

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



**“REDUCCIÓN DE LAS DEMORAS OPERATIVAS EN EL
SERVICIO DE GRIFO A LOS VOLQUETES”**

INFORME DE SUFICIENCIA

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

**ELABORADO POR
ALFREDO CONTRERAS ACUÑA**

**ASESOR
Ing. AUGUSTO TEVES ROJAS**

**LIMA- PERU
2013**

AGRADECIMIENTO

A la empresa Southern Perú - Unidad de Cuajone por ofrecerme la oportunidad de desempeñarme como Ingeniero de Operaciones Mina.

Brindándonos desarrollo continuo a sus profesionales para alcanzar los estándares que exige el mercado laboral, a todos los compañeros de estudio y trabajo que siempre me apoyaron.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a las personas que hicieron posible mi formación y desarrollo como profesional, acompañándome a lo largo de este camino que recién comienzo, que ha sido tan difícil y tan gratificante a la vez.

A mis padres Orestes, Antonia y a mis hermanos con los cuales siempre cuento con ellos.

RESUMEN

La presente tesina ha sido desarrollada en las Operaciones Mineras de Cuajone la cual se encuentra ubicado en el departamento de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, Distrito Torata y paraje de la Quebrada Chuntacala Geográficamente.

La producción total diaria en promedio es de 450,000 toneladas métricas. En tanto, la producción diaria de mineral es de 85,000 toneladas métricas con una ley Cu% promedio de 0.623 y ley de Mo% de 0.014.

El Objetivo principal del presente trabajo es reducir las demoras operativas incidiendo principalmente en las demoras de acarreo los cuales representan en nuestras operaciones, el 56% de nuestro costo total, el cual es posible disminuirlo aumentando la productividad y reduciendo los tiempos muertos.

Para alcanzar dicho objetivo se ha determinado reducir el tiempo de servicio en grifo y el tiempo por volquete fuera de ruta los cuales en la actualidad están en un rango de 15 – 20 minutos. Para lograr la reducción de estos tiempos se propone implementar el proyecto de optimización del servicio de grifo que consistirá en cambiar el sistema de llenado convencional por el nuevo sistema rápido VR 300 GPM en toda la flota de acarreo en 3 grifos estacionarios que abastecerán cualquier tanque en menos de 3.5 minutos, reduciendo así el tiempo de volquete en grifo a 8 minutos.

Las operaciones mineras de Cuajone cuenta actualmente con 50 volquetes en los cuales se ha instalado en un 60% de la flota de acarreo el SISTEMA WIGGING VR 300 (Para adaptador a los tanques) y en 1 grifo estacionario el SISTEMA VR 300 GPM para el inicio de las pruebas.

Este monitoreo y mejora oportuna, permite una mejor utilización de los equipos lo cual se refleja en un menor costo unitario operativo (US\$/T) consecuencia del incremento de la productividad.

A la fecha se tiene ya una reducción de 4 minutos en el abastecimiento de combustible con una instalación del nuevo sistema a un 80% Con la instalación total de este nuevo sistema esperamos llegar al objetivo principal materia de estudio de la presente tesina.

ABSTRACT

This thesis has been developed in Cuajone Mine Operations which is located in the department of Moquegua, Province of Mariscal Nieto, District of Torata and site of the Quebrada Chuntacala.

The average total production of 450,000 metric tonnes daily. Meanwhile, the production is 85,000 ore tonnes at a grade average of 0.623 % Cu and Mo law 0.014 % daily.

The main objective of this work is to reduce operational delays mainly affecting handling delays which represent in our operations, 56% of our total cost, which may decrease by increasing productivity and reducing downtime.

In order to achieve that goal, it is determined to reduce service time of tap and time for off-road dump which are currently in the range of 15 to 20 minutes. To achieve these times reduction, it is planned to implement the service optimization project consisting of tap that it is going to change the conventional filling system for the new rapid VR 300 GPM in the entire fleet of hauling in 3 taps stationary tank that will supply any less than 3.5 minutes, thus reducing the time to dump on tap to 8 minutes.

Cuajone mining operations currently has 50 dumpers in which is installed in 60 % of the fleet carrying wiggling VR SYSTEM 300 (For tank adapter) and one stationary tap the VR SYSTEM 300 GPM for the start tests.

This monitoring and timely improvement, allows better use of equipment which is reflected in lower operating unit cost (U.S. \$/t) due to an increase in productivity.

Actually we have already reduced 4 minutes fueling a new system installation 80% complete with the installation of this new system hope to reach the main objective the subject of study of this thesis.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I : GENERALIDADES	14
1.1 UBICACIÓN	14
1.2 GEOLOGÍA	15
1.2.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	15
1.2.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y ALTERACION	16
1.2.3 INTERPRETACION GEOLOGICA DEL YACIMIENTO CUAJONE..	18
1.2.3.1 Interpretación del Modelo de Roca.....	18
1.2.3.2 Interpretación del Modelo de Alteración	20
1.2.3.3 Interpretación del Modelo de Mineralización.....	20
1.2.3.4 Interpretación del Modelo de Dureza.....	22
1.3 GEOTECNIA.....	26
1.3.1 Taludes del Tajo	26
1.3.2 Sectores y Ángulos de Talud.....	27
1.4 INGENIERIA.....	29
1.4.1 DIMENSIONES Y DISEÑO DEL TAJO.....	29
1.4.2 DISEÑO DE VÍAS DE ACARREO Y ZONA DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES	29
1.4.3 PERFILES DE ACARREO	30
1.4.4 PARÁMETROS DE PLANEAMIENTO DE MINADO	33
1.4.5 FASES DE MINADO	33
1.4.6 DETERMINACIÓN DE LA PARED FINAL	- 36 -
1.4.7 FACTORES QUE GOBIERNAN LOS PLANES DE MINADO ANUAL..	- 37 -
1.4.8 PRECIO DE LOS METALES	- 38 -

1.4.9 COSTOS	39
1.4.10 LEYES	- 40 -
1.5 OPERACIONES DE LA MINA.....	- 43 -
CAPITULO II DEFINICION DEL PROBLEMA.....	- 45 -
2.1. SELECCIÓN DEL PROBLEMA	- 45 -
2.2. RECOPIACION DE DATOS	- 46 -
2.2.1. Tiempo de Abastecimiento	- 46 -
2.2.2. Tiempo de Desfase Acumulado en grifo.....	52
2.2.3. Tiempo Adicional Por Engrase	53
2.2.4. Tiempo Perdido Por Colas En Grifo	56
2.2.5. Resumen	56
2.3. PROPUESTA DE MEJORA	58
2.3.1. Estado Actual del Servicio del Grifo	58
2.3.2. Propuesta de Grifos Estacionarios	60
2.3.3. Inversión Para Implementar Nuevo Sistema en Grifos Estacionarios	61
2.3.4. Oportunidad de Ahorro	61
CAPITULO III: ANALISIS DE LOS PRIMEROS RESULTADOS	64
3.1. TIEMPOS ACTUALES DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	64
3.2. GANANCIA OBTENIDA	65
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFIA.....	68
ANEXO.....	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 TIPOS DE ROCAS	19
Tabla 1.2 TIPO DE ALTERACIONES.....	20
Tabla 1.3 TIPO DE MINERALIZACIÓN	21
Tabla 1.4 DUREZA	22
Tabla 1.5 ÁNGULOS INTER-RAMPAS DEL TAJO FINAL	28
Tabla 1.6 PRECIO DEL COBRE TENDENCIA EN LOS AÑOS	38
Tabla 1.7 COSTO DE MINADO POR PROCESOS MINA CUAJONE	39
Tabla 1.8 COSTO TOTAL DE MINADO MINA CUAJONE	40
Tabla 1.9 LEY DE COBRE MINADO EN CUAJONE A TRAVÉS DE LOS AÑOS	41
Tabla 1.10 MINERAL ENVIADO POR AÑO A CONCENTRADORA CUAJONE	42
Tabla 1.11 EQUIPOS MINA	44
Tabla 2.1 DISTRIBUCIÓN DE COSTO POR ACTIVIDADES	45
Tabla 2.2 TOMA DE TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO, DESFASE Y SERVICIO – FLOTA 930.....	48
Tabla 2.3 TOMA DE TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO, DESFASE Y SERVICIO – FLOTA 830 - 793.....	48
Tabla 2.4 INDICADORES ESTADISTICOS DEL TIEMPO DE DESFASE ACUMULADO	52
Tabla 2.5 TOMA DE TIEMPOS PARA UN DÍA EN QUE SE REALIZA LLENADO DE TANQUE DE GRASA (LUNES Y JUEVES).....	55
Tabla 2.6 INDICADORES ESTADISTICOS DEL TIEMPO DE DESFASE POR LLENADO DE GRASA.....	56

Tabla 2.7 INDICADORES ESTADISTICOS DEL TIEMPO PERDIDO POR COLAS	56
Tabla 2.8 TIEMPO DE SERVICIO.....	57
Tabla 2.9 TIEMPO DE SERVICIO + ENGRASE	57
Tabla 2.10 TIEMPO DE SERVICIO + COLA.....	57
Tabla 2.11 TIEMPO DE SERVICIO + ENGRASE + COLA	58
Tabla 2.12 NUEVOS TIEMPOS PARA GRIFO ESTACIONARIO 3430	60
Tabla 2.13 COTIZACIÓN SISTEMA VR 300 GPM, 3 GRIFOS ESTACIONARIOS	62
Tabla 2.14 OPORTUNIDA DE AHORRO Y GANANCIA	63
Tabla 3.1 GANANCIA OBTENIDA A LA FECHA	65

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: UBICACIÓN DE MINA CUAJONE	14
FIGURA 1.2: GEOLOGÍA REGIONAL CUAJONE	16
FIGURA 1.3: FALLAS PRINCIPALES CUAJONE	17
FIGURA 1.4: VISTA EN SECCIÓN DEL MODELO DE ROCA	23
FIGURA 1.5: VISTA EN SECCIÓN DEL MODELO DE ALTERACIÓN.....	24
FIGURA 1.6: VISTA EN SECCIÓN DEL MODELO DE MINERALIZACIÓN.....	25
FIGURA 1.7: GEOLOGÍA Y ÁNGULOS INTER-RAMPAS DEL TAJO FINAL.....	28
FIGURA 1.8: ZONA DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES.....	31
FIGURA 1.9: PERFIL DE ACARREO DEL BOTADERO TORATA ESTE.....	32
FIGURA 1.10: VISTA EN SECCIÓN DEL MODELO DE FASES DE MINADO.....	34
FIGURA 1.11: VISTA DE PLANTA Y TRANSVERSAL DE LAS FASES DE MINADO EN MINA CUAJONE.....	35
FIGURA 2.1: ESQUEMA DE TIEMPOS DE SERVICIO DE ABASTECIMIENTO	47
FIGURA 2.2: CORRELACION DE TIEMPO DE LLENADO VS % NIVEL TANQUE PARA FLOTA 930	50
FIGURA 2.3: CORRELACION DE TIEMPO DE LLENADO VS % NIVEL TANQUE PARA FLOTA 830 - 793.....	51
FIGURA 2.4: ESQUEMA DE TIEMPOS DE SERVICION TOTAL.....	54
FIGURA 2.5: GRIFO ACTUAL.	59
FIGURA 2.6: GRIFO PROPUESTO.....	61
FIGURA 3.1: GRIFO CON IMPLEMENTACION AL 80%.....	64

INTRODUCCIÓN

La Unidad minera a tajo abierto Cuajone realiza la actividad de extracción de mineral con el fin de maximizar la creación de valor para sus accionistas, a través de la minimización de los costos operativos y la maximización de la producción de mina. En la actualidad para las empresas mineras el control de costos operativos ha cobrado mayor relevancia por la presencia de variables externas que repercuten en dichos costos, como lo son por ejemplo los precios de los metales y de los insumos que han presentado una gran variabilidad últimamente.

En la actualidad las empresas buscan maximizar la utilización de sus equipos con la reducción de las demoras operativa. El ingreso de tecnología moderna a las operaciones mineras se ha vuelto una estrategia fundamental en el plan de reducción de costos al mejorar el desempeño de las operaciones y reducir o eliminar el consumo de insumos a través de la reducción del indicador dólares por tonelada

Dentro de nuestras operaciones, el transporte representa el 56% de nuestro costo total, el cual es posible disminuirlo aumentando la productividad y reduciendo los tiempos muertos. Es por esto que se busca incrementar la utilización de la flota

mediante la optimización del tiempo de servicio en grifo y el tiempo por volquete fuera de ruta. El presente proyecto tiene por finalidad reducir el tiempo de servicio en grifo basándose en el principio de las carreras de autos en donde los corredores hacen paradas para aumentar combustible, el tiempo de estas paradas pueden definir el triunfo o fracaso del corredor, donde cada segundo cuenta, análogamente en nuestras operaciones el tiempo se ve reflejado en los costos.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN

El yacimiento de pórfido de cobre de Cuajone se encuentra ubicado en el departamento de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto, Distrito Torata y paraje de Quebrada Chuntacala. Geográficamente se encuentra entre las coordenadas UTM: 538,200 y 542,000 Este; 84,000 y 87,800 Norte. (Ver Figura 1.1).



Figura 1.1 Ubicación de Cuajone (DATUM: PSAD 56) [1]

1.2 GEOLOGÍA

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 1.2).

1.2.1 GEOLOGIA REGIONAL

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

De acuerdo a la teoría tectónica de placas para la formación de estos pórfidos de cobre, esta provincia metalogénica fue generada por la fusión parcial de los mantos superficiales ricos en cobre a lo largo de la zona Benioff de la placa este del Pacífico.

Los magmas con contenido materiales calco-alcalinos se fueron introduciendo dentro de los mantos superficiales a través de profundas fisuras, dentro de los volcánicos del mesozoico de los mantos, a 100-150 km verticalmente debajo de la zona de las placas.

Actualmente un conjunto de estructuras noroeste sureste dominan la geología regional, esta es la orientación de los trechos oceánicos.

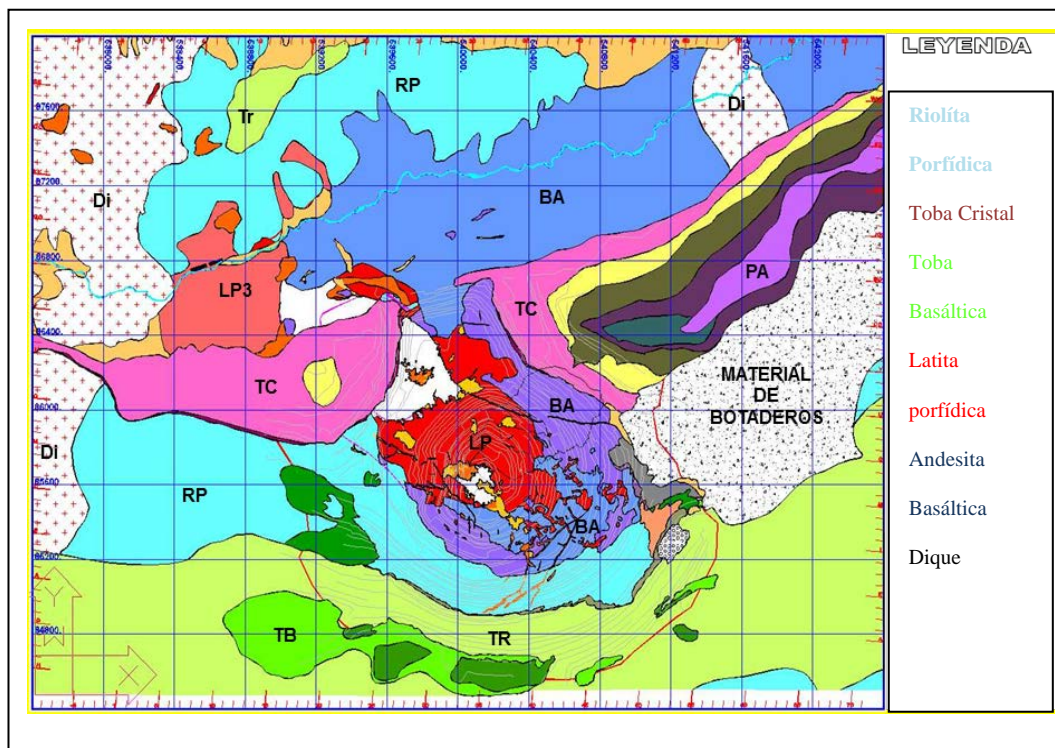


Figura 1.2 Geología Regional de Cuajone [2]

1.2.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y ALTERACION

Estructuralmente la mina Cuajone es un cuerpo en “stock work” que incluye fallas, fracturas y brechas con una orientación predominante nor-oeste, sur-este más específicamente con dirección 130 grados AZ.

En la gran mayoría de fallas, el cuerpo central de BX-BLP, 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. (Ver Figura 1.3)

La litología de Cuajone contiene rocas volcánicas del Cretáceo al Cuaternario. Hay 32 tipos de rocas como rocas pre mineralizado, andesita basáltica, riolita porfirítica, dolerita Toquepala y rocas intrusivas, como diorita, latita porfídica, brechas y diques. Además, hay 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.



Figura 1.3 Fallas Principales de Cuajone [3]

1.2.3 INTERPRETACION GEOLOGICA DEL YACIMIENTO CUAJONE

Para poder realizar la interpretación geológica del yacimiento de Cuajone, se han utilizado un total de 774 taladros de perforación diamantina que han sido realizados en diferentes campañas de perforación desde el año 1942 a la fecha. Adicionalmente se ha considerado el mapeo superficial actualizado del yacimiento.

1.2.3.1 Interpretación del Modelo de Roca

A través de los años en Cuajone se ha podido diferenciar un total de 29 rocas que han sido reconocidas en superficie y por medio de taladros diamantinos en profundidad (Ver Figura 1.4).

Se ha tomado en consideración el mapeo geológico actualizado en superficie de los diferentes tipos de roca y 774 logueos de taladros de perforación diamantina que equivalen a 268,853 m. De los cuales adicionalmente 87 taladros han sido re logueados para determinar los contactos entre los diferentes pulsos intrusivos de Latita Porfírica.

Estas rocas han sido diferenciadas en rocas Pre minerales, rocas Intrusivas y rocas postminerales de acuerdo a la relación adjunta. (Tabla 1.1).

TABLA 1.1 TIPO DE ROCAS

Tipo de Roca	Símbolo	Código	Clasificación
Botaderos	Btx	87.00	
Material Aluvial	AL	51.00	Post Mineral
Pórfido Andesítico	PA	84.00	Post Mineral
Aglomerado Superior	AS	52.00	Post Mineral
Toba Superior	TS	53.00	Post Mineral
Aglomerado Inferior	AI	54.00	Post Mineral
Toba Inferior	TI	55.00	Post Mineral
Toba Cristal	TC	56.00	Post Mineral
Conglomerado Basal	CB	57.00	Post Mineral
Conglomerado Verde/Amarillo	CV/CA	60.00	Post Mineral
Aglomerado Tobáceo	AT	58.00	Post Mineral
Toba Blanca	TB	59.00	Post Mineral
Aglomerado Gris	AG	63.00	Post Mineral
Conglomerado Traquítico	CTR	88.00	Post Mineral
Traquita	TR	61.00	Post Mineral
Vitrófiro/Toba Salmón	VT/TS	62.00	Post Mineral
Conglomerado Riolítico	CR	64.00	Post Mineral
Latita Porfírica 3	LP3	74.00	Intrusiva
Dique	DK	78.00	Intrusiva
Brecha Estéril	BXE (< 0.10% Cu)	65.00	Intrusiva
Brecha Marginal	BXMg (0.10 a 0.40% Cu)	82.00	Intrusiva
Brecha Mineralizada	BXM (> 0.40% Cu)	77.00	Intrusiva
Latita Porfírica2 (BLP)	LP2	68.00	Intrusiva
Latita Porfírica 1	LP1	67.00	Intrusiva
Diorita	DI	71.00	Intrusiva
Dolerita	DO	90.00	Pre Mineral
Riolita Porfírica	RP	69.00	Pre Mineral
Andesita Basáltica	BA1	70.00	Pre Mineral
Andesita Intrusiva	BA2	66.00	Pre Mineral

Fuente: Área de Geología – Cuajone

1.2.3.2 Interpretación del Modelo de Alteración

Se tienen determinados ocho diferentes tipos de alteración que han sido seleccionados basados principalmente en los minerales de alteración predominantes que ocurren en los diferentes tipos de roca (Ver Figura 1.5 y tabla 1.2).

TABLA 1.2 TIPO DE ALTERACIONES

Tipo de Alteración	Símbolo	Código
Sin Alteración	VOLCX	300.00
Propilítica	PROP	301.00
Propilítica – Fílica	PFIL	305.00
Argílica Supérgena	ARGS	303.00
Argílica – Fílica	AFIL	304.00
Fílica	FIL	306.00
Fílica – Potásica	FPTK	307.00
Potásica	PTK	309.00
Botaderos	BTX	310.00

Fuente: Área de Geología – Mina Cuajone

1.2.3.3 Interpretación del Modelo de Mineralización

Actualmente es posible cuantificar los diferentes tipos de minerales mediante el análisis químico del laboratorio en donde se puede identificar mediante el ensayo de cobre secuencial la cantidad o porcentaje de minerales de óxidos, sulfuros enriquecidos y sulfuros primarios de cobre (Ver Figura 1.6).

Se considera óxidos a todo el material que tiene un porcentaje de cobre soluble en ácido mayor al 20% del cobre total ($\text{CuSAc} / \text{Cu Total}$) x 100.

Se considera sulfuros enriquecidos a todo el material que tiene un porcentaje de cobre soluble en cianuro mayor al 50% del cobre total ($\text{CuSCn} / \text{Cu Total}$) x 100.

Se considera sulfuro transicional a todo el material que tiene un porcentaje de cobre soluble en cianuro que varía entre 25 y 50% del cobre total. Se considera sulfuro primario a todo el material que tiene un porcentaje de cobre residual mayor a 75% del cobre total. (Ver Tabla 1.3)

TABLA 1.3 TIPO DE MINERALIZACIÓN

Mineralización	Símbolo	Código	Cu Total	CuSAc	CuSCn	Cu Res.
Leach Capping	L	201.00	< 0.10%			
Oxidos	O	202.00	> 0.10%	> 20%		
Enriquecido	E	203.00	> 0.10%		> 50%	
Transicional	T	204.00	> 0.10%		25 a 50%	
Primario	P	205.00	> 0.10%			0.75
Desmante	WP	206.00	< 0.10%			

Fuente: Área de Geología – Mina Cuajone

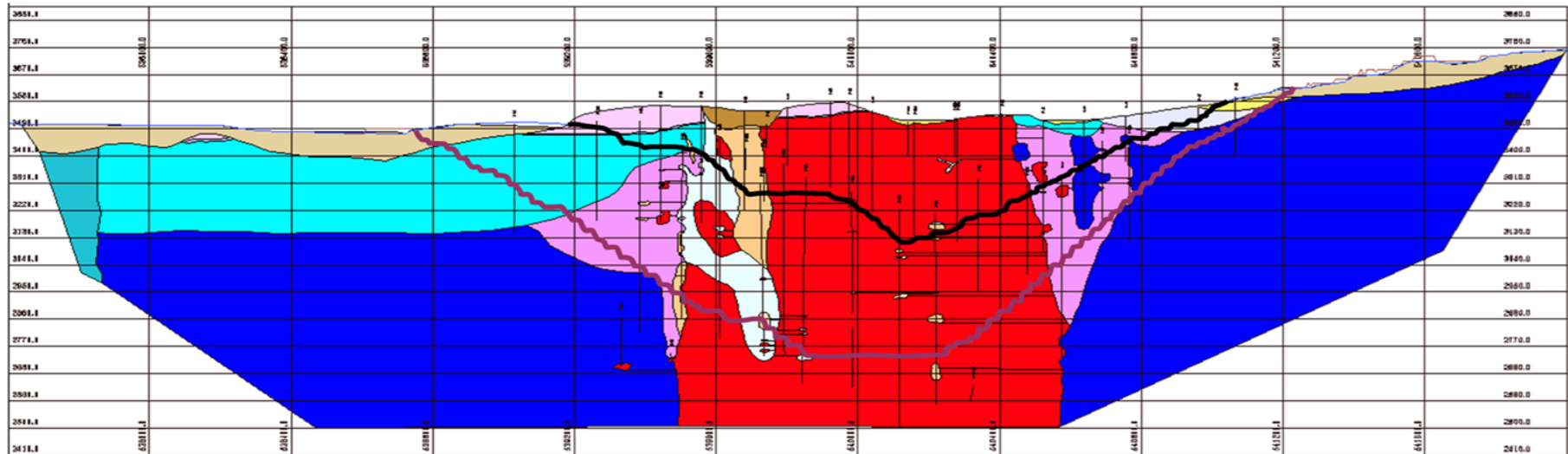
1.2.3.4 Interpretación del Modelo de Dureza

Geológicamente es posible diferenciar la dureza de una roca principalmente por la presencia de sílice o cuarzo y por el contenido de arcillas lo cual puede ser corroborado con pruebas físicas de rayado de éstas muestras mediante la uña, navaja o golpes de martillo clasificándolas en la escala de Mohs con variaciones del 1 al 7 (Más blando al más duro) o con variaciones de muy suave, suave, duro y muy duro que tenga una relación directa con el Work Index que se obtiene en la Concentradora.(Ver tabla 1.4)

TABLA 1.4 DUREZA

Roca / Alteración	Símbolo	Código	Clasificación
BA Argílica	BA-ARG	8.00	Muy Suave
IA Argílica	IA-ARG	9.00	Suave
LP Qz-Sericita	LP-QS	9.90	Suave
BA Qz en venas	BA-QV	10.00	Suave
RP Silicificación	RP-S	11.00	Dura
BA Débilmente fresca	BA-DF	11.50	Dura
IA Fílica Propílica	IA-FP	11.60	Dura
LP Mod. Silicificada	LP-MS	11.70	Dura
Brecha	BX	11.70	Dura
IA Qz Pervasivo	IA-QP	12.00	Muy Dura
IA Estruct. Ret. Qz	IA-ESRQ	12.50	Muy Dura
BA Fresca	BA-F	13.00	Muy Dura
LP Estruct. Ret.QZ	LP-ESRQ	15.20	Muy Dura
LP Fresca	LP-F	15.90	Muy Dura
LP Silicificada	LP-S	16.30	Muy Dura

Fuente: Área de Geología – Mina Cuajone



MODELO DE ROCAS

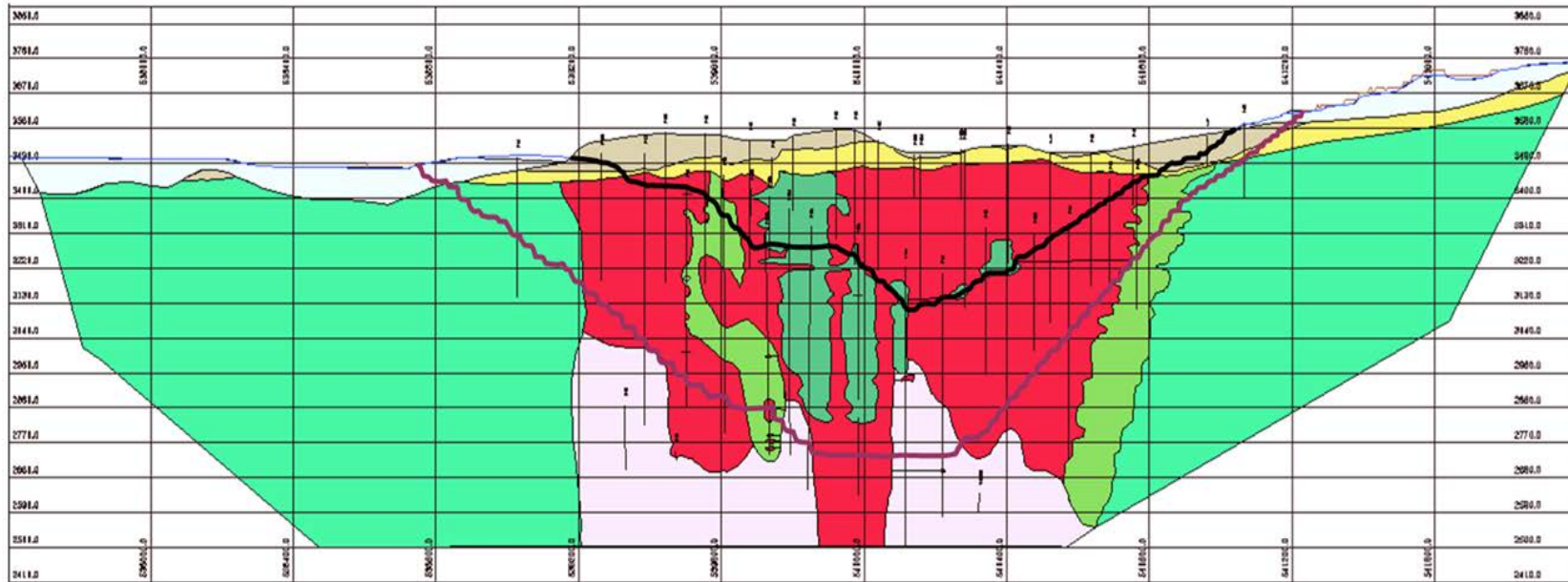
SECCION P1

- ALUVIAL
- AGLOMERADO SUPERIOR
- TOBA SUPERIOR
- AGLOMERADO INFERIOR
- TOBA INFERIOR
- TOBA CRISTAL
- CONGLOMERADO BASAL
- AGLOMERADO TOBACEO
- TOBA BLANCA
- CONG. AMARILLO /VERDE
- TRAQUITA
- VITROFIRO TOBA SALMON
- AGLOMERADO GRIS
- CONGLOMERADO RIOLOTICO

- BRECHA ESTERIL
- ANDESITA INTRUSIVA
- LATITA PORFIRITICA
- BARREN DE LATITA PORF.
- RIOLITA PORFIRITICA
- ANDESITA BASALTICA
- DIORITA
- LATITA PORFIRITICA LP3
- BRECHA MINERALIZADA
- DIQUE
- BRECHA MARGINAL
- CONG. TRAQUITICO
- DOLERITA
- BOTADERO

- PIT FINAL
- TOPOGRAFIA ACTUAL

Figura 1.4 Vista en Sección del Modelo de Roca [4]



MODELO DE ALTERACION

SECCION P1

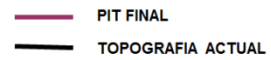


Figura 1.5 Vista en Sección del Modelo de Alteración [5]

1.3 GEOTECNIA

Los Parámetros Geotécnicos son estudiados por consultores con toda la información de campo y laboratorio (grado de cohesión, permeabilidad, porosidad de las rocas), monitoreo de piezómetros e inclinómetros, información de los Logueo de taladros diamantinos (RQD, grado de fracturamiento, geomecánica de roca, pruebas uniaxiales), mapeos de celdas, mapeo estructural de la mina, información geológica (tipos de roca, mineralización, alteración).

Toda esta información servirá para obtener los ángulos de taludes y dividir la mina en sectores o en dominios estructurales. Los tipos de roca considerados para los dominios estructurales son:

Aluvional - Botaderos (ALUV-BOT)

Rocas Volcánicas (VOLC)

Riolita Porfírica (RP)

Andesita Basáltica (BA)

Latita Porfírica (LP)

En la grafico 6 se muestran los dominios estructurales recomendados por Golder Associates. Los ángulos inter-rampas para los volcánicos es de 47° , para Latita Porfírica, la Andesita Basáltica y la Riolita Porfírica es de 38° a 46° con una zona restringida por la Falla Mayor Sur que es de 38° .

1.3.1 Taludes del Tajo

Los ángulos de talud usados en el trabajo de optimización del tajo se basan en las recomendaciones hechas el estudio geotécnico de

Noviembre 2000 por Golder Associates. 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.

Estos factores geológicos / geométricos fueron usados para construir un juego de polígonos de sectores de talud para controlar el ángulo de talud usados a lo largo de las paredes finales del tajo durante el proceso de optimización del tajo.

1.3.2 Sectores y Ángulos de Talud

La tabla 1.5 resume el tipo de Roca e información del azimut de las paredes del tajo asociados con cada dominio estructural y el ángulo asociado de talud inter-rampa. Los ángulos de talud, área de sectores y tipo de rocas expuestas sobre el tajo final (Ver Figura 1.7).

TABLA 1.5 ÁNGULOS INTER-RAMPAS DEL TAJO FINAL

XTRA4	TIPO DE ROCA		SLOPE	PHSLP	BANCO	BERM		
código			BANCO	INTERRAMPA		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		65	43	SIMPLE	15	9.09	9.09
7	BLP		65	43	SIMPLE	15	9.09	9.09
8	LP1	LP	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		60	38	SIMPLE	15	10.54	10.54
12	BA SE		60	38	MODIF	15	8	13.08
13	BA SW	BA	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

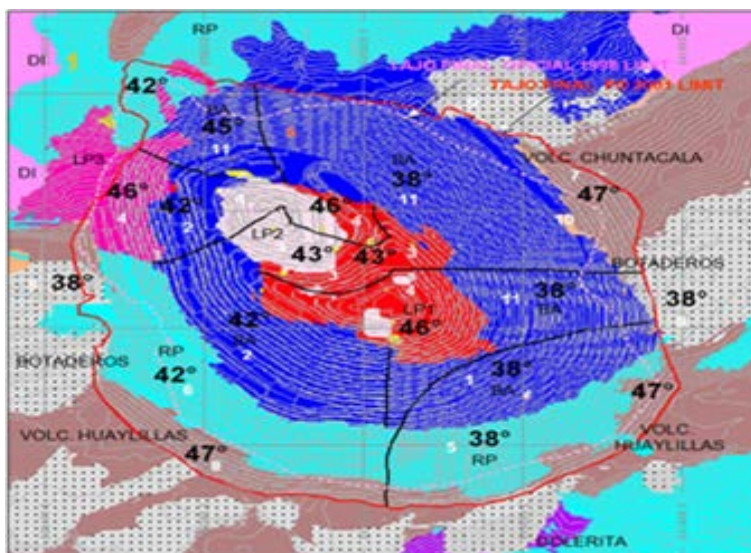


Figura 1.7 Geología y Ángulos Inter Rampas del Tajo Final [7]

1.4 INGENIERIA

1.4.1 DIMENSIONES Y DISEÑO DEL TAJO

Las dimensiones del tajo en la actualidad son de casi 2.5 km (n-s) de largo por 2.1 Km de ancho (E-W) en el perímetro.

El tajo, cuya profundidad es de 680 m (en donde el nivel más alto es 3580 y el más bajo 3100 m.s.n.m).

En el futuro el Tajo tendrá un diámetro de 3.4 kilómetros con una profundidad de más de mil metros que lo llevará a ser uno de los más grandes y profundos del mundo.

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

El diseño es concerniente al tipo de trenes y volquetes con que se cuenta. 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 vacíos. En Cuajone se tienen dos sistemas de rampas principales (rampa norte y rampa Sur) actualmente debido a los trabajos de la fase 6 de minado solo opera la rampa norte para el acarreo por volquetes, que permiten la continuidad de la operación en zonas bajas de la mina. El ancho mínimo de rampa para el acarreo 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 las disposición de los materiales se hará de acuerdo a su clasificación en caso de mineral será en dos hoppers (B y C) que luego serán acarreados a la chancadora primaria por trenes, en caso de sulfuros de baja ley estos serán depositado en botaderos preparados especialmente con la finalidad de recuperarlos en un futuro mediante un blending adecuado. (Ver figura 1.8)

1.4.3 Perfiles de acarreo

Hacia el fondo de mina (nivel 3190) se tienen dos carreteras de acceso: Rampa Norte y Rampa Sur. Ambas rampas tienen 8 y 9 % de gradiente. Generalmente en el fondo de mina se tiene mineral, por lo que el destino de los volquetes son las tolvas de transferencia B o C (volquete-tren) que se encuentran en el nivel 3430. Puede observarse que actualmente estos volquetes levantan 260 metros de altura, lo que significa que estos volquetes realizan un recorrido aproximado de 3000 metros.

La pala 3 y pala 1 se encuentran en el nivel 3200. Normalmente la pala 3 trabaja en desmonte o sulfuro de baja ley, materiales que son descargados por los volquetes en los botaderos 5%, mientras que pala 01 por ser de menor capacidad trabaja en zonas de mineral. Pala 02 y Pala 04 se encuentra en desbroce en los niveles superiores al 3700 donde el material es depositado en el botadero Viña Blanca. (Ver Figura 1.9).

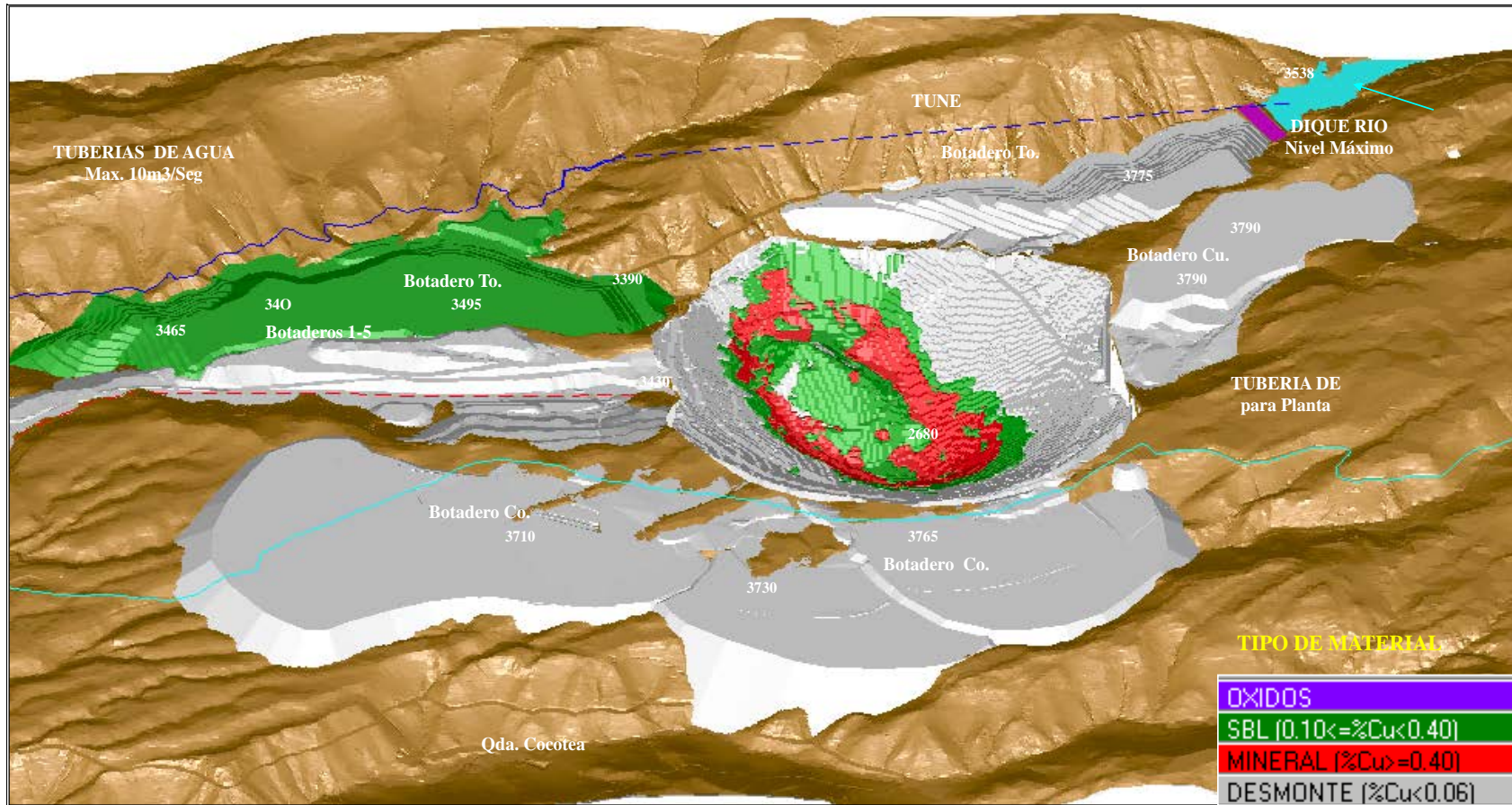


Figura1.8 Zona de Disposición de Materiales [8]

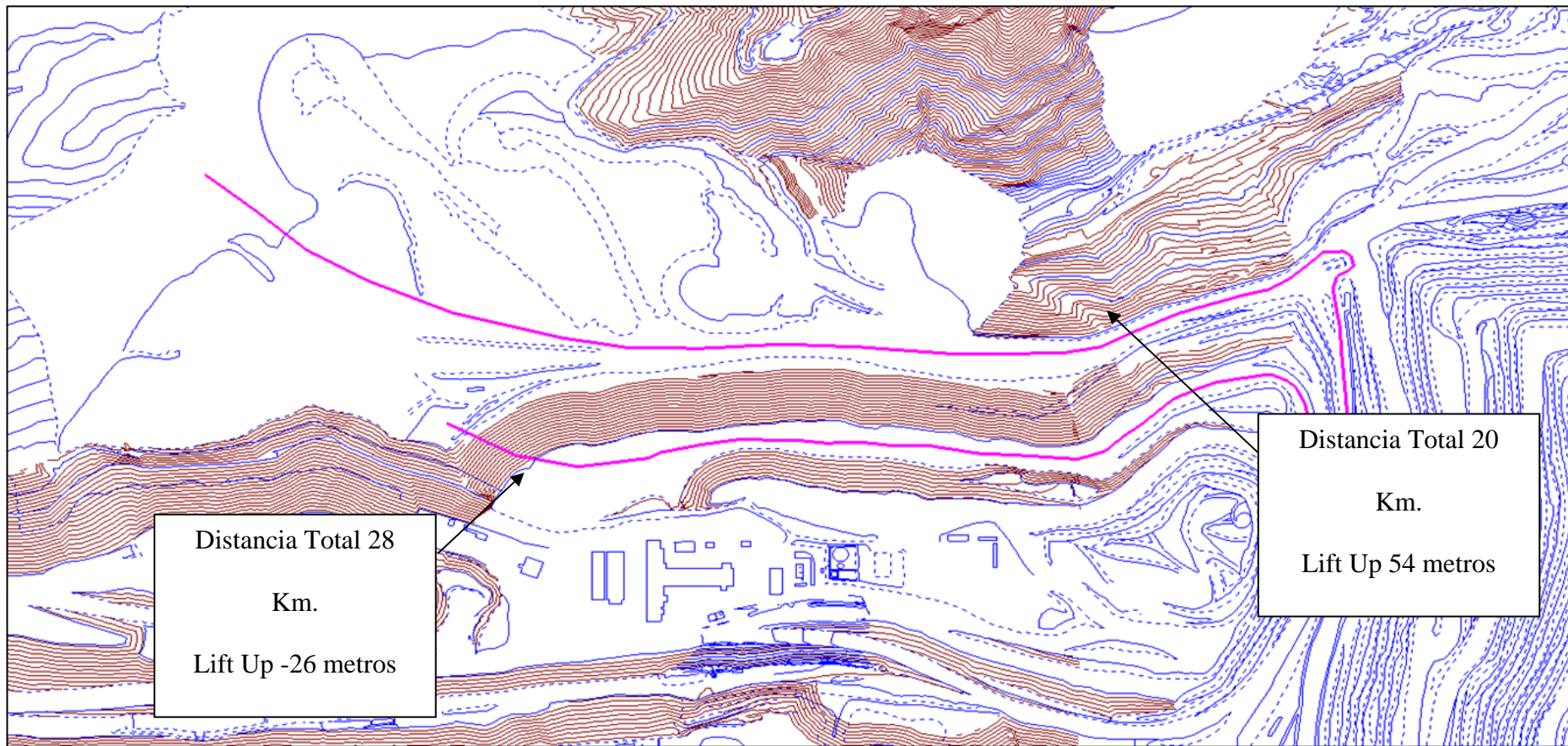


Figura 1.9 Perfil de Acarreo del Botadero Torata Este [9]

1.4.4 PARÁMETROS DE PLANEAMIENTO DE MINADO

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

Los parámetros generales son los que serían aplicables a todos los depósitos de tipo diseminado de gran tamaño y ley relativamente baja.

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 necesarios para la evaluación de reservas contenidas, más aun si la explotación de estas demanda inversiones considerables que deben ser compensadas por un adecuado retorno, lo cual depende de un económico y eficiente abastecimiento de mineral.

1.4.5 FASES DE MINADO

La mina Cuajone está dividida en 8 pushbacks o fases de minado hasta alcanzar el límite final del pit. Las reservas del yacimiento se estiman de acuerdo a la información de la perforación diamantina, redefiniendo el modelo de rocas y el modelo geológico.

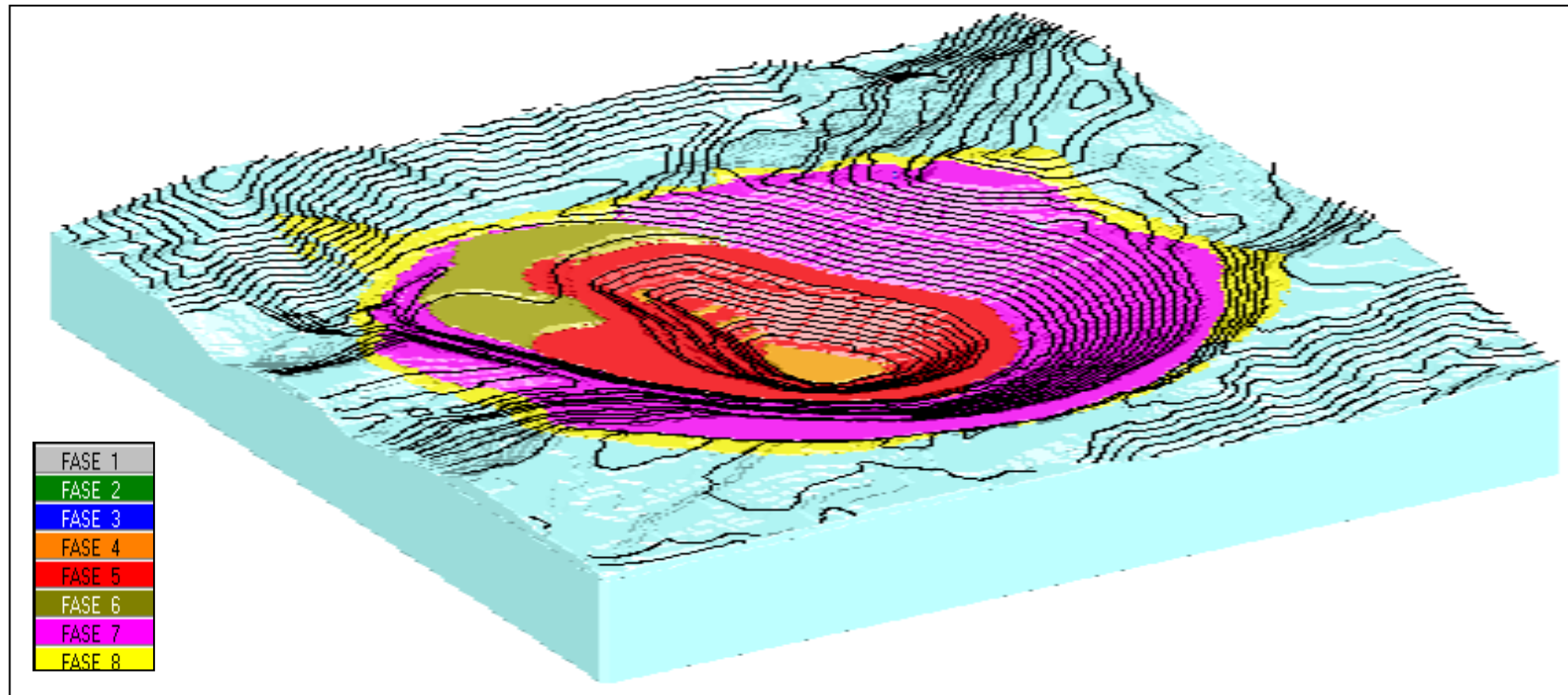


Figura 1.10 Vista en Sección del Modelo de Fases de Minado [10]

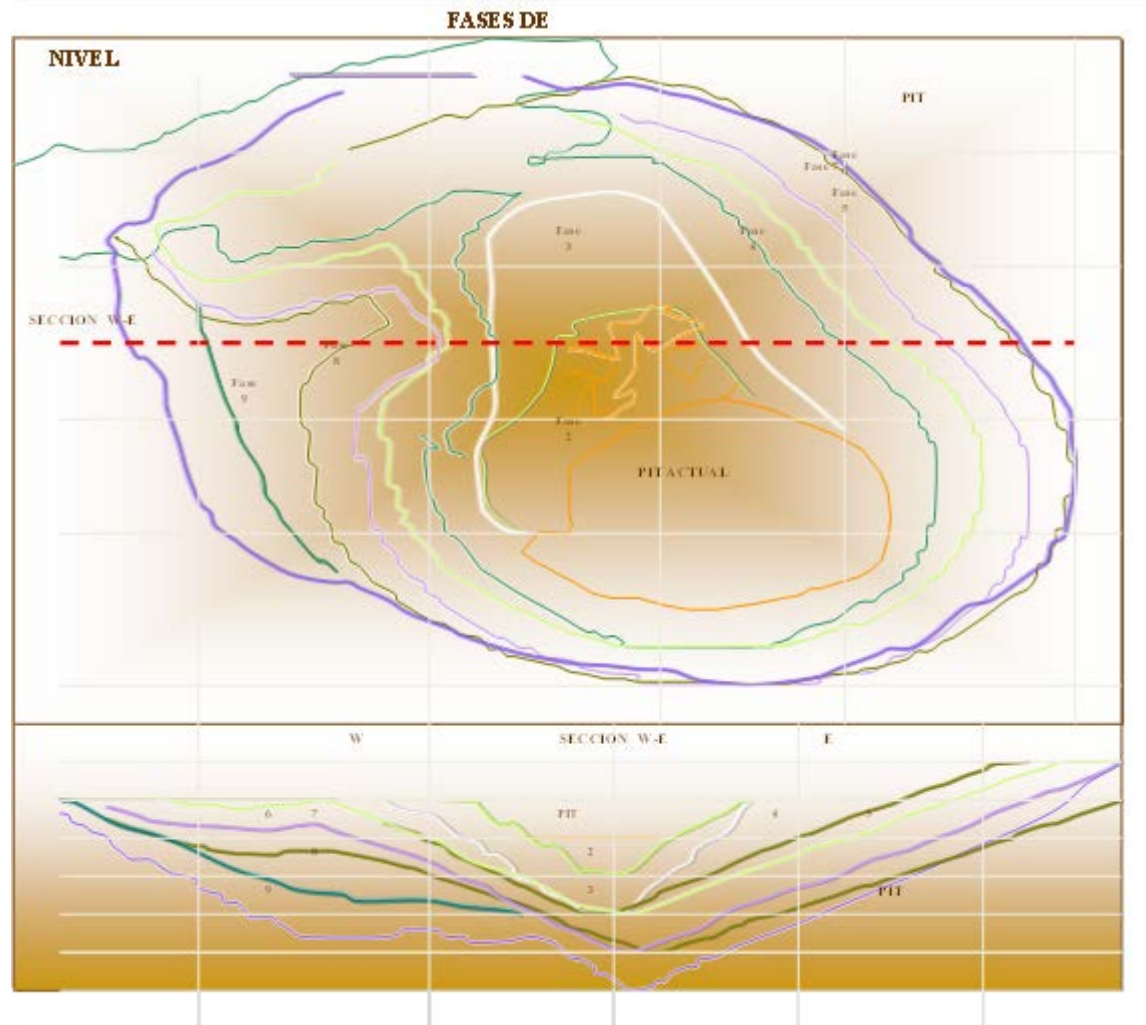


Figura 1.11 Vista de Planta y Transversal de las Fases de Minado en Mina Cuajone [11]

1.4.6 DETERMINACIÓN DE LA PARED FINAL

La pared final está determinada por los siguientes factores: tipo de yacimiento, ángulos de talud final escogidos, variables económicas y la ley de corte.

Tipo de yacimiento, existe depósitos que determinan la pared final por razones estructurales tales como: vetas y mantos. De otro tipo son los yacimientos porfiríticos de cobre, como el de Cuajone por ejemplo, en donde la pared final está gobernada por parámetros económicos y varía según cambien dichos parámetros.

Ángulos de talud final, quedan establecidos por estudios de estabilidad basados en las condiciones geológicas de la roca, de tal manera que se obtenga la mayor cantidad de reservas, el menor de desmonte, y el máximo rendimiento económico.

Variables económicas, la posición final de la pared se rige por variables económicas, tales como: Precios de los metales, Costos, Recuperaciones de la Concentradora, Fundición y Refinería.

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 unas variables económicas fijas tienen una sola ley de corte óptima.

La posición final de la pared se rige por variables económicas tales como: costos, recuperaciones de la concentradora, fundición y refinería así como el precio de los metales. Determinada la pared final y la ley de corte óptima se pueden clasificar los materiales de mineral, sulfuros de baja ley, óxidos y desmonte.

1.4.7 FACTORES QUE GOBIERNAN LOS PLANES DE MINADO ANUAL

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

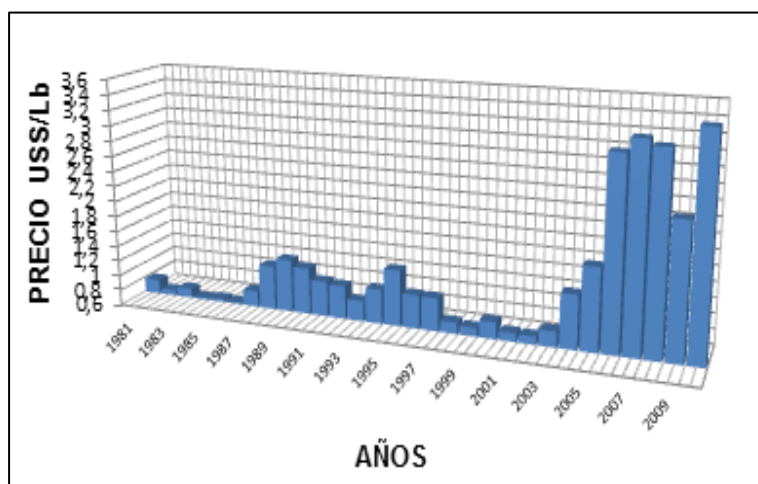
- La capacidad de tratamiento de la concentradora. Los planes de minado deben garantizar ese nivel de producción.
- El tonelaje de otros materiales que se deben mover para garantizarle mineral disponible para el año siguiente.
- La flota disponible de equipo: perforadoras, palas, volquetes, trenes y 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.

- Ubicación de la plataforma anchas, aptas para los cortes de las palas. La altura de banco y el mínimo de ancho de plataforma operativa.
- Ley de corte
- Estimado de variables económicas tales como la recuperación.

1.4.8 PRECIO DE LOS METALES

La tabla 1.6 muestra cómo ha variado el precio del cobre a través de los años, dentro de la operación de Cuajone se produce ingresos, principalmente, debido a tres minerales. Estos metales son: cobre, molibdeno, y plata.

TABLA 1.6 PRECIO DEL COBRE TENDENCIA EN LOS AÑOS



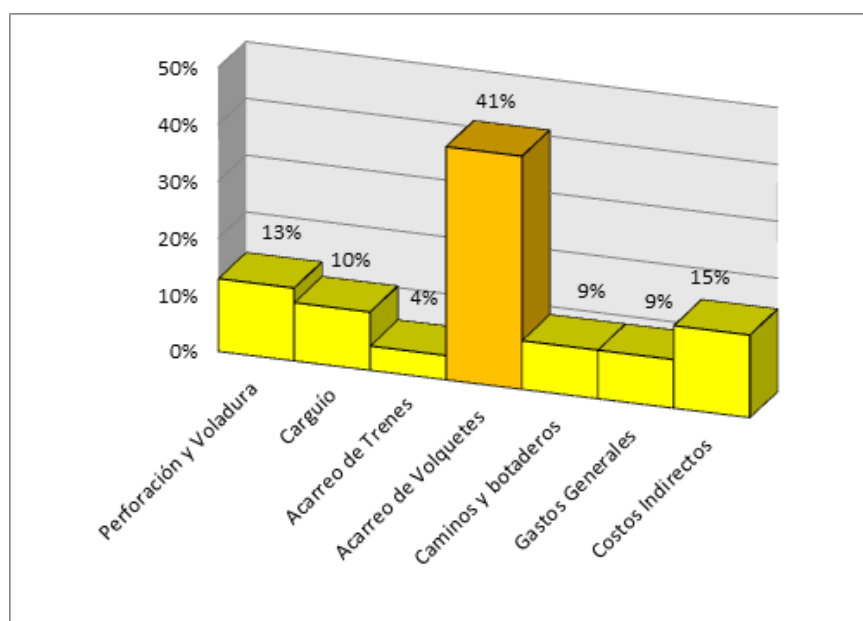
Fuente: Informe de tendencia del mercado de cobre 2011 - 2012 - Gobierno de Chile

1.4.9 COSTOS

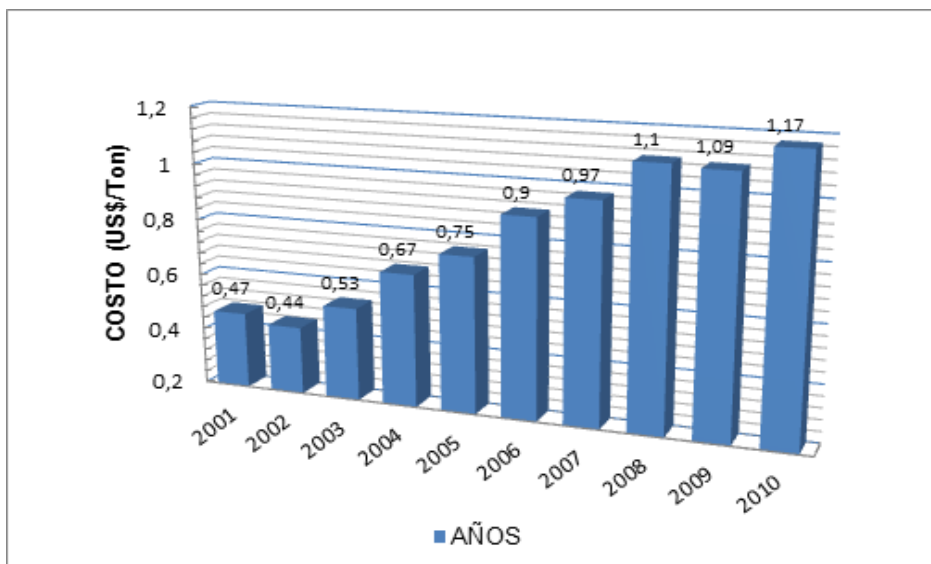
Los costos considerados incluyen todos los costos operativos directos e indirectos, gastos generales, etc. Al realizar el análisis de todos los costos que se generan, los de mayor porcentaje son los de acarreo representando casi un cincuenta por ciento del costo total de minado. De aquí el interés por mejorar el control en los procesos. (Ver tabla 1.7).

Los costos de minado se ven incrementados por diversos factores internos y externos como es la elevación del precio de los combustibles, insumos, equipos de mayor capacidad, escases de llantas, etc. (Ver tabla 1.8)

TABLA 1.7 COSTO DE MINADO POR PROCESOS MINA CUAJONE



Fuente: Anuario de productividad 2012 - Gerencia operaciones Cuajone

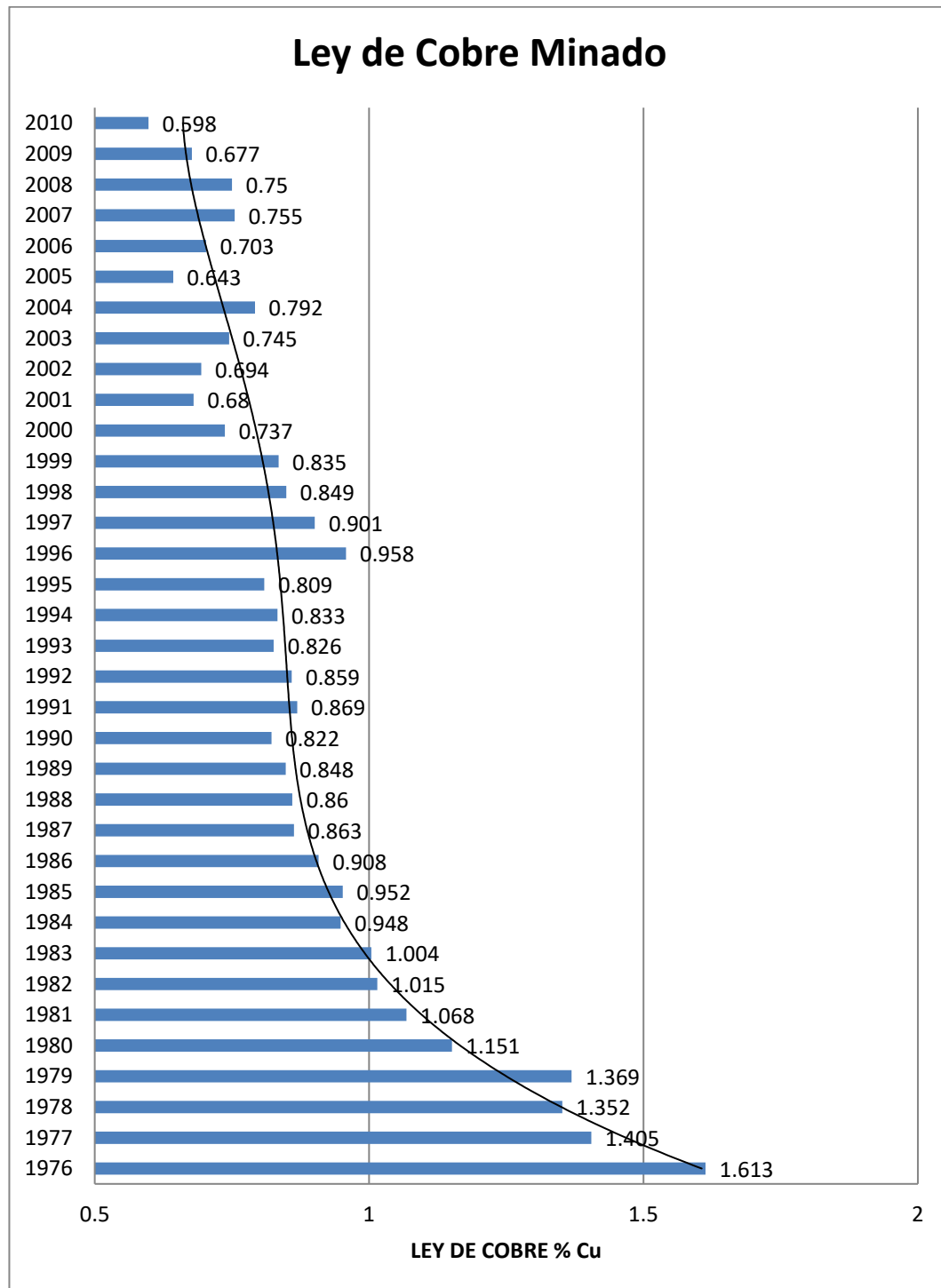
TABLA 1.8 COSTO TOTAL DE MINADO MINA CUAJONE

Fuente: Anuario de productividad 2012 - Gerencia Operaciones Cuajone

1.4.10 LEYES

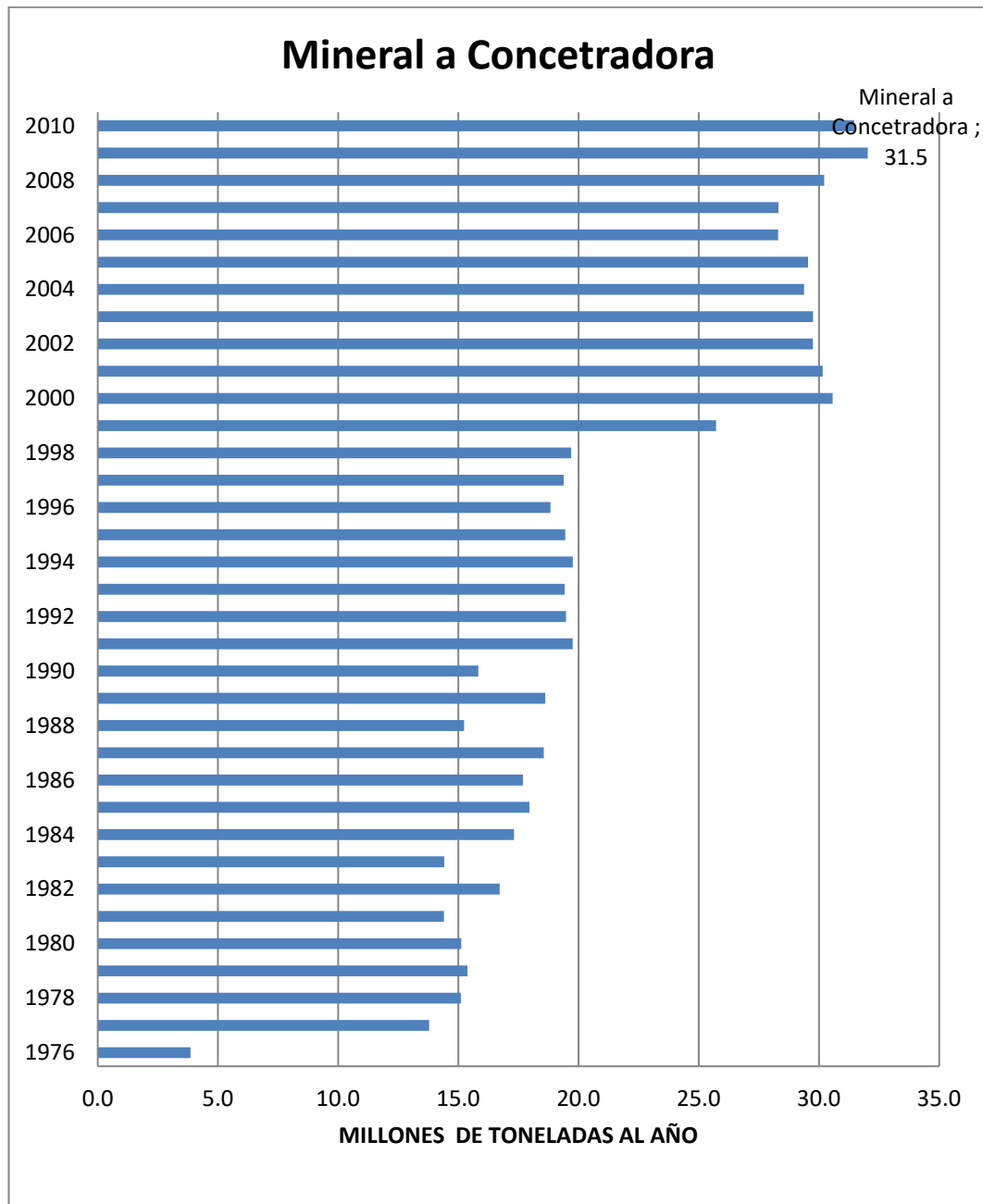
Al iniciar las operaciones se empieza con la extracción de leyes mayores a la unidad con un tonelaje de producción anual ínfimo, (ver tabla 1.9) este tonelaje fue incrementando por las necesidades externas del mercado, con los objetivos trazados en los planes de minado con una ley anual promedio de 0.63, y treinta y uno millones de toneladas anuales de mineral a concentradora a la fecha. (Ver tabla 1.10).

TABLA 1.9 LEY DE COBRE MINADO EN CUAJONE A TRAVÉS DE LOS AÑOS



Fuente: Anuario de productividad 2012- Gerencia de Operaciones Cuaajone

**TABLA 1.10 MINERAL ENVIADO POR AÑO A CONCENTRADORA
CUAJONE**



Fuente: Área de Geotecnia – Mina

1.5 OPERACIONES DE LA MINA

La operación de minado se realiza por el método de tajo abierto actualmente mina Cuajone produce 90 mil toneladas métricas de mineral al día con una ley promedio de 0.62% de Cu. La mina está dividida en 8 pushback o fases de minado hasta alcanzar el límite final del tajo, actualmente se encuentra en explotación las fases 5 y 6.

Cuajone es una mina que diariamente extrae más 500,000 TM/día, con una vida de mina de aproximadamente de 54 años.

Capacidad hacia tolvas (hoppers) los cuales son el medio para la transferencia del mineral hacia los trenes quienes transportaran el mineral hacia la planta de chancado.

Actualmente la fase 6 del plan de desarrollo de mina Cuajone se encuentra en ejecución, para ello, todo lo relacionado con el desbroce se realiza con dos palas gigantes Bucyrus Serie 495, y un total de 52 camiones.

El proyecto de expansión de Cuajone también sigue adelante. Al 30 de septiembre de 2010, se ha gastado un total de US\$ 39.4 millones. La compra de equipo de mina y auxiliar para soporte del trabajo de optimización del plan de mina de Cuajone está en progreso. Como parte del plan para la expansión de Cuajone, el proyecto contempla una metodología de ley de corte variable, que aumentara la producción de cobre y molibdeno a un total de 147,000 Ton y 3,000 Ton, respectivamente, en los próximos 10 años.

TABLA 1.11 EQUIPOS 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 DTH Roc-L8 2 Perforadoras Sandvick DR56
CARGUÍO
1 Pala P&H 2800XPB Cap. 31.6m ³ 2 Palas P&H 4100 A Cap. 42.8 m ³ 1 Pala Bucyrus 49BII Cap. 56 yd ³ 2 Palas Bucyrus 495 HR Cap. 73 yd ³ 2 CF Letorneau
ACARREO
15 Volquetes Komatsu 830 E Cap. 218 Tm 15 Volquetes Komatsu 930 E Cap. 290 Tm 7 Volquetes Caterpillar 793 C Cap. 231 Tm 2 Volquetes Caterpillar 793 D Cap. 231 Tm 13 Volquetes Caterpillar 797 F Cap. 390 Tm
TOLVAS
2 Tolvas de 2000 Tm cada una
TRENES
6 Locomotoras U23B con 17 vagones cada uno de 70 Tm.
COMUNICACIÓN
Radio voz en todos los equipos, control de tráfico de volquetes, palas y trenes mediante Jigsaw.
EQUIPO AUXILIAR
5 Motonivaladoras 2x24 H, 1x24 M, 1x16 H, 1x16M. 10 Tractores Oruga 7xD10R, 1D9R, 2 D11T 2 Cargadores Frontales 1x988, 1x966, 1x992 4 Tanques de regadío 785D Cap. 30,000gal.

Fuente: Operaciones Mina

CAPITULO II

DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1. SELECCIÓN DEL PROBLEMA

En las operaciones mineras existen diferentes actividades como lo son: perforación, voladura, carguío, acarreo, caminos y Botaderos y costos generales, de todos ellos se busca iniciar el plan de reducción de costos sobre la actividad que tenga mayor incidencia sobre el costo total de operaciones, para lo cual se identificó que el costo de acarreo representa aproximadamente el 56% del costo total, por ello hacer una reducción en el costo de acarreo del material representaría una reducción del costo total considerable para la empresa.

A continuación se muestra la distribución del costo total de la mina por actividades:

TABLA 2.1 DISTRIBUCIÓN DE COSTO POR ACTIVIDADES

Distribución porcentual del Costo	
Perforación	4%
Voladura	9%
Carguío	10%
Acarreo	56%
Caminos y Botadero	10%
Otros	10%

Fuente: Jesús Guerra Molina, Reporte Sumario de costos, 2012

El desarrollo del presente trabajo tiene por finalidad buscar oportunidades de ahorro en la reducción de las demoras operativas para incrementar la utilización de los equipos.

Entre las principales demoras operativas identificadas tenemos: El cambio de Guardia, Abastecimientos de combustible a los volquetes, Traslados de Palas, Stanbye por falta de operador, etc.

Siendo la actividad de acarreo la que tiene el 56% de costo total buscaremos reducir el tiempo de abastecimiento de los volquetes.

2.2. RECOPIACION DE DATOS

Se hizo de forma directa en campo, registrando los tiempos de los eventos importantes que involucran el servicio de abastecimiento y servicio en general en el grifo mina. Entre los meses de mayo y junio, durante 5 días (turno A) se recolectaron datos de campo en el grifo del 3490, tales como: hora de llegada de los volquetes, hora de inicio del servicio de grifo, tiempo de abastecimiento de combustible, galones abastecidos, tiempo de enllante, hora de termino del servicio y hora de salida de volquetes de la zona.

2.2.1. TIEMPO DE ABASTECIMIENTO

Se considera al tiempo de abastecimiento al tanqueado de los volquetes. A continuación se muestra el esquema de tiempos del servicio de Abastecimiento

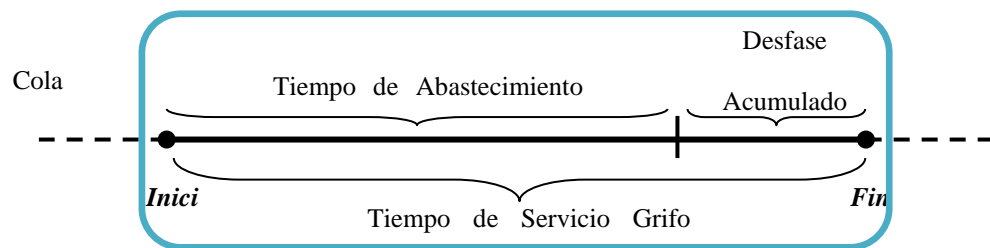


Figura 2.1 Esquema de Tiempos de servicio de abastecimiento

Procedimiento

Se buscará el tiempo óptimo de abastecimiento en función al porcentaje de nivel de combustible con el que llegan los volquetes y además diferenciar el tiempo de acuerdo a la capacidad de tanque de las diferentes flotas.

La capacidad de tanque de combustible de las flotas es la siguiente:

K-930E	1200 gal.
K-830E	1000 gal.
CAT-793C	1000 gal.

• Datos para la flota K-930E, K-830 Y CAT-793C

En la tabla N° 13 se muestra los datos de la toma de tiempos para volquetes con capacidad de 1200 galones (flota 930E).

En la tabla N° 14 se muestra los datos de las flotas que tienen capacidad de 1000 gal.

TABLA 2.2 TOMA DE TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO, DESFASE Y SERVICIO – FLOTA 930

FECHA	DIA	N° VQC	FLOTA	CAP. TANQUE	%TANQUE	Galones Llenados	COLA	TPO ABAST. (min)	TPO. ENLLANTE (min)	Desfase solo enllante (min)	Desfase Acumulado (min)	TIEMPO SERVICIO (min)
7 JUNIO	MARTES	113	K-930E	1200	23%	925	0:10	10.58	7		2.8	13.4
8 JUNIO	MIERCOLES	109	K-930E	1200	24%	917	0:01	10.51	11	0.49	3.7	14.2
7 JUNIO	MARTES	111	K-930E	1200	25%	902	0:01	10.31	10		2.4	12.7
8 JUNIO	MIERCOLES	108	K-930E	1200	28%	863	0:02	9	10	1	5.0	14.0
8 JUNIO	MIERCOLES	112	K-930E	1200	28%	861	0:01	10.1	12	1.9	4.0	14.1
7 JUNIO	MARTES	107	K-930E	1200	33%	806	0:00	9.16	11	1.84	4.0	13.2
7 JUNIO	MARTES	112	K-930E	1200	34%	789	0:03	9.12	8		0.8	9.9
8 JUNIO	MIERCOLES	110	K-930E	1200	35%	780	0:04	9	10	1	3.0	12.0
8 JUNIO	MIERCOLES	106	K-930E	1200	35%	778	0:01	9	8		3.3	12.3
8 JUNIO	MIERCOLES	101	K-930E	1200	37%	762	0:01	9	12	3	7.0	16.0
7 JUNIO	MARTES	106	K-930E	1200	37%	760	0:01	8.82	12	3.18	6.0	14.8
7 JUNIO	MARTES	108	K-930E	1200	37%	753	0:07	8.22	10	1.78	4.0	12.2
8 JUNIO	MIERCOLES	104	K-930E	1200	39%	738	0:01	8.5	11	2.5	4.7	13.2
8 JUNIO	MIERCOLES	100	K-930E	1200	40%	717	0:01	7.5	13	5.5	10.0	17.5
8 JUNIO	MIERCOLES	102	K-930E	1200	41%	708	0:01	8.1	11	2.9	7.1	15.2
7 JUNIO	MARTES	103	K-930E	1200	44%	667	0:03	7.66	13	5.34	5.0	12.7
8 JUNIO	MIERCOLES	105	K-930E	1200	45%	657	0:02	7.6	8	0.4	5.4	13.0
7 JUNIO	MARTES	100	K-930E	1200	48%	624	0:01	7.83	12	4.17	7.6	15.4

Fuente: Datos de Campo Grifo 3430 Junio 2013

TABLA 2.3 TOMA DE TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO, DESFASE Y SERVICIO – FLOTAS 830 Y 793

N° VOC	FLOTA	CAP. TANQUE	%TANQUE	Galones Llenados	COLA	TPO ABAST.	TPO. ENLLANTE (min)	Desfase solo enllante (min)	Desfase Acumulado (min)	TIEMPO SERVICIO (min)
65	K-830E	1000	13%	874	0:23	9.83	10	0.2	2.2	12.0
78	K-830E	1000	15%	848	0:01	9.7	10	0.3	3.0	12.7
63	K-830E	1000	16%	838	0:13	9.55	9		2.6	12.1
68	K-830E	1000	19%	814	0:01	9.5	9.5	0.0	1.0	10.5
76	K-830E	1000	20%	801	0:00	9.083	11	1.9	4.0	13.1
68	K-830E	1000	21%	786	0:02	9.23	7		3.1	12.3
78	K-830E	1000	23%	772	0:01	8.88	9	0.1	1.6	10.5
72	K-830E	1000	25%	751	0:07	8.66	8		2.3	11.0
69	K-830E	1000	26%	744	0:03	8.16	9	0.8	2.0	10.2
67	K-830E	1000	26%	741	0:01	8.56	8		3.3	11.8
67	K-830E	1000	26%	737	0:01	8.33	10	1.7	4.0	12.3
64	K-830E	1000	28%	723	0:11	8.5	9	0.5	3.5	12.0
68	K-830E	1000	28%	718	0:06	8.22	8		2.3	10.5
63	K-830E	1000	29%	713	0:01	8.1	9	0.9	2.2	10.3
74	K-830E	1000	29%	709	0:13	8.66	9	0.3	4.0	12.7
73	K-830E	1000	30%	696	0:10	8	9	1.0	2.8	10.8
67	K-830E	1000	31%	692	0:02	8	9	1.0	2.0	10.0
76	K-830E	1000	31%	690	0:16	8	12	4.0	5.0	13.0
71	K-830E	1000	34%	664	0:01	8.12	10	1.9	3.1	11.3
73	K-830E	1000	36%	641	0:01	7.42	11	3.6	7.6	15.0
71	K-830E	1000	39%	606	0:01	6.96	8	1.0	2.6	9.5
62	K-830E	1000	40%	600	0:11	7.1	11.5	4.4	6.4	13.5
86	CAT-793C	1000	17%	830	0:09	9.5	15.0	5.5	9.8	19.3
81	CAT-793C	1000	24%	759	0:01	8.8	7.0		4.7	13.5
87	CAT-793C	1000	25%	755	0:00	8.7	13.0	4.3	7.0	15.7
88	CAT-793C	1000	25%	751	0:01	8.7	12.0	3.3	5.6	14.3
87	CAT-793C	1000	36%	638	0:02	7.4	14.0	6.6	7.6	15.0

Fuente: Datos de Campo Grifo 3430 Junio 2013

- **Tiempo de servicio en grifo – flota 930E (1200 gal.)**

Con los datos de campo, se desarrollo el siguiente modelo para el cálculo del tiempo de abastecimiento de volquetes con 1200 galones de capacidad (flota 930E).

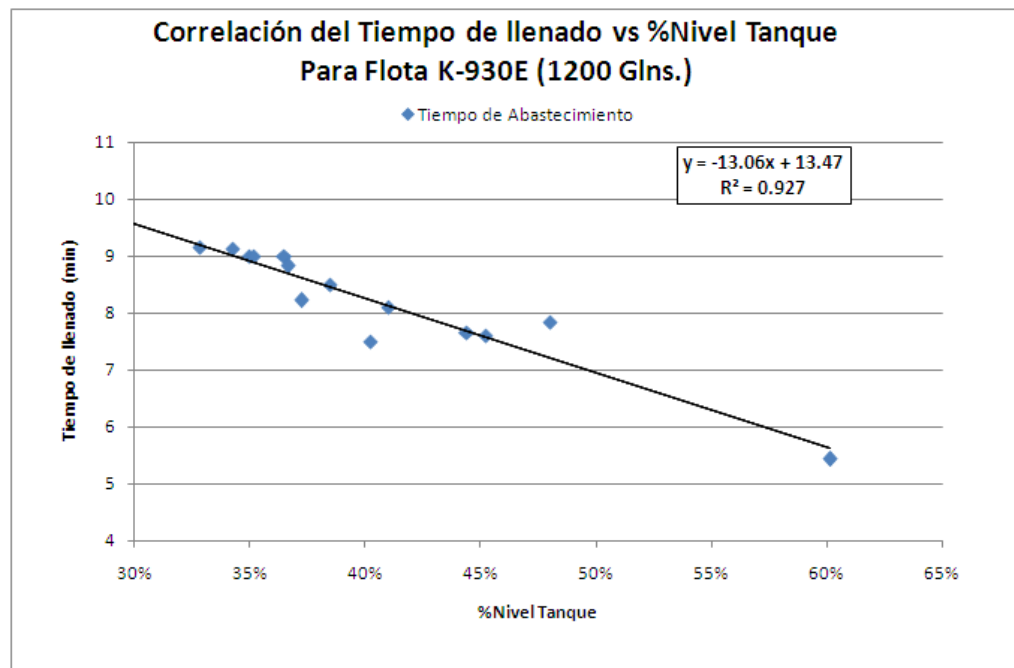


Figura 2.2 Correlación del tiempo de llenado Vs % nivel tanque para flota 930

Se halló la siguiente ecuación que determina el tiempo de llenado del tanque en función al porcentaje con el que llega al grifo.

$$Y_1 = -13.06 X + 13.47$$

Dónde:

Y_1 = Tiempo de abastecimiento (min)

X = % Combustible con el que llega al grifo

Ejemplo:

El volquete 111 llegó al grifo con 25% de combustible, entonces el

tiempo de llenado será:

$$Y_1 = -13.06 (0.25) + 13.47$$

$$Y_1 = 10.2 \text{ min} \quad ; \text{ que le tomara llenar el tanque al 100\%}$$

- **Tiempo de servicio en grifo – flota 830e Y 793c (1000 gal.)**

Con los datos de la tabla N° 2, se desarrollo el siguiente modelo para el cálculo del tiempo de abastecimiento de volquetes con 1000 galones de capacidad (flota 830E y 793c).

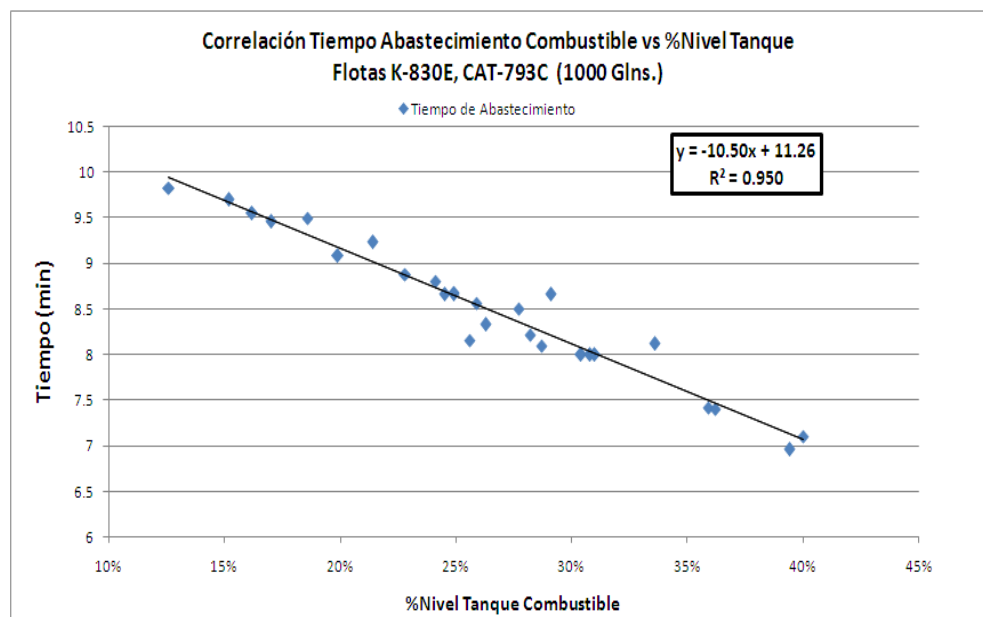


Figura 2.3 Correlación del tiempo de llenado Vs % nivel tanque para flota 830

$$Y_1 = -10.50 X + 11.26$$

Dónde:

Y_1 = Tiempo de abastecimiento (min)

X = % Combustible con el que llega al grifo

Ejemplo:

El volquete 72 llegó al grifo con 25% de combustible, el tiempo de abastecimiento será:

$$Y_1 = -10.50 (0.25) + 11.26$$

$$Y_1 = 8.6 \text{ min} \quad ; \text{ que le tomará llenar el tanque al 100\%}$$

2.2.2. TIEMPO DE DESFASE ACUMULADO EN GRIFO

El tiempo de desfase acumulado en grifo, es el tiempo posterior al tiempo de abastecimiento de combustible hasta que termina el servicio en general, comprende trabajos de enllante como aumento o desfogue de presión de las llantas, retirar piedras incrustadas, llenado de aceite de motor, hidrolina, etc.

A este tiempo de desfase se le suma 0.5 min que corresponde al tiempo de cuadrado de volquete en grifo.

TABLA 2.4 Indicadores estadísticos del tiempo de desfase acumulado

Promedio	4.4
Standard Error	0.3
Mediana	4.0
Moda	4.0
Desviación Estándar	2.3
Mínimo	0.8
Máximo	10.4

Fuente: Área Mejora Continua Cuajone

Aclaración: Este valor de 4.4 es la suma de 2.25 (desfase solo de enllante) y los tiempos extras por revisión de niveles de aceite, agua y otros (2.15).

Adicionando el tiempo de cuadrado de 0.5 min, el tiempo de desfase promedio es **4.9 min** que se denomina “desfase acumulado en grifo”.

Considerando el desfase acumulado en grifo de 4.9 min, la formula se ajusta de la siguiente manera.

$$Y_2 = -13.06 X + 18.37$$

$$Y_2 = -13.06 (0.25) + 18.37$$

$Y_2 = 15.1$ min; que es el **tiempo de servicio** del grifo para las flota 930E

Considerando el desfase acumulado de 4.9 min para la flota 830 y 793 la formula se ajusta de la siguiente manera.

$$Y_2 = -10.50 X + 16.16$$

$$Y_2 = -10.50 (0.25) + 16.16$$

$Y_2 = 13.5$ min; que viene a ser el **tiempo de servicio** del grifo para flotas 830 y 793.

2.2.3. TIEMPO ADICIONAL POR ENGRASE

Se buscará el tiempo promedio adicional que se requiere para completar el llenado de tanque de grasa que se realiza 2 veces a la semana, días lunes y jueves. Se evaluarán los parámetros estadísticos de los datos que se registraron y se ajustara a los modelos hallados para días normales de las diferentes flotas.

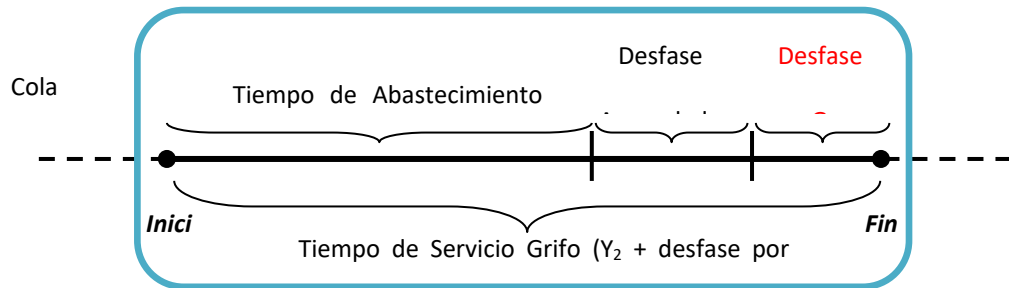


Figura 2.4 Esquema del tiempo de servicio total para los días lunes y jueves.

TABLA 2.5 Toma de tiempos para un día en que se realiza llenado de tanque de grasa (lunes y jueves).

FECHA	DIA	Nº VQC	FLOTA	CAP. TANQUE	%TANQUE	GAL.	COLA	Tpo Abastec. (min)	Tpo Servicio Normal (min)	Desfase x GRASA (min)	TIEMPO SERVICIO GRAL (+engrase)
16 MAYO	LUNES	97	TQ-CAT	500	31%	346	0:14	3.93	8.86		8.86
16 MAYO	LUNES	107	K-930E	1200	28%	862	0:09	9.80	14.69	2.91	17.60
16 MAYO	LUNES	64	K-830E	1000	33%	668	0:00	7.59	12.68	0.83	13.51
16 MAYO	LUNES	69	K-830E	1000	22%	785	0:00	8.92	13.90	2.60	16.50
16 MAYO	LUNES	87	CAT-793C	1000	31%	688	0:00	7.82	12.87	0.62	13.48
16 MAYO	LUNES	77	K-830E	1000	32%	682	0:00	7.75	12.83	2.68	15.51
16 MAYO	LUNES	85	CAT-793C	1000	36%	636	0:09	7.23	12.31	8.16	20.47
16 MAYO	LUNES	104	K-930E	1200	45%	660	0:14	7.50	12.49	0.11	12.60
16 MAYO	LUNES	63	K-830E	1000	21%	790	0:00	8.98	13.96	0.54	14.50
16 MAYO	LUNES	111	K-930E	1200	36%	764	0:02	8.68	13.62	7.98	21.60
16 MAYO	LUNES	95	TQ-CAT	500	35%	324	0:00	3.68	8.60		8.60
16 MAYO	LUNES	100	K-930E	1200	57%	522	0:00	5.93	10.99	2.61	13.60
16 MAYO	LUNES	102	K-930E	1200	48%	623	0:03	7.08	12.09	0.51	12.60
16 MAYO	LUNES	81	CAT-793C	1000	41%	592	0:00	6.73	11.83	8.62	20.45
16 MAYO	LUNES	74	K-830E	1000	18%	820	0:18	9.32	14.27	1.23	15.50
16 MAYO	LUNES	101	K-930E	1200	48%	628	0:30	7.14	12.14		12.14
16 MAYO	LUNES	108	K-930E	1200	31%	828	0:18	9.41	14.32	0.28	14.60

Fuente: Datos de Grifo 3430 Mayo 2013

Nota: De las 17 muestras solamente 3 terminaron antes del tiempo de combustible.

**TABLA 2.6 INDICADORES ESTADÍSTICOS DEL TIEMPO DE DESFASE
POR LLENADO DE GRASA**

Promedio	2.8
Standard Error	0.8
Mediana	1.9
Moda	2.6
Desviación Estándar	3.1
Mínimo	0.1
Máximo	8.6

Fuente: Área Mejora Continua Cuajone

*Se tiene un tiempo promedio adicional por engrase de **2.8 min***

2.2.4. TIEMPO PERDIDO POR COLAS EN GRIFOS

De las 62 muestras se tiene el siguiente análisis descriptivo de los tiempos perdidos por cola en grifo

TABLA 2.7 INDICADORES ESTADÍSTICOS DEL TIEMPO PERDIDO POR COLAS

Promedio	3.4
Mediana	1.8
Moda	1.5
Desviación Estándar	3.5
Mínimo	-
Máximo	13.3

Fuente: Área Mejora Continua Cuajone

El tiempo promedio de colas es 3.4 min.

2.2.5. RESUMEN

Las siguientes tablas muestran el resumen de tiempos cuando los volquetes llegan con 25% de nivel de tanque de combustible para distintos casos (los valores están en minutos).

TABLA 2.8 TIEMPO DE SERVICIO

Flota	Modelo ajustado	Tiempo Abast. (al 25%)	Tiempo Enllante (prom.)	Desfase solo enllante (prom.)	Desfase acumulado (enllante y otros)	Tiempo Servicio Grifo (Y ₂)
1200 gal (930E)	$Y_2 = -13.06 X + 18.37$	10.2	10.5	2.5	4.9	15.1
1000 gal (830E-793C)	$Y_2 = -10.50 X + 16.16$	8.6	9.9	2	4.9	13.5
PROMEDIO		9.4	10.2	2.25	4.9	14.3

Fuente: Área Mejora Continua Cuajone

TABLA 2.9 TIEMPO DE SERVICIO + ENGRASE

Flota	Tiempo Servicio Grifo (Y ₂)	Tiempo adicional Engrase	Tiempo de Servicio + Engrase
1200 gal (930E)	15.1	2.8	17.9
1000 gal (830E-793C)	13.5	2.8	16.3
PROMEDIO			17.1

Fuente: Área Mejora Continua Cuajone

TABLA 2.10 TIEMPO DE SERVICIO + COLA

Flota	Tiempo Servicio Grifo (Y ₂)	Cola	Tiempo de Permanencia en zona de grifo
1200 gal (930E)	15.1	3.4	18.5
1000 gal (830E-793C)	13.5	3.4	16.9
PROMEDIO			17.7

Fuente: Área Mejora Continua Cuajone

TABLA 2.11. TIEMPO DE SERVICIO + ENGRASE + COLA

Flota	Tiempo Servicio Grifo (Y ₂)	Tiempo adicional Engrase	Cola en grifo	Tiempo de Permanencia en zona de grifo
1200 gal (930E)	15.1	2.8	3.4	21.3
1000 gal (830E-793C)	13.5	2.8	3.4	19.7
PROMEDIO				20.5

Fuente: Área Mejora Continua Cuajone

De los resultados obtenidos el tiempo que un volquete requiere para abastecerse de combustible en grifo de 18 minutos con un caudal de la bomba del grifo es de 87 Gal/min.

2.3. PROPUESTA DE MEJORA

2.3.1. Estado Actual del Servicio del Grifo

Actualmente el servicio de grifo está conformado por 2 personas (un grifero y un inspector de enllante), además se cuenta con una bomba convencional de un caudal de 87 GPM (Galones por minuto), una bomba para grasa de 0.25 GPM, el tiempo de servicio total llega a 18.5 minutos de acuerdo a los resultados obtenidos en el anterior punto. (Ver Figura 12)

Ya teniendo identificado los tiempos se procederá a implementar los nuevos sistemas que tendrán por objetivo reducir el tiempo de servicio a 8 minutos.

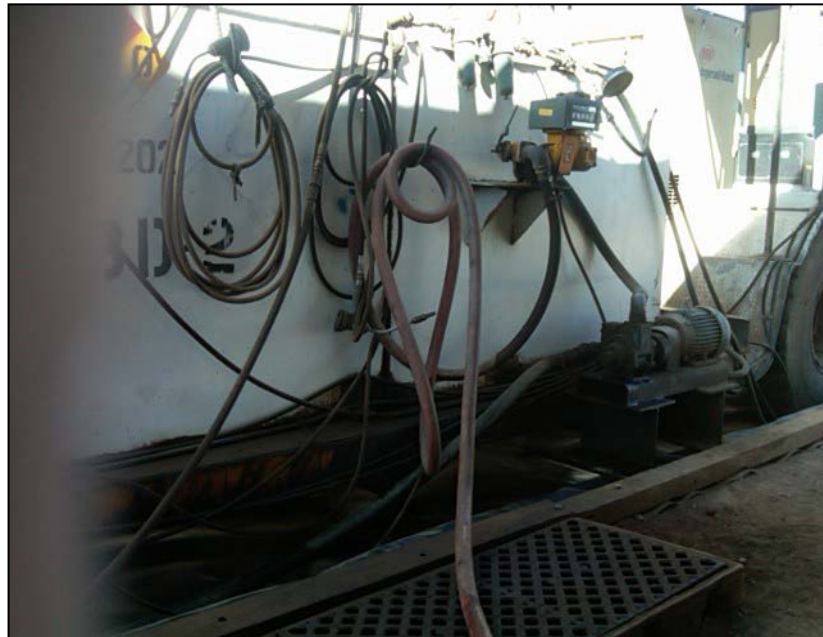


Figura 2.5 Grifo Actual Nivel 3430 Mina Cuajone [12]

2.3.2. Propuesta de Grifos Estacionarios

Se buscará reducir el tiempo de servicio en grifo con la adquisición del sistema Wiggins VR 300 GPM, bombas Linconl de 23 y 14 GPM para refrigerantes y lubricantes respectivamente (Ver figura 13). Además se propone incrementar el personal de atención en grifo (2 griferos y 2 inspectores de enllante por turno) que abastecerán y darán atención a los volquetes en un tiempo no mayor a 8 minutos eliminando los tiempos muertos por cola. En la Tabla N° 16 se muestra los estimados de los nuevos tiempos del servicio grifo.

Tabla 2.12 Nuevos Tiempos para grifo estacionario 3430 (2 griferos, 2 inspectores de enllante)

	Tiempo en minutos
Tiempo Promedio de Abastecimiento - toda la flota (Min)	3.6
Tiempo Promedio de Desfase Enllante + Otros (desfase acumulado) – valor estimado	4.4
Tiempo Promedio de Cola en Grifo (Min)	--
Tiempo Promedio de Desfase Engrase (Min)	--
Total Tiempo Servicio	8.0

Fuente: Tiempos de Acuerdo al Caudal de las Nuevas Bombas



Figura 2.6 Grifo Propuesto Por Empresa Thormetal [13]

2.3.3. Inversión Para Implementar Nuevos Grifos Estacionarios

La empresa Thormetal oferta el sistema no presurizado de alto caudal WIGGINS 300 GPM con sus accesorios para llenado de tanque de combustible (adaptadores para volquete), 3 bombas Blackmere TX4E con accesorios, 3 bombas Lincoln 23 GPM para llenado de grasa, 9 bombas Lincoln 30 GPM para llenado de aceites y refrigerantes; por un monto de US\$ 824,033 cotizado para implementar a 3 grifos estacionarios y 50 volquetes. (Tabla 17)

2.3.4. Oportunidad de Ahorro

La propuesta de reducción del servicio de Grifo es pasar de 18 minutos a 8 minutos el tiempo de abastecimiento con lo cual el tiempo ganado es 10 minutos en los cuales el volquete estará acarreado material. En base a estos 5 minutos las toneladas ganadas son de 98 700 ton/mes teniendo una ganancia de 317,815 \$/mes (Tabla 18).

TABLA 2.13 COTIZACIÓN SISTEMA VR 300 GPM, 3 GRIFOS ESTACIONARIOS**IMPLEMENTACION PARA LA FLOTA 50 UNIDADES**

CANT	UNID.	DESCRIPCION	P.U.	Subtotal
50	Pz	SISTEMA WIGGING VR 300 (Para adaptador a los tanques)	6,350	317,500

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PARA 3 GRIFOS

CANT	UNID.	DESCRIPCION	P.U.	Subtotal
3	Pz	BOMBA BLACKMERE TX4E DE 4" INLET/OULET 350 GPM, 460 VOLT	11,990	35,970
3	Pz	FILTRO VIKING 4F, CIM TEK, 500 GPM	9,570	28,710
3	Pz	CONTOMETRO TOTAL CONTROL TCS700-40, 500 GPM	8,990	26,970
3	Pz	ACCESORIOS, VALVULA BY PASS 3"	1,750	5,250
4	Pz	BRAZO MECANICO OPW CWH	5,630	22,520
4	Pz	PISTOLA WIGGINS 300 GPM MODELO VR300	6,870	27,480

GRASA

CANT	UNID.	DESCRIPCION	P.U.	Subtotal
3	Pz	BOMBA LINCOLN MODELO 2320, 14 GPM	7,131	21,393
3	Pz	LEVANTADOR DE BOMBA LINCOLN 83274, PARA CILINDRO DE 55 GAL.	4,550	13,650
3	Pz	CARRETE HANNAY REEL MODELO 800, CON VALVULA DE CORTE	1,092	3,276

ACEITES

CANT	UNID.	DESCRIPCION	P.U.	Subtotal
6	Pz	BOMBA LINCOLN MODELO 2319, 23 GPM	8,067	48,402
3	Pz	BOMBA LINCOLN MODELO 85621, 30 GPM	815	2,445
9	Pz	CARRETE HANNAY REEL MODELO 800, MANGUERA, PISTOLA	1,392	12,528
12	Pz	FR LINCOLN MODELO 85387-12, FILTRO, REGULADOR, LUBR., CON MANOM.	365	4,380
9	Pz	CONTROMETRO LINCOLN MODELO 962 ELECTRONICO INLET/OUTLET	707	6,363

MANO DE OBRA PARA INSTALACIÓN

CANT	UNID.	DESCRIPCION	P.U.	Subtotal
50	Pz	Instalación de adaptadores en volquetes	350	17,500
1	Pz	Instalación de bomba combustible, grifo 3490, una toma	7,100	7,100
1	Pz	Instalación de bomba lubricantes, grifo 3490	8,550	8,550
		Accesorios grifo 3490	8,500	8,900
1	Pz	Instalación de bomba combustible, grifo 3430, dos tomas	7,950	7,950
1	Pz	Instalación de bomba lubricantes, grifo 3430	8,550	8,550
		Accesorios grifo 3430	8,500	8,900
1	Pz	Instalación de bomba combustible, grifo 3475, una toma	7,100	7,100
1	Pz	Instalación de bomba lubricantes, grifo 3475	8,550	8,550
		Accesorios grifo 3475	8,500	8,900
1		Costo de Ingeniería (referencial)*	25,000	25,000

VALOR DE VENTA SISTEMA, GRIFOS ESTACIONARIOS (US\$)	576,837
DSCTO 6% VENTA DE EQUIPOS	-34,610
MANO DE OBRA (US\$)	117,000
SUBTOTAL	659,226
IMPREVISTOS (25%)	164,806
TOTAL INVERSIÓN (US\$)	824,033

Fuente: Cotización empresa Trormetal

TABLA 2.14 OPORTUNIDAD DE AHORRO Y GANANCIA

Tiempo promedio en servicio (grifo) *	18 minutos
Tiempo promedio propuesto en servicio (grifo)	8 minutos
Tiempo de producción ganado	10 minutos
N° de veces volquete ingresa al grifo **	1 vez
N° promedio volquete operativo ***	42 volquetes
Tiempo no productivo total volquetes en grifo	7 Hrs.
Horas totales perdidos en un mes (30 días) total volquetes	210 Hrs.
Productividad Perdida por Volquete K-830 *	470 Ton/hr.
Perdida produccion VOLQUETES por abastecimiento grifo	98,700 Ton / Mes

Perdida produccion VOLQUETES por abastecimiento grifo	98,700 Ton / Mes
Acarreo Mineral (TN) (Relacion Desbroce 4.37) *	18,380 Ton
Toneladas Mineral a Vender (TN) (ley Cu 0.0065 Plan-Anual) (Recuperacion Conc. 85.7%) (Recuperacion Funs. 97.4%) (Recuperacion Refin. 99.7%)	99.42 Ton
Libras Mineral a vender (Factor de conversión 2204.62)	219,183 Lb
Utilidad Cobre Fino **	1.45 US\$/Lb
Ganancia Esperada (US\$) MENSUAL	317,815 US\$/Mes
Ganancia Esperada (US\$) ANUAL	3,813,784 US\$/Año

*Fuente: OMS 2012

** Promedio año 2012 datos Jigsaw

*** Excepto CAT 797F (02 Veces)

**** Datos Jigsaw

CAPITULO III

ANALISIS DE LOS PRIMEROS RESULTADOS

3.1. TIEMPOS ACTUALES DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE

El proyecto se encuentra actualmente en 80% de instalación en 1 grifo estacionario, faltando los siguientes puntos para estar al 100%:(Ver Figura 14)

- Instalación del Brazo Botton Loading
- Instalación de adaptadores a los volquetes CAT 797F.



Figura 3.1 Grifo Nivel 3430 Cuajone con Implementación 80% [14]

3.2. GANANCIA OBTENIDA

Con las instalaciones a un 80% se ha vuelto a tomar tiempos dando como resultado un promedio de 13 minutos de abastecimiento.

Teniendo un nuevo tiempo de servicio en el grifo volvemos a calcular la ganancia obtenida a la fecha. (Ver tabla 19)

TABLA 3.1 GANANCIA OBTENIDA A LA FECHA

Tiempo promedio en servicio (grifo)	18 minutos
Tiempo promedio propuesto en servicio (grifo)	13 minutos
Tiempo de producción ganado	5 minutos
N° de veces volquete ingresa al grifo **	1 vez
N° promedio volquete operativo ***	42 volquetes
Tiempo Productivo del volquete	3.5 Hrs.
Horas totales Ganados en un mes (30 días) total volquetes	105 Hrs.
Productividad Ganada por Volquete K-830 *	470 Ton/hr.
Produccion GANADA VOLQUETES por abastecimiento grifo	49,350 Ton / Mes
Acarreo Mineral (TN) (Relación Desbroce 4.37)	9,190 Ton
Toneladas Mineral a Vender (TN) (ley Cu 0.0065 % Plan-Anual) (Recuperación Conc. 84.6%) (Recuperación Funs. 97.5%) (Recuperación Refin. 99.7%)	49.12 Ton
Libras Mineral a vender (Factor de conversión 2204.62)	108291 Lb
Utilidad Cobre Fino *	1.45 US\$/Lb
Ganancia Obtenida (US\$) MENSUAL	157,022 US\$/Mes
Ganancia Obtenida (US\$) ANUAL	1,884,264 US\$/Año

Fuente: Calculo Área Mejora Continua Mina Cuajone

CONCLUSIONES

- Con la instalación a un 50% del nuevo sistema de abastecimiento se nota una reducción de 1, 884,264 \$/ año lo cual es un 50 % de lo pronosticado en el inicio del proyecto.
- El proceso de reducción del tiempo de servicio en el grifo tiene que ir acompañado de la implementación del personal de servicio de llantas y lubricación (Falta 1 de cada uno).
- La supervisión debe de verificar que los volquetes que ingresen al grifo deben de salir en el tiempo pronosticado, si existieran demorar el control mina debe de reportarlo a la supervisión de campo para verificar el porqué de la demora.
- Debemos tener en cuenta que una vez implementado el servicio de Grifo se tendrá una reducción en el tiempo del volquete fuera de ruta ahorrando combustible y llantas.

RECOMENDACIONES

- Culminar con la instalación de los adaptadores de Combustible de los volquetes CAT 797F conforme vayan terminando su periodo de garantía y la instalación en los Grifos del 3385 y Fase 6B2.
- Una vez culminada la instalación total del sistema tomar nuevamente los tiempos de abastecimiento con lo cual obtendremos el verdadero ahorro mensual y anual.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ [1] Fuente: Área de Geología Mina Cuajone Southern Perú 2012.
- ❖ [2] Fuente: Carta Geología Nacional – Ingemmet.
- ❖ [3] Fuente: Imagen Google Earth.
- ❖ [4] Fuente: Área de Geología Mina Cuajone 2012.
- ❖ [5] Fuente: Área de Geología Mina Cuajone 2012.
- ❖ [6] Fuente: Área de Geología Mina Cuajone 2012.
- ❖ [7] Fuente: Área de Geotecnia Mina Cuajone 2010.
- ❖ [8] Fuente: Área de Ingeniería Mina Largo Plazo 2011.
- ❖ [9] Fuente: Área de Ingeniería Mina Largo Plazo 2012.
- ❖ [10] Fuente: Área de Ingeniería Mina Largo Plazo 2011.
- ❖ [11] Fuente: Área de Ingeniería Mina Largo Plazo 2010.
- ❖ [12] Fuente: Grifo 3430 2012.
- ❖ [13] Fuente: Área de Mejora continua (Propuesta Thormetal).
- ❖ [14] Fuente: Grifo 3430 2013.
- ❖ Southern Perú (2013) Reporte de productividad anual.
- ❖ Southern Perú (2013) Reporte de análisis de equipos.
- ❖ Southern Perú (2013) Plan anual
- ❖ Southern Perú (2013) Reporte de control de rendimientos de equipo anual
- ❖ INGEMMET (Información Geológica cuadrángulo 35-U).
- ❖ EXPONOR CHILE 2007 Presentación Petromin y Wiggins Pag. 77

ANEXOS

ANEXO A: Análisis de Pareto para determinar la prioridad del análisis del desfase en atención a los volquetes.

