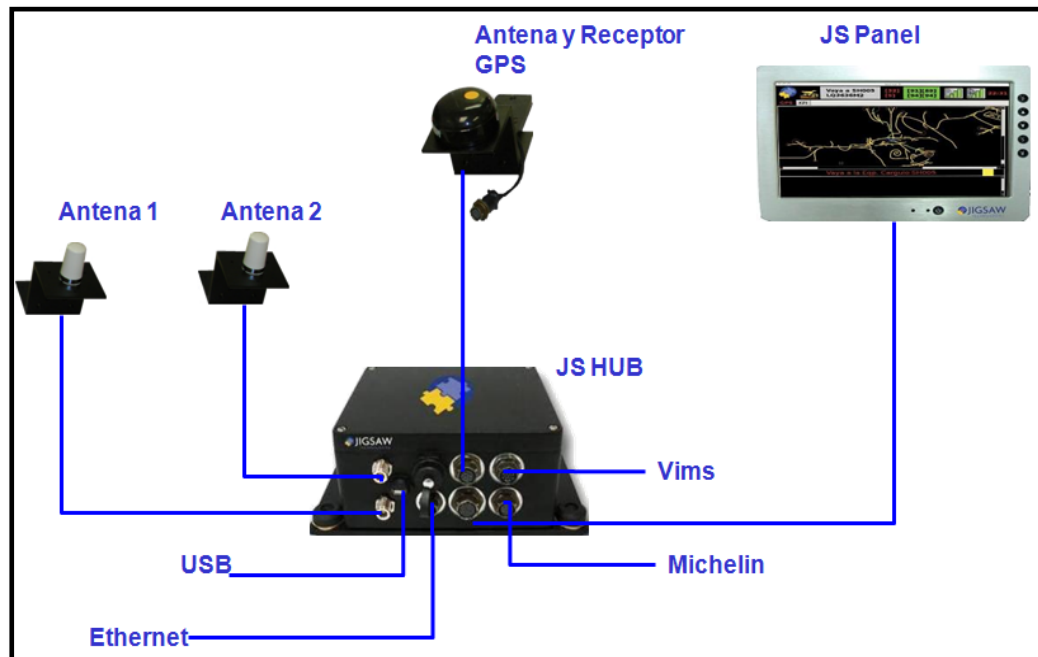


FIGURA 25: COMPONENTES DEL SISTEMA JIGSAW
Fuente: manual de optimización Jigsaw –mina Cuajone

5.4 LÓGICA DEL SISTEMA

La lógica de programación del sistema de administración de flota debe de cumplir ciertos requisitos para que los cálculos mediante algoritmos determinen las asignaciones óptimas de los equipos maximizando la producción y minimizando las demoras.

5.4.1 Estados de los equipos, destinos, zonas

La lógica del sistema de administración de flota necesita asegurar que todos los equipos como las palas y volquetes se encuentren ingresados al sistema en el estado correcto; se presentan los siguientes estados: para la programación:

- Estado operativo.

- Estado Mecánico-eléctrico.
- Demoras (colas en palas, servicio de grifo, etc.)
- Stand by (programado, y no programando)

Para el uso correcto de la lógica del sistema de administración de flota los destinos de los equipos deben encontrarse habilitados y configurados de acuerdo al tipo de material (sulfuros, óxidos, mineral, desmonte) de esta manera el sistema de despacho *Mineops* realiza las asignaciones conforme a lo planificado y evitando destinar materiales hacia zonas de descargas inadecuadas.

5.4.2 Parámetros de carguío

a) Factor de cobertura de pala

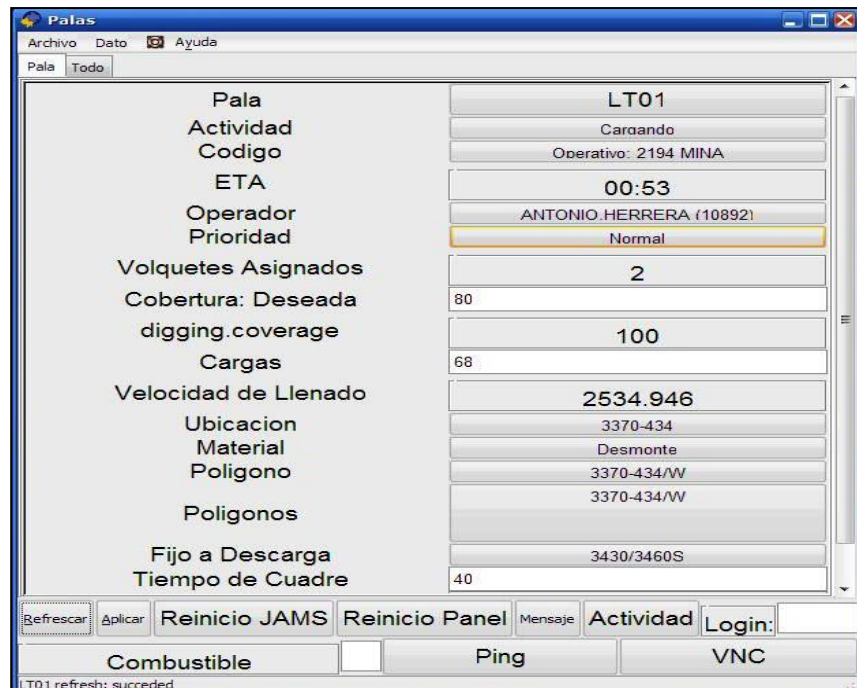
El sistema de administración de flota *Jigsaw* soporta un factor de porcentaje de cobertura para cada pala. Configurar el factor de cobertura de menos de 100% permite que la operación minera cubra las palas con altas prioridades, distribuyendo la cobertura sobrante entre las palas con menor prioridad. Los factores de cobertura pueden ser también mayores del 100% para asegurar el mínimo tiempo de espera para palas con alta prioridad.

Una de las variables utilizadas en el sistema de despacho *Jigsaw* es el porcentaje de cobertura para cada pala en su

respectiva ruta, por ejemplo si la tasa de excavación de una pala es 3.000 t/h y aplicamos un porcentaje de cobertura de 50%, el requerimiento aplicado a la solución de la programación lineal sería 1.500 t /h.

Entonces si se tiene una pala con una capacidad o tasa de excavación muy grande se puede modificar el porcentaje de cobertura para que de esta forma las palas con menores capacidades puedan ser utilizadas, es posible que la pala con la tasa de excavación más grande consuma todos los recursos de transporte en un escenario con escasez de volquetes. Debido a que pueda existir la necesidad de acarrear el material que las palas con menor tasa de excavación están excavando, sería necesario reducir el porcentaje de cobertura de la pala con alta tasa de excavación permitiendo de esta forma la asignación de volquetes a las palas con menor tasa de excavación, satisfaciendo de esta forma el requerimiento de mezcla.

La figura 26 un cargador frontal denominado LT01, en donde se ha asignado dos volquetes, con una cobertura del 80% obtiene una producción de 2.534,9 t/h. la variable ETA que muestra el panel es el tiempo que tarda un volquete en llegar al cargador. (Ver figura 26).



**FIGURA 26: PANTALLA DE CONTROLADOR
COBERTURA DE PALA**

Fuente: administración Jigsaw – mina Cuajone

b) Requerimiento de capacidad

Para crear los requerimientos de capacidad las variables y parámetros más importantes a considerar son:

- Porcentaje de cobertura.
- Tasa de excavación objetivo para palas
- Capacidad para descargas.

Dichos valores afectan directamente la creación de los requerimientos de capacidades, incrementando o disminuyendo el requerimiento de capacidad, los tiempos de cuadrado del volquete y las tasas de excavación de palas son

calculadas en tiempo real, por consiguiente menores tiempos de cuadrado del volquete se tendrá mayor productividad.

Entre mayor sea la tasa de excavación objetivo, mayor será la capacidad en toneladas hora, y mayor porcentaje de cobertura el requerimiento de capacidad será mayor, por ende el sistema de administración de flota favorecerá las rutas más cortas al momento de determinar la ruta más necesitadas. (Ver figura 27)

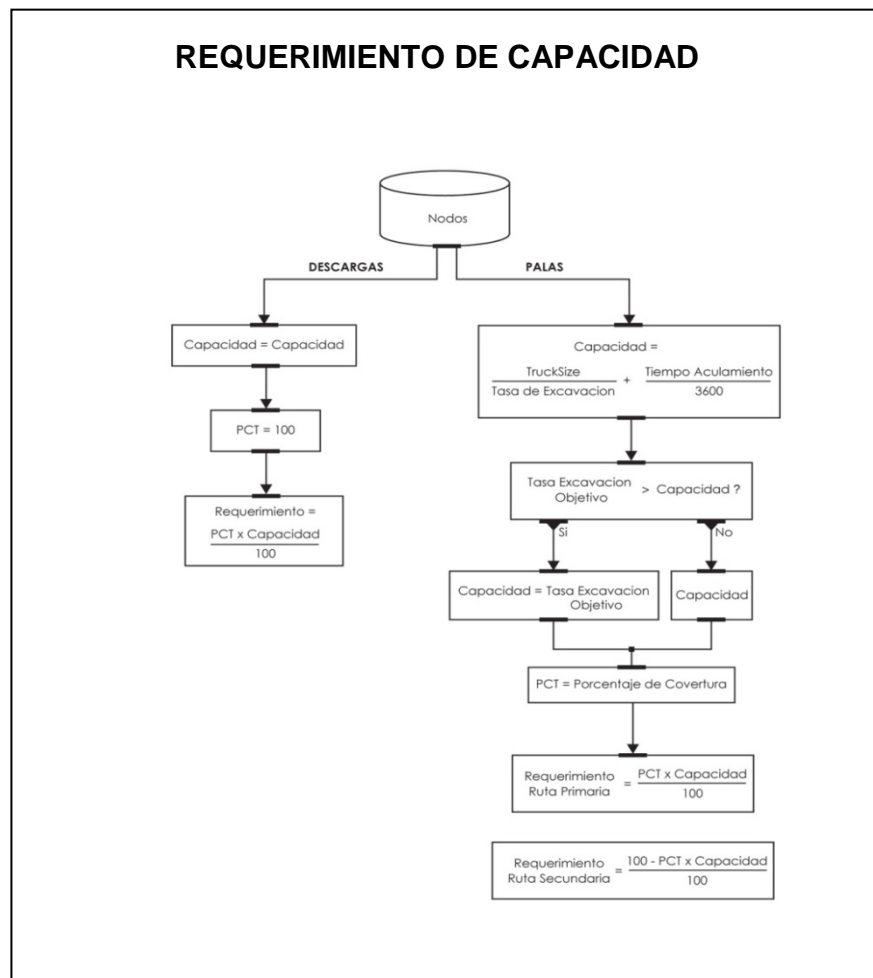


FIGURA 27: REQUERIMIENTO DE CAPACIDAD
Fuente: manual de optimización Jigsaw - mina Cuajone

c) Factor de prioridad de pala

El factor de cobertura de pala se calcula basado en el porcentaje de cobertura y la prioridad de pala. Primeramente se obtiene la cobertura de pala para después ser multiplicada por el valor asociado a la prioridad de la pala (Ver figura 28)

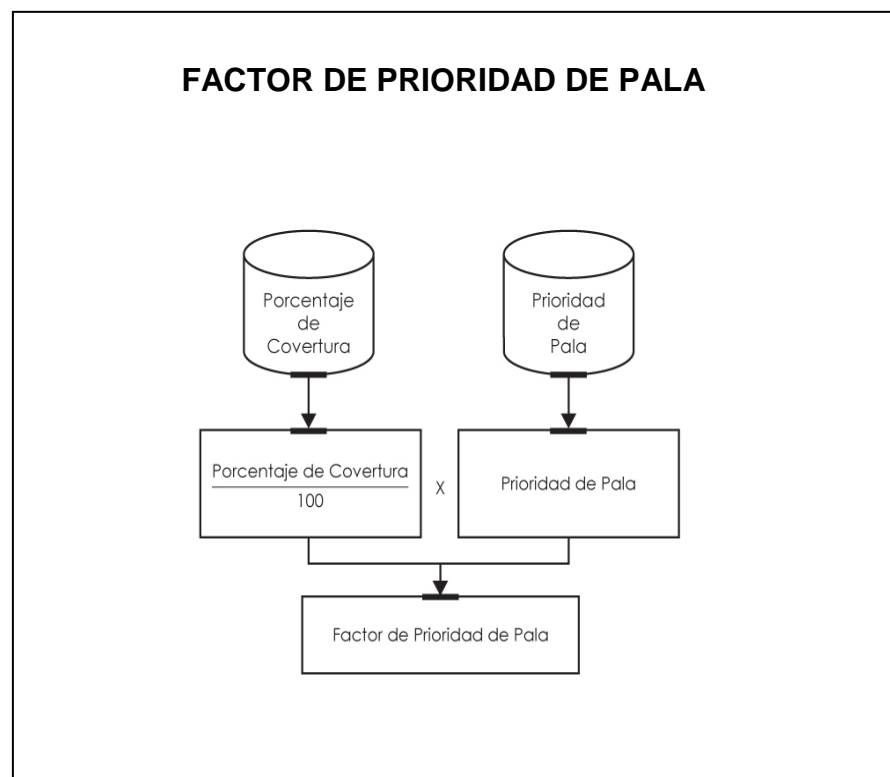


FIGURA 28: FACTOR DE PRIORIDAD DE PALA

Fuente: manual optimización Jigsaw - mina Cuajone

El acarreo actual es básicamente la cantidad de camiones que están asignados a la pala. Por lo tanto la pala con el valor de acarreo total (prioridad de pala, acarreo requerido, acarreo actual) se convierte en la pala más necesitada.

5.4.3 Parámetros de acarreo

La mayoría de las minas opera con una cantidad menor de volquetes de los requeridos para cubrir las palas completamente. En estos escenarios con falta de volquetes, Jigsaw se puede configurar con un requerimiento de acarreo de volquetes el que automáticamente reduce las tasas de alimentación a palas con baja prioridad o en rutas de acarreo largas de tal forma que el acarreo de volquetes sea igual al acarreo de volquetes disponible.

Para minas con varios tajos se puede crear requerimientos de acarreo por separados para cada tajo y así evitar casos de palas con tiempos de espera altos en un tajo debido a volquetes insuficientes en otros tajos.

Para tener un mejor control el sistema se apoya en restricciones como son:

- Restricciones de camiones: por capacidad, modelo, ubicaciones, y material.
- Restricciones de palas: modelo, capacidad.
- Restricciones de polígonos: ya que el material no puede ser enviado a ciertos botaderos, clasificación, leyes, dureza, etc.(Ver figura 29)

	Acción máxima	Volquetes Fijos	Volquetes Restringidos
	00.000	V380 V381 V383	V369 V105 V362 V106 V366 V365 V372 V368 V104 V371 V376 V V101 V361 V100 V389 V385 V
P01	High 30	3000.000	V369 V388 V377 V376 V101 V104 V106 V372 V361 V371 V378 V386 V100 V107 V368 V364 V366 V367 V105 V380 V107
P02	Normal 50	6000.000	V386 V384 V100 V106
P03	High 100	6000.000	V372 V362 V381 V368 V380 V366 V364 V377 V378 V369 V105 V106 V101 V104 V107 V386 V100 V102
P04	Normal 85	5000.000	V372 V364 V377 V378 V386 V362 V366 V365 V368 V380 V376 V381
P05	Normal 30	7000.000	V101 V104 V365 V105 V389 V107 V362 V385 V102
P15	Normal 100	0.000	V372 V380 V378 V368 V377 V365 V364 V366 V381 V369 V386 V388 V362 V380 V389 V372 V105 V361 V104 V106 V366 V101 V368 V364 V100 V371 V376

FIGURA 29: RESTRICCIONES DE PALAS PANTALLA DE CONTROLADOR

Fuente: administración Jigsaw – mina Cuajone

5.4.4 Asignaciones

a) Asignación de descargas

Los volquetes obtienen asignaciones a descargas después de terminar de cargar y cuando empiezan a transportar. La lógica para realizar estas asignaciones es bastante simple y se explica a continuación:

Cuando un volquete entra a la actividad transportando, el sistema de administración Jigsaw realiza una petición de asignación para un material o polígono dado.

La función verificará si existen asignaciones fijas o descargas configuradas ya sea en el volquete, la pala o el material con que fue cargado el volquete, y el volquete será asignado a dicha

asignación fija únicamente si dicha descarga acepta el tipo de material.

Si no existe una asignación fija, entonces el sistema iterara a través de todas las descargas conectadas a la pala que recién cargo al volquete, y utilizará la descarga más apropiada basada en las restricciones actuales.

Si no se encuentra una descarga en el paso anterior, entonces el sistema buscará la descarga más cercana y asignará el volquete a dicha descarga, incluso si no existen caminos abiertos o activos hacia dicha descarga. (Ver figura 30)



FIGURA 30: CAPA DE ASIGNACIONES DE DESCARGAS

Fuente: manual de optimización Jigsaw - mina Cuajone

a)Asignación por combustible

Existen varios casos de asignaciones basadas en el nivel de combustible. Dichas asignaciones se basan en parámetros de configuración que se rigen a:

- Porcentaje bajo de combustible (25% a 35%)
- Porcentaje crítico de combustible (10% y 15%)
- Distancia a grifo

b)Asignación por demora

Cuando una pala cambia de estado, a demora, standby o mecánica, por cuestiones operacionales, el operador recibe una excepción para cambiar de destino. Dependiendo del tiempo de demora se puede reasignar los volquetes si se trabaja con el sistema en dinámico, el sistema de despacho *jigsaw* procede en reasignar y cubrir las palas con mayor prioridad optimizando la utilización.

5.5 APLICACIONES GRÁFICAS

Las aplicaciones gráficas que proporciona el sistema de administración de flota *Jigsaw* permiten al usuario mejorar la administración basadas en necesidades de operación, detectando los posibles errores por parte de los operadores de equipos como envíos equivocados de material, zonas erradas de minado, etc. A continuación se describe los paneles gráficos.

5.5.1 Panel de control de tráfico de volquetes

El panel de control de tráfico de volquetes es un panel interactivo, muestra la distribución de la flota en tiempo real, la distribución mostrada desde el punto de carguío de las palas hasta los destinos ya sean los botaderos para material de desmonte o tolvas de transferencia para mineral a procesar.

Todas las demoras ya sean operativas, mecánicas o eléctricas se diferencian visualmente por presentar colores diferentes en el panel de tráfico de volquetes, cada equipo presenta una actividad de trabajo diferente.

Para realizar una mejor distribución de flota, mina Cuajone dividió la operación en dos zonas, una zona inferior de cota máxima en 3.430 msnm y una zona superior de cota inicial en 3.430 msnm, de esta manera los equipos están restringidos y la asignación dinámica trabajará en función a estas restricciones.

Cada zona trabajará independientemente como dos operaciones aisladas, los cálculos para la programación lineal y dinámica del sistema se realizarán en base a los equipos existentes, la necesidad de contar con grifos de abastecimiento de combustibles en ambas zonas delimitadas ayudan al cálculo y a la mejor distribución de flota. (Ver figura 31).

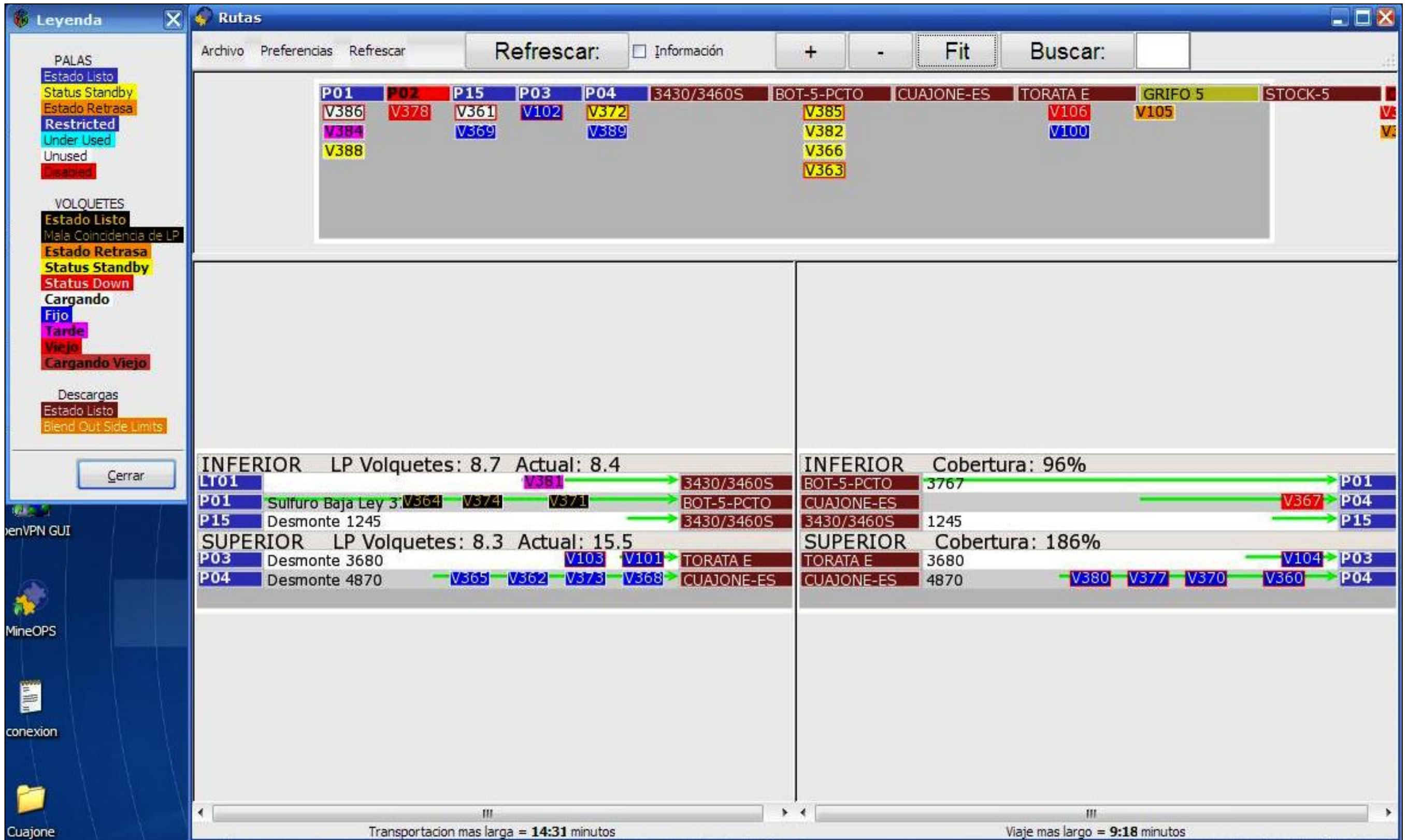


FIGURA 31: PANEL DE CONTROL DE TRÁFICO DE VOLQUETES

Fuente: área administración Jigsaw - Mina Cuajone

5.5.2 Panel gráfico de mina

En el panel gráfico de mina se visualiza la ubicación de todos los equipos, los frentes de carguíos, las zonas de descargas y las diferentes rutas a seguir

La información visual que presenta es actualizada cada cinco segundos convirtiéndose en la herramienta más importante en la administración de flota.

El panel gráfico de mina es el soporte visual en la asignación de los equipos para las diferentes rutas ya sea que se trabaje en un modo de asignación fija o dinámica el usuario del sistema tiene la posibilidad de corrección y asignación de acuerdo a las necesidades de la operación minera.

El panel gráfico de mina permite mayor interacción con objetos gráficos, las utilidades relevantes de configuración permite visualizar aspectos realistas de la operación.

Los destinos de descargas, así como las diferentes rutas de tránsito son identificados con etiquetas visuales dimensionadas con la topografía actual (ver figura 32)

Existen paneles gráficos colocados en los diversos equipos, la utilización y uso se describe a continuación:

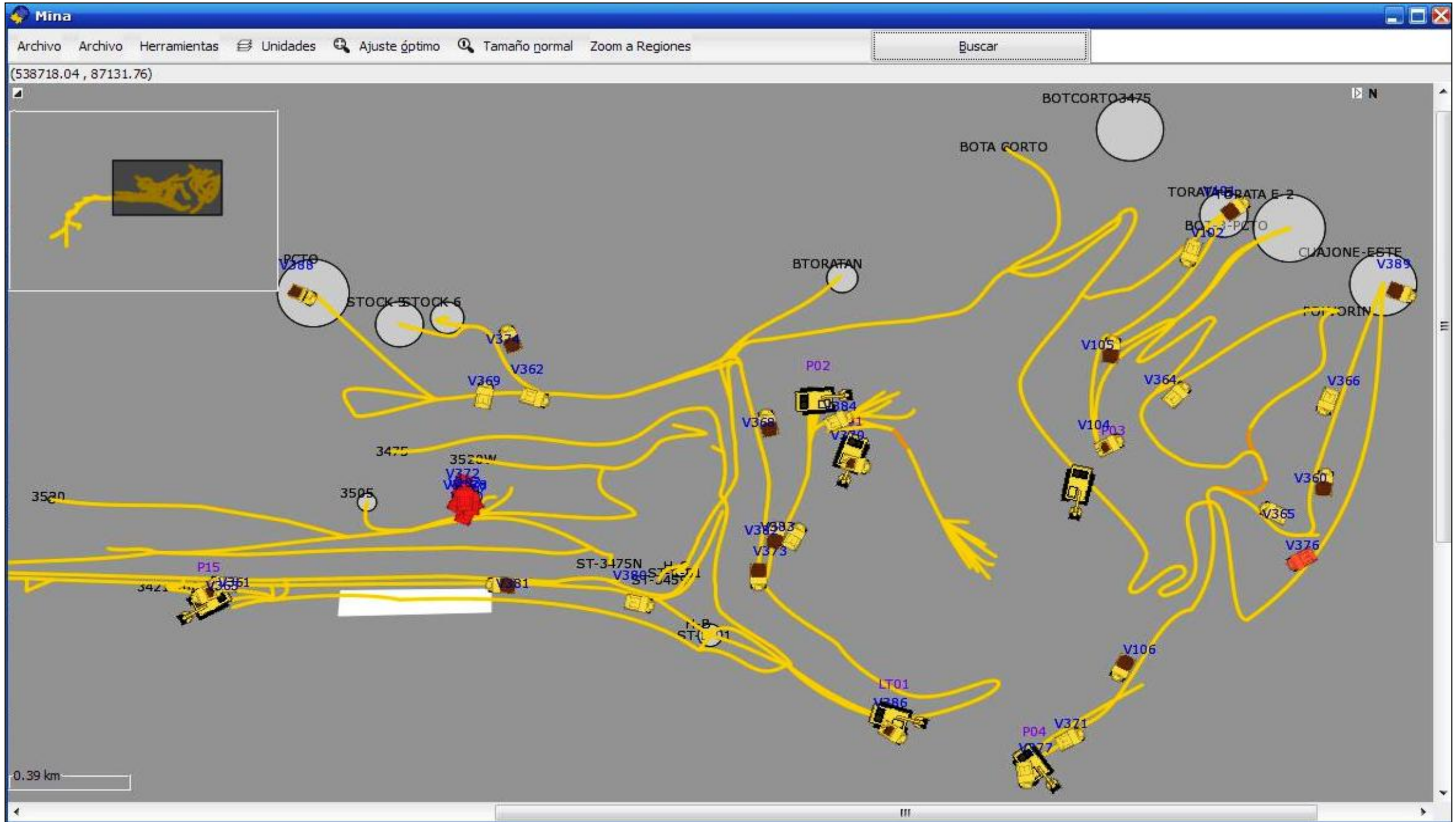


FIGURA 32: PANEL GRÁFICO DE MINA
Fuente: área administración Jigsaw – mina Cuajone

a) Panel de volquetes

El panel de volquetes es una interfase gráfica táctil de ingreso de data proporcionada por el operador del equipo, en este panel se registran acciones de eventos necesarios para el cálculo del sistema de administración de flota.

Las aplicaciones visuales que proporciona el panel son:

- Mejor ruta a seguir.
- Panel diurno y nocturno, muy importante en épocas de neblinas y lluvias.
- Cercanías de volquetes en ruta.
- Cuadro de mensajes ante la congestión de radio voz.

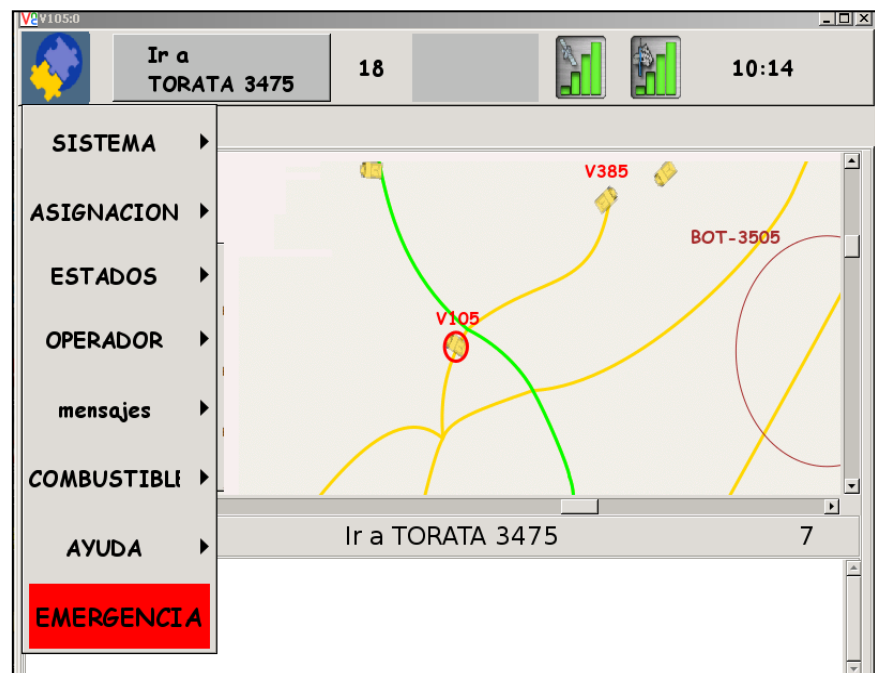


FIGURA 33: PANEL DE VOLQUETES

Fuente: área administración Jigsaw – mina Cuajone

b) Panel de palas

El panel de palas posee opciones gráficas que permite optimizar el proceso de carguío, las zonas a minar se visualizan en tiempo real según el plan de minado a seguir, indicando los destinos de los diferentes tipos de materiales.

Adicionalmente cuenta con ayudas visuales para el operador del equipo como:

- Cota a la cual está trabajando para la corrección de piso de pala.
- Proximidad de los volquetes asignados a la pala
- Porcentaje de carguío en los volquetes
- Indicadores de rendimientos.

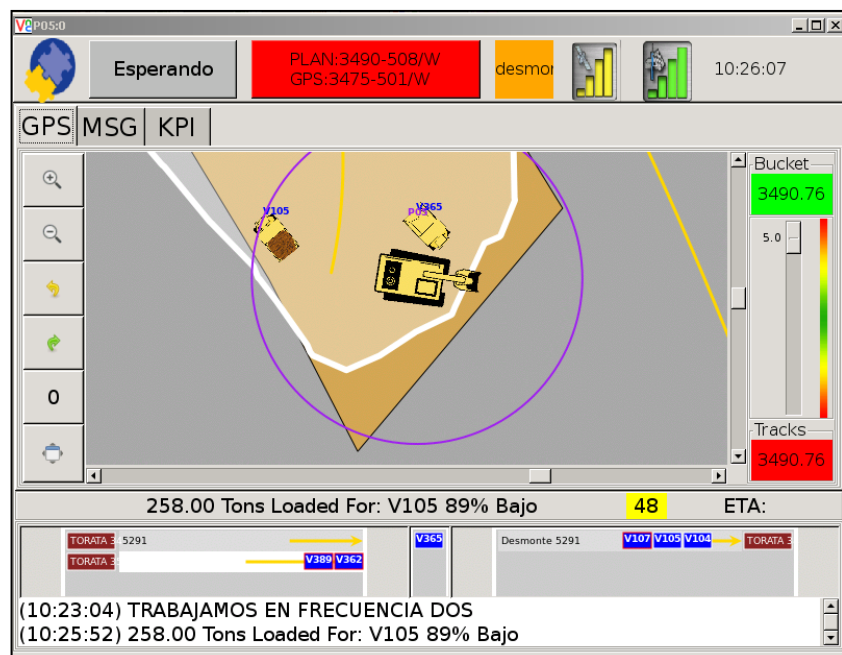


FIGURA.34 PANEL DE OPERADOR DE PALA
Fuente: área administración Jigsaw - mina Cuajone

5.6 MODULO DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA

La tarea principal que cumple este módulo es maximizar la producción en mina utilizando algoritmos de programación lineal y así determinar la mejor ruta a seguir en los volquetes, utiliza el algoritmo de programación dinámica para las asignaciones de los volquetes a las diferentes palas o cargadores de esta forma se minimiza las demoras de esperas en zonas de cargas y descargas.

Esta maximización de producción basada en la capacidad de los equipos de carguío, es analizada en base a requerimientos y restricciones que el usuario acondiciona en la operación minera, estas restricciones pueden ser dimensiones o diseños de equipos.

El módulo de optimización de flota trabaja con dos submenús, los cuales son:

5.6.1Módulo de la mejor ruta

El módulo de mejor ruta contiene información extensa sobre caminos que describe la red de acarreo, esta red de acarreo está conformada por los puntos satelitales que fueron registrado en el tránsito de los volquetes, además incluye ubicaciones como son las locaciones de chancadoras, botaderos de descarga, tolvas de transferencias, talleres de mantenimiento, etc.

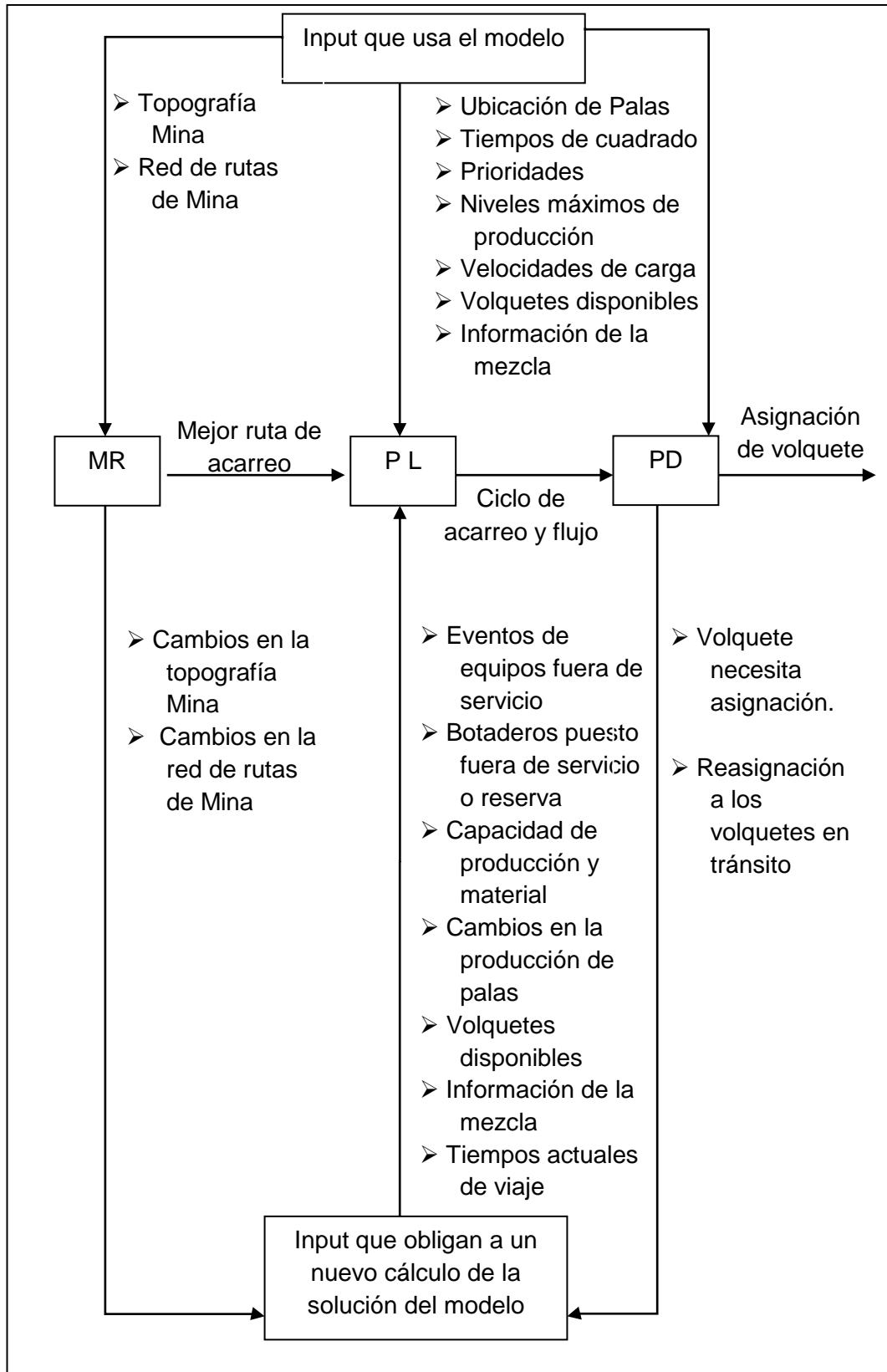
Cada segmento de ruta es descrito al detalle por una línea o una curva, también se registran las distancias totales, tiempos de viaje vacío y cargado, para el cálculo del sistema de administración de flota.

Para determinar la ruta que un volquete debe utilizar al viajar entre dos ubicaciones cualesquiera en la mina, el sistema utiliza el algoritmo aumentado de cómputo de rutas **Dijkstra**, este algoritmo empieza en cualquier ubicación conocida y calcula las rutas más cortas hacia todas las demás ubicaciones en el mapa de la mina.

La arquitectura distribuida de base de datos del sistema de administración de flota permite ejecutar el algoritmo aumentado de cómputo de rutas localmente en cada volquete, ya que cuenta con un mapa gráfico hace posible que el operador del volquete observe la ruta exacta que debiera tomar hacia su destino.

Para el mapeo de las coordenadas satelitales el sistema de administración de flota utiliza un algoritmo encriptado, este algoritmo convierte las posición actual del volquete a una posición absoluta en un segmento de ruta es por ello que la localización del volquete es en forma precisa permitiendo la detección inmediata de rutas equivocadas, situación aprovechada por el módulo de optimización ya que al calcular los tiempos de llegadas con mayor exactitud realiza los cálculos y minimiza los tiempos de cola y espera. (Ver tabla 9)

TABLA 9: MODELO DE OPTIMIZACIÓN



Fuente: administración Jigsaw – mina Cuajone

5.6.2 Módulo de programación lineal

El módulo de programación lineal genera el plan de acarreo teórico (plan maestro) considerando restricciones de producción y operación. Luego es usado como referencia por la programación dinámica.

La programación lineal da respuesta a situaciones en las que se exige maximizar o minimizar funciones que se encuentran sujetas a determinadas limitaciones a las cuales se define como restricciones.

En esencia la programación lineal consiste en optimar (maximizar o minimizar) una función objetivo, que es una función lineal de varias variables por ejemplo siendo la función.

$$F(x,y) = ax + by.$$

Esta función objetivo está sujeta a una serie de restricciones, expresadas por inecuaciones lineales.

$$a_1x + b_1y < c_1$$

$$a_2x + b_2y < c_2$$

$$a_nx + b_ny < c_n$$

Considerando restricciones de producción y operación (capacidad de palas, mezclas de leyes de mineral, capacidad de zonas de descargas, etc.) luego estas restricciones se utilizan como referencia para la programación dinámica. (Ver figura 35)

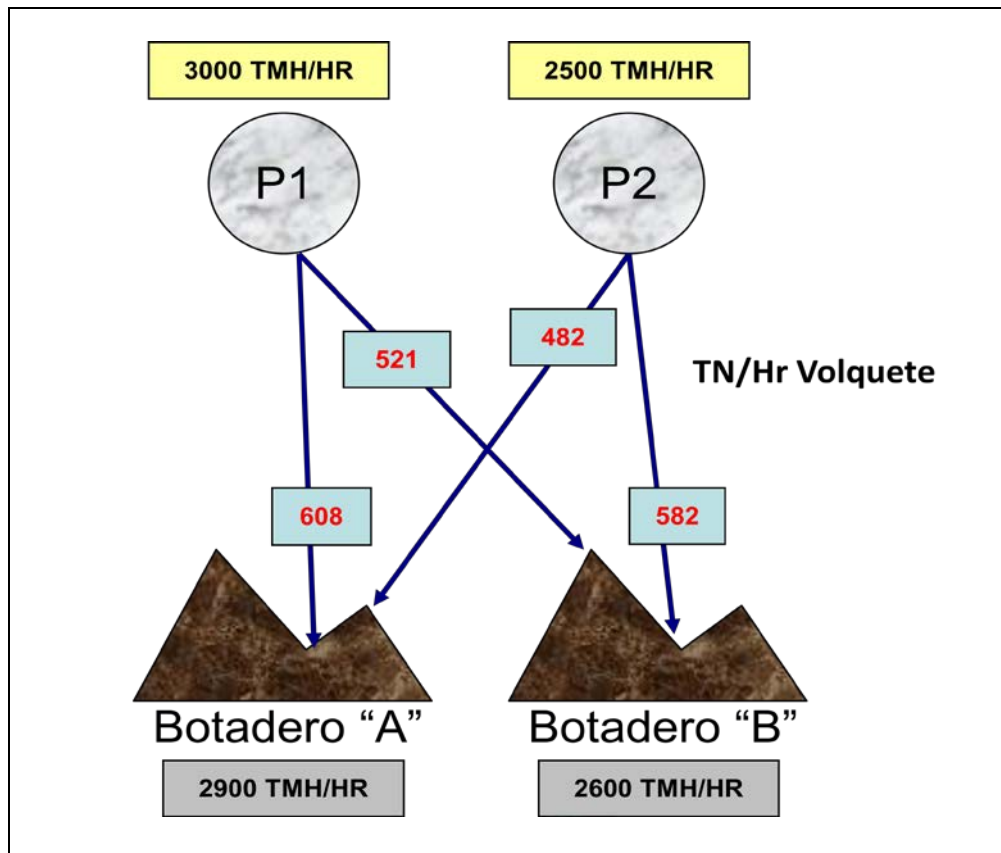


FIGURA 35: CIRCUITO DE PRODUCCIÓN
 Fuente: curso para controladores - mina Cuajone

Restricciones de Palas

$$608 X_1 + 521 X_2 \leq 3000$$

$$482 X_3 + 582 X_4 \leq 2500$$

Restricción de Botaderos

$$608 X_1 + 482 X_3 \geq 2900$$

$$521 X_2 + 582 X_4 \geq 2600$$

Restricción de volquetes

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 10$$

$$Z (\text{Mín.}) = 608 X_1 + 521 X_2 + 482 X_3 + 582 X_4$$

5.6.3Módulo de programación dinámica

El objetivo del módulo de programación dinámica es asignar los volquetes en forma óptima y dinámicamente ejecutando el plan maestro de la solución de la programación lineal.

El módulo se utiliza en forma adecuada siempre que las condiciones operativas cumplan las siguientes funciones:

- Buena capacitación de usuarios y operadores de equipos, la generación de eventos debe ser registrada en forma adecuada por los usuarios del sistema de administración de flota con el propósito que la programación dinámica cumpla con sus asignaciones óptimas.
- Los equipos que ingresarán en el cálculo de la programación dinámica deben de estar en estado operativo, adicionalmente debe de darse ciclos regulares sin obstáculos en el camino para que el sistema asigne en forma óptima.
- La flota de equipos debe ser compensada.
- Las condiciones climatológicas deben de ser favorables (rutas no resbalosas por lluvia, poca visibilidad por neblina.)
- Comunicación óptima (hardware, antenas, satélites.)

CAPITULO VI
BENEFICIOS OBTENIDOS CON LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA
MINEOPS JIGSAW

6.1 COMO SISTEMA DE CONTROL DE OPERACIONES

Los beneficios obtenidos con el sistema de despacho en el control de las operaciones mineras son:

- El sistema de administración de flota se encuentra en un entorno *windows*, posee mayores herramientas visuales de control de fácil uso, facilitando el aprendizaje a los usuarios.
- El sistema de administración de flota presenta gráficos compatibles con la mayoría de programas del entorno *Microsoft office*.
- El sistema posee un entorno gráfico de control de volquetes muy didáctico y vistoso, proporciona herramientas que facilita la asignación oportuna de los equipos por parte de los usuarios.

- Los controladores del sistema de administración de flota pueden diferenciar los volquetes cargados de vacíos utilizando esta herramienta en el seguimiento de tránsito equivocado, adicionalmente posee alertas sonoras para los operadores de los equipos. (Ver figura 36).

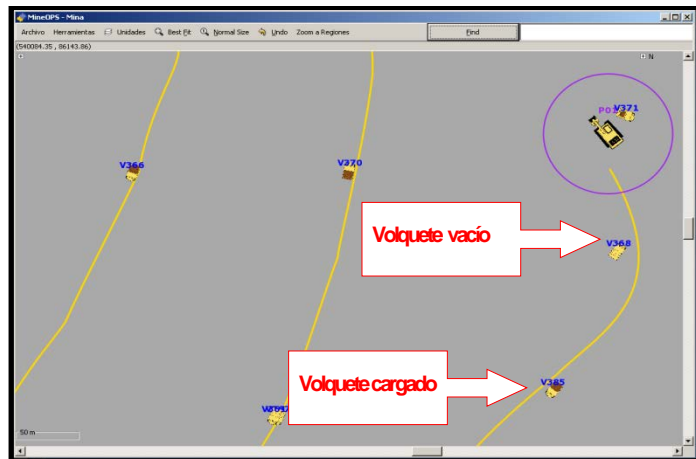


FIGURA36: PANEL DE TRÁNSITO DE VOLQUETES
Fuente: área administración Jigsaw - mina Cuajone

- Los paneles de cabina ayudan a los operadores la no advertencia de cercanías de equipos en condiciones adversas de clima como son la neblina y lluvias. (ver figura 37)

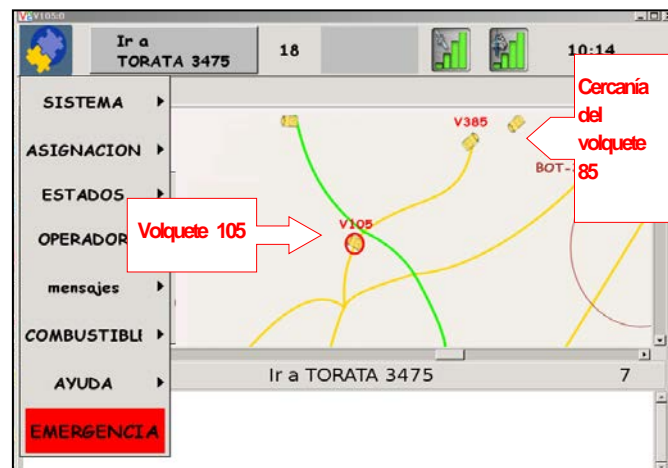


FIGURA 37: IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS
Fuente: área administración Jigsaw - mina Cuajone

- La actualización de ubicación de equipos es automática y en todo momento. Visualizando una realidad acorde a las necesidades de operación.
- El sistema de administración de flota es un apoyo en las investigaciones de seguridad al tener grabado en su base de datos el recorrido de los diferentes equipos, facilitando las simulaciones de los eventos.
- La aplicación de asignación dinámica es de fácil configuración.
- El sistema de administración de flota permite un control y evaluación en tiempo real y en todo momento desde cualquier computadora.

6.2 COMO SISTEMA COLECTOR DE DATOS

Los beneficios que proporcionan el sistema de administración de flota como colector de data:

Con la aplicación del sistema se logra obtener mayor transferencia de información en tiempo real debido a que utiliza tecnología de comunicación inalámbrica.

Al lograr una mayor cantidad de datos el sistema de reportes es a detalle, indicativo necesario para obtener un mejor control del proceso operativo (Ver tabla 10)

TABLA 10: REPORTE DE PRODUCCIÓN EN MINA CUAJONE



Produccion por descarga Volquetes

Material : Todos
 Origen : Todos
 Destino : Todos

(Ordenado Por Pala)

Fecha Reporte 14-Mar-2008 Hora Report 04:36:41PM
 El rango de turno seleccionado es entre 13/3/2008 A y 13/3/2008 A

Pala	Origen	Destino	Poligono	Material	% Cu	% Mo	KOMATSU		CATERPILAR		TOTAL	
							Cargas	Tons	Cargas	Tons	Cargas	Tons
PRODUCCION												
LT01	3190-462	H-B	3190-462/O	Mineral	0.770	0.018	0	0.00	0	0.00	28	6,104.00
LT01	3190-462	STOCK-5	3190-462/O	Mineral	0.770	0.018	0	0.00	0	0.00	1	218.00
LT01	3190-463	H-B	3190-462/O	Mineral	0.770	0.018	0	0.00	0	0.00	1	210.00
LT01	3220-481	STOCK-5	3220-481/O	Mineral	0.700	0.017	0	0.00	0	0.00	1	218.00
LT01	3220-493	STOCK-5	3220-493/O	Mineral	0.598	0.017	0	0.00	0	0.00	46	10,012.00
Subtotal					0.677	0.017	0	0.00	0	0.00	77	16,762.00
P01	3190-462	STOCK-5	3190-462/O	Mineral	0.770	0.018	0	0.00	0	0.00	1	210.00
Subtotal					0.770	0.018	0	0.00	0	0.00	1	210.00
P02	3220-489	BOT-5-PCTO	3220-489/Y	Sulfuro Baja Ley	0.377	0.009	0	0.00	0	0.00	36	7,568.00
P02	3220-493	STOCK-5	3220-493/O	Mineral	0.598	0.017	0	0.00	0	0.00	177	37,186.00
Subtotal					0.573	0.016	0	0.00	0	0.00	213	44,754.00
P03	3640-520	TORATA E-2	3640-520/W	Desmonte			0	0.00	0	0.00	137	36,640.00
Subtotal							0	0.00	0	0.00	137	36,640.00
P04	3610-501	CUAJONE-ESTB3610-501/W		Desmonte			0	0.00	0	0.00	106	22,160.00
Subtotal							0	0.00	0	0.00	106	22,160.00
Total Produccion					0.60	0.02	0	0.00	0	0.00	534	120,526.00
INPIT												
Subtotal												
Total Inpit												
RETRABAJADO												
Subtotal												
Total Retrabajado												

Pagina Numero

Fuente: área administración - mina Cuajone

El sistema presenta una base de datos en plataforma LINUX que interactúan entre sí, la base de datos se almacena en POSTGRESQL el cual es muy confiable, seguro y rápido. (Ver figura 38)

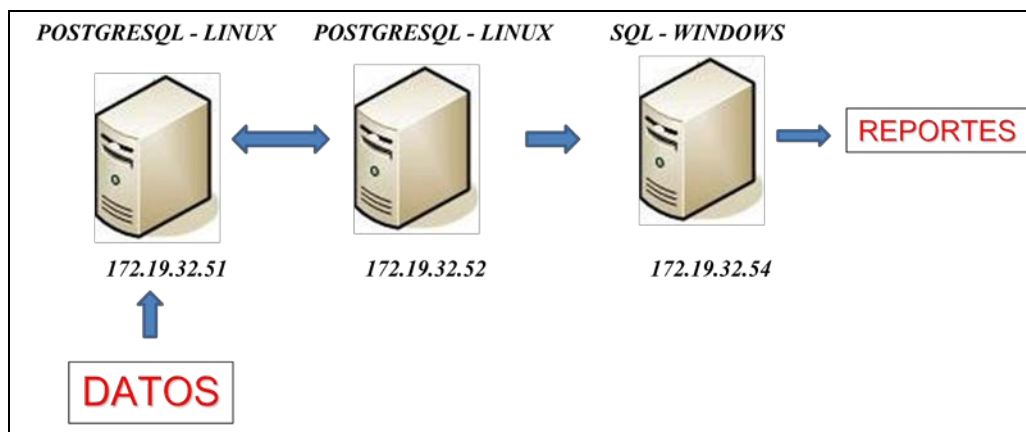


FIGURA 38: SISTEMA DE REPORTES

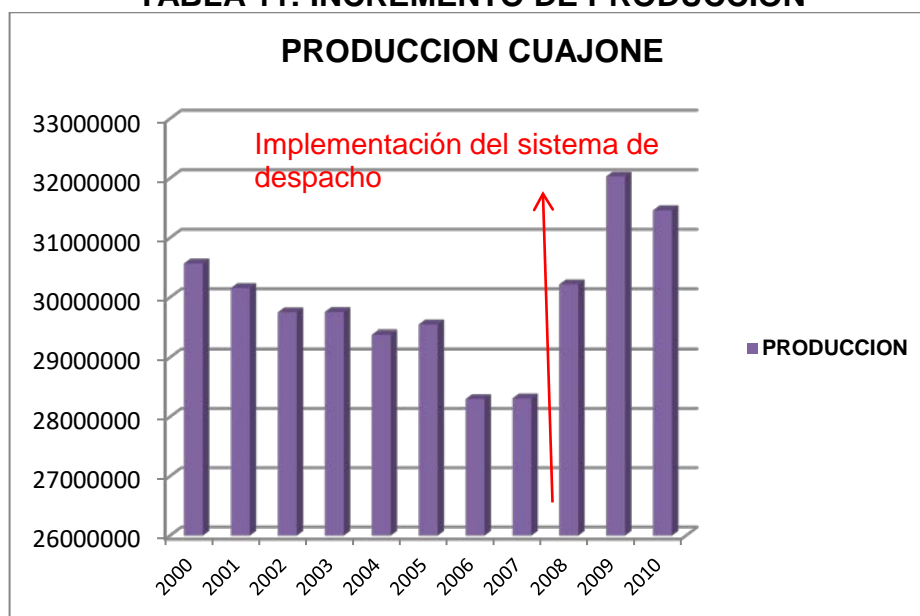
Fuente: área administración Jigsaw - mina Cuajone

CAPITULO VII
RESULTADOS OBTENIDOS POR LA APLICACIÓN DEL SISTEMA
MINEOPS JIGSAW

7.1 INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN

El sistema mejora en gran forma el proceso productivo optimizando los ciclos de carguíos, disminuyendo los tiempos de espera de palas y colas de volquetes en palas.

En la tabla 11 se puede observar un incremento notable de la producción a partir del año 2008, fecha en que se implementa el nuevo sistema de despacho *Mineops Jigsaw*, si bien es cierto que en los posteriores años se incremento el tonelaje extraído por la adquisición de maquinaria y el proyecto de expansión, el incremento de producción se refleja en la reducción de costos y tiempos muertos.

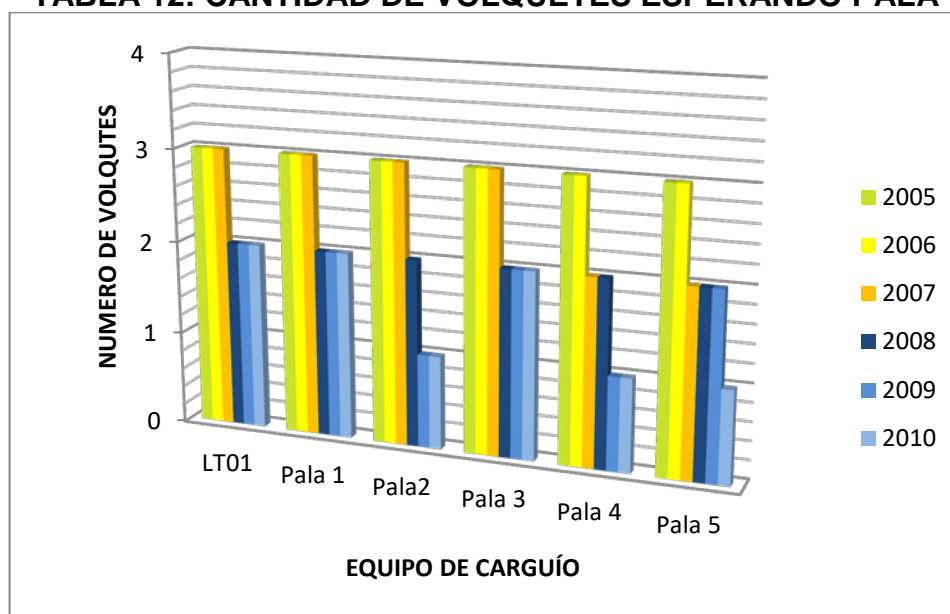
TABLA 11: INCREMENTO DE PRODUCCIÓN

Fuente: anuario de productividad – gerencia Cuaajone

7.2 OPTIMIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE FLOTA DE VOLQUETES

Con el uso del sistema de administración de flota se reduce en forma considerable los tiempos de espera de volquetes en las palas, que años anteriores a la implementación era en promedio de tres volquetes en espera reduciendo un volquete esperando en pala. (Ver tabla 12)

La utilización del sistema de despacho en forma adecuada con la menor intervención humana realizando las programaciones de acuerdo a las necesidades, restricciones y con las condiciones favorables de clima es una herramienta que reduce costos en consumo de combustible por espera de volquetes en palas.

TABLA 12: CANTIDAD DE VOLQUETES ESPERANDO PALA

Fuente: anuario de productividad 2011 - gerencia Cuajone

El ahorro significativo se ve reflejado en el incremento de la utilización de los volquetes, y la reducción de tiempos de espera de volquetes en las palas de 5,36% a 2,90 %.

El ahorro generando anual es de once millones de dólares lográndose mantener la operación en mina Cuajone a bajos costos, el sistema ofrece los beneficios cuando los recursos disponibles son debidamente administrados esto quiere decir buena capacitación a los controladores, usuarios, y operadores.

La reducción de tiempos muertos incrementa la productividad, los ciclos del proceso de minado se reducen considerablemente y se reflejan en costos.

(Ver tabla 13)

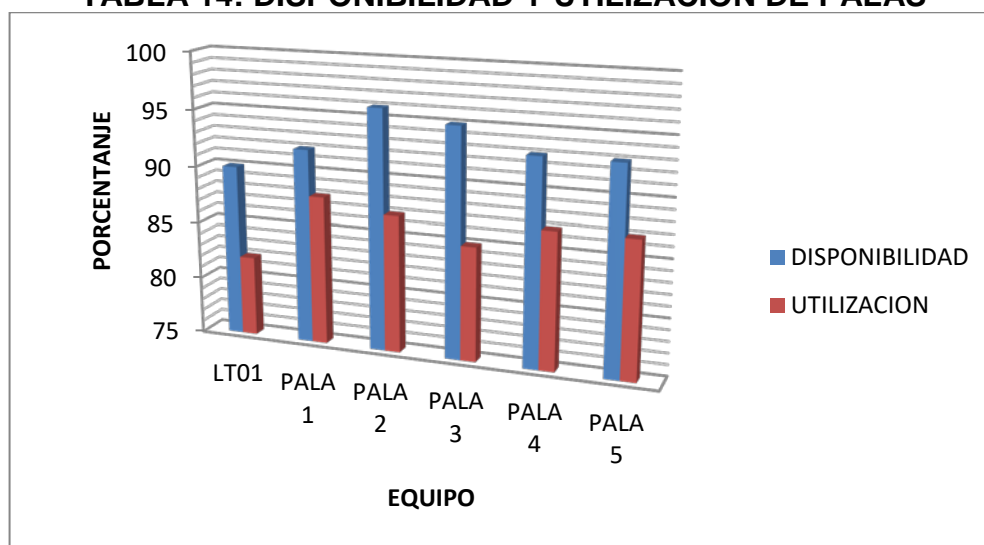
TABLA 13: BENEFICIO POR REDUCCIÓN DE COLAS DE VOLQUETES EN PALAS

Volquete		
Porcentaje promedio volquetes en cola sin asignación dinámica	5.36%	
Porcentaje volquete en cola Abril (Asignación dinámica)	2.90%	
N° de horas promedio operativas volquetes trabajas de Enero a Mayo*	25,962.6 horas	
Promedio de horas operativas de volquetes en cola sin producción mensual	638.68 horas	
* Datos recopilados del Jigsaw		
Productividad Perdida por Volquete K-830 *	470.00	Ton/hr.
Tiempo que se pierde producción volquete en cola	638.68	Hr.
Pérdida de Producción de Volquete	300,179.60	Ton/mes
Produccion perdida (TN) Mensual	300,179.60	
Relacion Desbroce (D/M) - Plan Anual **	4.37	
Acarreo Mineral (TN)	(55899.366)	55,899.37
Ley Cu (%) - Plan Anual **		0.653%
Recuperacion Conc. (%) **		84.57%
Recuperacion Fund. (%)		97.50%
Recuperacion Refin. (%)		99.70%
Toneladas Mineral a Vender (TN)		300.08
Libras Mineral a Vender (Lb)	(Factor de conversión 2204.62)	661,562.37
Utilidad Cobre Fino (US\$/Lb)		1.45
Ganancia Esperada (US\$) MENSUAL		959,265.44
Ganancia Esperada (US\$) ANUAL		11,511,185.28

Fuente: administración Jigsaw – mina Cuajone

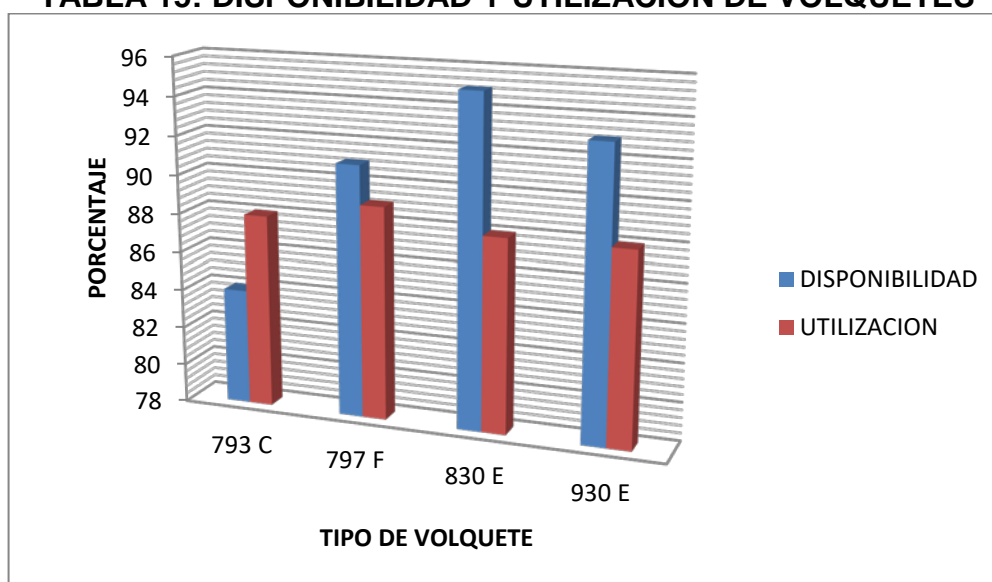
7.3 INCREMENTO EN LA UTILIZACIÓN DE PALAS Y VOLQUETES

Mejorar y maximizar la producción conlleva a reducir las demoras de los diferentes equipos en mina, el sistema de administración de flota reduce considerablemente estos tiempos de esperas la utilización de los equipos se ha incrementado y solo se ha visto afectado por factores limitantes como mantener la mezcla de leyes de mineral o por la capacidad de almacenamiento de material. (Ver tabla 14)

TABLA 14: DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN DE PALAS

Fuente: anuario de productividad 2012- gerencia Cuajone

Debido a la mejor administración de flota y la buena disponibilidad mecánica de los equipos la utilización se ha fijado en 88% en el caso de los volquetes y 90% en el caso de palas y perforadoras.

TABLA 15: DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN DE VOLQUETES

Fuente: anuario de productividad 2012 - gerencia Cuajone

7.4 MEJORA EN EL CONTROL ESTADÍSTICO

El sistema de administración de flota proporcionar reportes estadísticos al detalle de acuerdo a las necesidades del usuario, siendo de gran aporte para la mejora continua del proceso.

TABLA 16: PRODUCTIVIDAD DE OPERADORE POR PALA

Pala	Operador	Guardia	Toneladas	Utilización %	Productividad	Ranking
P01	MAMANI, TOMAS	A	15,310	69.45	1,927.1	1
	TACO, MANUEL	B	11,980	77.61	1,328.1	2
P02	PINEDO C., OSCAR	A	23,995	90.66	3,035.6	1
	DAYAN, SOSA	B	37,530	88.35	3,647.7	2
P03	QUEA APAZA, LUCIO	A	44,740	86.68	4,501.3	1
	MEDINA, ZENOBIO	B	52,965	92.30	4,918.0	2
P04	AGRAMONTE, VICTOR	A	4,355	99.91	4,948.9	1
	ASCUNA, OSCAR	B	51,600	90.68	4,806.3	2

Fuente: anuario de productividad – gerencia Cuajone

CONCLUSIONES

1.-Con el sistema de administración de flota Jigsaw se ha maximizado la producción en mina Cuajone, los procesos han sido optimizados basándose en necesidades y restricciones.

2.-Con la utilización del sistema Jigsaw se ha logrado reducir los tiempos de espera de volquetes en palas de 5,9% a 3.2%, logrando un ahorro de 11 millones de dólares anuales.

3.-No se puede mejorar lo que no se puede medir, no se puede medir lo que no se puede ver”. Esta frase refleja la importancia de contar con un sistema eficiente de administración de flota, en la cual la data proporcionada por el sistema sea confiable para realizar las mejoras en beneficio de la operación.

4.-La arquitectura de sistema de administración de flota incrementa su confiabilidad con respecto al sistema anterior de despacho se diferencia en su arquitectura de procesamiento data al no ser tradicional y ser estructurada no requiere de un cambio manual de servidor primario a

servidor de respaldo, permitiendo replicaciones activas y múltiples en forma automática, evitando así la pérdida de información.

5.-En todo negocio el Elemento Humano juega un papel importante para ello la capacitación constante es un quehacer diario en toda empresa que necesita adaptarse a las tecnologías existentes.

6.-En toda implementación y aplicación de nuevas tecnologías hay una etapa de adaptación, no todo sistema se adecua a las necesidades exactas de una mina, es por eso que no existe un sistema ideal de administración de flota.

7.-Una de las limitaciones al usar el sistema de administración Jigsaw es la cobertura de señal satelital, debido a que se ha mejorado la capacidad de información por la utilización de red inalámbrica se ha reducido en forma considerable la cobertura, esta deficiencia ha afectado en gran parte la exactitud en las operaciones, mina Cuajone en la actualidad utiliza repetidoras portátiles para contrarrestar esta limitación.

RECOMENDACIONES

1.-Las restricciones en la parte logística por parte de los proveedores juegan un rol importante en la adaptación de nuevas tecnologías mineras. Se debe tomar como principal consideración la versatilidad y el soporte logístico para que estas tecnologías beneficien de manera verídica la optimización de los procesos mineros.

2.-El compromiso que deben adquirir los usuarios de esta tecnología debe de ser concientizado por medio de capacitaciones constantes de manera que se obtenga el mayor beneficio en pro de negocio.

BIBLIOGRAFÍA

- *TECNOLOGIES MINEOPS JIGSAW*, Curso de entrenamiento para despachadores, 2009
- *LEICA GEOSYSTEMS MINING*, Manual de operación del sistema de despacho *Mineops Jigsaw*, 2010
- *LEICA GEOSYSTEMS MINING*, Manual de optimización del sistema de despacho *Mineops Jigsaw*, 2011
- MODULAR MINING SYSTEMS, Manual dispatch operation, USA, 2001
- ÁLVAREZ AQUINO, Manuel, Convención minera, Herramientas para la gestión de la operación minera, 2005
- PEÑA VALENZUELA, Edgar. Convención minera, Gestión del sistema de transporte en mina superficial, 2001
- SALAZAR MUÑOZ, Javier, Convención Minera, Gestión de neumáticos para volquetes de gran tonelaje en mina Cuajone, 2003