

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA



**“EVALUACION DE LA TECNOLOGIA DEL PROCESO
PRODUCTIVO EN LA CIA. MINERA MINSUR S.A. – UNIDAD SAN
RAFAEL”**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

**PRESENTADO POR
MAXIMINA LUCILA MONTECINOS LOPEZ**

**LIMA – PERU
2009**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios, ya que sin él no hubiese sido posible alcanzar mis objetivos alcanzados.

Esta tesis esta dedicada a mis padres Zenón y Santosa, a quienes agradezco por su apoyo incondicional, quienes forjaron en mí una persona de bien, aprendiendo a valorar el esfuerzo para lograr las metas trazadas; y a mis hermanos: Aldo, Jorge, Delia y Julio, quienes me brindaron sus sabios consejos y experiencias.

A mis profesores, quienes me brindaron sus conocimientos, para ser de mí una profesional capaz de poder afrontar cualquier reto en la vida profesional, en especial a mis maestros: Fausto Zavaleta, Edwilde Yoplac, Alberto Landauro, Julio Uza, Oscar Silva, Ricardo Zacarías, Santiago Valverde. Un especial agradecimiento a los ingenieros Efraín Castillo y Aarón Morales, quienes me brindaron la oportunidad de desarrollarme y prepararme para completar esta tesis.

Finalmente quiero agradecer a mi esposo Fernando, quien me proporciono el nido de calidez, amor e inteligencia, que motivo la realización de esta tesis, a mis hijos Luís, Cristian y Nicol, que son la motivación de mi vida.

RESUMEN

La Unidad de Minera Acumulación Quenamari - San Rafael, se encuentra ubicada en el paraje Quenamari, distrito de Antauta, provincia de Melgar en el departamento de Puno. La altitud de la mina varía entre los 4 500 y 5 200 m.s.n.m.; es la única mina productora de estaño en el Perú. Actualmente trata 2 600 t/d con 4.90 % Sn, 934,506 t/año. Esta producción es tratada en una compleja planta con procesos gravimétricos y flotación de la casiterita con tecnología de punta, produciendo 67,375 t de concentrados con contenidos de 61 % Sn, con una recuperación de 90 %. La mina San Rafael de MINSUR se encuentra en las estribaciones superiores de la Cordillera Oriental, el área de la mina se halla poco deformada por la tectónica. Los principales minerales hipogénicos de mena son: casiterita, estannita y chalcopirita, en menor proporción bismutinina y plata (posiblemente en tetraédrica).

Describimos el ambiente físico como geología, suelos, fisiográfica, riesgos naturales, clima, calidad de aire y ruido, cursos de agua, en el Ambiente Biológico se describe los habitat ecológicos, la flora y fauna terrestre, el habitat y flora acuática. Así se hace monitoreo y mantenimiento del ambiente biológico, monitoreo del ambiente socio económico cultural, se evalúa los recursos y materiales necesarios y se planifica las actividades de mantenimiento y su cronograma para el mantenimiento y monitoreo.

INDICE

Agradecimientos

Resumen

CAPITULO I : GENERALIDADES

1.1	Antecedentes	2
1.2	Ubicación y acceso	2

CAPITULO II: ASPECTOS GEOLOGICOS

2.1	Geología General	4
2.2	Geología local	7
2.2.1	Geomorfología.....	7
2.2.2	Lito-estratigrafía	9
2.3	Mineralización	12
2.4	Reservas de mineral y Ley de corte	13

CAPITULO III: ASPECTOS MINEROS

3.1	Método de Explotación	15
3.2	Preparación	16
3.3	Desarrollo	17
3.4	Perforación	18
3.5	Voladura	19

3.6	Fuerza Laboral	20
-----	----------------------	----

CAPITULO IV: ASPECTOS METALURGICOS

4.1	Chancado Primario	23
4.2	Chancado Secundario	24
4.3	Clasificacion y Molienda	25
4.4	Flotación y Depósitos de Relaves	27
4.5	Instalaciones para el Manejo de Aguas.....	35

CAPITULO V: ASPECTOS AMBIENTALES

5.1	Ambiente Físico	37
5.1.1	Geología	37
5.1.2	Suelos	39
5.1.3	Fisiografía	41
5.1.4	Riesgos Naturales	42
5.1.5	Clima / Meteorología	43
5.1.6	Calidad de Aire y Ruido	47
5.1.7	Cursos de Agua incluyendo agua de mina	50
5.2	Ambiente Biológico	52
5.2.1	Regiones y Hábitat Ecológicos	52
5.2.2	Flora Terrestre	57

5.2.3	Fauna Terrestre	63
5.2.4	Recursos Hídricos	68
5.2.5	Hábitat y Flora Acuática	69

CAPITULO VI: EVALUACION Y GESTION DE LOS IMPACTOS

AMBIENTALES

6.1	Estabilización Física de los relaves, bocaminas y chimeneas.....	72
6.1.1	Bocaminas	76
6.1.2	Chimeneas	78
6.2	Estabilización Geoquímica	78
6.3	Estabilización Hidrológica	81
6.4	Revegetación	84
6.4.1	Diseño del Sistema de Cobertura de la Unidad Minera	84
6.4.2	Selección de coberturas	85
6.4.3	Selección de especies vegetales	87
6.4.4	Descripción de Trabajos de Revegetación	88
6.5	Programas Sociales	89
6.6	Monitoreo y mantenimiento del Ambiente Biológico	93
6.6.1	Mantenimiento de Estabilidad Geoquímica	94
6.6.2	Mantenimiento de Sistema de Tratamiento	95
6.6.3	Mantenimiento de Estabilidad Ecológica	96
6.6.4	Programa de Monitoreo Biológico.....	97

6.7	Monitoreo del Ambiente Socio económico cultural	99
6.7.1	Monitoreo de la estabilidad física,...	99
6.7.2	Monitoreo de Estabilidad Geoquímica	102
6.7.3	Monitoreo de Estabilidad Hidrológica	104
6.7.4	Monitoreo de Programas Sociales	105
6.8	Recursos y Materiales	108
6.9	Actividades de Mantenimiento Post-Cierre	110
6.10	Actividades de Monitoreo Post-Cierre	112
6.11	Cronograma para el Mantenimiento y Monitoreo Post Cierre....	113

CONCLUSIONES

Conclusiones	114
--------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	117
---------------------------	-----

ANEXOS	119
---------------------	-----

PRESENTACION

En el presente informe se describe la unidad minera San Rafael que es la única mina productora de estaño en el Perú y con esta segunda productora a nivel mundial. Actualmente trata 2 600 t/d con 4.90 % Sn, 934,506 t/año.

Se usa procesos gravimétricos y flotación de la casiterita con tecnología de punta, el agua es reciclada en un 20%, respetamos el medio ambiente y tenemos como aliado estratégico a nuestra comunidad de Antauta.

Minsur S.A. ha planificado el cierre de mina desde el progresivo hasta el postcierre y mantenimiento cuando la mina ya no este operando así como ha establecido su financiamiento para cumplir con lo planificado.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La Unidad de Minera San Rafael, se encuentra ubicada en el distrito de Antauta, provincia de Melgar en el departamento de Puno, es la única mina productora de estaño en el Perú y la segunda productora a nivel mundial, trata 2 600 t/d con 4.90 % Sn, 934,506 t/año, produciendo 67,375 t de concentrados con contenidos de 61 % Sn, con una recuperación de 90 %.

1.2 Ubicación y acceso

La unidad de producción minera San Rafael, se encuentra ubicada en:

Paraje	:	Quenamari
Distrito	:	Antauta
Provincia	:	Melgar
Departamento	:	Puno
Región	:	José Carlos Mariátegui.

La altitud de la mina varía entre los 4,500 y 5,200 m.s.n.m., siendo las coordenadas geográficas 70° 19' longitud oeste y 14° 14' latitud sur, y las coordenadas UTM 357,730 E y 8'426,570 N. Esto lo podemos visualizar en el siguiente mapa:

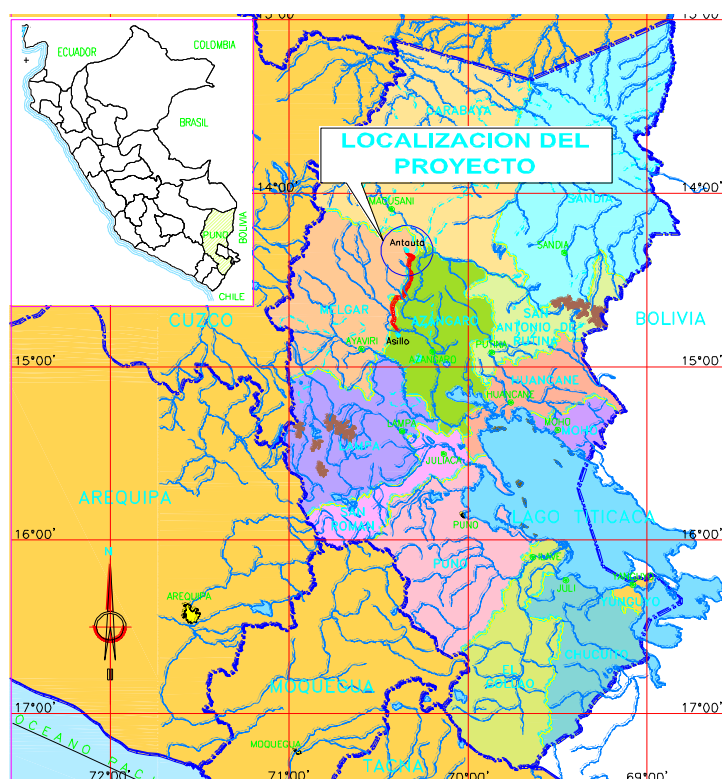


Figura 1.1: Ubicación de Unidad Minera - San Rafael

Su accesibilidad es a través de dos vías:

Vía Terrestre:

Lima – Arequipa 1,000 Km

Arequipa – Juliaca 280 Km

Juliaca - Antauta 180 Km

TOTAL 1,460 Km

Vía Aérea:

(a) Lima – San Rafael 2 horas de vuelo en avioneta

(b) Lima - Juliaca Vuelo Comercial

Juliaca - Antauta 3 horas en camioneta

CAPITULO II

ASPECTOS GEOLOGICOS

2.1 Geología General

La mina San Rafael de MINSUR se encuentra en las estribaciones superiores de la Cordillera Oriental, denominada también Cordillera del Quenamari (4 500 a 5 250 m.s.n.m.). La principal unidad geomorfológica en la cual se halla el área de la mina, está constituida por la Superficie Puna. La Superficie Puna en el área de la mina, está conformada por las sub-unidades geomorfológicas, constituidas por cumbres cordilleranas, valles y circos glaciares, quebradas, lomadas, laderas y cubetas.

Las cumbres cordilleranas, corresponden a las elevaciones topográficas más altas y resaltantes en las cuales se halla la mina y localmente delimitan la cabecera de las sub-cuencas, a partir de la divisoria de estos cerros se originan varias y pequeñas vertientes secundarias. En esta sub-unidad se hallan algunos cerros con pequeñas áreas con glaciares (hielos), con huellas del retroceso y procesos de desglaciación.

Los valles son las depresiones más importantes en el área de la mina, por el fondo de estos accidentes topográficos drenan las aguas de los ríos principales, los valles más notorios son: Umbral, Chogñacota y Rosario.

Los circos glaciares son geformas locales con peculiares formas de erosión glaciaria, que se encuentran distribuidos en la mayoría de las cabeceras de los valles y se caracterizan por presentar secciones transversales en forma de "U". Parte de estas geformas contienen depósitos glaciares en forma de morrenas erosionadas. Las quebradas son depresiones menores que tienen secciones transversales mixtas e irregulares por donde drenan las aguas de las precipitaciones, algunos afloramientos y lagunas, con secciones transversales en forma de "V" y localmente en forma de "U", gran parte de estas geformas se han labrado o erosionado siguiendo las trazas de discontinuidades y fracturas importantes o persistentes.

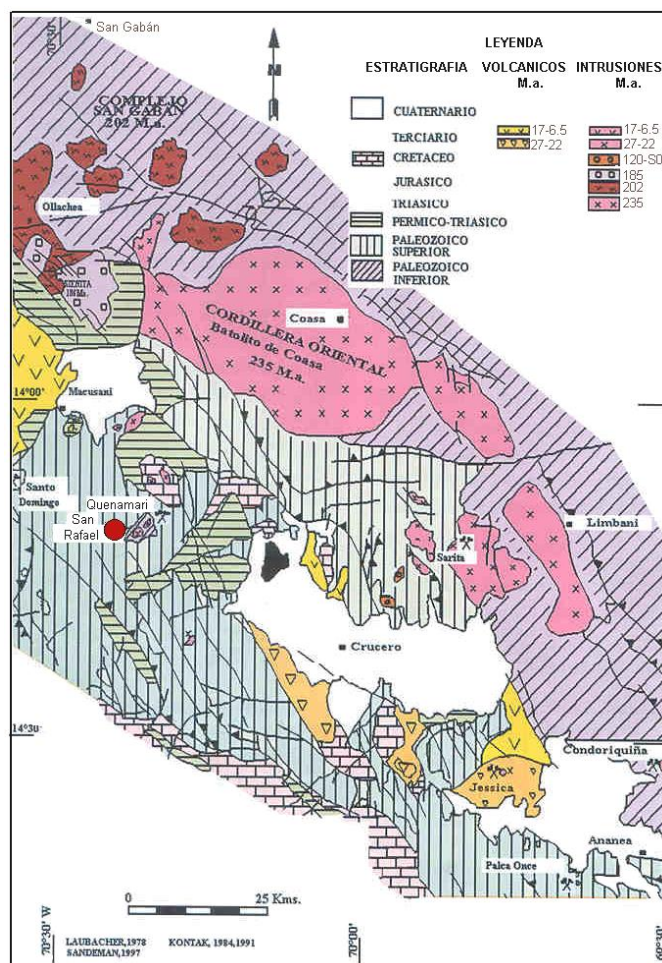


Figura 2,1: Plano Geológico de la Mina San Rafael

Las lomadas en el área de la mina constituyen geofomas aisladas que delimitan ambos márgenes de los valles, con formas de contornos regulares en casi toda su extensión, se hallan cubiertas por los depósitos glaciares en forma de morrenas; esta sub-unidad se aprecia en ambas márgenes del valle glaciar Chogñacota donde se encuentran las presas de relaves y en forma localizada en el valle Umbral. Las unidades lito-estratigráficas están representadas por las rocas del Paleozoico que, de acuerdo a la geología local, se denomina formación Sandia, estas rocas están constituidas por rocas filitas, pizarras que afloran en algunos sectores con la intercalación de areniscas y cuarcitas. Las rocas paleozoicas están afectadas por la intrusión de pequeños plutones y stocks, los cuales están conformados por rocas intrusivas de la serie monzogranitos, de grano medio que localmente gradan a granitos. La mayoría de las estructuras geológicas en el área de interés esta constituida por fallas, estas discontinuidades determinan en parte el tipo y forma de emplazamiento de los minerales.

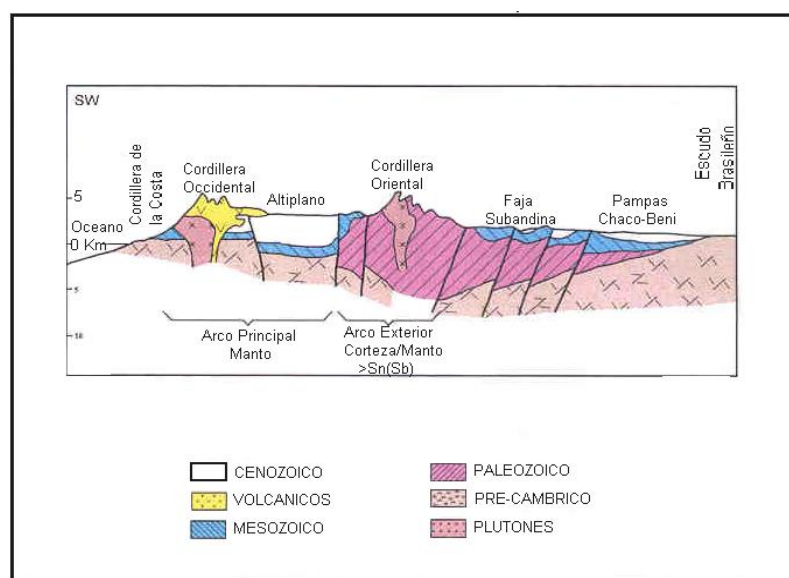


Figura 2.2: Corte Longitudinal

Las rocas paleozoicas e intrusivas se hallan cubiertas por los depósitos cuaternarios de diferente origen, edad y propagación, estos depósitos están constituidos por depósitos glaciares, fluvio-glaciares, coluviales, tecnógenos y aluviales.

El área de la mina se halla poco deformada por la tectónica, las principales estructuras corresponden a fallas locales y la intrusión de un stock que han determinado el emplazamiento de los minerales. El relieve del área no permite la generación de procesos de geodinámica externa relevantes. Estos riesgos naturales se producen localizadamente favorecidos por las condiciones morfológicas, litológicas, climáticas y a actividad del hombre.

2.2 Geología local

2.2.1 Geomorfología

Cumbres cordilleranas

Constituyen las elevaciones topográficas más altas y resaltantes en las que se halla la mina y localmente delimitan la cabecera de las sub-cuencas, a partir de la divisoria de estos cerros se originan varias y pequeñas vertientes secundarias. La cadena de cerros tiene diferentes elevaciones, orientaciones, así como formas; es discontinuada con formas predominantemente irregulares, las laderas de estos cerros presentan pendientes variables, desde moderadas a localmente abruptas. La mayoría de los cerros en la divisoria de aguas han sido afectados por el modelado

glaciar; en la actualidad parte de estas cumbres contienen pequeñas áreas con glaciares, como los glaciares San Francisco y San Bartolomé.

Valles y circos glaciares

Constituyen geoformas peculiares de erosión, los circos se encuentran en la cabecera de los valles y se caracterizan por presentar secciones transversales en forma de “U”, gran parte de sus laderas están constituidas por afloramientos de roca y en algunas laderas contienen restos de depósitos glaciares que en algunos casos aún conservan sus formas originales de morrenas, en el sector denominado como Patrón los circos glaciares se hallan escalonados con una cubeta donde se encuentra la laguna Patacocha, estas geoformas también se pueden observar en las inmediaciones de las lagunas Chicacocha, Suytocochoa y Estancocochoa.

Las lagunas al noreste de las labores mineras han sido represadas, incluyendo la laguna Chogñacota; estos valles drenan las aguas de las lagunas y afloramientos de agua que existen en el área peri-glaciar y las aguas de las precipitaciones líquidas y sólidas.

Quebradas

Constituyen numerosas depresiones por donde drenan las aguas de las precipitaciones, afloramientos y lagunas, con secciones transversales en forma de “V” y localmente en forma de “U”, gran parte de estas geoformas fueron modeladas en roca, en las cabeceras de las áreas de Cognadota y

Patrón. Se observa quebradas con causes escalonados y modelado glaciar; parte del alineamiento de las quebradas coincide con la traza de fallas y contactos litológicos.

Lomadas

Las lomadas constituyen geoformas que delimitan ambos márgenes de los valles, con formas regulares en casi toda su extensión, constituidas por depósitos glaciares en forma de morrenas; esta sub-unidad se aprecia en ambos márgenes del valle glaciar Cognadota donde se encuentran las presas de relaves y en ambos márgenes del valle Umbral.

Cubetas

Las cubetas corresponden a las áreas donde se encuentran las lagunas, estas áreas se hallan en la cabecera de los valles y cerca de los circos glaciares, tienen diques de roca y morrenas, sus formas son muy irregulares. La más resaltante se denomina laguna Cognadota.

2.2.2 Lito-estratigrafía

El área de reconocimiento está constituida por la facie metamórfica con rocas cuyas edades corresponden al Devónico - Silúrico del Paleozoico inferior, en forma localizada discontinua afloran las rocas intrusivas en forma de plutones y stocks; aisladamente existen diques volcánicos. Las rocas paleozoicas e intrusivas están cubiertas por depósitos cuaternarios de diferente naturaleza, origen y composición, a continuación se describe las

características generales de las unidades litológicas, desde la más antigua a la más reciente:

Rocas metamórficas

Formación Ananea (Pai-a)

Esta unidad aflora casi en toda el área de la Mina San Rafael, está constituida por rocas filitas y pizarras, en menor porcentaje por areniscas cuarzosas, en estratos con espesores delgados y gruesos en el caso de las areniscas cuarzosas; las filitas presentan marcada foliación y casi siempre paralela a la estratificación, con niveles de limolitas pizarrosas, generalmente de color gris oscuro y las rocas areniscas cuarcíticas de color gris claro a blanquecino, en el área las filitas se hallan alteradas por la tectónica local y por la intrusión a que está sujeta esta unidad. En esta área no se ha determinado su contacto con las rocas del grupo Ambo.

Formación Sandía

Esta unidad aflora casi en toda el área de la Mina San Rafael, está constituida por rocas filitas, pizarras en menor porcentaje e intercaladas de areniscas cuarzosas, en estratos con espesores delgados y gruesos en el caso de las areniscas cuarzosas; las filitas presentan marcada foliación y casi siempre paralela a la estratificación, con niveles de limolitas pizarrosas, generalmente de color gris oscuro y las rocas areniscas cuarcíticas de color gris claro a blanquecino, en el área fueron identificados en estas rocas fósiles pertenecientes al Ordovícico superior.

Rocas Intrusivas (Ti –mg)

En la Cordillera Oriental y en el área de la mina San Rafael se presentan en forma localizada grupos de rocas intrusivas en forma de plutones y stocks, en el área están relacionadas probablemente a los procesos de mineralización. Los intrusivos están constituidos por las rocas monzogranitos, de grano medio generalmente porfiríticas, en superficie afloran con una coloración gris marrón y en estado inalterado de color gris claro, generalmente estas rocas presentan buena dureza.

Depósitos Cuaternarios (Q)

Tapizando a las rocas del paleozoico inferior y rocas intrusivas anteriormente descritas se encuentran los depósitos cuaternarios, con espesores y propagaciones muy variables; se observa que mantienen cierta continuidad y espesor en las áreas con pendiente suave a moderada, los principales depósitos cuaternarios son los siguientes:

Depósitos Glaciares (Q-gl)

Estos depósitos se encuentran en forma discontinua en el área de la mina y con mayor propagación en las áreas adyacentes a la mina o reconocimiento. Los depósitos antiguos se caracterizan por estar conformados por una mezcla mal gradada de fragmentos de roca de diferentes formas y tamaños que contienen como matriz arenas con limos y arcillas; generalmente se encuentran muy compactos, con espesores muy variables, y los depósitos recientes son más granulares y sueltos con poco espesor.

Depósitos Coluviales (Q-co)

Están constituidos predominantemente por mezclas de fragmentos de rocas de diferentes tamaños y formas angulosas a subangulosas; los más antiguos contienen como relleno arenas y finos; estos materiales se encuentran acumulados al pie de algunas laderas rocosas de notorio pendiente de donde han caído por gravedad. Estas acumulaciones varían de espesor y generalmente presentan alta porosidad; se encuentran en forma muy localizada.

Depósitos Tecnógenos (Q-te)

Se denomina a los materiales producto de la actividad minera, están constituidos por mezclas de partículas de roca del tamaño de gravas, arenas con fragmentos del tamaño de bolones y con variado porcentaje de finos, se encuentran acumulados cerca de las labores mineras como canchas de desmonte.

2.3 Mineralización

- La mineralización es de origen Hidrotermal en vetas tipo relleno de fracturas y de reemplazamiento en el intrusivo y en las filitas, las vetas tienen un rumbo promedio de N 10° - 60° W y buzamiento 75° NE.
- En la zona de estaño, la veta San Rafael por tramos presenta cuerpos de mineral conocidos como bolsonadas, que se forman por un cambio de rumbo y un fracturamiento lateral convergente, a estas bolsonadas se han

designado con los nombres de: Ore Shoot, cuerpo rampa, cuerpo brecha, cuerpo 250, cuerpo contacto, etc. Las longitudes varían de 40 a 400 metros y anchos de 15 a 40 metros presentando buenas características mineralógicas con leyes que promedian con 5.27% de estaño y una reserva probada – probable de 13.9 M. de TMS.

- Los principales minerales mena son: casiterita, estannita y chalcopirita, en menor proporción bismutinita y plata (posiblemente en tetraédrica). Otros minerales son: valamorfita, esfalerita, galena, enargita, estibina, scheelita, wolframita. La ganga es: cuarzo, clorita, sílice, pirita, arsenopirita, turmalina, calcita, fluorita, marcasita, pirrotita, rodocrosita, siderita y adularia.
- Minerales secundarios por oxidación o por enriquecimiento supergénico son: bornita, calcocina, covelita, cuprita, malaquita, cobre nativo, acantita en una ganga con goetita, limonita, pirolusita, psilomelano. Estos fueron abundantes en la parte superior de las vetas San Rafael y Quenamari. Las vetas y los cuerpos de mineral son más definidos y continuos en el intrusivo, hacia los contactos y en las filitas las estructuras se ramifican y adelgazan. Las alteraciones hidrotermales son la cloritización y silicificación fundamentalmente.

2.4 Reservas de mineral y Ley de corte

El total de reservas probado–probable de los cuerpos y vetas a la fecha es del orden de los 14.5 millones de toneladas con 5.10% de estaño, en los

próximos años las posibilidades de incrementar o mantener nuestras reservas serán muy limitadas, debido a factores mineralógicos-estructurales y de profundización.

CUADRO N° 01: RESERVAS DE MINERAL			
COBRE - ESTAÑO			
	T.M.S.	%Cu	%Sn
MINERAL Sn	14,475,985	0.00	5.10
MINERAL Cu	74,450	3.34	0.56
MINERAL Sn - Cu	109,505	2.80	1.49
Total	14,659,940	0.20	5.05
ESTAÑO			
	T.M.S.	%Cu	%Sn
Veta San Rafael	2,504,460	-	5.57
Cuerpos de mineral	10,564,000	-	5.16
Otras vetas	1,407,525	-	3.82
Total	14,475,985	-	5.10

CAPITULO III

ASPECTOS MINEROS

3.1 Método de Explotación

Cabe señalar que se optó por el método de explotación **Sublevel stoping** en la Mina San Rafael, debido principalmente a:

- La disposición natural del mineral en el yacimiento en forma de vetas con ensanchamientos en su estructura denominados bolsonadas ó cuerpos, con buzamientos que oscilan entre 48° hasta 75°.

- La potencia de la mineralización en vetas que oscila entre 2.0 m hasta 6.00 m y en los cuerpos hasta los 35.00 m lo cual favorece la aplicación del método. Las características de la roca encajonante que es un intrusivo, pórfido- monzogranítico muy competente y de dureza media.

- Profundización del yacimiento con mineralización continuada, cuyo acceso es a través de una rampa principal de 6.0 m x 4.0 m de sección y gradiente de -10%.

Los blocks mineralizados tienen una longitud que varía de 100 a 200 metros, en sus extremos se desarrollan chimeneas que servirán de cara libre las cuales se ubican en la caja techo de la estructura. En algunos blocks de

mineral es necesario preparar una rampa auxiliar de acceso que nos ayuda a diversificar la secuencia de perforación con los taladros largos así como la voladura acorde con el volumen y ley de mineral disponibles y requeridas para asegurar la homogeneidad en la calidad del mineral (más conocida como blending) que se suministra a la Planta Concentradora.

Los parámetros de diseño del método son los siguientes:

CUADRO N° 2: METODO SUBLEVEL STOPING		
PARAMETROS	ACTUAL	FUTURO
ALTURA DE TAJEO	60	100
ALTURA DE SUB NIVELES (BANCOS) (Mts)	20	50
ANCHO DE TAJOS EN VETA (Mts)	de 2 a 6	de 2 a 6
ANCHO DE TAJOS EN CUERPOS (Mts)	15 -40	15 -40
LONGITUDES DE TAJO (Mts)	50 - 200	50 - 200
SOSTENIMIENTO EN CUERPOS (Mts x Mts) PILARES	10 X 5	NO REQUIERE
RESTABLECIMIENTO DEL MACIZO ROCOSO	QUEDA VACIO	QUEDA VACIO
PRODUCCION MENSUAL DE TAJOS (T.M.S.)	65.000	68.000
PRODUCCION MENSUAL PREPARACIONES (T.M.S.)	7.500	3.500

3.2 Preparación

Las preparaciones las vamos a dividir en dos partes: en la primera parte considerando el método actual de explotación, es decir con taladros largos paralelos y bancos de 20 metros de altura y en la segunda parte el método de explotación con taladros largos radiales y con bancos de 50 metros de altura.

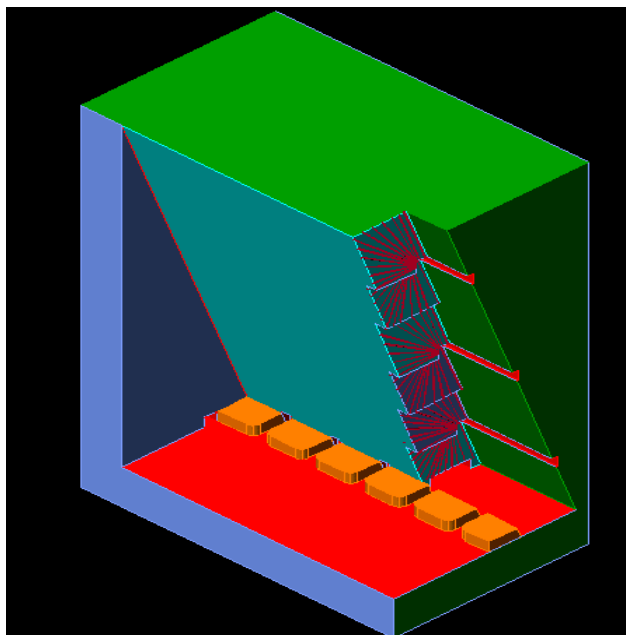


Figura N°3.1: Método explotación sublevel stoping con taladros largos

3.3 Desarrollo

Un aspecto importante dentro del desarrollo es la excavación de una chimenea que servirá como cara libre dando inicio a los disparos de taladros largos en el tajeo; Existen varios métodos para la ejecución de dichas chimeneas: puede ser en forma convencional, con equipo raise boring o con taladros largos es decir mediante el método Drop Raising el mismo que es una variante del método VCR, a continuación hago un informe detallado de la ejecución de dichas chimeneas. A partir de este año hemos implementado en la mina San Rafael esta técnica de excavación de chimeneas con el método VCR el mismo que nos ha permitido trabajar en forma segura y al menor costo comparado con el sistema tradicional.

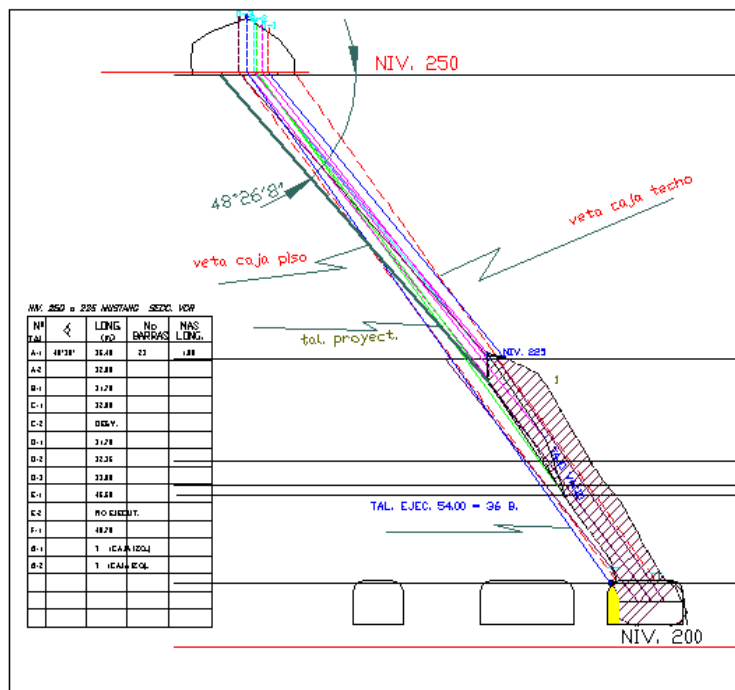


Figura N° 3.2: Sección longitudinal de la chimenea vcr 250

3.4 Perforación

- Para la perforación de taladros se emplea una perforadora “down the hole” con martillo en el fondo para minimizar la desviación de los mismos. En el caso de la chimenea VCR 250S por ejemplo se ha perforado con el Mustang A-32.
- Se debe poner bastante énfasis para fijar bien la inclinación de los taladros antes y después de “empatar” así como de un control adecuado de las presiones de percusión y rotación de tal manera que se pueda controlar la desviación.
- Una vez que comience la perforación se debe entubar los taladros desde

debajo de la zona fracturada del piso hasta 20cm sobre el piso de concreto para prevenir el levantamiento del piso y el bloqueo del collar de los taladros por la acción de los gases de la perforación.

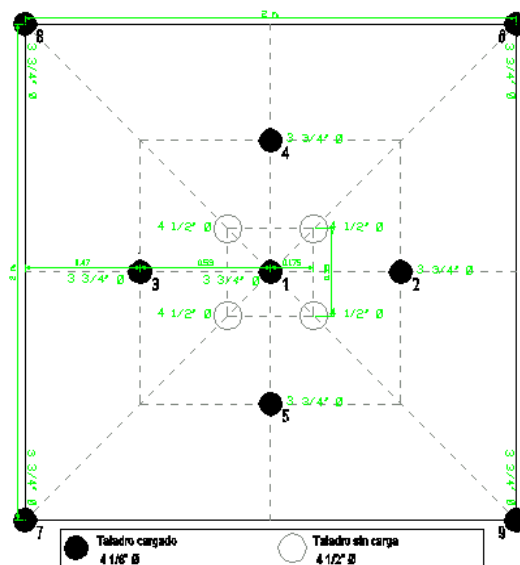


Figura N° 3.3: Diseño de la malla de perforación y voladura

3.5 Voladura

En el área de Explotación se emplea predominantemente anfo (examón V), exagel E-65 encartuchado y slurrex AP-80 (anfo pesado) a granel o embolsado; empleándose como iniciadores, detonadores no eléctricos de periodo corto (excel), cordón detonante 5P y detonadores convencionales ensamblados con fulminante corriente N° 6. Para la voladura secundaria en explotación se emplea predominantemente plastex en plasteo y dinamita en cachorro de bancos mayores a 0.22 m³.

- Para planificar la secuencia de salida de taladros ha sido muy útil conocer la distancia de taladros tanto en la comunicación así como tener

la proyección de dichos taladros en las diferentes alturas conforme se iba avanzando en la ejecución de la chimenea “VCR” la cual nos permitía darle una secuencia de salida adecuada dependiendo de la ubicación de taladros a la altura donde se estaba disparando sin tomar mucho en cuenta el diseño original debido a la fuerte desviación.

- Para el carguío de taladros primero se coloca el tapón respectivo dejando un taco (longitud de taladro sin carga) de 1.1 m. Respecto al taladro central donde se va a iniciar la detonación.
- Luego viene una columna de carga de 3 mts. de longitud con iniciadores de booster de 1/3 Lb. Y fulminante primadet con retardos incorporados como se muestra en la siguiente figura 7.

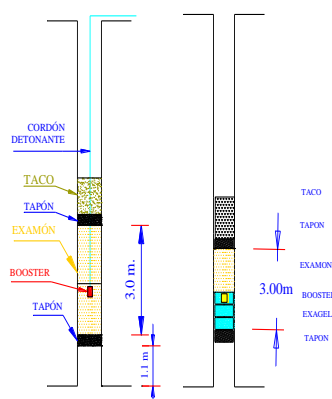


Figura N° 3.4 : modo de carguío de taladros

3.6 Fuerza Laboral

La Unidad Minera de Acumulación Quenamari - San Rafael, cuenta con una fuerza laboral de 899 trabajadores (abril de 2006), de los cuales el 96.8% (871) son de sexo masculino y el resto 3.2% (28) de sexo femenino. Los

trabajadores laboran en la superficie como en el interior de las minas. El tipo de contrato del personal de trabajadores que utiliza la Unidad Minera San Rafael de la empresa MINSUR es mayoritariamente permanente (91.6%), mientras que el tipo de contrato que utilizan las empresas subcontratistas es de carácter temporal.

El punto de contratación o la procedencia de los técnicos y obreros es del nivel local (Antauta, Juliaca y Puno) y regional (Lima, Cusco, Arequipa, Huancavelica, Moquegua, etc.), el de los profesionales es a nivel nacional.

Esto se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro N°3 Características de la Fuerza Laboral

Por empresa y Categoría del trabajador	Total	Sexo		Honorarios /salarios básico promedio (S/.)	Tipo de contrato (Temporal o permanente)	Punto de contratación
		Masculino	Femenino			
MINSUR S.A.						
Profesional	95	78	17	10,324	74 permanente 21 contratado	70% Lima 30% Arequipa, Cusco, Tacna, Puno
Técnico	89	83	6	2,600	82 permanente 07 contratado	30% Arequipa 30% Lima 40% Puno
Obrero	209	209	0	2,461	204 permanente 05 contratado	97% Puno
TOTAL	393	370	23	4,393	360 permanente 33 contratado	

Sueldo de los trabajadores de la empresa MINSUR según categorías

En promedio, un profesional de la empresa MINSUR que trabaja en la mina San Rafael gana S/. 10,324 mensuales, un técnico S/. 2,600 mensuales y un obrero S/. 2,461 mensuales.

Capacitación proporcionada a la Fuerza Laboral de la mina San Rafael

Desde el año 2005, se han capacitado 981 trabajadores, empleados, técnicos y obreros. Siendo el Programa de Seguridad, Medio Ambiente y Salud Ocupacional en la que se han capacitado más la Fuerza Laboral, tal como vemos en el cuadro N° 4.

Cuadro N° 4 Programas de capacitación (2005-2006)

Programas de Capacitación ejecutados por año	Número de fuerza laboral capacitada por			Total
	Técnico	Profesional	Obrero	
Año 2005				
1.- Programas de Seguridad, Medio Ambiente y Salud Ocupacional	87	40	200	327
2.- Programas de Habilidades Técnicas	18	3	56	77
3.- Programas de Formación y Desarrollo	36	19	200	255
Año 2006				
1.- Programas de Seguridad, Medio Ambiente y Salud Ocupacional	69	38	119	226
2.- Programas de Habilidades Técnicas	25	4	67	96
Total de personal capacitado	235	104	642	981

CAPITULO IV

ASPECTOS METALURGICOS

4.1 Chancado Primario

El mineral extraído de la mina es acumulado en la cancha de material de la mina, posteriormente la pala cargadora va alimentando a una tolva de paso, la cual está provista en su parte superior de una parrilla de abertura ideal. Los trozos con tamaños superiores a 20" serán partidos con ayuda de un rompedor de rocas hasta que los fragmentos pasen la abertura de la parrilla. Un alimentador de placas retira el material de la tolva y descarga a las dos chancadoras de quijadas cuyas aberturas de salida en posición cerrada se ajustará a 4". La descarga se llevará mediante una transportadora de 42" y dos fajas de 30", hacia las tolvas de intermedios las mismas que tendrán una capacidad ampliada de 2 500 TM.

El material con una granulometría menor a 9" se retirará de la tolva de intermedios mediante doce alimentadores electromagnéticos Eriez, convenientemente reubicados en la parte inferior y central de las tolvas, para transportarlo mediante dos fajas de 30" al área de la trituración secundaria y terciaria. La descarga proveniente de las tres chancadoras cónicas será llevada a la tolva de regulación por medio de una nueva faja transportadora de 30" y de ella hacia las vibradoras de un solo piso mediante fajas de 24".

Los sobretamaños de las zarandas alimentarán a las chancadoras cónicas SH para cerrar el circuito y producir material de una granulometría de 100% menor a malla 3/8". La carga de tamaño menor a 3/8" viene dada por los subtamaños de las tres vibradoras, siendo acopiada en las tolvas de finos, las mismas que tendrán una capacidad ampliada de 2500TM.

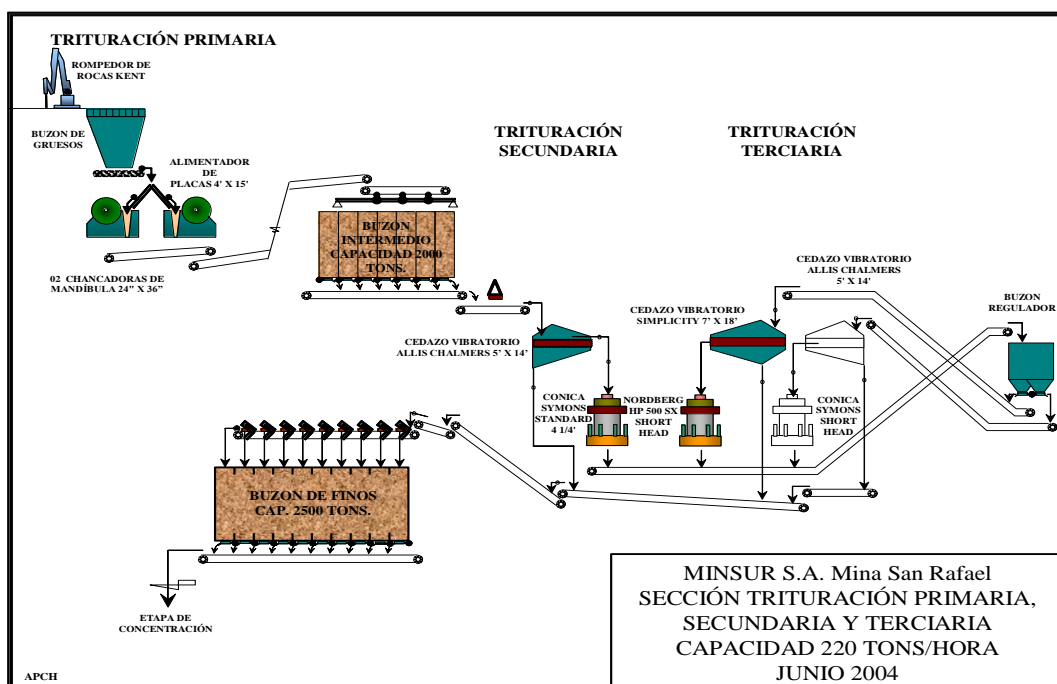


Figura 4.1: Sección de Trituración Primaria, Secundaria y Terciaria

4.2 Chancado Secundario

El material que se acumulará en las tolvas de finos y que constituye el material de alimentación a esta sección, tendrán una granulometría de 100% menor a malla 3/8", con un grado de humedad del 4.5 a 5%. La carga preparada será conducida por medio de fajas transportadoras a la etapa de clasificación, previa a la concentración en Jigs, formada por tres zarandas

provistas de aspersores de agua y mallas de poliuretano con abertura de 4 mm x 15 mm.

Los sobretamaños se alimentarán por gravedad a los Jigs gruesos, nueve de los cuales estarán en operación y tres en stand – by, en los que se recuperará un concentrado grueso, de un tamaño que va de 6.5mm +4 mm, obteniéndose una cola intermedia. Este último producto, en el cual se encuentra la mayor parte del agua que se emplea en el proceso, es conducido por gravedad a un clasificador espiral para recuperar el líquido elemento y proceder a su recirculación.

4.3 Clasificación y Molienda

La cola de los Jigs gruesos, tiene valores de estaño asociados a los minerales de ganga, conformando partículas mixtas. Para la liberación de la casiterita contenida, las colas serán alimentadas a un molino de barras, en tanto la descarga será mezclada con los subtamaños de las zarandas de modo que la mezcla resultante sea conducida a los 12 Jigs intermedios, nueve de los cuales estarán en operación y tres en stand – by, similares a las unidades anteriores, para la recuperación de la casiterita libre con tamaños de aproximadamente 3mm +0.5mm.

Las colas de los Jigs tienen, por una parte, casiterita asociada a los minerales ganga en partículas de tamaños intermedios y por otra tienen partículas finas de casiterita libre. La separación de estas fracciones se

4.4 Flotación y Depósitos de Relaves

Sección flotación de casiterita

La alimentación a esta sección, está formada por las colas de la concentración en mesas que han sido remolidas para tener una granulometría menor a 200#. Estos productos se acumularán en el espesador 120' Ø en el que se homogeneizarán y al mismo tiempo se recuperará el agua clara para el proceso el balance de agua. El espigote del espesador con un porcentaje de sólidos por peso en el rango de 14 a 15% se clasificará mediante una combinación de ciclones para separar como cola final la fracción menor a 6 micrones que se denomina lamas. La casiterita existente en las lamas no responde a los colectores que se emplean en la flotación y recuperación de este mineral de estaño y más bien perjudica la selectividad y aumenta el consumo de reactivos en el proceso, razones por las cuales estos productos son descartados.

Los espígotes de los ciclones de 4" y 2" de diámetro se alimentarán a la etapa de separación de sulfuros por flotación y el non-float, o sea la carga libre de sulfuros, se alimentará a tres baterías de 5 celdas de 500 ft³ cada una para la flotación primaria o rougher scavenger. La flotación de limpieza, primera y segunda, se efectuará en celdas de 300 ft³ y la espuma de la segunda limpieza se procesara en tres separadores gravimétricos múltiples, MGS, en los cuales se obtendrá concentrados finales con una ley igual o mayor al 50% Sn.

Es recomendable contar con un área independiente para la preparación de los reactivos y disponer de recipientes con reboses a niveles preestablecidos para mantener una altura constante en los tanques y asegurar un flujo constante de alimentación a los acondicionadores y/o celdas de flotación.

En la parte del control del proceso, la planta de flotación de casiterita tiene un medidor de flujo y densidad instalado en la tubería de descarga del espesador y una probeta de inmersión con radioisótopos en un cajón especialmente diseñado para el análisis químico en corriente Amdel con los cuales se determina el tonelaje de alimentación y el contenido fino de estaño.

Sección concentrados - flotación/ filtración

Los concentrados gravimétricos, jigs y mesas, tienen minerales sulfurosos, mayoritariamente pirita, que contaminan estos productos. La separación de estos minerales se efectúa mediante la flotación colectiva de sulfuros para disminuir los elementos penalizables en la comercialización y aumentar la Ley de estaño en estos productos. Para el efecto, los concentrados jigs, grueso, intermedio y fino, se almacenarán en una tolva con capacidad de 300 TM, y de ésta se alimentarán a una zaranda vibratoria 4' x 6' con malla de abertura 0.5 mm; el sobretamaño se molerá en un molino de bolas 5' x 8' provisto de un trommel con abertura de 0.5 mm. La fracción gruesa retornará al molino mediante una bomba y la fina junto con el subtamaño de la vibradora y los concentrados mesa, estos últimos previamente espesados

en el espesador, se llevarán a los acondicionadores de 6' x 6' y las 10 celdas. Sub – A de 100 ft³ cada una, para proceder con la flotación.

Las espumas se descartarán, el relave y el non-float pasará a un clasificador espiral para separar la fracción gruesa de las lamas. La fracción gruesa se desaguará en el filtro horizontal y el queque con una humedad del 6.5 % se almacenará en la tolva de concentrados.

El rebose del clasificador de espiral pasará al espesador en el que se juntará con los concentrados provenientes de la flotación de casiterita. El producto espesado se desaguará en un filtro de placas de 15 cámaras de 0.9 x 0.9 m que tiene un área efectiva de filtración de 15 m², y el queque con una humedad de 11% se almacenará en la tolva de concentrados.

La fundición y refinería de FUNSUR que procesa los concentrados de San Rafael, efectuó pruebas para establecer el comportamiento de los concentrados de jigs en su granulometría y composición mineralógica originales. Los resultados fueron satisfactorios metalúrgicamente ya que se logró, entre otros, una mayor recuperación del metal crudo frente a aquella obtenida con concentrado conjunto (79.4 vs 77.8%) y un menor consumo de carbón por tonelada de estaño recuperado (0.67 TM vs 0.74 TM).

El contenido de azufre en el concentrado jig (1.03%) que es ligeramente mayor al contenido del concentrado normal (0.6%) no representa amenaza para el control ambiental de FUNSUR y el mayor contenido de plomo en el

concentrado jig (1200 ppm vs 700 ppm.) no afecta la calidad del estaño metálico. Esto lo observamos en la siguiente figura:

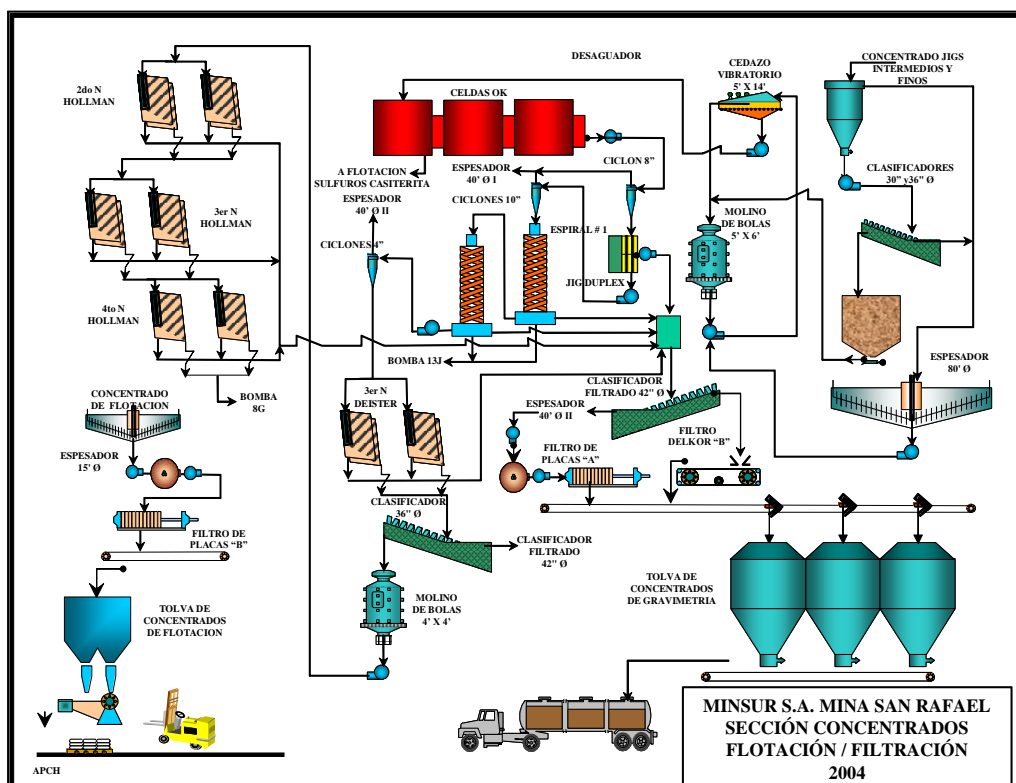


Figura 4.3: Sección de Concentradores

Depósito de Relaves

Existen en la actualidad dos presas de relaves la primera denominada Bofedal II que actualmente se encuentra en operación y una segunda denominada Bofedal III ubicada aguas abajo de la laguna Chogñacota, la cual entrará en operación cuando la presa Bofedal II se rellene.

Presas de Relaves Bofedal II

Está ubicada inmediatamente aguas abajo de la laguna Chogñacota y a 1 Km. aguas abajo de la planta de proceso. Abarca los sectores denominados

Bofedal IIA y II. El sector denominado Bofedal II tiene una longitud de 250 m y un ancho promedio de 200 m. está conformado por 2 terrazas de baja pendiente ($< 5\%$) y desnivel de 5 m entre terrazas. De acuerdo a las investigaciones de campo el espesor promedio de los relaves depositados es de 20 m y la profundidad del nivel freático varía de 1 a 5 m siendo más profundo al pie del depósito de este sector.

Los taludes de las terrazas del depósito de la presa Bofedal II están reforzados con un dique de pie con material granular-permeable con material de desmonte de mina para controlar la erosión de los taludes y mejorar la estabilidad física.

En la zona Bofedal II, se ha construido un dique con cota de coronamiento 4 462 msnm con la finalidad de ser punto de descarga de relaves hacia el nuevo depósito de modo tal que permita el manejo operacional de la laguna de aguas claras y ser además un dique de protección del depósito actual ante el acercamiento de la laguna de aguas claras. Al pie de la presa de relaves Bofedal II se construyó un dique para contener el acercamiento de la laguna de operación del nuevo depósito, además de servir como plataforma de descarga de relaves finos para manejo de la laguna de operación del depósito Bofedal III con una cota de coronamiento de 4 462 m.s.n.m., ancho de 5.0 m y taludes de 1.5H:1V.

Presa de Relaves Bofedal III

Ubicada aguas abajo de la presa de relaves Bofedal IIA, se ha construido debido a que el tiempo de vida de la presa de relaves Bofedal II es menor de un año debido a la ampliación de la planta de 2 500 TMD.

Esta presa de relaves está conformada por los siguientes componentes:

- Sistema de drenaje basal
- Dique de Arranque
- Dique resistente
- Evacuador de aguas claras
- Instrumentación geotécnica

Sistema de Drenaje Basal

Se encuentra ubicado inmediatamente aguas arriba del dique de arranque, posee una longitud de 150 m y ancho promedio de 30 m. Consiste de zanjas longitudinales y transversales, con una pendiente mínima de 3% y 10% respectivamente, conectados y rellenos con material de dren y filtros. Tiene como función, evacuar las aguas de filtración provenientes de los relaves depositados y filtraciones subterráneas durante la etapa de operación del depósito, mediante un dren localizado a nivel de fundación del dique de arranque (dren DLP). El sistema fue diseñado para evacuar 50 l/s, considerando que los relaves depositados sobre el, son los llamados Scavenger (relaves gruesos).

El sistema de canales estará cubierto por una alfombra drenante de 0.40 m de espesor, de material granular (arena con gravilla), y compactada al 60% de su densidad relativa, que será colocado sobre toda el área de drenes.

Dique de Arranque

El dique de arranque, está conformado de material granular-permeable de desmonte de mina, en tanto que el pie del talud aguas arriba ha sido construido de material gravoso arcillo-limoso; ambos materiales serán compactados en capas de 50 y 30 cm, respectivamente, al 95% del Proctor Modificado. En el talud aguas arriba, se instaló 2 capas de geotextiles.

Teniendo en cuenta que la presa proveerá una capacidad de almacenamiento de aproximadamente un año de operación; se ha estimado que tendrá 30 m de altura alcanzando la cota de 4 435 m.s.n.m., ancho de coronamiento de 10 m, y taludes 1.5H:1V y 2.5H:1V; aguas arriba y abajo, respectivamente.

Dique Resistente

Fue construido de material granular-permeable de desmonte de mina, bajo el método de "Línea Central"; el cual alcanzará la cota máxima de 4 490 m.s.n.m.. Se elevara conformando bancos de 10 metros de altura, pendiente 1,5H:1V y bermas intermedias de 5 metros. Para alcanzar un talud final de 2H:1V.

El dique resistente crecerá a partir del dique de arranque y está peraltado cada 5 metros. Su construcción fue hecha con material granular-permeable de desmonte de mina en capas compactadas de 0,5 m. En el talud de aguas arriba del dique resistente se instaló dos capas de geotextil, siendo la capa exterior de sacrificio.

Cuadro N°5 Datos Balance de Agua – Cancha de Relaves
DATOS BALANCE DE AGUA CANCHA DE RELAVES

Descripción	Scavenger	Relave 1ra.Limp.	O/F 1.3/4"
?	1140	1080	1025
% S	19,10	11,52	3,79
% A	80,90	88,48	96,21
pS	1350	350	700
Qp	71,76	32,56	208,55
pp	81,81	35,16	213,769
Qa	66,18	31,11	205,66

Este balance de agua se muestra gráficamente a continuación:

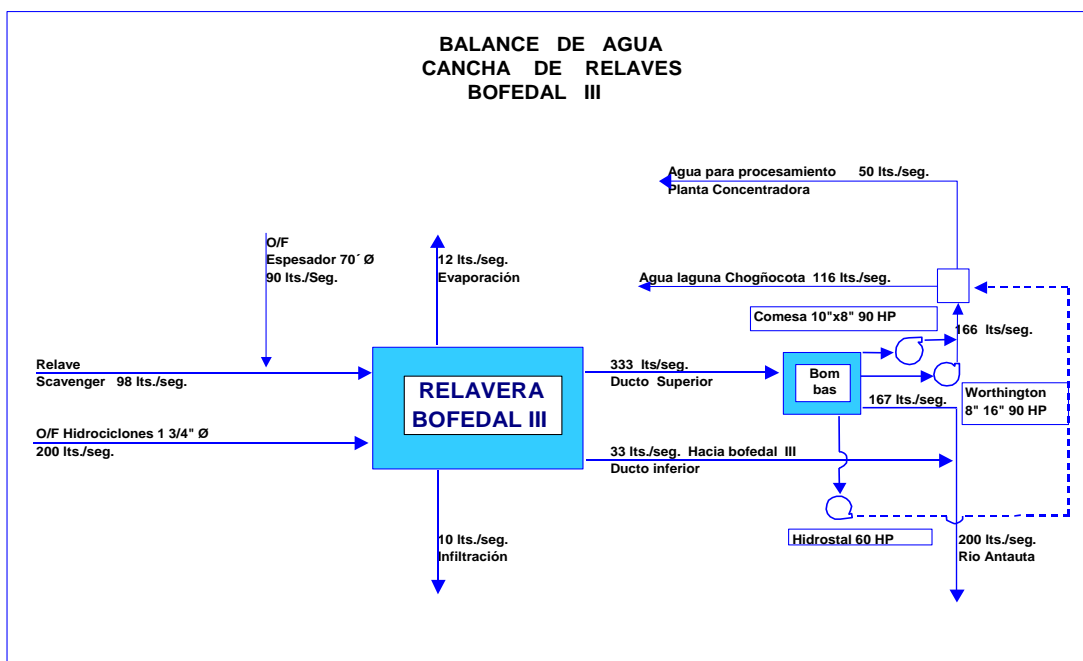


Figura 4.4: Balance de agua en canchas de relaves Bofedal III

4.5 Instalaciones para el Manejo de Aguas

Tres son las fuentes que abastecen a la planta concentradora: agua de mina, recirculación del agua decantada de la relavera y captación del agua de las lagunas. Al analizar los reportes preparados por el SENAMHI, se concluye que la precipitación anual promedio es sumamente baja, por lo que no se le ha tomado en consideración. En la estación lluviosa el agua es captada por gravedad y la recirculación es virtualmente nula, lo contrario ocurre en la estación seca. El actual consumo en la planta concentradora es de 36,000 m³ por día (420 l/s), con la ampliación se requerirá de 59,800 m³ por día (700 l/s) debido a que la relación líquido a sólido es de 24 a 1, para cumplir con dicho consumo se reciclará 470 l/s, de interior mina 180 l/s y 50 l/s provendrán del espejo de agua de la relavera mediante bombeo.

Laguna Chicacocha

Se ubica al Este de la laguna Suytocochoa, tiene la forma algo redondeada; la cubeta presenta laderas de contornos y pendientes variados, las laderas en la parte NW, N, NE, presentan pendientes suaves, todas estas laderas son estables, libres de fenómenos de geodinámica.

Laguna Suytocochoa

Se encuentra aguas abajo de la laguna Suyto, en una cubeta de forma irregular, en gran parte rodeada por laderas rocosas de contornos variables y con pendientes moderadas a suaves.

La laguna tiene dique rocoso y desagua hacia la laguna Estancococha y su alimentación proviene de la laguna Suyto y del aporte por deshielo del nevado San Bartolomé, así como de las precipitaciones pluviales que ocurren en su cuenca.

Laguna Estancococha

En el área, es la laguna más grande, se halla al Sur y debajo de las lagunas Chicacocha y Suytocochoa, la cubeta tiene la forma muy irregular y está emplazada en rocas filitas de la formación Ananea, la cubeta está afectada por dos fallas, una de estas estructuras cruza la laguna en dirección de NW a SE y en dirección de la quebrada El Rosario, estas trazas pasan por el medio de la presa, sin embargo ninguna de las trazas presentan signos de reactivación.

Laguna Yanacocha

Esta laguna se halla fuera del área de la Unidad Minera Quenamari - San Rafael y ubicado en una ladera irregular al Este del nevado San Bartolomé, es una laguna de origen glaciar, la cubeta tiene la forma alargada y su dique es rocoso. La cubeta tiene laderas rocosas con pendientes moderadas modeladas en rocas filitas de la formación Ananea, denominado en el área como formación Sandía, el área está exenta de los procesos físico-geológicos, aspectos que garantizan su estabilidad.

CAPITULO V

ASPECTOS AMBIENTALES

5.1 Ambiente Físico

5.1.1 Geología

La mina San Rafael de MINSUR se encuentra en las estribaciones superiores de la Cordillera Oriental, denominada también Cordillera del Quenamari (4500 a 5250 m.s.n.m.) La principal unidad geomorfológica en la cual se halla el área de la mina, está constituida por la Superficie Puna. La Superficie Puna en el área de la mina, está conformada por las sub-unidades geomorfológicas, constituidas por cumbres cordilleranas, valles y circos glaciares, quebradas, lomadas, laderas y cubetas. Las unidades lito-estratigráficas están representadas por las rocas del Paleozoico que, de acuerdo a la geología local, se denomina formación Sandia, estas rocas están constituidas por rocas filitas, pizarras que afloran en algunos sectores con la intercalación de areniscas y cuarcitas.

Las rocas paleozoicas están afectadas por la intrusión de pequeños plutones y stocks, los cuales están conformados por rocas intrusivas de la serie monzogranitos, de grano medio que localmente gradan a granitos. La mayoría de las estructuras geológicas en el área de interés esta constituida

por fallas, estas discontinuidades determinan en parte el tipo y forma de emplazamiento de los minerales. Las rocas paleozoicas e intrusivas se hallan cubiertas por los depósitos cuaternarios de diferente origen, edad y propagación, estos depósitos están constituidos por depósitos glaciares, fluvio-glaciares, coluviales, tecnógenos y aluviales. El relieve del área no permite la generación de procesos de geodinámica externa relevantes. Estos riesgos naturales se producen localizadamente favorecidos por las condiciones morfológicas, litológicas, climáticas y a actividad del hombre.

Yacimiento

En la sub provincia metalogénica de la faja estannífera de Bolivia, en los Andes Centrales, la mina San Rafael está en el distrito minero San Rafael, con cobre en la parte superior y estaño con profundidad; además, una mineralización polimetálica de plomo-zinc-plata-cobre-estaño hacia los bordes o extremos de este distrito minero. La mineralización es de origen hidrotermal en vetas de relleno y de reemplazamiento de fracturas y cuerpos de mineral en el monzogranito y en los metasedimentos. La zona mineralizada de este distrito minero abarca una extensión de 5 km por 7,5 km, en donde se encuentran las minas San Rafael y Quenamari.

Vetas

Las vetas están en fallas preminerales del sistema andino NW-SE. Estas fallas del tipo normal con un fuerte componente horizontal al norte y son desplazadas por fallas postminerales de rumbo NE-SW. Las vetas forman un

sistema conjugado de fracturas. El más conocido tiene un rumbo NW-SE y buzamientos al NE, como las vetas San Rafael y Quenamari, y el menos conocido con un rumbo NW-SE y buzamientos al SW en las vetas Diagonal y Herrería. La veta San Rafael representa el 16% de las reservas de mineral de la mina San Rafael.

Mineralogía

Los principales minerales hipogénicos de mena son: casiterita, estannita y chalcopirita, en menor proporción bismutinita y plata (posiblemente en tetraédrica). Otros minerales son: valamorfita, esfalerita, galena, enargita, estibina, scheelita, wolframita. Los minerales de ganga son: cuarzo, clorita, sílice, pirita, arsenopirita, turmalina, calcita, fluorita, marcasita, pirrotita, rodocrosita, siderita y adularia. Minerales secundarios por oxidación o por enriquecimiento supergénico son: bornita, calcocina, covelita, cuprita, malaquita, cobre nativo, acantita en una ganga con goetita, limonita, pirolusita, psilomelano. Estos fueron abundantes en la parte superior de las vetas San Rafael y Quenamari.

5.1.2 Suelos

Presenta zonas de relieve suave, modelado por la actividad glacial, las rocas predominantes son de origen volcánico, siendo depósitos más recientes y menos consolidados los generados a partir del Terciario e inicios del Pleistoceno. Los páramasoles, se presentan poco profundos, con horizonte superficial conspicuo, ricos en materia orgánica; también se distingue los

“Páramos Andosoles” suelos de características morfológicas y químicas semejantes a los anteriores, pero desarrollados a partir de materiales volcánicos que incluyen arcillas.

Aluvial Andino

Los aluviales andinos consisten de grupos azonales de suelos que se han derivado a partir de materiales transportados y de depósitos relativamente recientes.

Litosol Andino

Son un grupo edáfico que presenta un horizonte mineral u orgánico pardo oscuro a pardo gris oscuro, más profundo y diferenciado del horizonte A1 de los grupos modales de Litosol Andino.

Capacidad de Uso Mayor de las Tierras

El suelo es una capa de espesor variable, constituido de partículas minerales y orgánicas, que conforman un medio caracterizado por determinadas propiedades físicas, químicas y biológicas, que es utilizada por las plantas para cumplir su ciclo vital. Grupos de capacidad de uso mayor y Clases y subclases de capacidad.

Clases y Subclases de Capacidad

Los grupos de capacidad de uso mayor, a su vez, se subdividen en clases y subclases (alta, media y baja) respectivamente, en función de su calidad

agrológica reflejada en la potencialidad, grado de amplitud de las limitaciones para uso agrícola (intensidad en las prácticas de manejo del suelo); y a los riesgos que restringen su uso (ONERN -1982), tales como:

- Deficiencia o limitación por suelo (factor edáfico)
- Deficiencia o limitación por sales.
- Deficiencia o limitación por topografía-erosión (factor relieve).
- Deficiencia o limitación por drenaje (factor humedad).
- Deficiencia o limitación por inundación.
- Deficiencia o limitación por clima (factor climático).

De acuerdo a las clasificaciones descritas, los suelos se encuentran en una zona edáfica heterogénea debido a la geomorfología del área; correspondiendo al Grupo de suelos aptos para pastos, Clase y Subclase baja. A medida que se desciende, la potencia de la cobertura edáfica va en aumento, y el suelo presenta una cobertura de pasto natural (ichu), las cuales son utilizadas para ganadería de supervivencia, labor que se realiza con ciertas limitaciones por la calidad de la pastura y por las temperaturas extremas que se registran en la zona.

5.1.3 Fisiografía

Geográficamente, la Unidad Minera de Acumulación Quenamari - San Rafael, se emplaza entre el flanco Sur Occidental de la Cordillera Oriental hacia el norte, y las estribaciones occidentales de la misma hacia el Sur, los cuales bordean y delimitan la prolongación más septentrional de la Meseta

del Collao (Depresión de Antauta - Crucero). En este sector la Cordillera Oriental, cuyo eje actúa como divisoria de aguas de las cuencas hidrográficas del Titicaca al Sur y la del río Amazonas al Norte, está caracterizada por exhibir una topografía muy accidentada y agreste donde destaca el nevado de San Francisco de Quenamari, que alcanza una cota de 5294 m.s.n.m; que conforman una superficie heterogénea aplanada a ondulada. En el área de influencia del proyecto, se distingue dos rasgos topográficos saltantes: hacia el nevado Quenamari, abrupto, con cerros altos, de laderas pronunciadas y fuertes escarpas, que en su conjunto configuran un circo glaciar en cuyo fondo se ubica la laguna de Chogñacota. Aguas abajo, el relieve es ondulado, con laderas de moderada pendiente, conformando valles en forma de “U” característico de eventos glaciáricos.

5.1.4 Riesgos Naturales

El Perú se encuentra ubicado en una zona de gran sismicidad y por lo tanto está expuesto al peligro que esta situación representa. Es por lo tanto importante determinar el riesgo sísmico del área de estudio, a fin de evaluar: los posibles daños directos a las estructuras de las instalaciones de la mina por el movimiento sísmico, así como su influencia sobre la estabilidad de estructuras como edificaciones, canchas de relaves, canchas de desmonte, taludes naturales (laderas) y taludes artificiales (cortes).

Según el mapa de zonificación sísmica del Perú (Reglamento Nacional de Construcciones), el área de estudio se ubica en una zona de sismicidad

media. Según el mapa de Regionalización Sismotectónica (E. Deza, 1978), el área de estudio se localiza en la zona 4, en las que se registran posibles intensidades iguales o mayores que V y VI de las intensidades sísmicas, pero que en la actualidad la actividad sísmica es mínima.

Procesos Físico-geológicos Contemporáneos

Las manifestaciones de geodinámica externa que han ocurrido en el pasado están representados por la presencia de aislados conos de deyección, formación de graneros y ocurrencia de derrumbes. No se observa huellas o cicatrices con escarpas de deslizamientos y/o derrumbes importantes. La ocurrencia de algunos procesos físico-geológicos o fenómenos de geodinámica externa pequeños en algunos lugares del área de reconocimiento, están condicionadas, en la mayoría de los casos, a los factores climáticos, morfológicos, litológicos y, en algunos lugares, a la actividad minera.

5.1.5 Clima / Meteorología

Para los fines de identificación práctica de los diferentes climas existentes en el Perú y, tomando como base los criterios de clasificación climática de Köppen, ONERN identificó y caracterizó 9 tipos principales de climas, de los cuales la zona de estudio se halla comprendida dentro de este tipo climático, conocido como “Clima Tundra Pluvial”. Según esta clasificación, la zona en estudio estaría considerada dentro de la zona de vida “Tundra pluvial – alpino subtropical (tp-AS)”, la cual ocupa la franja inmediata inferior del piso

a nivel, entre los 4300 y 5000 metros de altitud y a lo largo de la cordillera de los Andes; caracterizándose por una bio-temperatura anual entre 2,5 y 3,2 °C, y el promedio de evapotranspiración potencial total por año, que varía entre la octava y la cuarta parte del promedio de la precipitación total por año; ubicándola en la provincia de humedad superhúmeda.

Las condiciones térmicas extremadamente frías eliminan toda posibilidad de cultivos agrícolas, aún los criofílicos, pero los sectores involucrados conforman el centro geográfico de los pastizales naturales alto andinos, donde se localiza la integridad de la población ganadera del país (más del 90%), representada por ovinos y camélidos sudamericanos, principalmente. Además, centralizan la mayor actividad minera del país.

Precipitación Pluvial

El promedio mensual de precipitación durante el año varía por causas propias de las estaciones, existiendo un período relativamente lluvioso que generalmente es de Enero a Marzo y siendo un período con escasas precipitaciones los meses de Julio a Septiembre. La variación media de la precipitación estacional es superior a 100 mm disminuyendo de julio a Agosto. A continuación se muestra el siguiente cuadro con datos de precipitación Total, proporcionados por el SENAMHI de su estación meteorológica de Macusani - Puno.

Cuadro N° 6 Resumen Datos de Precipitación

Promedio Anual	812 mm
Promedio Mensual	67,6 mm
Máximo Mensual	442 mm
Máxima Diaria	40 mm

Fuente: Estación Meteorológica Macusani-Senamhi

Temperatura

La unidad de Producción Minera San Rafael, cuenta con un equipo meteorológico, con el que se obtiene las siguientes mediciones que son registradas cada media hora.

- Dirección del viento, velocidad del viento, temperatura ambiental y mediciones pluviales

A continuación se presenta la información meteorológica actualizada en promedios anuales:

Temperatura en verano	:	1.94°C
Promedio Verano	:	4.06°C
Máxima invierno	:	20.12°C
Promedio invierno	:	3.62°C
Precipitación mensual promedio estimada	:	67.6 mm.
Dirección del viento	:	Norte - Sur
Velocidad de viento máxima	:	15 Km./h tarde
Altitud Promedio	:	4 500 msnm

La estación más cercana del SENAMHI se encuentra en la localidad de Macusani, Capital de la Provincia de Carabaya, localizada a 22 Km al NO en

línea recta a partir de la Planta Concentradora. Existen estaciones meteorológicas ubicadas en áreas de la hoya hidrográfica del lago Titicaca similares al área del proyecto, las que nos permiten tener una buena idea del régimen de temperatura. De acuerdo a estudios existentes (“Plan Director Binacional de aprovechamiento de recursos del lago Titicaca – Estudios de Climatología”, Rep. Perú y Bolivia, 1993), el gradiente de temperatura en la cuenca de río Carabaya, por encima de los 4 000 msnm es de -0.6° por cada 100 metros.

Tomando como modelo la estación meteorológica de Macusani, ubicada a 4250 msnm, se tendría los siguientes valores de temperatura en la cuenca alta del río Carabaya, a la altura de la Unidad Minera San Rafael (4 700 msnm):

Cuadro N° 7

Temp	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Media	4,4	4,0	3,8	3,6	1,8	0,5	-0,2	0,9	2,2	2,3	4,0	4,3
Max. Abs	18,0	18,1	19,2	20,1	22,4	20,0	19,8	18,6	22,4	19,5	19,4	19,0
Min Abs	-8,0	-5,0	-10,0	-9,6	-12,0	-14,0	-28,0	-12,0	-15,0	-10,0	-11,0	-5,0

Velocidad y Dirección del Viento

En los riscos y en las cumbres, la velocidad del aire a 10 o más metros de la superficie es mayor que la velocidad del aire a la misma altura; esto se debe a la convergencia forzada del aire por las barreras orográficas. Debido a la diferencia de presiones existen variaciones diarias en la dirección del viento en áreas montañosas y durante la noche es al revés.

A continuación observamos los datos promedio para los años indicados:

Cuadro N° 8 Promedio Velocidad y Dirección del Viento

Año	Velocidad Viento (m/s)	Rafaga PROM	Dirección
1999	3,1	5,4	SW
2000	2,7	4,4	SW
2001	1,3	4,3	N
2002	1,8	6,3	SE
2003	0,05	0,4	SE
2004	0,2	1,6	SSE

5.1.6 Calidad de Aire y Ruido

La única población más cercana a la zona del proyecto es la localidad de Antauta, ubicada a 6 km en línea, en dirección SE, en cuyo trayecto se interpone una colina de 4500 msnm. Por otra parte, la tendencia predominante de la dirección del viento es hacia el SW. Otra área sensible es el campamento CUMANI (obreros y contratistas), que se ubica a 1,5 Km, en línea recta del área del proyecto en dirección SW.

Los niveles de ruido básicos presentados tanto en las mañanas como en las noches, son equivalentes (L_{dn}) en decibeles en la escala "A-weighted" (dBA). El método L_{dn} es una medida de ruido equivalente a un nivel con 10 dB aplicado a las horas de la noche entre 10 p.m. a 07 a.m.. El valor de 10 dB es aplicado a las horas de noche porque los niveles de ruido son mejor percibidos y más molestos durante las horas de la noche.

Los niveles de ruido existentes en la Quebrada Chogñacota se basan en la relación entre el ruido y la densidad de la población o uso de tierra. Los niveles de ruido para áreas rurales subdesarrolladas con una densidad de población menor a 10 personas/Km² tal como la Quebrada Chogñacota, son aproximadamente de 35 dbA L_{dn}. A continuación presentamos algunos monitoreos realizados.

Monitoreo de Aire

Se evaluó la calidad de aire en cuanto a las partículas de polvo en las áreas de Mina, Planta y Cancha de Relaves.

Cuadro N° 8 Ubicación de los Puntos de Monitoreo de Polvo

Nombre de la Estación	Coordenadas UTM		Descripción de la Ubicación
	Norte	Este	
Planta Concentradora			
Chancadora Primaria	8426570	357670	Entre las chancadoras de quijadas
Chancadora Secundaria	8426620	357750	Entre las chancadoras Simona
Cancha de Relaves			
Punto Norte	8425750	358000	Costado carretera
Punto Central	8425319	357809	En el centro de la presa
Punto Sur	8425363	357662	En el costado opuesto de la carretera
Mina			
Bocamina + 100m	-	-	-
Nivel 370	-	-	-
Ore Pass 68	-	-	-
Ore Pass 84	-	-	-
Ore Pass 84	-	-	-
Ore Pass 84	-	-	-

Fuente: MINSUR

Monitoreo de Ruido

Los agentes físicos, debido a las distintas formas de energía física que altera el ambiente, tenemos al ruido que se define como sonido desagradable, cuyas intensidades pueden determinar riesgos para la salud de los trabajadores. Para la toma de muestras en cada posición de medición se siguió el siguiente procedimiento:

- Calibración inicial del sonómetro (nivel de referencia: 94 dB a 1kHz), registrándose la señal durante aproximadamente 60 segundos.
- Ubicación y orientación apropiada del sonómetro hacia la potencial fuente de emisión.

Cuadro N° 9 Criterios de Muestreo de Ruidos

Parámetro	Posiciones	Otros Criterios
Ruido	Mediciones externas	Para minimizar la influencia de reflexiones, las posiciones deben estar al menos a 3.5 m. De cualquier estructura reflectante, y si no se especifica otra cosa, entre 1,2 m y 1,5 sobre el suelo.
	Mediciones externas cercanas a edificios	Si no se especifica otra cosa, las posiciones preferidas son de 1 m a 2m de la fachada y a 1,2 a 1,5 m. Sobre el suelo.
	Mediciones al interior de los edificios	A menos que se especifique otra cosa, las posiciones preferidas son a lo menos 1 m de las paredes u otras superficies 1,2 m a 1,5m sobre el piso y aproximadamente a 1,5m de las ventanas.

Fuente: Inc. 2502/1.n2000 Acústica - Descripción y medición de ruido ambiental-Parte 1: Magnitudes básicas y procedimientos-resumen (ISO 1996-1:1982 Acoustics-description and measurement of environmental noise Part 1: Basic quantities and procedures). Nota: Según Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido D. S. N° 085-2003-PCM

La ubicación de los puntos de muestreo se muestra a continuación el siguiente cuadro:

Cuadro N° 10 Puntos de Monitoreo de Ruido

Nombre	N° Punto	Coordenadas	
		Este	Norte
Planta Concentradora	PC 01	357705	8426509
	PC 02	357691	8426545
	PC 03	357823	8426625
Cumani	CM 01	360 725	8 419 432
	CM 02	361 029	8 418 988

Cuadro N° 11

Punto de Muestreo	dB (A)
PC-01	66,26
PC-02	67,33
PC-03	67,02
CM-01	51,67
CM-02	43,74

5.1.7 Cursos de Agua

El agua del deshielo de los nevados de la zona, dando origen a la escorrentía presente en la zona y las lagunas existentes en el área de la concesión, son el resultado de las obras de represamiento efectuadas por MINSUR. Estas escorrentías regulan el régimen hidrológico que alimenta a la quebrada de Chogñacota, las lluvias estacionales contribuyen a incrementar el volumen de agua existente en la zona. Los principales cuerpos de agua presentes en la zona son las lagunas de Chogñacota, Suytococho, Chichacocho, Suyrococho, Estancococho y Yanacocho; las cuales pertenecen al mismo hidrológico de la subcuenca de Azángaro, la cual a su vez es tributaria de la cuenca del río Ramis, que descarga

finalmente en el lago Titicaca. El volumen total de almacenamiento de estas lagunas (sin incluir la de Chogñacota) es de 1'900,000 m³.

Cuadro N° 12 Ubicación Geográfica de Lagunas del Área de Interés

Laguna	Cuenca	SubCuenca	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
Chogñacota	Azángaro	Crucero	70°19'	14°14'	4 480
Suyrococha	Azángaro	Crucero	70°19'	14°14'	4 775
Estancococha	Azángaro	Crucero	70°19'	14°14'	4 680

Fuente: MINSUR S.A.

El cuerpo hídrico más cercano a las operaciones es el río Antauta, que nace de la confluencia de los ríos Viscachani y Añajaja; el río Antauta tiene un régimen torrencioso sólo en época de lluvias, con un cauce sinuoso y pedregoso. El clima del área es de Alta montaña, frío y seco debido a la altitud; las precipitaciones pluviales más frecuentes que ocurren consisten en precipitaciones sólidas (nieve), líquido y eventualmente granizo; los periodos con precipitaciones pluviales se producen entre los meses de Octubre y Marzo, y los periodos de sequía o estiaje corresponden a los meses de Abril a Setiembre.

El área de estudio se encuentra inscrita en la cabecera de la cuenca del río Ramis, el mismo que en su parte alta es denominado río Antauta. En su nacimiento recibe aportes de las lagunas Chogñacota y Patacocha entre otras. En su recorrido cambia de nombre de río Carabaya a río Azángaro y finalmente hasta su confluencia con el Lago Titicaca es denominado río

Ramis. Observamos en el siguiente cuadro los principales ríos de la cuenca del Titicaca:

Cuadro N° 13

Nombre Río	Nacimiento	Extensión(km)	Ríos Afluentes	Desembocadura
Huancané	Cerro Oquecruz 4855 msnm	80	Inchupalla, Lirima, Ramis.	Lago Titicaca
Azángaro	Nevados Ninacuyo 5420 msnm Ananea 5852 msnm	300	Grande, Azángaro, Pucara, Ramis, Huancané	Lago Titicaca
Ayaviri	Norte la raya, límite Puno y Cusco	150	Azángaro	Lago Titicaca
Lampa	Afluente del río Coata Nevado Quilca 5380 msnm	90	Pumanuasi	Río Cabanillas
llave	Confluencia Uncallame y Río Grande	70	-.-	Lago Titicaca
Huenque	Cerro Ancoccloma 4711 msnm	140	Chua, Hualquipune	llave
Ramis	Confluencia Azángaro Pucará	70	Huancané	Lago Titicaca
Suches	Laguna Suches	140	Trapiche	Lago Titicaca

5.2 Ambiente Biológico

5.2.1 Regiones y Hábitat Ecológicos

El objetivo de la descripción ecológica del área de estudio es fundamental en la determinación de las interrelaciones entre los componentes que conforman los ecosistemas y hábitats presentes en zonas aledañas para realizar mediciones comparativas con las áreas en donde se han desarrollado las actividades mineras.

Zonas de Vida

Las zonas de vida son determinadas, de acuerdo a características de biotemperatura, precipitación y evapotranspiración potencial. Además, las

comunidades vegetales y animales contribuyen en la identificación de las formaciones naturales.

De acuerdo al mapa de las zonas de vida o formaciones ecológicas, efectuado mediante el sistema elaborado por Leslie R. Holdridge, el mismo que se basa fundamentalmente en dos elementos de clima: precipitación pluvial y temperatura, complementados con observaciones en el campo considerando elementos fisiográficos, vegetación natural, cultivos agrícolas, entre otros, se ha podido identificar dentro de la zona de influencia del proyecto una Zona de Vida Natural de acuerdo al Mapa Ecológico del Perú (INRENA 1994) la que se describe a continuación:

- **Páramo muy húmedo - subalpino subtropical (pmh-SaS)**

Esta zona de vida se extiende entre los 3.900 y 4.600 msnm, encontrándose en las alturas de Laquiña, San Pablo y en la localidad de Antauta, entre otros. Su límite superior promedio, es de 4 600 msnm, la biotemperatura media anual varía entre 3° C y 6° C y la precipitación total anual entre 640 y 800 mm su relación de evapotranspiración es de 0,25; 0,50 y su escorrentía de acuerdo al substrato.

- **Nivel subtropical (NS)**

Esta Zona de Vida se ubica sobre la zona de San Rafael y en las lagunas altoandinas que van a dar origen al río Antauta, a alturas superiores a los 5 000 msnm. La biotemperatura media anual se estima que generalmente se

encuentra por debajo de 1,5° C y un promedio de precipitación total anual por año variable entre 500 y 1.000 mm. En lo referente al relieve es abrupto, estando constituida por suelos netamente líticos, siendo peñascoso o rocoso, no existiendo prácticamente cubierta edáfica.

Zonación Ecológica en el Área del Estudio

La zonación ecológica del Área del estudio no es uniforme. Las condiciones para el desarrollo de la vida en las zonas altas son extremas por las condiciones de altitud y el frío imperante, exigiendo adaptaciones considerables a las especies que habitan en ella. En las zonas bajas, en donde los factores climáticos son mucho más benignos, permite la presencia de una variada flora y fauna silvestre ya sea propia del lugar o proveniente de zonas más bajas.

Se tiene así la presencia de las siguientes biocenosis en el Área del estudio:

- Pajonal de Puna
- Comunidades de plantas almohadilladas subniveles
- Comunidades vegetales en terreno pedregoso y peñascoso
- Semidesiertos periglaciares
- Lagunas altoandinas

El Pajonal

Esta biocenosis predomina desde los 3 800 a 4 600 msnm, ocupando vastas superficies de pampas, fondos de valles y laderas moderadas, sobre todo en

los flancos de las lagunas. En él se puede observar la presencia de dos comunidades vegetales: el pajonal de ichu y los graminales bajos (césped de puna); Las plantas características del pajonal son sobre todo especies de los géneros *Stipa*, *Calamagrostis* y *Festuca*, que son conocidas con el nombre vernacular de "ichu". Entre los graminales existen plantas de tipo herbáceo como de la familia Compositae.

Comunidades de plantas almohadilladas sub-niveles

Este tipo de comunidad se ubica generalmente entre los 4400 y 4700 msnm, el que tiene un aspecto muy parecido a la tundra ártica por la forma almohadillada y la escasa altura de las plantas y los muchos pantanos y humedales diseminados en el área. Por lo general existen vacíos entre las plantas sobre terrenos arenosos, rocosos o sobre áreas cubiertas de agua. Las especies vegetales características son de los géneros *Pycnophyllum*, *Arenaria*, *Geranium* y sobre todo *Distichia muscoides*. Se presentan mayormente en las inmediaciones en donde desaguan las lagunas.

Semidesiertos periglaciares

Por encima de la cota de los 4700 msnm la cubierta vegetal disminuye notablemente, donde se observa grandes extensiones carentes de vegetación, presentándose solamente diversos líquenes, musgos y algunas hierbas. En los lugares pedregosos y rocosos de mayor elevación que el pajonal pedregoso, se observa una mayor proporción de especies por el mayor almacenaje de calor con respecto al terreno.

Lagunas altoandinas

Este tipo de ecosistema en particular, corresponde a las lagunas relacionadas con las actividades mineras, los que se originan de los deshielos de los glaciares que cubren las partes altas y por las precipitaciones ocurren mayormente en los cerros escarpados que encierran a éstas. Las extensas playas fangosas de poca profundidad y cubiertas por plantas acuáticas permiten que la productividad sea alta en invertebrados y peces lo que hace propicia una concentración de poblaciones de flamencos, patos, playeros, etc. Entre las lagunas más importantes tenemos a Chogñacota y Suytocochoa así como también los cuerpos de agua artificiales como Chicacocha, Suytocochoa y Estancocha.

Las comunidades vegetales son fundamentalmente el producto de la interacción entre:

- Diferencias en las tolerancias ambientales o amplitudes ecológicas de las varias unidades taxonómicas que comprende la flora, y.
- La heterogeneidad del ambiente.

Biológicamente, el área de estudio está incluida en la ecorregión Tundra seca de alta montaña (ETH), Clima frío (DWb) y clima de nieve perpetua (EFH). (Koppen, 1931) Fisiográficamente, esta área está definida como parte de la Cordillera de los Andes. La precipitación mensual promedio estimada es 67,6 mm, y el promedio de temperatura es 6°C en Verano y –7°C en invierno.

Debido a las condiciones de temperaturas extremas, la presencia de vegetación y fauna es mínima. Prácticamente se aprecia un tipo de vegetación característico de Puna, la cual se caracteriza por la presencia de pastos naturales (gramíneas) y algunas asociaciones de líquenes que conforman bofedales en las partes bajas de las quebradas. La vegetación de la zona se considera como pasturas naturales que son consumidas por ganado ovino y auquénido en pequeña escala. Existen dos zonas de pastoreo en la zona de estudio, una en zona contigua al Hotel de la Unidad Minera San Rafael, y la otra a 4 kilómetros de la planta aproximadamente y a 2 kilómetros aguas abajo de la futura presa de relaves Bofedal III.

5.2.2 Flora Terrestre

Características Generales de la Flora en el Área de Concesión

a.1 Las Praderas Nativas y los Pisos Altitudinales.

Tosi (1976), considera para la región serrana, donde se encuentran las praderas nativas, tres pisos altitudinales: el subalpino, el alpino y el nival. El área de influencia del proyecto de relaves "Bofedal III" abarca de manera directa e indirecta estos tres pisos altitudinales. De estos tres pisos, el subalpino es el más extenso y, por tener el más alto grado de eficiencia térmica de los tres. Dentro de él no hay un solo mes con temperatura media inferior a los 0°C. Sus límites altitudinales inferiores, donde se une con el piso montano, varían mucho de localidad a localidad, según en gran parte, por efecto de varios factores tales como el grado de humedad, nubosidad y exposición topográfica. Los límites donde se encuentra son los 3700 y 4250

msnm. (Antauta). En el límite inferior se le encuentra donde hay mucha humedad y exposición a vientos o aires fríos procedentes de glaciares ubicados en la parte superior. En el límite superior, la ubicación corresponde a las localidades bien protegidas y de sólo moderada humedad.

En la mayoría de lugares, esta vegetación típica se extiende solamente unos doscientos o trescientos metros más arriba de sus límites inferiores, siendo separada siempre de la zona de heladas perpetuas de la formación nival por una zona de 200 a 300 m, casi desprovista de vegetación.

Región de las Praderas Nativas

Está comprendida entre los 3800 y 4400 msnm., entre los tres pisos altitudinales mencionados. En su mayoría se compone de una vegetación baja, cuya época de crecimiento coincide con la estación de lluvias. La mayoría de las gramíneas son perennes. Su tamaño, sin considerar el de los tallos floríferos, alcanza 1 metro en las especies más altas como la *Festuca dolichophylla*. Los arbustos, si están presentes, son muy diseminados. Al finalizar la estación de crecimiento para las gramíneas y durante la época seca las hierbas más delicadas desaparecen, quedando una vegetación compuesta principalmente por gramíneas.

a.2 Formaciones y Asociaciones Vegetales

Las formaciones vegetales son producto de las condiciones ambientales presentes en el área en donde se desarrollan. Por lo tanto, una asociación

es capaz de soportar una comunidad de plantas que difieren de otras áreas en el tipo de suelo, humedad, composición florística y productividad.

Debido a la variada fisiografía del área del estudio, en donde los pisos altitudinales gradan desde aproximadamente los 2 900 msnm hasta las altas cubres de los nevados, permite la presencia de un número muy considerable de biotopos, en donde la temperatura va a determinar fundamentalmente la presencia de las biocenosis. Por ello, la flora presente en el área del estudio está conformada por siete formaciones vegetales, los cuales son:

- Césped de Puna
- Pajonal de Puna
- Bofedal
- Vegetación de las rocas y de los pedregales

Césped de Puna

Este tipo de vegetación fisonómicamente es muy similar a la tundra ártica, pero se diferencia en que los líquenes y musgos son de importancia secundaria. El nombre de la formación se deriva del hecho que muchos tallos son pequeñísimos, o en donde los tallos alargados se ocultan bajo el suelo, desarrollándose paralelo a él o en el interior de las almohadillas.

Florísticamente está dominado por especies de porte almohadillado, arrosado y gramíneas de porte bajo. Entre todas las formaciones vegetales, ésta se encuentra muy reducida debido a las condiciones fisiográficas. Entre las especies representativas se tiene:

Calamagrostis vicunarum "crespillo"

Aciachne sp. "pacu pacu"

Eragrostis toluensis "pasto"

Poa aequatoriensis



Figura 5.1: *Calamagrostis vicunarum*, especie característica del césped de puna

Pajonal de Puna

Esta formación se caracteriza por presentarse en manojos aislados o más o menos en densas agrupaciones de matas de gramíneas de medio metro de altura aproximadamente. Todas estas gramíneas altas llevan el nombre vernacular de "ichu" o "paja" en todo el territorio andino. Se localiza de manera aislada dentro de la formación de césped de puna y en lugares protegidos de los fuertes vientos. Las gramíneas características de esta formación está dada por especies de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*. Entre las especies representativas se tiene:

Festuca dolychophylla "chilliwa"

Festuca orthophylla

Stipa ichu "ichu"



Figura 5.2: Pajonal de puna en inmediaciones de la laguna Suytucocha

Bofedal

Este tipo de vegetación se localiza mayormente en el área en donde desaguan las lagunas. Ocupa terrenos horizontales o poco inclinados cual proporciona al suelo la suficiente humedad proveniente del desagüe de la laguna y de las filtraciones. Las especies dominantes de esta formación vegetal son:

<i>Distichia muscoides</i>	"champa"
<i>Azorella yareta</i>	"yareta"
<i>Plantago rigida</i>	"champa estrella"
<i>Eragrosits toluensis</i>	"pasto"
<i>Stipa ichu</i>	"ichu"



Figura 5.3: Bofedal aguas debajo de la Quebrada presenta una cobertura vegetal permanente.

Vegetación de las Rocas y Pedregales

Las zonas rocosas y pedregosas están ubicadas mayormente en los flancos abruptos, superando los 4 600 msnm. Es la formación vegetal representativa en el área. Presentan entre escasos pajonales de "ichu" grandes comunidades de especies arbustivas, siendo la Familia Asteraceae la más representativa entre los que se tiene especies de los géneros *Baccharis* y *Bidens*. El pajonal de ichu está representado por las especies:

Festuca dolychophylla "chilliwa"

Stipa ichu "Ichu"



Figura 5.4: Vegetación característica de suelos pedregosos, se observa una agrupación de *Senecio canescens*, es buena conservadora de suelos.

a.3 Aspectos Temporales de la Vegetación

Los pastos rebrotan y crecen de acuerdo al inicio de las lluvias. En años de precipitaciones regulares, el rebrote comienza a partir de los meses de noviembre o diciembre y en enero ya se puede apreciar que las plantas alcanzan alturas variables de 0,05 a 0,50 metros; época en que el ganado come ávidamente los pastos alterando mucho su ciclo vegetativo. Sin embargo, hay algunos pastos que resisten las heladas sobre todo si se

encuentran en lugares abrigados y bajo riego. En las partes planas se puede observar que la vegetación está constituida por gramíneas altas como la *Festuca dolichophylla*, distribuida en tufos y gramíneas chatas o bajas como las *Muhlenbergia* y *Distichilis humilis*. En las partes quebradas, la vegetación es variada; con las gramíneas altas se mezclan plantas espinosas como arbustos de *Berberis* y también *Cactáceas* del género *Opuntia*. Asimismo, se encuentra especies de otras familias, como leguminosas, compuestas, rosáceas, ciperáceas, polygonáceas, etc.

5.2.3 Fauna Terrestre

Condiciones Generales de la Fauna

La fauna que vive en la zonas altoandinas muestra varias adaptaciones a las condiciones peculiares de altura, la más importante es protegerse de las extremas temperaturas, para ello algunas especies cavan sus madrigueras o buscan su comida dentro del suelo. La poca profundidad y pedregosidad del suelo son limitante para la fauna endógena. Algunas especies hibernan y otras prefieren migrar hacia lugares menos fríos. Las grandes extensiones del altiplano han determinado, además de las adaptaciones al frío, la especialización de animales corredores, como ejemplo se tiene a los camélidos sudamericanos como la llama (*Lama glama*) y la alpaca (*Lama. Guanicoe*) y entre las aves corredoras se tiene a las perdices *Nothoprocta spp.*

Las lagunas y lagos de altura se caracterizan por la presencia de fauna propia, entre la cual anátidos del género: *Anas* y *Chloephaga* y otras aves acuáticas.

Distribución de la Fauna en el área del Estudio.

En líneas generales, la fauna se va a distribuir principalmente a las formaciones vegetales presentes las cuales van a utilizar como zonas de descanso, refugio y nidificación y a las alteraciones perturbaciones que éstas presentan. La característica que presentan los animales es su fácil desplazamiento, las barreras geográficas existentes en el área del estudio son las cadenas montañosas y los cursos de agua los que son superadas mayoritariamente.

Teniendo en cuenta esta característica, se tiene:

Fauna de las Comunidades de Hierbas Pulviniformes (césped de Puna)

Este tipo de formación vegetal permite la presencia de mamíferos como el “zorro andino” *Pseudolapex culpaeus*, el cual recorre constantemente los pastizales en busca de alimento; el “zorrino andino” *Conepatus rex*, de costumbres nocturnas. Entre las aves es frecuente la presencia de la “bandurrita cordillerana” *Upucerthia validirostris jelskii* el cual anida en las pampas en galerías de hasta un metro de profundidad; el “pampero común” *Geositta cunicularia* que también anida en galerías; la “golondrina andina” *Petrochelidon andecola*, la “mosqueta silvadora” *Camptpsdtoma obsoletum*,

el “halcón perdiguero” *Falco femoralis* y el “piccholín” *Phrygilus gayi* entre los más representativos.

Fauna del Pajonal de Puna

Esta formación vegetal en el área de estudio ocupa reducidas superficies de fondos de valles y quebradas, lo cual permite relativamente la presencia de especies de mayor tamaño. Se tiene así que entre los mamíferos al “zorro andino” *Pseudolapex culpaeus*; y varias especies de roedores. Entre las aves se tiene al “pampero común” *Geositta cunicularia*, el “arriero” *Agriornis montana*, el “pampero andino” *Geositta saxicolina*, la “chinalinda” *Phalcobaenus albogularis*, el “aguilucho común” *Buteo p. polysoma*, el “gorrión americano” *Zonotrichia capensis* y la “tórtola cordillerana” *Metriopelia m. melanoptera*, entre los más representativos.

Fauna de la Vegetación de las Rocas y Pedregales

En este piso de vegetación presenta un mayor número de especies que en los anteriores por presentar varios biotopos. Entre los mamíferos se tiene al “zorrino andino” *Conepatus rex* y el “zorro andino” *Pseudolapex culpaeus*. Entre las aves se tiene la mayor presencia de falcónidos, entre los que se tiene a la “chinalinda” *Phalcobaenus albogularis*, el “cernícalo americano” *Falco sparverius* además se tiene la presencia del “gorrión americano” *Zonotrichia capensis*, la “tórtola cordillerana” *Metriopelia m. melanoptera*, entre los más representativos.

Fauna de las Lagunas

La mayor parte de las lagunas altoandinas permite la presencia de importante fauna silvestre debido a la diversa variedad de biotopos, lo que se ve favorecida por su morfología, su litoral poco profundo lo que ha permitido la acumulación de nutrientes para el desarrollo de una vigorosa vegetación acuática sumergida. En los barrancos rocosos de la laguna, muchas aves anidan o buscan refugio en ellas, por presentar cavidades, cornisas planas, salientes y pequeñas cuevas, como por ejemplo la “chinalinda” *Phalcobaenus albogularis*, el “aguilucho cordillerano” *Buteo poedilochrous*, el “yanavico” *Plegadis ridgwayi*, la “golondrina andina” *Petrochelidon andecola*, la “tórtola cordillerana” *Metriopelia m. melanoptera*.

Condiciones de la Fauna en el Área de Explotación Minera

- **Especies Registradas en el Área de Concesión**

Se registró 29 especies de vertebrados, entre los cuales 25 especies son silvestres, y 4 son especies domesticadas, lo cual vemos en el cuadro a continuación:

Cuadro N° 14

CLASE	Nro. de Especies
Anfibio	1
Reptiles	2
Aves	16
Mamíferos (silvestre)	6
Mamíferos	4
Total	29

Una lista de especies de vertebrados registrados en el Área de Concesión se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 15

Clase	Familia	Especie	Nombre común
ANFIBIOS	Bufonidae	Bufo spp.	"sapo común"
REPTILES	Tropiduridae	<i>Liolaemus alticolor</i>	"lagartija andina"
		<i>Liolaemus spp</i>	"lagartija"
AVES	Anatidae	<i>Chloephaga</i>	"huallata"
		<i>Anas specularioides</i>	"pato crestón"
	Falconidae	<i>Phalcoboenus</i>	"alcamari"
		<i>Falco sparverius</i>	"cernícalo"
	Columbidae	<i>Columba maculosa</i>	"paloma andina"
		<i>Metriopelia</i>	"tórtola"
	Picidae	<i>Colapses rupicola</i>	"pito"
	Trochilidae	<i>Oreotrochilus estella</i>	"colibrí andino"
Furnaridae	<i>Cinclodes fuscus</i>	"cinclodes"	
AVES	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola alpina</i>	"dormilona"
	Carduelidae	<i>Carduelis atrata</i>	"jilguero negro"
	Emberezidae	<i>Diuca specularifera</i>	"diuca aliblanca"
		<i>Zonotrichia capensis</i>	"pichitanca"
		<i>Sicalis uropygialis</i>	"amarillito"
MAMIFEROS	Mustelidae	<i>Conepatus rex</i>	"zorrino andino"
	Muridae	<i>Chroeomys spp.</i>	"ratón andino"
	Cavidae	<i>Cavia spp.</i>	"cuy silvestre"
	Chinchilidae	<i>Lagidium peruvianum</i>	"vizcacha"
	Canidae	<i>Duscyion spp.</i>	"zorro"
	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	"vicuña"
		<i>Lama glama</i>	"llama"
		<i>Lama pacos</i>	"alpaca"
	Cervidae	<i>Hippocamelus</i>	"venado"
Ovidae	<i>Ovis aries</i>	"oveja"	

Especies Protegidas

Con respecto a las especies de fauna reportadas en el área de San Rafael, éstas han sido comparadas con la lista oficial de fauna amenazada y en peligro, del Ministerio de Agricultura, contenida en el Decreto Supremo N° 034-2004-AG, teniendo como resultado la presencia de dos (2) especies de fauna comprendidas dentro de esta relación en el Área de Influencia Indirecta de la Concesión Minera San Rafael.

Cuadro N° 16 Lista de fauna silvestre protegida en el Área de Influencia Indirecta (D.S. N° 034-2004-AG)

Nombre científico	Nombre común	Categoría
<i>Hippocamelus antisensis</i>	"venado"	Vulnerable
<i>Vicugna vicugna</i>	"vicuña"	Casi Amenazado

5.2.4 Recursos Hídricos

El agua proviene del deshielo de los nevados de la zona, San Bartolomé y San Francisco de Quenamari, dando origen a la escorrentía presente en la zona, las lagunas existentes en el área de concesión (con excepción de la laguna de Chogñacota) son el resultado de las obras de represamiento efectuadas por la empresa. Esta escorrentía regula el régimen hidrológico que alimenta a la quebrada de Chogñacota, las lluvias estacionales, contribuyen a incrementar el volumen de agua existente en la zona. El río Chogñacota desemboca en el río Antauta.

Los principales cuerpos de agua presentes en la zona son las lagunas de Chogñacota, Suytocochoa, Chichacocha, Suyrocochoa, Estancocochoa y Yanacocha, las cuales pertenecen al Sistema Hidrológico de la sub cuenca del río Azángaro, el cual a su vez es tributario de la cuenca del río Ramis, que desemboca finalmente en el Lago Titicaca. El volumen total de almacenamiento de estas lagunas (sin incluir la de Chogñacota) es de 1'900 000 m³, el siguiente cuadro ilustra los valores:

Cuadro 17

Laguna	Capacidad (m³)
Suytocochoa	426 928
Suyrocochoa	42 000
Estancocochoa	946 928
Yanacocha	371 063
Chicocochoa	121 725
Total aproximado	1'900 400

Fuente: PAMA MINSUR S.A.- Mina San Rafael

El cuerpo hídrico más cercano a las operaciones es el río Antauta, el cual nace de la confluencia de los ríos Viscachani y Añajaja; el Antauta es un río de régimen torrencioso sólo en época de lluvias, con un cauce sinuoso y pedregoso.

5.2.5 Hábitat y Flora Acuática

En el área de la concesión los cuerpos de agua poseen escasa a nula cobertura acuática. Ello se debe a las características del sustrato y calidad

de aguas. Esta ausencia de vegetación se debe a que sus aguas poseen bajos niveles de pH (3,96) y sobre todo que los cursos de agua que alimentan a las lagunas no les proporcionan nutrientes, bien sea disueltos en el agua o bien contenidos en la carga en suspensión y en los arrastres de fondo, los cuales son básicos para el desarrollo de la vida lacustre al favorecer la difusión de los elementos disueltos.

Las comunidades de macrófitas ocupan las zonas poco profundas y, en general, se distribuyen de la siguiente manera según la profundidad:

Grupo de orilla, donde se desarrollan dos umbelíferas de los géneros *Lilaeopsis* e *Hydrocotyle*, salvo en las orillas rocosas o pedregosas.

Grupo *Myriophyllum-Elodea*, cuya profundidad ideal para su crecimiento es de 1-2 m, aunque también se encuentra en zonas anegadizas.

Grupo *Schoenoplectus totora*, el cual ocupa las profundidades de 2,5 a 4,5 m, aun hasta 5,5 m.

Grupo de *Charneca*, constituido principalmente por el género *Chara*, el cual se observa en general a partir del límite inferior de la totora, hasta una profundidad de más de 15 m.

La totora y el llachu constituyen también un componente fundamental de la alimentación del ganado de las zonas ribereñas al lago; la totora, además, es de una gran importancia para la construcción de embarcaciones, esteras y techos de casas, para las artesanías y para la alimentación de la población.

Sedimentos Acuáticos

El área de estudio se caracteriza por presentar suelos mayormente desnudos, con materiales detríticos pedregosos de procedencia de antiguos glaciares, los que han dejado extensas morrenas al pie de los valles.

Esta característica hace que las lagunas como Yanacocha y Suytocochoa Aciruni y los vasos artificiales como Suyrococha, Chicococha, Estancocha no presenten sedimentos en sus orillas, pues son vasos de paredes rocosas detrítico-pedregosas. Estos vasos presentan la característica de tener agua de bajo pH, por lo cual no presentan vegetación acuática y por ende fauna silvestre relacionada.



Figura 5.5: Zona litoral de la laguna Suytocochoa. Sustrato detrítico pedregoso, carente de sedimentos. Se aprecia la transparencia de sus aguas y la ausencia de vegetación acuática.

CAPITULO VI

EVALUACION Y GESTION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

6.1 Estabilización Física de los relaves y echaderos del desmonte

Se caracterizo el relave para el cual se desarrolló una Evaluación Petrominerográfica, Química y Potencial Neto de Neutralización de los relaves dando como resultado que los relaves generados en la planta concentradora, están constituidos por un material de naturaleza limosa y son depositados en la presa de relaves. Al realizar el análisis de la composición mineralógica de los relaves dio:

Cuarzo	55 %
Feldespatos	15 %
Cloritas	8 %
Sericita	7 %
Flogopita	5 %
Arcillas	8 %

Cuadro N° 18 Resultados de los Análisis Espectrográfico Semicuantitativo de la Muestra de Relaves

Muestra	E. Mayores	E. Menores	E. Trazas	Vestigios
Relave	Si Al	Fe Mg	Ca Ti Pb Sn Cu Mn Na Ag K B	Zn Be

El análisis de la composición química de relaves es la siguiente:

Componentes	%
SiO ₂	72,46
Al ₂ O ₃	13,46
Fe ₂ O ₃	8,78
CaO	1,10
MgO	2,28
Na ₂ O	0,08
K ₂ O	0,15
Sn	0,650
Cu	0,034
Pb	0,012
Zn	0,059
As	0,005
S	0,43
Ag (Oz/TM)	0,018
Au (g/TM)	0,017

Potencial Neto de Neutralización (PNN)

La generación de drenaje ácido en las presas de relaves es un problema ambiental característico de los yacimientos polimetálicos que contienen alta proporción de pirita. La caracterización química de estos materiales es eficaz para predecir, si ocurrirá generación de drenaje ácido en el corto, mediano o largo plazo. Esta caracterización se logra determinando el Potencial Neto Neutralizante (PNN), de acuerdo a los siguientes criterios:

- **Potencial de Acidez (PA):** Definido como la capacidad de un material de generar ácido, depende exclusivamente de su contenido de sulfuros. En la práctica se determina multiplicando el factor 31,25 por el contenido de azufre presente como sulfuro (en %), es decir:

$$PA = \%S \times 31,25$$

- Potencial de Neutralización (PN): Definido como la capacidad de un material para neutralizar ácido, depende exclusivamente de su contenido de materiales consumidores de ácido tales como carbonatos, óxidos, etc., se determina experimentalmente, mediante adición de un ácido a una muestra del mineral considerado y titulación del ácido no consumido con una solución de NaOH.
- Potencial Neto de Neutralización (PNN): Definido como la capacidad neta de un material de neutralizar o generar ácido, se determina a partir de los parámetros anteriores de acuerdo a la relación:

$$1. \quad \text{PNN} = \text{PN} - \text{PA}$$

Otro término importante es el cociente PN/PA, pues las reglas o criterios de estabilidad están referidos tanto al PNN, como a este cociente. Los criterios que se toma para determinar si una muestra de relave es generadora de drenaje ácido de roca (DAR) o no, son los siguientes:

Cuadro N° 19 Primer Criterio de Estabilidad Química

Valores	Interpretación
$\text{PNN} > +20$	No generará drenaje ácido
$\text{PNN} < -20$	Si generará drenaje ácido
$-20 < \text{PNN} < +20$	Incertidumbre, puede o no generar drenaje ácido

Cuadro N° 20 Segundo Criterio de Estabilidad Química

Valores	Interpretación
$\text{PN/PA} > 3.0$	No generará drenaje ácido
$\text{PN/PA} < -1.0$	Si generará drenaje ácido
$1 < \text{PN/PA} < 3.0$	Incertidumbre, puede o no generar drenaje ácido

Las unidades del PN, PA, PNN están expresados en Kg de CaCO₃/TM

Cuadro N° 21 Interpretación de Pruebas Balance Ácido – Base

% S	POTENCIAL GENERADOR DE ACIDO	ZONA DE INCERTIDUMBRE	NO GENERADOR DE ACIDO
	-20	0	+20

Potencial Neto de Neutralización (PNN)

Kg CaCO₃ Equivalente por TM.

Se tomo una muestra de relave, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro N° 22 Resultado de laboratorio de muestras de relaves

MUESTRA	%S	PN	PA	PNN
Relaves	0,43	71,07	13,43	+ 57,64

Fuente: UNI

Donde:

% = Porcentaje de azufre como sulfuro

PN = Potencial de neutralización

PA = Potencial de acidez

PNN= Potencial neto de neutralización

Posibilidades de drenaje ácido (DAR)

Los resultados de potencial neto de neutralización de la muestra de relaves son: + 57,67 expresado en Kg CaCO₃/TM, lo que nos indica que los sulfuros de la mina son muy escasos y la muestra NO GENERA DRENAJE ÁCIDO.

Teniendo en cuenta estos resultados, no será necesario implementar una cobertura que impida el paso del agua, por esto se seleccionará una alternativa de cobertura del tipo 2 la cual se detalla en el item de revegetacion.

6.1.1 Bocaminas

Con respecto a las diversas bocaminas abiertas representan un riesgo físico para habitantes, turistas y animales e incluso a los mismos trabajadores de la mina, que pueden entrar en ellas sin las medidas de protección necesarias y sufrir accidentes, siendo las de mayor riesgo las bocaminas que se encuentran cerca de poblados. Por otro lado, las bocaminas pueden ser las vías de entrada de aire al interior de las labores mineras, y salida de las aguas de mina, y por lo tanto, origen de la generación de drenaje ácido porque estas condiciones favorecen la oxidación de los sulfuros y la disolución de los metales pesados.

Finalmente, las bocaminas tienen un efecto paisajístico negativo. El cierre de las bocaminas tiene como objetivo prevenir o mitigar estos impactos negativos, mejorando la calidad del drenaje de las labores mineras, bloqueando el ingreso de aire a ellas. El cierre de bocaminas mediante taponeo cumple dos funciones a la vez: Estabilizar Físicamente y Geoquímicamente. En las bocaminas sin drenaje la función es básicamente contribuir a la seguridad y a la estabilización física. En las bocaminas con drenaje, además de estas 2 funciones, es más importante su contribución a la estabilidad geoquímica.

Las bocaminas sin drenaje, conocidas también como bocaminas secas, no causan impactos negativos porque no generan acidez, pero presentan un riesgo potencial de accidentes para personas y animales, además del

impacto visual que causa al paisaje del entorno. Para prevenir estos problemas puede adoptarse las siguientes medidas:

La construcción de un muro que impida el ingreso de personas y animales, lo que no daría una vista acorde al paisajismo. Se coloca una reja de metal para impedir el ingreso de personas y animales, lo que no garantiza la permanencia de esta porque puede ser sustraída por algún lugareño y la corrosión la dañaría a corto o mediano plazo, así como tampoco se lograría una vista paisajista adecuada. Bloquear los caminos de accesos para impedir el ingreso y no hacer ningún trabajo en la bocamina.

Estos resultados provienen de la evaluación en la siguiente matriz:

MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS			ALTERNATIVAS			
			a	b	c	d
CARACTERÍSTICAS, ATRIBUTOS Y BONDADES		PONDERACIÓN	Método Hermético o descarga cero	Método del rebose	Método de bloqueo de aire	Método mixto
1	Costo	5	△	○	●	○
2	Sistema constructivo	3	△	△	●	△
3	Garantía Ambiental	5	●	●	●	●
4	Control y monitoreo	2	△	○	○	○
5	Tiempo de ejecución	1	○	○	○	○
6	Riesgo de Falla	5	△	○	○	○
7	Impacto Visual	3	●	○	○	○
8	Aporte social	3	○	○	○	○
9	Seguridad a personas y animales	5	△	●	●	●
10	Garantía de perpetuidad	4	△	●	●	●
TOTAL			108	186	240	186

Legenda: △ = Poco Correlacionados

O = Correlacionados • = Muy correlacionados
En blanco = Sin correlación

El resultado de la matriz de selección señala al Método de Bloqueo de aire como la alternativa mas adecuada.

6.1.2 Chimeneas

Los trabajos de labores mineras subterráneas traen como consecuencia la excavación vertical en roca con una geometría definida con los fines de ventilación, acceso, transporte de materiales y otros, estas excavaciones comunican muchas veces las galerías con la superficie. Los criterios de cierre se basan en cumplir los objetivos de cierre, por lo que se tiene dos métodos de cierre de chimeneas:

Las **tapas de acero**, pueden ser usadas para un cierre temporal, pues son de fácil fabricación y colocación, pero no son perdurables en el tiempo, permiten el ingreso de aire y agua y pueden ser utilizadas por los pobladores vecinos con otro fin. Las **vigas prefabricadas de concreto** son un método que cumple con los objetivos de cierre y la metodología de construcción.

6.2 Estabilización Geoquímica

Para lograr la estabilización Geoquímica podremos hacerlos en las operaciones mineras donde podamos controlar los agentes que causen contaminación ya sea que no logren mezclarse o aislándolos.

Al realizar la explotación de la mina y por el método subterráneo hacemos ingresar aire (oxígeno), por eso cuando ya no operamos un método eficiente para prevenir y/o remediar los impactos ambientales de las bocaminas que presentan drenaje consiste en el taponeo de éstas. Las diversas alternativas existentes para el taponeo de bocaminas tienen como efecto la mejora de la calidad del efluente. Debe tenerse en cuenta que, para que se genere drenaje ácido de roca (DAR), se requiere que estén en contacto el mineral de sulfuros, oxígeno y agua. Esto lo vemos en la siguiente figura 6.1:

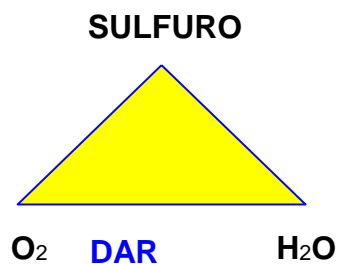
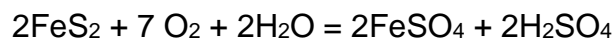


Figura 6.1: Principio de la generación de drenaje ácido

Si no se cumple esta condición, al no estar en contacto estos tres elementos no hay generación de ácido. En este principio se basan los diferentes métodos de prevención de la generación de drenaje ácido. La reacción principal que explica la generación de ácido es la siguiente:



Describimos los métodos de taponeo de bocaminas que pueden aplicarse.

Método hermético o de descarga cero

Consiste en la construcción de un tapón hermético de concreto que confina el agua dentro de la galería, inundando las labores debido a la recuperación

del nivel freático. Generalmente este tipo de tapón debe tener algunas decenas de metros de longitud, debe tener una forma que impida que pueda ser expulsado por la presión hidrostática que se genere por la inundación de las labores, incluyendo chimeneas, tajeos explotados, etc. Dentro de las labores mineras, los sulfuros expuestos, al estar sumergidos en agua, dejan de oxidarse, y queda anulada la generación de drenaje ácido.

Método del rebose

En este método se tiene que taponear en forma hermética la galería inferior, permitiendo el rebose de agua por una bocamina ubicada en un nivel superior. Se reduce el caudal y también el contenido de ácido y metales en el drenaje, al estar inundadas parte de las labores mineras. Para que este escenario ocurra debe haber una galería en un nivel superior.

Método de bloqueo de aire

Este método permite, mediante una trampa, la salida de agua, pero impide el acceso del aire al interior de la galería. En este caso la acumulación de agua en el interior de la galería está limitada a la altura de la trampa. Por lo tanto la longitud del tapón es pequeña, por no haber una presión hidrostática significativa. Al impedir el ingreso de aire, el oxígeno se agota al interior de las labores mineras, se evita que la oxidación de los sulfuros progrese, y por lo tanto, se paraliza la generación de drenaje ácido y el pH de las aguas gradualmente tiende a neutro, reduciéndose también paulatinamente el contenido de metales disueltos y totales.

Método mixto

Este método combina los dos últimos métodos (b y c); se hace un cierre hermético de la labor inferior, y un cierre con bloqueo de aire en el nivel superior. La selección de uno u otro método depende de las características de cada mina, entre ellas, del tipo y calidad de la roca, presencia de fallas o fracturas, el nivel freático, número de niveles y la profundidad de las labores mineras, pudiéndose aplicar más de un método en un centro minero. Para todos los métodos se tendrá que acumular material para restaurar la topografía inicial y revegetarla para dar una vista acorde con el paisaje.

En la figura 6.2, se puede apreciar el esquema de los 4 métodos de taponeo de bocaminas.

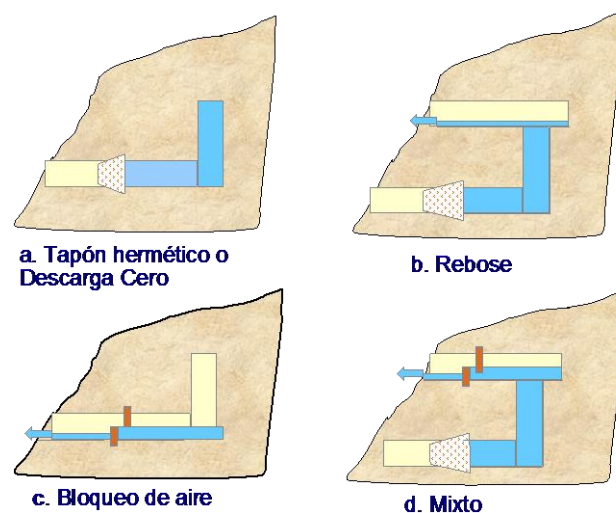


Figura 6.2 Métodos de Taponeo de Bocaminas

6.3 Estabilización Hidrológica

El sistema de manejo de aguas en la zona de estudio contribuirá a la estabilización hidrológica de la zona de mina subterránea, Instalaciones de

procesamiento, instalaciones de manejo de residuos, instalaciones de manejo de aguas. Así los trabajos prioritarios a tener en cuenta deberán apuntar a la concepción de soluciones que sean técnica y económicamente viables, en ese sentido, se estudiará los lugares donde serán emplazadas las obras, sean éstas elementos receptores, cajas colectoras, alcantarillas, estructuras de disipación, etc.

Es imprescindible captar las escorrentías producto de la precipitación y drenarlas a las quebradas naturales, para ello, se calculará y dimensionará los elementos de conducción para una precipitación establecida. Para un funcionamiento efectivo del sistema de manejo de aguas, se ha de tener en cuenta los criterios establecidos por las diferentes disciplinas, dentro de las que destacamos la agronómica, la cual dará parámetros de distanciamiento entre elementos de conducción, la misma que asegurará un crecimiento de las plantas.

La geotécnica permitirá conocer el ángulo de estabilidad de los taludes y del mismo se desprenderá el diseño geométrico que han de tener los elementos de conducción. Es necesario tener los parámetros establecidos en los estudios hidrológicos en lo referente a la intensidad y duración de las lluvias y su periodo de retorno. Los mismos que, enlazados al área a ser drenada, permitirán obtener el caudal de diseño.

Los objetivos trazados en el estudio están enmarcados dentro de los conceptos del sostenimiento de la estabilidad hidrológica en el tiempo. En ese sentido se contemplará las obras que sean necesarias para el aseguramiento del funcionamiento hidrológico en el tiempo.

En ese sentido los siguientes son los objetivos perseguidos en el estudio:

- Estabilidad hidrológica en la zona de estudio.
- Determinación de las obras necesarias a ser emplazadas en la zona de estudio.
- Diseño hidrológico en las zonas de las bocaminas, presas de relaves y la zona de la mina.
- Diseño hidráulico de las obras en la zona de estudio.

La finalidad de las obras de estabilidad hidrológica es evitar que el material depositado actualmente en los cauces de las quebradas y taludes de cerros continúen en contacto con el flujo de agua proveniente de la quebrada, el cual ocasiona el transporte aguas abajo de los depósitos.

Se colocarán canales a lo largo de la quebrada Chogñacota, así como también se construirá un sistema de drenaje a lo largo del eje de la quebrada para recolectar el agua que precipitara en la zona de la presa de relaves que consiste en tuberías perforadas de 4" que descargan hacia el dren central. El sistema de canales proyectados cuenta con un sistema de vertederos laterales que descargan el caudal excedente hacia 6 reservorios proyectados los que abastecerán de agua con fines de riego.

Esta actividad se complementa con la cobertura para prevenir la generación de drenaje ácido y generar una estabilidad física de todos los componentes de la Unidad Minera.

6.4 Revegetación

En la revegetación debemos procurar que el diseño del sistema de cobertura sea exitoso para eso es necesario tener en cuenta varios pasos a seguir que están ligados directamente con la instalación de la cobertura vegetal. Los pasos a seguir para remediar zonas alteradas por actividades mineras son:

6.4.1 Diseño del Sistema de Cobertura de la Unidad Minera

Se seleccionará los lugares que son considerados necesarios de remediar con coberturas y en su defecto revegetar.

-Caracterización de los diferentes componentes a revegetar

Del análisis de estabilidad se resume que el talud propuesto es de 2H: 1V. Además se ha encontrado que no existen zonas que generen drenaje ácido. En los bojedales, la relavara, bocaminas y chimenea, se realizará primero el trabajo de estabilización física, mediante corte y relleno hasta lograr superficies planas en la parte superior, pero con una ligera inclinación a fin de reducir la infiltración y posibilitar su afluencia pendiente abajo sin erosión, y tener taludes estables de un mínimo de H/V de 2/1, y 1.75/1 aunado a un sistema de manejo de agua de escorrentía.

-Caracterización y Evaluación del Entorno

Tal como lo indica el estudio hidrológico, la Unidad Minera San Rafael se encuentra en la zona de puna, donde la temperatura promedio es de 6°C. Los taludes son pronunciados presentando poca o ninguna cobertura natural, debido probablemente a los agentes atmosféricos externos tales como el viento o la lluvia. En esta consideración, las coberturas no deberían tener revegetación, sólo cumplir con hacer drenante e impedir la infiltración, sin embargo se utilizará especies que resistan estas condiciones. Después de estos trabajos de perfilado, se procederá a colocar los sustratos o coberturas y luego se procederá a revegetar.

6.4.2 Selección de coberturas

Para el cierre de Bocaminas y Chimeneas se utilizará, como materiales de cobertura para prevenir la erosión y la infiltración de agua, los siguientes materiales: arcilla y sustrato. Para el caso de la Relavera se utilizará como materiales de cobertura: Sustrato de Grava, Top Soil y cobertura con una Especie Vegetal.

- Arcilla

La composición de las arcillas corresponde a alúminosilicatos hidratados. Las partículas de este mineral tienen diámetro menor a 2 micras, correspondiendo a suelo de textura fina, siendo muy elástico y pegajoso cuando está húmedo, y es duro cuando se seca, siendo lenta su

consolidación. El humedecimiento, en algunos casos, llega hasta la saturación, siendo la causa las precipitaciones pluviales, las escorrentías, etc.

Los suelos también pueden humedecerse por capilaridad, succionando el agua existente en capas inferiores. Esta capilaridad es pequeña en suelos granulares, como arena y grava, y grande en suelos arcillosos. Las arcillas son de textura laminar, compactas y tienen ductilidad. La conductividad hidráulica horizontal fluctúa entre 10^{-9} y 10^{-7} m/seg.

La arcilla a utilizar procede de la cantera de Q'ellocunca.

- Substrato

El substrato tiene como objetivo el drenar las aguas que se infiltran a través de los taludes remediados, dado que estos poseen una granulometría mayor que la tierra agrícola, asimismo, sirve como soporte a la parte radicular de la vegetación. En el caso del cierre de las Bocaminas y Chimeneas, se recomienda una cobertura que incluye una capa de arcilla y una capa de substrato.



Figura 6.3: Cobertura Tipo 1

Para el caso de la Relavera se ha elegido la cobertura que se muestra:

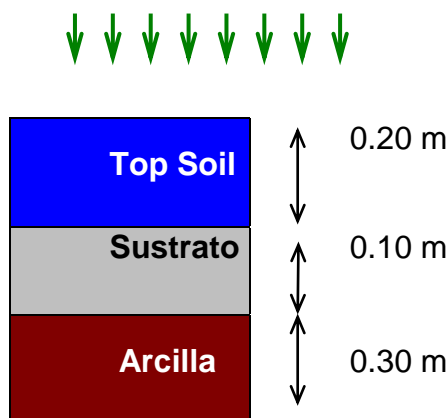


Figura 6.4 Cobertura Tipo 2

Para el caso de las zonas en la cuáles se ha quitado la cobertura natural, comprende la restauración de la cobertura vegetal con la cobertura siguiente:

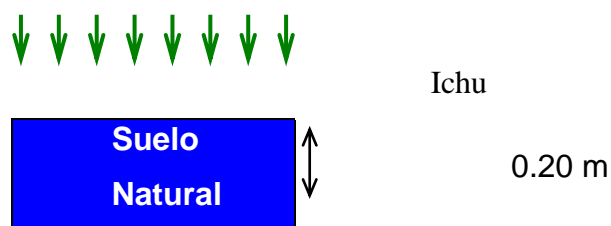


Figura 6.5: Cobertura Tipo 3

6.4.3 Selección de especies vegetales

La selección de las especies más apropiadas para la revegetación en San Rafael, está basada en las condiciones climáticas y de altitud de la zona. Según la visita de campo se pudo observar escasa vegetación, las especies nativas presentes en la zona, que pueden usarse para la revegetación son: Calamagrostis sp, de césped de puna y stipa ichu. Estas especies satisfacen las siguientes condiciones:

- Rapido crecimiento y desarrollo
- Perenne y rústica
- Soportan suelos con pocos nutrientes

- Resistencia a heladas, sequías, humedad excesiva y acidez
- Ser de preferencia especies de verde permanente
- Facilidad de obtener los materiales de propagación en cantidad necesaria (semillas, esquejes o champas).

Los pastos cultivados son en su mayoría perennes o de larga vida y su implantación es costosa, pero incrementan la producción y mejoran la pradera altoandina. Los aspectos siguientes deben ser tomados en cuenta en su selección:

- Especie y variedad de la planta
- Duración de vida y aprovechamiento
- Aptitud para el pastoreo (resistencia a pisadas)
- Tolerancia al frío y las heladas
- Tolerancia a la sequía y la acidez
- Rápido crecimiento
- Alto rendimiento.

6.4.4 Descripción de Trabajos de Revegetación

La ejecución de la revegetación se realiza con la finalidad de evitar la erosión eólica, la generación de aguas ácidas y restituir el paisaje inicial a la intervención de las actividades mineras, se efectuará utilizando algunos materiales, tales como: capa impermeable de arcilla, capa de material granular, tierra de cultivo o top soil y pasto nativo (césped de puna o *Calamagrostis* sp.). Para lograr los objetivos de revegetación se seleccionará

el área adecuada de extracción de los esquejes o matas, la cual se dividirá en forma de damero de 1 m², tal como se muestra a continuación:

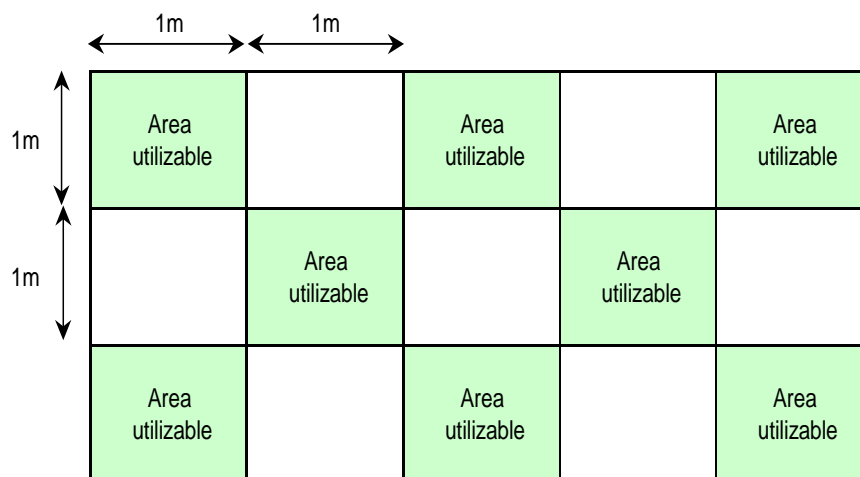


Figura 6.5 Esquema de extracción de material de revegetación

6.5 Programas Sociales

Los programas sociales tienen el propósito de mejorar los impactos socioeconómicos positivos, pues tomará medidas para incrementar el efecto en aspectos como el aumento del empleo e ingreso temporal. Asimismo, evitará o minimiza los impactos negativos evaluando y/o modificando las acciones u opciones que se haya identificado. Por último, la población de Antauta, área de influencia directa del plan de cierre de la Unidad Minera San Rafael de la empresa MINSUR se caracteriza por presentar una situación económica dinámica y próspera.

Es necesario implementar programas sociales de reconversión laboral y capacitación en empleos alternativos en actividades comerciales, ganadería y agricultura para los trabajadores de mina que son de la zona.

Del mismo modo, el programa de transferencia de bienes de la mina sólo deberá incluir la recuperación y devolución de los pasivos ambientales. Las instalaciones físicas y materiales no van a ser transferidos a la población, salvo el Centro Recreacional de Antauta que pertenece a la empresa. Pero este programa debe incluir un plan de sostenibilidad socioambiental en el largo plazo para garantizar el funcionamiento y conservación de las áreas e instalaciones transferidas. El nivel de relación de la Unidad Minera San Rafael con las comunidades vecinas es buena. Efectivamente, el escenario socio-económico-político en el que se llevará a cabo el cierre de la mina posee una atmósfera social en la que hay buenas voluntades de ambas partes: la empresa y los pobladores.

El “Estudio Definitivo del Plan de Cierre de la Unidad Minera San Rafael”, incluirá programas sociales, que ayuden a la población y el Monitoreo social del mismo, a fin que la población sea parte del Plan de Cierre de la Unidad Minera. En cuanto a las medidas de mejoramiento de relaciones sociales, éstas pueden ser planteadas en el Plan de Relaciones Comunitarias de tal manera que el Estado, las comunidades y la misma empresa puedan hacer un seguimiento de estas acciones a lo largo del Plan.

Los objetivos de los componentes sociales del plan de cierre estarán considerados en el plan de mitigación social y/o el plan de desarrollo de la comunidad una vez concluido el estudio definitivo del Plan de cierre de la

mina San Rafael. El impacto social y económico por el cierre de la Unidad Minera San Rafael será muy grave en la economía de Antauta, Porque la mayoría de las actividades económicas no agropecuarias como el comercio y los servicios existentes (alojamiento, alimentación, transporte) dependen exclusivamente de la demanda de los trabajadores temporales que viven en el pueblo. El plan de cierre de la mina debe contemplar proyectos progresivos para atenuar el impacto negativo cuando los trabajadores dejen la zona.

Cuadro Nº 20 Monto del pago de arbitrios y otros impuestos de la empresa MINSUR S.A. al gobierno local de Antauta por años

Concepto del pago por años	Monto del pago de arbitrios y otros impuestos al gobierno local (en US\$)
2001	259,82
2002	259,05
2003	259,82
2004	285,71
2005	289,88
TOTAL	1.354,29

Las oportunidades de empleo que estarán disponibles a las poblaciones de las comunidades que se derivarán del mantenimiento y monitoreo de cierre y post cierre implementados por la mina serán como sigue:

01 Monitor social por cada localidad comprendida en el área de influencia directa del cierre de la mina San Rafael para que supervise y haga el seguimiento de los programas sociales que se ejecutarán. Estamos hablando aproximadamente de 20 personas, dependiendo de la lista final de comunidades que serán afectadas por el cierre de la mina San Rafael.

Anualmente la empresa paga más de US\$ 500.000 a los trabajadores por el concepto de Compensación por Tiempo de Servicios (CTS), cuando se cierre la mina San Rafael cada trabajadores de la zona tendrá una compensación anual promedio de US\$ 1.300,00 anuales que lo podrá reinvertir en su localidad (Véase Cuadro N° 21). Los pagos que serán otorgados a los trabajadores de la mina cuando cesen las operaciones serán similares. Los montos se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 21 Monto pagado anualmente por Compensación por Tiempo de Servicios (CTS) a los trabajadores de la mina San Rafael por categorías (US\$)

Pago de CTS a los trabajadores de la mina (en US\$) por año	N° de trabajadores pagados su CTS	Monto pagado por categoría de la Fuerza Laboral (US\$)			Monto total pagado por año
		Técnicos	Profesional	Obreros	(US\$)
Año 2004	378	62.262,89	224.248,90	147.928,36	434.440,15
Año 2005	413	107.224,21	377.137,18	182.820,21	667.181,61
Total		169.487,10	601.386,08	330.748,58	1.101.621,75
Información al 31 de octubre de 2005					

El proyecto de reconversión laboral capacitará a trabajadores que viven en el área de influencia de la mina San Rafael. Esta capacitación es necesaria para la reinserción laboral de la Fuerza Laboral que depende total o en gran porcentaje de las operaciones de la mina San Rafael y consiste en dotar de habilidades para trabajos no mineros o en gestión de pequeños negocios.

Según el lugar de procedencia de los trabajadores de la mina, se estima que se capacitarán a 50 personas, siendo el costo unitario promedio para capacitar a una persona US\$ 100. El uso de la tierra al final del cierre de mina es casi exclusivo para la ganadería que es su principal actividad económica. En el pueblo de Antauta la tierra es usada para viviendas que

son alquiladas a los trabajadores. Las actividades económicas que estarán disponibles al momento del cierre son la ganadería, el comercio y servicios.

6.6 Monitoreo y mantenimiento del Ambiente Biológico

El Programa de Mantenimiento y Monitoreo Post-Cierre tiene así por finalidad, la observación, medición y evaluación periódica en mina San Rafael durante la etapa de abandono con el objeto de verificar la eficacia de las obras de Cierre realizadas. De esta manera, los programas han sido diseñados como un medio de verificación, permitiendo cuantificar y evaluar el grado de recuperación ambiental en las áreas intervenidas, tal como se presenta en el siguiente figura 6.6:

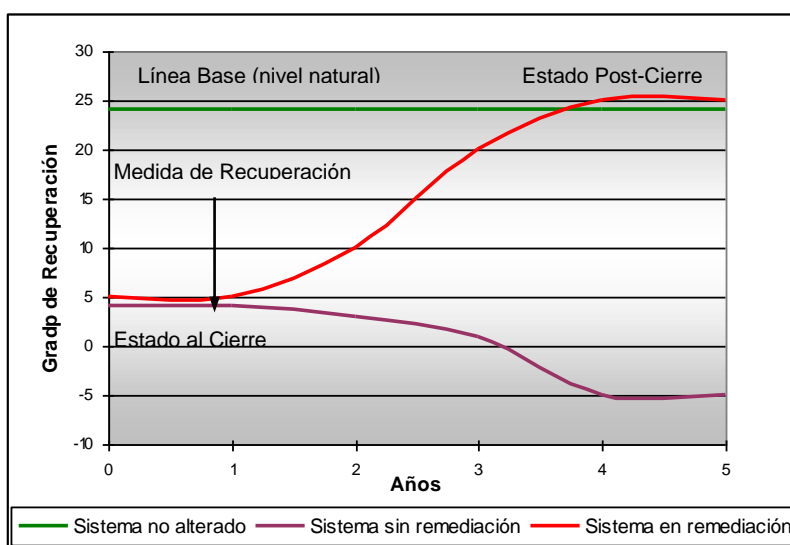


Figura N° 6.6 Recuperación de los Sistemas Ecológicos

En el gráfico se observa que una vez finalizada la vida útil de la mina, las zonas intervenidas tendrán un nivel ecológico relativamente inferior a los niveles naturales¹.

En la figura se observa que una vez finalizada la vida útil de la mina, las zonas intervenidas tendrán un nivel ecológico relativamente inferior a los niveles naturales². De este modo, al aplicar las medidas de cierre y “recuperación”, el comportamiento del sistema ira mejorando hasta alcanzar un grado de equilibrio similar al nivel del estado natural. También se observa el comportamiento del sistema si no se llegara a aplicar medidas de restauración, recuperación, etc.; en estos casos, el sistema tiende a degradarse hasta llegar nuevamente a un equilibrio por debajo del estado natural. La unidad encargada del cierre de la mina deberá designar a un equipo de profesionales y técnicos para el desarrollo de las inspecciones.

6.6.1 Mantenimiento de Estabilidad Geoquímica

El mantenimiento geoquímico está enfocado a realizar actividades de control en las obras y medidas de cierre de los componentes que potencialmente podrían generar acidez. Cabe señalar que las medidas de cierre establecidas en el presente plan, han sido diseñadas de manera que se minimice la emisión de drenaje ácido a los medios receptores, sin embargo en aquellos casos en que no ha sido posible, se han tomado las medidas necesarias para evitar el deterioro ambiental en el área de influencia de la unidad minera.

¹ El nivel natural hace referencia al estado del sistema ecológico sin la intervención de la actividad minera. Generalmente estos se determinan a través de los estudios de línea base realizados previo a las operaciones mineras.

² El nivel natural hace referencia al estado del sistema ecológico sin la intervención de la actividad minera. Generalmente estos se determinan a través de los estudios de línea base realizados previo a las operaciones mineras.

De este modo, el mantenimiento geoquímico está dirigido en caso de escenarios de cierre con cuidado pasivo, a las instalaciones para el monitoreo geoquímico y a los sistemas de cobertura y revegetación; en escenarios de cierre con cuidado activo, esta dirigido al sistema de tratamiento de aguas ácidas. La unidad encargada del cierre de la mina deberá designar a un equipo de profesionales para el desarrollo de las actividades de mantenimiento, liderados por un especialista en geoquímica.

El mantenimiento geoquímico se divide en las siguientes subactividades

Mantenimiento de Coberturas Vegetales

Mantenimiento de Sistemas de Monitoreo

6.6.2 Mantenimiento de Sistema de Tratamiento

En los escenarios de cierre con cuidado activo, es decir drenaje ácido de bocamina, se realizará un mantenimiento periódico del sistema de tratamiento. El sistema de tratamiento consiste en:

- Planta de Tratamiento de aguas ácidas.
- Sistemas de encapsulamiento de lodos.

Se dará mantenimiento periódico a las instalaciones El mantenimiento consistirá en:

- Limpieza
- Cambio de equipos en caso de rupturas, fallas, o mal funcionamiento.
- Revisión y calibración de equipos

La inspección y mantenimiento periódico será mensual, durante el periodo de operación del sistema de tratamiento. Adicionalmente se realizarán

mantenimientos en función de las inspecciones en planta y la detección de fallas en el sistema de acuerdo a los programas de monitoreo.

6.6.3 Mantenimiento de Estabilidad Ecológica

El mantenimiento de la estabilidad ecológica consistirá en las acciones de *“Mantenimiento de Coberturas Vegetales”* puesto que ello, permitirá evaluar y conocer el grado de recuperación de los ecosistemas anteriormente intervenidos por la actividad minera. El mantenimiento de la estabilidad ecológica abarca los siguientes componentes:

Cierre Progresivo

- Mantenimiento de Coberturas Vegetales para Estabilidad Geoquímica
 - Cobertura del Botadero Sur
 - Cobertura del Depósito de Relaves N° 2
- Mantenimiento de Coberturas Vegetales
 - Cobertura del Botadero Norte
 - Cobertura Aéreas de Préstamo

Cierre Final

- Mantenimiento de Coberturas Vegetales para Estabilidad Geoquímica
 - Coberturas de los Depósitos de Relaves N° 3, 4, 5, 6 y 7.
- Mantenimiento de Coberturas Vegetales
 - Cobertura Aéreas de Préstamo
- Mantenimiento de Coberturas Vegetales de Rehabilitación Acuática.

6.6.4 Programa de Monitoreo Biológico

a. Objetivos

- Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en comparación con las comunidades de referencia y de línea de base.
- Evaluación de la comunidad de peces en comparación con las comunidades de referencia y de línea de base.
- Evaluación de los niveles de metales en tejido de peces (muscular y hepático) y en un invertebrado bentónico (gusanos oligoquetos).

b. Desarrollo

Los organismos acuáticos son sensibles a los cambios ambientales y en la calidad del agua, los cambios en la diversidad, predominancia y número de organismos acuáticos. El plancton de las aguas continentales esta constituido por organismos vegetales (Fitoplacton) y organismos animales invertebrados microscópicos (zooplacton) que nadan o están suspendidos en el agua normalmente. Este es usado como indicador de la calidad del agua. Algunas especies son tolerantes a condiciones de eutrofización y otras son muy sensibles a restos orgánicos y químicos. Los cortos ciclos de vida de estos organismos, permite responder rápidamente a los cambios ambientales razón por la que la composición y abundancia de especies es un indicador de la calidad del agua.

En relación al monitoreo de sedimentos se realizarán ensayos químicos y de metales totales, los puntos de evaluación se realizará en los mismos puntos

de monitoreo de calidad de agua y en las principales fuentes y cursos de agua en el área de influencia de la mina.

Estaciones de Monitoreo

La relación de las estaciones de monitoreo se presenta a continuación:

Cuadro N° 21 Estaciones de Monitoreo Ambiental

Estación	Norte	Este	Referencia
PM-01	8 426 000 977	357 753 449	Laguna Chogñacota 1
PM-02	8 426 385 217	357 663 750	Laguna Chogñacota 2
PM-03	8 423 920 030	357 766 882	Quebrada Chogñacota 2
PM-04	8 428 198 954	354 621 098	Laguna Aciruni
PM-05	8 424 439 311	357 713 801	Relavera Bofedal III
PM-06	8 426 492 510	357 377 698	Cancha de Desmonte 35-38
PM-07	8 427 939 763.	357 568 355	Quebrada Tributaria
PM-08	8 427 178 010	358 266 131	Vaso Suytococho
PM-09	8 429 555 418	358 323 364	Vaso Estancocho
PM-10	8 429 555 418	355 986 655	Quebrada Aciruni

Cuadro N° 22 Estaciones de Monitoreo de Flora

Estación	Norte	Este	Referencia
ET-01	8 428 267.552	358 341.413	Césped de puna, cerca de laguna
ET-02	8 427 915.301	358 236.146	Césped de puna, cerca de laguna
ET-03	8 429 006.064	359 644.539	Césped de puna
ET-04	8 427 117.199	357 734.751	Césped de puna césped
ET-05	8 427 663.910	356 279.664	Roquedal con césped
ET-06	8 426 407.085	357 904.334	Bofedal – césped de puna, cerca de laguna
ET-07	8 424 055.316	357 580.682	Césped de puna
ET-08	8 428 524.156	354 541.692	Bofedal
ET-09	8 428 412.791	355 006.632	Césped de puna, cerca de laguna

La frecuencia será trimestral durante los 2 primeros años y semestral en el 3er 4to y 5to año.

6.7 Monitoreo del Ambiente Socio económico cultural

El programa de Monitoreo Ambiental es la suma de acciones de observación, muestreo, medición y análisis de los datos técnicos y ambientales, que se tomarán para definir las características del cuerpo receptor y conocer su variación durante el Periodo Post-Cierre (5 años).

6.7.1 Monitoreo de la Estabilidad Física

El monitoreo de estabilidad física final deberá contar con un cronograma para cada una de las obras de estabilización ejecutadas para el cierre final de los componentes mineros. Los monitoreos serán realizados con una frecuencia mayor durante los dos primeros años de ejecutada las labores de cierre posteriormente durante los tres años siguientes se tomara una frecuencia menor y cada vez que ocurra un evento sísmico debido a que la mayoría de las áreas mineras del Perú son sísmicamente activas y generalmente están incluidas dentro de la Zona 1, la categoría de Sismicidad más alta del sistema de las tres zonas peruanas.

Objetivos

Verificar la eficacia de las medidas de cierre de estabilidad física diseñadas en el presente Plan. Asegurar la estabilidad del terreno en el área de influencia de la mina.

Variables a Monitorear

Las variables a monitorear en los componentes estabilizados serán:

- Posibles desplazamientos y asentamientos
- Control de fisuras.
- Control de superficies de fallas.

Puntos de Monitoreo

El establecimiento de los puntos de monitoreo responde a los siguientes criterios. Se instalarán puntos de monitoreo equidistantes para evaluar efectivamente la ocurrencia de desplazamientos en las obras de estabilización propuestas:

Cuadro N° 23 Puntos y Sistemas de Monitoreo de Estabilidad Física

Componente Minero	Puntos de Monitoreo	Instrumento de Monitoreo	Técnica de Monitoreo	Frecuencia de Monitoreo
Cancha de Relave Bofedal II	A B C D	Hito	Movimientos Horizontales	Trimestral durante 1er y 2do año Semestral en 3er, 4to y 5to año
Bofedal III	E F G	Hito	Movimientos Horizontales	Trimestral durante 1er y 2do año Semestral en 3er, 4to y 5to año

Cuadro N° 24 Estaciones de monitoreo de Calidad de Aire

Estación	Ubicación	Coordenadas UTM
PM-01	Chogñacota 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 426 000.977 ▪ Este 357 753.449
PM-02	Chogñacota 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 426 385.217 ▪ Este 357 663.750
PM-03	Quebrada Chogñacota	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 423 920.030 ▪ Este 357 766.886
PM-04	Laguna Aciruni	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 428 198.954 ▪ Este 354 621.098
PM-05	Relavera Bofedal III	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 484 439.311 ▪ Este 357 713.801

PM-06	Cancha de Desmonte 35-38	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 426 440.543 ▪ Este 357 377.698
PM-07	Quebrada Tributaria	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 426 492.510 ▪ Este 357 568.355
PM-08	Vaso Suytococho	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 427 939.763 ▪ Este 358 266.131
PM-09	Vaso Estancocha	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 427 178.010 ▪ Este 358 323.364
PM-10	Quebrada Aciruni	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norte 8 429 555.418 ▪ Este 355 986.655

Parámetros a Evaluar

Los parámetros a evaluar, han sido seleccionados en base al D.S N° 074-2001-PCM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire. De este modo, se evaluarán los siguientes parámetros:

- Partículas en Suspensión (PM10).
- Arsénico (As)
- Plomo (Pb)
- Zinc (Zn)

Descripción de los Métodos de Muestreo y Análisis a Emplear

- Partículas en Suspensión (PM-10)

Para el muestreo de Partículas en Suspensión PM10 se empleará un muestreador de alto volumen PM-10 con controlador de flujo volumétrico, con un sistema acelerador - discriminador de partículas hacia un filtro, que retiene partículas con diámetro aerodinámico menores a 10 μ . La concentración de las partículas en suspensión se calculará por gravimetría, determinando el peso de la masa recolectada y el volumen de aire

muestreado. El período de muestreo comprende 24 horas. Las unidades de concentración para este contaminante se expresa en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

6.7.2 Monitoreo de Estabilidad Geoquímica

El programa de monitoreo para la estabilidad geoquímica tiene como finalidad verificar la protección de la calidad ambiental de los cuerpos receptores, de manera que se garantice la “*No Presencia*” de pasivos ambientales o impactos ambientales no esperados en el área de influencia de las antiguas operaciones mineras. Durante la vida útil de la mina y una vez culminada ésta, se irán desarrollando actividades de cierre progresivo y final respectivamente. Las medidas de cierre tiene por objetivo asegurar la protección ambiental en el área de Influencia; de esta manera; el monitoreo de estabilidad geoquímica se desarrolla para dos escenarios:

- **Escenarios con Cuidado Activo:** En los escenarios de cuidado activo, el monitoreo estará dirigido a la evaluación de los efluentes o las descargas de los componentes mineros y la calidad de los efluentes de sus respectivos sistemas de tratamiento.
- **Escenarios con Cuidado Pasivo:** En el escenario de cuidado pasivo, el monitoreo de la estabilidad geoquímica estará dirigido a la evaluación de la calidad del agua a nivel de cuerpo receptor.

Es importante resaltar que los resultados del monitoreo de agua nos permitirán conocer el estado y eficacia de las medidas de cierre

desarrolladas, la corrección de problemas o disminución del riesgo y la definición de la inversión para las soluciones definitivas. El programa de monitoreo de la Unidad Minera de Acumulación Quenamari - San Rafael, considerará los siguientes parámetros de monitoreo:

- pH
- Conductividad
- Sólidos totales en suspensión
- Sólidos totales disueltos
- Alcalinidad
- Acidez

Dureza

- Cianuro total
- Cianuro WAD

Metales Totales (Arsénico, Cadmio, Cobre, Hierro, Plomo, Mercurio, Zinc)

Para el caso de los parámetros no regulados por la Ley de Aguas, los parámetros de referencia serán los establecidos en la R.M. N°011-96-EM/VMM.

Cuadro N° 25 Límites Máximo Permisibles de Efluentes Líquidos para Actividades Minero-Metalúrgicas

Parámetros	Unidades	Valor en Cualquier Momento	Valor Promedio Anual
PH		Mayor que 6 y Menor que 9	Mayor que 6 y Menor que 9
Sólidos en Suspensión	mg/l	50	25
Hierro	mg/l	2,0	1.0
Cianuro Total	mg/l	1,0	1.0

6.7.3 Monitoreo de Estabilidad Hidrológica

El monitoreo hidrológico abarca la medición de caudales (el Aforo), que es el conjunto de operaciones que se realiza mediante aparatos o instalaciones especiales para obtener el caudal del canal que es el volumen de agua que pasa por la sección transversal del canal en unidad de tiempo. Las visitas de inspección y verificación, es parte fundamental del aforo ya que permite establecer el comportamiento desde un punto de vista volumétrico, y también va a permitir ver las condiciones del canal y el comportamiento erosivo del agua.

Métodos de aforo

Los métodos de aforo deberán adaptarse a las características del agua y la configuración física de la descarga.

- **Método Directo: Método Volumétrico**

Es el método más confiable, abarca caudales pequeños (hasta de 20 Lt/seg.). El método consiste en desviar toda el agua del riachuelo ó canal hasta un cilindro ó balde grande, y se mide el tiempo que se demora en llenar este cilindro de capacidad conocida.

Método Indirecto: Método del Correntómetro

Debido a que el medidor seleccionado no debe variar su precisión para temperaturas de 40°C, altas concentraciones de sólidos suspendidos no

deben interferir con su desempeño y deben ser portátiles y fáciles de adaptar en el campo, de esta manera se empleará el método del correntómetro.

El correntómetro es un instrumento que permite medir la velocidad de una corriente en cualquier punto a la profundidad que se desee. En los cauces de poca profundidad se instala en una varilla y si la corriente es profunda se monta en una sonda. Está constituido por un sistema de copas cónicas o de hélice que giran alrededor de su eje horizontal y un dispositivo para detectar las vueltas o revoluciones del rodete.

Puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo serán:

- En canales de coronación de presa de relaves
- Presa Bofedal III
- Presa Yanacocha
- Presa Chiccacocha
- Presa Estancococha
- Presa Suytocochoa
- Presa Suytocochoa

6.7.4 Monitoreo de Programas Sociales

El Monitoreo Social tiene como función principal asegurar la aplicación correcta de las actividades del Plan de Cierre; asegurar la cobertura, calidad y veracidad de la información recopilada en campo; la buena marcha de

todas las tareas previstas; el cumplimiento de los cronogramas de trabajo, y la oportunidad en el cumplimiento de las metas y objetivos. Se refiere al desarrollo de un conjunto de acciones que van a permitir verificar el cumplimiento de las tareas asignadas para el cierre de la mina, en concordancia con los lineamientos metodológicos establecidos para cada actividad, a fin de adoptar las medidas correctivas necesarias.

Los Monitores sociales tienen la responsabilidad de velar porque se cumplan los procedimientos, normas e instrucciones en los niveles operativos. Además, son los encargados de acompañar en la recolección de la información por la empresa y el contratista. Por lo tanto, es indispensable que el Monitor conozca a todos los aspectos técnicos y administrativos del Monitoreo, de tal manera que pueda controlar, detectar, corregir e impartir normas y procedimientos que permitan alcanzar los objetivos. El Plan de cierre de minas promueve la participación social de la población en el acompañamiento y monitoreo de las actividades del cierre y post cierre de la mina.

Actividades económicas y sociales permanentes que se implementarán después del cierre de la mina

El Plan de cierre de la Unidad Minera de Acumulación Quenamari - San Rafael, contempla el empleo de mano de obra local para el cuidado de los impactos socio ambientales efectuado por la mina y de los programas sociales. Para cumplir con este objetivo se capacitará a la población para

que efectúen el monitoreo de las actividades de cierre así como de los programas sociales desarrollados. Entre los programas sociales que la mina impulsará para el cierre de las actividades y que son de carácter permanente, se encuentran:

Empleo de la mano de obra local por la mina para el cuidado pasivo o activo a realizarse en el sitio. El traspaso de infraestructura de la mina para uso social. Fomento e impulso de actividades económicas que contribuyan con el desarrollo sostenible local.

Objetivos del Monitoreo Social

- Verificar la correcta aplicación de las actividades del Plan de Cierre de la mina
- Asegurar la correcta implementación y aplicación de los programas sociales desarrollados.
- Asegurar la calidad y veracidad de la información recopilada en campo
- Velar por el cumplimiento de las metas y logro de los objetivos de las actividades
- Lograr la sostenibilidad de los programas sociales implementados

Recursos que utilizará la mina para el mantenimiento de las actividades sociales en curso.

Los Monitores Sociales (representante de cada localidad del área de influencia directa del cierre de la mina) utilizarán recursos humanos, equipos

y financieros para poder cumplir con su importante labor. El costo de estos recursos de detalla a continuación:

El presupuesto del Monitoreo Social asciende a la suma de Ocho mil y 00/100 Dólares Americanos (US\$ 8,000.00), tal como se detalla a continuación:

Cuadro 26 Presupuesto del Monitoreo Social para el Plan de Cierre de la Unidad Minera de Acumulación Quenamari - San Rafael

Rubro	Cantidad	Tiempo (mes)	Costo unitario US\$	Costo Total US\$
I. PERSONAL				
a. Especialista Monitoreo y Evaluación de programas sociales	1	4	2500	10000
b. Asistente	1	4	800	3200
Sub total				13320
II. GASTOS CAPACITACIÓN				
a. Refrigerio	200		2	400
Sub total				400
Total Costo Directo (I + III)				13720
III. GASTOS GENERALES				
a. Materiales de capacitación (manuales, guías, Trípticos, folletos, etc.)	100		1,00	100
b. Otros materiales				
Lapiceros	200		0,5	100
Fólder	200		0,5	100
Papel Periódico	2000		0.1	200
Otros	Global			780
Sub total				1280
Total (Costo directo)				15000

El presupuesto incluye honorarios profesionales por el servicio. El costo no incluye pasajes y apoyo logístico (movilidad, equipo multimedia, etc.) a las comunidades y otros gastos de logística no contemplados en la presente propuesta. Los mismos que deberán ser asumidos por la empresa minera.

6.8 Recursos y Materiales

Mantenimiento

Para el mantenimiento se requerirán de los siguientes recursos:

a. Recursos Humanos

- 1 especialista Jefe de brigada
- 2 técnicos
- 1 chofer

Para el caso de mantenimiento Ecológico:

- 1 especialista Jefe de brigada
- 2 técnicos
- 1 chofer

b. Recursos Materiales

- Camioneta
- Cámaras Fotográficas
- Lampas
- Pintura
- Estacas
- Cisternas de agua y mangueras

Monitoreo

Para el monitoreo se requerirán de los siguientes recursos:

a. Recursos Humanos

- 1 especialista Jefe de brigada
- 2 técnicos
- 1 chofer

b. Recursos Materiales

- Camioneta

- Cámaras fotográficas
- Cuadrángulos de Muestreo de madera
- Equipo Topográfico
- Muestreador de Alto Volumen HI-Vol para monitoreo de PM10
- Frascos y equipo de muestreo de agua
- Medidor de Caudales Correntómetro
- Malla muestreadora de especies biológicas

6.9 Actividades de Mantenimiento Post-Cierre

Previamente a la culminación de las actividades para el cierre de la Unidad Minera se deberá proceder al diseño del programa de mantenimiento detallado de las obras y medidas de cierre ejecutadas. A continuación se presenta los puntos a ser considerados para el mantenimiento inicial y garantizar el adecuado seguimiento de las medidas propuestas para el cierre de las instalaciones Mineras.

Mantenimiento de Estabilidad Física

El mantenimiento físico abarca el desarrollo de inspecciones y observaciones visuales, para identificar agrietamientos y escarpas producidos por las tensiones, cambios en los patrones de drenaje, sedimentaciones y posibles fallas o daños en las obras de cierre.

El Alcance del programa de mantenimiento se detalla a continuación:

Cierre Progresivo:

- Bocaminas N° 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11^a, 12, 13, 14, 15, 15^a, 16, 19, 20, 21, 22, 22^a, 22B, 23, 23^a, 24, 25, 26, 27, 31, 38, 39, 41, 41^a, 41B, 42, 42^a, 29.
- Chimeneas N° 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 38, 40, 44, 46, 52, 54, 60, 61, 68, 69, 72.
- Presa Bofedal II.
- Instalaciones de manejo de aguas.
- Canteras.

Cierre Final

- Relleno en pasta de la mina subterránea del nivel 4533.
- Bocaminas N° 5, 6, 11, 28, 32, 33, 34, 91, 92.
- Chimeneas N° 11, 15, 15^a, 90, 17, 21.
- Instalaciones de procesamiento.
- Relaveras y Presa Bofedal III.
- Infraestructura para el suministro de agua.

Mantenimiento de Estabilidad Geoquímica

El mantenimiento geoquímico está enfocado a realizar actividades de control en las obras y medidas de cierre de los componentes que potencialmente podrían generar acidez.

Cabe señalar que las medidas de cierre establecidas en el presente plan, han sido diseñadas de manera que se minimice la emisión de drenaje ácido a los medios receptores, sin embargo en aquellos casos en que no ha sido posible, se ha tomado las medidas necesarias para evitar el deterioro ambiental en el área de influencia de la unidad minera.

6.10 Actividades de Monitoreo Post-Cierre

Las actividades de Monitoreo Post Cierre es la suma de acciones de observación, muestreo, medición y análisis de los datos técnicos y ambientales, que se tomarán para definir las características del cuerpo receptor y conocer su variación o cambio durante el Periodo Post-Cierre (5 años).

Las actividades previstas para tal fin son las siguientes:

- Monitoreo de Estabilidad Física
- Monitoreo de Calidad de Aire
- Monitoreo de Estabilidad Geoquímica
- Monitoreo de Estabilidad Hidrológica
- Monitoreo de Estabilidad Ecológica
- Monitoreo de Programas Sociales

6.11 Cronograma para el Mantenimiento y Monitoreo Post Cierre

El Cronograma físico de mantenimiento y monitoreo Post-Cierre lo ponemos en el Anexo-III.

Se presenta a continuación el presupuesto para las actividades de Cierre Progresivo y Cierre Final del Plan de Cierre de la Unidad Minera de Acumulación Quenamari - San Rafael.

DESCRIPCION		CIERRE PROGRESIVO (US \$)	CIERRE FINAL (US \$)	MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST-CIERRE (US \$)	TOTAL (US \$)
COSTO DIRECTO		1.998.555	7.587.567	155.600	9.741.721
GASTOS GENERALES	10,00%	199.855	758.757	15.560	974.172
UTILIDADES	8,00%	159.884	607.005	12.448	779.338
INGENIERIA	4,00%	79.942	303.503	0	383.445
SUPERVISION, ADMINISTRACION Y FISCALIZACION	4,00%	79.942	303.503	0	383.445
CONTINGENCIAS	4,00%	79.942	303.503	6.224	389.669
TOTAL PRESUPUESTO US \$		2.598.121	9.863.837	189.832	12.651.790

CONCLUSIONES

- La producción de la mina Minsur S.A. a través de su Unidad Minera San Rafael, para nuestro País nos lleva ser 1er productor en América latina y 3er productor mundial según fuente (MEM – USGS 2008).
- La actividad humana tendrá un impacto sobre el medio ambiente. La necesidad básica de alimentación de la población y la actividad minera son necesarios para el desarrollo de nuestro país y son de gran impacto ambiental y social.
- Los resultados de potencial neto de neutralización de la muestra de relaves son: + 57,67 expresado en Kg. CaCO_3/TM , lo que nos indica que los sulfuros de la mina son muy escasos y la muestra NO GENERA DRENAJE ÁCIDO.
- El buen sistema de manejo de aguas en la zona de estudio contribuirá a la estabilización hidrológica de la zona de mina subterránea, Instalaciones de procesamiento, instalaciones de manejo de residuos, instalaciones de manejo de aguas.

- La selección de las especies más apropiadas para la revegetación en San Rafael, está basada en las condiciones climáticas y de altitud de la zona. Según la visita de campo se pudo observar escasa vegetación, las especies nativas presentes en la zona, que pueden usarse para la revegetación son: Calamagrostis sp, de césped de puna y stipa ichu.

- Minsur considera que la salud y bienestar de sus empleados, las comunidades vecinas, la seguridad en el trabajo y la protección del ambiente son parte integral de su política.

- El Programa de Mantenimiento y Monitoreo Post-Cierre tiene así por finalidad, la observación, medición y evaluación periódica en mina San Rafael durante la etapa de abandono con el objeto de verificar la eficacia de las obras de Cierre realizadas.

- El Plan de cierre de la Unidad Minera San Rafael, contempla el empleo de mano de obra local para el cuidado de los impactos socio ambientales efectuado por la mina y de los programas sociales.

- Las actividades de monitoreo Post- mina previstas son: Monitoreo de Estabilidad Física, Monitoreo de Calidad de Aire, Monitoreo de Estabilidad Geoquímica, Monitoreo de Estabilidad Hidrológica, Monitoreo de Estabilidad Ecológica y Monitoreo de Programas Sociales

- El presupuesto para las actividades de Cierre Progresivo y Cierre Final del Plan de Cierre de la Unidad Minera San Rafael es de \$ 12 651.790

BIBLIOGRAFIA

-Aguayo Salinas Salvador (2007) Curso internacional Cierre de minas en sus aspectos normativos y tecnologías. Master alfa.RED-DESIR.

– Alva Hurtado J.E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.

-Aquino E, Calcina M. (2003), Contaminación de Mercurio y Cianuro en el distrito minero de Ananea –Puno. 3er Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería – CIP-Perú, Pág. 51-58

-A.S.T.M. 1990: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, approved November 21.

-Banco Mundial (1994), Libro de consulta para evaluación ambiental, Washington.

-Campos reyes Martín (2003) Cierre de Unidad Minera Santa Bárbara. 3er Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería – CIP-Perú, Pág. 67-73

-Castillo J. (1993), "Peligro Sísmico en el Perú", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

-Colegio de Ingenieros del Perú (2007), Quinto Congreso Internacional de Medio Ambiente, Lima – Perú.

-Colegio de Ingenieros del Perú (2005), Cuarto Congreso Internacional de Medio Ambiente, Lima – Perú.

-Colegio de Ingenieros del Perú (2003), Tercer Congreso Internacional de Medio Ambiente, Lima – Perú.

-Compañía Minera Antamina S.A. (en línea). Versión 1998. “Estudio de impacto ambiental”. Consultado el 18 de noviembre de 2006. <http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaam/estudios/antamina/estudio/Informe/4%20Mina/Capítulo%204-1.pdf>

-Dirección General de Asuntos Ambientales, (1996) IX Guía Ambiental para el Cierre y Abandono de Minas. DGAA del MEM.

-Dirección General de Asuntos Ambientales, (1995) V guía ambiental para elaborar estudio de impacto ambiental. DGAA del MEM.

-Dirección General de Asuntos Ambientales, (1995) Guía ambiental para el manejo de Relaves Mineros.

-Dirección General de Asuntos Ambientales, (2001) Guía de Relaciones Comunitarias.

-Larry W. Cant (1998), Manual de Evaluación de Impacto Ambiental,
McGRAW-HILL

-Ministerio de Energía y Minas (2007), Curso de Especialización en Cierre de Minas y Pasivos Ambientales Mineros.

-The Mining Association of Canadá (1998) Manuel de operación, mantenimiento y vigilancia www.mining.ca

-XXVIII CONVENCION DE INGENIEROS DE MINAS (2007), Temas ambientales, Arequipa – Perú.

-XXVIII CONVENCION DE INGENIEROS DE MINAS (2005), Temas ambientales, Arequipa – Perú.

-XXVIII CONVENCION DE INGENIEROS DE MINAS (2003), Temas ambientales, Arequipa – Perú.

-Vidalon Gálvez José. (Abril 2005). Curso Cierre de Mina – Colegio de Ingenieros del Perú.

-Zipper, C. y Jage, C. (2001). Passive Treatment of Acid-Mine Drainage with Vertical-Flow Systems. En: Reclamation Guidelines For Surface Mined Land in Southwest Virginia. Virginia Co. Extensión 460-133, Virginia, EEUU.

ANEXOS

Anexo I – Fotografías

Anexo II - Planos

ANEXO II PLANOS

1. Ubicacion.
2. Topografía – Mina San Rafael.
3. Planta Concentradora.
4. Presa de Relaves Bofedal II y III.
5. Geología – Zona San Rafael.
6. Ubicación de estación meteorológica y puntos de monitoreo de polvo.
7. Formaciones ecológicas.
8. Área de Influencia Directa e Indirecta.
9. Puntos de monitoreo estabilidad física e hidrológica.

**ANEXO II
FOTOS**



Foto N° 1: Con el Ing. Fausto Zavaleta



Foto N° 2: Chimenea 44, altitud 4908 msnm



Foto N° 3: Chimenea 11 denominada Alimac se ubicada a 4 750 msnm, en la zona Umbral altura aproximada=600 m, No tiene acceso vehicular.



Foto N° 4: **Bocamina 5**, ubicado en una ladera rocosa del área de Umbral, se halla cerrada con mampostería de piedra que puede ser mejorado y complementado. Los trabajos de cierre deben prever mejorar el drenaje de las aguas que salen de la excavación.

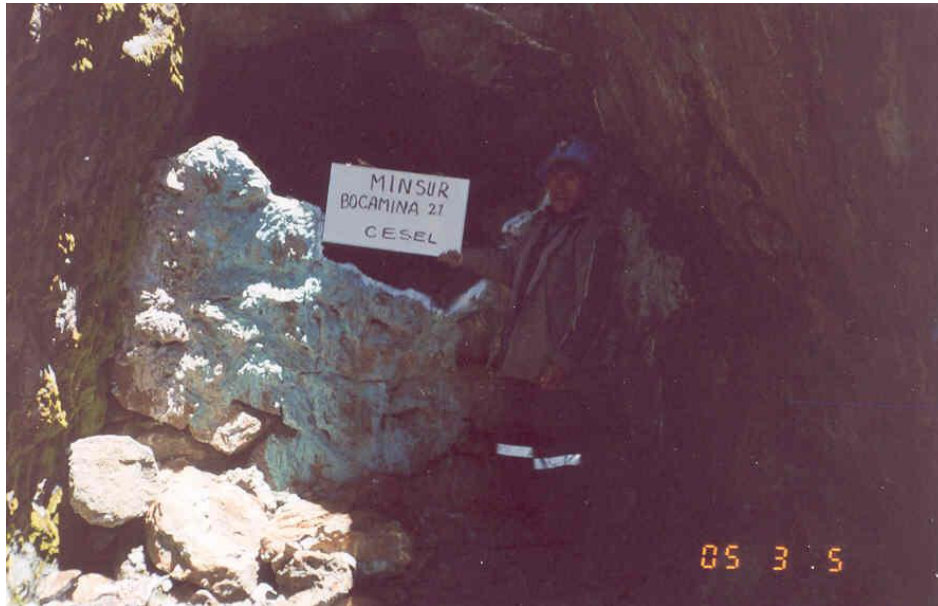


Foto N° 5: El cierre se ubicará a 4.00 m de la entrada donde la galería tiene más de 7.00m. de encampane.



Foto N° 6: **Bocamina 29**, ubicado en el sector y margen derecha de la quebrada El Rosario, debajo de una ladera rocosa de 62 a 65° de pendiente, excavada en roca filita, el agua sale de la excavación en forma eventual.



Foto N° 7: **Bocamina 42^a**, se ubica en una ladera de 35° en la entrada se halla la chimenea 72, el agua sale a través de un canal de concreto. La galería está excavada en roca filitas.



Foto N° 8: Vista panorámica de la desmontera 35, que se halla al NW de la alguna Chogñacosta y cerca de las instalaciones de la mina, actualmente recibe los desmontes de las labores mineras del nivel 4550m.



Foto N° 9: En la mina Minsur



Foto N° 10: Los materiales acumulados en la desmontera 35, se hallan cerca de la laguna su pendiente es mayor a 35° .



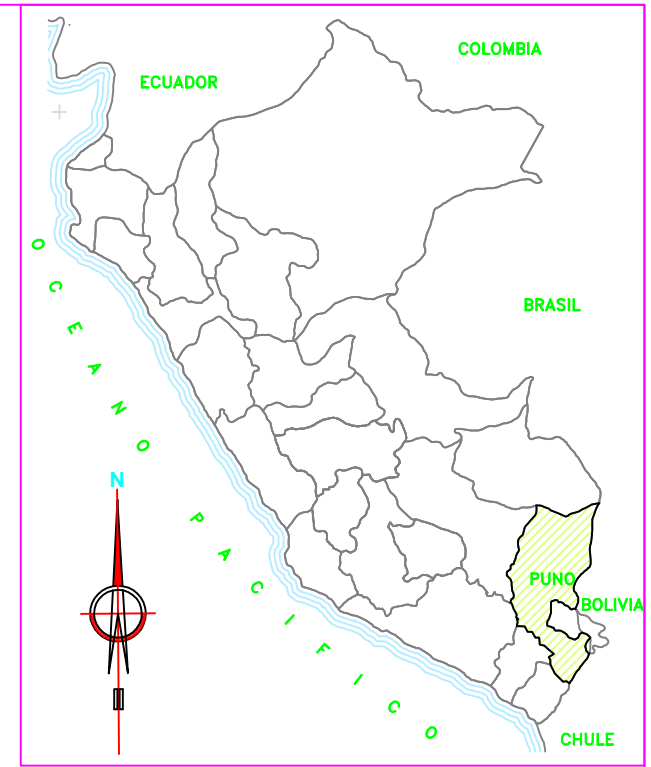
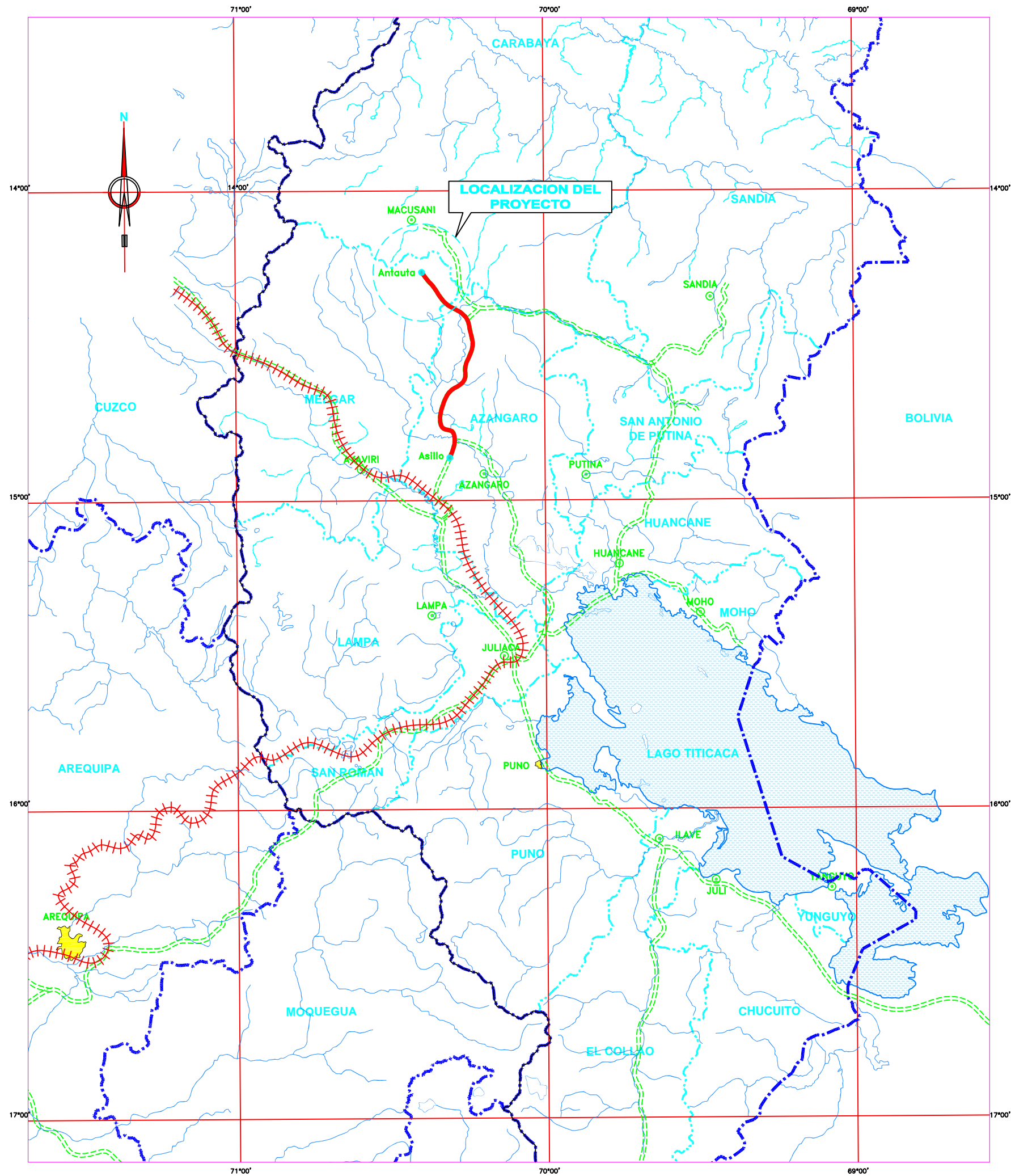
Foto N° 11: Desmontera 36, ubicada cerca de las oficinas de MINSUR y la laguna Chogñocota, parte de este desmonte tiene un talud mayor a 33° y está revegetado.



Foto N° 12: En la planta concentradora



Foto N° 13: En esta desmontera existen pequeñas y discontinuas fisuras que indican que debe mejorar su estabilidad mediante la discriminación de su talud y construir banquetas con sus respectivas obras de drenaje.



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	LIMITE DEPARTAMENTAL
	LIMITE PROVINCIAL
	CAPITAL DE DEPARTAMENTO
	CAPITAL DE PROVINCIA
	RIO
	QUEBRADAS
	FERROCARRIL
	CAMINOS DE ACCESO
	CAMINO AL PROYECTO
	LAGUNA

NOTAS :
 1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE



C	27/07/06	INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.
B	15/06/06	INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.
A	30/03/06	BORRADOR INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO

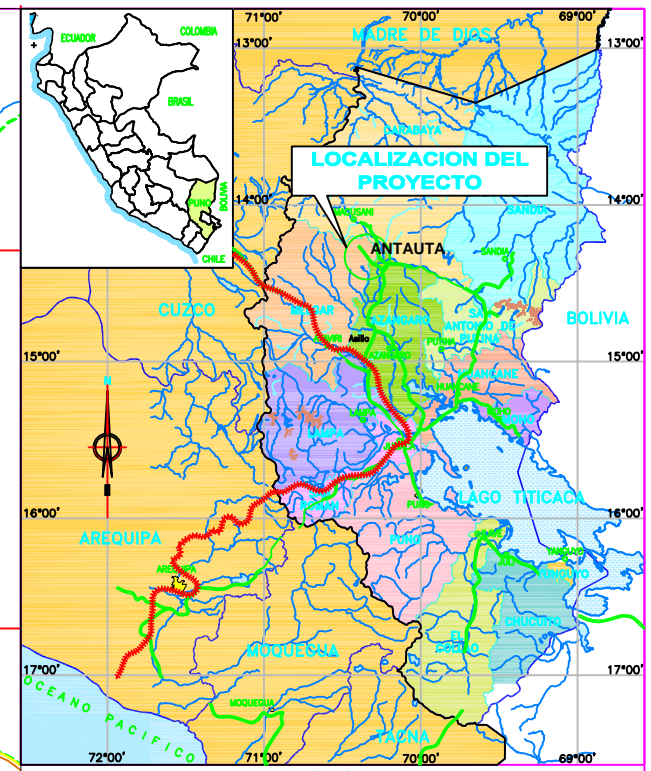
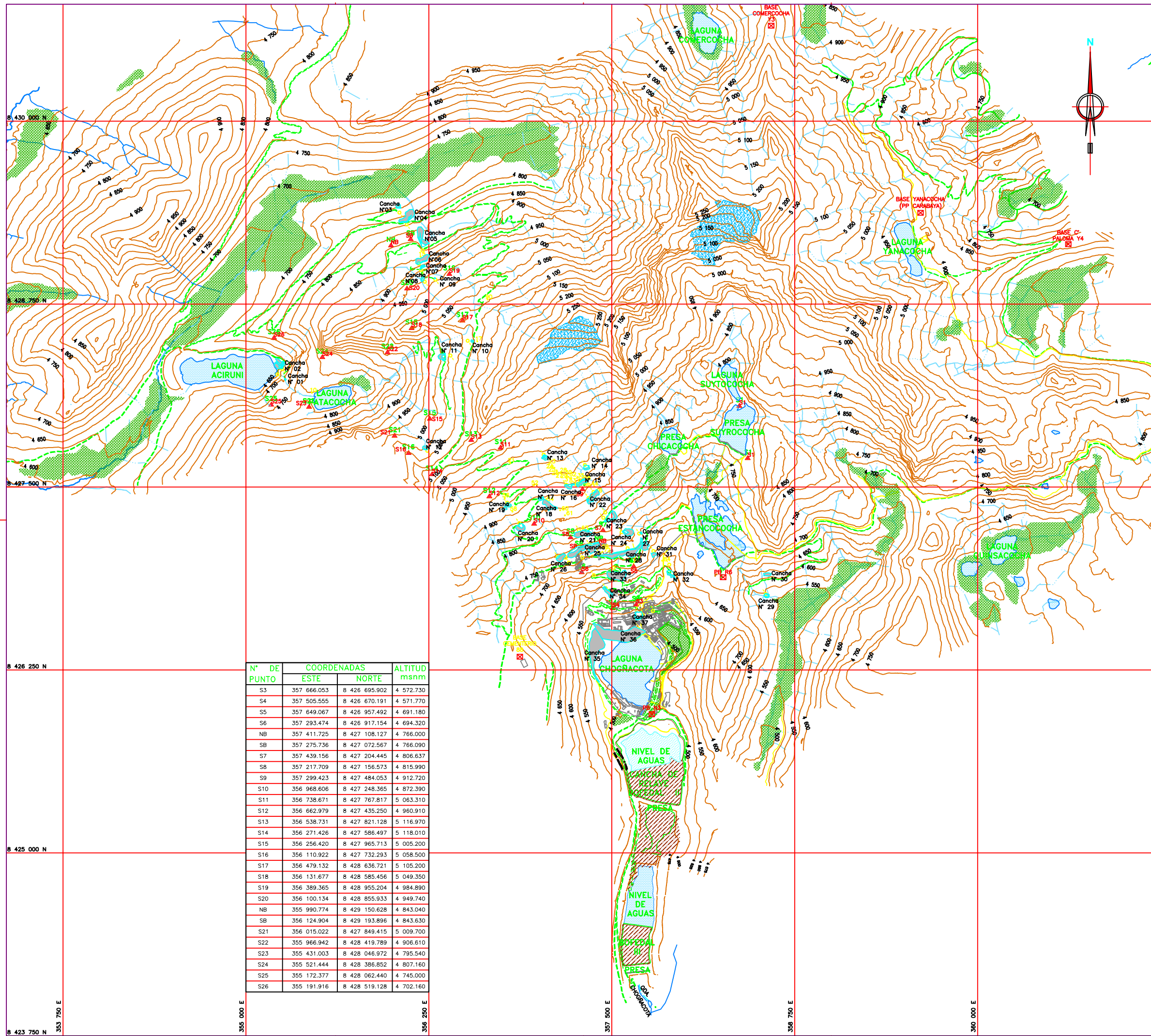
MINA SAN RAFAEL

PROYECTO: **PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL**

GENERALES

TITULO: **UBICACION** PLANO N°: **CSL-050900-1-GN-01**

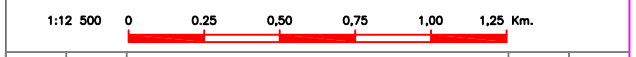
	ELABORO : E.C.H.G.	REVISO : C.M.F.	ESCALA : INDICADA	REV. : C
	DIBUJO : C.H.T.M.	APROBO : J.V.G.	FECHA : JULIO 2 006	CODIGO 050900



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CURVAS MAYORES
	CURVAS MENORES
	RIO
	QUEBRADAS
	CAMINOS DE ACCESO
	LAGUNA
	MINA
	EDIFICACIONES
	CANCHA
	LABORES MINERAS
	BOFEDAL
	PUNTO DE APOYO
	DESMONTERA

N° DE PUNTO	COORDENADAS		ALTITUD msnm
	ESTE	NORTE	
S3	357 666.053	8 426 695.902	4 572.730
S4	357 505.555	8 426 670.191	4 571.770
S5	357 649.067	8 426 957.492	4 691.180
S6	357 293.474	8 426 917.154	4 694.320
NB	357 411.725	8 427 108.127	4 766.000
SB	357 275.736	8 427 072.567	4 766.090
S7	357 439.156	8 427 204.445	4 806.637
S8	357 217.709	8 427 156.573	4 815.990
S9	357 299.423	8 427 484.053	4 912.720
S10	356 968.606	8 427 248.365	4 872.390
S11	356 738.671	8 427 767.817	5 063.310
S12	356 662.979	8 427 435.250	4 960.910
S13	356 538.731	8 427 821.128	5 116.970
S14	356 271.426	8 427 586.497	5 118.010
S15	356 256.420	8 427 965.713	5 005.200
S16	356 110.922	8 427 732.293	5 058.500
S17	356 479.132	8 428 636.721	5 105.200
S18	356 131.677	8 428 585.456	5 049.350
S19	356 389.365	8 428 955.204	4 984.890
S20	356 100.134	8 428 855.933	4 949.740
NB	355 990.774	8 429 150.628	4 843.040
SB	356 124.904	8 429 193.896	4 843.630
S21	356 015.022	8 427 849.415	5 009.700
S22	355 966.942	8 428 419.789	4 906.610
S23	355 431.003	8 428 046.972	4 795.540
S24	355 521.444	8 428 386.852	4 807.160
S25	355 172.377	8 428 062.440	4 745.000
S26	355 191.916	8 428 519.128	4 702.160

NOTAS :
 1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE



REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
C	27/07/06	INFORME FINAL	R.A.CH.	J.V.G.
B	15/06/06	INFORME FINAL	R.A.CH.	J.V.G.
A	30/03/06	BORRADOR INFORME FINAL	R.A.CH.	J.V.G.

MINSUR MINA SAN RAFAEL

PROYECTO: PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL

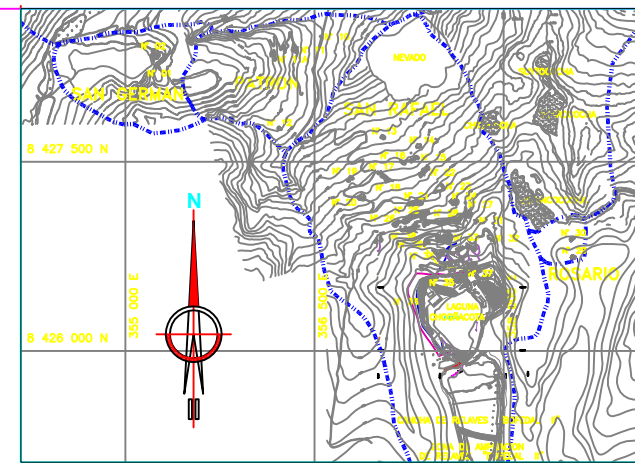
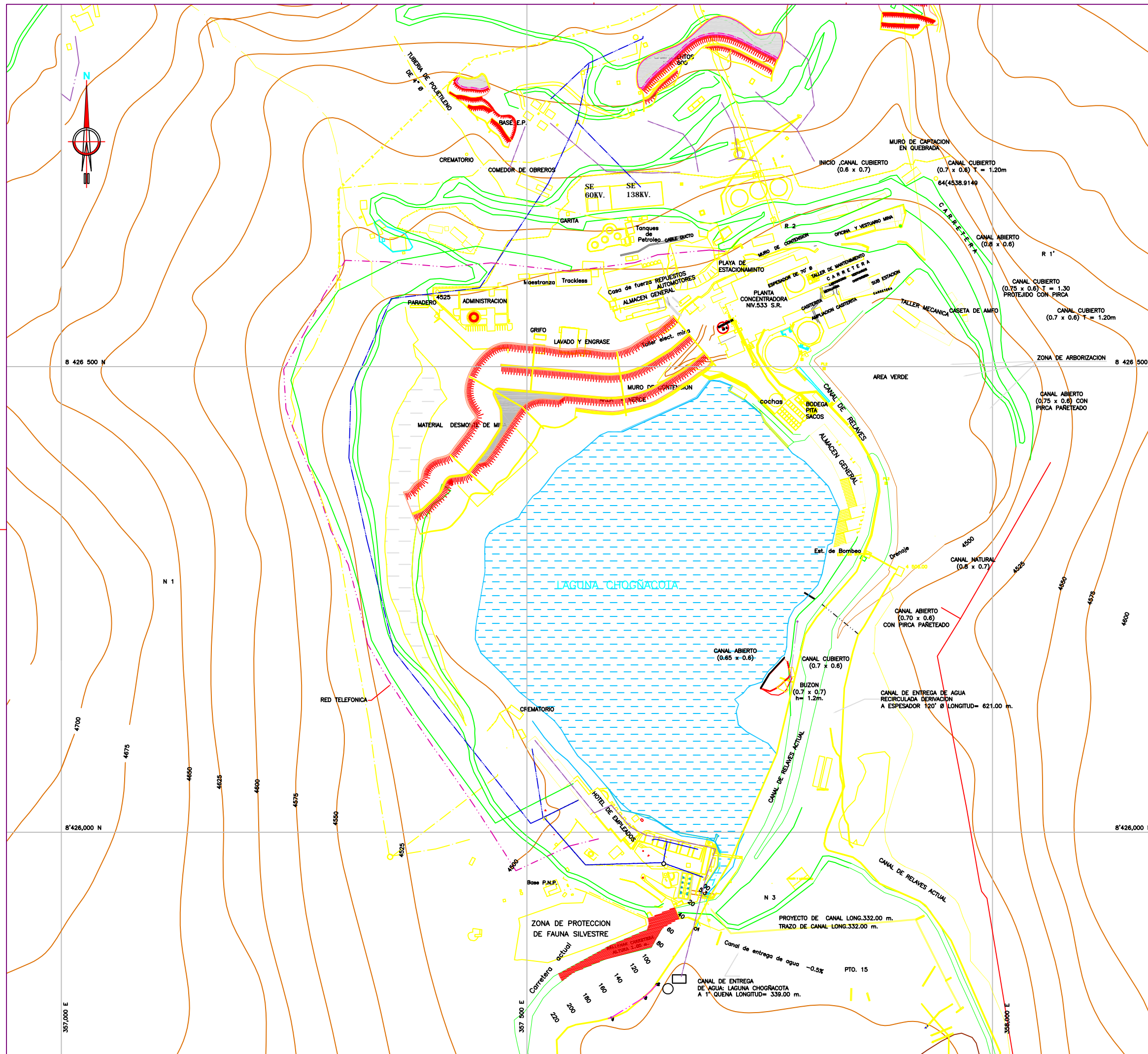
TOPOGRAFIA

TITULO: PLANO TOPOGRAFICO

PLANO N°: CSL-050900-1-10-01

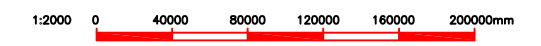
ELABORO : R.A.CH.	REVISO : R.A.CH.	ESCALA : 1/12 500	REV. : C
DIBUJO : A.M.E.V.	APROBO : J.V.G.	FECHA : JULIO 2006	TRABAJO : 050900

CESEL INGENIEROS



UBICACION
ESC=1:30 000

LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL	4550
LAGUNA	
RIO Y RIACHUELOS	
BOFEDAL	
NEVADO	
CANAL DE AGUA	
CARRETERA	
EDIFICACIONES	
RED TELEFONICO	
RED AGUA	
RED DESAGUE	
CONCHA	



C	27/07/06	INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.
B	15/06/06	INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.
A	30/03/06	BORRADOR INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO

MINSUR MINA SAN RAFAEL

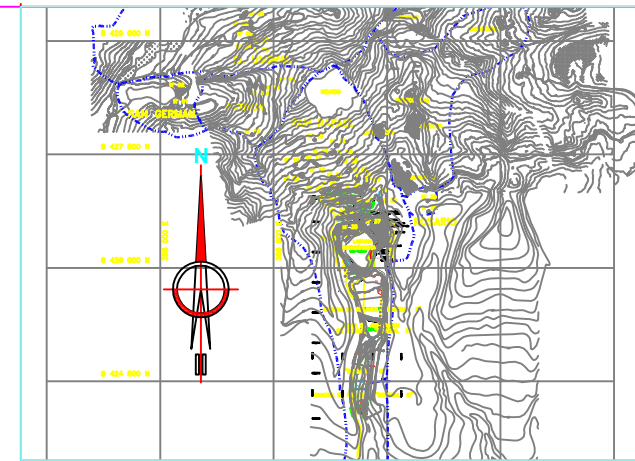
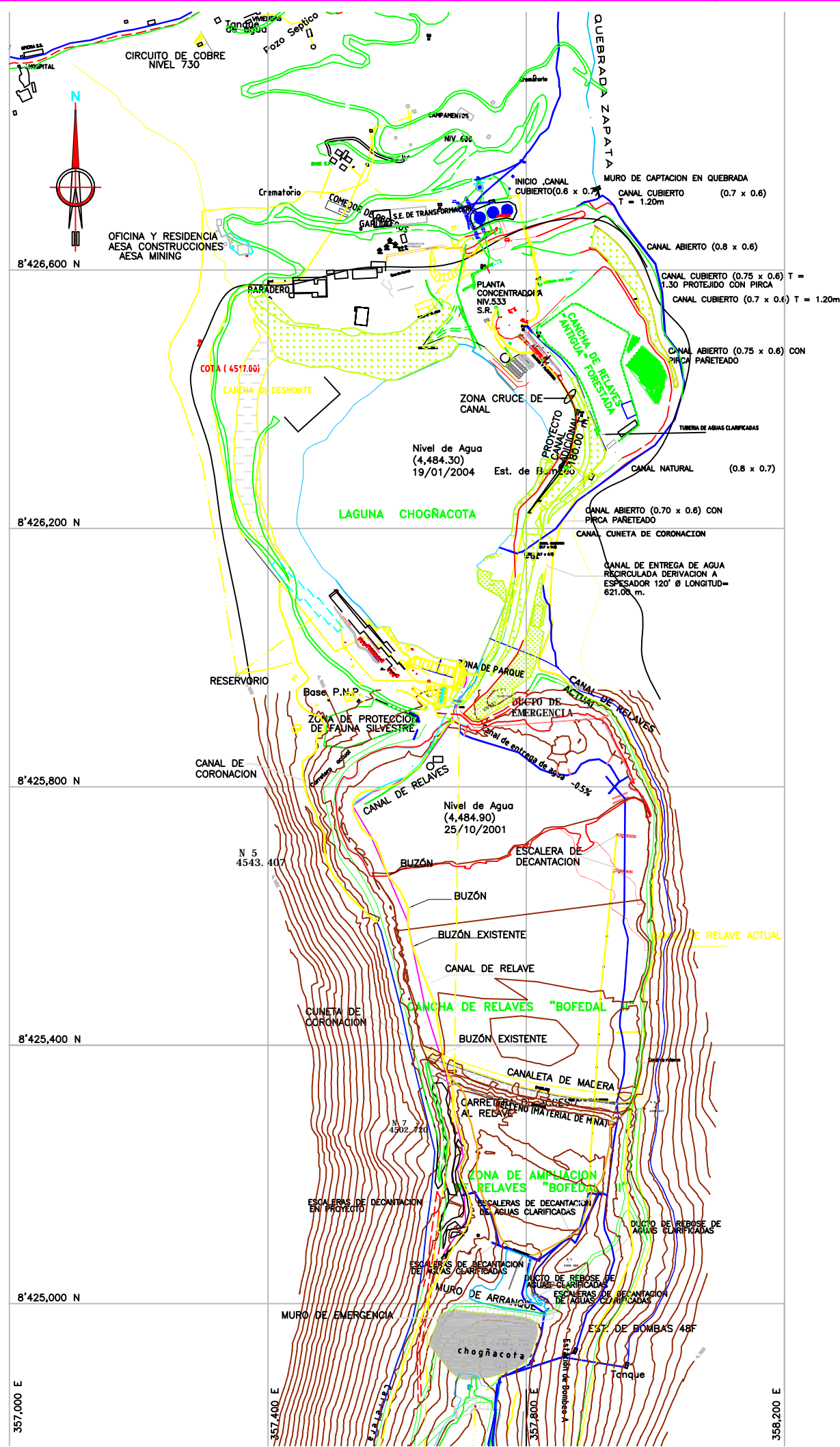
PROYECTO: **PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL**

COMPONENTES DE CIERRE

TITULO: **INSTALACIONES DE PROCESAMIENTO** PLANO N°: **CSL-050900-1-IP-01**

PLANTA CONCENTRADORA

CESEL INGENIEROS	ELABORO : E. CH. G.	REVISO : R. A. CH.	ESCALA : 1:2000	REV. : C
	DIBUJO : H. M. H.	APROBO : J. V. G.	FECHA : JULIO 2 006	TRABAJO : 050900

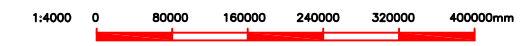


UBICACION
ESCALA

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CURVAS MAYORES
	CURVAS MENORES
	RIO
	QUEBRADAS
	CARRETERA ASFALTADA
	CAMINOS DE ACCESO
	LAGUNA

FUENTE: MINSUR S.A.

NOTAS :
1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE



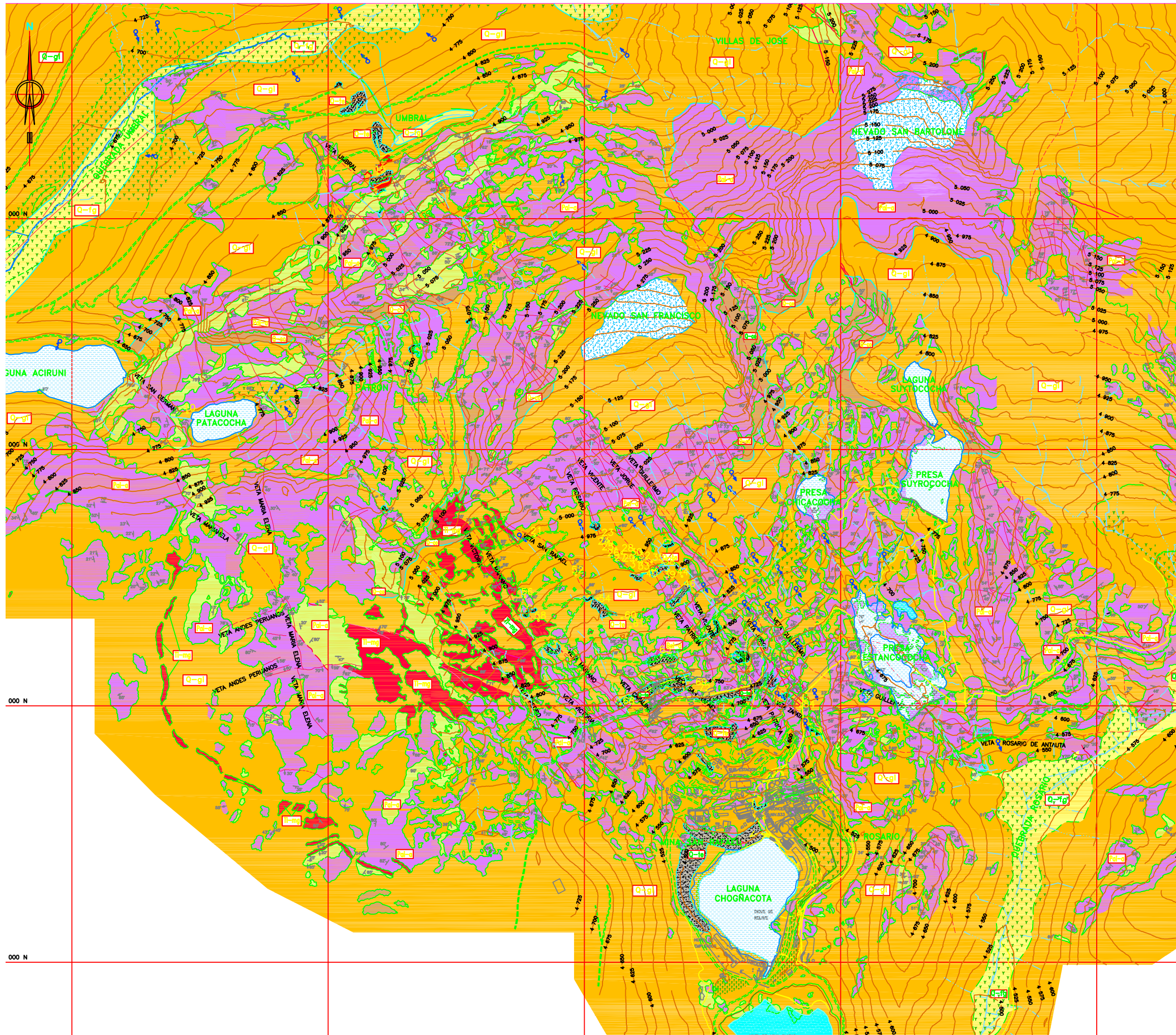
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
C	27/07/06	INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.
B	15/06/06	Informe Final	R.A.C.H.	J.V.G.
A	30/03/06	Borrador Informe Final	R.A.C.H.	J.V.G.



PROYECTO: PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL

COMPONENTES DE CIERRE
TITULO: INSTALACIONES DE MANEJO DE RESIDUOS PRESA DE RELAVE BOFEDAL II Y III
PLANO N°: CSL-050900-1-MR-01

CESEL INGENIEROS	ELABORO : E. CH. G.	REVISO : R. A. CH.	ESCALA : 1:4 000	REV. : C
	DIBUJO : H. M. H.	APROBO : J. V. G.	FECHA : JULIO 2 006	TRABAJO : 050900



UBICACION
S/E

LEYENDA

DEPOSITOS CUATERNARIOS	
	Depósitos tectogénicos : suelos hidromorfos (desmoronados); mezcla mal gradada de gravas, arenas con finos e inclusión de bolones angulosos.
	Depósitos coluviales : mezcla de gravas, arenas con fragmentos de roca del tamaño de cantos y bloques.
	Depósitos fluvio-glaciares : arenas gravosas con finos.
	Depósitos glaciares (morrenas) : mezcla de gravas, arenas con limos y fragmentos de roca.
ROCAS INTRUSIVAS	
	Rocas intrusivas : monzogranitos
ROCAS METAMORFICAS	
	Formación Ananea : filitas, cuarcitas, alternancia filitas - cuarcitas con diques de andesitas

SIMBOLOGIA	
	Contacto geológico conocido
	Contacto geológico inferido
	Fallas
	Fallas inferidas
	Escarpas
	Rumbo y buzamiento de las capas
	Rumbo y buzamiento de la foliación
	Afloramiento de agua
	Bofedal
	Cursos de agua
	Laguna, presa
	Nevado (glaciar)
	Carretera
	Cancha de desmonte
	Punto topográfico
	BM-4
	Construcciones



C	27/07/06	INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.
B	15/06/06	INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.
A	30/03/06	BORRADOR INFORME FINAL	R.A.C.H.	J.V.G.

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
---------	-------	-------------	--------	--------

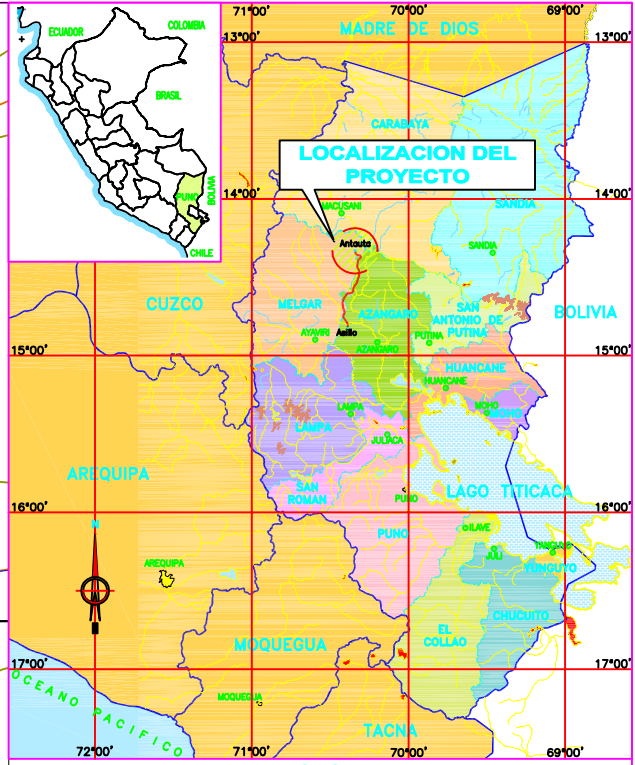
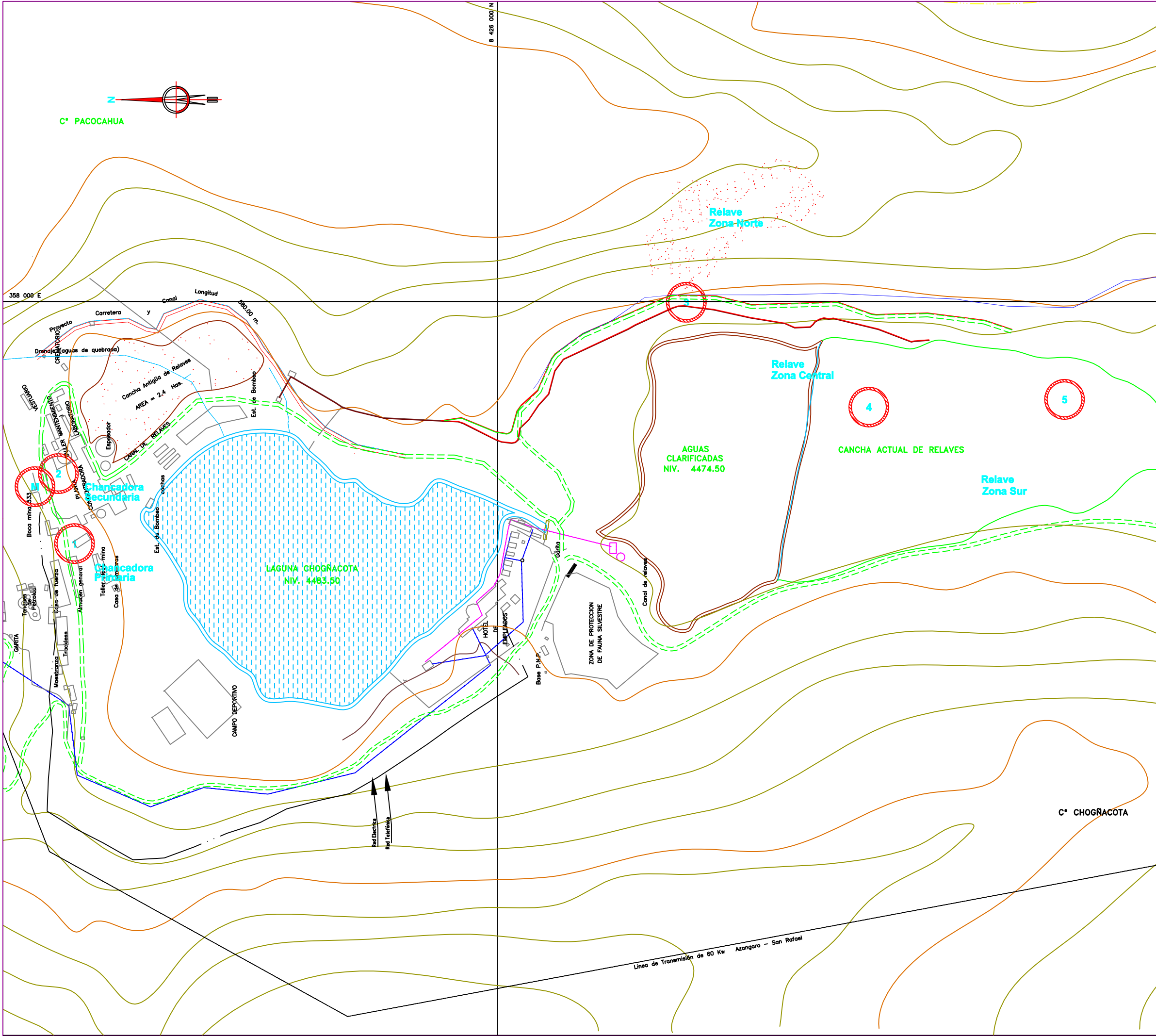
MINSUR MINA SAN RAFAEL

PROYECTO: **PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL**

CONDICIONES ACTUALES DEL AREA DEL PROYECTO

TITULO: **MEDIO AMBIENTE FISICO** PLANO N°: **CSL-050900-1-GE-01**

GEOLOGIA



UBICACION S/E

COORDENADAS			
(M)	ESTACION METEOROLOGICA	8 426 630.66 N	357 747.65 E
(1)	CHANCADORA PRIMARIA	8 426 576.78 N	357 670.10 E
(2)	CHANCADORA SECUNDARIA	8 426 588.76 N	357 765.47 E
(3)	RELAVE ZONA NORTE	8 725 742.58 N	357 998.96 E
(4)	RELAVE ZONA CENTRAL	8 425 483.69 N	357 856.13 E
(5)	RELAVE ZONA SUR	8 425 226.90 N	357 866.62 E

NOTAS :
1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE



REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
C	27/07/06	INFORME FINAL	RAQH.	J.V.G.
B	15/06/06	Informe Final	RAQH.	J.V.G.
A	30/03/06	Borrador Informe Final	RAQH.	J.V.G.

MINSUR MINA SAN RAFAEL

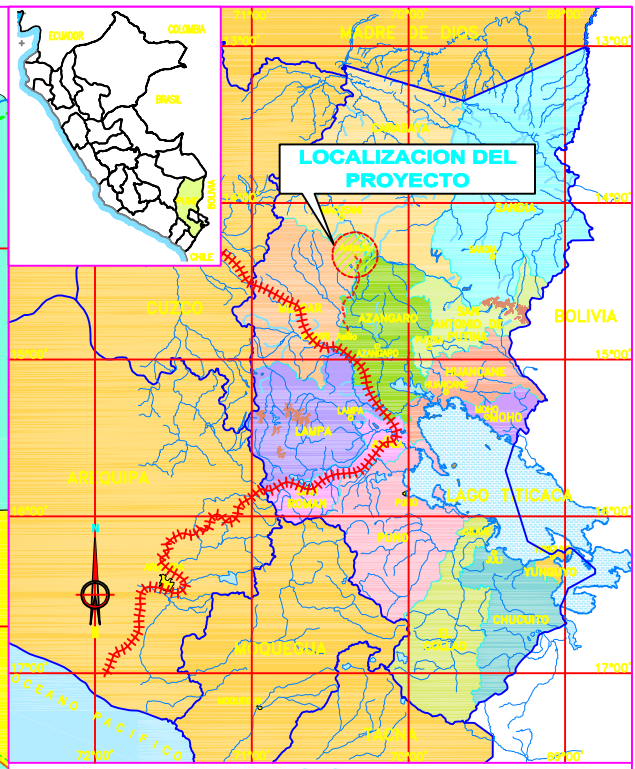
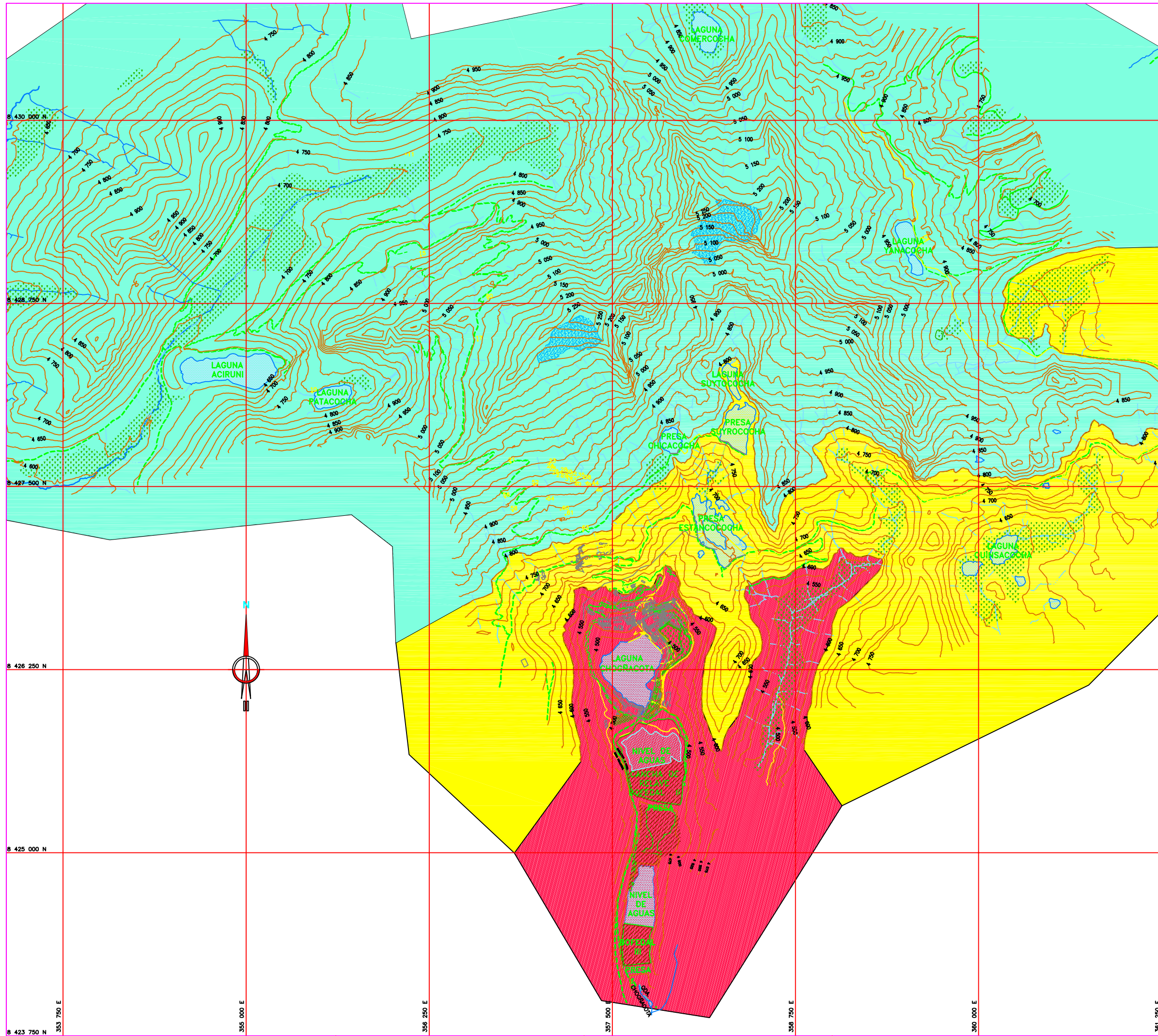
PROYECTO: PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL

CONDICIONES ACTUALES DEL AREA DEL PROYECTO

TITULO: MEDIO AMBIENTE FISICO CALIDAD DE AIRE Y RUIDO UBICACION DE ESTACION METEOROLOGICA Y PUNTOS DE MONITOREO DE POLVO

PLANO N°: CSL-050900-1-AR-01

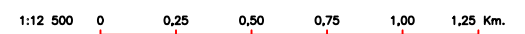
ELABORO : C.Q.LL.	REVISO : C.Q.LL.	ESCALA : INDICADA	REV. : C
DIBUJO : CH.T.M.	APROBO : J.V.G.	FECHA : JULIO 2 006	TRABAJO : 050900



UBICACION S/E

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CURVAS MAYORES
	CURVAS MENORES
	RIO
	QUEBRADAS
	CAMINOS DE ACCESO
	LAGUNA
	MINA
	EDIFICACIONES
	BOFEDAL
FORMACIONES ECOLOGICAS	
	NIVAL
	TUNDRA MUY HUMEDO ALPINO
	MONTE PARAMO HUMEDO SUB ALPINO

NOTAS :
1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE



C	27/07/06	INFORME FINAL	RACH.	J.V.G.
B	15/06/06	Informe Final	RACH.	J.V.G.
A	30/03/06	Borrador Informe Final	RACH.	J.V.G.
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO

MINSUR MINA SAN RAFAEL

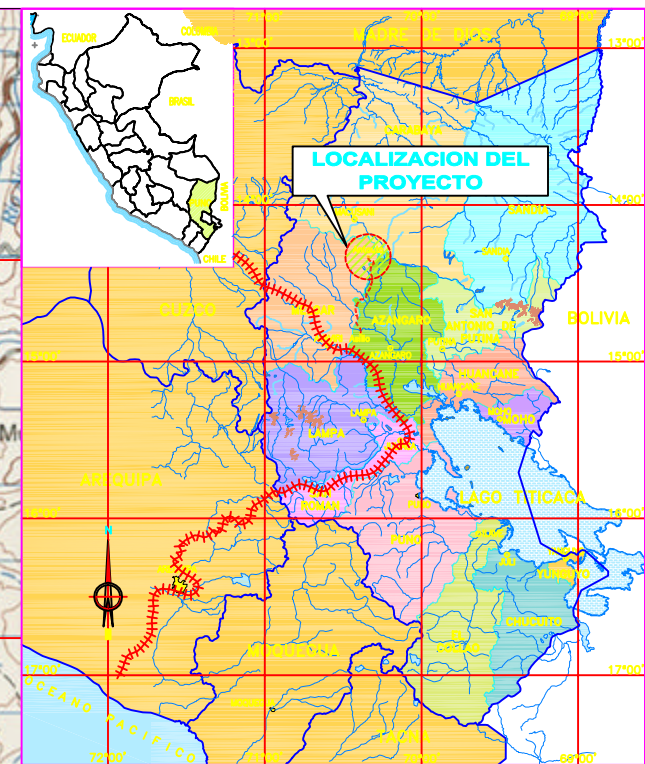
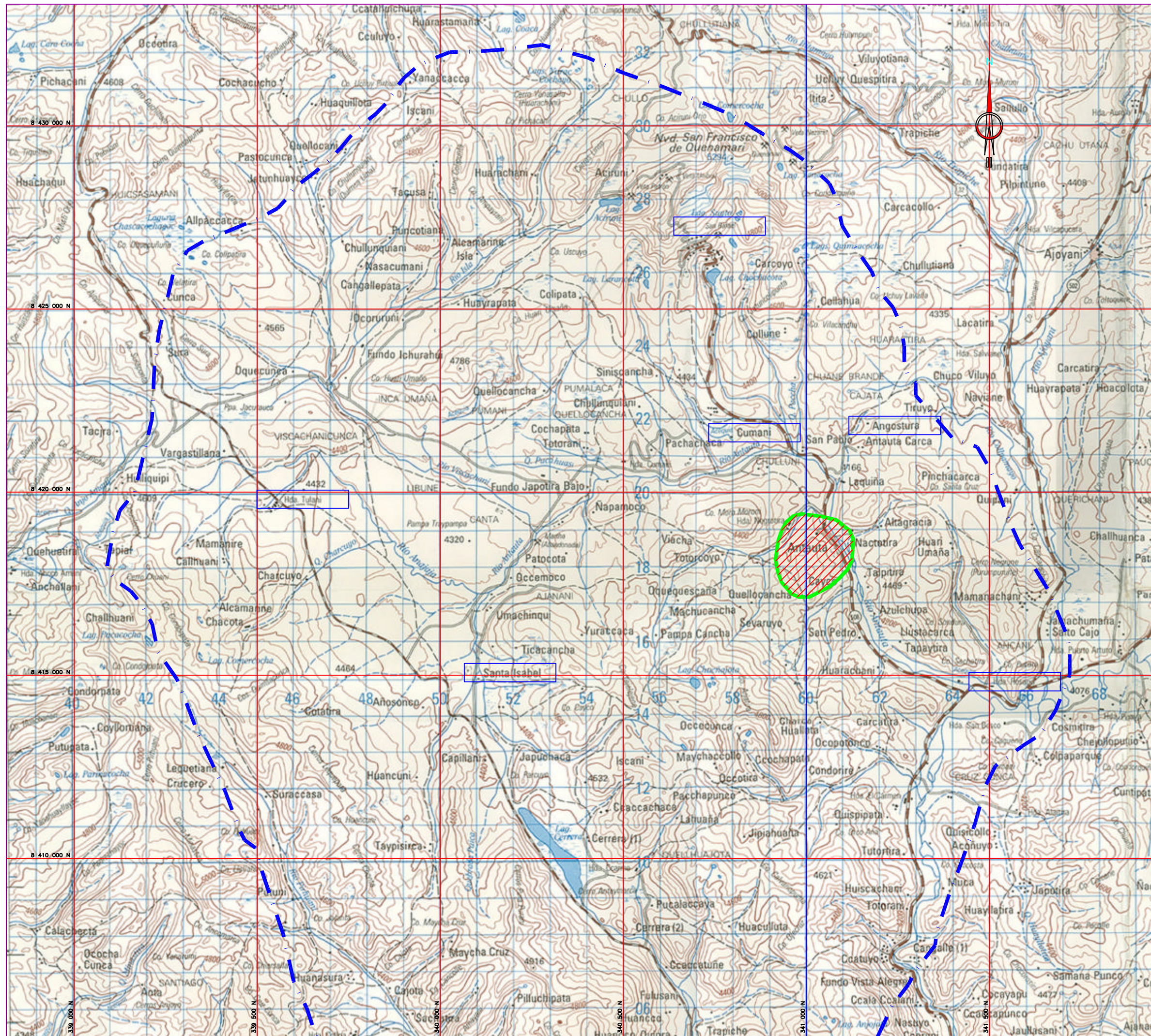
PROYECTO: **PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL**

CONDICIONES ACTUALES DEL AREA DEL PROYECTO

TITULO: **MEDIO AMBIENTE BIOLÓGICO** PLANO N°: **CSL-050900-1-BI-01**

FORMACIONES ECOLOGICAS

CESEL INGENIEROS	ELABORO : C.Q.LL.	REVISO : C.Q.LL.	ESCALA : INDICADA	REV. : C
	DIBUJO : CH.T.M.	APROBO : J.V.G.	FECHA : JULIO 2 006	CODIGO 050900



UBICACION S/E

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	LAGUNAS
	RIOS
	RED DE CAMINOS
	CENTROS POBLADOS
	AREA DE INFLUENCIA DIRECTA
	AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA



C	27/07/06	INFORME FINAL	RACH.	J.V.G.
B	15/06/06	INFORME FINAL	RACH.	J.V.C.
A	30/03/06	BORRADOR INFORME FINAL	RACH.	J.V.C.
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO

MINSUR MINA SAN RAFAEL

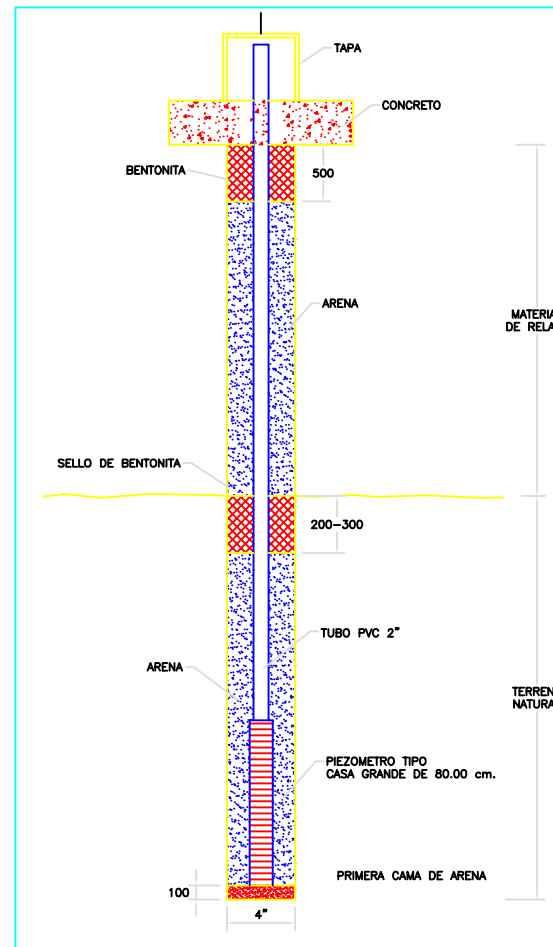
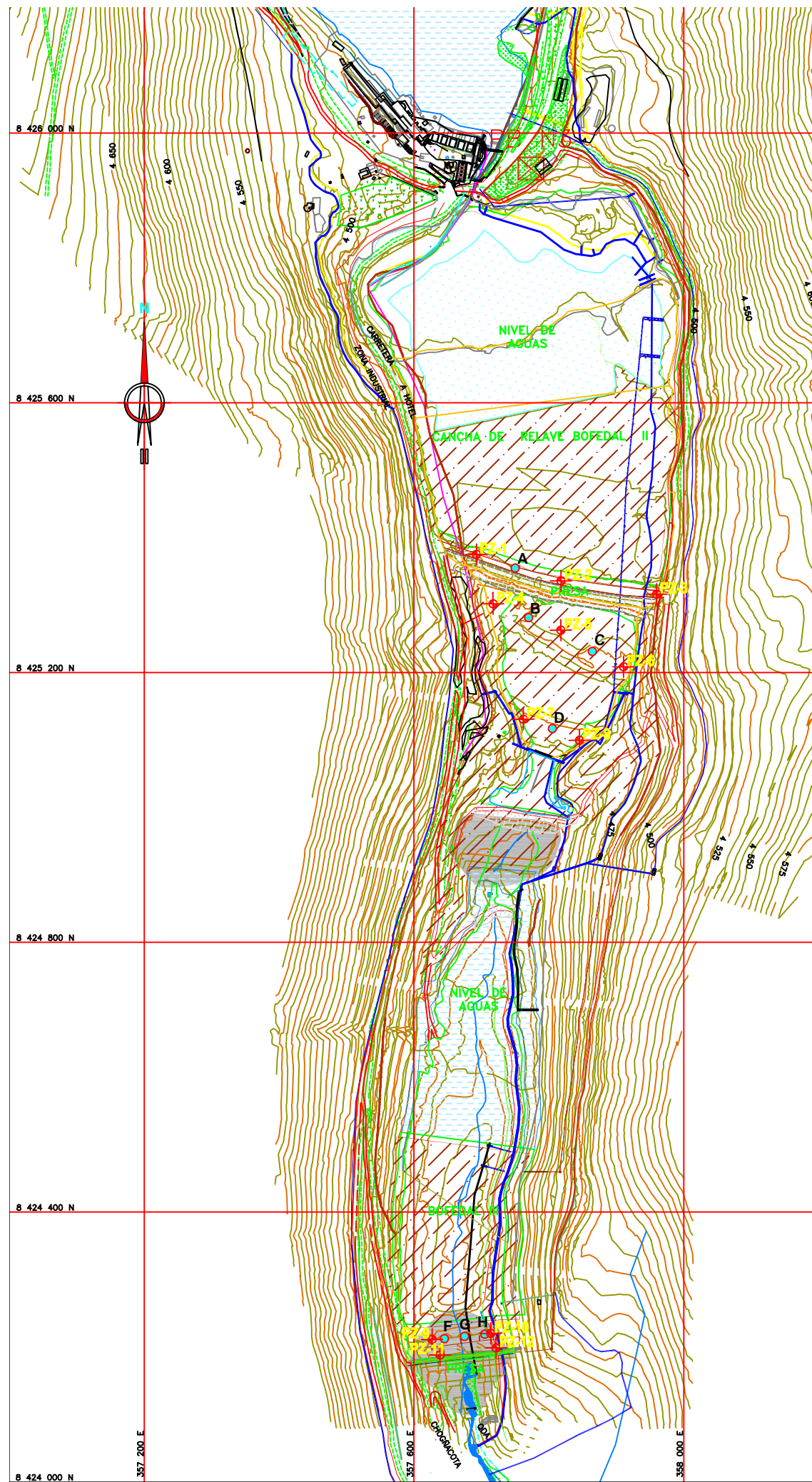
PROYECTO: **PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL**

CONDICIONES ACTUALES DEL AREA DEL PROYECTO

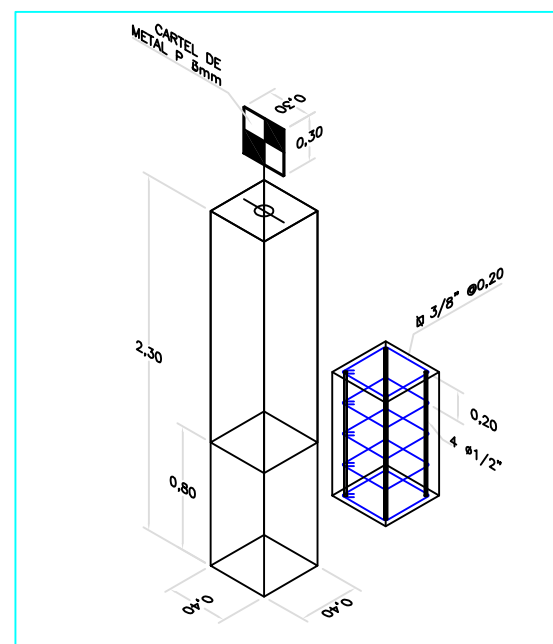
TITULO: **MEDIO AMBIENTE SOCIO-ECONOMICO Y CULTURAL PLANO DE AREA DE INFLUENCIA DIRECTA E INDIRECTA**

PLANO N°: **CSL-050900-1-SC-01**

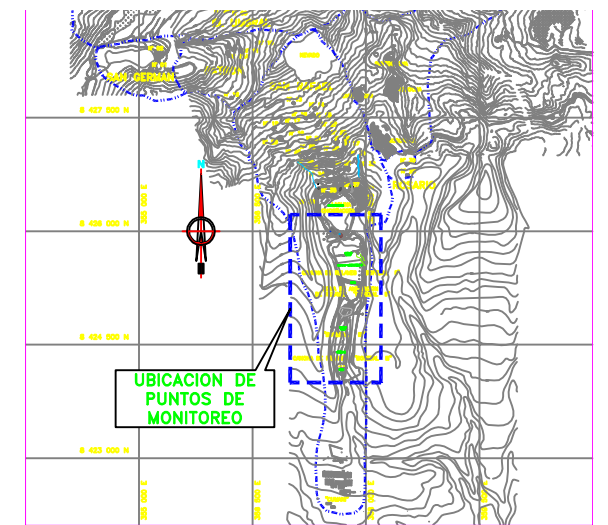
CESEL INGENIEROS	ELABORO : E.C.H.G. DIBUJO : CH.T.M.	REVISO : C.M.F. APROBO : J.V.G.	ESCALA : 1:50 000 FECHA : JULIO 2 006	REV. : C CODIGO : 050900
----------------------------	----------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------



PIEZOMETRO



HITOS TOPOGRAFICOS Y PUNTOS DE ALINEAMIENTO



UBICACION S/E

PUNTOS MONITOREO				
TIPO	PUNTO	NORTE	ESTE	OBS.
ESTABILIDAD HIDROGEOLOGICA	PZ-1	8 425 375,242	357 692,554	--
	PZ-2	8 425 335,985	357 817,998	--
	PZ-3	8 425 316,287	357 859,902	--
	PZ-4	8 425 302,046	357 717,266	--
	PZ-5	8 425 282,929	357 817,821	--
	PZ-6	8 425 208,558	357 810,841	--
	PZ-7	8 425 130,771	357 782,146	--
	PZ-8	8 425 099,693	357 845,428	--
	PZ-9	8 424 211,185	357 626,702	--
	PZ-10	8 424 220,098	357 713,911	--
	PZ-11	8 424 188,118	357 638,663	--
	PZ-12	8 424 198,533	357 721,609	--
HITOS TOPOGRAFICOS	A	8 425 355,161	357 750,107	--
	B	8 425 281,608	357 789,900	--
	C	8 425 231,302	357 864,422	--
	D	8 425 116,885	357 805,118	--
	E	8 424 212,440	357 645,128	--
	F	8 424 215,682	357 674,951	--
	G	8 424 218,923	357 704,775	--

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CURVAS MAYORES
	CURVAS MENORES
	RIO
	QUEBRADAS
	CARRERA ASFALTADA
	CAMINOS DE ACCESO
	LAGUNA

FUENTE: MINSUR S.A.

NOTAS :
1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE



REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
B	15/06/06	Informe Final	R.A.CH.	J.V.G.
A	30/03/06	Borrador Informe Final	R.A.CH.	J.V.G.

MINSUR MINA SAN RAFAEL

PROYECTO: PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL

MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST-CIERRE

TITULO: ACTIVIDADES DE MONITOREO POST-CIERRE
PUNTOS DE MONITOREO ESTABILIDAD FISICA Y ESTABILIDAD HIDROGEOLOGICA

PLANO N°: CSL-050900-1-MO-01

CESEL INGENIEROS

ELABORO: R.A.CH. REVISO: R.A.CH./C.Q.LL. ESCALA: 1:15 000 REV.: B
DIBUJO: R.A. APROBO: J.V.G. FECHA: JUNIO '06 TRABAJO: 050900