

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y
METALURGICA



“INICIO DE OPERACIONES MINA EN TAJO
ABIERTO COIMOLACHE”

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

ELABORADO POR

ISRAEL ANIBAL MORAN MONTOYA

ASESOR

MSC.ING JOSE ANTONIO CORINMAYA MAURICIO

LIMA – PERU

2012

“Con inmensa gratitud a mis Padres Miguel y Carmela; por el apoyo que recibí de parte de ellos en todo momento y a mi Esposa Jenny por el esfuerzo de superación que me brindo en mi etapa de profesional”.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Cia. Minera Coimolache por las atenciones brindadas hacia mi persona en los meses de permanencia en la mina.

El reconocimiento a todas las áreas de La Cía. Minera Coimolache por el apoyo prestado para poder realizar la Tesis de Cía. Minera Coimolache.

RESUMEN

La siguiente Tesis contiene el inicio de Operaciones en el Tajo Tantahuatay, los cuales muestran todo el inicio de las operaciones en la etapa de construcción de la mina, posteriormente las operaciones de minado (perforación, voladura, carguío, acarreo, descarga); manejo de aguas en la mina, proceso metalúrgico y finalmente el Planeamiento de Minado.

Todo el detalle de la Tesis enfocado a la producción de mineral destinada para los años de minado en las operaciones, asumiendo responsabilidades de cuidados del medio ambiente y responsabilidad social con las comunidades aledañas.

INTRODUCCIÓN

Cía. Minera Coimolache es una empresa Minero-metalúrgica dedicada a la extracción de Minerales de Oro y Plata, a un ritmo de Producción promedio de 28,000 TM/día; con una ley de Au de 0.56 gr/tn y Ag de 22 gr/tn; con un contenido promedio en onzas de 350 onzas/día.

La siguiente Tesis de la Cía. Minera Coimolache, está basado en las etapas de Construcción, Minado, Planta y Planeamiento; los cuales narran la etapa de inicio de la construcción del Botadero de desmonte y Pad de Lixiviación, para posteriormente pasar a relatar todo lo mencionado a las operaciones de minado y finalmente el Plan de Minado con los ángulos de taludes finales enfocados a los planos de la secuencias de Minado.

EI AUTOR

OBJETIVOS

Objetivos Generales

Garantizar el cumplimiento de la Producción de mineral con 28,000 TM/día, con una ley promedio de Au de 0,56 gr/ tn y Ag de 22 gr/ tn; con un contenido promedio de 350 onzas/día y una recuperación anual final de 100000 onzas.

Brindar los conocimientos de la etapa de inicio de las Operaciones de Minado en el Tajo Tantahuatay, los cuales son relatados desde el inicio de las Operaciones de la etapa de construcción de los Botaderos, construcción del Pad de lixiviación, para luego pasar a la etapa operativa de producción (Ciclo de Minado); posteriormente el Proceso Metalúrgico y finalizar con el Planeamiento de Minado con los ángulos de taludes finales enfocados a los planos de la secuencia de Minado.

Objetivos Específicos

Conocer la realidad Minera en el país, la forma de Administración de una unidad Minera, los estados financieros de la Empresa; los aportes económicos para el desarrollo socio económico del país; el aporte social y cultural en su área de influencia.

Aprender en detalle los diferentes trabajos que Operaciones Mina realiza para la extracción de mineral.

Mostrar el porqué es importante entender el Ciclo de Minado e identificar cada evento, cronológicamente en un ciclo típico.

Poder determinar el Método de Minado óptimo de acuerdo al yacimiento que se presenta, el cual será evaluado mediante un estudio de factibilidad.

HIPOTESIS

Debido a la necesidad de tener controles estrictos en cuanto a los impactos que puedan generar las voladuras en el Minado, manejo de aguas y aire; se crea cierta incertidumbre por el manejo de estos parámetros los cuales tendrán que ser demostrados mediante monitoreos.

Estos monitoreos registraran la calidad de aire, agua y suelos dentro de las operaciones de minado; los cuales generaran la relación armoniosa que debe existir entre las comunidades aledañas con el Personal que trabaja en la mina; generando una minería responsable con altos índices de seguridad.

Una estrategia para lograr estos objetivos es estar a la vanguardia con equipos sofisticados y generar la cultura de responsabilidad con el medio ambiente a todo el personal que trabaja en la mina sintiéndose el personal

identificado con la responsabilidad de generar un ambiente agradable y confortable con las poblaciones.

METODOLOGIA

En estos momentos críticos que está viviendo la minería por motivos de que las poblaciones aledañas a los proyectos mineros reclaman contaminaciones en sus aguas y contaminación ambiental; teniendo como antecedente el cierre de CONGA en el Departamento de Cajamarca, hace que los proyectos ubicados en dicha región no cuente con aprobaciones del EIA para continuar con las explotaciones en dichos proyectos; por lo que se requiere crear y mostrar a las poblaciones aledañas que se realiza minería con todos los estándares de seguridad , respetando costumbres y realizando la ingeniería adecuada para los controles ambientales y no generar condiciones de impacto ambiental en la comunidades.

Es por esto que la metodología aplicada en esta tesis de proyecto es definir conceptos de la Voladura controlada que se realiza en el Tajo Tantahuatay con los respectivos monitoreos; controlando las vibraciones y mejorando la fragmentación de la roca. Los controles que se realizan por

parte del área de Medio ambiente en el control del Aire, agua ; así mismo el control de las aguas y manejo de las mismas para no generar contaminación en estas debido a que son tratadas en plantas de manejo de aguas acidas.

El trabajo planificado que se realiza en las operaciones de Minado cumpliendo con los estándares, procedimientos y regidos por los objetivos propuestos por la empresa; empleando una gestión de seguridad adecuada con los estándares establecidos de cero accidentes.

Se efectúan mediciones con el Sismógrafo y monitoreados por el Software Split desktop de acuerdo a la norma Dim alemana; siendo los niveles de vibración registrada por el sismógrafo por debajo de los límites permisibles de acuerdo al Dim, cumpliendo con el efecto de campo lejano.

INDICE

RESUMEN	4
INTRODUCCION	5
OBJETIVOS	6
• Objetivos Generales	6
• Objetivos Específicos	7
HIPOTESIS	8
METODOLOGIA	10
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	16
1.1 VISION	16
1.2 MISION	17
1.3 POLITICAS	18
1.4 UBICACIÓN	19
1.5 ACCESIBILIDAD	22
1.6 GEOMORFOLOGIA	22
CAPITULO II: GEOLOGIA	26
2.1 GEOLOGIA REGIONAL	26
2.2 GEOLOGIA LOCAL	33
2.2.1 Alteración Hidrotermal	37
2.2.2 Geología Estructural	39

2.2.3 Geología Económica	-----	40
2.3 RESERVAS	-----	43
CAPITULO III: OPERACIONES MINA	-----	45
3.1 ACTIVIDADES DE OPERACIÓN	-----	45
3.1.1 Perforación y Voladura	-----	45
3.1.2 Carguío, Acarreo y Servicios Auxiliares	-----	52
3.2 CONTROLES EN OPERACIONES MINA PARA EL CONTROL DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS.	-----	55
3.2.1 PERFORACION Y VOLADURA	-----	56
3.2.1.1 Perforación	-----	56
3.2.1.2 Voladura	-----	57
3.2.1.2.1 Zonificación según Tipo de Dureza	-----	57
3.2.1.2.2 Parámetros de Voladura	-----	57
3.2.1.2.3 Control Ambiental en Voladura	-----	59
3.2.2 CUIDADOS AMBIENTALES EN EL MINADO	-----	66
3.2.2.1 Carguío y Acarreo	-----	66
3.2.2.2 Botadero Mina y Pad de Lixiviación	-----	69
3.2.2.3 Botadero de Desmonte	-----	80
3.2.2.4 Camino de Acarreo Tantahuatay	-----	83
3.2.2.5 Camino de Acarreo Sur y Acceso Este	-----	84
3.2.2.6 Pad de Lixiviación	-----	85
3.2.2.6.1 NIVELACION DEL PAD	-----	85
3.2.2.6.2 Camino de Acceso Perimetral y		

	Canal de Coronación	-----	87
3.2.3	MANEJO DE AGUAS	-----	89
	3.2.3.1 Balance de Aguas	-----	89
	3.2.3.2 Manejo de Escorrentías Superficial en la		
	Operación Minera de Tantahuatay	---	95
3.2.4	RESULTADOS	-----	96
3.2.4.1	RESULTADOS OPERATIVOS	-----	96
CAPITULO IV: PROCESO METALURGICO			----- 101
4.1	INTRODUCCION	-----	101
4.2	DESCRIPCION DEL PROCESO METALURGICO	-----	102
	4.2.1 Carguío de Mineral al Pad de Lixiviación	-----	104
	4.2.2 Instalación del Sistema de Riego	-----	104
	4.2.3 Lixiviación de Mineral y Manejo de Soluciones	-----	105
	4.2.4 Bombeo de Solución Lixivante	-----	106
	4.2.5 Colección de Solución Pregnant	-----	106
	4.2.6 Planta de Merrill & Crowe	-----	107
	4.2.7 Etapa de Clarificación	-----	108
	4.2.8 Etapa de Vacio	-----	110
	4.2.9 Etapa de Precipitación	-----	111
4.3	FUNDICION Y TRATAMIENTO DE GASES	-----	113
	4.3.1 Sistema de Recuperación de Mercurio	-----	113
	4.3.2 Fundición en Horno Basculante	-----	115
	4.3.3 Torre de Lavado de Gases	-----	116

4.3.4 Tratamiento de efluentes	-----	117
CAPITULO V: PLANEAMIENTO	-----	121
5.1 ESTUDIO GEOMECANICO DEL TAJO ABIERTO	-----	124
5.1.1 Estudio Geomecanico del Pad	-----	127
5.1.2 Estudio Geomecanico del Botadero	-----	127
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	-----	129-132
BIBLIOGRAFIA	-----	134

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1.- VISION.

Minera Coimolache es una empresa minero – metalúrgica, globalmente competitiva.

Somos líderes en términos de seguridad y generación de oportunidades para el desarrollo integral de nuestro equipo humano, así como en rentabilidad y creación de valor para los accionistas.

Estamos plenamente comprometidos con un manejo responsable del medio ambiente y con el desarrollo sostenible de las comunidades en las que operamos.

1.2.- MISION.

- Formar y mantener un equipo humano multidisciplinario con excelencia empresarial.
- Llevar a cabo operaciones minero–metalúrgicas de manera segura y eficiente aplicando los más altos estándares de la industria.
- Promover el crecimiento y el desarrollo orgánico, principalmente a través de las exploraciones y la investigación metalúrgica.
- Propiciar nuestra asociación con empresas afines de primer nivel en el mundo. Adquirir y desarrollar activos mineros en Iberoamérica.
- Diversificar nuestra producción a otros metales o minerales industriales.
- Mantener el contacto y la transparencia con nuestros accionistas, las autoridades y demás grupos de interés (*stakeholders*).
- Aplicar las mejores prácticas de Gobierno Corporativo.
- Lograr excelencia ambiental en nuestras operaciones y exploraciones.
- Desarrollar y promover alianzas estratégicas con las comunidades donde operamos, participando activamente en favor de su desarrollo sostenible.
- Lograr un ambiente de trabajo que promueva el desarrollo humano y profesional en todos los ámbitos de la empresa.

1.3.- POLITICAS.

- Minera Coimolache, Es una empresa minero metalúrgica, productora de minerales y metales.
- La persona humana es el eje de la empresa.
- Nuestras Actividades se rigen por la práctica de los siguientes valores: Laboriosidad, honestidad, lealtad, Respeto y transparencia.
- Los Actos de Minera Coimolache se fundamentan en los siguientes compromisos.
- Alcanzar nuestros objetivos y metas de seguridad y salud ocupacional, medio ambiente, calidad y relaciones comunitarias en concordancia con la visión y misión de la empresa.
- Cumplir con la legislación aplicable, requisitos y compromisos asumidos por la empresa relacionados con la seguridad y salud ocupacional, además de los aspectos de calidad, los ambientales y sociales.
- Prevenir las lesiones y enfermedades de nuestros colaboradores y visitantes, así como los impactos ambientales y sociales adversos que pudieran ser generados por nuestras actividades y productos.
- Desarrollar un proceso permanente de mejora continua del sistema de gestión seguridad y salud ocupacional, medio ambiente, calidad y relaciones comunitarias.
- Trabajar respetando las costumbres locales promoviendo la identidad y el desarrollo sostenible de nuestro entorno local.

- Utilizar las mejores prácticas y tecnologías económicamente factibles para asegurar la calidad de nuestras actividades procesos y productos.

1.4.- UBICACIÓN.

El ámbito del proyecto minero Tantahuatay, se encuentra localizado aproximadamente a 7 km. Al noroeste del distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca (figura 1.1).

Geográficamente se localiza entre las siguientes coordenadas:

78° 38' - 78° 41' longitud oeste

06° 43' - 06° 47' latitud sur

El proyecto Tantahuatay propone la explotación de mineral y desmonte (13 millones de toneladas métricas), para obtener como producto final aproximado 190 342 onzas de oro y 374 828 onzas de plata, con la explotación total de 13 millones de toneladas métricas (entre mineral y desmonte) a razón de 12,000 toneladas por día por operación minera a tajo abierto, realizándose el procesamiento mediante una pila de lixiviación.

El Proyecto se encuentra ubicado cerca a la división continental (divortium acuarium entre las cuencas del Pacífico y Atlántico). Las

instalaciones para el pad de lixiviación y el botadero se encuentran ubicadas en la Quebrada Puente de la Hierba y la Quebrada Tres Amigos, respectivamente. Estas quebradas forman “la naciente del Rio Tingo que fluye hacia la cuenca del Atlántico. Sin embargo, el tajo abierto, Tantahuatay 2, está ubicado en la división continental que separa las nacientes de la Quebrada Tres Amigos y el Rio Colorado, que fluye hacia la cuenca del Pacífico”.

Altitudinalmente, el cerro Tantahuatay se ubica sobre los 4 000 m.s.n.m., mientras que el área donde se emplaza la planta industrial se ubica sobre los 3 950 msnm en las nacientes del río Tingo, en el flanco sur del cerro Tantahuatay.

FIGURA 1.1. MAPA DE UBICACIÓN DE PROYECTO TANTAHUATAY



Fuente: CIA Minera Coimolache

1.5.- ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona del proyecto desde la ciudad de Lima, se realiza por vía aérea hasta la ciudad de Cajamarca y desde allí a través de una carretera afirmada que conduce a la ciudad de Hualgayoc, la cual conduce hasta la zona de la concesión minera.

1.6.- GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente, la zona consta de valles glaciales, picos montañosos abruptos a manera de bosques de roca, áreas interfluviales y un sistema de Quebradas, cuencas y subcuencas de drenaje producto del avance y retroceso glacial.

Regionalmente, la zona se encuentra ubicada en el sector Nor – Occidental de la Cordillera de los Andes, en la denominada Superficie Puna ubicada en este sector un tanto más baja que en el resto del Perú. Los rasgos geomorfológicos están “controlados directamente por los diferentes eventos tectónicos y climáticos acaecidos; la erosión pluvial y la actividad glacial han modificado esta Superficie Puna generando formas glaciares erosionadas en forma de valles glaciares, depósitos de morrenas, cerros glaciares, etc.; la congelación y descongelación diaria provocan fenómenos actuales de solifluxión que se ven favorecidos por la abundante matriz arcillosa de los depósitos de morrenas y de antiguos fenómenos de solifluxión”. Han sido identificadas las siguientes unidades:

- a. **Cadena de cerros:** son conformadas por el “alineamiento de rumbo SO-NE de los cerros Mirador Sur y Tantahuatay 1, cuyas cumbres son coronadas por afloramientos rocosos que configuran crestas abruptas y accidentadas”. Presentan laderas de pendiente moderada a suave con una cobertura reciente de espesor variado.

- b. **Valle glaciar:** se distinguen por sus flancos asimétricos, de pendiente moderada a suave, fondo amplio, con colinas alargadas paralelas a la quebrada. Los materiales que se exponen en las laderas y colinas, están constituidos principalmente por suelos residuales, morrénicos y coluviales, con pequeños afloramientos rocosos.

- c. **Circos glaciares:** morfología que se aprecia en las cabeceras de las quebradas que disectan el área de estudio. “La erosión en retroceso configura desfiladeros, constituido en el área por el alineamiento de cerros Mirador – Tantahuatay, y el paso entre las quebradas el Puente de la Hierba (zona del Pad; conocido también referida como El Hueco) y Tres Amigos, zona del tajo y botadero de desmonte”.

- d. **Laderas rocosas:** está conformado por afloramientos rocosos de andesitas y piroclásticos con una escasa a nula cobertura de suelo orgánico. “Los factores geomorfológicos están comprendidos por el substrato geológico, el cual considera especialmente la litología y posición estructural, determinado como un factor de estudio muy

importante, debido a que influye directamente en los demás factores, ya que el substrato geológico es el que determina la predisposición del relieve con respecto al modelado y la erosión; mientras que la posición estructural está vinculada a las deformaciones o postura de los cuerpos rocosos, dando así la forma del relieve y las modalidades de escurrimiento de las aguas superficiales”.

En lo referido al drenaje el proyecto Tantahuatay, como ya se mencionó, se ubica en las cabeceras de la divisoria de aguas de las cuencas del Pacífico y el Atlántico. Se ha determinado una relación estrecha entre el drenaje de la región y la actividad tectónica; el patrón general de los ríos y Quebradas tienen una dirección coincidente con la orientación de las fallas tanto regionales como locales. La disposición espacial está controlada directamente por los diferentes eventos tectónicos y climáticos producidos. La erosión fluvial y la actividad glacial han disectado la Superficie Puna de tal modo que las aguas al discurrir forman parte tanto de la Cuenca del Pacífico como la del Atlántico. “Las laderas de los cerros son empinadas en muchos casos subverticales y abruptas; la pendiente de los cursos de agua varía entre 3,0% a 15% en el valle inferior de las Quebradas, mientras que sus laderas varían entre 20 y 60%. La red hidrográfica tiene un patrón de drenaje paralelo al fallamiento”, la cobertura vegetal del terreno, el espesor del suelo y su pendiente, han controlado la erosión excesiva de las laderas regulando de este modo la escorrentía superficial. Los valles bajos producidos por la

actividad glacial han formado un sistema complicado de cuencas y subcuencas de drenaje, incluyendo numerosas lagunas del mismo origen.

CAPITULO II: GEOLOGIA

2.1.- GEOLOGIA REGIONAL.

La estratigrafía regional es conformada por el substrato del Arco Volcánico Cenozoico constituido por unidades estratigráficas cretácicas de origen marino y continental que corresponden al relleno de la cuenca mesozoica Cajamarca. Las “secuencias sedimentarias están constituidas por los sedimentos sílico-clásticas del Grupo Goyllarisquizga (cretácico inferior), pasando a una sedimentación marina pelítica carbonatada del Cretácico medio a superior representada por las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo, Pulluicana, y Chota. La posterior actividad del arco volcánico cenozoico ha originado que se depositen en discordancia angular sobre el substrato cretácico las secuencias volcánicas continentales del Grupo Calipuy diferenciada localmente en las formaciones Llama y Porculla”⁶. Sobre el Calipuy yace en discordancia la

secuencia piroclástica Volcánicos Huambos. Finalmente, cubriendo en discordancia a estas secuencias, se presentan depósitos recientes constituidos por materiales morrénicos, fluvioglacial, aluviales y coluviales.

En base al mapa de la geología regional que se muestra en la Figura 1.2, la columna regional estratigráfica del área de estudio del proyecto está conformada por formaciones sedimentarias del Cretáceo-Terciario, volcánicas del Terciario y sedimentos del Cuaternario.

a. Formación Pariatambo (Ki-pa)

Formada por calizas bituminosas gris oscuras con niveles de lutitas, densas y macizas, ricamente fosilíferas, en concreciones discoidales de ammonites; también gasterópodos y pelecípodos. Tipifica a esta formación las escamas de pescados y el olor fétido y bituminoso. Esta formación está conformada por unos 150 a 250 m de calizas con esquistos interestratificados.

b. Formación Yumagual (ks-yu)

Se caracteriza por calizas gris claras a parduscas masivas en bancos medianos a gruesos y escasos niveles de lutitas y margas nodulares, de estratificación ondulada; también arenisca amarillenta de estratificación cruzada. “Dos zonas tipifican esta formación: la inferior o

de *ostreascyphax* y la superior, de *Paraturritelaslewesiensis*. La formación marca el intervalo albiano medio-Cenomaniano inferior”.

c. Formación Pulluicana (ks-p)

Constituida por calizas, margas y lutitas, friables, interestratificadas con calizas. Son de tonos un tanto oscuros, de gris a marrón; algo nodulares, con fósiles como exogiras, ostreas e inoceramus. Según la descripción, esta formación está compuesta por unos 800 a 1000 m de calizas, margas, y esquistos. La caliza es gris, argílica, con estratificación de media a nodular a irregular, y se encuentra interestratificada con cantidades menores de margas y esquistos.

Cortando a este basamento sedimentario se tienen stocks y cuerpos intrusivos de composición intermedia como la monzodiorita San Miguel y la diorita Puente de la Hierba, además de otros cuerpos intrusivos menores como el sill Coimolache del Cretáceo Superior. “Sobreyaciendo en discordancia erosional se tiene una amplia distribución de rocas volcánicas terciarias de la Formación Calipuy que son parte de un evento bimodal desarrollado en un margen continental activa. Está evidenciado por una secuencia de domos subaéreos y tobas piroclásticas que afloran entre los cerros Tantahuatay y alrededores; coronando a esta secuencia se tiene las tobas ignimbríticas correspondientes a los volcánicos Huambos”.

d. Formación Chota (KTi-ch)

Esta formación del Cretáceo tardío y Terciario temprano aflora sobre una área muy pequeña a lo largo del límite oriental del área de estudio, en el Río Tingo. Según la descripción, esta formación está conformada por conglomerados grisáceos interestratificados con tobas. Esta formación yace sobre las calizas de manera discordante.

e. Volcánico Llama (Ti-vII)

Esta es una secuencia más bien potente y extensa de volcánicas del Terciario inferior que pertenece al grupo Calipuy que aflora sobre una amplia área, al suroeste del área de estudio, mientras cubre gran parte del cuadrante noroeste del área de estudio. Esta exhibe una inconformidad paralela con el subyacente Grupo Pulluicana. En general el Grupo Calipuy es “conformado por conglomerados con clastos de naturaleza volcánica y sedimentaria, los cuales se encuentran sub redondeados, luego en la parte media se encuentran mayormente lavas de composición ácida a intermedia, con intercalaciones de limos y lutitas rojas, la parte superior es compuesta por niveles de tobas con intercalaciones de lavas”¹. La litología más común son las brechas andesíticas (muy compactas, masivas y de estratificación pobre). La litología también incluye lavas porfídicas y

equigranulares, y tobas andesíticas. La potencia es variable pero se describe dentro del orden de los 500m, en el área de estudio del proyecto.

f. Formación Huambos (Ts – Vh) (Terciario Superior)

Esta unidad volcánica del Grupo Calipuy cubre extensas áreas al sur del proyecto, al igual que algunas ventanas al norte, y aflora en forma extensa en la porción sureste del área de estudio, a lo largo del Rio El Tuyo, y a lo largo de porciones del límite norte. “Comprende tobas ignimbríticaspiroclásticas, riolíticas y riodacíticas, de edad mioceno plioceno; en la mayoría de los casos los piroclastos del Huambos están bien estratificados en capas medianas y gruesas, parcialmente compactadas con escaso nivel de tobas soldadas o ignimbríticas constituidas en general por tufos y por aglomerados de variados colores con predominio del blanco amarillento”. La potencia es variable pero promedia alrededor de 50 a100 m.

g. Depósitos Cuaternarios Recientes (Q)

Los depósitos recientes están conformados por materiales fluvio-glaciares, lagunares, aluviales y fluvial aluviales, producto de la erosión de los depósitos sedimentarios, ígneos y volcánicos del área. Están constituidos por fragmentos subangulares a subredondeados de

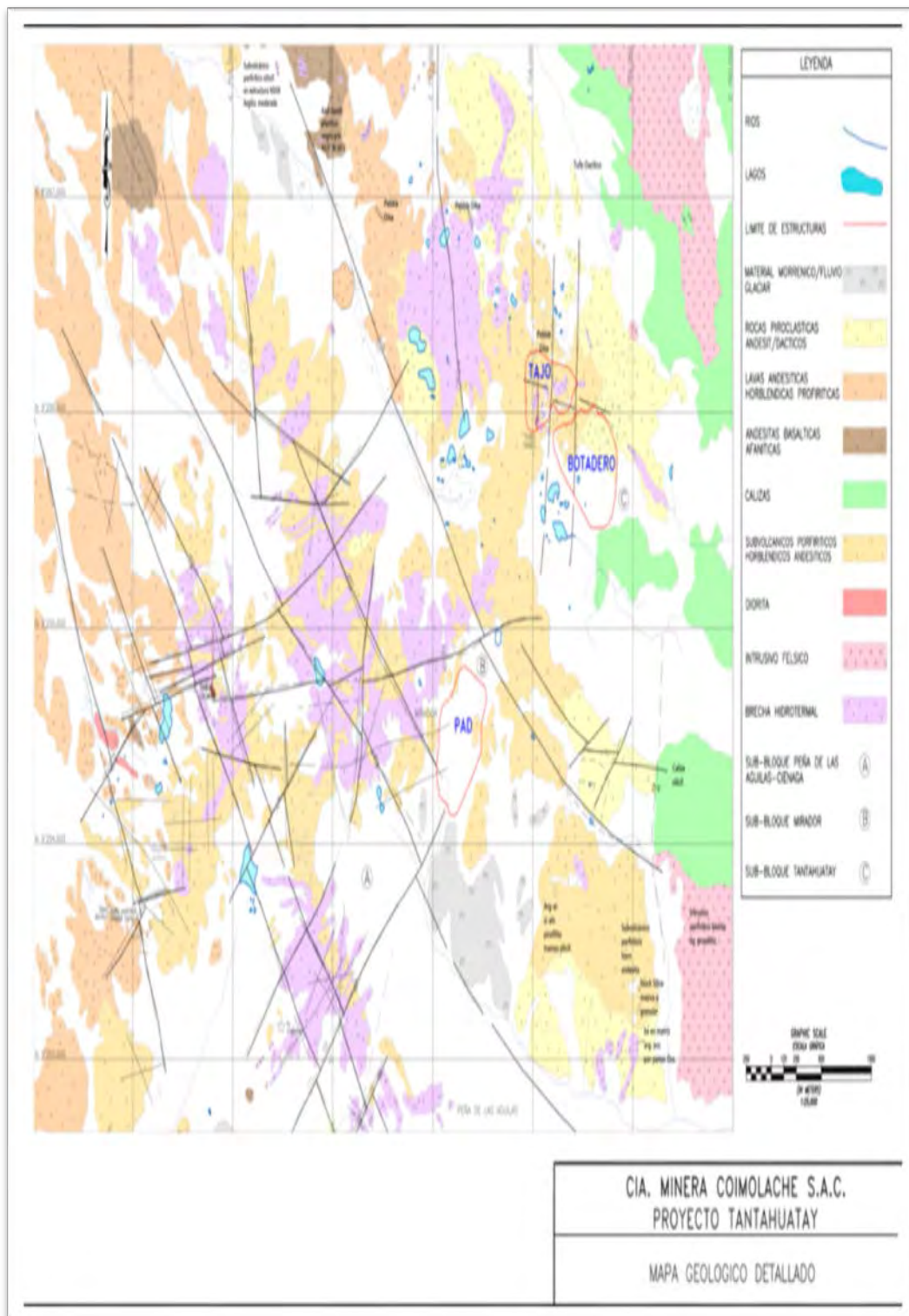
poco transporte en matriz arcillo - arenosa. Se presentan además capas arcillo - arenosas y niveles de arena gruesa a fina.

En la zona estudiada los depósitos fluvioaluviales se hallan expuestos a lo largo de cauces de ríos y tributarios, en los últimos en menor proporción.

También en las desembocaduras de Quebradas, algunas terrazas y en áreas planas; los depósitos fluvioglaciares están representados por morrenas glaciares antiguas en forma de terrazas erosionadas compuestas por material de composición heterogénea, de mala clasificación, cantos subangulosos, de permeabilidad variable. Los depósitos lagunares consisten de gravas arenas y arcillas y se ubican en las cuencas endorreicas generadas por retroceso de glaciares, son de permeabilidad media.

- h. Intrusivos Dacíticos (T-da)**“Estas dacitas forman parte de la faja intrusiva de la Cordillera Occidental de esta región, la cual es la fuente de la mineralización del área. En muchos casos estos son intrusivos subvolcánicas y siempre están relacionados a los otros yacimientos volcánicos del terciario encontrados”.

FIGURA 1.2. MAPA GEOLÓGICO REGIONAL



Fuente: CIA Minera Coimolache

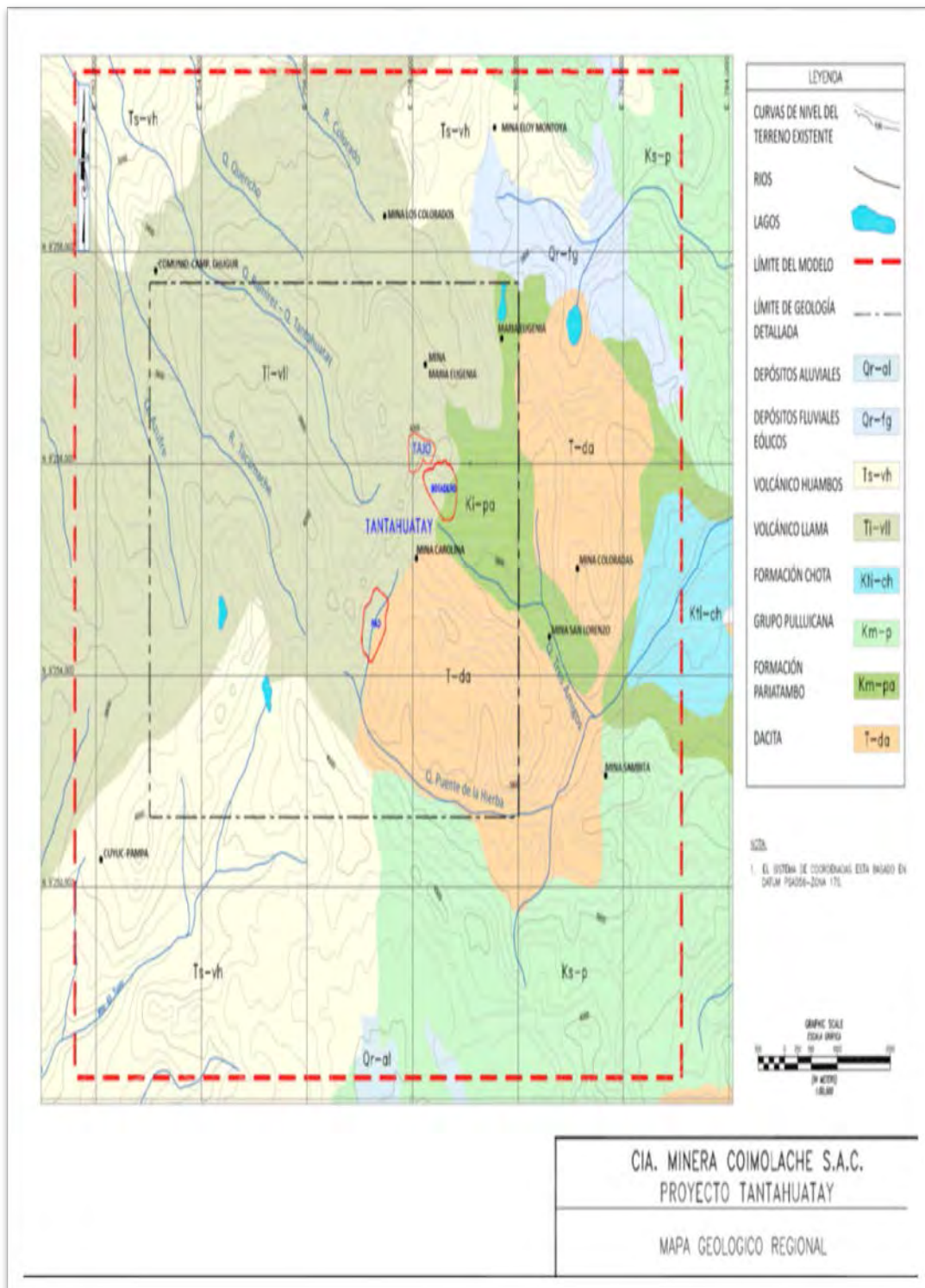
2.2.- GEOLOGIA LOCAL

Las rocas que afloran son rocas sedimentarias cretácicas de la Formación Yumagual y/o Pulluicana de origen continental que han sido cortadas por cuerpos intrusivos de composición intermedia como las dioritas Puente de la Hierba y las monzodioritas San Miguel, y por cuerpos menores como el sillCoimolache; sobreyace a estas rocas cretácicas una extensa secuencia de volcánicos continentales del grupo Calipuy constituido por lavas, piroclastos y sedimentos volcánico - sedimentarios que afloran en toda el área de estudio y que a su vez infrayacen a rocas piroclásticas de la Formación Huambos (Figura 1.3)

“Predominan fallas regionales coincidentes con la dirección andina de rumbo NO - SE, fallas transversales de rumbo NE y fallas de dilatación de rumbo EO que controlan la sucesión de una serie de fenómenos estructurales, magmáticos e hidrotermales”. La tectónica andina, la glaciación Pleistocénica junto con la erosión cuaternaria han generado depósitos morrénicos, fluvioglaciales, lagunares y fluviales y algunos depósitos de morrenas retrabajadas.

En Tantahuatay “ocurren tres etapas principales de actividad volcánica del tipo diatremaspiroclásticas con domos subaéreos en ambientes parcialmente lagunares. Inicialmente predominan las emisiones piroclásticas a partir de fisuras, brechas-pipe y/o diatremas. A continuación aparecen los diques y domos andesítico - dacíticos, que

FIGURA 1.3. MAPA GEOLÓGICO DETALLADO.



Fuente: CIA Minera Coimolache

configuran lineamientos kilométricos. A finales del ciclo eruptivo aparecen nuevamente chimeneas de brecha en asociación a zonas de intenso fracturamiento con alteración hidrotermal del tipo argílico avanzado y mineralización aurífera de alta sulfuración”.

Se han descrito las siguientes unidades volcánicas:

a. **Rocas Piroclásticas**

Esta unidad se encuentra en áreas aisladas de los sectores noreste y sureste del área de estudio y parecen representar la primera fase del ciclo de erupción volcánica (o posiblemente los subsecuentes Volcánicos Huambos).

b. **Lavas Andesíticas**

Estos yacimientos cubren extensas porciones de la porción noroeste del área del proyecto y aparentemente representan el miembro central de los Volcánicos Llama y podrían estar asociados con la segunda fase del ciclo eruptivo volcánico.

c. Subvolcánicos Porfíricos

Esta unidad es el tipo de roca predominante encontrado en el centro del área de estudio y representa la segunda fase del ciclo eruptivo volcánico, según se describe anteriormente.

d. Brecha Hidrotermal

Esta unidad representa la fase tercera y final del ciclo de erupción volcánica y corta los yacimientos previos. Es también la fuente de la mineralización económica del área del proyecto.

Los depósitos cuaternarios que se encuentran en el proyecto están conformados por un manto discontinuo de materiales poco o nada consolidados de naturaleza morrénica, coluvial, y aluvial, que sobreyacen en discordancia a las secuencias subyacentes siendo de espesor variable.

e. Los depósitos morrénicos:

Se presentan como materiales inconsolidados que pertenecen al Cuaternario y ocurren rellenando los fondos de quebradas, pequeñas altiplanicies y laderas. Se extienden principalmente en el curso inferior de la quebrada Puente de la Hierba, zona de las pozas, y al pie del

tajo proyectado. Están constituidos por materiales diversos, mayormente clastos angulosos en matriz arcillosa (suelta), producto de la acción glacial y son de baja permeabilidad.

f. Los depósitos coluviales

“Se extienden en las faldas del alineamiento de cerros Mirador – Tantahuatay I – Tingo, presentando una considerable extensión aunque en general de poco espesor. Depósitos coluviales, de probable uso como fuente de material de préstamo se ubican también en las faldas del cerro la Peña de las Águilas”.

g. Los depósitos fluvio-aluviales

Conformados por materiales inconsolidados más recientes, como gravas, cantos rodados, arena y arcilla, producto del acarreo en fondos de quebradas. Son de pequeño espesor y de naturaleza variada.

2.2.1 Alteración Hidrotermal

El área de interés presenta alteración hidrotermal que caracteriza a los yacimientos epitermales de alta sulfuración (Figura 1.4). La “parte central presenta una intensa silicificación que se manifiesta como

silicificación de las brechas, estructuras y venillas de sílice de fases primigenias y retrógradas. La alteración argílica avanzada es polifásica, se han reconocido las siguientes fases: una fase primaria reemplazando feldespatos, una segunda fase de recristalización representada por la textura gusano, una fase intramineral que ocurre como matriz de brechas y finalmente una fase tardía como venillas y cristalizada rellenando cavidades. El ensamble que caracteriza a la alteración argílica avanzada es principalmente cuarzo-alunita-pirofilita, incrementándose la ocurrencia de pirofilita en los niveles profundos. La alteración cuarzo-caolín es más conspicua y ocurre como una gradación lateral de cuarzo alunita. La pirofilita $[\text{AlSi}_2\text{O}_5\text{OH}]$ y la alunita $[\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$ son arcillas minerales resultantes de la alteración hidrotermal de cristales de feldespatos primarios en la roca huésped (andesita). En la mayoría de los casos, la brecha hidrotermal coincide con la zona de alteración de cuarzo-pirofilita-alunita. Aunque la pirofilita y la alunita son minerales de arcilla, la silicificación parece haber compensado en las zonas donde se presenta cualquier pérdida en la resistencia resultante”.

La mineralización epitermal de alta sulfuración de Tantahuatay fue formada por procesos similares a los que generaron los depósitos de Yanacocha y Pierina. En la zona de Tantahuatay “ocurren tres etapas principales de actividad volcánica del tipo diatremas o “vents” piroclásticas con domos subaéreos en ambientes parcialmente lagunares; la zona del tajo estudiado corresponde al final del ciclo eruptivo, en el que

aparecieron chimeneas de brecha en asociación a zonas de intenso fracturamiento con alteración hidrotermal del tipo argílico avanzado”.

2.2.2 Geología Estructural

El área del proyecto “está relacionada al corredor estructural Chicaza - Yanacocha (A. Quiroz), que controla la sucesión de una serie de fenómenos estructurales, magmáticos e hidrotermales. El mega bloque estructural desde Yanacocha – Tantahuatay - La Granja, está limitado al norte por la flexión de Cutervo y al sur por la flexión de Cajamarca; dentro de este bloque estructural los lineamientos estructurales principales más antiguos y dominantes son los andinos NW, cortados por estructuras del sistema trasandino NE y fallas EW relacionadas a los depósitos de Tantahuatay y Cienaga; de manera subordinada se tienen fallas menores con orientación NS”.

Estructuralmente se tienen “dos sistemas principales: el sistema $N15^{\circ}-45^{\circ}W$ (coincidente con el sistema andino) y el sistema $N45^{\circ}-60^{\circ}E$. Estas últimas son manifestaciones tardías de la tectónica local que muestran un dislocamiento en bloques estructurales generando horsts y grabens que exponen niveles contrastados de bloques adyacentes”. Las fallas cuya orientación coincide con el Sistema Andino son generalmente más continuas y frecuentemente definen los fondos de las quebradas del área del proyecto.

En resumen, en el área del proyecto se presentan tres sistemas de fallas principales. El sistema de fallas de dirección NW, cuyas fallas son coincidentes con la dirección andina y son cortadas por fallas NE; movimientos tectónicos sucesivos produjeron fallas de dilatación EW que generalmente están mineralizadas.

2.2.3 Geología Económica

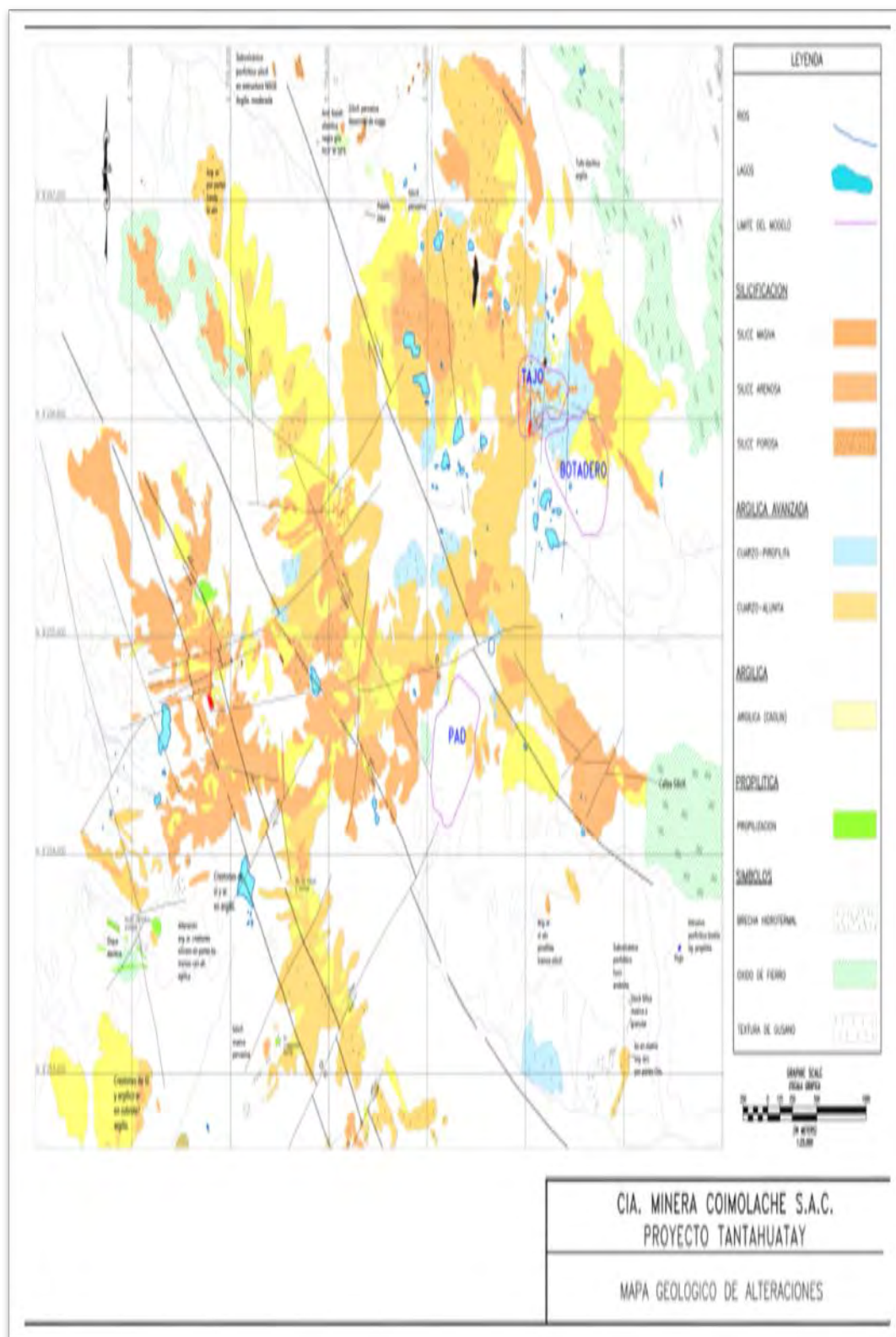
La cordillera de los Andes es la consecuencia topográfica de un entorno de contacto de placas tectónicas. En el Perú hay un límite convergente, un “margen activo del tipo continental”, donde la placa de Nazca se introduce en una zona de subducción bajo la placa Sudamericana.

La subducción lleva a las rocas y sedimentos a profundidades de la corteza terrestre donde la temperatura y presión producen la fundición de la roca. El magma origina rocas plutónicas y volcánicas de composición intermedia a ácida (por ejemplo, granitos, andesitas, riolitas). Este material fundido tiene una baja densidad si se compara con las rocas circundantes y por lo tanto tiende a ascender, empezando un proceso de intrusión, a fin de conseguir un balance físicoquímico. El producto geomorfológico de este proceso es un arco volcánico. Durante la fase del ascenso del magma, este es enfriado y se liberan fluidos, reaccionando y

lavando las rocas circundantes. El enfriamiento y la interacción de estos fluidos con las rocas cercanas a la superficie (1-2 km de profundidad) es el proceso de formación de los depósitos de oro en Tantahuatay.

La mineralización es principalmente oro y electrum “en partículas submicroscópicas asociadas a óxidos de Fe (jarositas, goetitas y limonitas) que rellenan fracturas y como matriz de brechas. El encabe de óxidos presenta un zonamiento vertical de aproximadamente 100 a 120 m en la vertical”. Los mejores valores de oro están contenidos principalmente en los primeros metros de la zona de óxidos, lo que demuestra un evidente enriquecimiento supergénico. En la zona de sulfuros primarios ocurren en orden de abundancia: pirita, enargita, covelita, algo de sulfosales de Ag y metales base, presentes con diseminaciones en vetillas o relleno de cavidades.

FIGURA 1.4. MAPA GEOLÓGICO DETALLADO.



Fuente: CIA Minera Coimolache

2.3 RESERVAS

El Proyecto Tantahuatay II, de propiedad de Cía. Minera Coimolache, se tiene proyectada su explotación por tajo abierto a un nivel de producción de 12,000 TM de Mineral / día.

El depósito cuenta con **13.84 Millones de TM de Recurso Total** con una ley promedio de **0.715 g Au / TM y 16.90 g Ag / TM inicialmente**. Los contenidos finos dentro de este recurso son del orden de **317,897 oz Au y 7'516,511 oz de Ag**. La estimación de recursos no ha incluido materiales con leyes bajas, lo cual ocasiona una muy baja sensibilidad del depósito a variaciones en el precio de venta de los metales.

Del total de recursos, **13.64 millones de TM** se encuentran dentro de la **Categoría de Medido/Indicado** y por encima de un **cut-off de 0.20 g Au / TM** con una ley promedio de **0.56 g Au / TM y 22 g Ag / TM** y contenidos finos del orden de **314,697 oz Au y 7'417,046 oz de Ag**.

A partir de la optimización de tajo y tomando como caso base la envolvente de optimización correspondiente a un precio de **US\$ 850 / ozt Au** y un **cut-off de 0.20 gAu / TM**, se cuenta con **13.36 millones de TM**, con una ley promedio de **0.56 g Au /TM y 22 g Ag / TM** y contenidos finos **recuperables** del orden de **263,826 oz Au y 2'039,426 oz de Ag**.

Basado en el caso base de optimización previamente reseñado, se desarrolló el diseño de tajo final dentro del cual se tiene:

Mineral: 13'182,602 TM, con 0.56 gAu/TM y 22 g Ag/TM

Contenido Fino Recuperable: 260,905 ozt Au y 2'012,416 ozt Ag

Desmante: 13'368,951 TM

Relación Desmante Mineral: 0.07

El nuevo diseño de tajo desarrollado contempla una serie de mejoras Operativas, respecto al existente previamente, así como una significativa reducción de la cantidad de desmante a ser movido.

Ver Tabla adjunta 2.3.

TABLA 2.3: RESERVAS AL 30 DE JULIO DEL 2012

Tajo	Clasificación	MINERAL					Material Estéril (KTMS)	Stripping Ratio
		KTMS	Au (g/t)	Ag (g/t)	KOzs Au	KOzs Ag		
Tantahuatay 2	OXIDOS	11.495	0,432	14,875	160	5.497		0,06559374
	DESMONTE						754	
Cienaga Norte	OXIDOS	7.895	0,762	1,154	193	293		1,09
	DESMONTE						8.576	
TOTAL MINA		19.390	0,566	9,28823904	353	5.790	9.330	0,56

Fuente: CIA Minera Coimolache

CAPITULO III: OPERACIONES MINA

3.1.- ACTIVIDADES DE OPERACIÓN.

3.1.1. Perforación y Voladura

Las operaciones unitarias del minado se realiza mediante tercerización que está a cargo de la E.E SAN MARTIN, para los taladros de producción se usan perforadoras DML con diámetro de perforación de 6 3/4" con BROCAS TRICONICAS, el pre-corte y perforación amortiguada se realiza con una perforadora DX 800 con diámetro de 5", la altura de banco para la explotación es de 6m la altura de perforación en los bancos es de 6,5 m y 7 m dependiendo de la calidad del macizo rocoso, actualmente se están explotando dos zonas sector este y oeste del Tajo Tantahuatay.

Con la Información existente, de características geomecánicas de los dos sectores se establecieron los parámetros de perforación para las mallas que se usan actualmente son mallas triangulares equiláteras de 4,0 x 4,6m; 4,8 x 5,5 m; 5,0 x 5,8 m.

Con respecto a la voladura se utiliza Anfo Pesado para todos los disparos en la zona sur que es la que presenta mayor tenacidad y fragturamiento se utiliza la mezcla 30/70 lado oeste y lado este 40/60 este del tajo Tantahuatay, la granulometría requerida en el pad de lixiviación es el 90% por debajo de 6 pulgadas.

El diseño de Bancos está sujeto a la estabilidad de taludes y a la vida de la mina; siendo la perforación apropiada con los diámetros establecidos de broca.

Resaltando el principio de Gestión de Seguridad para poder generar un trabajo apropiado en cuanto a los parámetros de los Bancos y Diámetros de las Brocas.

La perforación se realiza con 2 tipos de perforadoras, las cuales son usadas en zonas planas y crestas de taludes.

La perforadora Dx 800 se utiliza en las zonas abruptas de las crestas y las perforadoras DML en las zonas planas horizontales.

FOTO 3.1.: PERFORACION EN EL TAJO TANTAHUATAY-NV 3976



Fuente: CIA Minera Coimolache

FOTO 3.2.: VOLADURA EN EL TAJO TANTAHUATAY-NV 3970



Fuente: CIA Minera Coimolache

Equipos y Parámetros de Perforación.

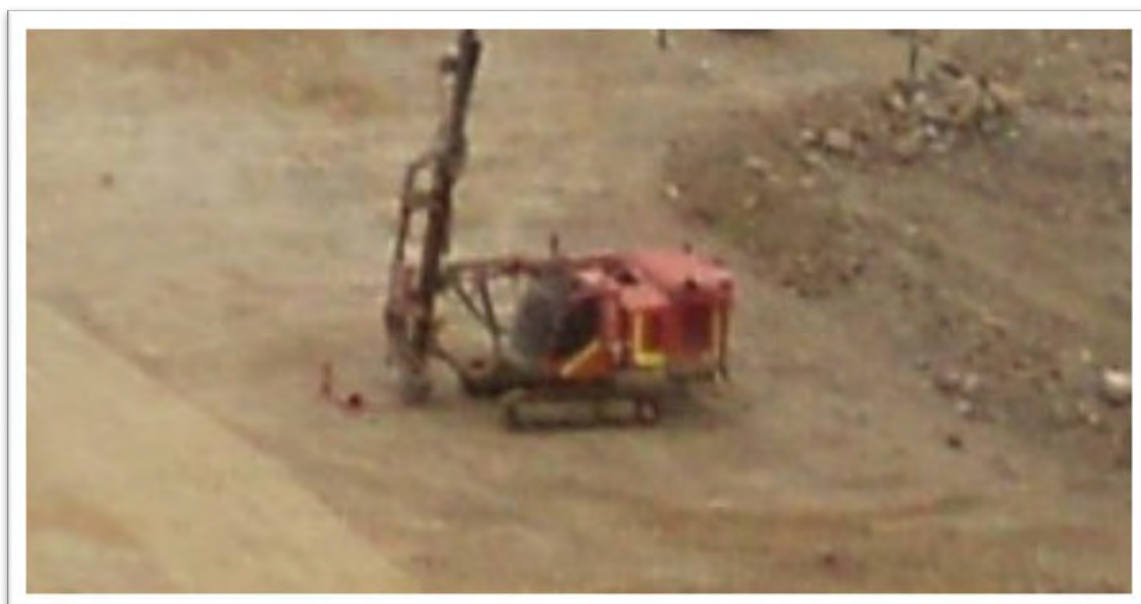
- Equipo de perforación: 01 DML
01 DX 800
- Diámetro de perforación: Producción: 6 ¾ pulgadas
Recorte: 5 pulgadas
- Sistema de perforación: Equipo de perforación HP, compresor de alta presión.
- Pull Down: 500 – 800 PSI
- Diámetro de Barra: 5,5 pulgadas
- Velocidad de penetración: 50 m/hora
- Malla de perforación: Triangular equilátera
- Espaciamiento: 5,00 metros (Dureza 3)
5,80 metros (Dureza 1-2)
- Burden: 4,80 metros (Dureza 3)
5,50 metros (Dureza 1-2)
- Toneladas/taladro: 400
- Densidad de roca: 2,531 t/m³

FOTO 3.3: PERFORADORA DML



Fuente: CIA Minera Coimolache

FOTO 3.4: PERFORADORA DX 800



Fuente: CIA Minera Coimolache

Equipos, Accesorios y Agentes de Voladura

- Sistema mecanizado de carga: Camión Fabrica Quadra
- Explosivo: Anfo Pesado 30/70 - 40/60
- Sistema de iniciación: No eléctrico
- Sistema silencioso de voladura.
- Reducción del burden teórico
- Secuencia de salida: taladro por taladro
- Factor de Potencia: 0,28 Kg/Ton.

FOTO 3.5: CAMIÓN FABRICA DE ANFO Y HEAVY ANFO.



Fuente: CIA Minera Coimolache

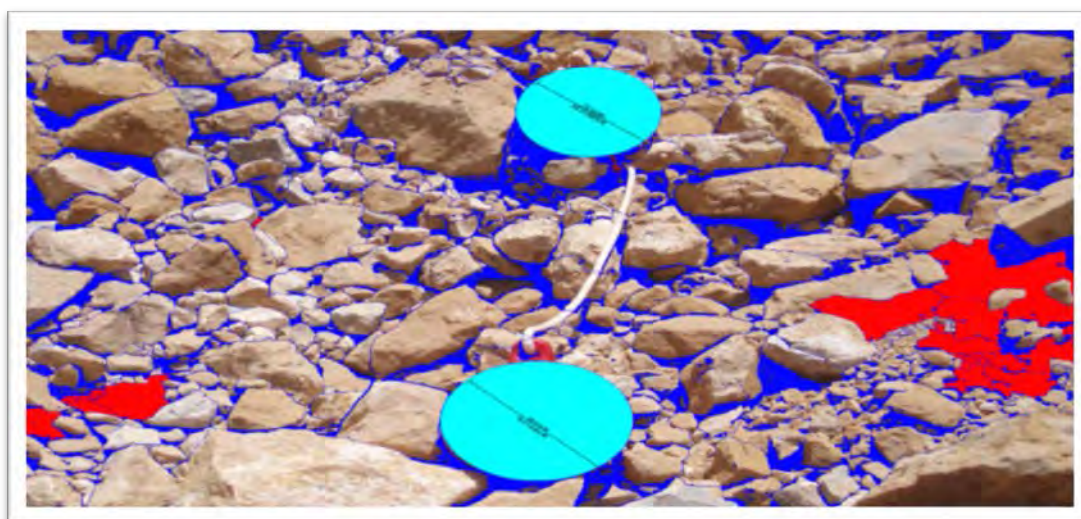
FOTO 3.6: ACCESORIOS Y AGENTES DE VOLADURA





Fuente: CIA Minera Coimolache

**FOTO 3.7: ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN CON
EL SOFTWARE SPLIT NET**



Fuente: CIA Minera Coimolache

TABLA 3.1: INDICADORES DE VOLADURA.

Indicadores	Ud	Plan	Actual	Plan /Actual
Factor de Potencia	Kg/ton	0.33	0.28	100%
Fragmentación (P90<10")	Pulg.	10"	4.44	100%

Fuente: CIA Minera Coimolache

3.1.2.-Carguio, Acarreo y Servicios Auxiliares.

El carguío y acarreo, actualmente se realiza con equipos menores:

- 02 Excavadoras de 4,6 m³.
- 16 Volquetes de 35 Ton.

Equipos auxiliares para apoyo:

- 03 Cisterna de 5.000 galones.
- 02 Motoniveladora 140 H.
- 01 Retroexcavadora de 0,4 m³

Las características de minado:

- Angulo de talud promedio 45°.
- Pendiente máxima de rampas 10%.
- Ancho libre de rampas 12 metros.
- Ancho de bermas 6,4 metros.
- Altura de banco 6 metros. (65°)

La producción diaria de mineral es de 28.000 tms /día, y desmonte de 2.000 lo cual lleva a una relación mineral/desmonte de 0,07, con referente al carguío este se realiza con 02 excavadoras CAT 374 de 4,6 m3 de capacidad de cuchara y una excavadora en Stand By, cuyo rendimiento esta en promedio de 900 tms/hr.

El transporte se realiza con volquetes de 22 m3 de capacidad de tolva cuya distancia promedio de acarreo en el primer año de operación es de 1,5 km el ancho de vías es de 08 metros y el efectivo de vía es de 12m. El material transportado al pad es llevado directamente del tajo sin chancado previo por ello es de vital importancia el obtener una fragmentación producto de la voladura por debajo del P (90).

Para los servicios auxiliares de operaciones tales como empuje de material en el pad y botadero se cuenta con 01 tractor Caterpillar D8T, para el mantenimiento de vías se cuenta con dos motoniveladoras (01 Cat 140 H y 01 Volvo 140 H), 01 rodillo de 15 t.

FOTO 3.8: CARGUÍO EN MINERA COIMOLACHE



Fuente: CIA Minera Coimolache

FOTO 3.9: ACARREO EN MINERA COIMOLACHE.



Fuente: CIA Minera Coimolache

FOTO 3.10: DESCARGA EN EL PAD DE LIXIVIACIÓN.



Fuente: CIA Minera Coimolache

3.2.- CONTROLES EN OPERACIONES MINA PARA EL CONTROL DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS.

OBJETIVO.

Mitigar los impactos ambientales identificados en el proceso de minado; cumpliendo los compromisos asumidos y la mejora constante en nuestros resultados operativos.

3.2.1.- Perforación y Voladura.

3.2.1.1.-Perforacion

Nuestra perforación de producción se realiza con brocas tricónicas en zonas suaves y duras.

En esta actividad los proyectos de perforación son diseñadas para una determinada secuencia de minado y evitar que las rocas productos de la voladura y minado contaminen el medio ambiente.

Para ello se ha tomado varias previsiones como:

- ✓ Uso del colector de polvo y sistema de inyección de agua permanente.
- ✓ Perforación en el medio del banco de minado para una secuencia de minado y generación de cara libre.
- ✓ Las crestas de los bancos colindante a los bosques son perforados al final de todo el banco; utilizando para ello diámetro de 5 pulgadas. Así mismo para los taladros de recorte como amortiguamiento a los taludes.
- ✓ Perforación a una altura de banco de 6 metros con la perforadora DML con 6 $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro.

3.2.1.2.- Voladura

El tajo se ubica muy cerca a casas de pobladores de la comunidad, cuya vegetación y fauna merecen un especial cuidado para preservarlo. En tal sentido, se está realizando controles estrictos en la voladura de producción para no alterar el medio ambiente y cumplir con los compromisos asumidos con las comunidades vecinas.

3.2.1.2.1. Zonificación Según Tipo de Dureza

De acuerdo a la dureza se ha zonificado el Tajo Tantahuatay de la siguiente manera:

- ✓ Dureza 1: Suave (Argílico): 75 MPa
- ✓ Dureza 2: Media (Argílico avanzado): 125 MPa
- ✓ Dureza 3: Duro (Silicificación): 260 MPa

3.2.1.2.2. Parámetros de voladura.

Los parámetros de voladura son los siguientes:

- 01 Camión Fabrica *Quadra*

Capacidad: 8 toneladas de emulsión

6 toneladas de nitrato de amonio

- Sistema de iniciación:

Electrónica en un 65% (voladura inalámbrica)

No eléctrico en un 35% (voladura silenciosa)

- Tipo de explosivo:

Anfo Pesado vaceable 30/70 en taladros secos

Anfo Pesado bombeable 60/40 en taladros en agua

Nitrato de amonio de baja densidad

Emulsión Matriz

Booster de 1 lb

- Accesorios:

Detonador no eléctrico 800 ms

Retardo de superficie 17 ms

Retardo de superficie 42 ms

Retardo de superficie 67 ms

Detonador electrónico

- Secuencia de salida:

Taladro por taladro

- Diseño de malla de perforación:

Triangular equilátera

Burden (suave) = 4,00 m

Burden (medio) = 4,80 m

Burden (duro) = 5,00 m

Espaciamiento (suave) = 4,6 m

Espaciamiento (medio) = 5,5 m

Espaciamiento (duro) = 5,8 m

- Diseño de carga:

Altura de Taladro = 6,70 m

Carga de fondo = 3,70 m

Taco inerte = 3,00 m

3.2.1.2.3 Control Ambiental en la Voladura

Con el cuidado del medio ambiente, se ha tomado en cuenta controles necesarios para no impactar zonas intangibles cercanas a la operación. Logrando alcanzar un equilibrio entre manejo ambiental y resultados de fragmentación; minimizando el impacto al medio ambiente y logrando una fragmentación de 90% debajo de 6 pulgadas para una mejor recuperación en nuestro proceso de lixiviación.

Para esto se ha implementado el uso de detonadores electrónicos.

FOTO 3.11: DETONADORES ELECTRÓNICOS.

Fuente: CIA Minera Coimolache

Logros:

- Direccionamiento de la voladura hacia el medio del tajo.
- Minimización de la proyección y caída de rocas a casas cercanas cerca a la operación.
- Eliminación de boloneria en las crestas.
- Eliminación de ruido de los detonadores de superficie que existían con los pirotécnicos.
- Fragmentación promedio en 6 pulgadas con respecto a los 08” (P90) que se tuvo al inicio de la operación.
- Cero tiro cortados.
- Reducción de las vibraciones y onda aérea; de acuerdo a los límites permisibles.

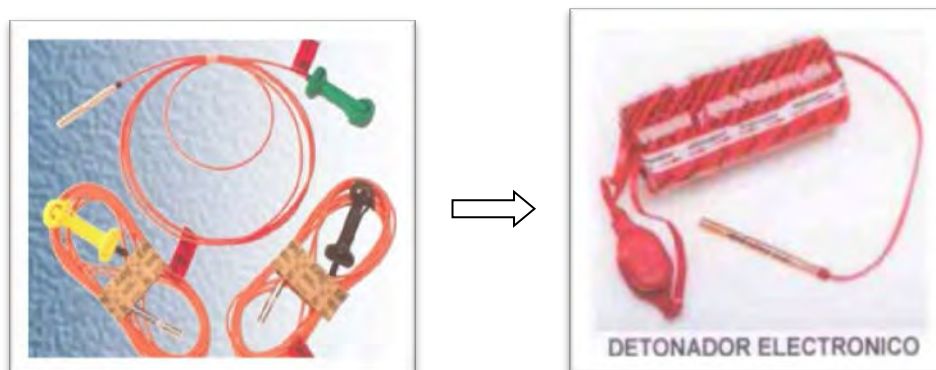
- Ampliación de malla de perforación en un 5% en roca mediana y en un 9% en roca suave.
- Ahorro mensual en consumo de explosivo en un 9% con respecto a los pirotécnicos.
- Reducción en el nivel de ruidos, ya que se ha eliminado en su totalidad el uso del cordón detonante.
- Detonación taladro a taladro.
- Eliminación de fulminantes en superficie en taladros cargados.
- Reducción de la onda aérea y proyección de rocas a los bosques y al ambiente.
- Reducción de la emisión de polvo.
- Mejoramiento en la distribución de la energía en el taladro sin afectar a las zonas aledañas.
- Mejoramiento en el uso de explosivo sin impactar en el área de influencia a la voladura.

”IMPLEMENTACIÓN DE DETONADORES ELECTRÓNICOS”

MEMORIA DESCRIPTIVA

El cambio a realizarse es del detonador no eléctrico a detonador electrónico en las en las operaciones de voladura y en algunos bancos de producción con problemas de fragmentación y control de vibraciones en las cercanías de las comunidades a fin de evaluar y cuantificar de acuerdo a los beneficios obtenidos.

FOTO 3.11: DETONADORES ELECTRÓNICOS.



Fuente: CIA Minera Coimolache

Detonador electrónico.

Es un moderno y preciso sistema de iniciación electrónica, que puede controlar la energía desprendida por una voladura optimizando la fragmentación, disminuyendo el daño por vibraciones y controlando la dilución.

También es un tipo de dispositivo en el cual el retardo de disparo está controlado por una unidad de control electrónico digital y que es energizado por un dispositivo interno de energía de almacenamiento / generación / conversión: y cuyo retardo de disparo es programado por el sistema de iniciación digital.

Este sistema redefine los conceptos de precisión, exactitud, flexibilidad y seguridad.

El sistema de iniciación electrónica, es un sistema que se utiliza para iniciar detonadores electrónicos a distancias de 2.000m con cable y con la versión de potencia RF que se utiliza a una distancia inalámbrica de 3000 m Actualmente también es

posible realizar voladuras con múltiples Bench Box (MBB) como se muestra en la figura 3.11.

FOTO 3.12: BENCH BOX



Fuente: CIA Minera Coimolache

FOTO 3.13: DETONADOR.

Datos Técnicos	
Detonador	
Resistencia Dinámica contra Golpes	>12,000psi amplitud de pulso 500nS
Resistencia ESD	Pases EN 13763-13
Inmunidad RF	Pases CEN TS 13763-27
Cápsula del Detonador	Cobre
Potencia del Detonador	8D (I.M.E.:#12)
Potencia de la Carga de Base	PETN
Cantidad Neta de Explosivos (MEQ)	0,1 Kg (0.2205 lbs.) por cada 100 detonadores
Cronometraje	Auto-programable
Conector	Robusto, resistente al agua
Resistencia a la Tensión	>250 N / 56 lbs
Marcas en Cápsula del Detonador	Dangerous - Blasting Cap - Explosive Dangeer - Detonateur - Explosif

Fuente: CIA Minera Coimolache

BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS DETONADORES ELECTRONICOS.

- Mejor control de niveles de vibración.
- Mejora en resultados de fragmentación aumentando de productividad de la flota.
- Mejor manejo de almacén al tener un solo detonador que reemplaza a una serie de accesorios (detonadores numerados, duales, retardos de superficie, cordón detonante, etc.)

- Mejor control en desplazamiento de material Los detonadores electrónicos nos dan la versatilidad de diseñar la dirección de salida como mejor convenga. Por ejemplo en el caso de cargadores frontales se prefiere que el material se desparrame hacia el frente, en el caso de palas es recomendable el apilamiento y esponjamiento.
- Seguridad, ya que se conoce las condiciones del detonador antes, durante y después de la voladura El sistema no permitirá disparar si se encontraran errores que pudieran generar tiros cortados.

3.2.2 Cuidados Ambientales en el Minado.

3.2.2.1 Carguío y Acarreo.

Las tareas críticas que se han tomado en cuenta para esta actividad son:

Controlar y mitigar los impactos ambientales que se pudieran ocasionar a los taludes del Tajo Tantahuatay, la secuencia de minado se realiza hacia el centro de la plataforma de cada banco.

Así mismo se han construido pozas de 50 x30x3m de largo, ancho y profundidad respectivamente, dichas pozas se realizaron a fin de captar las aguas de escorrentías producto del agua que fluye por las vías de acarreo (Hall Road) y posteriormente pozas en la parte inferior del Depósito de desmonte para luego ser bombeadas para su tratamiento respectivo en la planta de tratamiento de aguas acidas, una vez tratadas dichas aguas son usadas en el riego de vías y/o uso industrial.

El material orgánico de aproximadamente 0,30 m de espesor es primeramente retirado de las zonas a minar para luego ser llevado a depósitos diseñados específicamente para dicho material, el cual será usado en el cierre progresivo y final del tajo Tantahuatay.

Las vías de acarreo son lastradas con material no generador de acidez provenientes de las mismas zonas de explotación, dicho material es identificado por el departamento de geología en los taladros de producción mediante pruebas de NCV (net carbonate value) para determinar su potencial generación de aguas acidas por contacto con las aguas de escorrentías.

Para la generación de polvo se usa agua producto de las escorrentías el cual se tiene acumulada en la poza de sedimentación colíndate al tajo.

Dichas prácticas nos permiten controlar y mitigar los impactos al ambiente producto de nuestras operaciones, referida al tema del cuidado al ambiente.

Para un mejor control en la capa de rodadura de las vías de acarreo se inicio campañas de lastrado de vías del Hall Road con material de caliza, trasladados desde la cantera Nube Blanca de Bambamarca.

FIGURA 3.13: SECUENCIA DE MINADO TAJO TANTAHUATAY.



Fuente: CIA Minera Coimolache

Foto 3.14: Instalación de Planta de Tratamiento de Aguas Acidas.



Fuente: CIA Minera Coimolache

3.2.2.2 Botadero Mina y Pad de Lixiviación.

Compañía Minera Coimolache S.A. (CMC) se encuentra en la actualidad desarrollando el Proyecto Tantahuatay, ubicado en el Distrito de Hualgayoc, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca. El área de influencia del proyecto se ubica entre los 3,800 y 4,000 msnm.

Se llevó a cabo el diseño de detalle del pad de lixiviación Tantahuatay, Pozas PLS, ILS y de Mayores Eventos, Botadero de Material Orgánico, Material Inadecuado y Botadero de Desmonte de Mina.

Este informe presenta la revisión de la información disponible del diseño a nivel de Factibilidad del pad de lixiviación y del Estudio de Alternativas, desarrollados por estudios previos, con la finalidad de proporcionar la información técnica necesaria para desarrollar el diseño de Ingeniería de Detalle del Pad de Lixiviación y obras conexas proyectadas para el Proyecto Tantahuatay.

El alcance de los servicios incluye el diseño geotécnico y civil del Pad de Lixiviación para mineral ROM, de las Pozas PLS, ILS y de Mayores Eventos, del Botadero de Material Orgánico, Botadero de Material Inadecuado y Botadero de Desmonte; así como la elaboración de las tablas de cantidades de materiales, movimiento

de tierras, especificaciones técnicas, manual de aseguramiento de la calidad de la construcción y planos de construcción.

El pad de lixiviación se ubicará en la quebrada denominada “Hueco 1”, y ha sido dimensionado para ser construido en dos etapas denominadas Fase 1 y Fase 2, que serán ejecutadas siguiendo los lineamientos estándares para procesamiento de oro a través de lixiviación en pilas. Para fines de la estimación de los costos de capital inicial, el diseño a nivel de detalle fue desarrollado para la Fase 1, cuya operación tendrá lugar en un lapso aproximado de 3 años, para procesar reservas equivalentes a 12.0 millones de toneladas métricas de mineral ROM. La Fase 2 del pad, se estima en 12.0 millones de toneladas métricas de mineral, totalizando 24 millones de toneladas métricas.

El Pad de lixiviación fase 1 será cargado a una tasa de 28,000 toneladas métricas por día, alcanzándose una producción de 4.32 millones de toneladas por año, que serán almacenadas sobre una extensión media de 27.9 Ha (hasta el límite de corte y relleno del camino de acceso perimetral y canal de derivación adyacente).

El diseño del Pad de lixiviación está basado en la tecnología convencional de lixiviación en pilas y fue realizado según los

criterios de diseño proporcionados por CMC y complementados con las recomendaciones de diseño y experiencia de Vector.

Asimismo, durante el diseño del Pad, se efectuó una revisión del estudio de peligro sísmico realizado para un proyecto muy cercano a Tantahuatay, a fin de definir el nivel de aceleración máxima esperada en la zona del proyecto. De los resultados de esta revisión se concluyó que la aceleración sísmica pico es de 0.29g, y corresponde a un evento sísmico de 500 años de periodo de retorno y 10% de probabilidad de excedencia. A partir de esta aceleración se recomendó utilizar un coeficiente sísmico de 0.15 para el análisis y diseño de taludes del apilamiento de mineral del Pad, botadero de material orgánico y botadero de desmonte.

Las características y propiedades de los suelos de cimentación del Pad y botaderos y de los materiales involucrados en el diseño, fueron evaluadas a partir de investigaciones geotécnicas de campo y de laboratorio llevados a cabo como parte del desarrollo del presente estudio.

Antes de la colocación de relleno estructural para la conformación de la superficie del Pad y botaderos, se tendrá que remover los materiales no apropiados en la cimentación, tales como turbas, suelos orgánicos, arcillas y limos blandos. En base a las

investigaciones geotécnicas de campo realizada por Vector al inicio del proyecto, se ha estimado un volumen aproximado de 611,720 m³ de remoción de materiales inadecuados para el Pad y pozas, y 102,360 m³ de remoción de materiales inadecuados para los botaderos; sin embargo, es posible que durante la construcción este volumen pueda variar. Asimismo, se ha estimado un volumen de aproximadamente 498,280 m³ de corte y 266,310 m³ de relleno estructural para la nivelación del Pad, construcción del camino de acceso perimetral, canales de derivación adyacentes y pozas de procesos.

El sistema de subdrenaje del pad y de las pozas estará conformado por una red de tuberías perforadas de HDPE de pared doble de 100 y 300 mm de diámetro, colocadas dentro de una trinchera rellena con grava y envuelta en geotextil no tejido. El sistema de subdrenaje ha sido diseñado para coleccionar los flujos de aguas subterráneas dentro del área de construcción del pad, en sectores de colección y fases constructivas independientes.

En el caso de las pozas, el sistema de subdrenaje también ha sido independizado. Como contingencia adicional el diseño prevé la instalación de un sistema de monitoreo por zonas, para controlar la calidad de agua procedente de las descargas del sistema de subdrenaje de manera eficaz. El sistema de monitoreo por zonas

está compuesto por tuberías sólidas de HDPE SDR21 de 50 mm, perforadas y/o ranuradas en los primeros 50 m, y estarán dirigidas conjuntamente con las tuberías de subdrenaje principales hacia la parte baja del pad y de las pozas, en donde se construirá una poza revestida con geomembrana para el monitoreo de la calidad de agua de subdrenaje. Este monitoreo deberá ser realizado periódicamente por personal de CMC.

El sistema de revestimiento del pad de lixiviación está conformado por una capa de geomembrana texturada por un solo lado (SST) de LLDPE de 2.0 mm de espesor, que será instalada sobre una base de suelo de baja permeabilidad de 300 mm de espesor. Se ha previsto la colocación de aproximadamente 251,980 m² de geomembrana y 82,085 m³ de suelo de baja permeabilidad.

El suelo de baja permeabilidad será obtenido de las Canteras Tres Amigos y Lita. También se podrá utilizar materiales de otras canteras, siempre que cumplan con los requerimientos indicados en las especificaciones técnicas. Sobre la geomembrana se colocará una capa de material de sobre-revestimiento (overliner), para protección de la geomembrana, de 500 mm de espesor, el cual será obtenido por chancado y zarandeo. Este espesor podrá variar dependiendo de los procedimientos y equipos utilizados para la colocación de este material.

Para efectos de operaciones, se ha dividido el área total del pad en 5 sectores (módulos), cuyas divisorias estarán definidas por las curvas de nivel de la superficie perfilada de diseño. El sistema de colección de cada sector (modulo), estará conformado por una red de tuberías de colección laterales de HDPE (perforadas de pared doble), de 100 mm de diámetro, que se conectarán con las tuberías de colección principal de HDPE (perforadas de pared doble), de 300 y 450 mm, según corresponda.

La tubería de colección principal de cada sector, se conectará a una tubería no perforada de HDPE de pared doble de 450 mm de diámetro. Las tuberías de colección principal de cada sector, se conectarán con tuberías sólidas de HDPE SDR 21 de 450 mm de diámetro, a la salida del apilamiento en el pad, para luego conectarse con la caja de distribución de solución (esquina suroeste del pad).

Dependiendo del grado de concentración que se obtenga en el proceso de lixiviación, la solución será derivada hacia las pozas PLS ó ILS mediante tuberías de 450 mm de diámetro dispuestas sobre el canal de conducción de solución.

Además para la evacuación de los flujos de tormentas, se ha considerado dos tuberías sólidas de HDPE SDR 21 de 900 mm de

diámetro que atraviesan la parte inferior de la plataforma de estabilidad y descargan hacia la poza de mayores eventos.

El diseño también considera la construcción de un camino de acceso perimetral, que servirá durante la etapa de construcción para el despliegue de la geomembrana y durante la operación para las inspecciones rutinarias del pad y de las pozas camino de acceso perimetral del pad ha sido diseñado en el perímetro este y oeste.

Su diseño contempla la construcción de un canal de derivación adyacente a este camino, para derivar el flujo de escorrentía, tanto del acceso como de los taludes de corte adyacentes y de las cuencas tributarias externas al pad.

El camino de acceso perimetral tendrá un ancho de 6 m, con una capa de rodadura de 200 mm, y deberá mantener una inclinación de 2% hacia el canal de derivación adyacente.

El revestimiento contemplado para el canal de derivación será de geomembrana o de piedra con mortero (emboquillado), dependiendo si se trata de un tramo temporal o permanente.

Los requerimientos para almacenamiento de soluciones lixiviadas de este proyecto, establecidos en los criterios de diseño elaborados por CMC y Vector, indican necesidades operativas de producción de solución a una tasa de 478 m³/hr. El flujo total de solución ha sido dividido en partes iguales para las soluciones PLS e ILS.

Luego de descontar las pérdidas de solución durante la irrigación, se estima que los flujos de PLS e ILS sean aproximadamente 234 m³/hr. Además del volumen mínimo operativo y de las fluctuaciones de demanda se ha considerado un tiempo de parada de bomba de 24 horas, para el dimensionamiento de la capacidad de las pozas PLS e ILS. En este sentido, las pozas deberán mantener una capacidad máxima operativa de 12,000 m³. Estas pozas estarán ubicadas al suroeste de la plataforma de estabilidad del pad.

La poza de mayores eventos, que almacenará los flujos adicionales colectados en el área del pad, a consecuencia de un evento de tormenta para una condición desfavorable, se ubica al este de las pozas PLS e ILS, y tendrá una capacidad aproximada de 100,000 m³, estimada a partir del análisis hidrológico. Hay que señalar que el modelo hidrológico considera la operación de una planta de destrucción de cianuro.

El dimensionamiento de la poza de mayores eventos considera la operación del pad y sus etapas de ampliación. Por tanto, al desarrollarse la construcción de la ampliación de una futura etapa, no se necesitará ampliar la capacidad de la poza de mayores eventos o construir una poza adicional, siempre que se mantengan los criterios de diseño empleados en el presente estudio y que a su vez la planta de tratamiento de soluciones lixiviadas opere según los parámetros de diseño.

Las pozas PLS, ILS y de mayores eventos se conectan a través de aliviaderos de demasías de sección trapezoidal.

Las tres pozas tendrán un sistema de doble revestimiento sobre una capa de suelo de baja permeabilidad. El revestimiento primario y el secundario están conformados por una geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm de espesor para cada caso, separada por una capa de geonet. La capa de suelo de baja permeabilidad será instalada por debajo de los revestimientos primario y secundario, y tendrá 300 mm de espesor mínimo.

La detección de fugas de las pozas se monitoreará a través de los flujos que pudiesen discurrir por la capa de geonet instalada entre las dos geomembranas, y que descargará sus aguas por gravedad hacia un pozo ubicado en el extremo suroeste de cada poza. Se ha

previsto la colocación de aproximadamente 63,220 m² de geomembrana lisa de HDPE, y 10,215 m³ de suelo de baja permeabilidad para la Conformación de las pozas.

El suelo de baja permeabilidad será obtenido de las Canteras Tres Amigos y Lita. También se podrá utilizar materiales de otras canteras, siempre y cuando éstos cumplan con los requerimientos indicados en las especificaciones técnicas.

El diseño incluirá la construcción de un botadero de material orgánico, cuya ubicación se encuentra al este del pad de lixiviación y de las pozas de procesos, aguas arriba de la quebrada denominada "Hueco 2", sobre un área con depósitos residuales. El material orgánico se almacenará en bancos de 5 m de altura, 10 m de ancho y taludes intermedios de 3H: 1V, hasta alcanzar la elevación de 3,924 msnm.

El talud medio de apilamiento será de 5H: 1V, hasta alcanzar una capacidad máxima de 500,000 m³. La operación del botadero se desarrollará mediante el almacenamiento de material orgánico procedente del desbroce en la zona del pad de lixiviación, pozas de procesos, botadero de material inadecuado, botadero de desmonte y tajo Tantahuatay. La colocación del material en el botadero se efectuará al volteo. Para una adecuada operación del botadero se

han considerado las siguientes obras: dique de retención, sistema de subdrenaje, sistema de colección de efluentes, poza de subdrenaje y cunetas de coronación.

El botadero de material inadecuado se encuentra ubicado al noreste del pad de lixiviación y al pie del campamento y oficinas del proyecto. La operación del botadero se desarrollará mediante el almacenamiento de material inadecuado procedente de los trabajos en la zona del pad de lixiviación, pozas de procesos y botadero de desmonte.

El material inadecuado se almacenará en bancos de 5 m de altura, 5 m de ancho y taludes intermedios de 3H: 1V, hasta alcanzar la elevación de 3,925 msnm. El talud medio de apilamiento será de 5H: 1V, con una capacidad máxima de 1'140,000 m³.

Las obras consideradas para una adecuada operación son:

Dique de retención, sistema de subdrenaje, sistema de colección de efluentes, poza de subdrenaje y cunetas de coronación.

El diseño también prevé la construcción de un botadero de desmonte. Dicho botadero está ubicado al noreste del pad de lixiviación y pozas. La operación del botadero se desarrollará

mediante el almacenamiento de desmonte procedente de las labores de mina del tajo Tantahuatay. La colocación del material en el botadero se efectuará al volteo.

El botadero deberá ser cargado hasta la elevación 3995msnm, empleando bancos intermedios de 8 m de altura, con taludes intermedios de 1.3H:1V, generando un talud global de 2.5H:1V. Con esta configuración se obtiene una capacidad de almacenamiento máxima de 11.8 millones de toneladas métricas.

Los resultados de los ensayos geoquímicos estáticos y cinéticos efectuados por CMC en muestras representativas de desmonte de mina, indican que estos materiales son potenciales generadores de drenaje ácido. Para controlar los efectos de la generación de drenaje ácido durante la operación de descarga del desmonte, el material deberá ser encapsulado con un material neutro (tipo cal, caliza o dolomita) de tal manera de neutralizar la generación de acidez.

3.2.2.3 Botadero de Desmonte

De acuerdo con el plan de minado, será necesaria la construcción de un botadero de desmonte de mina. Este botadero se encuentra ubicado al noreste del pad de lixiviación y pozas.

El botadero de desmonte tendrá una capacidad aproximada de 11'772,800 toneladas, que equivalen a 7'358,000 m. La operación del botadero se desarrollará mediante el almacenamiento de desmonte procedente de las labores de mina del Tajo Tantahuatay. La colocación del material en el botadero se efectuará por volteo.

El botadero deberá ser apilado empleando bancos intermedios de 8 m de altura, taludes intermedios de 1.3H:1V y un ancho de berma libre de 9.6 m, que desarrollen un talud global de 2.5H:1V.

Para una adecuada operación del botadero se han considerado las siguientes obras:

Dique de retención, sistema de subdrenaje, sistema de colección de efluentes, poza de subdrenaje y cunetas de coronación.

Los resultados de los ensayos geoquímicos estáticos y cinéticos efectuados en muestras representativas de desmonte de mina, indican que estos materiales son potenciales generadores de drenaje ácido.

Se deberá colocar en toda el área de emplazamiento del botadero de desmonte como primera capa un material neutro (tipo cal, caliza

o dolomita) de 1 a 2 metros de espesor aproximadamente de tal manera de neutralizar la generación de acidez.

Asimismo, para controlar los efectos de la generación de drenaje ácido durante la operación de descarga del desmonte, el material deberá ser encapsulado por cada capa de desmonte con material neutro.

FOTO 3.15: BOTADERO DE DESMONTE MINA-TAJO TANTAHUATAY.



Fuente: CIA Minera Coimolache

3.2.2.4 Camino de Acarreo Tantahuatay

El camino de acarreo Tantahuatay conecta el Tajo del mismo nombre con el pad de lixiviación, y a través del cual los camiones mineros transitarán llevando el mineral extraído de las zonas de operación para descargarlos en el pad.

El alineamiento seleccionado para el camino de acarreo tiene una longitud aproximada de 1.5 km, y un ancho libre medio de 12.1m similar al camino de acarreo Ciénaga Norte.

El perfil mantiene pendientes suaves que varían entre 1% y 10% como máximo, cuyos cambios se desarrollan suavemente empleando coeficientes de variación vertical (k).

Una cuneta lateral se encargará de conducir los flujos de escorrentía provenientes de la precipitación pluvial, para luego ser descargados secuencialmente conforme se avancen tramos medios de 50m aproximadamente.

La sección lateral del acceso de acarreo deberá tener una inclinación promedio de 2% para facilitar la canalización de las aguas superficiales por las cunetas del acceso.

3.2.2.5 Camino de Acceso Sur y Acceso Este

Los caminos de acceso Sur y Este conectan el campamento con el Camino de Acarreo Ciénaga Norte, y la zona de pozas de procesos con el Camino de Acarreo Tantahuatay, respectivamente.

Al ser caminos de mantenimiento y operación, los diseños consideraron que el ancho libre de vía sería de 9.2 m, con bermas de seguridad de 1.2 m de altura en los extremos que mantengan un desnivel superior a 1.00m con respecto a rellenos o estructuras hidráulicas conexas.

Ambos accesos presentan un pandeo lateral de 2% con dirección a sus cunetas laterales, y desarrollan un alineamiento con longitudes del orden de 2.7 km y 1.70km para el caso del Camino de Acceso Sur y del Camino de Acceso Este, respectivamente.

FOTO 3.16: PAD DE LIXIVIACIÓN.



Fuente: CIA Minera Coimolache

3.2.2.6 Pad de Lixiviación

3.2.2.6.1 Nivelación del Pad

El pad de lixiviación ha sido diseñado en base a los criterios de diseño, de manera que se pueda operar siguiendo el método estándar de lixiviación en bancos de mineral.

De acuerdo con estos parámetros, es necesario conformar un área con una capacidad de 6,1 millones de toneladas métricas, considerando una tasa de carguío de 18 000 toneladas por día.

Las operaciones en el pad de lixiviación se realizarán mediante el apilamiento de mineral en capas de 8 m de altura, 12 capas para la Fase 2. La altura de la capa será de 8 m. Las capas se lixiviarán en ciclos de 60 días.

El área aproximada de la configuración del pad es de 10,5 Ha (incluyendo la construcción del camino de acceso perimetral y el canal de derivación); en tanto, que el área a ser cubierta con geomembrana es de aproximadamente 85 300 m².

A solicitud de CMC, esta área ha sido dividida en 3 sectores (o módulos), con fines de colección de la solución. La división fue realizada a partir de la topografía del terreno de nivelación proyectado (la delimitación de cada módulo se realizó tomando

como referencia las líneas de cumbres existentes dentro del pad con bermas de separación).

Debido a la presencia de materiales no apropiados en la cimentación del pad, tales como turbas, suelos orgánicos, arcillas y limos blandos, se ha previsto su remoción hasta alcanzar el nivel de cimentación adecuado según sea determinado por la supervisión durante la construcción.

De ser necesario se realizará la colocación de relleno estructural hasta alcanzarlos niveles indicados.

FOTO 3.17: CONSTRUCCIÓN DE LA FASE 2 DEL PAD DE LIXIVIACIÓN.



Fuente: CIA Minera Coimolache

3.2.2.6.2 Camino de Acceso Perimetral y Canal de Coronación

El camino de acceso perimetral de la Fase 2 define el límite de extensión del pad de lixiviación, empalmándose al camino perimetral de la Fase 1 de diseño, de acuerdo a la aprobación del cliente, ya que en ese momento no se contaba con el camino perimetral de la fase 1 terminado.

Los canales de derivación transitan siguiendo el mismo alineamiento a fin de derivar los flujos de escorrentía, tanto del acceso como de los taludes de cortes adyacentes y de las cuencas tributarias alrededor y fuera del pad.

El camino de acceso perimetral tendrá un ancho nominal de 6 m. A lo largo de todo el alineamiento del camino de acceso perimetral se colocará una capa de rodadura de 200 mm de espesor, que deberá tener una inclinación (bombeo) de 2% hacia el canal de derivación adyacente, para derivar el agua de escorrentía superficial. En los tramos en los cuales el canal de derivación adyacente al camino de acceso perimetral, presente una profundidad superior a 1 m, y pueda generar algún tipo de peligro para el tránsito vehicular, se deberá instalar en el camino perimetral una berma de seguridad de 500 mm de altura.

El canal de coronación tendrá un revestimiento de mampostería de piedra $f'c=175$ kg/cm² y un espesor de 0,25 m. El tramo comprendido entre las estaciones 0+585 y 1+108 se le ha denominado canal Este y desde el 0+000 al 0+585 se le ha denominado canal Oeste.

El canal Este tiene una longitud de 520 m aproximadamente, posee una sección trapezoidal cuyas dimensiones de base y altura son iguales y varían de 1,00 a 1,20 m, tiene un talud de corte 1:1(H:V); y tendrá un revestimiento de mampostería de piedra de 0,25 m de espesor.

Este canal en la progresiva 1+108, descargará hacia las estructuras proyectadas en el sistema de drenaje superficial del Pad de Lixiviación Fase 1.

Asimismo el canal Oeste posee una longitud de 585 m, tiene una pendiente longitudinal máxima de 16,5% y mínima de 1%. La estructura en mención es de sección trapezoidal, sus dimensiones varían entre 0,80 m y 1,00 m, de igual base y altura. Este canal en la progresiva 0+000, entregará lo recolectado hacia las estructuras proyectadas para el manejo de agua superficial del Pad de Lixiviación Fase 1.

El alineamiento y perfil longitudinal de los canales antes descritos están referenciados respecto al camino de acceso perimetral del Pad Fase 2.

3.2.3.- MANEJOS DE AGUAS

3.2.3.1.- Balance de Aguas

Los resultados del balance de aguas se presentan en gráficos de series percentiles de tiempo, de flujos o de volúmenes máximos por cada mes, sobre las necesidades de agua fresca y sobre los volúmenes máximos conjuntos de operación y de contingencia.

Como la construcción del pad se efectuará por etapas, se puede ver que los resultados que se obtienen en los análisis varían en proporción con la extensión del área del pad. Los resultados que se señalan a continuación corresponden más a la condición de desarrollo final de 45 ha.

Las simulaciones indican que los balances de aguas mensuales son positivos excepto durante 3 a 4 meses en las temporadas secas del año, donde el balance es neutro o positivo (ver Figura C.1 en el Anexo C). A largo plazo el balance de agua es positivo

indicando que en el sistema predominará el requerimiento de tener que descargar agua de procesos previamente tratada.

Durante el estiaje el funcionamiento del sistema es del tipo denominado “sin memoria”, y se caracterizan porque los flujos de entrada y salida en el sistema son independientes del resultado del periodo mensual anterior, permitiendo manejar a voluntad los niveles mínimos de operación en las pozas al igual que los volúmenes de agua fresca que se añadan.

En las temporadas de lluvias, los flujos de ingreso a la poza de grandes eventos se presentan en más del 75% de los casos. En más del 50% de los casos de la Fase 1, la contención de los flujos requerirá además de la capacidad de la poza de grandes eventos el tratamiento y descarga de efluentes.

Los resultados indican que los volúmenes máximos están relacionados con las secuencias prolongadas de precipitaciones máximas durante la temporada de lluvias, identificadas con el año de mayor precipitación anual en este caso.

El modelo hidrológico empleado para el balance de aguas indica que la necesidad de agua fresca en el sistema se presentará en

caso que se presente un año seco con más de 4 años de tiempo de retorno, al igual que durante la primera temporada de estiaje.

Las demandas puede que lleguen a un máximo de 20 m³/h, al arranque de las operaciones con un promedio menor de 1 m³/h en los 4 primeros meses. Durante los 4 meses de la primera estación de estiaje (Jun-Sep) se prevé una demanda máxima, si fuese un año muy seco, de 28 m³/h, y que en el caso de suceder un año promedio esta sería de sólo 6 m³/h. De suceder después años de lluvias promedio no se prevé necesidad de ingresar agua fresca. Sólo en casos de años secos de más de 5 años de periodo de retorno las necesidades en promedio anual alcanzarían como máximo 4 m³/h. Cabe indicar que también se simuló el inicio de operaciones en temporada de estiaje (alrededor de Julio).

En este caso las necesidades de agua fresca serán importantes sólo en la primera temporada de estiaje, pudiendo llegar a un máximo de 33 m³/h al arranque de operaciones con un promedio de 5 m³/h en los 4 primeros meses. En los siguientes años el comportamiento será similar al caso de inicio de operaciones en diciembre.

Las Figuras anteriores muestran las series de tiempo de percentiles del almacenamiento total, de los requerimientos de agua fresca, y

de las descargas de purga respectivamente; la Figura muestra las pérdidas de solución totales predichas por el modelo que alcanzan en promedio el 7%.

En la Tabla se muestra un ejemplo de desarrollo tabular de balance de aguas usando series históricas.

En términos de cantidades para el diseño, los cuadros siguientes indican las capacidades pronosticadas por las simulaciones más desfavorables.

En síntesis, como resultado de las simulaciones, puede indicarse que:

- Las simulaciones han permitido verificar la suficiencia de las capacidades de las pozas PLS, ILS y de mayores eventos proyectadas, además de la instalación de una planta para el tratamiento de soluciones cianuradas.
- El dimensionamiento de la poza de mayores eventos se efectuó considerando que los flujos de purga sean escasos o menores al 10% durante la primera temporada de lluvia, y para que la capacidad operativa de la planta de tratamiento de soluciones cianuradas no sea excesiva. En este sentido los cálculos

indican que la poza de mayores eventos deberá tener una capacidad aproximada de 100,000 m³.

- Hay probabilidades altas superiores al 50%, de que ocurran flujos de purga a partir del segundo año de operaciones. En tal caso, la capacidad de la planta de tratamiento necesaria para esta condición sería de 180 m³/h.
- Es recomendable monitorear y mantener los niveles mínimos en las pozas, regulando el ingreso de agua fresca en función de los aportes provenientes de las precipitaciones, a fin de cumplir con las condiciones de borde consideradas en los análisis efectuados en el modelo hidrológico desarrollado para el balance de aguas.
- En este sentido se recomienda una estrecha coordinación con los operadores de las estaciones meteorológicas para que éstos informen rápidamente acerca de los datos diarios de precipitaciones máximas, de manera tal que se pueda proporcionar adecuadamente el ingreso de agua fresca al sistema.

TABLA Nº 2: RESULTADOS DEL BALANCE DE AGUAS
BALANCE HÍDRICO PARA UNA PRODUCCIÓN DE 28,000 TMS/DIA.

Variable	Unidad	Mínimo	Promedio	Máximo
Demandas de agua fresca en las pilas durante estiaje	m3/h	0	6	28
Meses por año con necesidades de agua fresca	Meses/año	0.4	1	2.4
Descargas de purgas de agua o capacidad de planta de tratamiento requerida	m3/h	26	41	177
Meses por año con necesidad de purgas de agua	Meses/año	2.6	3.7	5.8
Volumen máximo total	m3	124000	124000	124000
Volumen de la pozas de mayores eventos	m3	100000	100000	100000

Fuente: CIA Minera Coimolache

3.2.3.2.-Manejo de Escorrentías Superficial en la Operación Minera de Tantahuatay.

Para el manejo de las aguas de escorrentía superficial se han diseñado y construido canales de derivación y captación. Canales temporales como permanentes; con la finalidad de:

Las aguas que se captan fuera del tajo se derivan con canales de coronación.

Las aguas que se captan dentro del tajo sean colectadas en pozas sedimentadoras para su posterior tratamiento y aprovechamiento en el proceso de Planta.

El agua colectada en pozas de sedimentación dentro del tajo es bombeada hacia la poza de sedimentación superior cuya capacidad es de 40.000 m³; este bombeo de las pozas en el tajo tiene de caudal promedio de 65 l/s en época de lluvia.

Para las actividades iniciales de pre minado y demás actividades que conlleva movimientos de tierras; se tiene un pre y post control de erosión con el uso de barreras orgánicas (pacas de arroz) y sintéticas (Siltfences de geotextil) con lo que se logra minimizar la

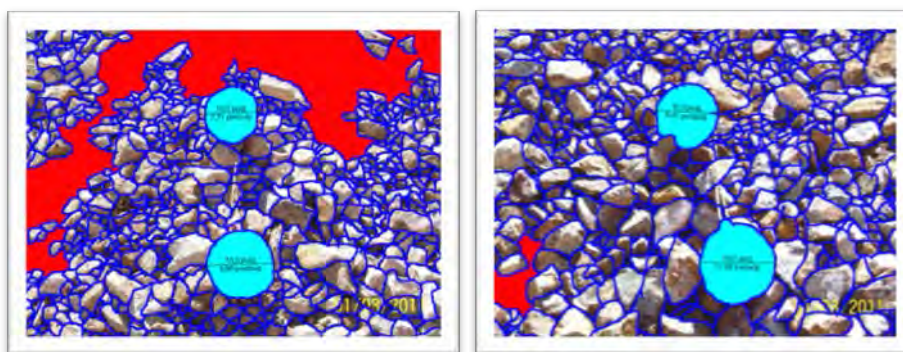
generación de sedimentos en áreas disturbadas y expuestas a las precipitaciones, lo cual es de fuerte incidencia durante 8 meses cada año y promedia anualmente 1,200 mm.

3.2.4.- RESULTADOS.

3.2.4.1. Resultados Operativos

Las mejoras como producto final de nuestra operación es colocar en el pad material con una fragmentación 90% debajo de 10". A continuación los índices obtenidos:

FOTO 3.18: ESTIMACIÓN DE FRAGMENTACIÓN MEDIANTE MÉTODOS GRÁFICOS.



Fuente: CIA Minera Coimolache

TABLA N° 3 PROMEDIO DE FRAGMENTACIÓN DEL P90

fecha de disparo	proyecto analizado	Fotografías analizadas (Und)	Analizadas por	P90 (CM)	P90 (PULG.)
04/05/2012	Banco 3988 Py 08	4	A. Cueva	15,428722	6,0743
04/05/2012	Banco 3988 Py 12	4	A. Cueva	15,595854	6,1401
10/05/2012	Banco 3988 Py 013	4	A. Cueva	12,26693	4,8295
14/05/2012	Banco 3982 Py 07	4	J.Huaman	11,576304	4,5576
21/05/2012	Banco 3982 Py 03	4	J.Huaman	8,291576	3,2644
23/05/2012	Banco 3982 Py 04	4	J.Huaman	8,216646	3,2349
28/05/2012	Banco 3982 Py 08	4	J.Huaman	7,639812	3,0078
FRAGMENTACION PROMEDIO				11,29	4,44

Fuente: CIA Minera Coimolache

Para el año 2012, con el uso de los detonadores electrónicos se tuvo una reducción en la fragmentación con respecto a los pirotécnicos en un 10 %:

Comparando al ejecutado en el año 2011 en el cual se uso detonadores pirotécnicos al 100%; versus el ejecutado 2012 hasta a la fecha con el uso de detonadores electrónicos en un 45% de total se tuvo una reducción del P 90 y factor de potencia.

TABLA Nº 4: VELOCIDAD PICO PARTICULA.

fecha de disparo	proyecto analizado	DISTANCIA	VELOCIDAD PICO PARTICULA (mm/s)	RESPONSABLE DEL MONITOREO
04/05/2012	Banco 3988 Py 008	30m	114	A. Cueva
10/05/2012	Banco 3988 Py 013	70m	NO REGISTRO	A. Cueva
14/05/2012	Banco 3982 Py 007	70m	16	J.Huaman
21/05/2012	Banco 3982 Py 003	50m	48,3	A. Cueva
23/05/2012	Banco 3982 Py 004	50m	40,8	A. Cueva
28/05/2012	Banco 3982 Py 008	50m	21,3	A. Cueva
PROMEDIO MENSUAL			48,08	

Fuente: CIA Minera Coimolache

Los rendimientos de las excavadoras CAT 374 se incrementaron debido a la mejora de la fragmentación por el uso de los detonadores electrónicos:

La malla de perforación tuvo un incremento en su espaciado y burden en un 5%. El factor de potencia tuvo una reducción en un 15%.

**TABLA Nº 5: DISPONIBILIDAD MECANICA DE EQUIPOS EN EL
MINADO**

EQUIPOS	PLAN	DISPON. MEC.REAL
CARGADORES	85%	95,0%
EXCAVADORA	85%	85.0%
MOTONIVELADORA	85%	90.0%
PERFORADORA	85%	95,0%
RETROXCAVADORA	85%	90,0%
TRACTOR	85%	90,0%
VOLQUETE	85%	85.0%
PICOTON	85%	86,0%

Fuente: CIA Minera Coimolache

**FOTO 3.19: PERFORACIÓN EN EL BCO. 3978 DEL
TAJO TANTAHUATAY.**



Fuente: CIA Minera Coimolache

CAPITULO IV: PROCESO METALURGICO.

4.1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería básica de la planta de procesamiento metalúrgico para el Proyecto Tantahuatay ha sido preparada por la empresa Heap Leaching Consulting S.A.C. (HLC) por encargo de la Compañía 28,000 TMPD de mineral procedente de los tajos Tantahuatay 2 y Ciénaga Minera Coimolache S.A. (CMC).

El proceso metalúrgico considerado para este proyecto, tendrá un nivel de tratamiento de Norte con leyes del orden de 0.56 g. Au/TM y 22 g. Ag/TM y recuperaciones de 80% y 15% respectivamente.

Esta descripción considera: Carguío de mineral al pad, lixiviación, planta Merrill & Crowe, fundición, manejo de reactivos (preparación y dosificación de reactivos), tratamiento de efluentes conteniendo cianuro de sodio, para un proceso de recuperación de oro y plata por lixiviación en pilas y recuperación de valores lixiviados usando la tecnología de precipitación con polvo de zinc o Merrill & Crowe para obtener los respectivos precipitados de oro y plata, y consecuentemente las barras bullion como producto final.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO METALÚRGICO

4.2.1 Carguío del mineral al Pad de lixiviación.

El mineral procedente de los tajos con un tamaño máximo de partícula de 12" (ROM) será transportado hacia las áreas del pad de lixiviación. El pad antes del inicio del apilamiento de mineral será impermeabilizado y dotado de tuberías corrugadas y perforadas en líneas principales y secundarias para la colección de soluciones enriquecidas de oro y plata y estarán cubiertos por material de sobre revestimiento constituido por mineral seleccionado que deberán tener alta permeabilidad y cumplir con ciertas especificaciones, para evitar que la geomembrana sufra algún deterioro al momento de descargar el mineral ROM en el pad.

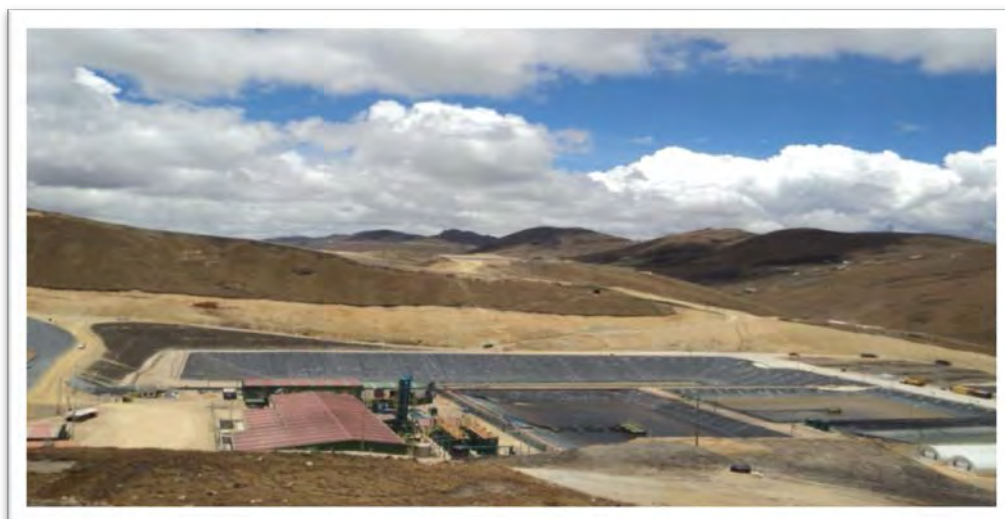
El mineral será descargado en el pad de manera ordenada. Se iniciará con la preparación de una rampa de acceso (si no hubiera) y se apilará el mineral hasta que el nivel de éste alcance una altura de capa típica de 8 m, a cada nivel y en la falda que se va formando por la descarga de los volquetes se agregará cal en forma sólida (en polvo) con la ayuda de un cargador frontal, con una dosis promedio de 0.6 kg/t de mineral. Al descargar el volquete deja montículos altos con mineral que será empujado al borde de la pila en construcción mediante el uso de un cargador frontal ó un tractor de orugas dejando nivelado el mineral a la cota de diseño y controlado topográficamente, terminado este primer nivel se realizará la remoción de toda el área superior de la pila usando un tractor de orugas o excavadora con la finalidad de eliminar el mineral compactado producto del tránsito de volquetes y equipos sobre la plataforma superior de la celda durante su apilamiento, luego se inicia el llenado del segundo nivel hasta alcanzar una altura de capa típica de 8 m tomando las consideraciones que se ha tenido en el llenado de la primer capa,

No será necesario el apilado de todo el pad para iniciar la lixiviación, el plan de extracción metalúrgica determinará un volumen de apilado, el mismo que ocupará un área al que se le denomina celda o módulo de lixiviación, para este proyecto cada

celda deberá tener un área de aproximadamente 2,500 m², el carguío será a un ritmo de producción de 18,000 TMPD.

La construcción de los módulos de riego será responsabilidad del área de mina hasta dejar el mineral nivelado y ripiado, excepto la dosificación de cal que será responsabilidad del área de Planta así como también del tendido del sistema de riego hacia adelante.

FOTO 3.20: PLANTA METALÚRGICA Y POZAS DE GRANDES EVENTOS



Fuente: CIA Minera Coimolache

4.2.2 Instalación del sistema de riego

El riego por goteo se podrá utilizar en épocas secas para evitar las pérdidas por evaporación del agua en el circuito y el riego por

aspersión se podrá realizar en épocas húmedas para eliminar agua por evaporación que se acumula como producto de las lluvias. En general, la aplicación será de acuerdo a las necesidades de la Operación.

4.2.3 Lixiviación del mineral y manejo de soluciones

La Lixiviación es un proceso hidrometalúrgico de extracción sólido líquido por disolución. Consiste en hacer pasar una solución diluida de cianuro de sodio (NaCN) a través de la pila de mineral, para que el cianuro pueda disolver las partículas de oro y de plata contenidas en las especies mineralógicas, a fin de obtener una solución enriquecida de lixiviación que será almacenada en una poza llamada de solución enriquecida o pregnant.

Para el procesamiento metalúrgico de 28,000 TMPD de mineral, se ha calculado los caudales de flujo de solución lixivante de acuerdo a los niveles de riego del mineral.

La percolación de la solución lixivante se producirá a través del lecho del mineral por efecto de la gravedad, el comportamiento de este descenso estará afectado por las características de la solución tales como la viscosidad, densidad y las del mineral tales como porcentaje de espacio vacío, distribución por tamaños, porcentaje de finos, afinidad por la solución y aire atrapado. En el momento de

la máxima saturación del mineral por efecto del riego, éste permitirá el drenaje de la pila con afloramiento de soluciones cargadas en oro y plata que serán conducidas a la poza pregnant.

Las variables del proceso con las que se deberá iniciar la operación de este proyecto son: Flujo total de lixiviación en m^3/h , concentración de NaCN en la solución de riego 150 ppm, pH de la solución 10.5 a 11, tasa de riego $10 l/h/m^2$ y ciclo de lixiviación de 60 días tal como se muestra en el cuadro anterior, luego del cual, principalmente el flujo irá variando según el nivel de riego del mineral.

4.2.4 Bombeo de la solución lixivante

La solución de lixiviación preparada a un pH de 10.5 a 11, fuerza de cianuro controlada en 150 ppm y 5 ppm de antincrustante, será bombeada desde el tanque de solución barren, hacia las pilas, usando 02 bombas que trabajarán en paralelo más una bomba de stand by. Los motores de estas bombas trabajarán con variadores de velocidad, a fin de dar flexibilidad a la operación.

4.2.5 Colección de solución Pregnant

La solución enriquecida de valores que drena de la pila, será colectada en la respectiva poza pregnant que tiene una capacidad de 12,000 m³, Bombeo de solución pregnant

La solución pregnant, será bombeada hacia el tanque de solución no clarificada. Los motores de estas bombas trabajarán con variadores de velocidad, a fin de dar flexibilidad a la operación.

Las bombas verticales de solución pregnant estarán instaladas en barcazas las cuales contarán con un sistema de izaje para el mantenimiento. Las barcazas serán plataformas de acero estructural, tipo Skid, soportadas en elementos flotantes de polietileno.

En el lado de la succión de cada bomba se agregará el anti-incrustante por medio de una bomba dosificadora.

4.2.6 Planta Merrill & Crowe

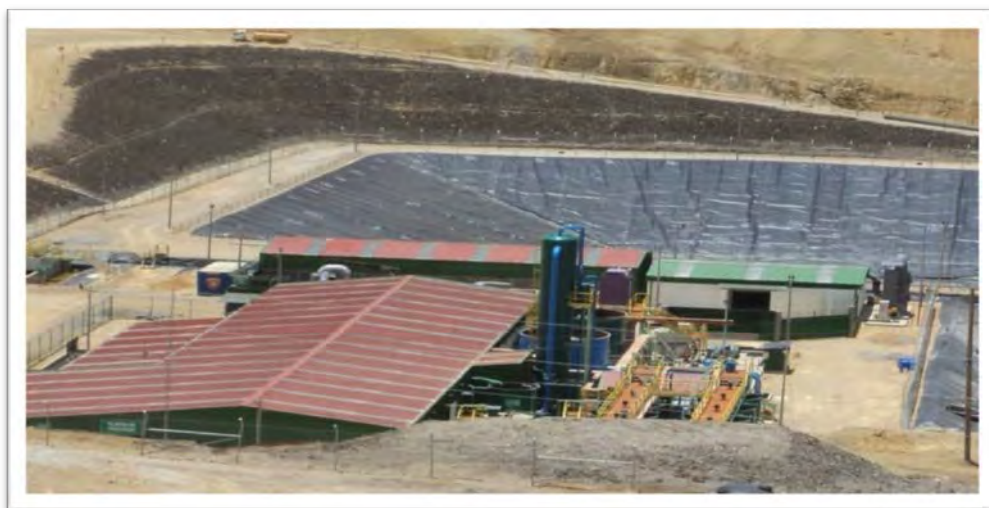
El sistema Merrill & Crowe (M&C) es un proceso a través del cual se recupera los valores metálicos de oro y plata de la solución pregnant en forma de precipitado, mediante la adición de polvo de zinc a la solución previamente clarificada y desoxigenada.

En este proyecto, la planta M&C ha sido diseñada con una capacidad de operación de 600 m³/h, de solución pregnant

conteniendo valores lixiviados de oro y plata, con la cual permitirá procesar holgadamente las 8,000 TMPD de mineral proveniente de los tajos.

Por las características del proceso, existen básicamente tres etapas claramente definidas del proceso Merrill & Crowe considerados en este proyecto: Clarificación, Vacío y Precipitación con polvo de zinc, los cuales se describen a continuación:

FOTO 3.21: VISTA PANORÁMICA DE PLANTA METALÚRGICA



Fuente: CIA Minera Coimolache

4.2.7 Etapa de clarificación

Del tanque de solución pregnant no clarificada, la solución será bombeada con dos bombas de turbina vertical que trabajarán en paralelo hacia los filtros clarificadores, y trabajarán con variadores de

velocidad a fin de regular el flujo de acuerdo a las necesidades de la operación. Existirá una bomba adicional de la misma capacidad como stand by.

Para la clarificación de las soluciones, se ha considerado la instalación de tres filtros de hojas a presión. Operacionalmente trabajarán dos filtros y uno siempre estará en stand by.

Cuando se saturan las placas de uno de los filtros que estén en operación, el flujo de solución será direccionado al filtro en stand by el cual entrará en operación, mientras que el filtro saturado entrará a una etapa de limpieza y preparación para ser luego considerado como el de stand by.

Para dar inicio a un ciclo de operación de los filtros clarificadores se aplicará su respectiva precapa (pre coat) después de la cual se reforsará con una ayuda filtrante o body feed.

Durante el ciclo de filtrado, cada uno de los filtros clarificadores en operación retirará las partículas sólidas a medida que la solución pregnant no clarificada pasa a través de los elementos filtrantes. A la salida de los filtros clarificadores de hojas, la solución debe contener menos de 1 NTU de sólidos en suspensión.

Cuando un filtro es retirado de la línea, se lava con solución barren o con agua industrial para sacar todo el lodo y la precapa remanente de las hojas del filtro, para lo cual se usará una bomba de lavado de filtros clarificadores.

4.2.8 Etapa de vacío

El objetivo de la etapa de vacío es eliminar esencialmente todo el oxígeno de la solución enriquecida clarificada. La eliminación de oxígeno disuelto en la solución pregnant, es un factor importante en la precipitación de oro, por cuanto un exceso de oxígeno en la solución, oxidaría el zinc restándole capacidad de precipitación, al igual que un exceso de sólidos cubrirían la superficie de las partículas de zinc pasivando a las mismas.

Para este proyecto el sistema estará integrado por una torre deaeradora con sus respectivos sistemas de control y relleno de tri-packs de polipropileno. El vacío requerido será logrado por una bomba del tipo anillo líquido. El sistema ha sido dimensionado para procesar el flujo de solución pregnant clarificada requerido.

La solución clarificada pasará por la torre deaeradora donde el contenido de oxígeno es retirado con la ayuda de la bomba de vacío, condición requerida para una óptima precipitación del oro y la plata.

Las soluciones provenientes de los filtros clarificadores conteniendo alrededor de 8 ppm de oxígeno disuelto, ingresarán a la torre deaeradora por la parte superior central para ser distribuido uniformemente en todo el diámetro de la torre, para luego salir por la parte inferior con una cantidad menor a 1 ppm de oxígeno disuelto.

4.2.9 Etapa de precipitación

El zinc en polvo se usa para precipitar los valores de oro y plata por medio de una reacción electroquímica. El oro y la plata que están en solución como un complejo de cianuro, precipitarán aprovechando la diferencia de potenciales de reducción que existe entre las especies oxidadas formando un complejo de cianuro de zinc. La sal de plomo tiene la finalidad de optimizar el proceso de precipitación al formar un par galvánico Zn-Pb que tiene mayor actividad que el zinc solo.

A la solución desoxigenada que sale de la torre deaeradora se le dosificará una mezcla diluida conteniendo polvo de zinc, solución de nitrato de plomo y solución de cianuro de sodio, para regular el electrolito y obtener una buena precipitación. Esta mezcla se agregará por intermedio del cono emulsificador a la línea principal de flujo de solución pregnant que conecta a la salida de la torre deaeradora con las bombas de precipitados. De esta manera ocurrirá la precipitación

de los valores de oro y plata, así como de otros elementos que contiene la solución pregnant.

La solución conteniendo los precipitados, serán bombeadas hacia los filtros prensa con dos bombas centrífuga vertical que trabajarán en paralelo. Existirá una bomba adicional de la misma capacidad como stand by.

Para coleccionar los precipitados, se ha considerado la instalación de 03 filtros prensa. Normalmente trabajarán dos filtros y uno siempre estará en stand by.

Cuando se saturan las placas de uno de los filtros que está en operación, el flujo de solución será direccionado al filtro en stand by el cual entrará en operación, mientras que el saturado entrará a una etapa de descarga y limpieza del precipitado para ser luego considerado como el de stand by. Esta práctica operativa se realizará de manera alternada para la limpieza de los filtros con lo cual el envío de solución será en forma continua evitando tiempos muertos por limpieza o mantenimiento. Se estima que cada filtro se descargará dos veces por mes, sin embargo en la práctica esto podría optimizarse, con lo cual los precipitados producto de la descarga y limpieza de los filtros serán en bandejas metálicas para ser trasladado al sistema de secado y recuperación de mercurio.

Antes de la descarga del precipitado de uno de los filtros, se deberá inyectar aire con el objetivo de bajar la humedad del precipitado.

La solución que sale de los filtros prensa, serán conducidos por sus respectivas líneas de flujo al tanque de solución barren.

4.3 Fundición y tratamiento de gases

El área de fundición ha sido diseñada para producir las barras bullion a partir de los precipitados que serán obtenidos en la planta Merrill & Crowe, con el siguiente equipamiento considerando las medidas de seguridad del trabajador y de los equipos:

- Sistema de recuperación de mercurio.
- Horno de fundición basculante con sistema de colada en cascada.
- Sistema de lavado de gases del horno de fundición.
- Tratamiento de escorias.

4.3.1 Sistema de recuperación de mercurio

El precipitado obtenido de los filtros prensa, contendrá mercurio que ha sido lixiviado del mineral y recuperado en la planta Merrill & Crowe,

para el cual se ha considerado la instalación del sistema de recuperación de mercurio que estará conformado básicamente por dos hornos retorta eléctricos. El precipitado será llenado en bandejas y colocados dentro de los hornos retorta. Cada horno tendrá una capacidad para 5 bandejas.

Durante esta operación, existirá un flujo de aire que ingresa a los hornos para arrastrar los gases que se van produciendo. Estos gases pasarán a un primer condensador por enfriamiento con agua en contra corriente en el cual el mercurio será precipitado pasando al estado metálico para ser depositado en el tanque de recuperación de mercurio. El gas continuará su paso por este tanque hacia un segundo condensador de similares características que el primero como medida de seguridad adicional y asegurar la precipitación total del mercurio. Adicionalmente el gas pasará por una columna conteniendo carbón activado sulfurado 6 x 12 como otra medida adicional de seguridad para atrapar posibles vapores de mercurio. El diseño de todo este sistema garantizará que los gases que se emitirán al medio ambiente se encuentren exentos de mercurio. El flujo de gas antes indicado, se realizará con el apoyo de un extractor de gases.

Todo el sistema desde el inicio de calentamiento hasta el enfriamiento trabajará de manera automática.

4.3.2 Fundición en horno basculante

Para la fundición del precipitado se utilizará un horno del tipo basculante, implementado con su respectivo sistema de colada en cascada y con basculamiento hidráulico, para trabajar con un quemador a petróleo D-2 con ventilador incorporado.

El precipitado seco y libre de mercurio producto de las retortas, será mezclado con fundentes tales como borax, nitrato de potasio, bióxido de manganeso, sílice, carbonato de sodio y fluorita en proporciones adecuadas. Esta mezcla será cargada al crisol para ser fundida durante un tiempo de aproximadamente 4 horas por cada colada.

De esta manera se producirá las barras bullion como producto terminado del proceso de recuperación de oro y plata para el proyecto Tantahuatay.

Como medida de seguridad para las barras que se irán produciendo, se contará con una bóveda para guardarlos hasta su transporte según procedimiento que será establecido por los propietarios del proyecto.

Las escorias que se producen durante la fundición contendrán pequeñas cantidades de oro y plata, las cuales serán trituradas por una chancadora de quijada de 5" x 4" y su producto por una chancadora de martillos a fin de obtener una granulometría debajo de 10 mallas. Este material pasará a una etapa de concentración en una mesa gravimétrica para producir un concentrado y regresar a la fundición. El relave será transportado a las pilas de lixiviación para recuperar el remanente pequeño de valores de oro y plata.

Durante la fundición, existirán gases que pasarán a su respectivo sistema de tratamiento según se describe en la siguiente sección.

4.3.3 Torre de lavado de gases

El sistema de lavado de gases estará conformado por: Una campana extractora, un extractor, torre de lavado de gases, una bomba de recirculación de agua y sus respectivas líneas de flujo.

Los gases del horno de fundición, serán colectadas por la campana y serán conducidos por su respectivas línea de flujo pasando por la torre de lavado de gases. Esta operación será facilitada con el apoyo de un extractor de gases.

La torre de lavado de gases contendrá en su parte interior, un relleno de tri-packs metálicos con el objeto de crear áreas y mejor contacto entre los gases y las gotas de agua de lavado que ingresan por la parte superior con un sistema de aspersion provocado por una bomba. En su parte superior el lavador llevará un demixer a fin de hacer una buena separación de los gases con las partículas de oro y plata que podrían haber sido arrastrados durante la fundición.

Cada cierto periodo de tiempo, se deberá limpiar la torre de lavado de gases abriendo una válvula instalada en su parte inferior. Los lodos recuperados de este equipo, pasarán a la fundición.

4.3.4 Tratamiento de Efluentes

Como consecuencia de las precipitaciones que ocurre principalmente entre los meses de noviembre a abril en la zona del proyecto, se captará en el pad y pozas volúmenes adicionales de agua de lluvia que van a incrementar el inventario de solución en el proceso y exceder la capacidad de las pozas, siendo necesario su vertimiento al medio ambiente previo a su tratamiento en una planta que ha sido considerada para una capacidad de 200 m³/h. El sistema trabajará de preferencia en temporada de lluvias y por períodos de acuerdo a la cantidad de solución que se tenga que eliminar al medio ambiente.

La planta de tratamiento de efluentes estará conformada por dos circuitos en paralelo de 100 m³/h de capacidad cada uno, siendo cada circuito compuesto por 05 tanques, con su respectivo sistema de agitación, habiendo sido determinado para este proyecto el método de destrucción de cianuro con peróxido de hidrógeno y sulfato de cobre. Esta planta ha sido diseñada para precipitar también elementos tales como cobre, fierro, arsénico, mercurio y zinc.

En tal sentido, la planta de detoxificación será desarrollada en dos etapas, con lo cual la poza de clarificación con capacidad para 2400 m³ y con un tiempo de residencia de 24 horas.

La solución pasará luego a la poza de sedimentación, previa a la cual se le dosificará el floculante, con un tiempo de sedimentación de 12 horas. La solución clarificada será bombeada hacia las columnas conteniendo carbón activado con un flujo de 200 m³/h, luego del cual y de acuerdo a los controles químicos podrá ser vertida al medio ambiente. Existirá la opción de retornar a la planta de tratamiento de efluentes o ser direccionada a la poza mayores eventos.

El material sedimentado en la poza de clarificación, será trasladado por intermedio de una bomba de lodos hacia la pila de lixiviación del mineral que ya habría sido procesado.

**FOTO 3.22: VISTA PANORÁMICA DE LA POZA DE GRANDES
EVENTOS**



Fuente: CIA Minera Coimolache

CAPITULO V: PLANEAMIENTO

En el siguiente cuadro se muestran los parámetros iniciales y finales del diseño del PAD, PIT y DEPOSITOS.

Los cuales muestran las características y dimensiones mencionadas en el siguiente cuadro:

TABLA N° 6: CUADRO DE PARAMETROS DE PIT, PAD Y DEPOSITO.

	PAD LIXIVIACION	DEPÓSITO DE MATERIAL ESTÉRIL		DEPÓSITO DE MATERIAL ORGÁNICO	DEPÓSITO DE MATERIAL INADECUADO	
	VECTOR	VECTOR	ANDES	VECTOR	VECTOR	ANDES
DENSIDAD DE MATERIAL CHANCADO	1.60 TM/m ³	1.60 TM/m ³				
TALUD GLOBAL	2.5 : 1 (21.8°)	2.5 : 1 (21.8°)		5 : 1 (11°)	4 : 1 (14°)	6 : 1 (9°)
TALUD DE BANCO	1.3 : 1 (37°)	1.3 : 1 (37°)		3 : 1 (18°)	3 : 1 (18°)	3 : 1 (18°)
ALTURA DE CAPA TIPICA	8.0 m	8.0 m		5 m	5 m	5 m
ANCHO DE BANQUETAS	9.6 m	9.6 y 10.4 m		10 m	5 m	15 m
CAPACIDAD	12'720,000 TM	11'772,800 TM	8'618,240 TM			
VOLUMEN	7'950,000 m ³	7'358,000 m ³	5'386,400 m ³	500,000 m ³	1'140,000 m ³	124,600 m ³
ALTURA MÁXIMA	80 m	123 m		60 m	>50 m	>50 m

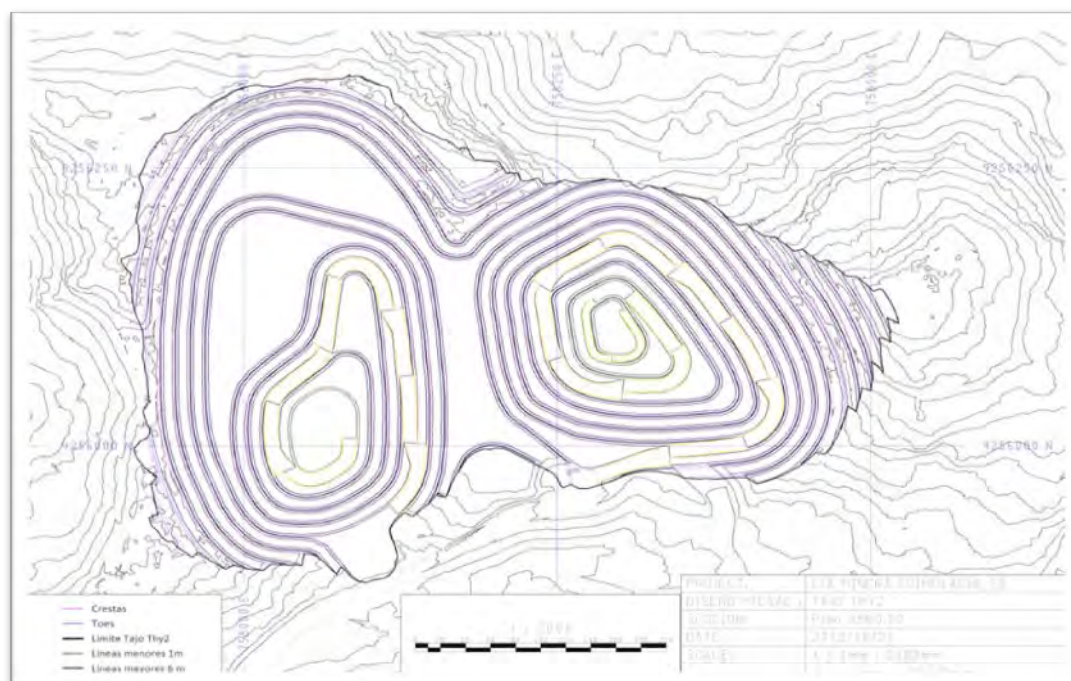
Fuente: CIA Minera Coimolache

TABLA N° 7: TAJO TANTAHUATAY

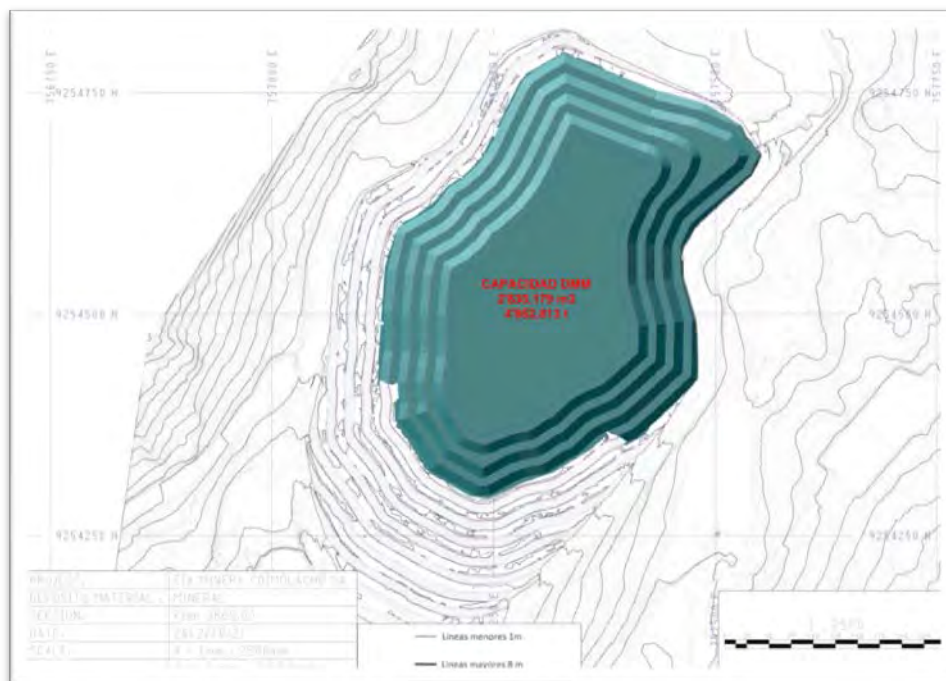
TAJO TANTAHUATAY	
ALTURA DE BANCO	6.0 m
ANGULO DE BANCO	70°
ANGULO INTER-RAMPA	44° - 45°
ARREGLO DE BANCOS	Doble Banco
ANCHO DE BERMA	7.5 - 7.0 m
BERMA DE SEGURIDAD DOBLE BANCO	0.5 m
ANCHO DE RAMPA	12.0 m
GRADIENTE MAXIMA DE RAMPA	10%

Fuente: CIA Minera Coimolache

FIGURA N° 7: SECUENCIA DE MINADO TAJO TANTAHUATAY 2

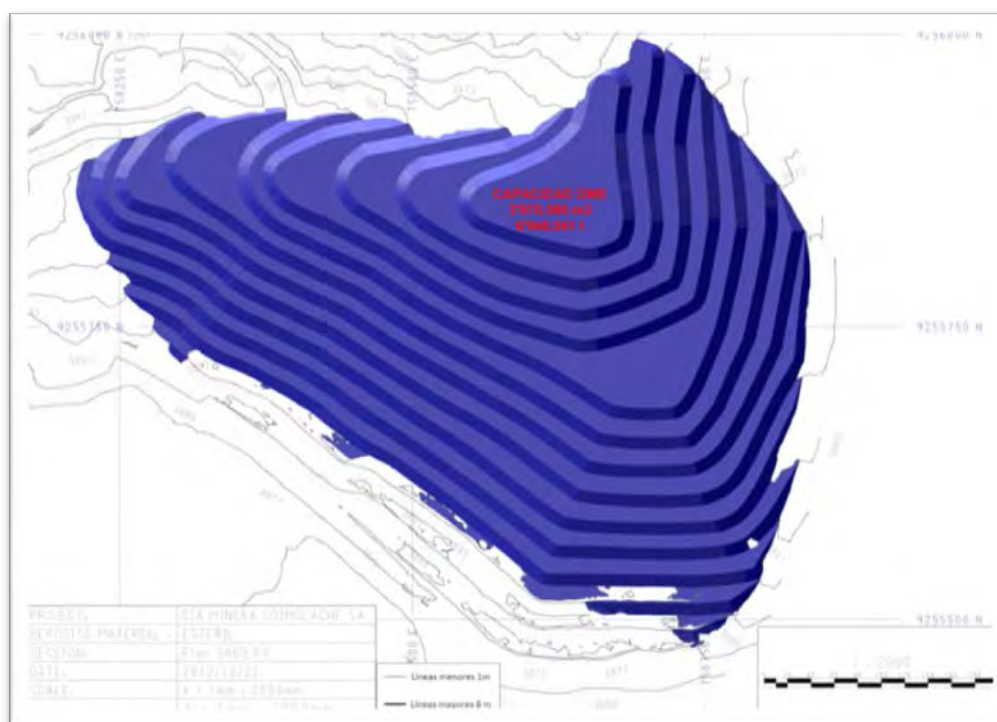


Fuente: CIA Minera Coimolache

FIGURA Nº 8:CAPACIDAD DEL PAD DE LIXIVIACIÓN.

Fuente: CIA Minera Coimolache

FIGURA Nº 9:CAPACIDAD DEL DEPÓSITO DE MATERIAL ESTÉRIL.



Fuente: CIA Minera Coimolache

5.1 ESTUDIO GEOMECANICO DEL TAJO ABIERTO

Vector desarrolló un programa de investigaciones de campo consistentes en calicatas, perforaciones diamantinas y sondajes de penetración ligera (DPL), que sirvieron para identificar las unidades geotécnicas predominantes en el área del proyecto y definieron los parámetros geomecánicos de los estratos de suelo a emplearse en la confección del modelo geotécnico de análisis.

A continuación se detallan los pormenores de las investigaciones geotécnicas desarrolladas en el presente estudio.

Caracterización Geotécnica del Macizo Rocoso

A partir de los registros geotécnicos de las perforaciones diamantinas realizadas en las diferentes áreas de las instalaciones del proyecto Tantahuatay, y de los ensayos de laboratorio de Mecánica de Rocas, se ha realizado la caracterización del macizo rocoso de la cimentación siguiendo el Sistema de Clasificación Geomecánica (RMR).

Con el objetivo de determinar la calidad del macizo rocoso de la cimentación en las diferentes zonas proyectadas se realizó un registro geotécnico de los testigos de roca obtenidos de las perforaciones diamantinas. Para la elaboración de este registro se siguieron las recomendaciones del ISRM (International Society of Rock Mechanics) para obtener las propiedades relevantes tales como el valor del RQD, la resistencia de la roca intacta, el grado de meteorización, el grado de fracturamiento, y la condición de las discontinuidades.

Los parámetros anteriores fueron utilizados para determinar la valoración del macizo rocoso según el sistema RMR (Rock Mass Rating) desarrollado por Bieniawski (1989). Este sistema de clasificación considera 5 parámetros relacionados con la condición de la roca intacta y la calidad del macizo rocoso, asignando una valoración o puntaje a cada uno de dichos parámetros. Estos puntajes son sumados para obtener una valoración de la calidad del macizo rocoso (RMR básico). Los parámetros utilizados son:

- ◆ Resistencia de la roca intacta, obtenida a partir del índice de resistencia a la carga puntual o de la resistencia a la compresión uniaxial.
- ◆ Calidad del testigo de perforación, RQD;
- ◆ Espaciamiento de las discontinuidades;
- ◆ Condición de las discontinuidades (persistencia, abertura, rugosidad, relleno y Meteorización).
- ◆ Condición del agua subterránea.

Finalmente se utiliza un sexto parámetro que indica la influencia de la orientación de las discontinuidades en el macizo rocoso para ajustar la valoración del RMR básico. Este parámetro es un número negativo que refleja en qué medida el rumbo y buzamiento de la familia de discontinuidades más crítica, presente en el macizo rocoso, resulta favorable o desfavorable para la aplicación considerada, tales como túneles, taludes o cimentaciones. El macizo rocoso servirá de cimentación para las diferentes instalaciones del proyecto Tantahuatay, y se ha estimado de manera conservadora un factor de ajuste de -15, el cual indica una condición desfavorable debido a los buzamientos subverticales detectados en los sistemas de fracturamiento y fallamiento existente.

El valor ajustado del RMR es utilizado finalmente para describir la calidad del macizo rocoso en 5 clases.

Si bien la clasificación de la roca es mala, dada la naturaleza del proyecto con ausencia de cargas concentradas, se puede concluir que las

condiciones de cimentación son favorables para las diversas instalaciones proyectadas.

5.1.1 Estudio Geomecanico del Pad

El mineral que será depositado en el pad corresponde a materiales gruesos de apropiadas características geotécnicas, con 86% de grava, 11% de arena y 3% de finos, clasificación GP y GW según SUCS; y coeficiente de permeabilidad al 95% del Proctor estándar de 3.6 y 5.1 cm/s. Asimismo, se realizó un ensayo de compresión triaxial (CU) para obtener las propiedades de resistencia cortante, los resultados indican una cohesión 0 kPa y un ángulo de fricción de 41°.

De acuerdo a lo anterior, se estima un ángulo de fricción de 37° y cohesión nula como valores conservadores previniendo así la variabilidad de propiedades geotécnicas que el mineral pueda tener durante la operación.

5.1.2 Estudio Geomecanico del Botadero

El desmonte que será depositado en el botadero de desmonte corresponde a materiales gruesos de apropiadas características geotécnicas, con 78% de grava, 10% de arena y 12% de finos, clasificación SUCS de GC, y coeficiente de permeabilidad al 95% del

Proctor estándar de 4.2×10^{-2} cm/s. Asimismo, se realizó un ensayo de compresión triaxial (CU) para obtener las propiedades de resistencia cortante, los resultados indican una cohesión nula y un ángulo de fricción de 39° . De acuerdo a estos resultados, se estima un ángulo de fricción de 37° y cohesión nula como valores conservadores previniendo así la variabilidad de propiedades geotécnicas que el desmonte pueda experimentar durante la operación.

CONCLUSIONES

El minado en el Tajo Tantahuatay se han realizado cambios debido a la producción inicial estimada, surgiendo cambios en el ratio; lo cual hace que surgan cambios establecidos en la producción de mineral y desmonte destinado al Pad, como al Deposito de Material Estéril.

Se realizo un trabajo intenso en la construcción de Pozas para el manejo de aguas en el Minado, para posteriormente ser tratadas en la Planta de Tratamiento de aguas acidas.

Complementado con el manejo de aguas se redujo alguna posibilidad de generar aguas acidas con el lastrado de vías de Acarreo en el Tajo, siendo el material de Caliza traído de una cantera cercana, generando un cuidado al medio ambiente y reduciendo el tratamiento de dichas aguas.

La identificación de los aspectos ambientales en el proceso antes del inicio del mismo es importante para aplicar controles y mitigarlos.

El control de las proyecciones de rocas hacia las casa aledañas se está realizando orientando la voladura hacia el medio del banco de trabajo, generando primero una voladura en el medio y posteriormente los contornos hacia la cara libre realizada por la primera voladura.

Durante el proceso del pre-minado se realizaron voladuras con cordón detonante sin embargo se fue modificando a la aplicación de una voladura silenciosa con detonadores no eléctricos reduciendo los ruidos, actualmente se eliminó en su totalidad el uso del cordón detonante.

Las vibraciones generadas por las voladuras han sido dentro del límite permisible.

El tajo se ubica muy cerca a casas aledañas de pobladores de la zona, cuya vegetación y fauna merecen un especial cuidado para preservarlo. En tal sentido, se está realizando controles estrictos en la voladura de producción para no alterar el medio ambiente y cumplir con los compromisos asumidos con las comunidades vecinas.

Los monitoreos de Calidad de Agua realizada de manera trimestral y participativa, muestran resultados que cumplen con los establecidos y debajo de los límites máximos permisibles.

Los resultados obtenidos de la calidad de aire están por debajo de los límites permisibles.

La línea de supervisión de mina prioriza el manejo ambiental, seguridad, salud ocupacional tan igual que la producción; existe la conciencia de los riesgos que conllevarían si estos no son controlados.

Se puede hacer minería responsable en una cabecera de cuenca y demostrar todo lo contrario a los infundados temores de contaminación y escaseo del agua.

RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar a cabo una re-estimación del yacimiento, considerando para este caso la inclusión de leyes bajas, las cuales podrían significar una mejora en un nuevo cálculo de Recursos / Reservas.

Mejorar el cálculo de los costos de minado, diferenciando el costo de Mineral y desmonte, con el fin de lograr una mejor aproximación a las Condiciones reales en que se desarrollará la explotación. En caso sea posible calcular el incremental de costo de minado conforme se profundiza en la explotación del tajo.

Para poder evitar problemas posteriores con las casas que se encuentran cerca al radio de influencia, se está realizando conversaciones por parte del área de Relaciones Comunitarias y poder comprar dichos terrenos o en todo caso poder realizar monitoreos de vibraciones; ya que las casas

que se encuentran cerca al radio de influencia están fuera de los 300 mtrs que es radio permitido para los equipos y/o objetos mas no para las personas que es un radio de 600 mtrs.

Los direccionamientos de las voladuras se realizan de acuerdo a la dirección del viento, para poder evitar la generación de polvos en dirección a las casas aledañas.

BIBLIOGRAFIA

- *Estudio de Impacto Ambiental Cía. Minera Coimolache.*
- *Informe de diseño: Minera CMC. Plataforma de Lixiviación en Pilas Tantahuatay y Estructuras Asociadas; desarrollada por Ausenco Vector S.A.*
- *Informes mensuales Área Medio Ambiente CMC.*
- *Informe de Ingeniería básica de Planta desarrollado por Heap Leaching Consulting S.A.C para Minera CMC.*
- *Plan de mejora Mina CMC año 2011.*
- *Resumen mensual del informe de operaciones Mina CMC, Enero 2011.*