

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



DESARROLLO DEL PROYECTO AURIFERO CERRO QUILISH
YANACocha
CAJAMARCA - PERU

INFORME DE INGENIERIA

Para Optar el Título de:

INGENIERO GEOLOGO

Por:

JULIO ALFREDO RODAS MONTENEGRO

Promoción 95-2

Lima-Perú

2000

*Este trabajo se lo dedico a mi madre Matilde
y a mi hermana Teodocia;
quienes han sido el sustento de mi formación.*

*A Mariela mi esposa, compañera y amiga.
A Carlos y Leonardo nuestros tesoros.*

RESUMEN

El Distrito Minero Yanacocha (DMY) está ubicado en los Andes Occidentales en el Departamento de Cajamarca, dentro de secuencias volcánicas del Terciario; entre los 11.5 y 10.9 ma (Turner 1997). El DMY está formado por un conjunto de sistemas de alta sulfuración mayormente oxidados, los que conforman los diferentes depósitos del distrito.

Yanacocha es en la actualidad el primer productor de oro de Latinoamérica, sólo en 1999 la producción fue de 1.65 Moz y sus reservas están por el orden de los 33 Moz.

Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL) es una compañía cuyos accionistas son Newmont Mining Company de Estados Unidos con 51%, Compañía de minas Buenaventura con 44% y IFC del Banco Mundial 5%.

Las alteraciones típicas de estos sistemas son: alteración silicea en las partes centrales, argílica avanzada y argílica en los bordes.

La mineralización principalmente está asociada a la alteración silicea y en menor proporción a la alteración argílica avanzada pero no así a la argílica.

Tanto la alteración como la mineralización del distrito son controladas por el tren estructural NE conocido como "Corredor Estructural Chicama Yanacocha" (Quiroz, 1997).

El proyecto Cerro Quilish está formado principalmente de rocas volcanoclásticas y brechas hidrotermales, las que con alteración favorable albergan la mineralización del depósito. Las estructuras NE y NW favorecen la distribución del oro, pero es limitado por estructuras EW y NS, que han cortado la mineralización en ciertas áreas del depósito. Quilish cuenta actualmente con 3.1 Moz en reservas y 1.2 Moz en recursos.

Los trabajos de exploración en Cerro Quilish se inician en 1986 por Newmont Perú, luego de un periodo de problemas con las comunidades, en 1997 el Departamento de Geología de Exploraciones (GE) de MYSRL reinicia los trabajos de exploración, los que llegan en 1998 hasta la etapa de inventario de mineral, a partir del cual el proyecto es trabajado por el Departamento de Geología de Mina y Desarrollo (GMD).

En GMD se ha trabajado a partir de un modelo preliminar a partir de pruebas de botella y columna, pruebas de densidad, caracterización de desmonte (waste), esterilización y el modelamiento geológico del depósito.

La información obtenida es puesta en bases de datos y luego procesada por programas de cómputo que ayudan al entendimiento, el modelamiento y el desarrollo del proyecto. Posteriormente esta información es usada por el Departamento de Ingeniería de Minera Yanacocha.

SUMMARY

Yanacocha Mine District (YMD) is located in the occidental mountains of Cajamarca, into volcanic sequences from the Tertiary; between the 11.5 and 10.9 ma (Turner, 1997). The YMD is formed by a group of high sulfidation system mostly oxidized, which conform the different district deposits.

Nowadays, Yanacocha is the first gold productor in Latin América. Only in 1999 the production was was of 1.65 M Oz and its reserves are at 33 M Oz.

The accionists of Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL) are Newmont Mining Company of USA with 51%, Buenaventura Mining Company with 44% and IFC with 5%.

The tipic alteration of these systems is: presence of silica alteration in the central parts, advanced argilic and argilic in the edges.

The mineralization is associated mainly to silica alteration, in less portion to silica alteration, but no to the argilic alteration.

Both the alteration and the mineralization of the district are controled by the structural NE train which is better known such as "Structural Corredor Chicama Yanacocha" (Quiroz, 1997).

Cerro Quilish proyect is mainly formed by volcanic rocks and hydrothermal breccias; which having a favourable alteration host the deposit mineralization. The NE and NW structures favour the gold distribution, but it is limited by the EW and NS structures, which have cut the mineralization in some areas of the deposit. Currently Quilish has 3.1 M Oz in reserve and 1.2 in resources.

Newmont started exploration works in Cerro Quilish in 1986 in Perú. After a period of problems with the communities in 1997 the MYSRL Exploration Geology Department (EG) de MYSRL re-started the exploration work, which achieved the stage of ineral inventory by 1998. Based on that, Development and Mine Geology started works on the proyect.


Here Development and Mine Geology have started to work on a preliminary model in 1998 based on information given by Exploration Geology, which had reported 1.8 M Oz in resources and 2.5 M Oz in inventory. In an in fill drilling program to take the resources reported to in the model to reserves; in metallurgy, includes bottle and column tests, density, characteristics of waste material, sterilization and the geological modelling in the deposit.

The gotten information is entered to a database and processed by computing programs which help to understand modelling and development of the project. Afterwards this information is used by the MYSRL Engineering Department to keep with the mining processes.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar en esta parte, mi más profundo agradecimiento a la Compañía Minera Yanacocha SRL, en las personas del Sr. Carlos Santa Cruz Gerente General, Bruce Harvey Director de Geología y Cindy Williams Superintendente de Geología de Mina y Desarrollo por su aceptación y apoyo en el presente trabajo.

Al departamento de Geología de MYSRL Thomas Klein y José Trujillo encargados de Cerro Quilish en 1998-99; Edelmira Calderón supervisora del área, Raúl Rojas y Bernardo Aznarán encargados de la esterilización y caracterización de desmonte respectivamente, Alvaro La Torre, José Paskvan, Esteban Herrera y César Alvarez, asistentes en el desarrollo del proyecto de Cerro Quilish.

A Enrique Figueroa ex-Superintendente de Geología de Mina, quién en 1995 me acogió en MYSA; a José Quevedo  y Lloyd McEvers por las oportunidades brindadas; a Andrés Quiroz, Raúl Villacorta y Gustavo Vélez por sus enseñanzas; a Brad Leach por la confianza brindada; a Carlos León, Alberto Peña, Abel Puerta, Miguel Zuloeta y Julio Martinez por su apoyo en modelamiento y cómputo.

A mis profesores de la UNI por sus enseñanzas y formación profesional.

A mi familia representadas en mi hermana Teodocia y mi madre Matilde por su apoyo incondicional en mi etapa de estudiante.

Finalmente quisiera agradecer a todas aquellas personas que de algún modo han colaborado para que este trabajo se culminara.

Julio A. Rodas Montenegro

INDICE

Resumen.	I
Summary	III
Agradecimientos	V
Índice	VI
Abreviaciones usadas	IX
Lista de figuras	X
Lista de fotos	XI

1.0 GENERALIDADES

1.1	Objetivos	1
1.2	Ubicación y Acceso	1
	1.2.1 Ubicación	1
	1.2.2 Acceso	3
1.3	Geomorfología Clima y Vegetación	3
	1.3.1 Geomorfología	3
	1.3.2 Clima	4
	1.3.3 Vegetación	5
1.4	Reservas	6

2.0 GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO YANACOCHA

2.1	Introducción	7
2.2	Estratigrafía	9
	2.2.1 Cretáceo	10
	2.2.2 Volcánicos Llama	10
	2.2.3 Volcánicos Porculla	11
	2.2.4 Volcánicos Huambos	12
	2.2.4.1 Miembro Otuzco	12
	2.2.4.2 Miembro Fraylones	12
	2.2.5 Depósitos Cuaternarios	13

2.3	Rasgos Tectónicos	15
2.4	Alteración y Mineralización	18
2.4.1	Alteración sícea	18
2.4.2	Alteración argílica avanzada	20
2.4.3	Alteración argílica	21
2.4.4	Alteración propilítica	21

3.0 GEOLOGIA DE CERRO QUILISH

3.1	Introducción	22
3.2	Litología	24
3.3	Alteración y Mineralización	27
3.4	Control estructural	32

4.0 GEOLOGIA DE DESARROLLO

4.1	Introducción	35
4.1.1	Metodología usada	35
4.1.2	Alcances y limitaciones del estudio	36
4.1.3	Paso del proyecto de Geología de Exploraciones a Geología de Mina y Desarrollo	37
4.1.4	Modelamiento preliminar	37
4.1.4.1	Modelo de Alteraciones, oro y sulfuros	38
4.1.4.2	Resultados del modelo preliminar	39
4.2	Perforación	42
4.2.1	Programa de perforación	42
4.2.2	Accesos y plataformas	44
4.2.3	Perforación	45
4.2.4	Preparación de muestras y Análisis	47
4.2.5	Logueo y Relogeo	49
4.2.6	Base de datos (Collar, Survey, Dhgeo, Dhassay)	50
4.3	Modelamiento Geológico	54
4.3.1	Introducción	54

4.3.2	Desarrollo del modelo	55
	Modelamiento de Alteraciones	55
	Modelamiento de Oro	56
	Modelamiento de sulfuros	56
	Modelamiento de Estructuras	57
4.3.3	Cálculo de volúmenes por tipo de material	57
4.4	Metalurgia	63
4.4.1	Botellas	63
4.4.2	Columnas	65
4.4.3	Densidad	67
4.4.4	Caracterización de Desmonte	68
4.5	Esterilización	70
4.6	Resultados del modelo de 1999	70
5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
5.1	Conclusiones	71
5.2	Recomendaciones	72
	Bibliografía	75
	Anexos	78
A	Breve Reseña Histórica	79
B	Hardware y Software	80
C	Cálculo de volúmenes por tipo de material	82

ABREVIACIONES USADAS

AA	Argílico avanzado
ARG	Argílico
DMY	Distrito Minero Yanacocha
E	Este
GE	Geología de Exploraciones
GMD	Geología de Mina y Desarrollo
LIX	Lixiviado
M	Millones
m	metros
Moz	Millones de onzas
MYSA	Minera Yanacocha Sociedad Anónima
MYSRL	Minera Yanacocha Sociedad de Responsabilidad Limitada
N	Norte
oz	onzas de oro
PRO	Propilítico
S	Sur
SFs	Sulfuros
SG	Sílice granular
si-al	Ensamble sílice alunita
si-clay	Ensamble sílice clay (arcillas)
SM	Sílice masiva
SV	Sílice vuggy
TRAN	Trancional
W	West (Oeste)
XRD/XRF	Difractometría de rayos X

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Ubicación del Distrito Minero Yanacocha.
- Figura 2 Hidrografía del área de Yanacocha.
- Figura 3 Ubicación de los depósitos del Distrito Minero Yanacocha.
- Figura 4 Comparación Estratigráfica del área de Yanacocha.
- Figura 5 Mapa de estructuras y litología del Distrito.
- Figura 6 Corredor Estructural Chicama Yanacocha.
- Figura 7 Mapa de estructuras y alteración del Distrito.
- Figura 8 Geoquímica de 1992 del área de Quilish.
- Figura 9 Mapa litológico estructural de Cerro Quilish.
- Figura 10 Sección esquemática de Cerro Quilish.
- Figura 11 Mapa de alteraciones de Cerro Quilish.
- Figura 12 Plano ley por espesor de mineral.
- Figura 13 a. Sección 22500N mirando al norte, b. Sección 9700E; mostrando el modelo preliminar de Diciembre de 1998.
- Figura 14 Tajo de Quilish con los taladros a 1998.
- Figura 15 Pantalla de la estación de trabajo IRIS mostrando la programación de taladros.
- Figura 16 Diagrama del proceso de preparación de muestras.
- Figura 17 Formato de logueo.
- Figura 18 Estructura de las bases de datos.
- Figura 19 Sección 21700N mirando al norte y que muestra el modelo de Diciembre de 1999.
- Figura 20 Sección 22500N mirando al norte y que muestra el modelo de Diciembre de 1999.
- Figura 21 Sección 9700E mirando al oeste y que muestra el modelo de Diciembre de 1999.
- Figura 22 Vista en planta del nivel 3644 del modelo de Diciembre de 1999.
- Figura 23 Tajo de Quilish de 1999.
- Figura 24 Plano de ubicación de las muestras de botellas y columnas.
- Figura 25 Plano de ubicación de las muestras de densidad y desmonte.

LISTA DE FOTOS

- Foto 1. Vista panorámica de Cerro Quilish mirando al sur.
- Foto 2. Flora del área de Yanacocha.
- Foto 3. Fauna del área de Yanacocha.
- Foto 4. Miembro Frailones al sur del depósito San José.
- Foto 5. Muestras de Sílice Masiva (SM).
- Foto 6. Muestras de Sílice granular y Vuggy (SG/SV).
- Foto 7. Muestras de alteración argílica avanzada (AA).
- Foto 8. Muestras de alteración argílica y propilítica.
(ARG/PROP).
- Foto 9. Muestra de brecha hidrotermal del área de Quilish.

- Foto 10. Sílice masiva con laminaciones de Quilish.
- Foto 11. Sílice masiva en diferentes presentaciones de Quilish.
- Foto 12. Muestras de sílice vuggy SV de Quilish.
- Foto 13. Muestras de sílice granular SG de Quilish.
- Foto 14. Muestras de alteración argílica avanzada de Quilish.
- Foto 15. Máquina de perforación de aire reverso RCD iniciando la fase I de perforación en Quilish.
- Foto 16. Muestras de densidad tomadas de Quilish.

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

La presentación de este trabajo tiene como objetivo obtener el grado de Ingeniero Geólogo.

Mostrar el trabajo realizado durante el desarrollo del proyecto de Cerro Quilish, que comprende desde la etapa de inventario de mineral hasta la fase de reservas del depósito.

1.2 UBICACION Y ACCESO

1.2.1 Ubicación

El Distrito Minero Yanacocha se encuentra geográficamente en la cima de los Andes Occidentales del norte del Perú (figura 1). Sus coordenadas geográficas se encuentran entre:

06°54' - 07°04' Latitud Sur.

78°25' - 78°33' Longitud Oeste.

Políticamente pertenece al Distrito de La Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca.

Geológicamente el DMY se encuentra dentro de la Formación Porculla del Mioceno inferior a medio.

Quilish forma parte del Distrito Minero Yanacocha y se encuentra ubicado en la zona sur-oeste del DMY.

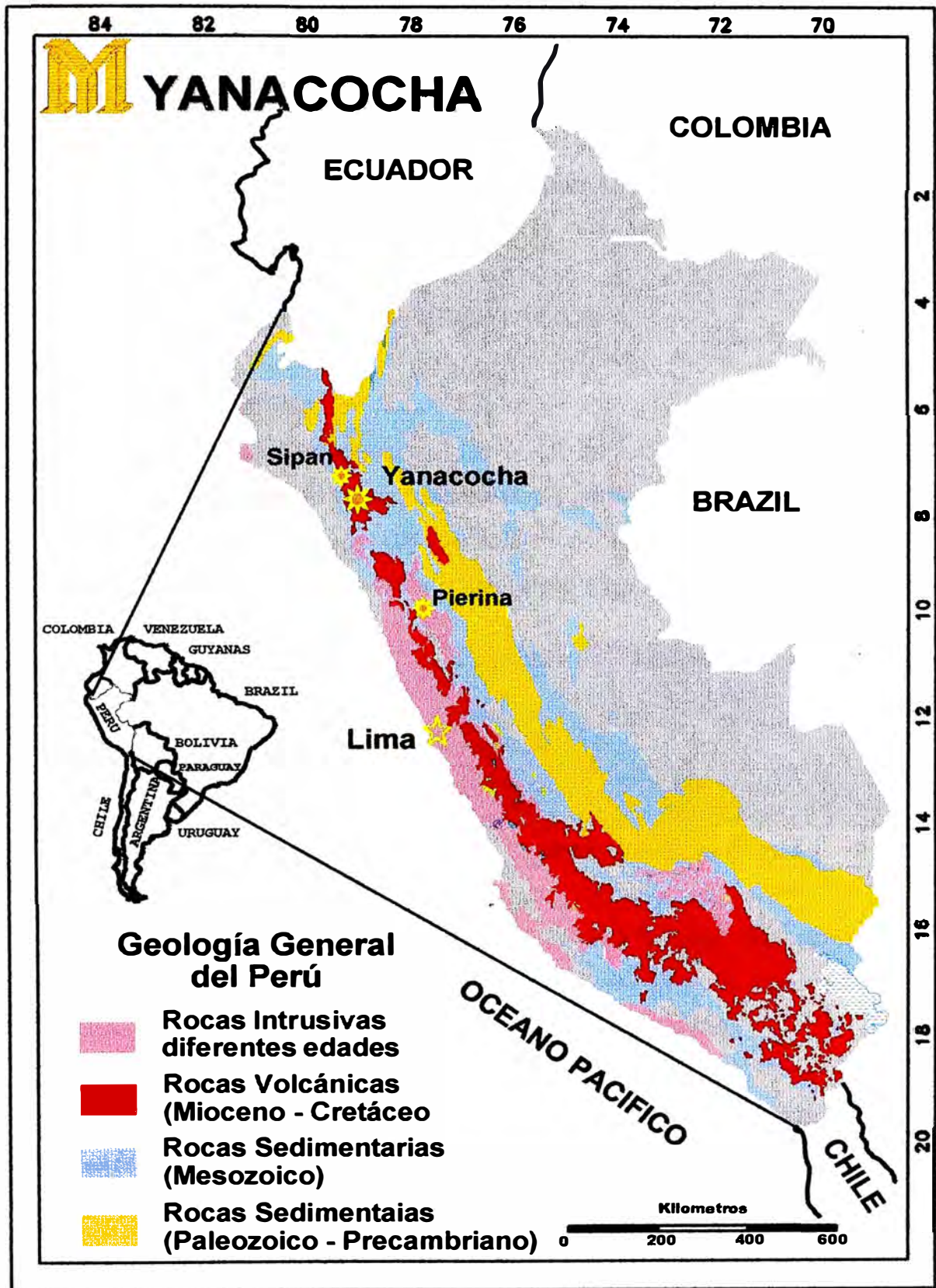


Figura 1. Ubicación del Distrito Minero Yanacocha.

1.2.2 Acceso

El acceso se realiza mediante vía aérea o terrestre desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Cajamarca; y desde ésta por la carretera afirmada que va desde Cajamarca a Hualgayoc hasta el kilómetro 30, aquí hay un desvío de 4 Km hacia la derecha, llegando aproximadamente a la zona en una hora con 15 minutos.

1.3 GEOMORFOLOGIA Y CLIMA VEGETACION

1.3.1 Geomorfología.

Las superficies de esta parte del Perú corresponden a las superficies de erosión Puna y Chacra desarrollada entre los 14–6 Ma; está afectada por un periodo de glaciación ocurrida en el Cuaternario, viendose reflejado en el paisaje actual (foto 1).



Foto 1. Vista de Cerro Quilish mirando al sur.

La zona se caracteriza por mostrar un relieve suave, con restos de pequeños valles maduros, pantanosos y rezagos de lagunas que muchas veces han sido destruidas por agentes erosivos.

Las evidencias de la actividad glacial aún se observan, es así que se presentan valles colgados en forma de "U", superficies con estrias de erosión glacial, depósitos morrénicos, abanicos fluvio-glaciares y morrenas terminales que pertenecen al Pleistoceno.

Las líneas de cumbre del distrito conforman las cabeceras de los ríos que tienen vertientes al Océano Atlántico río Marañon y hacia el Océano Pacífico con el río Jequetepeque (figura 2).

1.3.2 Clima.

Debido a las alturas predominantes (>3600 m) en el área; el clima es frígido llegando a temperaturas de -3°C , dando lugar a continuas heladas.

Se distinguen claramente 2 estaciones:

1. Lluviosa Diciembre - Marzo.
2. Seca Abril - Noviembre.

Durante el día en la estación seca se tiene intenso sol, vientos que alcanzan velocidades hasta de 40 km/h y temperaturas de 20°C .

En la época de lluvia es común la caída de granizo, neblinas bastante densas, tormentas eléctricas y humedad hasta de 72%.

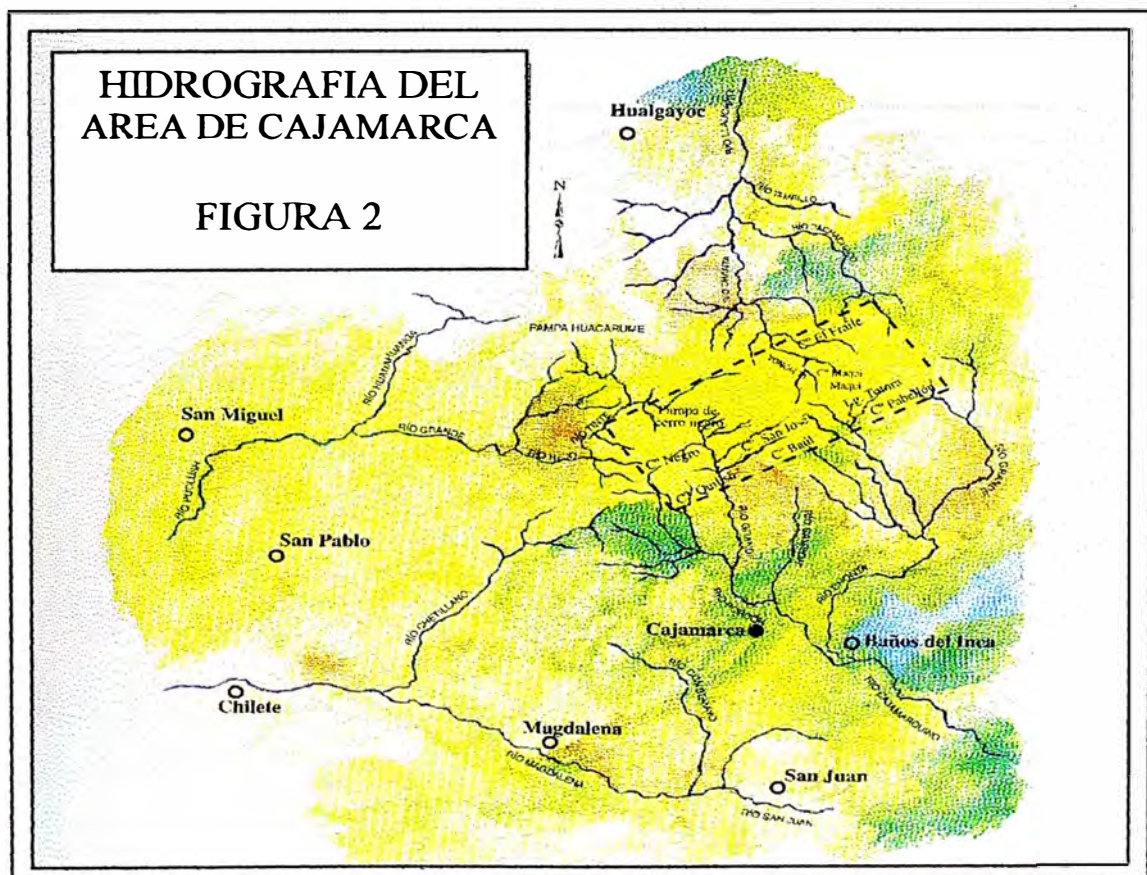


Figura 2. Hidrografía del área de Cajamarca.

1.3.3 Vegetación.

Las características climáticas del Estadio Puna; la vegetación es escasa y en él predomina generalmente el ichu (Narváez et al, 1997).

Por la humedad existente en el suelo se tiene una diversidad de plantas y animales, bien distribuidos.

En ciertas depresiones hay áreas pantanosas, y los torrentes de agua tienen flujos de 14 lt/seg en época de sequía y de 52 lt/seg en la época de lluvias.

Estudios recientes muestran aproximadamente seiscientas colecciones botánicas que han permitido reconocer la diversidad de flora y fauna del distrito (Bazan et al, 1998) (fotos 2 y 3).



Foto 2. Flora del área de Yanacocha.



Foto 3. Fauna del área de Yanacocha.

1.4 RESERVAS

Para finales del año 1999 las reservas en óxidos diseminados llegan a los 32.9 Millones de onzas de oro, y se han explotado 5.8 Millones de onzas de oro y 10.2 Millones de onzas en recursos, lo que hacen un total a la fecha de 54.2 Millones de onzas; adicionalmente se tienen 350 Millones de onzas de plata y una cantidad aun no determinada en oro asociado a sulfuros, así como la ocurrencia de otros metales que en el futuro se evaluarían.

En la actualidad los depósitos en producción son Carachugo, San José, Yanacocha y Maqui Maqui. Los depósitos que aún no se encuentran en producción son Cerro Negro, Cerro Quilish, El Tapado, La Quinua y Chaquicocha Sur (figura 3).

Diagrama siguiente muestra el desarrollo en etapas (generalizado) de un proyecto en MYSRL.

Etapas generales de un proyecto en MYSRL

	DEPARTAMENTO	ACTIVIDAD
PROYECTO	GEOLOGIA DE EXPLORACIONES	Geoquímica, Geofísica, densidad, Perforación, pruebas de botella, mapeo e interpretación y cálculo de inventario.
	GEOLOGIA DE MINA Y DESARROLLO	Modelo geológico preliminar. Perforación (infill drilling) Pruebas de columna Caracterización de desmonte Esterilización Modelo geológico final.
	PLANEAMIENTO	Diseño del Tajo, reporte oficial de las onzas de oro y volúmenes de materiales, geotécnica.
	MINADO	Extracción de materiales

2.0 GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO YANACOCCHA

2.1 INTRODUCCION

El Distrito Minero Yanacocha está ubicado dentro de los volcánicos terciarios en el Sector Septentrional de la Cordillera Occidental en el norte de los Andes peruanos; grupo Calipuy (Wilson, 1985).

El Distrito está controlado por estructuras de dirección NW-SE y NE-SW; el tren NE-SW tiene movimiento dextral (Cobbing et al, 1981), es decir presenta un corredor transversal que tiene dirección hacia los Andes, este corredor tiene el nombre de "Corredor estructural Chicama-Yanacocha" (Quiroz, 1997), dentro de éste contexto existe una serie de yacimientos metálicos tales como Sipan, Minas Conga, el Galeno y Michiquillay.

El DMY está conformado por un conjunto de sistemas epitermales del tipo ácido-sulfato que se desarrollaron entre 10.9-11.5 Ma de edad, alterando y mineralizando las rocas volcánicas (Turner, 1997).

El área del distrito tiene 17 Km de largo por 6 de ancho en dirección NE y cada depósito dentro del distrito cuenta con el zonamiento típico de alteración; generalmente con óxidos de hierro (limonitas).

El Distrito Minero Yanacocha actualmente está formado por los siguientes depósitos: Carachugo, Maqui Maqui, San José, Yanacocha, Chaquicocha, La Quinoa, El Tapado, Chaquicocha Sur, Cerro Negro y Cerro Quilish (ver figura 3), los que acumulan reservas por el orden de los 33 millones de onzas; lo que garantiza a la mina una vida de 15 años, con una producción de más de 2 millones de onzas por año; de estos sólo La Quinoa es de naturaleza fluvio-glacial, las morrenas y tills son formados a partir del material proveniente del Cerro Yanacocha ubicado al Este de La Quinoa.

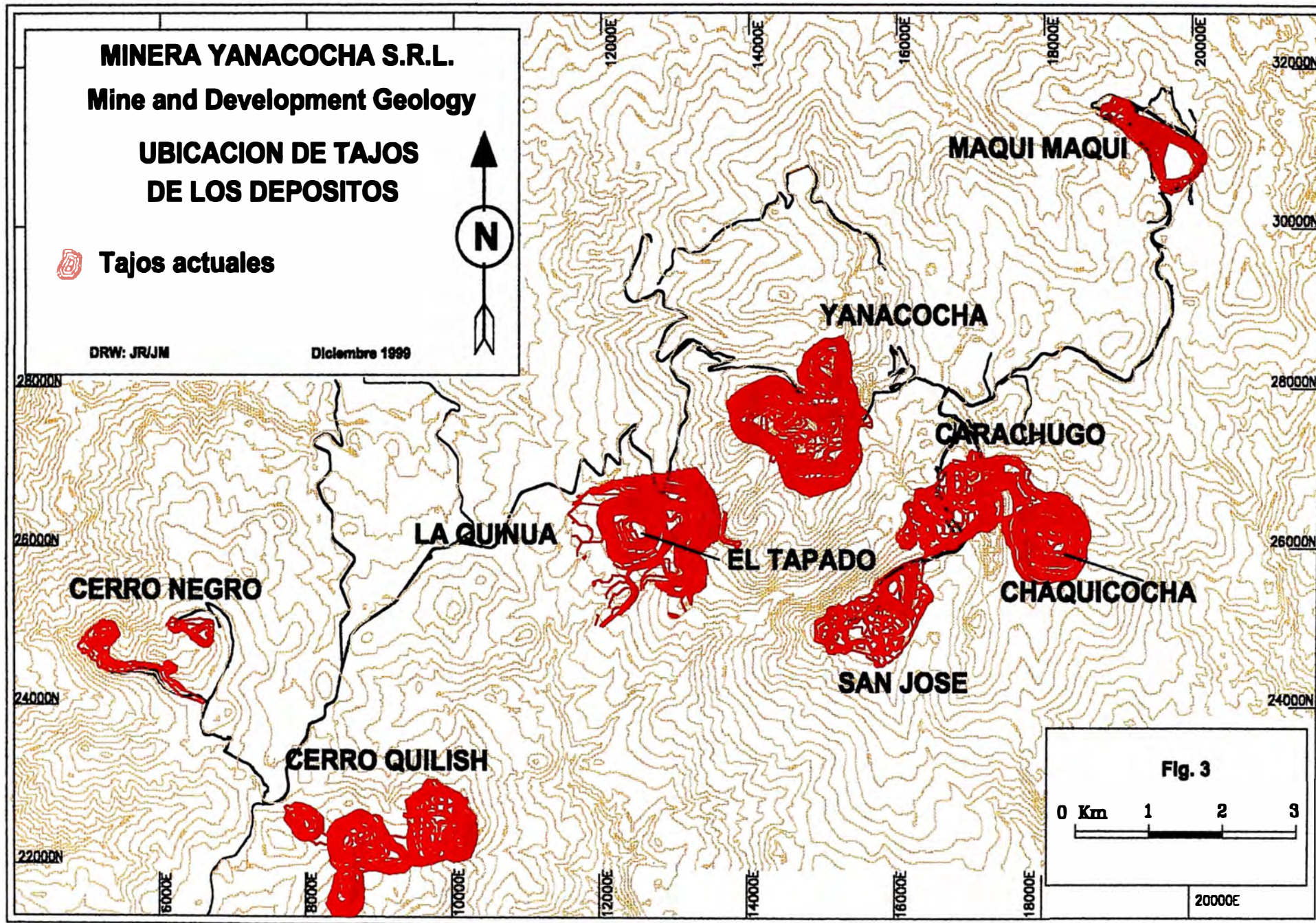


Figura 3. Ubicación de los depósitos del Distrito Minero Yanacocha

2.2 ESTRATIGRAFIA.

El distrito tiene rocas volcánicas del Terciario discordantes sobre rocas del Cretáceo, con algunos depósitos cuaternarios que cubren estos volcánicos terciarios.

Cabe hacer notar que en el distrito no tiene mayores afloramientos del basamento.

Una comparación de la geología de Yanacocha con las publicaciones de las hojas geológicas de los cuadrángulos de Cajamarca, Chota, Celendin y San Marcos fue realizada por S. Turner en 1997 para su tesis doctoral (figura 5).

El vulcanismo del distrito se caracteriza por presentar rocas piroclásticas de composición generalmente andesítica, derrames de lava y flujos de domo de textura porfirítica cuya composición es de intermedia a ácida (andesitas, dacitas y riodacitas); también hay diques y diatremas posteriores que cortan las secuencias preexistentes.

Las brechas inherentes al proceso hidrotermal y el vulcanismo forman parte del conjunto de rocas del distrito; estas brechas son receptoras (en algunos casos) de mineralización con alta ley.

“Las rocas volcánicas del Terciario están conformadas por tobas, aglomerados, cenizas y lavas principalmente de composición andesítica, intercalándose en algunos lugares con sedimentos lacustrinos” (Chacon et al, 1997); observándose estos sedimentos en las áreas de San José, Carachugo, Chaquicocha, Cerro Negro y Cerro Quilish.

DISTRITO YANACOCHA		HOJA DE CAJAMARCA	HOJA DE CHOTA	HOJA DE SAN MARCOS	HOJA DE CELENDIN
GRUPO CALIPIUY	Formación Huambos	Formación Huambos	Formación Huambos	Formación Cajabamba	Formación Huambos
			<ul style="list-style-type: none"> Miembro Fraylones Miembro Otuzco 		
	Volcánicos Regalado	Volcánicos San Pablo	Volcánicos Porculla	Volcánicos San Pablo	Volcánicos Porculla
	Complejo de Flujo dómico Yanacocha	Volcánicos Chilete			
	Volcánicos Llama	Volcánicos Tembladera	Volcánicos Llama	Formación Chota	Formación Chota
Basamento Cretaceo	Formación Cajamarca	Formación Chota			

Tomado de Turner 1997

Figura 4. Comparación Estratigráfica del área de Yanacocha.

2.2.1 Cretáceo.

Conformada principalmente por calizas, lutitas, limolitas y cuarcitas estas últimas reconocidas como xenolitos en rocas volcánicas del Terciario; las rocas del cretáceo se encuentran bastante extendidas al Sur y sur-este del DMY y están intensamente plegadas y falladas (Wilsón, 1985) como se observa al Norte de Maqui Maqui.

2.2.2 Volcánicos Llama.

Secuencia gruesa de volcánicos que descansa discordantemente sobre el basamento Cretáceo (Cobbing et al, 1981). Son resistentes a la erosión, tienen un conglomerado basal rojizo intercalado con toba andesítica de color morado o violáceo. Los clastos bien redondeados del conglomerado son cuarcita tienen pocas proporciones de caliza y roca volcánica. Sobre el conglomerado basal se presenta una secuencia gruesa de piroclastos y derrames pseudoestratificados en

bancos gruesos que son de color morado oscuro cuando está fresca y marrón negrusco cuando está intemperizada.

También se tienen derrames andesíticos verdosos y gris azulados además de tobas andesíticas de varios colores, de otro lado hay proporciones significantes de volcánicos ácidos, dacitas y riocitas distribuidos irregularmente. Su espesor varía de 500 a 1200 m.

En la carretera Cajamarca-Yanacocha se tienen depósitos de avalancha; llamados Volcánicos Tembladera por Reyes (1980) y que son equivalentes a los Volcánicos Llama descritos por Wilsón (1984).

2.2.3 Volcánicos Porculla.

Se encuentran sobreyaciendo en discordancia angular sobre los volcánicos Llama. Son volcánicos dacíticos y andesíticos donde los piroclastos abundan más que los derrames lávicos que se encuentran ocasionalmente pseudoestratificados. Las dacitas están compuestas de fenocristales de plagioclasa y cuarzo en una matriz fina y dura de color gris verdosa; en algunos casos el cuarzo no forma cristales macroscópicos pero está presente en la matriz, esto caracteriza a los derrames, brechas dacíticas y sills asociados con los Volcánicos Porculla. La secuencia contiene intercalaciones andesíticas generalmente como derrames, que en afloramientos intemperizados se confunden con las tobas ácidas del Huambos. Los Volcánicos Porculla conjuntamente con los sills y stocks están vinculados con una fase extensa de mineralización, que por su posición estratigráfica pertenece al Terciario inferior. Relacionados a esta unidad se tienen los depósitos cupríferos de Michiquillay, Sorochuco, La Granja y Cerro Corona.

En el distrito esta unidad alberga una secuencia volcánica denominada " Yanacocha Volcanic Complex " (Turner, 1997) del Mioceno Medio dentro de la cual se produjeron los eventos de alteración hidrotermal y mineralización del DMY. Estos están conformados por rocas piroclásticas intensamente alteradas pero con texturas preservadas en donde se pueden reconocer la roca original (tufos, sedimentos

laminados, flujos de ceniza, tufos soldados, tufos líticos, tobas de cristales, ignimbritas, flujos de lava, intrusivos, flujos de domo y brecha de caparazón(carapace).

Sobre los Volcánicos Yanacocha sobreyace discordantemente los Volcánicos Regalado los que se encuentran con débil alteración hidrotermal y sin mineralización. Corresponden a esta unidad lavas andesíticas y rocas piroclásticas.

2.2.4 Volcánicos Huambos.

Estos sobreyacen discordantes a los Volcánicos Porculla, están compuestos por tobas y brechas. Existen algunas tobas depositadas en agua observándose en ellas estratificación cruzada, escasos niveles de toba soldada o ignimbrita.

En el sector sur del cuadrángulo de Chota, el espesor de esta unidad varía de 50 a 400 m; y en la parte adyacente del cuadrángulo de Celendin las tobas logran avanzar por lo menos 20 kilómetros llegando hasta el nor-este del DMY.

Los Volcánicos Huambos se desarrollaron desde el Mioceno superior o Plioceno hasta el Pleistoceno medio a tardío, están constituidos por erupciones volcánicas piroclásticas ácidas que cubrieron enormes áreas de los Andes en el Plio – Pleistoceno.

Están subdivididos en dos miembros:

2.2.4.1 M. Otuzco

Están distribuidos en la parte sur del DMY y son de composición andesítica. En este miembro, al Norte de la ciudad de Cajamarca, se encuentra el cementerio pre-Inca conocido como “Ventanillas de Otuzco”.

2.2.4.2 M. Fraylones

Se encuentran al norte y sur del distrito y son tobas y brechas de composición dacítica con pseudo estratificación (foto 4).



Foto 4. Miembro Frailones.

2.2.5 Depósitos Cuaternarios.

Abundan los depósitos aluviales, glaciales y fluviales constituidos por conglomerados, gravas, arenas, limo. Los depósitos de origen glacial constan principalmente de morrenas de fragmentos subangulosos heterolíticos, bloques de diferente tamaño de cuarcita y calizas, englobados en una matriz fina de arenas, limos y arcillas.

Económicamente se tiene el depósito aluvio-glacial de La Quinoa que cuenta con mineralización de oro y plata.



YANACOCHA

District Lithology

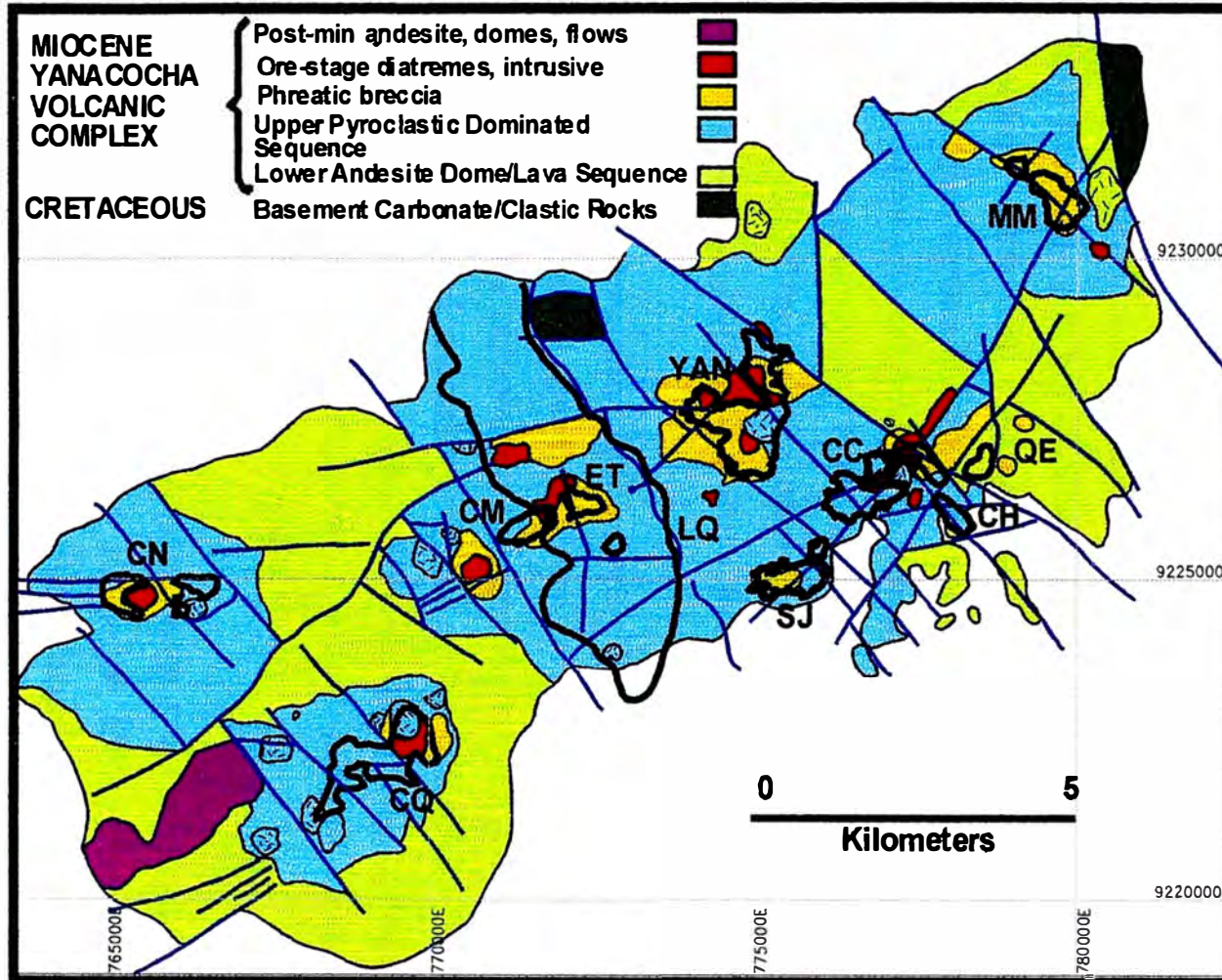


Figura 5. Mapa de estructuras y litología del Distrito

2.3 RASGOS TECTONICOS

Los efectos tectónicos combinados de compresión y distensión dieron lugar al emplazamiento de intrusiones y a un vulcanismo intenso entre los 14 y 5 MA en el área de Yanacocha.








El tectonismo del área es manifestado del siguiente modo:

- **Fallamiento regional sinextral transcurrente de rumbo Noreste (NE).**- Este sistema es sustentado por el alineamiento de las alteraciones de los posibles centros volcánicos, lineamientos observables en imágenes de satélite y fotografías aéreas así como de drenajes recientes. Los depósitos están alineados en esta dirección; además influyen en la reactivación de fallas antiguas. Tanto la ocurrencia de los depósitos de San José, Carachugo-Chaquicocha, Maqui Maqui, así como su geometría también está controlada por estas estructuras.
- **Fallamiento normal de rumbo NNW y ENE.**- Estos sistemas junto con el fallamiento transcurrente NE, generan zonas con rasgos geomorfológicos regionales y locales que actualmente se manifiestan en la formación de valles, grabens tectónicos, drenajes juveniles en los volcánicos Huambos, además de algunas estructuras silíceas menores mineralizadas (figura 6). Estas estructuras controlan algunos cuerpos silíceos, tienen un fallamiento normal y posterior a la mineralización.
- **Fallamiento tardío EW.**- Estructuras posteriores a las estructuras NE y NNW y que generan fracturamiento tensional EW y fracturamiento conjugado NW-SE, NE-SW tal como se puede observar en el lado Oeste del Distrito, en Cerro Negro, Cerro Quilish, Carachugo y Maqui Maqui. Estas estructuras generan brechas estériles y truncan la mineralización.

M

YANACOCHA

Regional Geologic Setting

-  Cretaceous-Tertiary intrusive rocks
-  Cretaceous-Tertiary volcanic rocks
-  Paleozoic granitic Rocks
-  Paleozoic-Mesozoic sedimentary rocks
-  Andean Parallel
-  Trans-Andean
-  Deposits

0 40
km

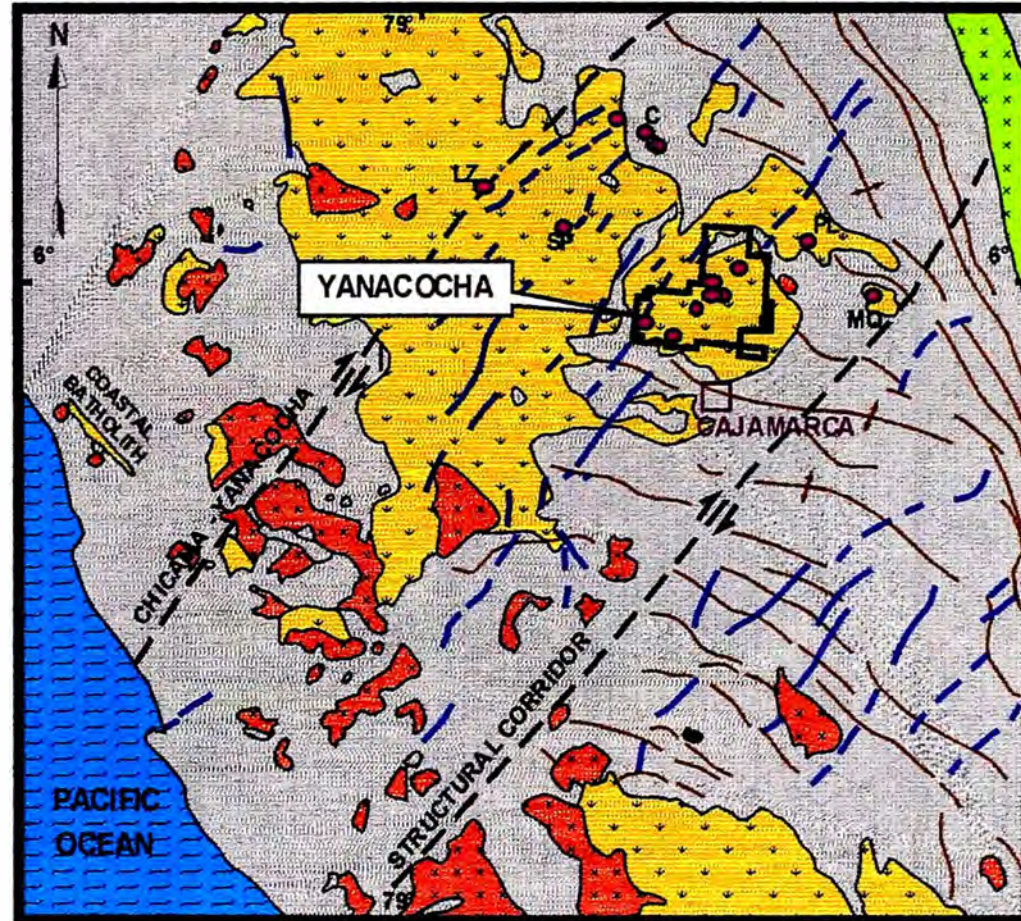


Figura 6. Corredor estructural Chicama Yanacocha



YANACOCHA

District Alteration

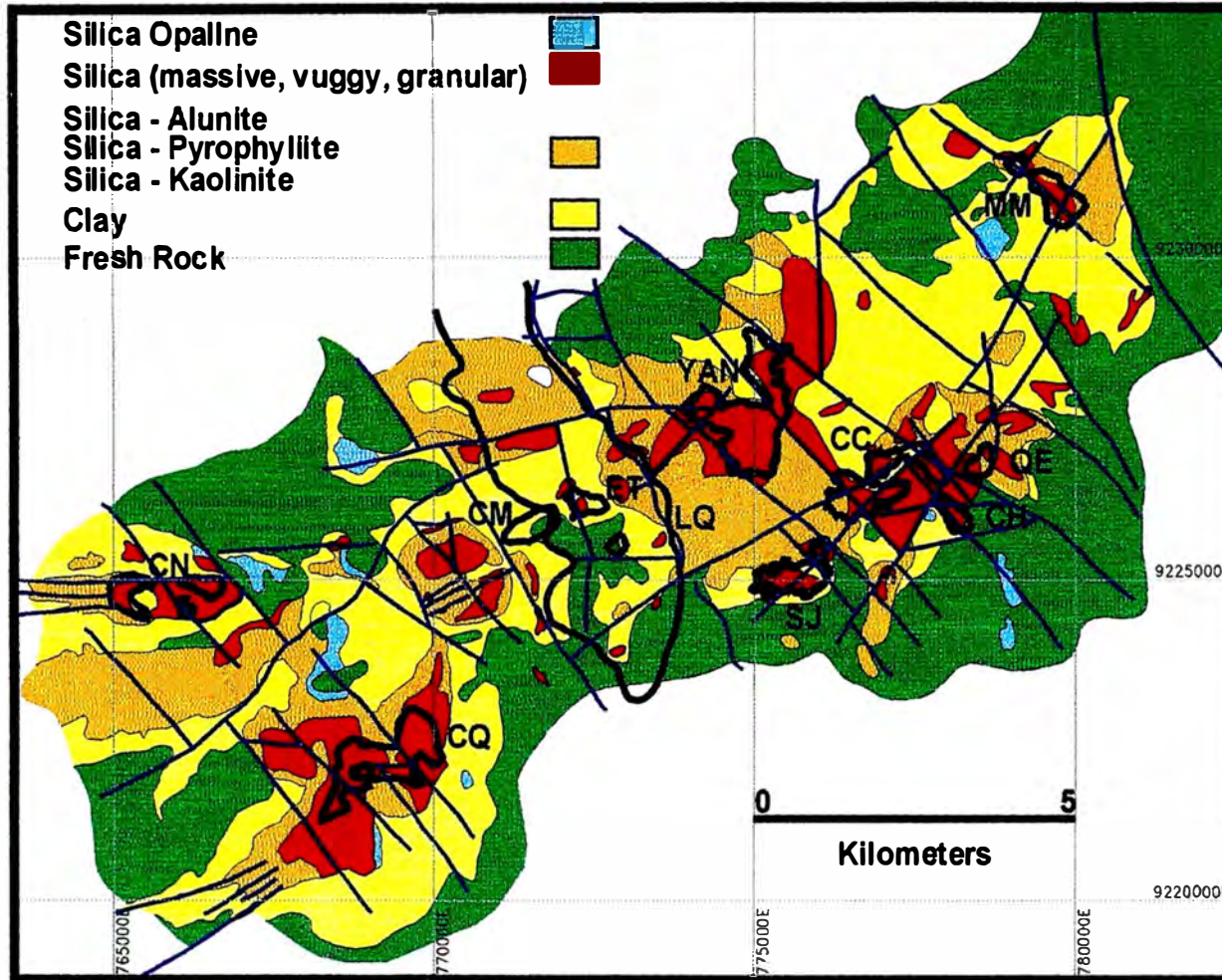


Figura 7. Mapa de estructuras y alteración del Distrito

2.4 ALTERACION Y MINERALIZACION

En los 120 Km² la alteración en el Distrito Minero Yanacocha se ha producido en forma continua durante todo el periodo de vulcanismo (Quiroz 1994), con minerales estables en ambiente ácido tales como la alunita, caolonita, dickita y pirofilita, lo cual es propio de yacimientos de alta sulfuración (Hedenquist et al, 1996).

La alteración silícea, argílica avanzada, argílica y propilítica son los principales tipos de alteración. La mineralización económica está generalmente asociada a los ensambles de alteración silícea, los que a su vez se presentan con mineralogía y textura variada. En Yanacocha, Carachugo, San José y Cerro Negro se tiene también sinter silíceo de ambiente lagunar.

Los cuerpos alterados pueden tener formas elongadas según el tren estructural del área y otros en forma de cono invertido.

2.4.1 Alteración Silícea.

Se presenta en diferentes texturas, masiva, granular y porosa o vuggy.

Las texturas granular y microgranular compacta, muchas ha obliterado las texturas originales. Los minerales más comunes que acompañan a esta alteración son: alunita, baritina, esfena, rutilo pirita, enargita, galena, esfalerita y cinabrio.

El contenido de oro en estas rocas es variado, desde rocas estériles hasta valores por encima de 15 g/t. En algunos depósitos es común tener valores entre 4 g/t y 15 g/t, en este tipo de sílice (foto 5).

Otra forma de sílice masiva se encuentra como ópalo, calcedonia, sílice amorfa de baja temperatura. Estos ensambles por lo general contienen valores de oro menores a 0.35 g/t.

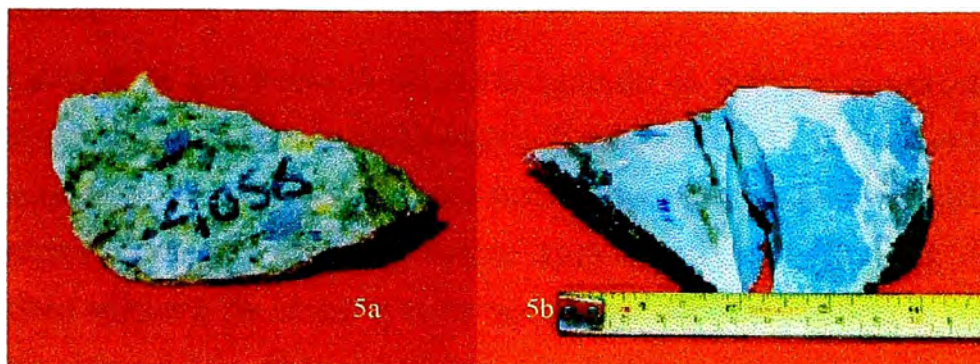


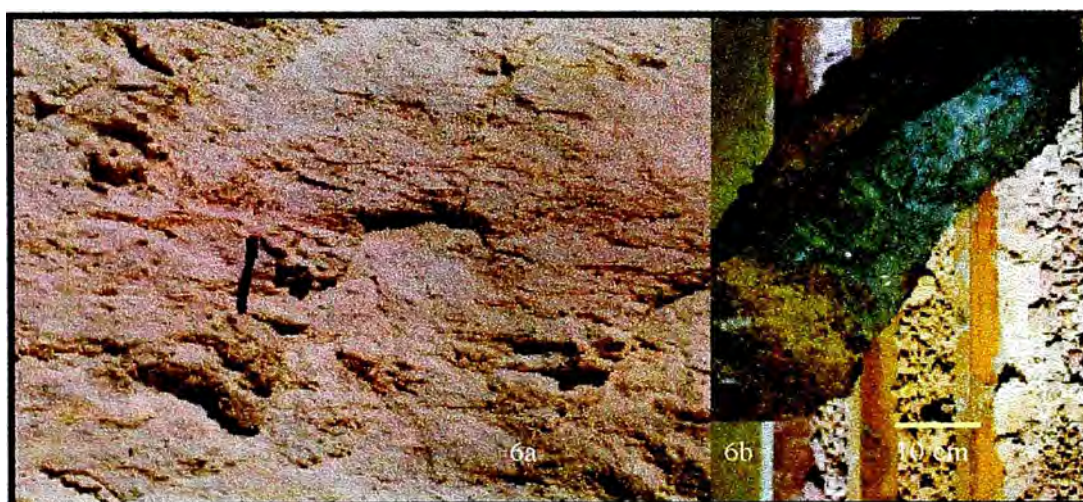
Foto 5. Muestras de sílice masiva (SM), 5a tufo lítico silicificado, 5b sílice calcedónica.

La alteración silíceica de textura porosa o vuggy afecta a la matriz de la roca silicificándolo; mientras que los feldespatos son lixiviados completamente. Esto permite observar la textura original de la roca.

La ganga puede tener jarosita, caolinita, alunita, baritina, rutilo, pirita, limonitas y cinabrio.

Debido a su alta porosidad, friabilidad e intenso fracturamiento, este tipo de rocas es extremadamente permeable, propiedad que favorece en gran medida el proceso de oxidación y alteración (foto 6).

El contenido de oro en este tipo de material puede ser más de 15 g/t, como por ejemplo la mina de San José.



**Foto 6. Muestras de sílice granular y vuggy (SG/SV)
6a Ignimbritas soldadas, 6b tufo de cristales.**

La textura granular se produce cuando la alteración porosa o vuggy sufre la destrucción de la matriz o esqueleto de la roca, lo que hace que esta se convierta en una sílice granular con textura sacaroide con tamaños de sílice semejantes al de la arena o limo (foto 6).

Otra manera de llegar a esta textura se sucede cuando la roca original ha sido un tufo de ceniza o una variedad de este, caso en el que no se tiene previamente sílica porosa.

En cuanto a la ganga comunmente contiene los mismos minerales que la sílice porosa y sus valores de oro se comportan del mismo modo.

2.4.2 Alteración argílica avanzada.

Se tienen dos principales ensambles cz–aln–cao y cz–cao–aln; generalmente la matriz muestra alteración silicea y los fenos o clastos están alterados a caolin o alunita; foto 7.



Foto 7. Muestras de alteración argílica avanzada (AA); 7a observese fenos alterados a caolin, 7b y 7c ensambles cz-aln-arcillas.

Para fines productivos ambos ensambles se consideran argílico avanzado (AA) en los logeos o mapas de Geología de Mina y Desarrollo.

Acompaña a este ensamble jarosita, baritina, montmorillonita, piritita, calcosita, enargita y rutilo.

La ocurrencia de oro en estos ensambles no es común, pero se suele llegar a valores mayores a 1.0 g/t, cantidades importantes de este tipo de material puede contener valores entre 0.2 g/t, y 0.6 g/t, y podría considerarse operativamente como mineral con su consiguiente lixiviación.

2.4.3 Alteración Argílica

Esta alteración está compuesta de arcillas con pirita diseminada entre 3-10% en peso y algunas venillas de cuarzo; se ha reconocido arcillas como pirofilita, montmorillonita, dickita; generalmente son de colores grisáceos (foto 8b).

Se encuentra ampliamente distribuida en el distrito y no tiene valor económico.

2.4.4 Alteración Propilítica.

En esta alteración predomina el ensamble cloritas–carbonatos–pirita diseminada (foto 8a).

Se encuentra asociada generalmente a las rocas tardías del distrito.

No presenta mineralización por oro y si se tuvieran ocurrencias estas se relacionan con algunas venillas de cuarzo con pirita que se encuentran en la muestra.

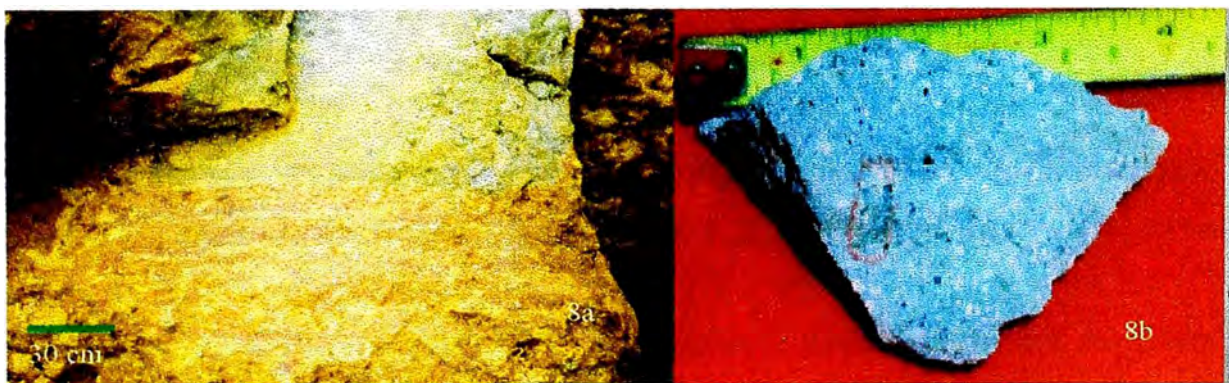


Foto 8. Muestras de alteración argílica (ARG) 8a y propilítica (PROP) 8b.

3.0 GEOLOGIA DE CERRO QUILISH

3.1 INTRODUCCION

El Cerro Quilish se encuentra en la parte sur oeste del Distrito Minero de Yanacocha. Su extensión es de 8.5 Km². Cuenta con rocas volcanoclásticas en las que se ha desarrollado un depósito epitermal de alta sulfuración; con control litológico y estructural marcados.

Quilish tiene 3 de las 14 anomalías que se reportaron el año 1992 por Newmont Perú. Estas fueron determinadas por un muestreo sistemático realizado por mallas cada 200m, estas 3 anomalías se localizan en Cerro Quilish, Perca Perca y Puca Rumi y constituyen el depósito de Cerro Quilish.

En 1993 se realizaron los primeros trabajos de perforación diamantina, un total de 24 taladros con 813m determinaron un inventario mineral de oro de 330,000 Oz con una ley promedio de 0.61 g/t. Los trabajos no se continuaron sino hasta 1997 por factores como problemas con la comunidad y la propiedad de tierras, en este año se realiza un muestreo más ajustado en mallas de 100m confirmando y extendiendo el área mineralizada.

Para 1998 se perforó 25 taladros más y se realiza geoquímica en mallas de 50m, para ubicar mejor los objetivos de exploración.

En Diciembre de 1998 se realiza el primer modelo por GMD cuyo resultado es de 1.8 Millones de onzas en recursos y 2.5 Millones de onzas como inventario.

En el primer trimestre de 1999 GMD desarrolla la zona central del depósito, mientras que GE trabaja en el C° Quilish y Puca Rumi; y en el segundo trimestre GMD desarrolla también estas áreas.

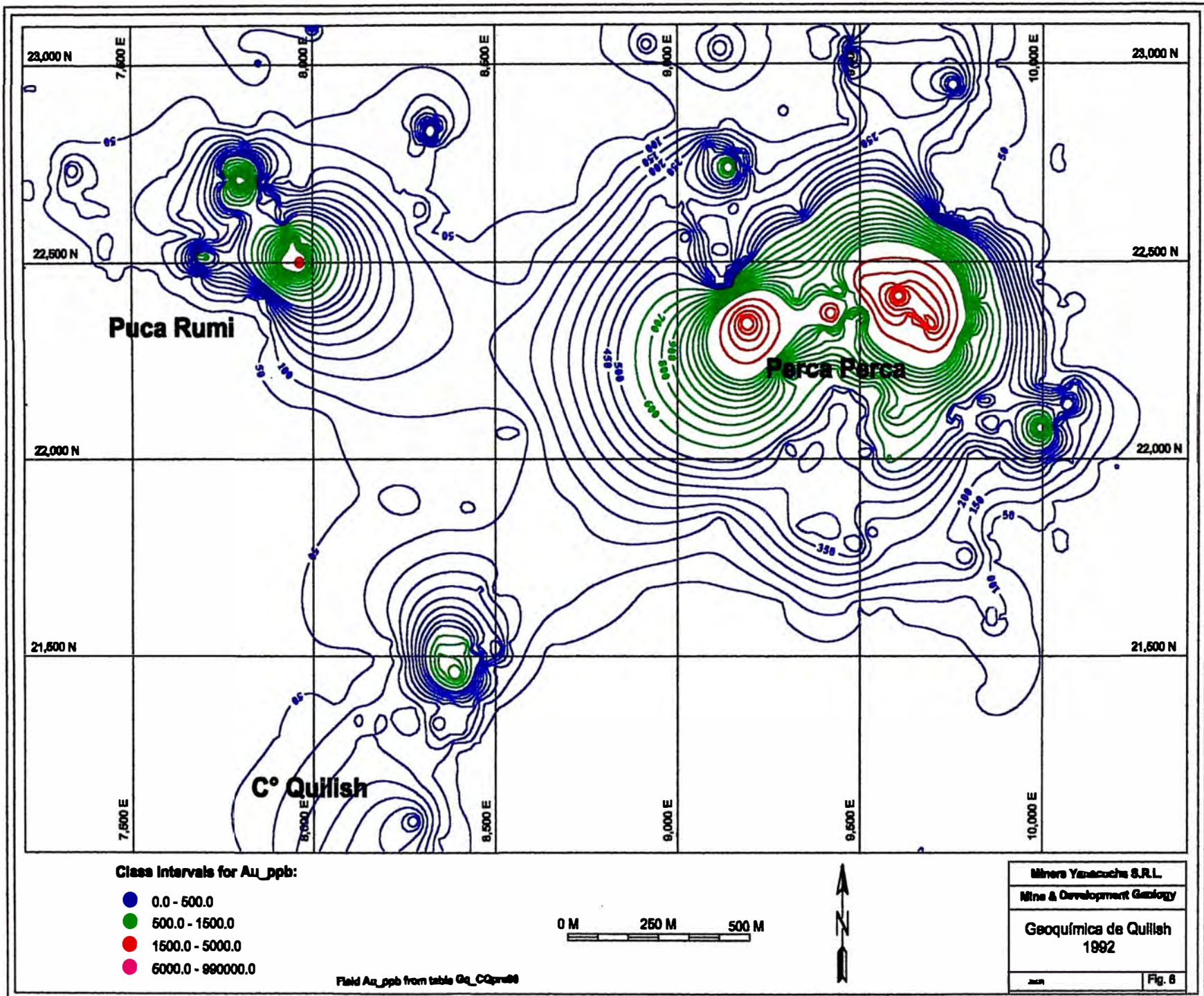


Figura 8. Geoquímica de 1992 del área de Qullish

3.2 LITOLOGIA

Quilish corresponde a un sistema volcanoclástico donde predominantemente se observan rocas piroclásticas; tobas y tufos pseudo-estratificados de distribución subhorizontal con cristales milimétricos en la matriz, así como brechas hidrotermales freáticas y freatomagmáticas e intrusivos en niveles inferiores del área central del depósito (Perca Perca).

Las rocas fragmentales se manifiestan como una secuencia de tufos de ceniza, tufos de cristales, tufos líticos e ignimbritas. Estas unidades piroclásticas han sido cortadas por brechas hidrotermales, intrusión de rocas de textura porfirítica y flujos dómicos de naturaleza andesítica.

En la zona sur, principalmente en el C° Quilish, se tiene rocas piroclásticas con abundancia de cristales rotos en la matriz y tufos de ceniza. En menor cantidad se observan ignimbritas y rocas de tipo pórfido-feldespático, que generalmente se encuentran alterados.

En la zona oeste, el cerro Puca Rumi se compone básicamente de tufos y en los alrededores tiene ignimbritas y rocas con cierto bandeamiento.

El área central, Perca Perca y alrededores se manifiesta como una zona bastante disturbada debido a una intrusión en profundidad; la roca que predomina es del tipo pórfido-feldespático. En menor proporción se tienen tufos de cristales además de las brechas primarias están en menor proporción.

En cuanto a los niveles de la paleo tabla de agua se han producido una gran variedad de brechas hidrotermales (foto 9).

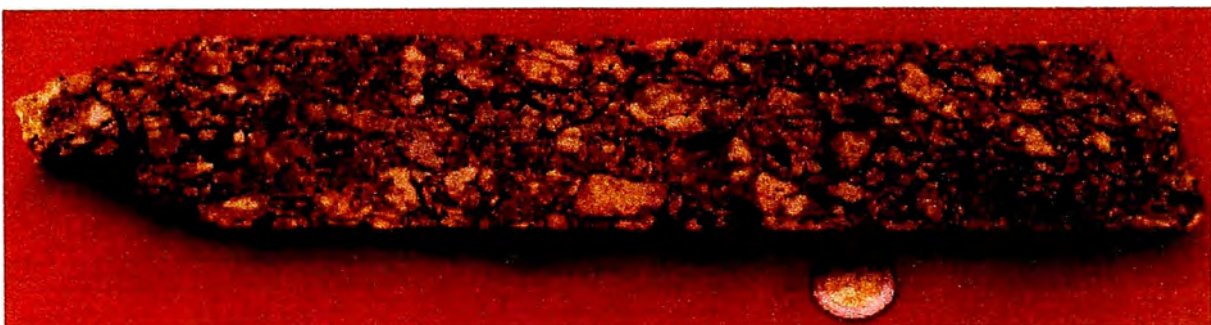


Foto 9. Muestra de brecha hidrotermal.

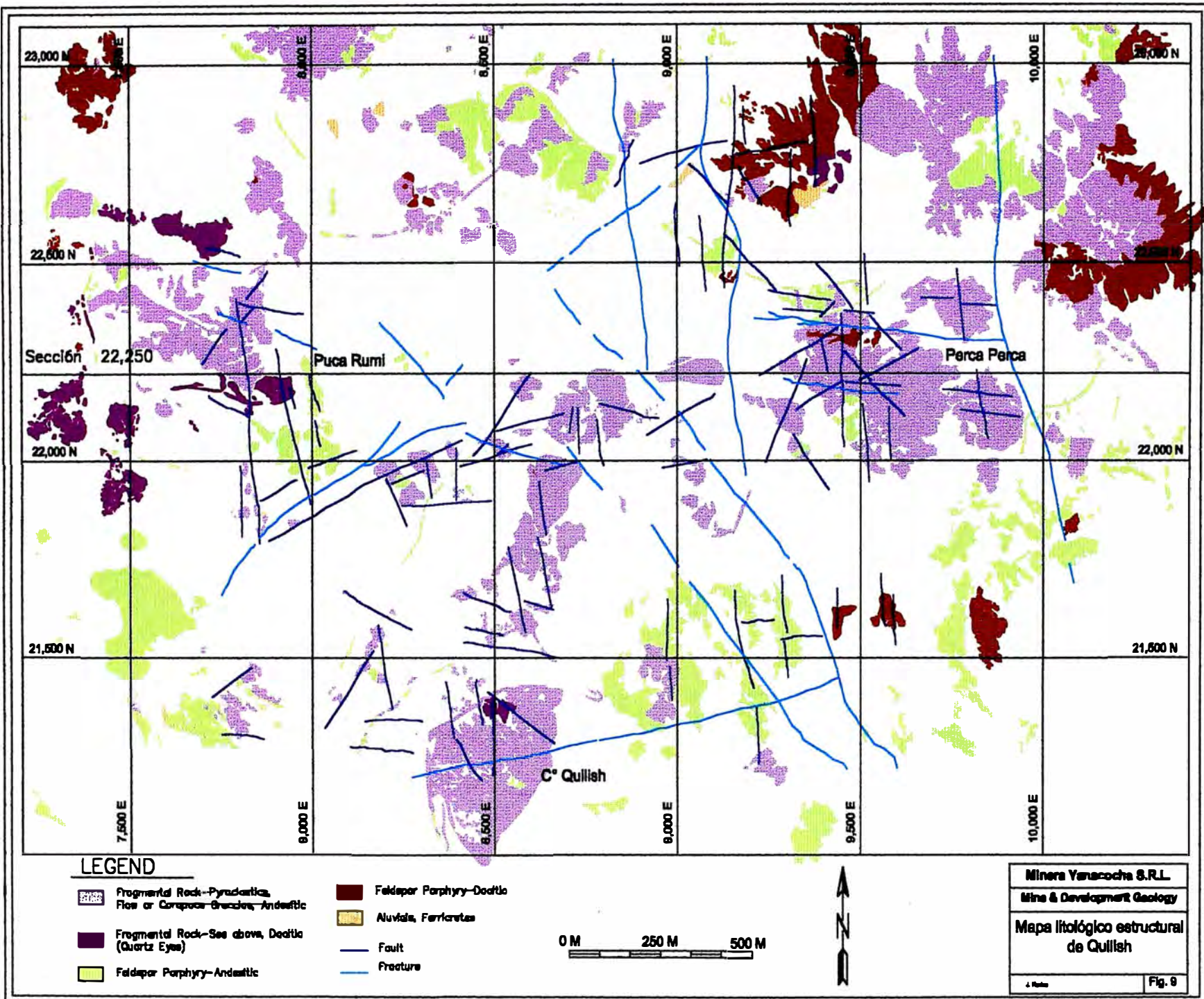
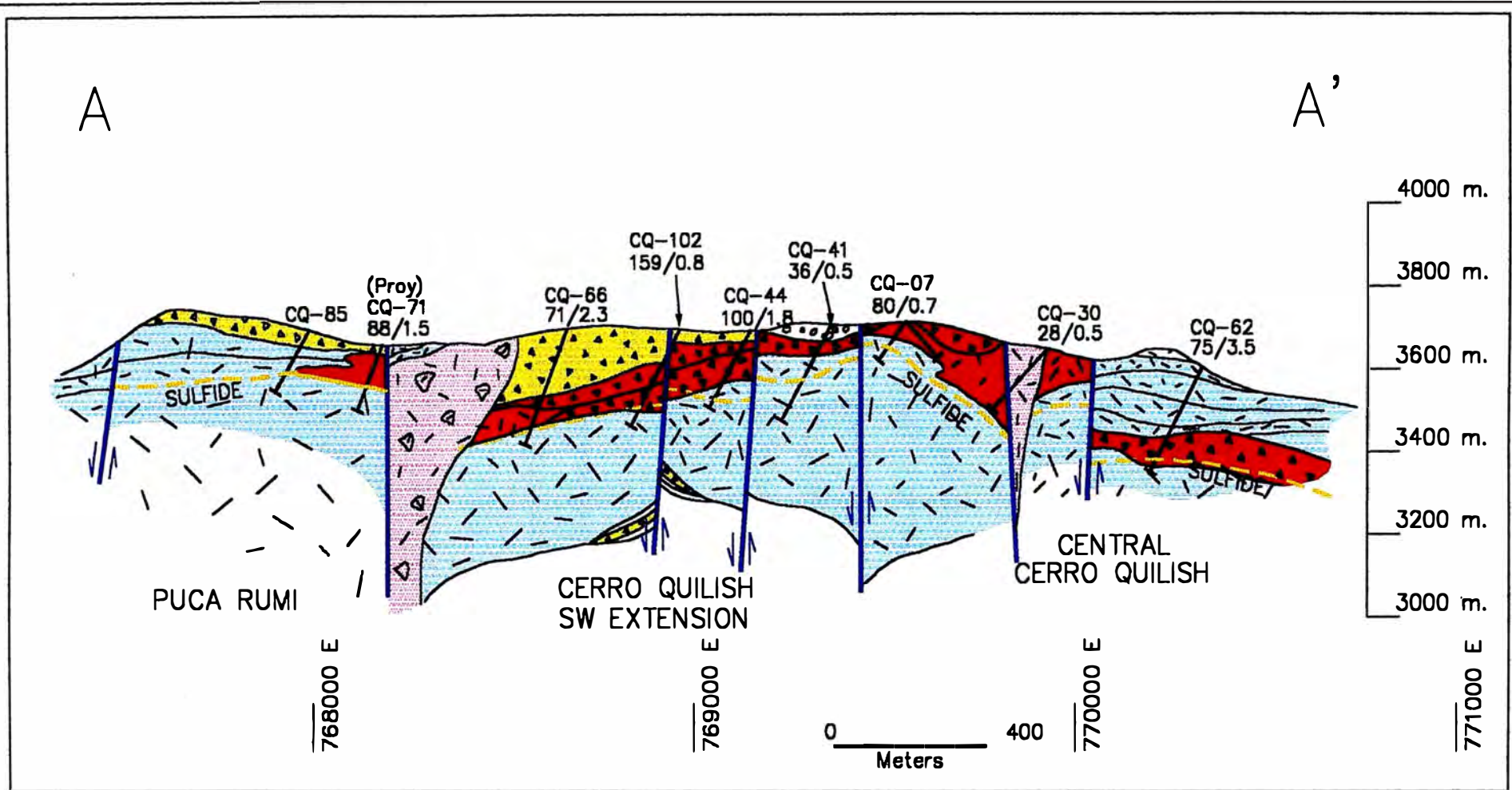


Figura 9. Mapa litológico estructural de Quillish



Explanation



Fragmental Rocks



Porphyritic Rocks



Hydrothermal Bx



Limit Redox



Holes



Faults



Gold > 0.35 g/t

M Minera Yanacocha S.A.	
Cerro Quilish Project	
Sección Típica 22250 N	
By: J. Trujillo	Date: Oct, 99

Figura 10. Sección esquemática de Quilish

3.3 ALTERACION Y MINERALIZACION

En los depósitos de alta sulfuración es muy típica la relación que tiene la mineralización con la alteración silíceo. El depósito de Cerro Quilish se encuentra emplazado en rocas volcanoclásticas(foto 10).

Un control secundario es dado por las estructuras NS, NW y NE; estas se evidencian en la figura 11 donde se presenta un plano de ley por espesor de mineral.

Las alteraciones que presenta Quilish son silíceo (SI), argílica avanzada (AA), la argílica (ARG) y propilítica (PRO); figuras 10 y 11.

- **Alteración Silíceo:** Se encuentra en las partes centrales de C° Quilish, Perca Perca y Puca Rumi con diferentes texturas; así se tiene sílice masiva (SM), sílice granular(SG) y sílice oquerosa o vuggy (SV):

La sílice masiva (SM) microgranular compacta sin óxidos, se presenta en la parte sur del depósito (C° Quilish), en el área central (Perca Perca) y en el extremo oeste (Puca Rumi). La sílice masiva se manifiesta en brechas hidrotermales con abundancia de óxidos de color marrón. Mucha de la mineralización económica se dá en esta alteración, con leyes entre 5g/t y 10 g/t. Las brechas hidrotermales que se forman en el contacto piroclasto-porfirítico (parte central del depósito) están por el orden de 1g/t a10 g/t. (fotos 10 y 11).



Foto 10. Sílice masiva con laminaciones.

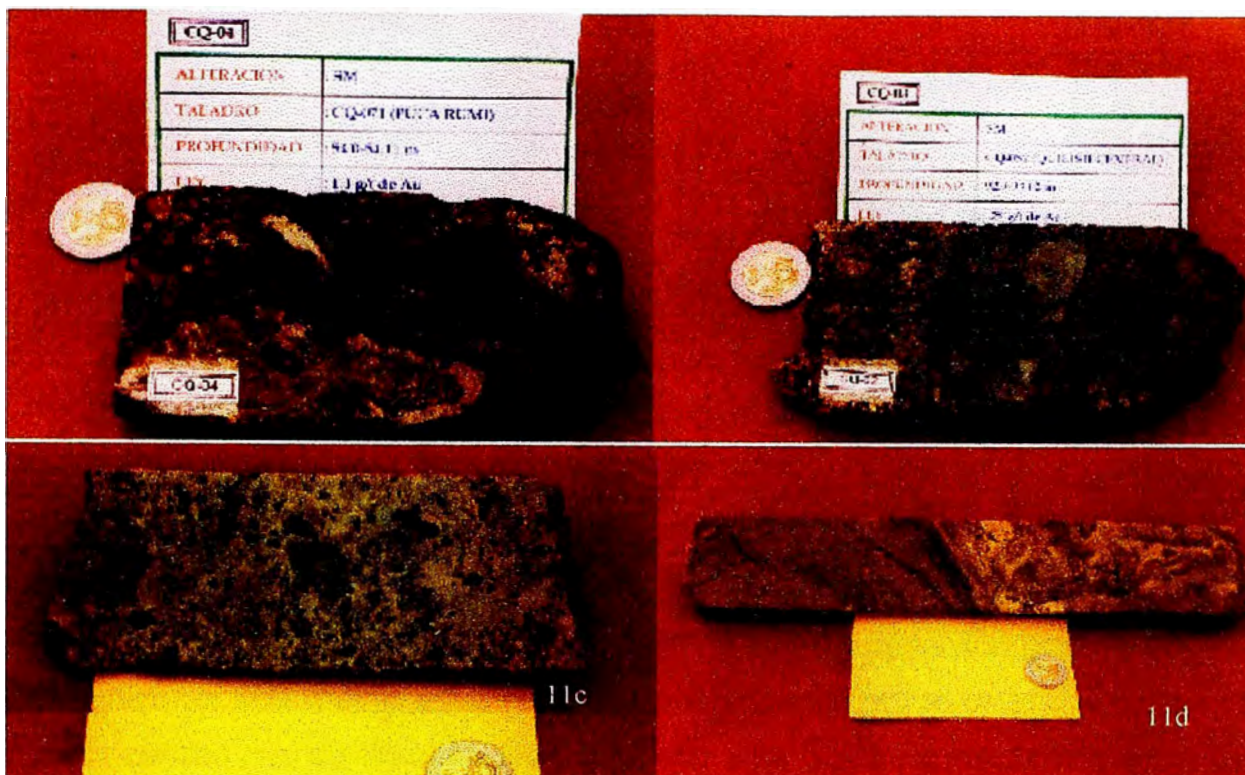


Foto 11. Sílice masiva en diferentes presentaciones. 11a y b brechas hidrotermales, 11c brecha hidrotermal, 11d tufo con frentes de oxidación.

- **La Sílice vuggy (SV)** es propia de zonas de fuerte lixiviación; donde se observan las cavidades dejadas por los feldespatos que han sido lixiviados (foto 12). Su ocurrencia y distribución en el depósito son limitados.

En el C° Quilish y Perca Perca los cuerpos de sílice vuggy están gradando a sílice granular, por lo que no se tienen mayormente SV. Estos pueden o no contener mineralización económica, llegando hasta 1.0 g/t.



Foto 12. Muestras de sílice vuggy SV de Quilish.

La *sílice granular* (SG) en gran parte del Cerro Quilish se presenta sobreimpuesta sobre la SV. La lixiviación ácida afectó a la matriz o esqueleto de la SV o de los tufos de ceniza, formando una capa gruesa de sílice granular deleznable sin óxidos ni contenidos de oro apreciables. En la zona central (partes altas de Perca Perca) esta sílice es más compacta y presenta diseminaciones de óxidos de coloración anaranjada a amarilla. En cuanto a la mineralización económica se presenta como en la SV y en las zonas profundas esta sílice es más deleznable (foto13).

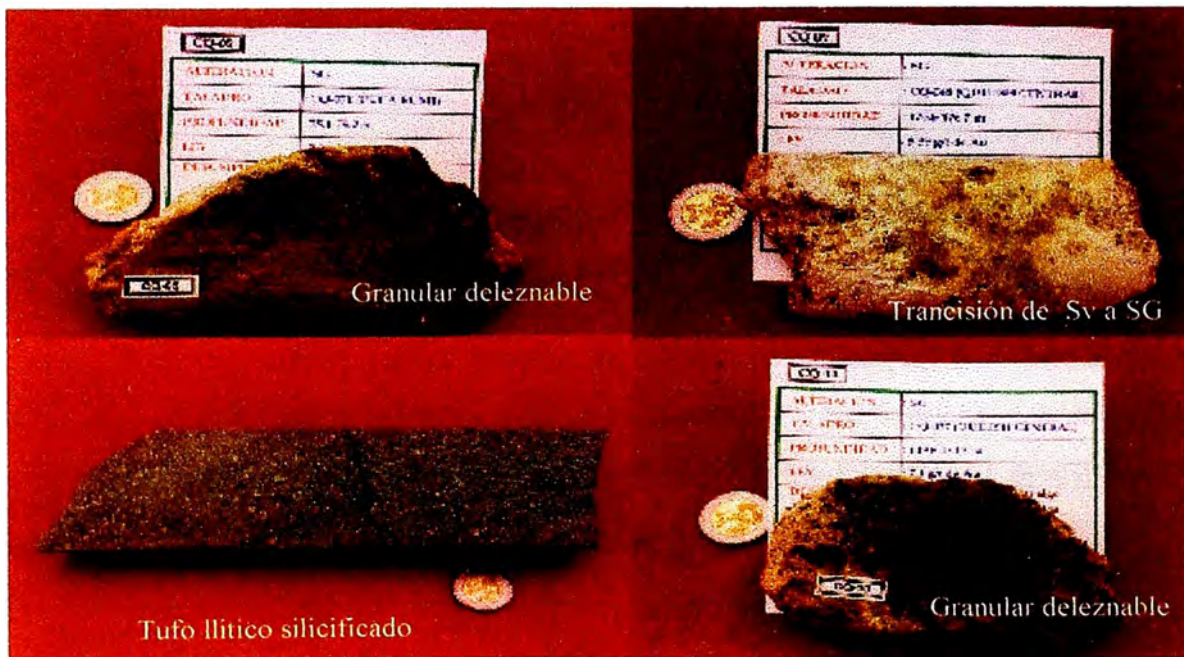


Foto 13. Muestras de sílice granular SG de Quilish.

- **Alteración argílica avanzada (AA).** Esta alteración casi siempre se presenta como halos de los cuerpos silíceos y tienen diferentes ensambles; así en el área de Puca Rumi el ensamble de la alteración argílica avanzada es **si-clay**; pero en el C° Quilish y en Perca Perca el ensamble es **si-al**. Ambos se manifiestan con textura tipo patchy-moteada (foto 14).

Los valores de este tipo de material en la zona de Puca Rumi se encuentran por debajo de 0.2 g/t. mientras que en Perca Perca estos son variables y es común tener valores por encima de 0.35 g/t.

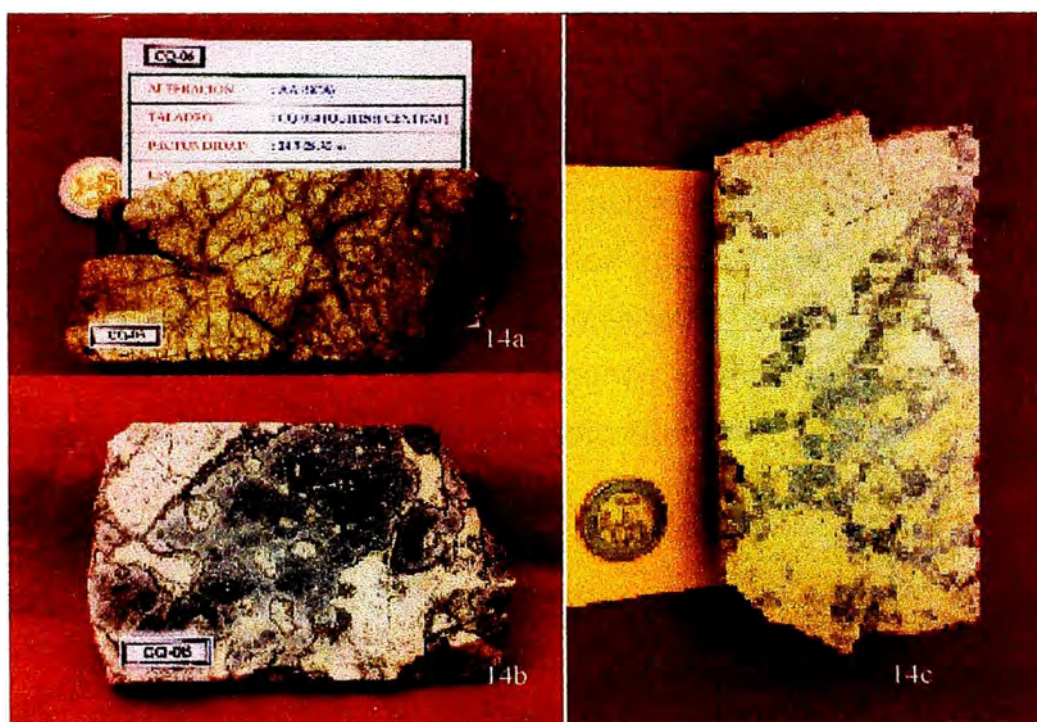


Foto 14. Muestras de alteración argílica avanzada de Quilish. 14a con fracturas rellenas de oxidos, 14b textura patchy en color gris la sílice y en blanco las arcillas, 14c en color gris la sílice y en blanco la alunita con arcillas.

- **Alteración argílica (ARG).** Generalmente se encuentra en los bordes del sistema, alrededor de la alteración argílica avanzada; se presenta como una asociación de arcillas de color gris con pirita diseminada. En las zonas afectadas por alteración supérgena las rocas adquieren una coloración pardo anaranjado por la oxidación.

Un caso excepcional del patrón de la distribución argílica, se da en Perca Perca donde se observan diques con alteración argílica (sin mineralización económica) en contacto directo con la sílice masiva y/o granular.

Por lo general la alteración argílica no tiene valores de oro económicos y si los tiene es debido a la presencia de pequeñas venillas silíceas que a veces cortan a esta alteración.

- **Alteración propilítica (PRO).** Ocurre principalmente en la zona oeste del depósito, asociado a derramens lávicos posteriores al proceso de alteración y mineralización. Los minerales más característicos de esta alteración son la clorita y pirita. En algunos taladros del área de Perca Perca se observan diques tardíos con esta alteración.

3.4 CONTROL ESTRUCTURAL

El área de Cerro Quilish tiene 4 patrones estructurales marcados.

El primer patrón tiene dirección que va de N58°E a N64°E, y correlaciona con la dirección general de mineralización del depósito y del DMY. Se observa como un tren estructural entre el Cerro Quilish y el Perca Perca.

El segundo patrón estructural varía entre N40°W y N50°W; se observa controlando la mineralización al oeste de Perca Perca, entre el Cerro Quilish y el Puca Rumi. Estructuras en esta dirección también se presentan en Perca Perca central pero con poca mineralización asociada.

El tercer patrón estructural está conformado por las estructuras NS con tendencia a N10°W y se encuentran distribuidas en toda el área. En Perca Perca se manifiesta cortando a la mineralización (figura 11).

El cuarto patrón estructural oscila entre N83°W y N88°W. En Perca Perca corta a la zona mineralizada, indicando que estas estructuras son posteriores a la alteración y mineralización.

Finalmente cabe hacer notar que en los mapas de las figuras 9 y 11 no se tienen direcciones de movimiento debido a que las estructuras descritas se deben clasificar como "lineamientos estructurales"; pues esta información proviene de la compilación de información de fotos aéreas, imágenes de satélite y principalmente de la interpretación del mapeo de campo realizado por GE.

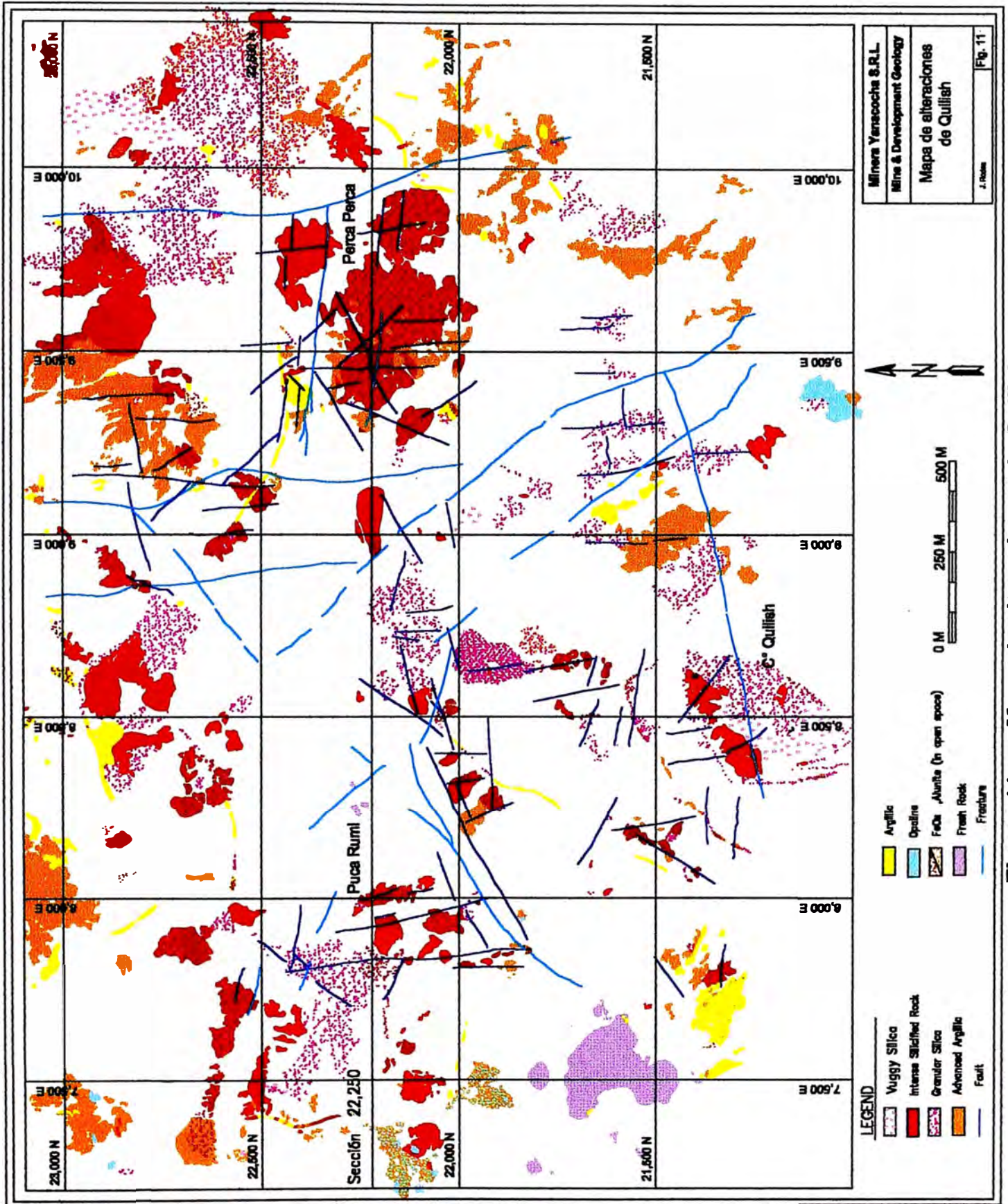


Figura 11. Mapa de alteraciones de Quilish

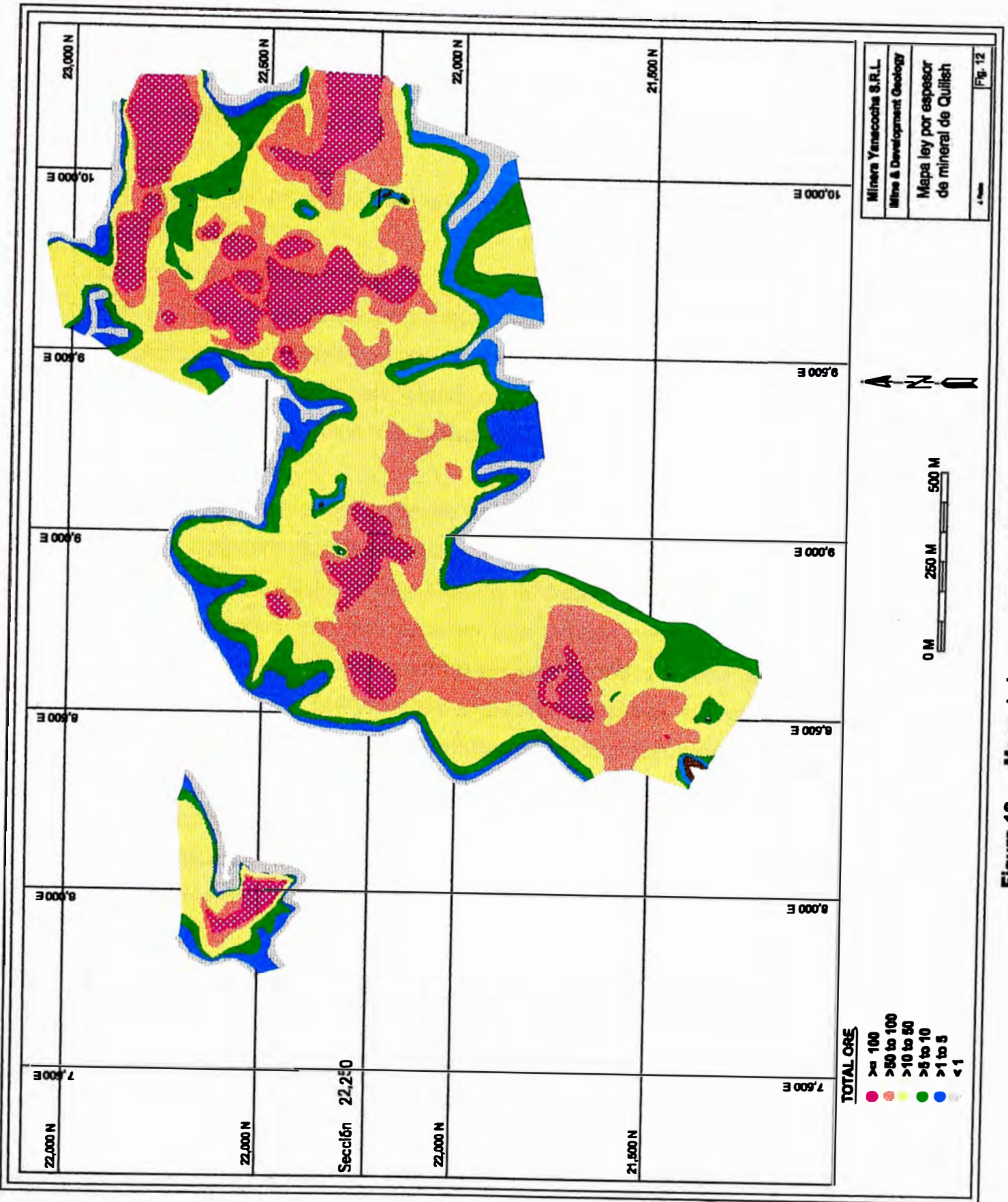


Figura 12. Mapa de ley por espesor de mineral de Quillish

4.0 GEOLOGIA DE DESARROLLO

4.1 INTRODUCCION

En Quilish se ha trabajado en forma intermitente debido a problemas de propiedades.

En 1998 el Departamento de Geología de Exploraciones trabaja en Quilish con el objetivo de tener una mejor idea del comportamiento mineralógico y metalúrgico del depósito, realizando mapeo de afloramientos y accesos, geofísica, geoquímica en malla de 50 metros, perforación de taladros, pruebas de botella (para ver la recuperación de oro con cianuro), pruebas de densidad y otros.

A finales de 1998 el proyecto se transfiere al Departamento de Geología de Mina y Desarrollo donde se realiza un modelo preliminar.

El 1999 GE trabaja junto con GMD que desarrolla el proyecto realizando un infill drilling con el objetivo de tener información necesaria y suficientemente confiable para definir los cuerpos mineralizados y convertir en reservas el recurso existente. También se realizaron pruebas de columna y botella necesarias para conocer la recuperación de los materiales, caracterización de desmonte indicando el grado de acidez de cada tipo de alteración y esterilización de áreas a ser usadas por la operación minera. Estos puntos serán tratados en el presente capítulo.

En el esquema siguiente se presenta en forma general el desarrollo de un proyecto:

4.1.1 METODOLOGIA USADA

Para MYSRL y Newmont el desarrollo de un depósito se basa principalmente en la creación de programas que ejecuten diversos trabajos, modelar por computadora es uno de estos. Así, para el Departamento de Geología de Mina y Desarrollo, el modelamiento preliminar es de mucha importancia para el desarrollo del proyecto.

Luego del modelamiento preliminar se realiza la creación del programa de perforación. Los programas de metalúrgia, caracterización de desmonte y esterilización son creados posteriormente y ejecutados paralelamente al de perforación.

Es común realizar modelos progresivos, uno cada dos o tres meses, donde se muestra el avance del proyecto.

El programa de perforación se crea en etapas o fases, e implica construcción de accesos y plataformas, perforación propiamente dicha, preparación de muestras, logueo, relogueo e interpretación en secciones y base de datos.

Esta metodología (modelamiento y programa de perforación) es aplicada por Newmont en todos sus proyectos y puede variar de acuerdo con las características de cada depósito.

4.1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En la etapa de desarrollo del proyecto una de las limitaciones es el no estudios de microscopía, datación radiométrica o inclusiones fluidas. Pues estos se realizan en la etapa de entendimiento del proyecto y, en el mejor de los casos, lo realizaría el Departamento de Geología de Exploraciones.

Otra limitación es que la información presentada es principalmente del trabajo de Geología de Mina y Desarrollo realizada en 1999. Los resultados de recursos y reservas son obtenidos por el Departamento de Planeamiento reportados en Enero del 2000.

El trabajo se orienta básicamente a definir el cuerpo mineralizado; para esto sólo se usan valores por encima de 0.2 g/t; los valores menores no se consideran en nuestro modelamiento de oro.

De mucha importancia en el desarrollo del proyecto es el modelamiento de las alteraciones a las que está asociada la mineralización económica. La alteración o alteraciones que se modelan son generalizadas, así por ejemplo se tiene los ensambles sílice-alunita, sílice-caolín, sílice-pirofilita o una combinación de estos serán considerados en el modelamiento como argílico avanzado (AA).

La razón de lo antes mencionado radica en que tenemos que desarrollar un depósito económico que en el futuro sea minable, en tal sentido es importante definir rangos de leyes y alteraciones que puedan ser entendidas y manejadas por otros Departamentos, el de Ingeniería (Planeamiento), Mina, Medio Ambiente y Metalurgia.

4.1.3 Paso del proyecto de Geología de Exploraciones a Geología de Mina y Desarrollo.

Este proceso se realiza a través de la presentación del proyecto por los geólogos de exploración encargados hasta este momento del proyecto.

Aquí se presenta básicamente el folio actual de trabajo y los resultados de las pruebas de botella y densidad. Para Quilish este folio contiene los planos de ubicación, litología, alteraciones, estructuras, geoquímica y geofísica a escalas 1:2000; también se muestran las secciones con interpretaciones geológicas, en la misma escala.

Esta información es puesta a disposición del geólogo de mina que se encargará del proyecto y que hará uso de ella para su desarrollo.

4.1.4 Modelo preliminar.

Una vez realizada la presentación, que significa el paso oficial del proyecto al Departamento de Geología de Mina y Desarrollo, la primera actividad del geólogo de mina es el de realizar en "Geomodel" un modelo preliminar usando la información recibida. Esto va a permitir realizar el cálculo de los recursos del proyecto y tener una idea

de la cantidad de las onzas que podrían pasar a reservas. En esta etapa se usa información preliminar como; promedio generalizado de la densidad, recuperación (de los resultados de las pruebas de botellas). Los recursos de Quilish a Diciembre de 1998 fueron de 1.8 Millones de onzas de oro en óxidos (Douglas, 1999).

La creación del modelo geológico en el Departamento de Geología de Mina y Desarrollo, que es usado por el Departamento de Ingeniería, se realiza en estaciones de trabajo Silicón Graphics; en estas estaciones se interpretan tanto la geología como la ocurrencia de oro en valores mayores a 0.2 g/t.

El proceso de modelamiento se inicia con secciones verticales representativas del depósito; luego se realizan interpretaciones complementarias en tres vistas perpendiculares entre sí (comunmente son EW, NS y planta).

Para la creación de estos modelos se ha tenido en cuenta los principios de modelamiento que Newmont utiliza en sus diferentes depósitos en el mundo.

4.1.4.1 Modelos de Alteraciones, Oro y Sulfuros

La presentación preliminar de la geología de Quilish por GE nos da una distribución sub-horizontal de brechas hidrotermales dentro de un ambiente volcánico de geometría tabular; del mismo modo se encuentra la alteración silícea (SG, SM, SV) y la argílica avanzada, La alteración argílica se encuentra en las partes externas del sistema.

Cabe notar que las brechas hidrotermales son (por lo general) consideradas dentro del cuerpo de SM modelado. Cambios en estos patrones de distribución se presentan con las intrusiones posteriores que afectan el sistema. Es en la vista este-oeste (EW) que se tiene mayor detalle de información y en consecuencia es la vista principal de modelamiento.

En la figuras 13a y 13b se muestran secciones típicas (EW y NS) en las que se presenta la distribución de las alteraciones antes mencionadas y que fueron interpretadas en el modelo preliminar de Noviembre de 1998 en las diferentes vistas mirando al Norte, al Oeste y en planta.

Para el modelamiento de oro se siguen los mismos procedimientos que para las alteraciones y se modela el contorno mayor a 0.2 g/t en las mismas secciones que las de alteraciones.

Por lo general el oro siempre esta asociado con la alteración silíceo y argílica avanzada y su distribución se da de acuerdo a estas.

En el modelamiento de sulfuros para Quilish sólo se considera a la piritita, otros sulfuros detectados, la piritita esta asociada a la alteración argílica avanzada, argílica o propilitica. Modelar los sulfuros significa básicamente determinar el nivel de oxidación del sistema.

4.1.4.2 Resultados del modelo preliminar.

Con la base del modelo descrito anteriormente, el Departamento de Ingeniería se encarga de hacer los cálculos de tonelaje, onzas, ley y otros datos para el depósito.

El reporte de I. Douglas (1999) indica que para el modelo geológico de Quilish de Diciembre de 1998 se tiene 1.8 Millones de onzas de oro con una ley de 1.1 g/t en recursos.

Un plano mostrando el contorno del tajo resultante se muestra en la figura 14.

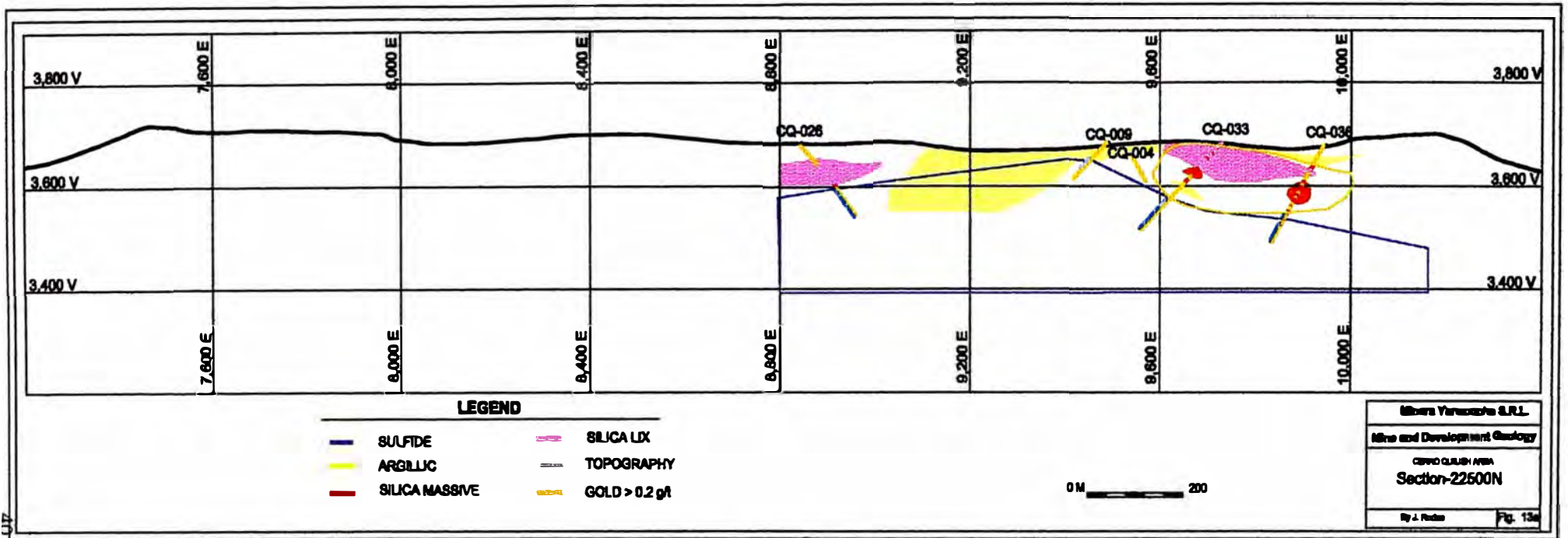


Figura 13a. Sección 22500N del modelo de 1998

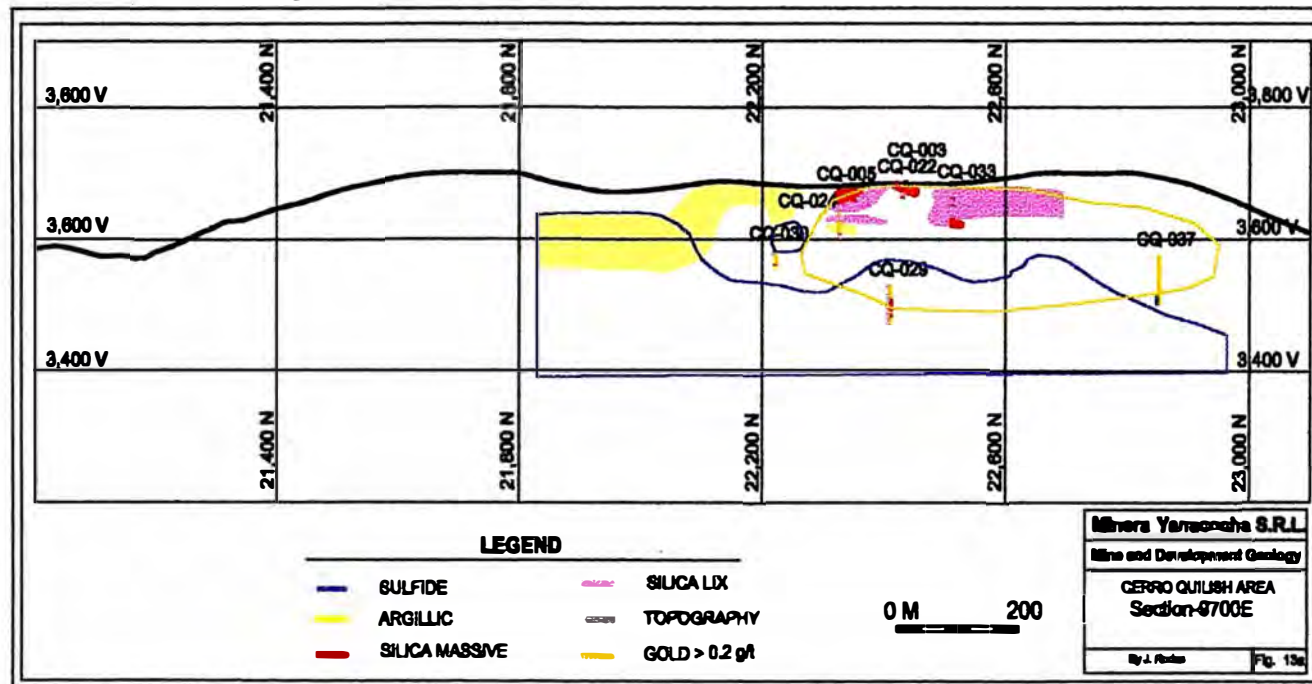


Figura 13b. Sección 9700E del modelo de 1998

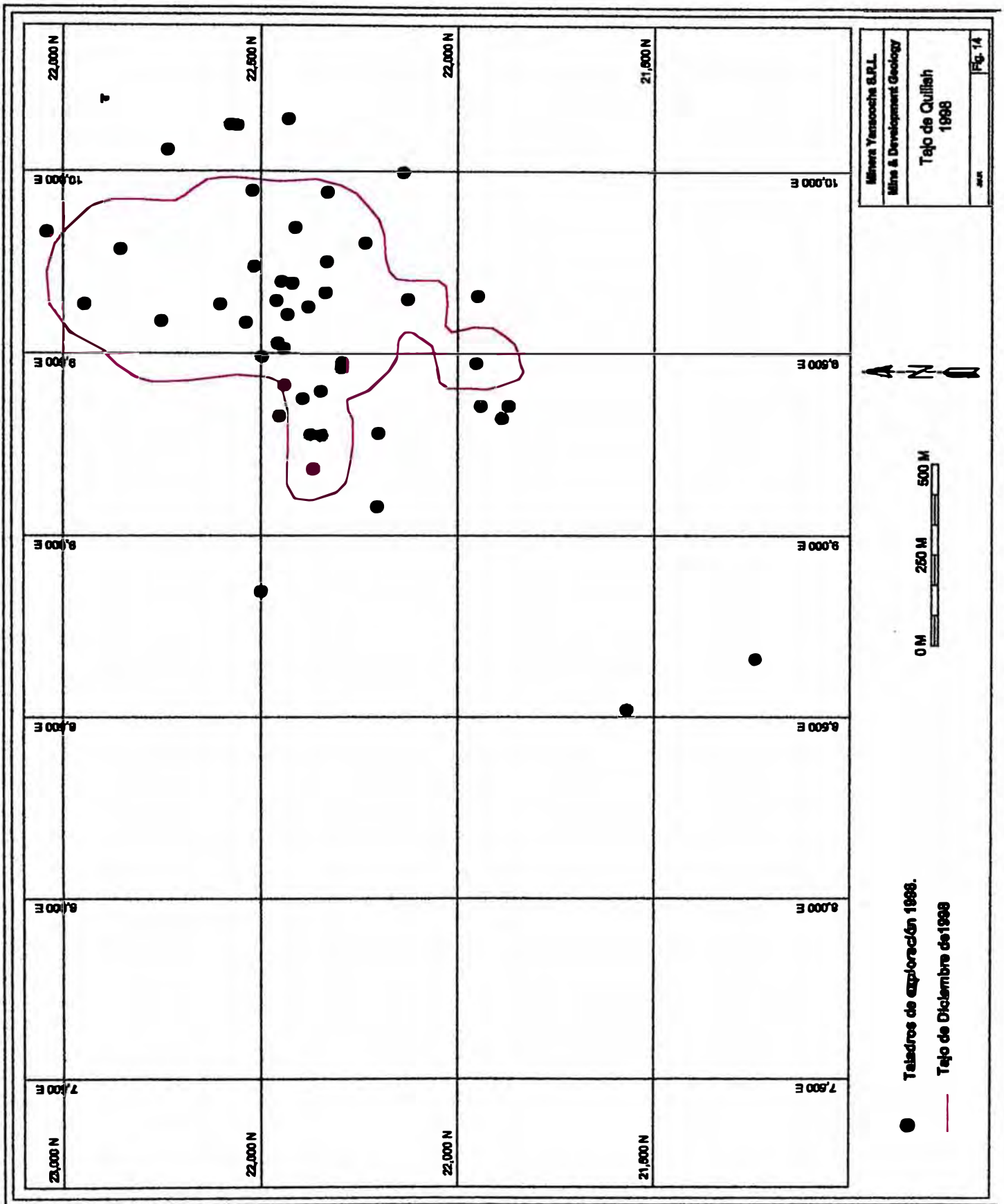


Figura 14. Tajo de Quilish con los taladros a 1998

4.2 PERFORACION.

Es una de las actividades más delicadas en el desarrollo de un proyecto, de la perforación depende la calidad de información que el geólogo puede obtener, es la base sobre la cual se sustenta el modelo de un depósito. Tanto la perforación como el modelo son puestos a prueba durante el minado

4.2.1 Programa de perforación

Durante el desarrollo de un proyecto en el Departamento de Geología de Mina y Desarrollo, es común cambiar o ampliar los programas de perforación, metalúrgico, de esterilización o caracterización de desmonte. Muchos de estos cambios se producen en función de los resultados de leyes que se obtiene durante el avance de la perforación. Así pues el proyecto Quilish no es la excepción; por ello el programa de perforación debe ser versátil.

Inicialmente se crea un programa de perforación dentro del cono de recursos que se obtuvo con el modelo preliminar de Diciembre del 1998; este programa de perforación se crea en "geomodel" en la estación de trabajo Irix. Siguiendo el patrón de secciones típicas, es decir que nos ubicamos en una sección determinada y evaluamos la ubicación de cada taladro.

Esta ubicación busca crear una grid con espaciamiento de 50m por 50m, la dirección e inclinación de los taladros se coloca tomando en cuenta según la ubicación de los taladros preexistentes (figura 15). Esto se hace en la computadora por que tiene la ventaja de poder proyectar la información de las secciones anteriores y posteriores a la sección de trabajo, además de la posibilidad de visualizar en 3D. Así el taladro programado tendrá un buen sustento para su ubicación y objetivo.

En el depósito la fase I del programa de perforación lo conforman 150 taladros ubicados en la zona central (Perca Perca). Según resultados obtenidos por GE, se observó que el depósito se extiende hacia el Oeste, Puca Rumi y hacia el Sur (Cerro Quilish), haciéndose necesaria la

creación de la fase II de perforación con 122 taladros, que intenta colocar en reservas las zonas de extensión. Una vez terminada la fase I y estando la II en progreso se observó que quedaban de zonas abiertas en los alrededores de estas haciéndose necesaria la creación de la fase III, que intenta delimitar el proyecto sin llegar a conseguirlo por razones de tiempo.

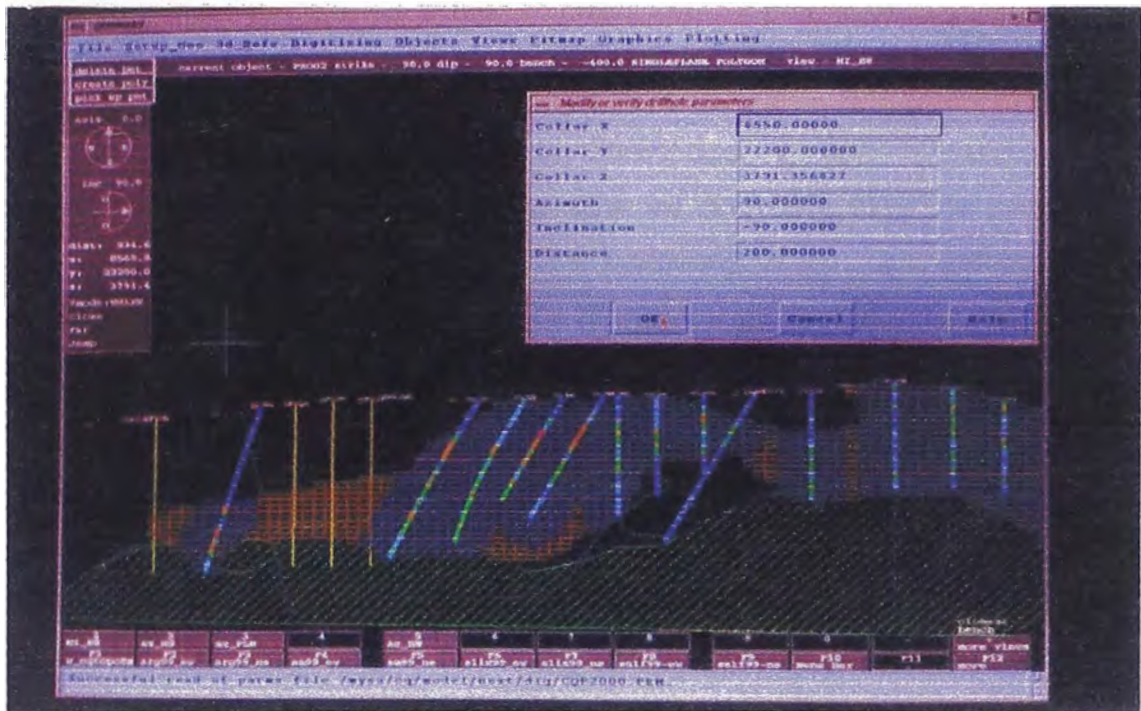


Figura 15. Pantallas de la estación de trabajo IRIS mostrando la programación de taladros.

Notese los taladros programados en color anaranjados buscando convertir los recursos (bloques anaranjados) en reservas (bloques azules) cada bloque es de 50m por 50m.

Dos modelos intermedios fueron realizados durante el desarrollo del proyecto, en Abril y Junio de 1999; el primero fue irrelevante; pero el segundo tuvo 3 conos es decir dos más que el de 1998. Estos se ubican en Perca Perca, Puca Rumi y el Cerro Quilish; la fase II de perforación obedece a estos resultados; con los resultados iniciales de esta, se decide crear la tercera fase de perforación, se crea de modo singular pues adicionalmente buscaba determinar mejor las zonas con potencial del depósito; con un limitado número de taladros.

4.2.2 Accesos y plataformas

Los accesos y plataformas son diseñados y construidos por el Departamento de Proyectos con el que se coordina muy de cerca; se inicia con el envío del programa de perforación en este se indica la profundidad, la inclinación y el tipo de perforación, estos datos sirven para determinar las dimensiones de los accesos y las plataformas así como la profundidad de las pozas de lodos; para esto el geólogo de mina se apoya de un supervisor de campo quien se encarga de recibir las plataformas y coordinar los trabajos necesarios en el campo para no tener tiempos muertos es decir máquinas de perforación paradas por falta de plataformas.

También se le entrega al supervisor de campo y al Departamento de Proyectos los planos con el programa de perforación a escalas 1:3000 además de tener esta información el supervisor de campo cuenta con información adicional como la inclinación y dirección para el caso de taladros inclinados. Este supervisor de campo cuenta con entrenamiento en el manejo de brújula y wincha además de mantenerse en constante comunicación con el geólogo de Proyecto.

4.2.3 Perforación

En geología de MYSRL se tiene un área de perforaciones diamantinas y aire reverso, la que cuenta con especialistas en perforación y son quienes prestan el soporte técnico a los geólogos en lo que se refiere a perforaciones con ellos se coordina para dar la mejor solución a los problemas que puedan ocurrir durante el desarrollo del programa de perforación.

Gran parte de la perforación en el desarrollo del proyecto ha sido realizada con el método de circulación de aire reverso (RCD) convencional (foto 15); de los 327 taladros hechos sólo 8 han sido de core y que obedecieron a la necesidad de contar con información metalúrgica y geotécnica necesaria.

En aire reverso se ha trabajado con máquinas de diversa potencia pues en determinadas partes del depósito; por el tipo de material y el flujo de agua subterránea se han generado problemas en la perforación como el atrapamiento de tuberías y otros; todos estos problemas referidos a la parte operativa de la perforación son solucionados por los supervisores de perforación especialistas en la materia con la coordinación del geólogo de Proyecto a fin de conseguir los objetivos deseados.

Cuando se perfora en aire reverso se hace un muestreo cada 2m tomándose el 50% de la muestra. Este es influenciado fuertemente por el procedimiento que se tiene para muestras de core.

Se ha realizado estudios de evaluación de muestreo en aire reverso, concluyendo que la pérdida de finos en el sistema de muestreo utilizado en aire reverso puede afectar a los valores menores de 0.3 y mayores de 1.1 Au g/t llegando a obtener discrepancias de 4 a 9%; estas aún son tolerables por la operación; cabe señalar que el promedio en general de discrepancia es de 0.5%; razón por la cual se ha perforado básicamente con aire reverso y no con core que es mucho más costoso; en los cuadros 1 y 2 se muestran los resultados de estos estudios.

Otra razón es que la operación trabaja con bancos que son múltiplos de 2; así se tienen bancos de 6, 8, 12m.



Foto 15. Máquina de perforación de aire reverso RCD iniciando la fase I de perforación en Quilish.

Cuadro 1. Resumen de la comparación del sistema de muestreo por grado de lev.

Grade	Paired Range	Samples	Avg. Standard	Avg. Total	Avg.	Average-Standard	
			Au g/t	Au g/t	Au g/t	g/t	Avg. % Bias
Low		119	0.264	0.262	0.263	-0.001	-0.399
Medium		153	0.585	0.562	0.574	-0.011	-1.949
High		55	1.818	1.887	1.853	0.035	1.902

Cuadro 2 Resumen de la comparación del sistema de muestreo por alteración

Alteration	Grade	Paired Range	Samples	Avg. Standard	Avg. Duplicate	Avg.	Total-Standard		Average -Standard	
				Au g/t	Au g/t	Au g/t	g/t	Avg.% Bias	g/t	Avg.% Bias
Silica	Low		18	0.281	0.279	0.280	-0.002	-0.800	-0.001	-0.400
	Medium		72	0.601	0.579	0.590	-0.022	-3.734	-0.011	-1.867
	High		33	2.130	2.412	2.271	0.282	13.216	0.141	6.608
Advanced	Low		98	0.260	0.260	0.260	0.000	0.000	0.000	0.000
Argillic	Medium		76	0.561	0.535	0.548	-0.025	-4.534	-0.013	-2.267
	High		22	1.350	1.101	1.225	-0.249	-18.476	-0.125	-9.238
Argillic	Low		3	0.289	0.219	0.254	-0.070	-24.221	-0.035	-12.111
	Medium		5	0.719	0.731	0.725	0.012	1.641	0.006	0.820
	High		N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

4.2.4 Preparación de muestras y análisis

Dentro del área de geología en MYSRL se cuenta con un laboratorio de preparación de muestras, que se encarga de llevar las muestras a la malla adecuada para su análisis. Los procedimientos que sigue este laboratorio son creados y modificados por los geólogos. Comúnmente este laboratorio recibe y prepara muestras de diferente naturaleza, de geoquímica, core y RCD; estas últimas se han trabajado para el proyecto de Cerro Quilish (figura 16).

Las muestras de RCD; son recepcionadas por el personal del Laboratorio de Preparación de Muestras, luego son secadas y pesadas (el peso promedio de este tipo de muestras es de 20 Kg). A continuación pasa al chancado primario, el que se realiza con chancadoras de quijadas homogenizando hasta el tamaño $-1/4"$.

Las muestras de core son cortadas con el petrótomo de modo longitudinal y se hace un muestreo a una de las mitades (50%) las que se llevan al chancado primario descrito anteriormente.

Luego del chancado primario las muestras pasan al chancado secundario, el que con una chancadora de rodillo lleva al material a malla -10 . El paso siguiente en este proceso es el cuarteo que se realiza con un muestreador Jhonson aquí se colecta 3 Kg de muestra (regets) que queda como contramuestra y es almacenada. Para el análisis se toma 400g de muestra que es secada a 150°C , si la muestra tiene que ser analizada por otros elementos (geoquímica) sólo se seca a la temperatura de 30°C ; Después del secado la muestra es pulverizada hasta la malla -200 y se cuarteo, siendo enviados 200g a los laboratorios externos para su análisis y los 200g restantes se almacenan (a este tipo de muestras se les llama pulpas).

Los laboratorios externos SGS y Chemex analizan por oro y plata las muestras, por los métodos fire assay (FFAA) y oro cianurado (AuCN).

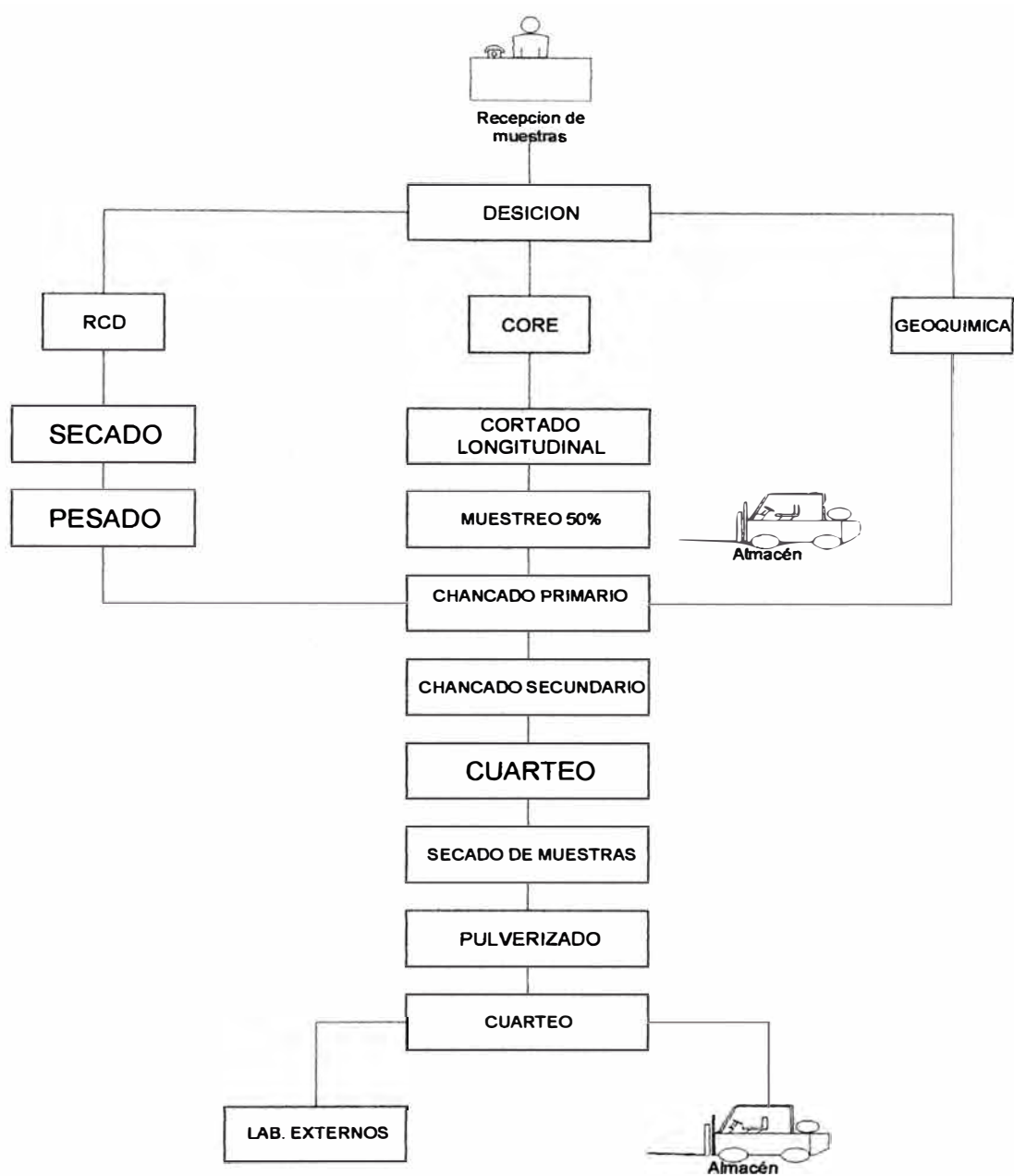


Figura 16. Diagrama del proceso de preparación de muestras.

Los resultados son enviados, en base de datos, fax y por reporte original. Estos resultados son revisados y cargados en la base de datos principal de la Mina desde donde pueden ser usados por los geólogos e ingenieros.

De otro lado periódicamente se revisan los procesos que siguen las muestras en los laboratorios externos con visitas no programadas y programadas a estos, también es común el uso de muestras estándar para verificar la confiabilidad del laboratorio.

4.2.5 Logueo y Relogeo

La información de logueo es presentada por el Departamento de Geología de Exploraciones al de Geología de Mina y Desarrollo de MYSRL mediante un patrón de códigos (de alteración, litología y textura) usados hasta el momento. Estos tienen que ser simplificados para su uso en la operación; y es labor del geólogo de mina analizar esta información y presentarlo de forma sencilla al Departamento de Planeamiento de MYSRL.

En el caso de Cerro Quilish los códigos usados fueron los siguientes:

Tabla 1. códigos usados por geología de Exploraciones en Cerro Quilish

Códigos (Alt_type)	Nombre del código	Códigos (Alt_type)	Nombre del código
AA	Argilico Avanzado	SAP	silice alunita pirita
ARG	Argilico	SC	silice clay (arcillas)
C	Clay (arcilla)	SCa	silice clay (arcillas) alunita
COB	Cobertura	SCp	silice clay (arcillas) pirita
Cp	Clay pirita (arcillas con pirita)	SG	silice granular
FR	Fresh rock (roca fresca)	SGp	silice granular pirita
N/S	No sample (no se tiene muestra)	SM	silice masiva
PRO	Propilitico	SMP	silice masiva pirita
PS	Paleosuelo	SO	silice óxidos
SA	silice alunita	SV	silice vuggy
SAC	silice alunita clay (arcillas)	SVp	silice vuggy pirita

Para realizar el cambio de esta codificación es necesario realizar un relagueo de los diferentes taladros de core que contengan información ambigua; por ejemplo un SO es una sílice con óxidos pero para el modelamiento y la operación es necesario indicarlo de un modo más sencillo, es decir nuestro interés en este momento se enfoca en saber la textura que predomina en la muestra (SV, SG o SM), a la que esta asociada una densidad y recuperación característica con la que será modelada. Comúnmente los óxidos son poco detallados en nuestro trabajo debido a que en el DMY se estudian depósitos tipo alta sulfuración oxidados. Cuando la roca no se encuentra oxidada se loguea los sulfuros. Así cuando se modele se distinga con claridad la zona de óxidos y de los sulfuros.

Los sulfuros cuentan comúnmente con recuperaciones muy bajas de oro para el proceso de lixiviación en pilas con cianuro.

Son estos los motivos por los cuales se hace necesario el relogueo de los taladros perforados por Geología de Exploraciones.

Este trabajo se realiza paralelamente al logueo de los taladros que se perforan en el desarrollo del proyecto. Los códigos usados inicialmente por GE son transformados mediante el relogueo en otros, que serán usados por Geología de Mina y luego por operaciones (ver tabla 2).

Tabla 2. Códigos equivalentes resumidos usados por geología de Mina usados en el modelamiento.

códigos (Alt_type)	códigos usados por geología de Mina(Mines_Model)
AA	AA, SA , SAC, SAP, SC, Sca, SCp y SO(no siempre)
ARG	ARG, C y Cp
COB	COB y PS
FR	FR
N/S	N/S
PRO	PRO
SG	SG, SGp y SO(no siempre)
SM	SM, SMp y SO(no siempre)
SV	SV, SVp Y SO(no siempre)

Para el Desarrollo de Quilish se ha usado el tipo de perforación de aire reverso (RCD) convencional; el logueo se ha hecho de cuttings.

4.2.6 Bases de datos (Collar, Survey, Dhgeo, Dhassay)

Para desarrollar un proyecto es necesario el uso de bases de datos. Estas nos muestran de modo claro y rápido cualquier información que sea requerida, también nos permite realizar proyecciones en cuanto a cumplir objetivos tanto en el programa de perforación como en los otros programas.

Su carácter es sencillo pero delicado pues en ella se maneja toda la información crítica de un proyecto; las principales bases de datos que se manejan en MYSRL son creadas en paradox y están organizadas del modo siguiente:

MINERA YANACOCHA R/C - LOG

TALADRO # CQ-211 LOGUEADO POR J. Padas AZIMUTH _____ NORTE _____
 PROYECTO C° Quilish Infill Drilling FECHA 31 Mar 99 INCLINACION _____ ESTE _____
 HOJA 2 DE 3 TIPO PERF RCD PROF. TOTAL 126m COTA _____

INTERVALO	Au	GRAFICO	ALTERA	T ROGA	ALTERATION					TEXTURA			ESTRUCTURA			METALURGIA					COMENTARIOS				
					Sil	Aln	Cly	Pro	Oxs	V	Gr	Ms	Bx	Frac	Vn	Fill	Py	Cu	S	Otro					
50 ~ 52			AA		2		2		3															Idem.	
52 ~ 54			ARB				3		2,3																ARC 3/2, 4 Oxs Pastoso Prob. Fossil
54 ~ 56			↓				↓		↓																
56 ~ 58			AA		2		2		1-2																Idem. AA anterior.
58 ~ 60			↓		↓		↓		↓																
60 ~ 62			↓		↓		↓		↓																
62 ~ 64			↓		↓		↓		↓																
64 ~ 66			↓		↓		↓		↓																cl, 2-3
66 ~ 68			↓		↓		↓		↓																
68 ~ 70			SM		3				1-2		?	✓													SM c/ gñ osc. 4 frag cly
70 ~ 72			↓		↓		↓		↓		↓	↓													Oxs pd.
72 ~ 74			↓		↓		↓		↓		↓	↓													
74 ~ 76			AA		2		2		↓																SC 4 Oxs Si alt + Si residu.
76 ~ 78			↓		↓		↓		↓																Si Residual + R ₁ Hasta 82 m (ARB 90%)
78 ~ 80			↓		↓		↓		↓																SC x conv.
80 ~ 82			↓		↓		↓		↓																
82 ~ 84			↓		↓		↓		1-2																Oxs. fragmentos s/p ₁ AA c. Anter. h.
84 ~ 86			↓		↓		↓		↓																el ultimo 4 Oxs Si alt Si residu.
86 ~ 88			↓		↓		↓		↓																
88 ~ 90			↓		↓		↓		↓																
90 ~ 92			↓		↓		↓		↓																
92 ~ 94			SM		3				↓		✓	✓													SM c/ Si's osc. s/p ₁ 4 pow Oxs.
94 ~ 96			↓		↓		↓		↓		↓	↓													
96 ~ 98			↓		↓		↓		↓		↓	↓													
98 ~ 100			↓		↓		↓		↓		↓	↓													

Figura 17 Formato de logueo.

- *Ubicación de Taladros;* define la posición y orientación de los sondeos, consta de dos bases de datos Collar y Survey.

El *Collar* contiene la información de coordenadas Este, Norte y Elevación de los puntos de inicio de perforación de cada taladro, además de la Profundidad final del taladro; en el *Survey* se tiene información de la dirección e inclinación de cada taladro, en las diferentes profundidades, para saber la desviación que sufre cada taladro; esto hace notar la importancia que denotan estas bases.

La base de Collar se llena de modo automático por personal de cómputo con la información que se recibe de topografía, estas coordenadas son obligatoriamente revisadas por el geólogo del proyecto (figura 18a).

La información de survey viene del Departamento de Drilling; luego de las lecturas y correcciones de declinación magnética e inclinación se adiciona a la base de datos; figura 18b.

- *Información asociada al taladro.-* Es toda la información que se tiene a lo largo del taladro, geología, leyes y toma de muestras, así tenemos:

El Dhgeo esta base contiene toda la información geológica del proyecto y es esta base o parte de ella que se traslada a las estaciones de trabajo de modelamiento. El geólogo debe mantener esta base sin errores ni incompatibilidades. Es común que estas bases tengan problemas de este tipo. Siendo necesario de realizar un chequeo en Stones, corregir y mantener esta base operativa sin errores (figura 18c). En el *Dhassay* se tiene toda la información de leyes proveniente de los laboratorios externos, es actualizada por personal de cómputo cada vez que se tiene nueva información. También se agrega el valor del cociente entre Au cianurado vs Au total y plata (figura 18d).

Si bien el geólogo puede usar esta base, este no puede modificarla por lo delicado de su contenido.

Ninguna de las bases anteriores puede ser modificada en su estructura; si fuese necesario hacerlo esto se realiza mediante un procedimiento en el cual el geólogo recomienda personal de cómputo del área de geología esta modificación.

- Otras bases se crean y se actualizan según el avance de los diferentes programas, así *Density* base con información referente densidad; *Bottle* y *Columns* (metalúrgicas) con información de botellas y columnas respectivamente.

18a

COLLAR	Hole_Id	Easting	Northing	Elevation	Td	Old_Name	Project	Coord_type	Dummy	REV	tipo
1	CQ-001	9,588.90	22,536.62	3,687.60	36.00	R590-550	CERRO QUILISH	E			
2	CQ-002	9,646.52	22,461.51	3,689.60	100.00	R596.8-537.9	CERRO QUILISH	E			
3	CQ-003	9,694.50	22,425.09	3,687.18	9.00	R600-537.9	CERRO QUILISH	E			

18b

SURVEY	Hole_Id	Depth	Azimuth	Inclination	REV	tipo
1	CQ-001	0.00	215.00	-45.00		
2	CQ-002	0.00	215.00	-45.00		
3	CQ-003	0.00	90.00	-90.00		

18c

DHGEO	Hole_Id	From	To	Unit_Log	Alt_Type	Interpretation	Mines_Model	Alt_Si	Alt_Aln	Alt_Clay	Alt_Prop	Alt_Ox	Txt_Vuggy	Txt_Gran	Txt_Mass	Str_Bxa
45	CQ-006	18.00	20.00		SC	FP	SM	2SI	2CL						1MS	
46	CQ-006	20.00	32.00		SC	FP	SM	2SI	2CL			TR	TR		1MS	
47	CQ-006	32.00	38.00		SC	FP	SM	2SI	1CL			TR	TR		1MS	

18d

DHASSAY	Hole_Id	From	To	AuFAA_Main	AuFAA_Dup	AuFAA_gt	AuCN_Main	AuCN_Dup	AuCN_gt	AuCN/AuFAA	Ag_main	Ag_dup	Ag_gt	REV
1	CQ-001	0.00	2.00	0.38		0.38					0.01		0.01	
2	CQ-001	2.00	4.00	0.50		0.50					0.01		0.01	
3	CQ-001	4.00	6.00	0.30		0.30					0.01		0.01	

Figura 18. Estructura de las bases de datos.

4.3 MODELAMIENTO GEOLOGICO DE CERRO QUILISH

4.3.1 Introducción

El Modelo Geológico que se desarrolla en el Departamento de Geología de Mina y Desarrollo está orientado hacia la Operación Minera. Se realiza en estaciones de trabajo y programas de MYSRL y Newmont (ver Apéndice B). En estas estaciones se comparte la información con los ingenieros de planeamiento de corto y largo plazo. Para ello es necesario llevar la información desde las bases de datos en Paradox a formatos que estas estaciones de trabajo puedan leer. El primer paso es la limpieza de la información en las bases de datos de Paradox, luego esta información es exportada en archivos ASCCI(*.lst) y dentro de las estaciones de trabajo son convertidos en archivos binarios (*.DHL) a estos se le asigna diferentes nombres según sea la información que contenga; para Cerro Quilish los nombres que se le dio a los archivos son: **altn.DHL**, **au2m.DHL**. el primero contiene información geológica y el segundo leyes de oro. Estos archivos son cargados con el "Geomodel" programa que se usa para modelar.

En este nivel se empieza el modelamiento y para ello se asume como verdadero lo siguiente: buen muestreo, valores de ensayos correctos, ubicación espacial correcta, logueo homogenizado.

Para empezar a modelar se hace por la sección que cuenta con la mayor información y mejor analizada, en el caso de Quilish se tiene 02 secciones(21700N y 22500N) en la dirección EW. Esto se debe a que en Quilish se tiene tres cuerpos separados y cada uno de ellos cuenta con características distintivas. Una vez hechas las secciones en esta dirección se crean las secciones perpendiculares a las anteriores es decir NS, cuando estas estén terminadas se procede a modelar los diferentes niveles es decir las vistas en planta completando así modelamientos en tres direcciones perpendiculares entre sí los contornos modelados se pueden ver en las figuras 19 al 22.

Las secciones se hacen con un espaciamiento de 50m sólo las de planta se hacen cada 8m. debido a que se ha advertido para Cerro Quilish la explotación en bancos con esta altura.

Se hace notar que el Departamento de ingeniería solo utiliza el modelo en planta para sus evaluaciones.

Este proceso se realiza para cada tipo de alteración, oro, sulfuros, estructuras, reflejando la interpretación del depósito en las secciones de papel.

Cabe señalar que según la necesidad geológica del proyecto se podrían modelar otros parámetros que tengan implicancia en la Operación Minera. Este tipo de trabajo puede ser de gran utilidad para los geólogos que hacen exploración.

4.3.2 Desarrollo del Modelo.

Es necesario acotar que cada material modelado tiene diferente densidad lo cual repercute directamente en el cálculo de reservas.

En las figuras 19 al 22 se muestran los resultados de los diferentes modelamientos.

A continuación se examinará los diversos modelos realizados para el proyecto de Cerro Quilish:

- **Modelamiento de Alteraciones.**

Después de interpretar las secciones hechas a mano, se evalúa cuantos tipos de material deben de ser modelados. En Quilish se observó que la cantidad de material con alteración y textura sílice oquerosa (vuggy comúnmente) tenía un volumen del 1% del total de la sílice. Para el modelamiento se decidió unirla con la sílice granular en un solo cuerpo denominado, sílice lixiviada (slix).

Otras alteraciones modeladas son la argílica avanzada y la argílica; los modelos de cada alteración para las diferentes vistas, son almacenados como archivos de cómputo, estos son:

arg99_ew.DIG, **arg99_ns.DIG** y **arg99_pln.DIG**; modelo del material con alteración argílica generalmente con pirita diseminada.

col99_ew.DIG, **col99_ns.DIG** y **col99_pln.DIG**; modelo del material tipo coluvial que se tiene entre Puca Rumi y Quilish central parte norte es de interés en la producción.

slix99_ew.DIG, **slix99_ns.DIG** y **slix99_pln.DIG**; Modelo de material silíceo que cuenta con textura principalmente granular y lixiviada.

sm99_ew.DIG, **sm99_ns.DIG** y **sm99_pln.DIG**; Modelo de material silíceo que cuenta con textura masiva.

- **Modelamiento de Oro**

De manera similar a los modelos anteriores se genera el de oro encerrando dentro de un cuerpo todos los valores mayores a 0.2 g/t en las tres vistas los cuerpos modelados están en los archivos siguientes:

cqau99_ew.DIG, **cqau99_ns.DIG** y **cqau99_pln.DIG**

- **Modelamiento de Sulfuros**

Se considera como sulfuros al material no oxidado completamente y que cuenta con pirita en diferentes presentaciones diseminado, tapizando fracturas y en venillas. Ocasionalmente se ha encontrado enargita. En Quilish se tienen también zonas mixtas es decir oxidadas parcialmente; esta es la zona de transición entre óxidos y sulfuros (pirita). Se hace necesario el modelamiento de material transicional sabiendo que tienen buenas recuperaciones de oro, con cianuro. Estos modelos son:

sulf99_ew.DIG, **sulf99_ns.DIG** y **sulf99_pln.DIG**.

trans99_ew.DIG, **trans99_ns.DIG** **trans99_pln.DIG**.

En el modelo de 1998 sólo se considero sulfuros sin diferenciar el material transnacional.

- **Modelamiento de Estructuras.**

Es común en la filosofía de modelamiento no modelar estructuras que no afecten sustancialmente la distribución de alteración y mineralización. En la interpretación de secciones en papel se vio la necesidad de considerar estructuras que trascienden hasta el modelamiento, estos con desplazamientos evidentes mayores a 50m .

Los archivos generados para este modelamiento son:

Flts99_ew.DIG, **Flts99_ns.DIG** y **Flts99_pln.DIG**.

4.3.3 Cálculo de volúmenes por tipo de material

Generalmente el geólogo de desarrollo no realiza cálculos sobre los materiales que modela. El tonelaje de cada tipo de alteración y las onzas, son calculados y reportados por el Departamento de Ingeniería. En Quilish se realizó el cálculo de los volúmenes de cada tipo de material para tener una idea de las proporciones de cada material dentro del tajo.

En la tabla 3 se aprecia el resultado expresado en porcentaje; este fue realizado en enero del 2000. El reporte de este trabajo se encuentra en el apéndice C.

Tabla 3. Materiales en % dentro del pit de diciembre de 1999.

Type Material	PIT \$ 325	
	Total	Au 0.2 g/t
ARG	4%	1%
COL	1%	2%
LIX	33%	29%
SM	33%	37%
AA	29%	32%
Total	100%	100%

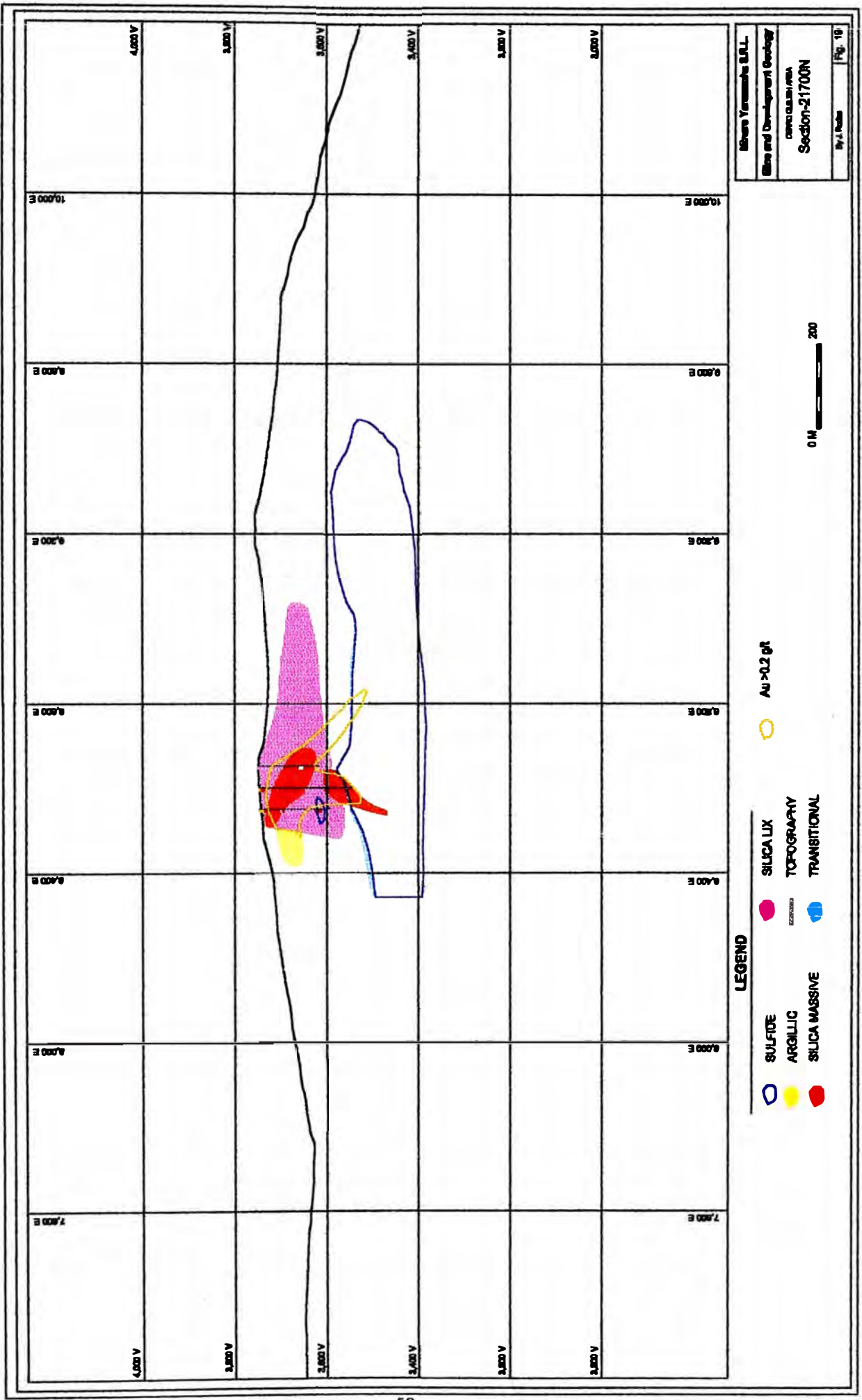


Figura 19. Sección 21700N mirando al Norte, del modelo de 1999

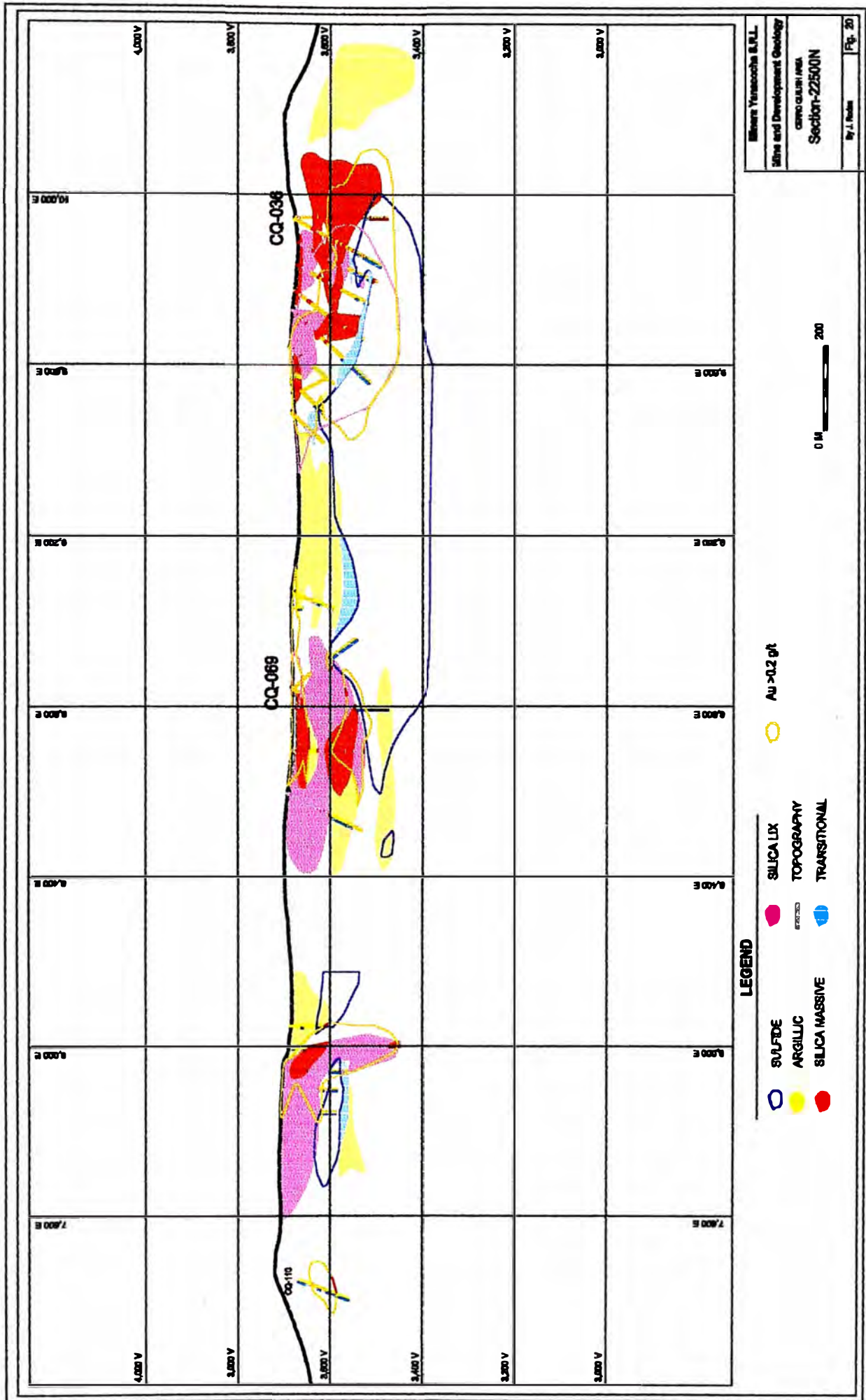


Figura 20. Sección 22500N mirando al Norte, del modelo de 1999

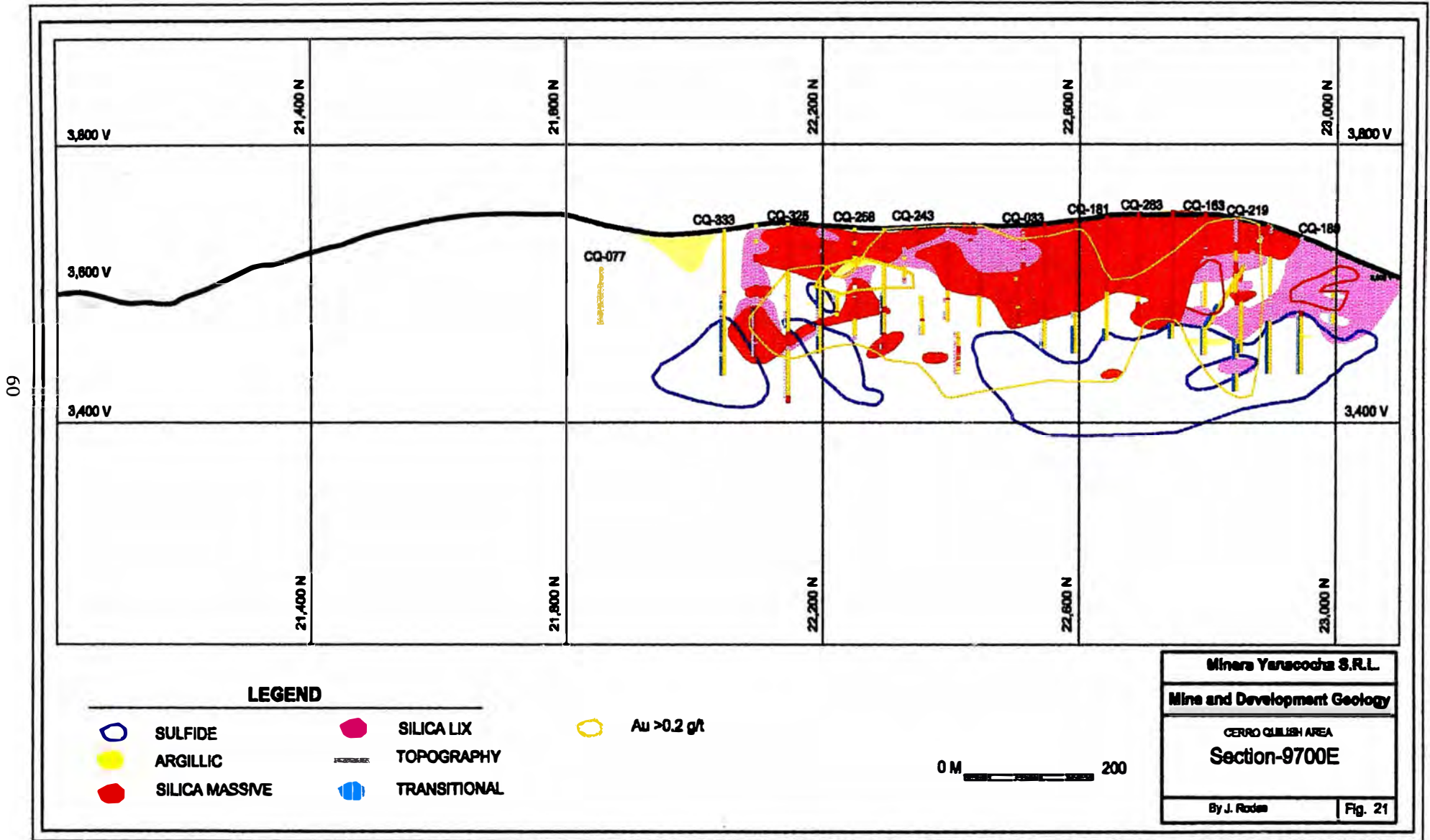


Figura 21. Sección 9700E mirando al Oeste, del modelo de 1999

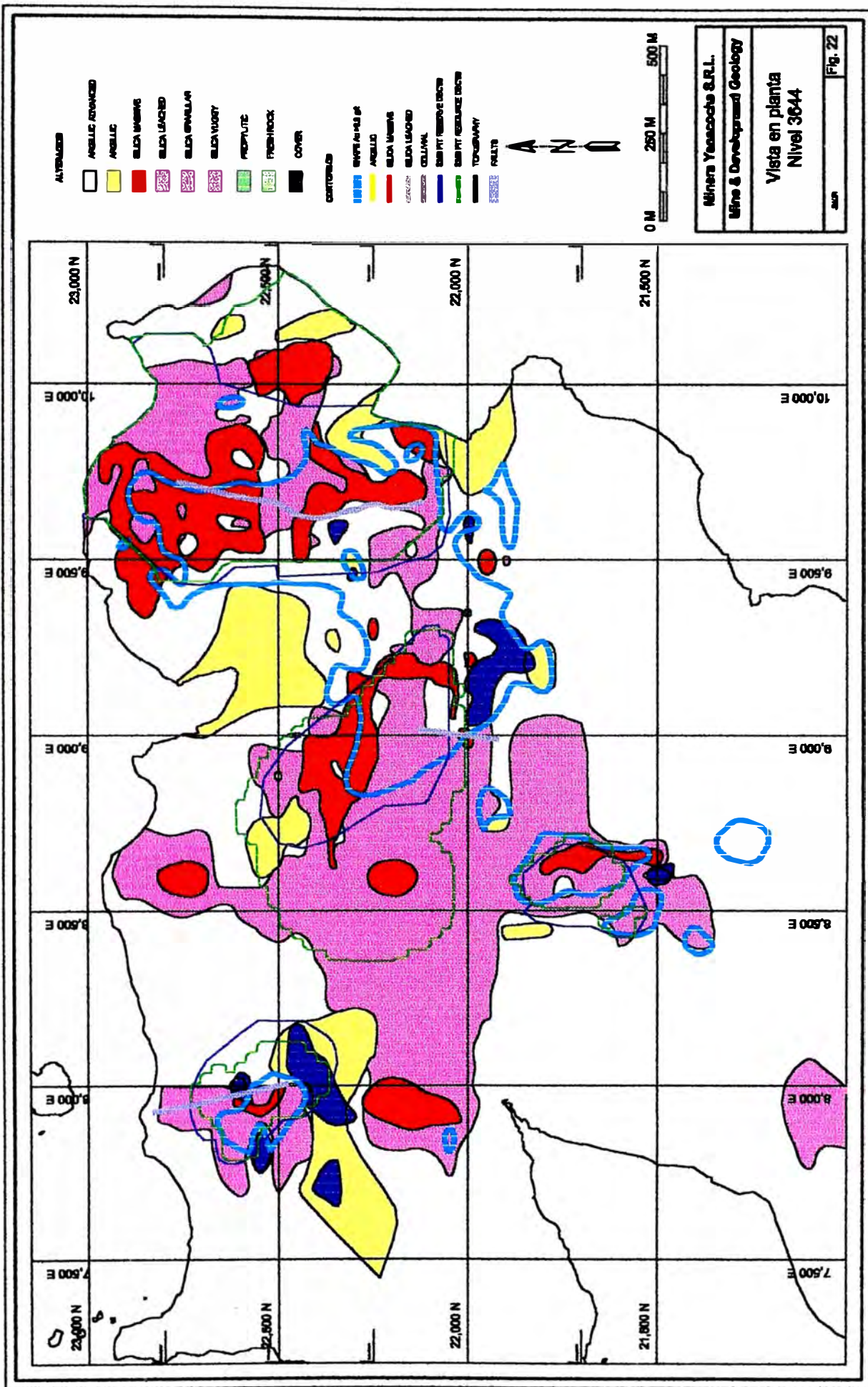


Figura 22. Vista en planta del modelo (Nivel 3644)

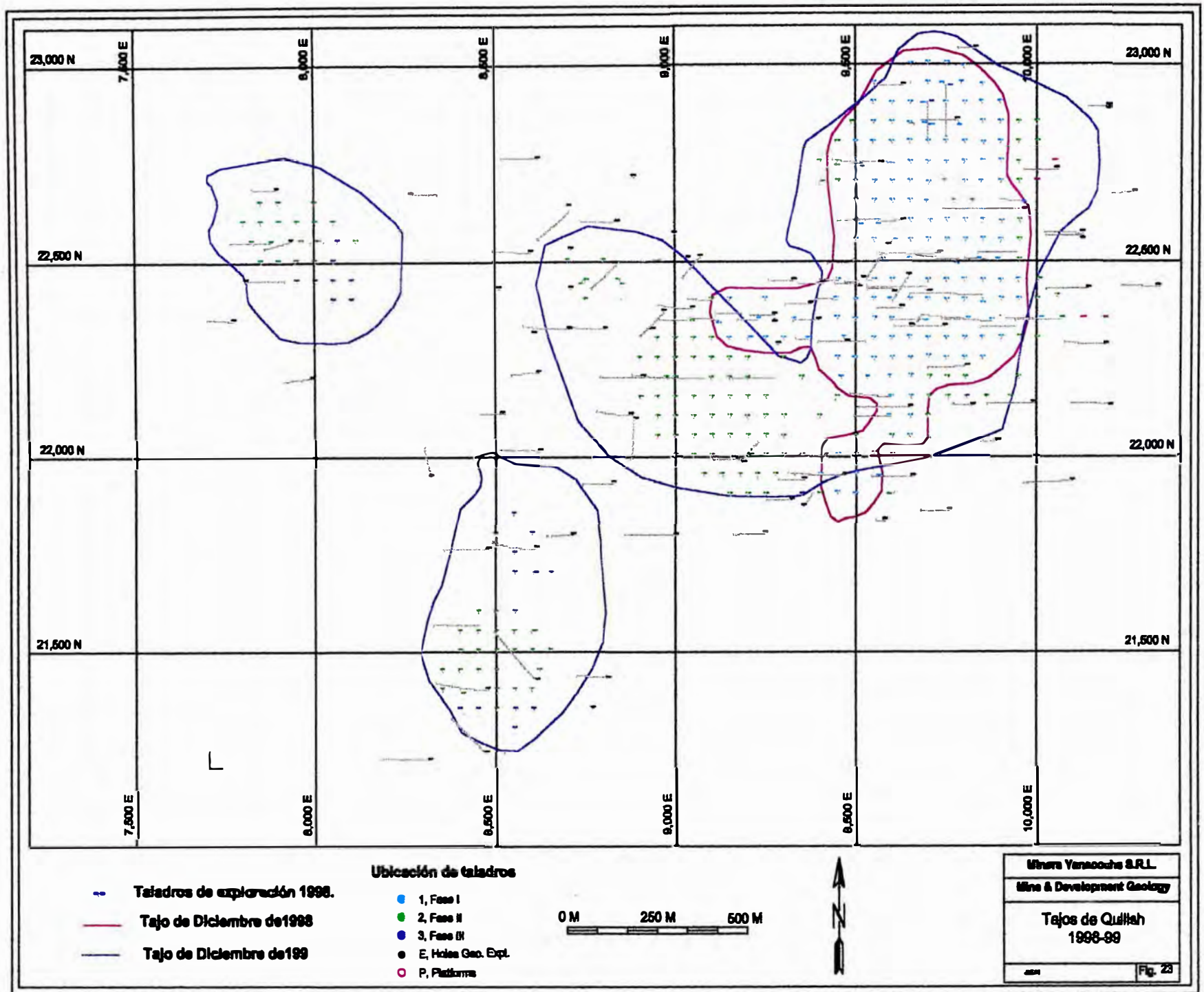


Figura 23. Tajos de Quilish con los taladros a 1998-99

4.4 Metalurgia

Se trata aquí de conocer la respuesta de los diferentes tipos de material al proceso de lixiviación en pilas, también la densidad característica de estos; es parte de la metalurgia conocer las características de los desmontes, los que generan ácido y los que no; la importancia del estudio de los desmontes radica en el tratamiento que deben tener en el botadero de desmonte para evitar la contaminación ambiental.

Todas las pruebas de botellas y columnas tienen además un análisis de XRD/XRF realizado en Newmont.

Se planifica en que momento del desarrollo del Proyecto se deben coleccionar las muestras, para que los resultados de los análisis se tengan antes de empezar los modelos; esta información es considerada como crítica para conocer las propiedades físicas de los diferentes tipos de material (alteraciones) que se modelan y son usadas en la producción.

Para conocer mejor la distribución de estos materiales se muestran los planos de botellas y columnas (figura 24). Densidad y desmonte (waste) se muestran en la figura 25.

4.4.1 Botellas

Las pruebas de botella son las primeras pruebas que se hacen para conocer las recuperaciones del oro en los diferentes tipos de material; consiste en un ataque severo con cianuro de sodio NaCN en recipientes denominados botellas. Las pruebas son realizadas indistintamente en el laboratorio metalúrgico de MYSRL o se envían a los laboratorios de Newmont en EEUU.

Cuando geología de exploraciones hace su trabajo ellos realizan pruebas de botella de los materiales que contienen mineralización económica; estas ayudan a que se oriente el trabajo en la búsqueda de materiales que sean bondadosos para la operación, lo que se completa en geología de mina con pruebas de columna. En Quilish se hicieron en total 04 pruebas de botella de material transicional, con

valores interesantes de oro y diferentes recuperaciones (R) como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de las pruebas de botellas de materiales transicionales tomadas por geología de Mina

BOTTLE #	Hole	Au g/t	AuCN/AuFAA	Description	Recup(%)
1	CQ-284	1.41	0.3	(AA) Si2 frag, Cl2 frag, Py2 diss	57.7
2	CQ-172	0.58	0.7	(AA) Si2 frag, Cl2 frag, Py2 diss, Oxt-1frag	72.9
3	CQ-181	1.04	0.8	(AA) Si2 frag, Cl2 frag, Py2 diss, Oxt-1frag	84.3
4	CQ-181	2.75	1.0	(AA) Si2 frag, Cl1 frag, Py2 diss	95

Key:

Si ²	Silica	Cl ¹	Clay
Py ²	Pyrite	Diss	Disseminated
Frag	Fragmental		
1,2,3, ^{tr}	1<0-5%, 2<5-10%, 3 >10% of this material (Si, Cl, Py)		

De estos se desprende que el material modelado como transicional tiene por lo general una buena recuperación por AuCN y que sólo debe tomarse las precauciones del caso por el contenido de pirita.

Un resumen de todas las pruebas de botella y columnas se muestra a continuación a excepción de las cuatro mostradas anteriormente con los que suman 28 las pruebas de botella.

Tabla 5. Cerro Quilish Summary of BRT Resulta - Oxide Ore

Ore Type	Number of Samples	Average Extraction % 50 ppm CN
Oxide SM	5 BRT's	66.6-96.7 (76.3)
Oxide SG	5 BRT's	65.2-96 (83.4)
Oxide SG,SM	3 BRT's	87.3-89 (88.1)
Oxide SV	1 BRT	74.6
Oxide SG,SM,SA	1 BRT	94
Oxide AA	4 BRT's	69.5-91.7 (78)
Oxide SC	2 BRT's	65.7-83.1 (74.4)
Total Oxide	21 BRT's	65.2-96.7 (81.3)

Table 6. Cerro Quilish Summary of BRT Resulta - Transitional Ore

Ore Type	Number of Samples	Average Extraction % 50 ppm CN
Transitional SG	1 BRT	51.1
Transitional CP	1 BRT	14.4
Transitional SC	1 BRT	48.6
Total Transitional	3 BRT's	38

BRT: Bottle Roll test

Su distribución se puede observar en la figura 24.

4.4.2 Columnas

Las columnas nos dan una información más cercana de lo que puede ser la recuperación en las canchas de lixiviación. Se realizan en depósitos tubulares de 8m de altura, el material es atacado con cianuro de sodio por goteo y con las condiciones que se maneja en el pad de lixiviación.

El programa de colección de muestras para pruebas de columna se inicia junto con la perforación, pues necesitan de tres a cuatro meses para conocer sus resultados, los que serán considerados en los reportes finales del depósito.

Estas pruebas son realizadas generalmente en los laboratorios de MYSRL en donde se estudia su evolución día a día por los ingenieros metalurgistas; quienes sí observan algunas anomalías en el proceso recurren al geólogo del proyecto para su estudio.

En total el programa colectó 29 columnas de los diferentes tipos de material para el desarrollo del proyecto de Quilish; en el siguiente cuadro se muestra un resumen de estas:

Table 7. Cerro Quilish Summary of CLT Resulta - Oxide Material

Ore Type	Number of Samples	Average Extraction % 50 ppm CN %
Oxide SM	5 CLT's	68.9-87.4 (79.3)
Oxide SG	6 CLT's	30.9-96.3 (76.9)
Oxide AA	9 CLT's	73.6-97.1 (86.7)
Oxide C	1 CLT	14.9
Total Oxide	21 CLT's	30.9-97.1 (81.9*)

* Excludes oxide clay sample

Table 8. Cerro Quilish Summary of CLT Resulta - Transitional Material

Ore Type	Number of Samples	Average Extraction % 50 ppm CN
Transitional AA	6 CLT's	21.3- 78.6 (41.4)

CLT's :Column leach test

Su distribución se puede observar en la figura 24.

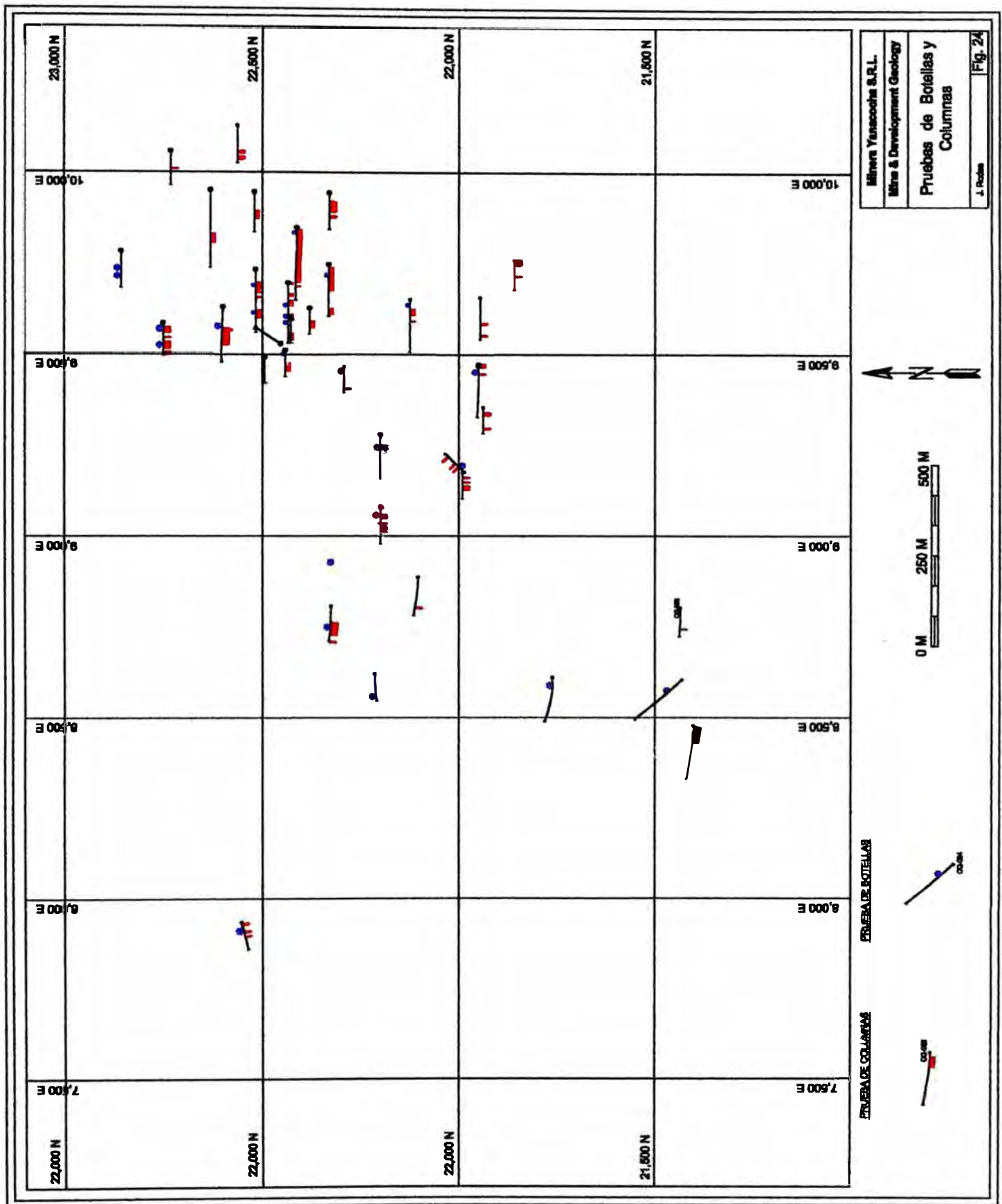


Figura 24. Plano de ubicación de las muestras de botellas y columnas de Quilish

4.4.3 Densidad

Esta información es básica para el cálculo de reservas por lo que se ha de tener sumo cuidado en la toma de estas muestras, las que deben ser representativas de cada tipo de material.

El programa de densidad se inicia con la revisión de las muestras tomadas por los geólogos de exploración; luego se analiza su distribución tanto en planta como en secciones para luego hacer un listado de las posibles muestras a tomar, paso seguido es la revisión y toma de muestras según el listado creado.

Se ha colectado 49 muestras las que se encuentran distribuidas espacialmente en todo el depósito según se puede ver en la figura 25.

Estas muestras son enviadas a laboratorios externos para su análisis; las muestras de Cerro Quilish se han analizado en McClelland Labs Inc. en EEUU.

Los resultados se presentan en el cuadro siguiente.

Table 9. Cerro Quilish density

Alteration	Densidad gr/cc
Silica Massive (15)	2.2
Vuggy / Granular (13)	1.8
Advanced Argillic (13)	2.1
Argillic (1)	2.2
Gravel (mf-c) (2)	1.8

Foto 16. Muestras de densidad tomadas de Quilish.



4.4.4 Caracterización de Desmorte

Para el desarrollo de una mina es muy importante conocer las características del desmorte que va a generar esta, pues de ello dependerá el presupuesto de almacenamiento y tratamiento del desmorte de la futura mina en el caso de que genere contaminación ambiental; es pues labor del Departamento de Geología de Mina hacer este estudio que se le denomina "Caracterización de Desmorte".

Este programa se realiza con la toma de muestras de los núcleos de perforación que tengan valores menores que 0.2 g/t y que se encuentren en lo posible dentro del cono de explotación.

El procedimiento de toma de muestra es semejante al descrito para la densidad; su análisis químico se realiza en laboratorios externos, consiste en analizar el azufre total y carbono total de la muestra.

Finalmente con esta información se calcula el grado de acidez que genera determinado material ver tabla 10.

Tabla 10. Caracterización de los materiales en Cerro Quilish.

OXIDOS (INERTES)

Alteration type	# Samples	Class
AA	8	I
AR	5	I
SI	7	I
TOTALES	20	I

GENERADORES DE ACIDOS

Alteration type	# Samples	Class
AA . AAS	14	SA , HA , A
ARS	4	A , HA
SIS	4	SA
TOTALES	22	SA , A , HA

Siendo

ARS : Es un material agilizado grisáceo, con una pirita fina diseminada.

AR : Con óxidos en trazas.

AAS : Roca color gris, compacta, con fenos alterados a clay.

AA : Roca similar a la anterior con óxidos anaranjados, sílice en la matriz de color grisácea.

SI : Sílice masiva gris, sílice vuggy y sílice granular, con óxidos en algunos casos.

SIS : Roca silicificada, con pirita en pequeños cristales agrupados.

Se tomaron 42 muestras y su distribución es mostrada en la figura 25.

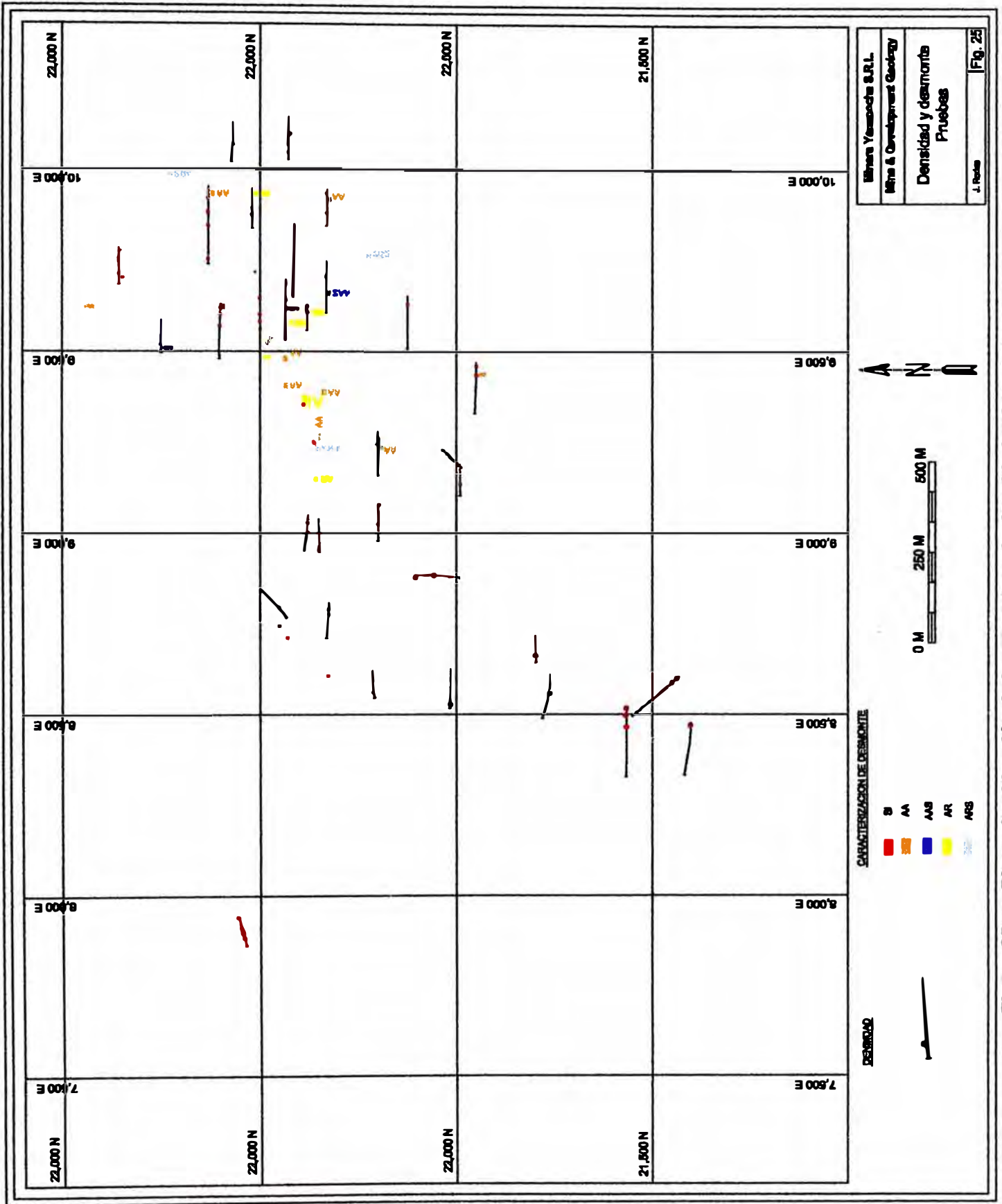


Figura 25. Plano de ubicación de las muestras de densidad y desmorte.

4.5 Esterilización

Se trata de definir áreas aledañas al proyecto que se puedan usar como posibles botaderos de desmonte, canchas de lixiviación, plantas de procesos y otras instalaciones que involucra la operación minera; para ello es necesario la perforación en determinadas áreas que se supone son estériles donde se ubicarían estas instalaciones; esta es la razón por que la esterilización de Cerro Quilish se ha hecho dentro de un programa que incluye Cerro Negro, proyecto cercano a Quilish ya que es posible que tengan instalaciones comunes como los botaderos y las pilas de lixiviación.

Las perforaciones para esterilizar el área de Quilish se han realizado con RCD convencional, con profundidades de 200 m cada una y espaciados en 500 m en promedio.

Los resultados de estas perforaciones han sido satisfactorios; es decir que no se han encontrado mineralización en el área estudiada para este fin, de ubicar las instalaciones antes mencionadas.

4.6 Resultados del Modelamiento de 1999

Los resultados del desarrollo de Cerro Quilish en 1999, que han sido reportados por el Departamento de Planeamiento son: 4.4 millones de onzas en inventario, 3.1 millones de onzas en reservas y 1.2 en recursos sólo en óxidos; en total con sulfuros y transicional se tiene 7.7 millones de onzas en inventario de mineral.

Para ello se ha usado la información, de modelamiento y densidad trabajada en GMD.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se concluye que el depósito de Quilish se encuentra emplazado en rocas del complejo volcánico Yanacocha en la Formación Porculla.
- El resultado de los cálculos realizados del modelo preliminar fue: 3.1 millones de onzas en inventario de mineral; 1.8 millones de onzas en recursos y un cut off de 0.35 Au g/t.
- Se ha perforado en el desarrollo de Cerro Quilish un total 327 taladros.
- Los resultados del desarrollo de Cerro Quilish en 1999, que han sido reportados por el Departamento de Planeamiento son: 4.4 millones de onzas en inventario, 3.1 millones de onzas en reservas y 1.2 en recursos; sólo en óxidos y en total con sulfuros y transicional se tiene 7.7 millones de onzas en inventario de mineral.
- La calidad en la preparación de muestras y la confiabilidad en el análisis de estas son gran utilidad para el desarrollo del proyecto.
El muestreo cada 2 metros es correcto en el sentido que el diseño actual del tajo contempla bancos de 8 metros, que es un múltiplo de 2.
- Para Cerro Quilish se cuenta con sistemas de bases de datos para toda la información del depósito.
- El relagueo se ha realizado parcialmente, debido a que los diferentes códigos que se ha usado afectan a la columna de alteración.
- Las secciones hechas a mano son de utilidad en el desarrollo del proyecto pero no es una digitación de esta la que va en el modelo, lo que se hace es generalizar en cuerpos mayores a 8 metros.
- Los modelos desarrollados son los necesarios y suficientes para la operación.
- De las pruebas de columnas se concluye que para los materiales oxidados las recuperaciones están por encima del 80%, para los sulfuros es menor de 25% y los mixtos van de 30% a 65%.

- También se concluye que el número de muestras de caracterización de desmonte es insuficiente para las dimensiones actuales de Qulish.
- En Yanacocha se tiene experiencia en este tipo de depósitos y a partir de esta experiencia se puede decir que cuando se está pasando a reservas cierta cantidad de recursos estos aumentan debido a que se encuentran zonas abiertas de mineralización y en consecuencia los programas de perforación incrementan sus fases.
- Con todo lo descrito anteriormente se puede decir que las estructuras NS y EW son posteriores a la alteración y mineralización pues en muchos casos se encuentran cortando la mineralización.
- Es difícil hallar evidencias o controles que puedan ayudar a la evaluación de lineamientos para tener las direcciones de movimiento.
- Durante el desarrollo del proyecto de Cerro Quilish se ha generado un trabajo interactivo entre los Departamentos de Geología de Exploraciones y Mina; situación que en el pasado no era muy frecuente.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda continuar con estudios de evaluación de los sistemas de muestreo que nos aseguren la calidad de la muestra.
- El uniformizar los códigos a usar en el proyecto es importante para evitar el relogueo; así todos los geólogos sin distinción del departamento al que pertenecen deberían completar las columnas de alteración-que usa el modelo- y litología.
- Es recomendable que todos los proyectos que están siendo administrados por Geología de Mina y Desarrollo deben de mantener toda su información en bases de datos como access o paradox pues representa ventaja en el trabajo.

- Las secciones hechas a mano son de gran utilidad en el entendimiento del depósito y el geólogo encargado debe de colocar e interpretar estas secciones, las que serán usadas como base del modelamiento; este sería el mejor modo de llevar un proyecto a buen término.
- Es recomendable iniciar el modelo en computadora en la sección que contenga mayor información y que obviamente es la más estudiada.
- Completar los programas de densidad, de pruebas de columna, caracterización de desmonte y esterilización para Quilish, empezando en algunos con la toma de muestras y la creación de reportes finales.
- Para una mejor evaluación en zonas con control estructural es necesario programar taladros, con el objetivo de determinar mejor el cambio que generan estas estructuras. Además de hacer un estudio tecto y micro tectónico.
- Es necesario tener precauciones en el presupuesto pues los programas de perforación se incrementan; por lo tanto se deben prever con un margen de exceso los equipos de muestreros, materiales que se usan en el muestreo con aire reverso, supervisores de campo y obviamente el presupuesto total a usar.
- Continuar con los programas de esterilización del área que aún no ha sido esterilizada; tomando en cuenta profundidades de 300m a 500 m.
- Para un proyecto nuevo se recomienda hacer un seguimiento continuo del proceso de preparación de muestras.
- Un estudio de secciones delgadas se hace necesario para determinar mejor la litología de Quilish.
- Realizar un modelo litológico debe ser parte del trabajo futuro; esto ayudará a entender mejor el depósito.
- Realizar el cálculo de los volúmenes de material después de los reportes de ingeniería ayuda a determinar mejor el número de pruebas de columna, densidad y caracterización de desmonte. Se recomienda hacer esto para todos los depósitos.
- Esta experiencia hace notar que en otros proyectos del distrito se debe trabajar en equipo.

- Se debe designar al geólogo de GMD que va a desarrollar el proyecto con 02 meses de anticipación para que trabaje junto al geólogo de GE que está llevando el proyecto; de tal modo que el geólogo de mina conozca mejor el proyecto y logre un mejor desarrollo de este.
- Completar el desarrollo del depósito de Cerro Quilish; es decir convertir los recursos actuales a reservas y buscar en toda el área nuevos recursos que hagan que este depósito llegue a los 5 millones de onzas.

BIBLIOGRAFIA

Acar, S., September 21, 1999, Diagnostic Leach Study for Cerro Quilish Composites, 38p.

Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos
Predicción de Drenaje Acido de Mina, Oficina de Desechos Sólidos
Agosto 1994

Bazan Zurita, Homero; Sánchez Vega, Isidoro; Cabanillas Soriano, Manuel;
Miranda Leiva, Alfonso.

La Jalca de Oro, Biodiversidad, Medio Ambiente y Minería en la sierra de
Cajamarca-Perú Minera Yanacocha. 1998 Minera Yanacocha S.A., 128 p.

Calderón M., E. and Gutierrez B., A., March 4, 1999, Memo to M. Morales and
P. Condori submitting 22 C° Quilish column leach samples to MYSA Lab, 3p.

Calderón M., E., June 8, 1999, Memo to M. Morales and P. Condori
submitting 4 Cerro Quilish column leach samples to MYSA Lab, 1p.

Cavero A., and Fernandez, D., November, 1997, Prueba de Botellas Cerro
Quilish-MYSA Departamento de Investigaciones Report, 13p.

Delgado Bernarda; Análisis del Material Cerámico: Sector Cerro Negro, Cerro
Quilish, Informe interno de minera Yanacocha (MYSA). 1997, Cajamarca

Douglas Ian; Cerro Quilish December 1998 Model Update.
January 14, 1999. Internal memorandum.

Douglas Ian; Cerro Quilish December 1999 Model Update.
January 27, 2000. Internal memorandum.

Hall Darren, Eduardo Medina; Cerro Quilish Waste Dump Design Report
Minera Yanacocha S.R.L. Mine Engineering, Marzo 2000

Morales, M., and Fernandez, D., February, 1999, Prueba de Botellas Cerro
Quilish-Investigación Metalúrgica Nos 1459 to 1472, 25p.

Morales, M., July, 1999, Prueba de Botellas Cerro Quilish-Investigación
Metalúrgica Nos 1659 to 1666, 18p.

Narváez Alfredo, Melly Alfredo; Proyecto: Prospección Arqueológica sector
Cerro Negro Cerro Quilish, Informe final MYSA, Septiembre 1997, Cajamarca

N. Chacon, S. Canchaya, W. Morche, A. Andrade.
Boletín Sociedad geológica del Perú V87 p17, 1997

Quiroz Andrés, Jorge Merino, Jesús Córdova; Yacimientos Auríferos
Primarios del Perú. Informe interno NPL, 1991

Quiroz Andrés; Geología del Distrito Aurífero Yanacocha
Informe interno NPL, 1994

Quiroz Andrés; El Corredor estructural Chicama Yanacocha y su importancia
en la metalogenia del Norte del Perú. IX Congreso Geológico del Perú 1997

Quiroz Andrés; Algunos aspectos geológicos importantes en una visita a
Yanacocha desde Cajamarca.

Review Geological Congress Fieldtrip. August 3-10, 1997

Rodas, J., April, 1999, Cerro Quilish Metallurgical Summary, 1p.

Rodas, J., May 27, 1999, Memo to S. Acar submitting 4 Cerro Quilish BRT
samples to NMS, 2p.

Rodas, J., August 7, 1999, Memo to S. Acar and J. Odekirk submitting 2 Cerro Quilish column leach samples to NMS, 2p.

Rodas, J., August 7, 1999, Memo to M. Morales and P. Condori submitting 7 Cerro Quilish column leach samples to MYSA Lab, 2p.

Rodas, J., May 19, 2000, internal report, Comparisson Au Assays in RCD samples Standard vs Total in Quilish , 5p.

Rodas, J., May 19, 2000, internal report, Comparisson Au Assays in RCD samples Standard vs Total in Quilish , 25p.

Rodas, J., May 19, 2000, internal report, Core vs. Core Au Assay Comparison at Cerro Quilish, 4p.

Rodas, J. Reportes internos mensuales del año 1999

Sillitoe Richard.; Curso de Sistemas Porfiriticos, Dictado para MYSRL, 1997

Turner Stephen J.; The Yanacocha Epithermal Au Deposits, Northern Perú: High-Sulfidation mineralization in a flow dome setting. Tesis doctoral, 1997

Trujillo, J., May 10, 1999, Memo to A. Mamani submitting 8 Cerro Quilish BRT samples for preparation and shipment to MYSA Lab. 1p.

Williams, C., May 14, 1999, Geology, Models and Metallurgical Sections from Cerro Negro and Cerro Quilish Prefeasibility Study prepared by Williams and Douglas, 18p.

ANEXOS

- A. Breve Reseña Histórica.**
- B. Hardware y software.**
- C. Cálculo de volúmenes por tipo de material modelado**

A. BREVE RESEÑA HISTORICA

- En la zona se tiene registros de actividad minera desde épocas Pre-Inca (Urteaga, 1992). También estudios arqueológicos mencionan “Fragmentos de cerámica de estilo Cajamarca” (Delgado, 1997)
- Antonio Raymondi (1859) en su viaje Cajamarca - Hualgayoc menciona en sus escritos el haber observado labores de minería por oro en los cerros de Carachugo.
- Entre 1968-1970 la Nippon Mining Company explora por cobre perforando algunos pozos.
- En 1970 la Corporación Técnica peruano británica determina una importante anomalía de Pb, Zn en los alrededores de Yanacocha.
- Entre 1981-1983 Cedimin subsidiaria de BRGM de Francia realiza mapeos geológicos y geoquímica de superficie.
- En 1984 se firma el Joint Venture entre Cedimin, Buenaventura y Newmont. Newmont se coloca al frente de la exploración encontrando 14 anomalías relacionadas a oro; dentro de las cuales tres se encuentran en el area de Quilish y alrededores (1986).
- En 1991 se forma Minera Yanacocha S.A, se trabaja con perforación diamantina y en 1992 una campaña de RCD principalmente en el infill drilling de Carachugo y perforaciones exploratorias en otras áreas como Cerro Negro, Maqui Maqui, y Cerro Quilish.
- Carachugo empieza a producir en 1993, lo seguiría Maqui Maqui en 1994, San José y Yanacocha en 1996.
- A la fecha se tienen depósitos como El tapado Cerro Negro, Cerro Quilish, Chaquicocha y El Tapado y proyectos en marcha (desarrollo).
- Actualmente las reservas reportadas están alrededor de los 33 millones de onzas de los cuales se han extraído alrededor de 4 millones de onzas con @ 1.0g/t. Y los recursos llegan a 7 Moz.

B Hardware y Software

Minera Yanacocha viene aplicando en sus operaciones mineras de prospección, desarrollo y ejecución la tecnología más moderna que permite obtener bajos costos, buena productividad y márgenes de error aceptables en sus estimaciones de recursos y reservas.

En lo que se refiere a Software diferenciamos aquí dos tipos:

Comercial; que son de presentación e interfase, estos son autocad, Excel, Word, etc.

NMC; desarrollado por el “Departamento de Investigacion Cientifica de Newmont” generalmente en ambiente UNIX para ser usado por estaciones de trabajo (O2) Iris Silcon Graphics; también se ha desarrollado software para PC compatible; estos se describen brevemente a continuacion.

Stones

Programa de uso en PC para configurar y mantener la base de datos del proyecto; puede graficar en planta y/o secciones, generar estadística básica, chequeo de consistencia de la base de datos de taladros, importar y exportar datos al *Geomodel*, mapas a autocad entre otros.

Geomodel

Programa de uso en ambiente de trabajo UNIX usado para modelamiento geológico, utiliza información de taladros de perforación logueo, leyes, cantidad de pirita; mapeo superficial, topografía, visualización de modelos de bloques creados en el departamento de Ingeniería, programación de taladros.

Miner

Programa usado en ambiente UNIX y se usa para hacer cálculos en general volúmenes, tonelaje, leyes, también realiza intersecciones, uniones y diferencias entre cuerpos modelados.

En cuanto a Hardware usamos lo siguiente:

Workstation Silicón Graphics Modelo O2 cuenta con 256 MB

RAM HD8.5GB Monitor 17UVGA

Pc Pentium3, 133 Mhz, 64 MB RAM HD,6.4 GB

Plotter HP750C

Impresora Laser 4m

Impresora 16000 Color

C Cálculo de volúmenes por tipo de material modelado

Resumen

Teniendo la necesidad de conocer aproximadamente el tonelaje que existe por cada tipo de material que se tiene dentro del pit de \$325 de Diciembre de 1999 para Cerro Quilish con el objetivo de completar adecuadamente (en proporción) las diferentes pruebas: metalúrgicas (óxidos, sulfuros, refractarios de botellas y columnas) , de densidad para materiales con y sin oro dentro del pit, caracterización de waste y otras.

El cálculo de tonelajes para Cerro Quilish se ha realizado utilizando el MINER; tomando como referencia el reporte de I. Douglas(Cerro Quilish December 1999 Model Update).

El presente reporte concluye una aproximación del 98% en lo que se refiere a tonelaje total dentro del cono rev_325.DIG que es con el que se ha realizado este trabajo y el reporte de I. Douglas .

Procedimiento y Cálculo

Inicialmente se ha creado un directorio de trabajo dentro del sistema unix (**cutjr**) en el cual se ha copiado todos los archivos con los que había que trabajar, éstos son los files en planta (.DIG) de alteración, de sulfuros, transicional, oro, el cono rev_325.DIG, el pit \$325 de Diciembre de 1999 y la topografía cada 8m.

Dentro del directorio de trabajo corremos el MINER y realizamos los cortes necesarios; para proceder con el cálculo de tonelajes de los shapes resultantes de los cortes antes mencionados; éste cálculo de tonelaje es referido a un factor de densidad 1.0 y realizado en MINER y cuyo resultado es mostrado en Ktons y el tonelaje real, se calcula en Excel aplicando los valores de densidad (D) para cada tipo de material a los tonelajes obtenidos por el MINER en ktons;

En la tabla 1 se muestran los valores de densidad usados para cada tipo de material tomados del reporte de densidad de E. Calderón de en Diciembre de 1999 (Cerro Quilish Density Summary) .

Tabla 1. Densidades (D) usadas para Cerro Quilish

ARG	COL	LIX	SM	AA
1.810	1.795	1.805	2.192	2.078

En las tablas 2 y 3 se muestran los resultados de estos cálculos en MINER dentro del cono rev_325.DIG de Dic'99.

Tabla 2. Materiales dentro del Cono de \$325 de Dic'99

KTons Cono\$325 136402.30

Type	Ktons (d=1)	Ktons (d=D)
ARG	8193.06	14829.44
COL	1533.69	2752.97
LIX	43631.66	78755.15
SM	40600.44	88996.16
AA	42443.46	88197.51
Tot X Mat	136402.30	273531.20
Au Total	71187.38	
SFS	3483.85	
TRAN	2630.37	

Tabla 3. Materiales dentro del Cono de \$325 y del Shape de Au 0.2g/t de Dic'99

KTons Au 71187.38

Type	Ktons (d=1)	Ktons (d=D)
ARG	377.93	684.05
COL	1320.07	2369.53
LIX	21318.27	38479.48
SM	25909.82	56794.33
AA	22261.29	46258.96
Tot X Mat	71187.38	144586.30
SFS	1854.62	
TRAN	2495.93	

En las tablas 3 y 4 se muestran los resultados de estos cálculos en MINER dentro del Pit de \$325 de Dic'99.

Tabla 3. Materiales dentro del Pit de \$325 Dic'99

KTons Pit \$325 107782.40

Type	Ktons (d=1)	Ktons (d=D)
ARG	5101.50	9233.72
COL	1162.23	2086.21
LIX	39313.65	70961.13
SM	32084.00	70328.13
AA	30121.01	62591.46
Tot X Mat	107782.40	215200.60
Au Total	60986.59	
SFS	3479.67	
TRAN	2414.44	

Tabla 4. Materiales dentro del Pit de \$325 Dic'99 y dentro del Shape de Au 0.2g/t

Type	Ktons (d=1)	Ktons(d=D)
ARG	421.24	762.45
COL	1067.04	1915.33
LIX	19730.69	35613.89
SM	20573.27	45096.60
AA	19194.35	39885.86
Tot X Mat	60986.59	123274.10
SFS	1692.16	
TRAN	2251.77	

Conclusiones

Tomando en cuenta que el tonelaje total calculado por I. Douglas en el reporte antes mencionado es de 277642.00 Ktons de material dentro del cono \$ 325 y en nuestros cálculos la suma de los tonelajes de los diferentes tipos de materiales llega a 273531.23 Ktons para el mismo cono; obteniéndose una diferencia de 4110.77 Ktons; además:

- Se tiene un acercamiento del 98% del tonelaje calculado por I. Douglas.

La diferencia puede radicar en el método con el cual Ian ha calculado los tonelajes; mientras Ian lo ha hecho por bloques a los que según la alteración del bloque le asigna su densidad correspondiente; nosotros hemos trabajado por áreas que provienen de los shapes de alteración en planta creados en el Geomodel.

- Con respecto a los porcentajes respectivos de cada material dentro del cono y del pit se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Materiales en % dentro del cono y pit

Type Material	CONO \$325		PIT \$ 325	
	Total	Au 0.2 g/t	Total	Au 0.2 g/t
ARG	5.4%	0.5%	4%	1%
COL	1.0%	1.6%	1%	2%
LIX	28.8%	26.6%	33%	29%
SM	32.5%	39.3%	33%	37%
AA	32.2%	32.0%	29%	32%
Total	100.0%	100.0%	100%	100%

- Con las proporciones mostradas en la tabla 5. Ahora se tiene una idea de la relación que guardan entre sí los diferentes tipos de material en Cerro Quilish dentro del cono y el pit de \$ 325 y así poder elegir mejor la cantidad de muestras a tomar por cada tipo de material.

- Se tiene ahora una mejor práctica en el uso del MINER para hacer cálculos y cortes de Shapes en general.

El tener una confiabilidad del 98% nos da una aproximación suficiente para trabajar otros proyectos y realizar el cálculo de la proporción en que se encuentran los diferentes materiales modelados.