

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



***GEOLOGIA DEL YACIMIENTO EPITERMAL DE ORO
DE SAN JOSE SUR – YANACOAHA
CAJAMARCA – PERU***

INFORME DE INGENIERIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEOLOGO

Por:

JORGE ALFREDO BARRERA FARFAN

Lima - Perú

1999

DEDICATORIA:

Con todo el amor del mundo
a mi amada esposa Luz María
a mis hijos Jorge y Luz
quienes son mis más
grandes tesoros.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a la COMPAÑÍA MINERA YANACOCCHA S. A. por haberme permitido presentar este trabajo de ingeniería titulado:

“GEOLOGIA DEL YACIMIENTO EPITERMAL DE ORO DE SAN JOSE SUR - YANACOCCHA - CAJAMARCA, PERU”

Asimismo, doy cuenta de mi especial agradecimiento al Gerente de Exploraciones de Minera Yanacocha S. A. Stan Myers, quien en todo momento me dió el apoyo y las facilidades necesarias para llevar a cabo esta obra. También expreso mi gratitud al Ing. Bruce Harvey, quien fue Gerente de Exploraciones de Newmont Sudamérica, a quien debo mi reconocimiento por sus invaluable enseñanzas y orientaciones en el trabajo geológico.

Dejo circunstancia de mi reconocimiento a Thomas Klein, David Abarca geólogos con quienes trabajé en este Proyecto, así como también a, Stephen Turner, Andrés Quiroz, Enrique Velarde, César Velasco, Héctor Patazca, Miguel Morera, Jaime Gómez y a todo el personal del Area de Geología de Exploraciones, quienes de algún modo han contribuido a la realización de este Trabajo de Ingeniería.

RESUMEN

El Distrito Aurífero de Yanacocha está ubicado, a 25 km en línea recta al NNE de la ciudad de Cajamarca, entre las cotas 3750 y 4200 m.s.n.m. Es un gran conjunto de sistemas tipo ácido-sulfato, desarrollado dentro de un vulcanismo calco-alcalino de composición andesítica a dacítica de edad Miocénica, perteneciente a la Formación Porculla dentro del Grupo Calipuy. Geológicamente está situado sobre un complejo domico de elongación NE-SW; los domos principalmente son de composición andesítica y han sido también afectados por intrusiones dacíticas en forma de plugs y diques (Stephen Turner).

El Depósito de oro de San José Sur está ubicado en el sector sur central del campo volcánico que encierra Yanacocha. Cubre en área aproximada de 1.5 Km² y tiene una elongación al NE-SW, según un sistema de estructuras que controlan la mineralización. El sistema fue inicialmente identificado por la geoquímica de rocas en malla superficial efectuado en años anteriores. Está asociado a un centro volcánico, caracterizado por, emplazamientos de rocas porfiríticas, rocas piroclásticas, las que han sufrido posterior alteración hidrotermal, típica de un sistema ácido-sulfato.

La mineralización está controlada principalmente por las ignimbritas y en alteración lo constituyen la sílice granular, vuggy silica (alta ley); sílice masiva fracturada y en menor grado cuarzo-alunita (moderada a baja ley). Este informe también recopila la información de trabajos efectuados anterior a marzo de 1994. Posterior a esta fecha me asignaron realizar trabajos geológicos en este Proyecto.

San José ha sido el tercer yacimiento en explotarse, posterior a Carachugo y Maqui Maqui.

PROYECTO SAN JOSE SUR

INDICE

I - GENERALIDADES

1.1	INTRODUCCION	1
1.2	OBJETIVOS	1
1.3	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	2
1.4	CLIMA Y VEGETACIÓN	5
1.5	ASPECTO GEOMORFOLÓGICO	5

II - ANTECEDENTES

2.1	EN EL DISTRITO MINERO DE YANACOCHA	6
	2.1.1 Periodo pre-hispánico y Colonial	6
	2.1.2 Exploración Moderna	6
2.2	EN SAN JOSÉ SUR PRE-1994	7
	2.2.1 Geoquímica pre-1994	7
	2.2.2 Mapeo	8
	2.2.3 Campaña DDH de 1991	8
	2.2.4 Campaña RCD de 1992	8

III - GEOLOGIA REGIONAL Y DISTRITAL

3.1	GEOLOGIA REGIONAL	10
3.2	SECUENCIA ESTRATIGRAFICA	13
	3.2.1 Basamento Cretácico	13

3.2.2	Volcánicos Llama	13
3.2.3	Volcánicos Porculla	14
3.2.4	Volcánicos Huambo	14
3.3	GEOLOGIA DISTRITAL	16

IV - GEOLOGIA LOCAL

4.1	CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO	18
4.2	LITOLOGIA	18
4.2.1	Rocas porfiríticas	18
4.2.2	Flujos piroclásticos	18
4.3	RASGOS ESTRUCTURALES	21
4.4	ALTERACIONES HIDROTERMALES	23
4.4.1	Sílice Granular	23
4.4.2	Sílice Vuggy	24
4.4.3	Sílice Masiva	24
4.4.4	Argílica Avanzada	25
4.4.5	Argílica	25
4.4.6	Propilítica	25
4.5	GEOQUIMICA	26
4.6	MINERALIZACION	28
4.7	PERFORACION DIAMANTINA	29
4.7.1	Campaña de Perforación Diamantina	29
4.7.2	Campaña Final de Perforación Diamantina	29
4.8	SECCIONES	32
4.9	MODELO GEOLÓGICO	36
4.10	EVOLUCION GEOLOGICA	39

V - METALURGIA

5.1	ANÁLISIS XRD Y XRF	40
5.2	PRUEBAS METALÚRGICAS	42
5.2.1	Lixiviación en Columna Pequeña	42
5.2.2	Lixiviación en Columna Grande	46

VI - CALCULO DE RECURSOS

6.1	DENSIDAD DE LA ROCA	48
6.2	CALCULO DE RECURSOS	52
6.2.1	Método Manual por Secciones	52
6.2.2	Metodología	53
6.2.3	Resultados	55

VII - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	CONCLUSIONES	56
7.2	RECOMENDACIONES	58
7.3	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Plano de ubicación del Distrito Minero de Yanacocha en el Perú.
- Figura 2 Mapa de ubicación de San José Sur.
- Figura 3 Mapa Geológico Regional.
- Figura 4 Secuencia Estratigráfica
- Figura 5 Mapa Geológico generalizado del Distrito de Yanacocha.
- Figura 6 Mapa de Geológico de San José Sur.
- Figura 7 Plano Geoquímico por oro.
- Figura 8 Mapa que muestra las curvas isovalóricas del producto de la Ley (ppm) por el Espesor (m).
- Figura 9 Sección Geológica Sur
- Figura 10 Sección Geológica Central
- Figura 11 Sección Geológica Norte
- Figura 12 Mapa con Modelo Geológico.
- Figura 13 Evolución Geológica de San José Sur.
- Figura 14 Método Manual por Secciones para Calculo de Recursos.

LISTA DE GRAFICOS

- Gráfico 1 Lixiviación en Columna Pequeña.
- Gráfico 2 Lixiviación en Columna Grande.
- Gráfico 3 Densidad en seco vs Número de Muestras.
- Gráfico 4 Ley de oro vs Densidad en seco.

LISTA DE FOTOS

- Foto 1 Vista panorámica de San José Sur (mirando al oeste).
- Foto 2 Roca piroclástica (ignimbrita).
- Foto 3 Roca piroclástica (sección delgada).
- Foto 4 Roca silíceo granular (leached cap).
- Foto 5 Roca piroclástica vuggy silica.
- Foto 6 Roca piroclástica vuggy silica (sección delgada).
- Foto 7 Roca piroclástica, masiva y silicificada (ignimbrita).
- Foto 8 Roca piroclástica, masiva y silicificada (sección delgada).
- Foto 9 Brecha hidrotermal silicificada.
- Foto 10 Brecha hidrotermal silicificada (sección delgada).
- Foto 11 Roca porfirítica vuggy silica.
- Foto 12 Roca porfirítica vuggy silica (sección delgada).
- Foto 13 Roca porfirítica con alteración sílice-alunita
- Foto 14 Roca porfirítica con alteración sílice-alunita (sección delgada).
- Foto 15 Roca porfirítica con alteración sílice-caolín.
- Foto 16 Roca porfirítica con alteración sílice-caolín (sección delgada).
- Foto 17 Roca porfirítica con alteración caolín-pirita (argílica).
- Foto 18 Roca porfirítica propilitizada (andesita).
- Foto 19 Roca porfirítica propilitizada (sección delgada).

I - GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Por el trabajo de campo y la bibliografía existente, resumo aquí las principales características que gobiernan la mineralización de oro en San José Sur; yacimiento epitermal tipo ácido-sulfato, asociado a eventos volcánicos.

Se pone en relieve los aspectos importantes del trabajo de Exploración, dando énfasis al trabajo sistemático y actualizado. La labor siguió las siguientes etapas:

Revisión de los resultados logrados en años anteriores.

Análisis y evaluación de datos de exploración de años anteriores.

Elaboración de planos en planta y de secciones transversales (E-W).

Determinación de los patrones geológicos que gobiernan la continuidad de la mineralización.

Variaciones en espesor y forma del yacimiento.

Construcción del modelo geológico.

Determinación de la ley promedio del mineral

Calculo de la densidad promedio.

Calculo de Recursos de mineral.

Estudios metalúrgicos preliminares,

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO

El propósito de este Informe es definir la geología y dar a conocer el trabajo de exploración desarrollado en San José Sur. Teniendo como principal objetivo conocer los parámetros que gobiernan la mineralización con la construcción del Modelo Geológico. También es necesario determinar los recursos de oro con que cuenta este Depósito.

1.3 UBICACION Y ACCESIBILIDAD

El Distrito Minero de Yanacocha está situado en el Norte del Perú, en el Departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito de La Encañada (Figura 1). A una distancia aproximada de 25 km en línea recta al norte de la ciudad y a unos 45 km, siguiendo la carretera a Hualgayoc (tomando un desvío hacia la derecha a la altura del kilómetro 33).

El Proyecto San José Sur se ubica en el sector sur central del Distrito de Yanacocha (Figura 2). Aproximadamente a 1.5 km al SW de la mina Carachugo con una elevación comprendida entre los 3975 y 4120 m.s.n.m.

Las coordenadas UTM son las siguientes:

774,900 E - 776,300 E

9'224,600 N - 9'225,700 N

Comprende un área cercana a : 1.5 Km²



Yanacocho Exploration

Mapa de Ubicación de San José en Yanacocho

- Mina o Reserva
- Proyecto de Alta prioridad
- Proyecto de Moderada prioridad
- District Exploration

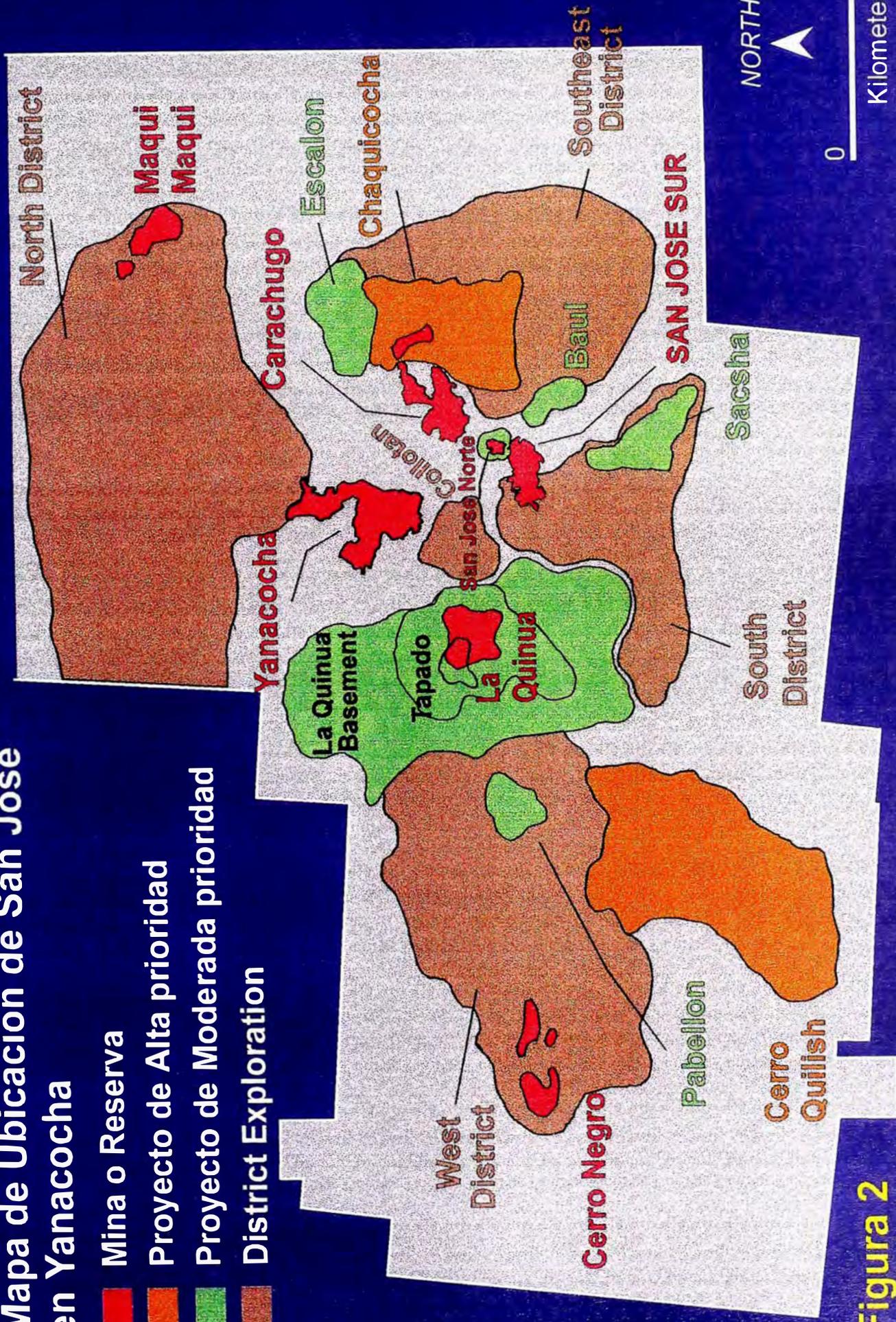


Figura 2

1.4 CLIMA Y VEGETACION

El clima es típico de la región puna, es frío, a semifrío, con atmósfera seca. Las lluvias son las precipitaciones más frecuentes, pocas veces granizo (y muy raras veces nieve), con despliegue de rayos, relámpagos y truenos. Estas precipitaciones principalmente ocurren entre los meses de Noviembre a Abril. Los vientos son fuertes y arremolinados.

Su suelo está cubierto de gramíneas muy variadas. Esta vegetación es reciente (cuaternaria) y dificulta la exploración, cubriendo posibles afloramientos, potencialmente ricos en oro. En estos casos la geología muy detallada se complementa excelentemente con la geofísica.

1.5 ASPECTO GEOMORFOLOGICO

La región de Yanacocha es una amplia puna con valles poco profundos en forma de U, debido a una reciente deglaciación (Pleistoceno) ocurrida en el Distrito. Aún pueden observarse superficies estriadas en algunos afloramientos silicificados y también depósitos morrénicos al pie de algunos cumbres como Maqui Maqui, San José Sur y Yanacocha .

En sectores las formas topográficas forman moderadas elevaciones ondulantes en las que se ubican las lagunas: Yanacocha, San José, Chaupicocha, Chaquicocha, Plateros, etc.

La morfología de las cumbres es subredondeado como por ejemplo los Cerros de San José Norte, San José Sur, Cerro Negro Este, Yanacocha SW, Quecher; en otros casos se tornan muy pronunciadas tales como Carachugo Este, Yanacocha Norte, Yanacocha Sur, Cerro Negro Oeste, Baúl, etc. En las laderas de los cerros es común encontrar abundante material coluvial.

Esta área es el límite norte de la glaciación ocurrida en los Andes, por lo cual su intensidad fue relativamente baja (M. Cardozo).

II - ANTECEDENTES

2.1 EN EL DISTRITO MINERO DE YANACOCHA

Aún existen trabajos arqueológicos pre-incas.

2.1.1 Período pre-hispánico y Colonial

Trabajos arqueológicos han descubierto labores mineras. Quizás el cinabrio, fue trabajado por la Cultura Cajamarca (100-700 AD) con la finalidad de colorear su cerámica.

A. Raimondi (1859) en su viaje a Hualgayoc mencionó en sus escritos, haber observado labores mineras en Cerro Carachugo con el objetivo de extraer oro; lo más probable es que trabajaban para extraer cinabrio.

2.1.2 Exploración Moderna

1968-70 La Nippon Mining Company explora cobre y perfora trece pozos diamantinos, en la quebrada Encajón. No existen datos.

1969-71 La BGS hizo reconocimiento regional de stream sediment en el norte peruano. Hallándose anomalías de Ag y Pb cerca de Yanacocha.

1981-83 CEDIMIN inicia la exploración con mapeo geológico, fotogeología, geoquímica, geofísica.

1983 Newmont visita por vez primera Yanacocha. Se forma el Joint Venture entre Buenaventura de Perú (BISA), Newmont Perú Limited de EEUU (NPL) y BRGM de Francia para explorar por plata.

1985 Newmont realiza un muestreo sistemático de afloramientos con malla de 50 m x 100 m. Halló anomalías de oro y plata en los Cerros Yanacocha N y S.

1986 Comienza el mapeo Distrital a una escala de 1:25000, llegando hasta Cerro Negro y Cerro Quilish. El muestreo geoquímico cubrió también Carachugo, San José y Maqui Maqui.

1988 Se perforan 5 taladros diamantinos en Carachugo; la geoquímica superficial de malla efectuada en Maqui Maqui tiene buenos resultados.

1992-93 Se constituye la Compañía Minera Yanacocha S.A. Durante estos años con el objetivos de definir la mineralización en Carachugo, se efectúa un intenso programa de perforación.

1993 En agosto empieza la producción del primer yacimiento Carachugo, con reservas aproximadas de 1.3 millones de onzas. Otra Campaña de perforación define el cuerpo mineralizado de Maqui Maqui.

1994 En octubre se inicia la producción del segundo yacimiento Maqui Maqui con reservas estimadas en 2.5 millones de onzas.

1995 En setiembre termina la Campaña exploratoria en San José Sur.

1996 En enero entra en producción el tercer yacimiento San José Sur. En febrero la Cía. Minera Yanacocha S.A. llega al millón de onzas de producción acumulados. Concluye la Campaña de exploraciones en Yanacocha Sur y Oeste.

1997 Finaliza la Campaña de exploraciones en Encajón. En noviembre entra en producción Yanacocha Sur.

1998 En mayo finaliza la etapa de Exploración del Proyecto La Quinoa.

2.2 ANTECEDENTES EN SAN JOSÉ SUR

El Proyecto San José Sur ha sido estudiado por geólogos nacionales (M. Cardozo, A. Quiroz, J Córdova, J. Merino) de Newmont Perú Limited.

2.2.1 Geoquímica pre-1994

La Campaña de Exploración de 1986 reportó los primeros valores anómalos geoquímicos de oro. La malla geoquímica fué de 50 m (N-S) y 20 m (E-O). Se recolectaron 105 muestras, que fueron analizadas por oro y plata. Con los siguientes resultados de oro:

30 muestras	>=	1.00 ppm de oro
32 muestras	>=	0.35 ppm
43 muestras	<	0.35 ppm “
Total :		105 muestras

Los contornos isovalóricos de estos resultados, muestran la existencia de dos posibles cuerpos, ubicados en el sector central y oeste del sistema .

2.2.2 Mapeo.-

En el año 1985 CEDIMIN hizo un mapeo regional del Distrito de Yanacocha a escala 1/25000.

En 1990 se realizó un mapeo de alteración de San José (por J. Merino y J. Córdova) a escala 1/2000 y en 1992 A. Quiroz le dió un sentido interpretativo.

Los mapeos geológicos identificaron estructuras NE-SW y NW-SE. Se encontraron zonas mineralizadas relacionadas a cuerpos de brechas silicificadas masiva, con abundante alunita cristalizada relleno de fracturas; una segunda etapa asociada a un gran fracturamiento con impregnaciones de limonitas y con rumbo preferencial N50°-60°E y una tercera la más importante relacionada a un derrame ignimbrítico (A. Quiroz, 1992).

2.2.3 Campaña de Perforación Diamantina (DDH) de 1991.-

Primera Campaña que comprendió tres (3) taladros. Ubicados sobre la anomalía geoquímica superficial oeste del prospecto. La dirección de perforación E-O fué la apropiada, debido a que corta estructuras con orientaciones NW-SE y NE-SW, así como también cuerpos de brecha. Finalmente con la inclinación -45°E podremos obtener una mayor información geológica en sentido horizontal y vertical. Los taladros fueron menores a los 95 metros y se obtuvieron los siguientes resultados:

SJS-6 (94.7 m)	72 m/ 0.86 ppm Au/ 0-72 m
SJS-7 (70.0 m)	70 m/1.16 ppm Au/0-70 m

Estos resultados indicaban la existencia de un potencial favorable.

2.2.4 Campaña de Perforación por Aire Reverso (RCD) de 1992.-

Segunda Campaña de exploración que consistió en perforar cinco taladros por aire reverso. Tres taladros fueron ubicados en la anomalía del sector Oeste y los dos restantes en el sector Central.

Este método de perforación es muy rápido y mas barato, sin embargo, la información geológica debe ser trabajada cuidadosamente. Algunos resultados fueron los siguientes:

SJS-18 (100.0 m) 44 m/ 2.17 ppm Au/ 0-44 m
22 m/ 0.79 ppm Au/ 72-94 m

SJS-32 (114.0 m) 4 m / 0.75 ppm Au/ 0-4 m
62 m/ 1.23 ppm Au/ 52-114.0 m

Se confirmó la mineralización en la anomalía del Oeste y se definió la existencia de un segundo cuerpo de oro en el Centro del sistema.

Para el siguiente año (1993) la Campaña de Exploración se concentró en los Proyectos de Carachugo y Maqui Maqui. Posteriormente en setiembre de 1994, se reiniciaron los trabajos exploratorios en San José Sur.

III - GEOLOGIA REGIONAL Y DISTRITAL

3.1 GEOLOGIA REGIONAL

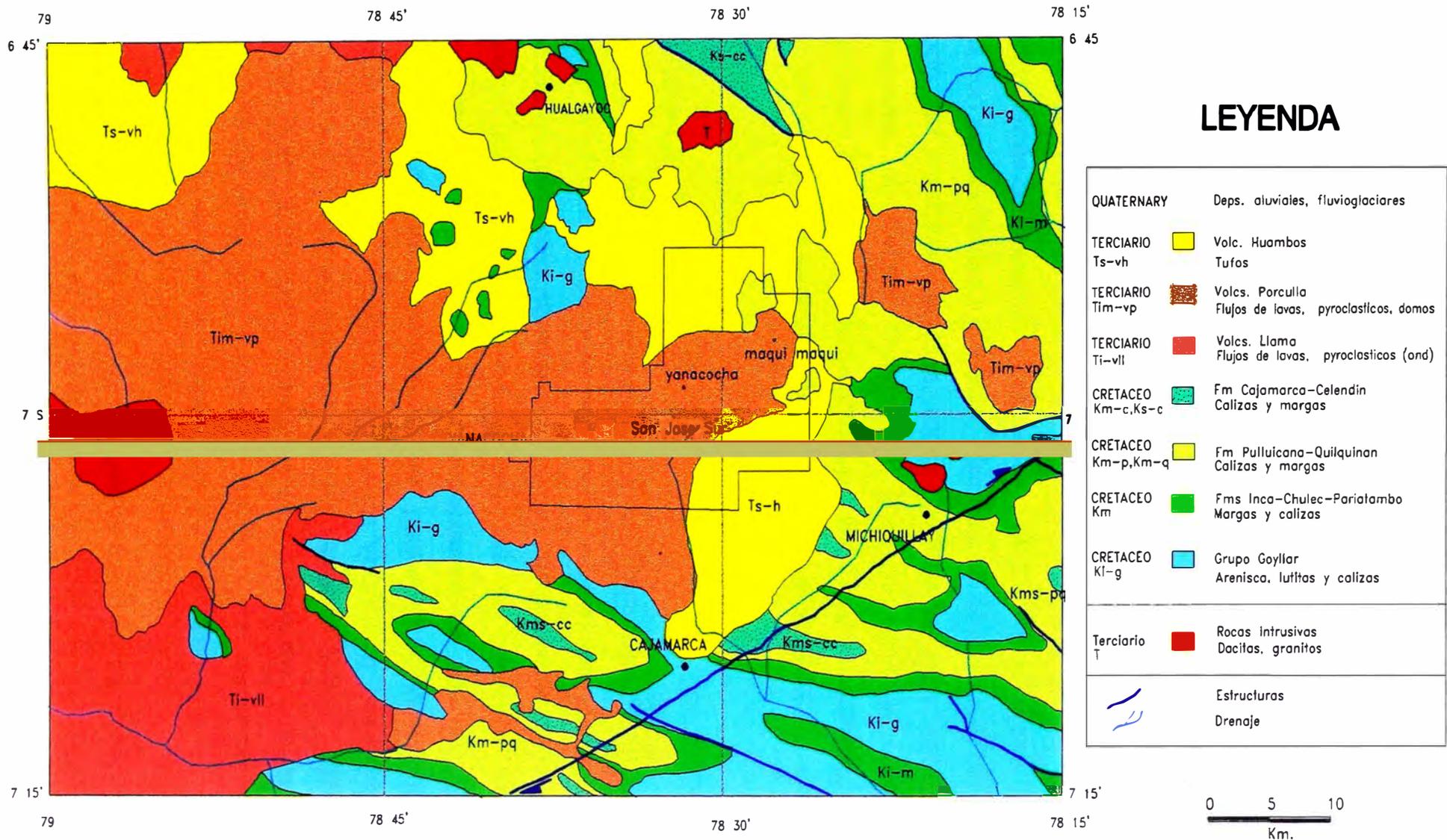
El Distrito Minero de Yanacocha es parte de un numeroso grupo de yacimientos ubicados a lo largo de la Cordillera de los Andes que se extienden subparalelamente a la costa sudamericana y su origen se relaciona a la subducción de la Placa de Nazca debajo de la Placa Sudamericana. Yanacocha está situado en el sector septentrional de la Cordillera Occidental y al sur de varias secuencias volcánicas terciarias que llegan hasta el Ecuador. Según Soler et al. (1986), las provincias metalogenéticas subparalelas a la costa peruana pueden dividirse en cuatro segmentos principales, por tal motivo Yanacocha está situado dentro del denominado Segmento Norte que alberga gran cantidad de yacimientos tales como, Tambogrande (sulfuros masivos); Cerro Corona, La Granja, Michiquillay, Cañariaco, etc. (pórfidos de cobre) y también Tantahuatay, Yanacocha, Sipán y otros. Las secuencias volcánicas terciarias conforman en conjunto el Grupo Calipuy (Wilson, 1985 a), al cual se divide en los Volcánicos Llama, Formación Porculla y Formación Huambo que descansan discordantemente sobre el Basamento Cretácico, que consiste de rocas sedimentarias intensamente plegadas y falladas. La Formación Porculla alberga al Distrito Minero de Yanacocha relacionados a la alteración hidrotermal tipo ácido-sulfato.

En el norte de nuestro país, existen algunas estructuras con dirección NW-SE, (relativamente lejanas de Yanacocha). La falla de la Cordillera Blanca es la más activa en donde el plano de falla buza hacia el oeste y tuvo mucho movimiento durante el pleistoceno y holoceno. Existen otras fallas menores como la falla de Quiches, la falla de Chaquilbamba y la falla de Moyobamba-Rioja de (J. Macharé y L. Rodríguez, 1991). Sin embargo, se observan otras estructuras transversales al arco, con movimiento dextral y con dirección NE-SW (Cobbing et al, 1981). Este trend estructural es

paralelo a la deflexión de Huancabamba y es reflejado como un corredor (al Norte de la ciudad de Cajamarca), a lo largo del cual se formó el Distrito de Yanacocha. A. Quiroz (1997) sustenta también la existencia de estructuras geológicas que se alinean con dirección NE-SW, transversales a la dirección Andina, denominándolo “Corredor Estructural Chicama-Yanacocha”; controlando fenómenos estructurales, magmáticos e hidrotermales y situándose dentro de este corredor un gran número de yacimientos metálicos. (Figura 3).

MAPA GEOLOGICO REGIONAL

Figura 3



LEYENDA

QUATERNARY	Depos. aluviales, fluvio-glaciares
TERCIARIO	Volc. Huambos
Ts-vh	Tufos
TERCIARIO	Volcs. Porculla
Tim-vp	Flujos de lavas, pyroclasticos, domos
TERCIARIO	Volcs. Llama
Ti-vll	Flujos de lavas, pyroclasticos (ond)
CRETACEO	Fm Cajamarca-Celendin
Km-c, Ks-c	Calizas y margas
CRETACEO	Fm Pulluicana-Quilquinan
Km-p, Km-q	Calizas y margas
CRETACEO	Fms Inca-Chulec-Pariatambo
Km	Margas y calizas
CRETACEO	Grupo Goyllar
Ki-g	Arenisca, lutitas y calizas
TERCIARIO	Rocas Intrusivas
T	Dacitas, granitos
	Estructuras
	Drenaje

Modificado del Servicio Nacional de Minería y Geología del Perú y el Instituto de Ciencias Geológicas, Londres y la Universidad de Liverpool (1973).

3.2 SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

La secuencia estratigráfica, ha sido subdividida en:

- Basamento Cretácico
- Volcánicos Llama
- Volcánicos Porculla
- Volcánicos Huambo

3.2.1 Basamento Cretácico

De edad Jurásico-Cretácico (Benavides, 1956). Predominan las calizas con algo de lutitas y limolitas. También se observan cuarcitas a modo de xenolitos en las rocas porfiríticas, que parecen corresponder al Grupo Gollar del Cretáceo Inferior. Están intensamente plegadas y falladas (Wilson, 1985). Son cortadas por intrusiones volcánicas terciarias (Rivera 1980; Wilson 1985).

3.2.2 Volcánicos Llama:

Descansan discordantemente sobre rocas del Basamento Cretácico (Cobbing et al, 1981). Comprenden varias secuencias volcánicas, originadas en diferentes centros volcánicos, agrupados todos como Volcánicos Llama. En algunos taludes de la carretera entre Cajamarca y Yanacocha se observan depósitos de avalancha de andesitas y sedimentos volcanoclásticos pseudoestratificados, con alteración propilítica y argílica, denominados Volcánicos Tembladera (L. Reyes, 1980) y son equivalentes a la Fm Llama (J. Wilson, 1984). Según Noble et al, (1980), la Formación Llama consiste de flujos de cenizas tufáceas félsicas e intrusiones dacíticas con bandeamiento de flujo. Han sido datadas por Noble et al., para el Paleoceno.

Representa una fase de vulcanismo continental cuyo foco principal estuvo situado en la parte occidental de la región.

3.2.3 Volcánicos Porculla:

Suprayace en discordancia angular al basamento metamórfico Precámbrico, Paleozoico y a los Volcánicos Llama. Consiste de una potente secuencia de volcánicos dacíticos a andesíticos en donde las rocas piroclásticas predominan sobre los flujos dómicos. El tope está erosionado ó cubierto por piroclásticos del Volcánico Huambo. Conjuntamente con los sills, stocks y diques, están relacionados con una fase extensa de mineralización.

Esta unidad alberga una secuencia volcánica denominada por S. Turner (1997), como " Yanacocha Volcanic Complex" (YVC), del Mioceno Medio en donde se produjeron eventos de alteración hidrotermal y mineralización.

Otra unidad post YVC son los Volcánicos Regalado con débil alteración hidrotermal y sin mineralización. Corresponden a lavas andesíticas y rocas piroclásticas.

3.2.4 Volcánicos Huambo:

Según L. Reyes (1980) y J. Wilson (1985) la Formación Huambo consiste de tufos ignimbríticos que rellenan valles de edad Mio-Pliocénica. Según S. Turner (1997) al menos consta de dos centros eruptivos al Norte el Miembro Los Fraylones (dacítico) y al Sur Miembro Otuzco (andesítico). Su morfología topográfica es muy característica, forma llanuras delimitadas por farallones ó escarpas donde se aprecia la pseudo-estratificación.

El Volcánico Huambo se desarrolló en una etapa posterior a los comienzos del levantamiento andino; posiblemente se inició en el Mioceno tardío ó Plioceno.

En la Figura 4, Stephen Turner (1997) efectuó una comparación de la secuencia estratigráfica de Yanacocha con las Hojas Geológicas de los Boletines de Chota y Cajamarca.

COMPARACION DE LA ESTRATIGRAFIA DE YANACocha CON LA GEOLOGIA PUBLICADA DE CAJAMARCA

	DISTRITO DE YANACocha	HOJA DE CAJAMARCA	HOJA DE ChOTA	HOJA DE SAN MARCOS	HOJA DE CELENDIN
GRUPO CALIPUY FORMACION PORCULLA	Formacion Huambos	Formacion Huambos	Formacion Huambos	Form. Cajabamba	Formacion Huambos
	Volcanicos Regalado	Volcanicos San Pablo	Volcanicos Porculla		Volcanicos San Pablo
	Complejo Yanacocha	Volcanicos Chilete		Volcanicos Regalado	
	Volcanicos Llama	Volcanicos Tembladera	Volcanicos Llama		
	Basamento Cretacico	Formacion Cajamarca	Formacion Chota	Formacion Chota	Formacion Chota

Figura 4

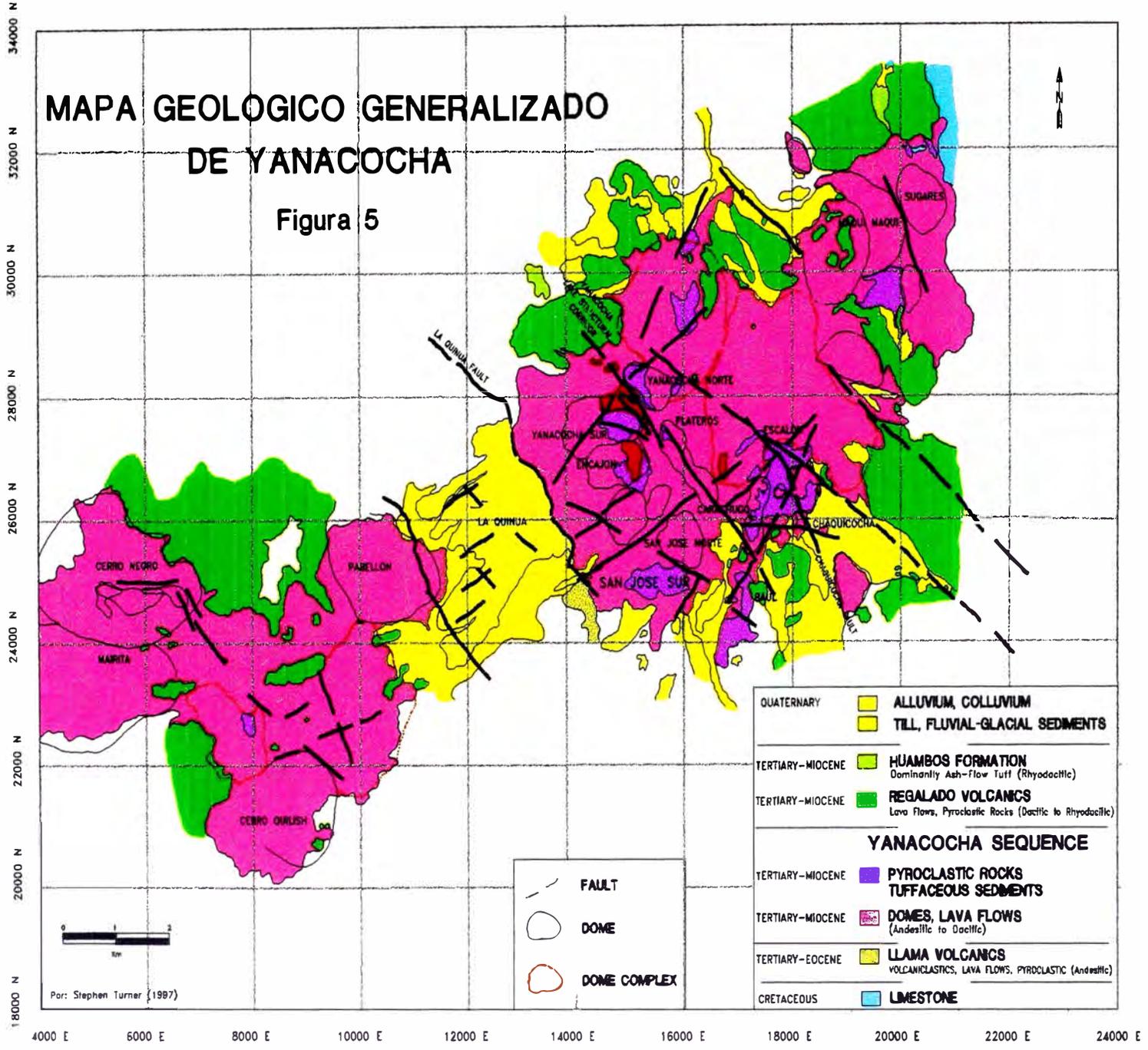
3.3 GEOLOGIA DISTRITAL

El Distrito Yanacocha está compuesto de varios sistemas ácido-sulfato, desarrollados en el Mioceno Medio a Superior (según dataciones efectuadas por S. Turner entre 12 a 10.9 Ma); el vulcanismo se caracteriza por presentar rocas piroclásticas, rocas porfíricas (flujos de lava y/o domos) de composición intermedia a ácida (andesita, dacita y riodacita), plugs, diques, y diatremas. La mineralización está asociada a rocas porfíricas, no obstante las rocas piroclásticas (como las ignimbritas), muchas veces intensamente silicificadas (ej. Yanacocha Sur) y lixiviadas (ej. San José Sur), albergan las leyes más altas.

El Distrito tiene forma elongada de rumbo N65°E con 17 kilómetros de longitud y 6 kilómetros de ancho, los límites son definidos por la alteración de la roca expuesta.

En Yanacocha existen dos patrones estructurales bien definidos, el primero NW-SE y un segundo sistema NE-SW, relacionados directamente al ascenso de fluidos hidrotermales con la consecuente alteración hidrotermal (11.5 a 10.9 Ma) y posterior deposición de oro.

Cada yacimiento tiene un sistema propio de origen con un zonamiento típico de alteración desde silicificación, argílica avanzada (cuarzo-alunita-caolín-pirofilita) argílica (arcillas) y una débil alteración clorítica. El brechamiento, fracturamiento y contenidos variables de óxidos de hierro son comúnmente notadas y generalmente son guías y controles locales de mineralización. (Figura 5).



IV - GEOLOGIA LOCAL

4.1 CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO

San José Sur (Foto 1) está ubicado en el sector sur central de Yanacocha, cubre un área aproximada de 1.4 km en dirección E-W x 1.1 km en dirección N-S, con una elongación hacia el NE-SW. Es un Depósito epitermal diseminado de oro, tipo ácido-sulfato, desarrollado dentro de secuencias de origen volcánico, afectadas por procesos endógenos que han alterado y mineralizado estas rocas. (Figura 6).

4.2 LITOLOGIA.- Hemos reconocido dos tipos de rocas de origen volcánico. Las rocas porfiríticas que se interpretan como secuencias subhorizontales relacionadas a flujos de lava que cubrieron las rocas preexistentes y los flujos piroclásticos (ignimbritas) que afloran en la parte central del sistema. Figura 6.

4.2.1 Rocas porfiríticas (Foto 18)

Flujos de lava andesíticos que representan la base del sistema. Han sufrido moderada a leve alteración hidrotermal por efecto del emplazamiento de intrusivos. Cuando la roca es fresca a débilmente alterada, presenta coloración gris verdosa; la matriz, contiene fenocristales de plagioclasas (albita), cuarzo, cloritas sericitas y moldes de anfíboles alterados por carbonatos. Asimismo, con estudios petrológicos se observan inclusiones de minerales opacos diseminados (piritas, magnetitas).

Esta roca aflora en la periferie del sistema, donde las rocas piroclásticas han sido erosionadas.

4.2.1 Flujos piroclásticos (Ignimbritas) (Fotos 2 y 3)

Las ignimbritas afloran en todo el yacimiento, siendo mayor su

espesor en el sector central y prolongándose al Nor-Este. Disminuyen progresivamente su extensión lateral y vertical hacia la periferie del sistema.

Las ignimbritas son depósitos piroclásticos ricos en pómez y vidrios, emplazados en alta temperatura sobre la superficie topográfica. Están compuestos de cenizas, cristales (rotos durante la erupción y transporte) y fragmentos líticos en proporciones variables.

Durante el período de enfriamiento puede ocurrir *compactación* (welding), *recristalización* (vapour-phase crystallisation) y *alteración* (devitrification). *La compactación* ocasiona deformación plástica y soldamiento en los vidrios y pómez; por la presión confinante, temperatura, viscosidad y contenido de gas del flujo. Esta compactación origina la *textura eutaxítica* (bandas ó fiammes alargadas que originalmente fueron eyectadas como una porción individual de magma, diferente a la matriz). *La recristalización*, se origina por la percolación de los gases calientes a través de las ignimbritas durante el enfriamiento. Quizás las principales fuentes de gases son la difusión de partículas vítreas juveniles y agua subterránea muy caliente. Los minerales originados son la tridimita, cristobalita, los cuales rellenan las cavidades reduciendo la porosidad, pudiendo originar rocas competentes. *La alteración* (devitrification), involucra la cristalización sub-sólida de vidrio metaestable. Los principales minerales son la cristobalita y feldespatos alcalinos. La devitrificación tiende prevalecer en tufos densamente soldados (R. V. Fisher y Schmincke 1984).

Para el caso de San José Sur hemos podido diferenciar dos unidades dentro de un mismo flujo piroclástico, no obstante, no se descarta la existencia de otras unidades que no han sido reconocidas por la gran alteración hidrotermal que oblitera toda evidencia.

Al Nor–Este aflora localmente una unidad de ignimbrita propilitizada que cubrió toda la superficie del sistema (actualmente erosionada) y descansa subhorizontalmente sobre otra unidad que ha sido afectada por la alteración hidrotermal.

a) La ignimbrita alterada aflora en la parte central del yacimiento e infrayace a la primera unidad piroclástica en el sector Nor-Este. La composición mineralógica inicial ha variado producto de la intensa lixiviación hidrotermal que generó una zona silíceo lixiviada de aspecto granular con predominio de granos gruesos de cristobalita y tridimita. A pesar de la intensa alteración, aún es evidente observar la textura eutaxítica con fragmentos silíceos pre-existentes.

En el contacto superior existe una capa muy delgada (algunos centímetros) de un vitrófido que señala el límite entre éstas dos unidades piroclásticas. Este vitrófido actuó como un sello que impidió el ascenso de los fluidos hidrotermales con oro, permitiendo la deposición de oro en la ignimbrita infrayacente.

b) La ignimbrita propilitizada, aflora solamente en el sector NorEste del yacimiento, también presenta textura eutaxítica con fragmentos líticos silicificados dispuestos caóticamente en la matriz. Se observan fenocristales de plagioclasas y la matriz contiene vidrios, cloritas, carbonatos, biotitas, hornblendas, minerales opacos, etc. La potencia vertical desde superficie hasta su máximo espesor llega hasta los 40-50 m de profundidad. En la base de este cuerpo rocoso se observa un cambio gradual de alteración argílica.

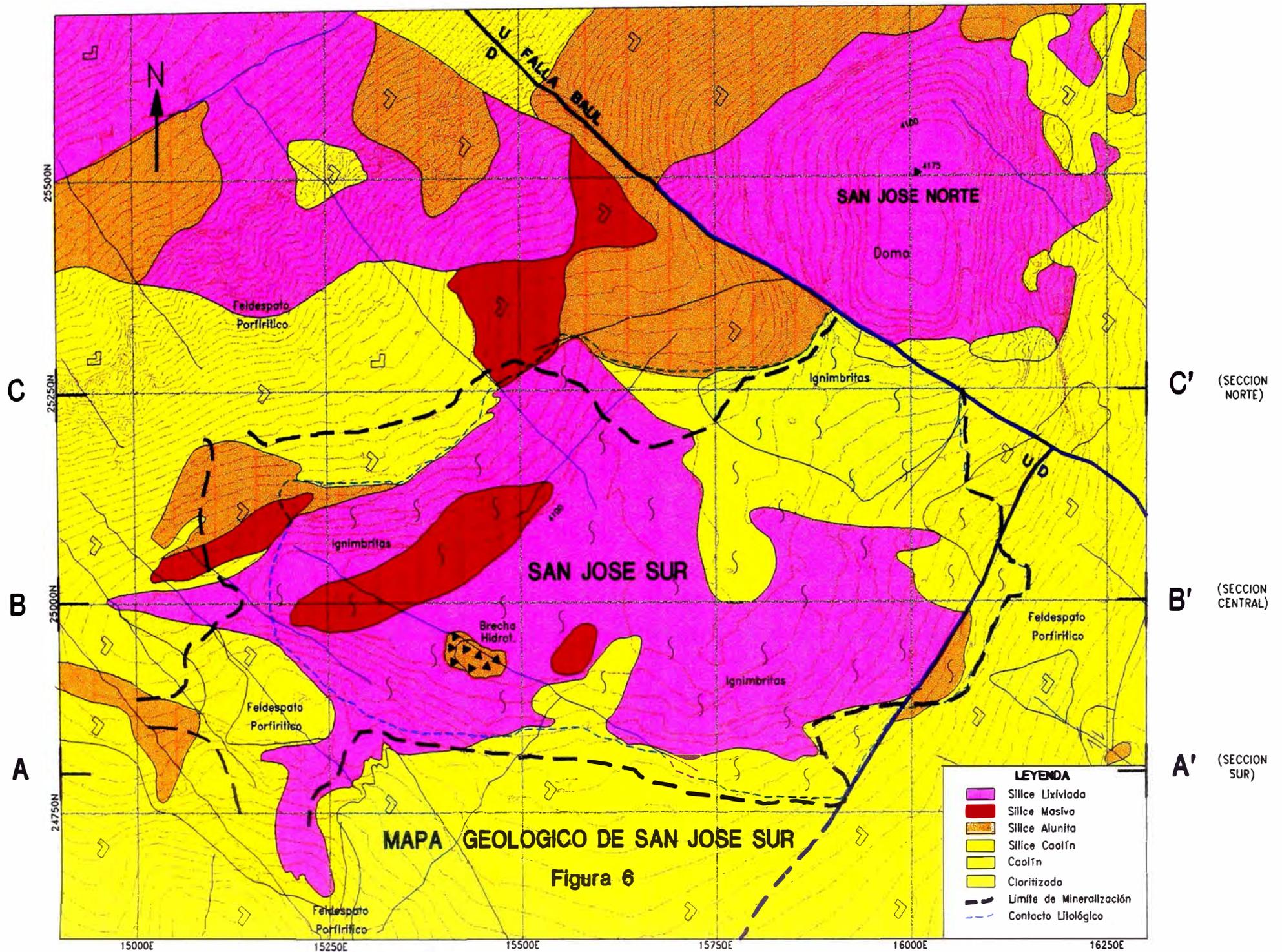
Otro aspecto importante es la presencia en el tope del sistema, de rocas con granulometría muy fina y con laminaciones muy finas y paralelas que corresponden a ambientes lacustrinos, denotando ambientes de deposición en aguas muy tranquilas.

4.3 RASGOS ESTRUCTURALES

Es necesario comprender los rasgos estructurales y su implicancia en el emplazamiento de los flujos piroclásticos, rocas porfíricas, alteración y mineralización. Las principales estructuras son fracturas y fallas que fueron reconocidas en el trabajo de campo y posteriormente fueron comparadas con los lineamientos obtenidos del estudio de Fotos Aéreas de San José.

Existen dos juegos de estructuras bien definidas, el primer sistema es NW-SE, cubre gran parte del yacimiento con estructuras casi paralelas. La Falla Baúl (rumbo $N60^{\circ}W$ y buzamiento $65^{\circ}SW$), normal, es la más representativa de esta dirección. El segundo sistema es NE-SW y controla la elongación de los cuerpos mineralizados (Figura 6). Es importante recalcar que ambos sistemas han sufrido procesos de reactivación:

- a) Fracturamiento paralelo NW-SE, asociado al lineamiento de la Cordillera de los Andes.
- b) Sistema estructural NE-SW, relacionado al trend estructural Chicama-Yanacocha (A. Quiroz, 1997). Los eventos de alteración hidrotermal y posterior mineralización están alineados según esta dirección.
- c) Reactivación de la Falla Baúl (NW-SE), permitiendo el emplazamiento del domo de San José Norte.
- d) Estructuras NNE-SSW, en el sector Este del sistema, en donde los cuerpos interdigitados de mineralización han sufrido fallamiento de tipo inverso.



Modificado de T.K./ J.B./B.H. (1997)

4.4 ALTERACIONES HIDROTERMALES

En San José Sur se observa un zoneamiento de alteración hidrotermal típico de los de yacimientos de alta sulfuración (Figura 6). En la zona central predomina la sílice granular (sílice residual), luego lateralmente la vuggy silica y sílice masiva; ésta alteración gradúa hacia afuera a cuarzo-alunita, cuarzo-alunita-caolín y cuarzo caolín. Los ensambles periféricos comprenden alteraciones argílicas (clay-pirita), propilíticos, y finalmente roca andesítica fresca.

Pueden ocurrir algunas interrupciones en este zonamiento, debido a controles estructurales que permiten el ascenso de fluidos hidrotermales ácidos y ocasionan alteraciones tardías y locales que se superponen a las originales. A continuación se describen las alteraciones:

4.4.1 Sílice Granular

Llamada también sílice residual (leached cap). Aflora en la parte central y superior del yacimiento. El sistema hidrotermal ha alterado intensamente a la roca original, sin embargo, aún es posible observar texturas piroclásticas (textura eutaxítica y fragmentos líticos silicificados). Predomina la sílice blanca a veces débilmente grisácea de aspecto granular, porosa (muy deleznable) y con leve presencia de LIMs. (Foto 4)

Esta alteración es producto de la condensación de los fluidos hidrotermales, especialmente el H₂S, al mezclarse con las aguas subterráneas. Encima de la paleotabla de agua se forman soluciones muy ácidas (pH<2) y de baja temperatura que convierten la roca en deleznable de muy baja densidad, aspecto granular y donde predomina la cristobalita. La textura original de la roca es parcial ó totalmente borrada (Sillitoe, 1996).

4.4.2 Sílice Vuggy

En contacto gradacional hacia afuera y en profundidad la roca presenta numerosas cavidades ó huecos, producto de la lixiviación de los fenos de la roca original; la matriz consta de cuarzo blanquecino de grano fino a medio y moderadamente compacto.

Esta alteración en San José Sur se presenta en las rocas piroclásticas (Fotos 5 y 6) y en las rocas porfiríticas (Fotos 11 y 12).

Según Sillitoe (1996) la vuggy silica se forma dentro de la paleotabla de agua en un ambiente de alta acidez ($\text{pH} < 2$), como producto de la condensación de los gases magmáticos (en especial del SO_2), durante el descenso de la temperatura en rocas saturadas con agua.

4.4.3 Sílice Masiva

Rocas compactas criptocristalinas, intensamente silicificadas que frecuentemente impiden apreciar la textura original de la roca. Es de color blanco humo a gris claro, mostrando en raras ocasiones, pequeñas playas con tonalidades grises por presencia de sulfuros remanentes. Esta alteración generalmente se encuentra debajo de la sílice granular. (Fotos 7 y 8).

Por los múltiples explosiones hidrotermales la secuencia masiva silicificada es intensamente fracturada; ésta se interpreta como una zona de hidrofracturamiento y está asociada al desarrollo de brechas hidrotermales. (Fotos 9 y 10).

Según R. Sillitoe (1996) ésta alteración se forma generalmente en las ignimbritas, debido a que constituyen con el tiempo en verdaderos acuíferos de agua meteórica. A causa de la mezcla de los fluidos hidrotermales que ascienden (bajo pH) con las aguas meteóricas de baja temperatura y menor acidez, se produce la deposición de sílice masiva.

La sílice calcedónica aparece rellenando pequeñas fracturas en forma de venillas (tipo stock work). Corresponde a sílice criptocristalina muy fina depositada a baja temperatura y tardíamente.

4.4.4 Alteración Argílica Avanzada (cz-aln, cz-aln-caol, cz-caol)

Se presenta generalmente rodeando lateralmente y en profundidad a las alteraciones mencionadas. La matriz es silíceo y los fenos están alterados a alunita, (pH de la solución 2-3) y/o caolín (pH de la solución 3-4); la textura varía entre porfirítica a porfirítica remanente. (Fotos 13, 14, 15 y 16).

El zonamiento típico de los sistemas epitermales es formado en respuesta a la progresiva neutralización y enfriamiento de los fluidos magmáticos ácidos por reacción con la roca caja (Steven & Rate, 1960; Stoffregen, 1987) y por mezcla de los fluidos hidrotermales con aguas de pH neutral.

4.4.5 Alteración Argílica (caolín, caolín-pirita)

Muy característico encontrarlos en los bordes externos de los sistemas de ácido-sulfato. La matriz consta de arcillas (caolín, dickita y montmorillonita), es de color gris plomiza por efecto de contener sulfuros de grano muy fino. La textura es porfirítica con los fenos alterados al caolín. Forma con un pH de alrededor de 4. (Foto 17).

4.4.6 Alteración Propilítica

Esta alteración es un indicativo de que estamos alejados del sistema central. El feldespato porfirítico presenta moderada cloritización y posee pirita granular diseminada en la matriz. Es una roca verde grisácea y con textura porfirítica. Las plagioclasas están incipientemente alterándose a arcillas, los minerales máficos aún conservan su forma original ó están alterados a cloritas, carbonatos (Fotos 18 y 19).

Los constituyentes minerales de la roca fresca tales como plagioclasas, biotitas, hornblenda, etc. indican de que estamos en la periferie del sistema hidrotermal en donde ocurrió una muy débil alteración.

4.5 GEOQUIMICA

El objetivo de la prospección geoquímica es aplicar los principios que gobiernan la distribución y migración de elementos en el ambiente natural con la finalidad de encontrar depósitos minerales. La malla geoquímica (50 m x 25 m) realizada en años anteriores, se complementó en sectores adyacentes. El total de resultados fueron:

20 muestras	>=	1.00 ppm de oro		
24 muestras	> =	0.35 ppm	"	"
119 muestras	<	0.35 ppm	"	"
Total :		163 muestras		

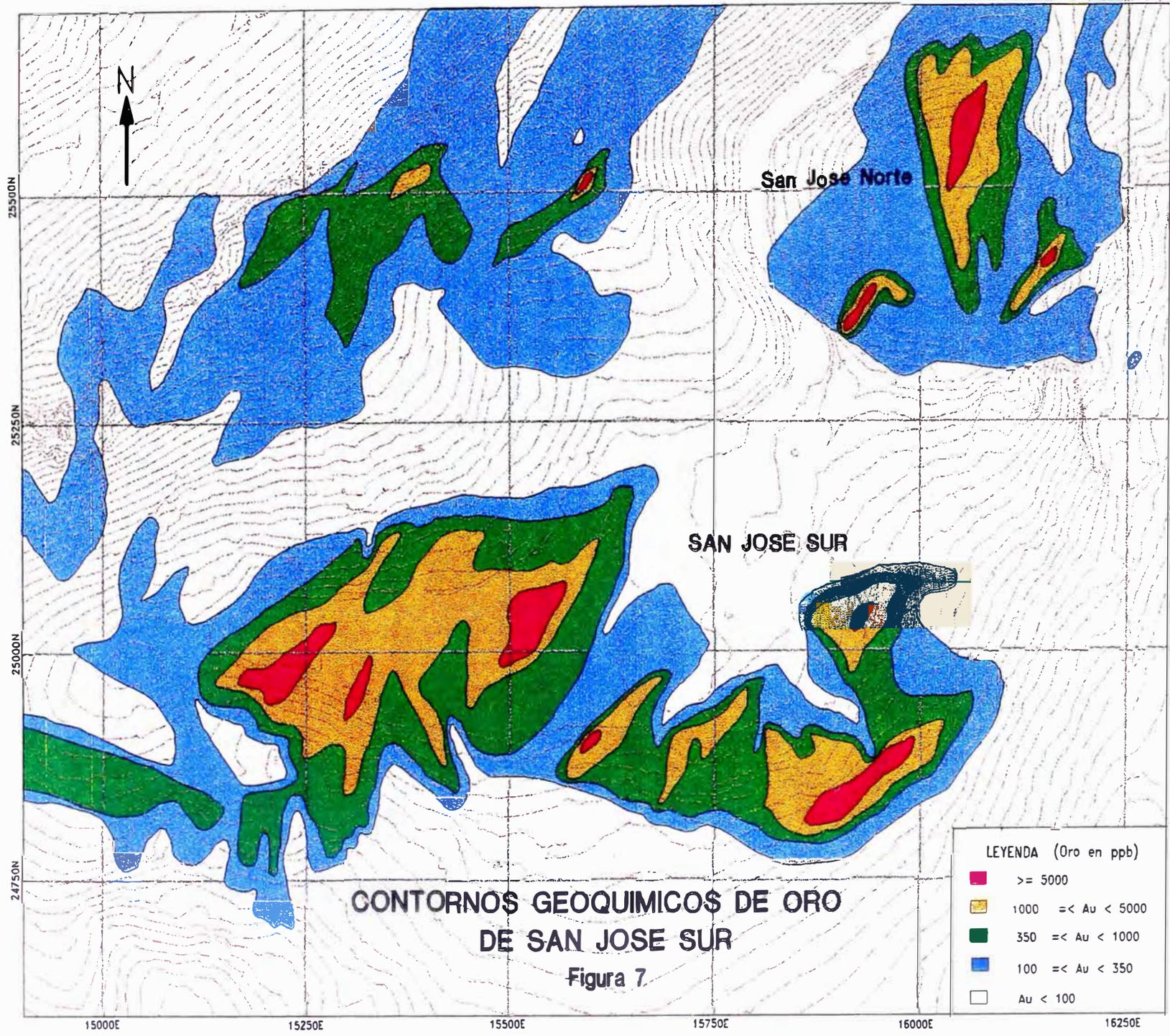
Las curvas isovalóricas por oro muestran (Figura 7):

Dos curvas cerradas que encierran altos valores de oro.

Las leyes decrecen hacia la periferie hasta tomarse estériles.

En conjunto existe una marcada elongación preferencial NE-SW y otra secundaria NW-SE.

En el sector NE del yacimiento, existe un área superficial completamente estéril, que correlaciona muy bien con la roca piroclástica fresca que aflora. Sin embargo, a una profundidad de 40-50 m aproximadamente, con altos valores de oro. Es decir, la geoquímica superficial es una herramienta importante para la exploración geológica, pero debe ser trabajada cuidadosamente.



CONTORNOS GEOQUIMICOS DE ORO
DE SAN JOSE SUR
Figura 7.

LEYENDA (Oro en ppb)

■	≥ 5000
■	$1000 \leq Au < 5000$
■	$350 \leq Au < 1000$
■	$100 \leq Au < 350$
■	$Au < 100$

4.6 MINERALIZACION

En base a su importancia se ha dado el siguiente orden:

Metálicos

Principales	oro, plata,
Secundarios	pirita, covelita (muy rara).

No Metálicos

Principales	cuarzo, alunita, caolín.
Secundarios	calcedonia, cristobalita, smectita, montmorillonita, biotita, cloritas, plagioclasas.
Accesorios	hematita, limonitas, jarosita, baritina, azufre, cinabrio, rutilo (1%) y sericita (3%)

El cuarzo es el principal mineral que contiene el oro; la presencia de los óxidos no tiene relación directa con el aumento o disminución de oro a diferencia de otros Depósitos de Yanacocha. En la alteración cuarzo-alunita (a veces impregnaciones de jarosita pulverulenta), las leyes varían desde moderadas (<1 ppm) hasta convertirse en estériles y en el ensamble cuarzo-caolín (caolín, dickita, montmorillonita) los valores de oro son generalmente son estériles.

4.7 PERFORACION DIAMANTINA

4.7.1 Campaña de Perforación Diamantina

Tercera Campaña de perforación y más agresiva en comparación a años anteriores. Se programaron 28 taladros diamantinos con los siguientes objetivos:

- Confirmar zonas mineralizadas conocidas.
- Extender lateralmente el Depósito.
- Comprender los patrones geológicos que controlan la mineralización.

Fue necesario continuar la fase exploratoria en este yacimiento, debido a que se encontró potencial adicional.

4.7.2 Campaña Final de Perforación Diamantina

La Campaña Final Exploratoria, tuvo los siguientes objetivos:

- Confirmar la mineralización en áreas conocidas (zona central).
Identificar nuevas zonas mineralizadas en los alrededores.
- Definir el sistema en superficie y profundidad.
- Determinar patrones geológicos que estén relacionados con la mineralización.
- Completar los estudios de densidad promedio.
- Concretar la alta confiabilidad de los recursos.
Completar los análisis por XRD/XRF.
- Determinar la recuperación de oro contenido en los diferentes tipos de rocas y alteraciones por métodos metalúrgicos.
Comprender estudios en bottle rolls y columnas pequeñas y columna grande.
- Completar los estudios de caracterización de waste.
- Pasar a Geología de Mina este yacimiento con el objetivo de definir sus reservas.

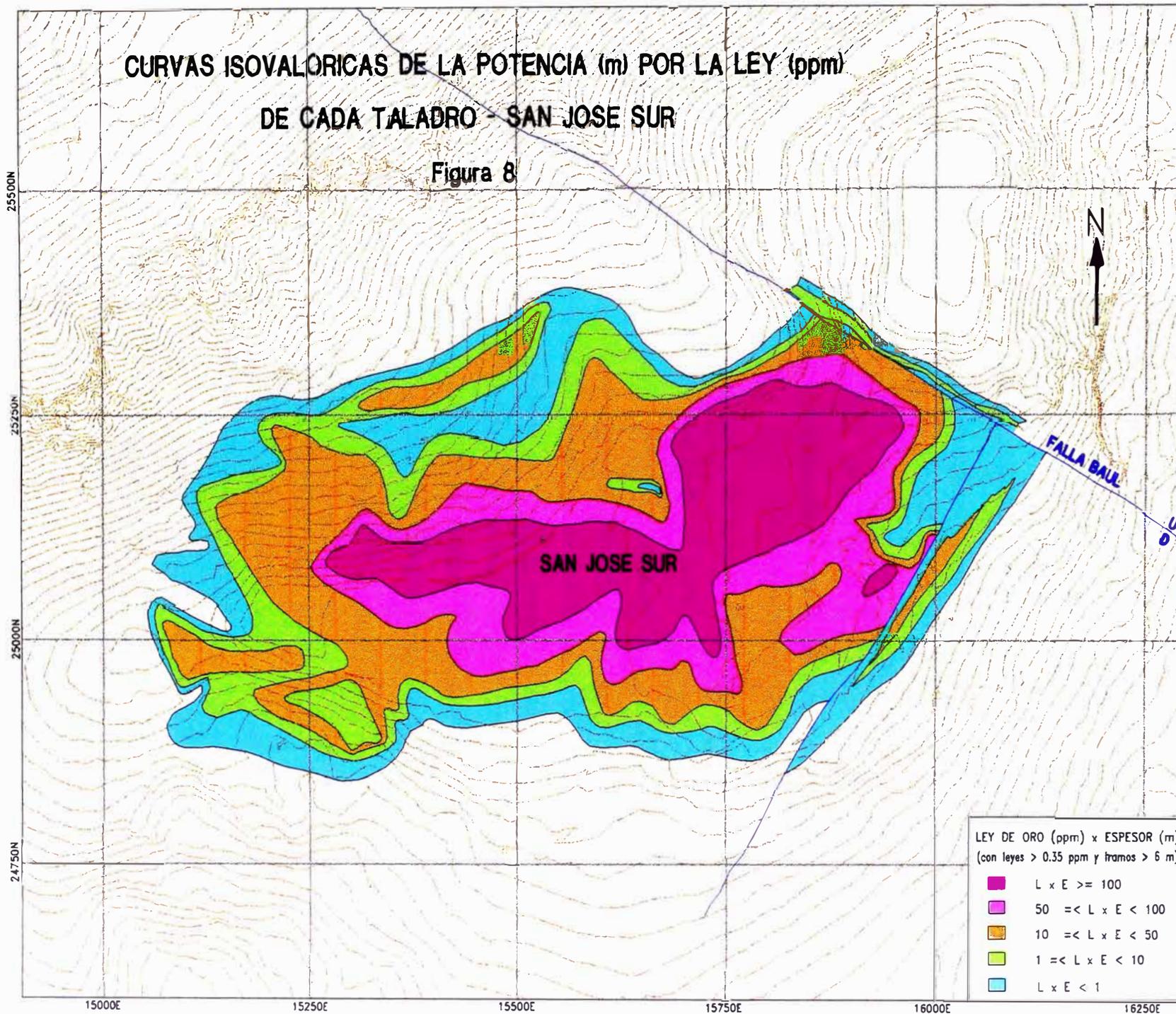
Resultados

- Se confirmó la existencia de mineralización de alta ley en la parte central del Deposito.
- Se extendió la mineralización hacia todas direcciones, principalmente hacia el Nor-Este, hallándose oro debajo de la roca fresca y estéril.
- Se duplicaron los recursos.
- Entendimiento del sistema y construcción del modelo geológico.

La figura 8, es un mapa que muestra los contornos isovalóricos del Espesor (m) por la Ley (ppm) de cada taladro. Existe una fuerte correlación con la geoquímica superficial, lo cual es positivo como control de exploración; aunque como se mencionó anteriormente al NE se observa un cuerpo mineralizado que no aflora, pero que fue ubicado por otros controles geológicos.

**CURVAS ISOVALORICAS DE LA POTENCIA (m) POR LA LEY (ppm)
DE CADA TALADRO - SAN JOSE SUR**

Figura 8



4.8 SECCIONES GEOLOGICAS

La interpretación geológica se realizó en base al trabajo superficial de campo y a la información obtenida de los cores de taladros perforados. A continuación se describen tres secciones representativas:

1ro.- **Sección Geológica Sur A-A'** (Figura 9)

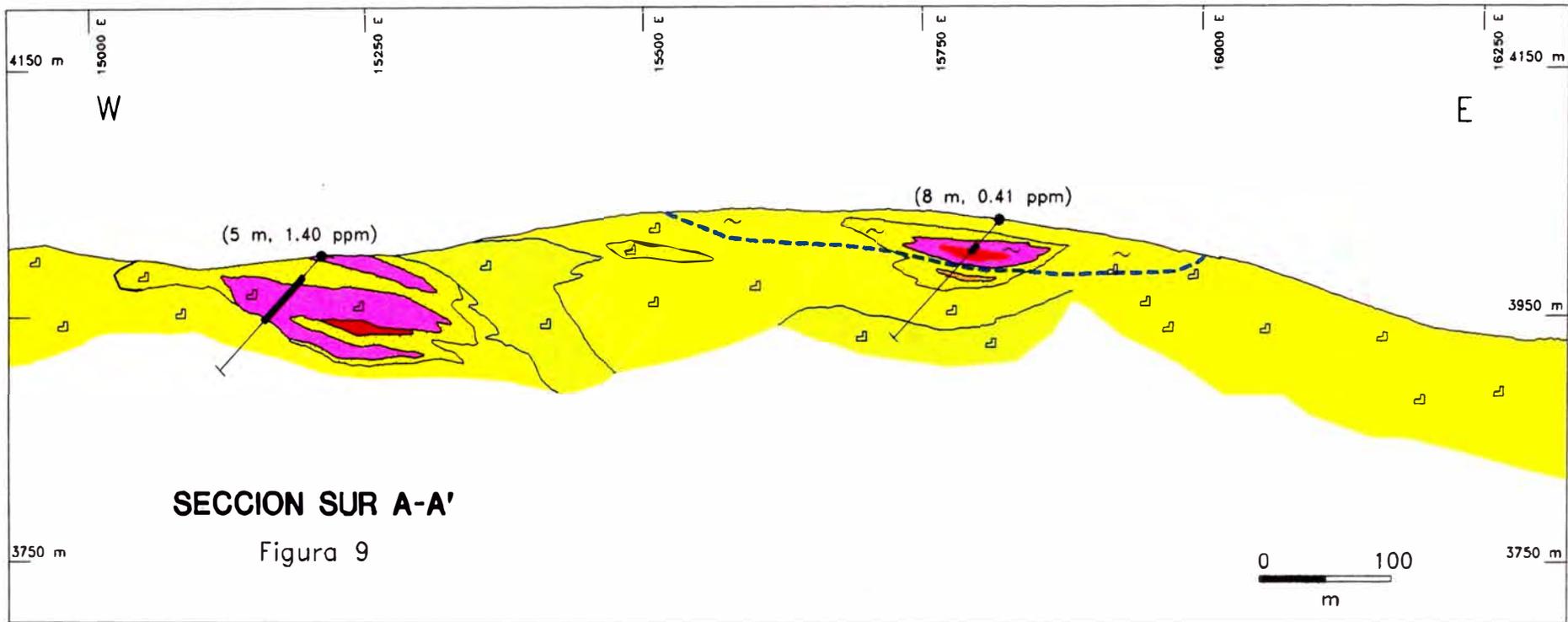
Se aprecian dos diferentes cuerpos pequeños subhorizontales de sílice lixiviada. El primer cuerpo (al este), pertenece al sistema principal, proveniente del sector central del yacimiento. El otro cuerpo lixiviado (al oeste) es de ocurrencia local. La mineralización de oro es débil y con valores entre moderado a bajo, controlado por alteración hidrotermal favorable. El predominio de la alteración argílica es interrumpido por cuerpos de roca propilitizada a fresca, los cuales definen el límite sur del sistema.

2do.- **Sección Geológica Central B-B'** (Figura 10)

Evidencia la existencia de un antiguo nivel freático subhorizontal. Encima del nivel freático se forma por mecanismos de ebullición, sílice lixiviada (sílice granular) y debajo se produce deposición de sílice masiva con fracturamiento posterior que cambia a secuencias subhorizontales de brechas freáticas con limonitas pardas tapizando fracturas. Este conjunto es de alta a moderada ley con predominio del control litológico sobre la alteración. Todo esto debido a que los mayores valores de oro están dentro de las secuencias ignimbríticas alteradas a sílice granular y sílice masivar. Suprayace a una roca porfirítica también lixiviada, pero estéril.

3er.- **Sección Geológica Norte C-C'** (Figura 11)

Espesa secuencia de flujo ignimbrítico fresco que sobreyace a una segunda secuencia alterada hidrotermalmente (sílice-alunita, sílice masiva). La sílice masiva fracturada representa el límite litológico entre los flujos piroclásticos y las rocas porfiríticas infrayacentes. La mineralización de oro está controlada por alteración silíceo masiva y en menor grado sílice-alunita. Se ha planteado la Falla Baúl que separa San José Sur de otro sistema dómico más pequeño denominado San José Norte en el cual la mineralización de oro diseminado aflora y con poco espesor vertical.



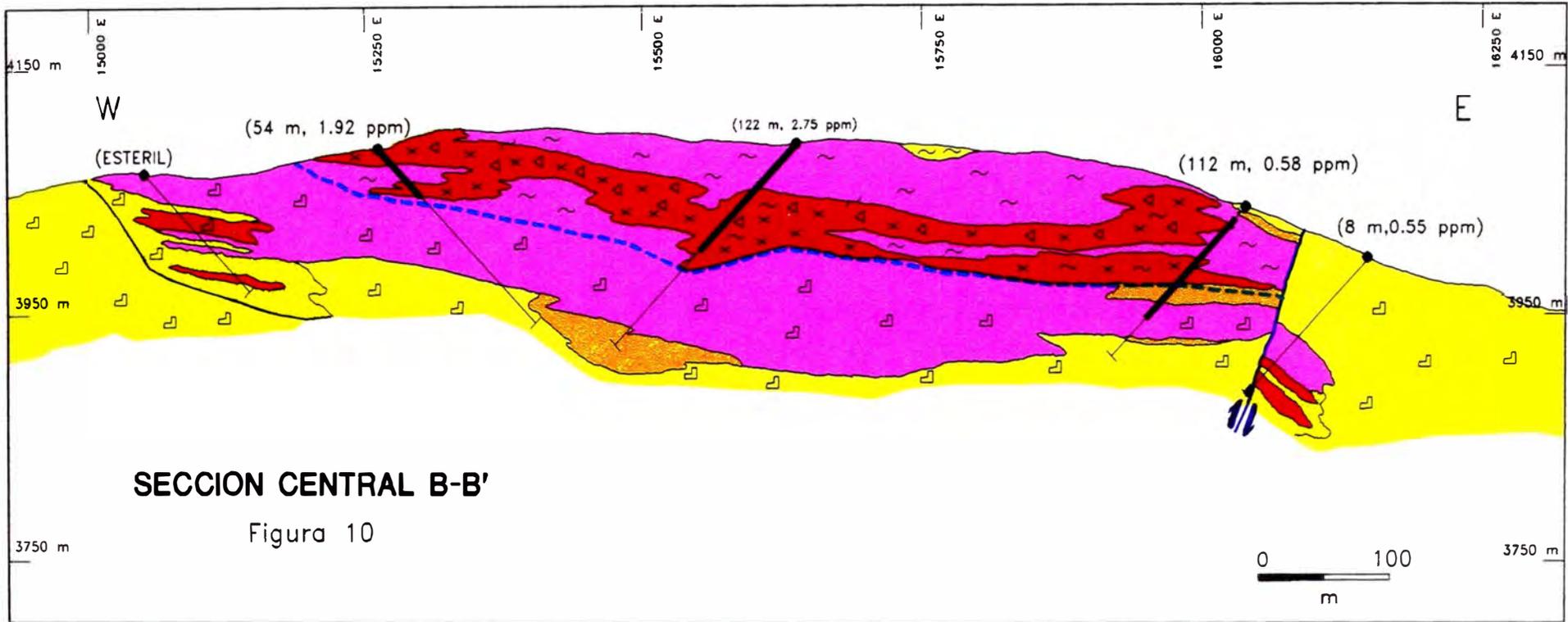
ALTERACION

-  Silice Granular
-  Caolin
-  Silice Masiva
-  Propilitico
-  Silice Alunita
-  Silice Caolin

-  Ignimbrita
-  Contacto Litológico
-  Feldespato Porfirítico

- Taladro
-  Segmento Mineralizado

M MINERA YANACOCHA S.A.	
By: BH/ JB/TK	SAN JOSE SUR
Rev: SM	
Drw: JB/ JC	
Date: Feb. 1999	
File: SJ252504.DWG	

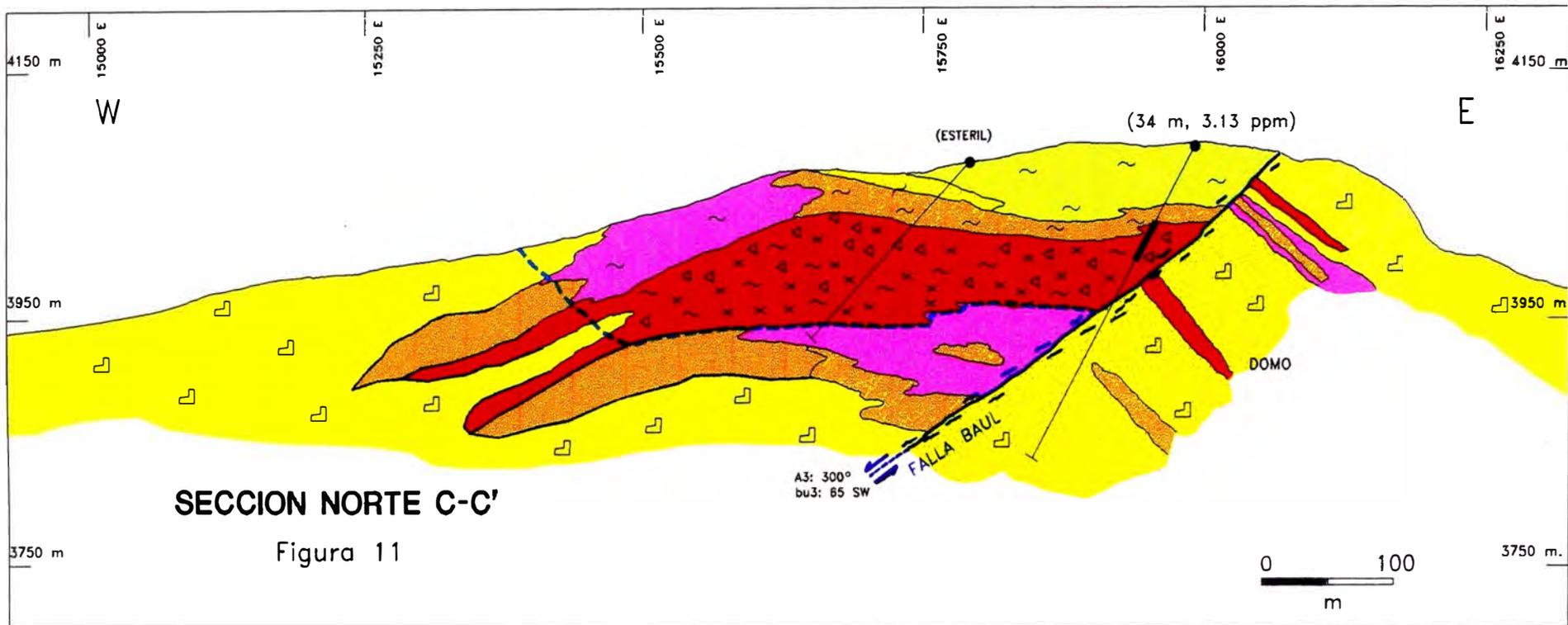


ALTERACION

- Silice Granular
- Caolin
- Silice Masiva
- Silice Alunita
- Silice Caolin
- Fracturamiento
- Ignimbrita
- Contacto Litológico
- Brecha Hidrotermal
- Feldespato Porfirítico



M MINERA YANACOCHA S.A.	
By: BH/JB/TK	SAN JOSE SUR
Rev: SM	
Drw: JB/JG	
Date: Feb, 1999	
File: SJ25250N.DWG	



ALTERACION

- | | | | | | |
|---|-----------------|---|----------------------|---|---------------------|
|  | Silice Granular |  | Caolin |  | Fracturamiento |
|  | Silice Masiva |  | Propilítico |  | Ignimbrita |
|  | Silice Alunita |  | Brecha Hidrotermal |  | Contacto Litológico |
|  | Silice Caolin |  | Feldespato Porfírico |  | |



M MINERA YANACOCHA S.A.	
By: BH/JB/TK	SAN JOSE SUR
Rev: SM	
Draw: JB/JG	
Date: Feb. 1999	File: SJ25250N.DWG

4.9 MODELO GEOLOGICO.- (Figura12). Ha sido definido base a las características geológicas de campo y complementadas con literatura existente.

- a) Desarrollo estructural Distrital originando grandes fracturas.
- b) Emplazamiento de flujos piroclásticos sobre secuencias lávicas sub-horizontales, preexistentes. Estos flujos ignimbríticos también parecen haber cubierto a Cerro Baúl y Cerro Yanacocha.
- c) Inicio de la actividad magmática provoca el emplazamiento ascendente cuerpos intrusivos profundos (domos) a través de estructuras previas.
- d) El emplazamiento de los fluidos hidrotermales (H_2S , SO_2 , HCl , etc.), provenientes del magma y la interacción química con la paleotabla de agua, da lugar a un evento inicial relacionado a una temprana silicificación, con la primera deposición de oro de baja ley (50 a 200 ppb), dentro de sulfuros (pirita); también desarrollo de halos de alteraciones hidrotermales sílice-alunita-arcilla y arcillas con cantidades variables de pirita.
- e) Principal evento hidrotermal ocasiona el zonamiento de alteración característico de los sistema ácido-sulfato en función a las condiciones de temperatura, presión, nivel de agua, pH de las soluciones, permeabilidad, etc. No hubo deposición de oro en el flujo piroclástico mas reciente por ser muy compacto (impermeable), el vitrófido actuó como un tope superior que sólo permitió la deposición de oro en la sílice granular de la ignimbrita infrayacente (no muy común).
- f) Los fluidos hidrotermales al ascender por estructuras tienen alta temperatura y gran acidez y al entrar en contacto con el nivel freático de menor temperatura y menor acidez, generan nuevamente la deposición de mayor cantidad de sílice masiva y simultáneamente, producto de las explosiones hidrotermales se originan las brechas freáticas. Casi

contemporáneamente se forman cuerpos locales de sílice vuggy, en función de las soluciones hipógenas ricas en SO₂.

g) Por encima del nivel freático los vapores ácidos (especialmente el H₂S) se condensan y lixivian intensamente al primer flujo piroclástico, alterándolo a sílice granular y localmente algo de vuggy.

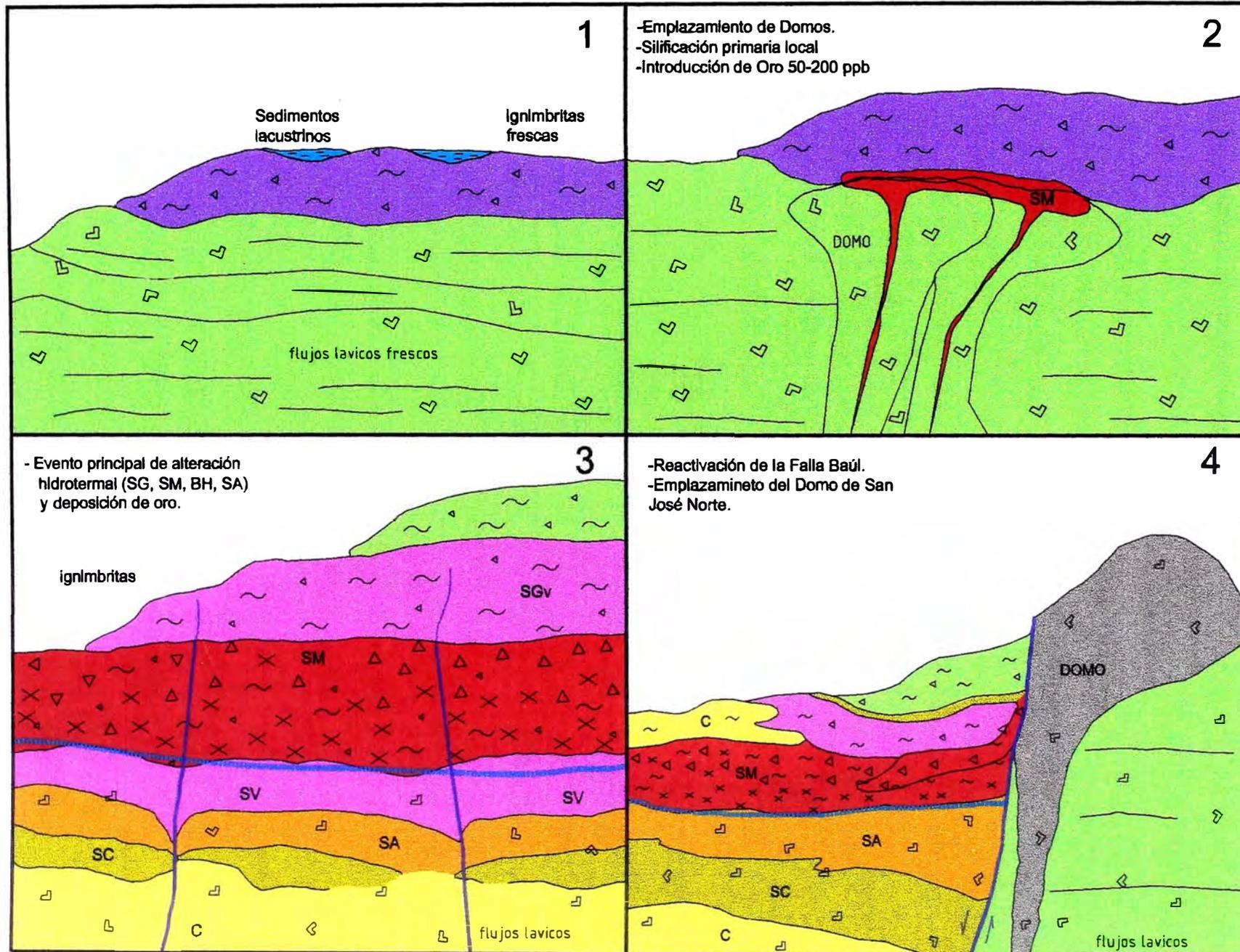
h) Estos flúidos hidrotermales ácidos descienden entre las fracturas y el contacto con la roca caja, provocando la lixiviación de los fenos de las rocas porfíricas (alunita, caolín), quedando solamente como matriz el cuarzo residual.

i) Más abajo hallamos abundante sílice granular intensamente oxidada. Esto representa un tardío estado de lixiviación denominado "drainback", debido a la destrucción total de la textura original de la roca por el descenso de los flúidos ácidos a través de estructuras preexistentes y por el contacto con la roca caja. Los flúidos, no continúan descendiendo por entrar en contacto con un nivel impermeable (alteración argílica).

j) Posterior reactivación de la Falla Baúl (N60°W y 65°SW) que limita el yacimiento hacia el Norte. Esta Falla Normal, lo separa de San José Norte, el cual es un sistema dómico más reciente y pequeño con presencia de oro muy superficial.

MODELO GEOLOGICO DE SAN JOSE SUR

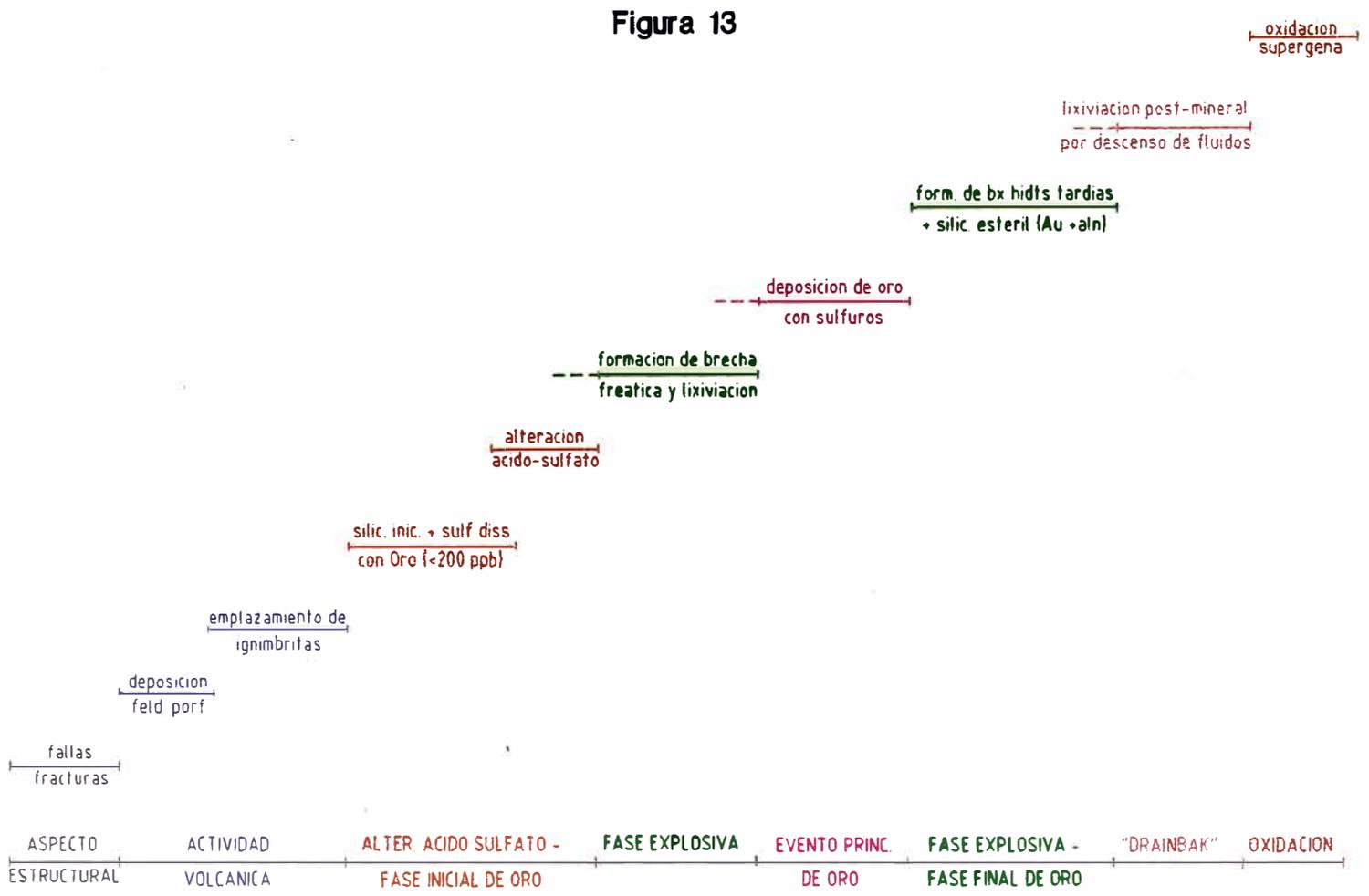
Figura 12



Modificado de T. K. (1997)

5.8 EVOLUCION GEOLOGICA (Figura 13)

La evolución geológica en San José Sur tiene la siguientes secuencia de eventos, según el modelo geológico mencionado anteriormente:



V - METALURGIA

5.1 ANALISIS XRD/XRF

Los análisis de XRD/XRF (Difracción de Rayos-X y Fluorescencia de Rayos-X), se efectúan para determinar la composición porcentual de los diferentes minerales que componen la roca, en especial de los sulfuros y su composición química, respectivamente. Toda esta información es útil para conocer la asociación que pueda existir entre contenido de oro, respecto a los demás minerales. Los taladros sometidos a las pruebas de XRD/XRF, pertenecen a la zona de mayor ocurrencia de oro y áreas adyacentes.

El mineral de San José Sur pertenece a la zona de óxidos.

Ejemplo:

Análisis de Difracción de Rayos X

Ejemplo: San José Sur SJS-11 ubicado en la parte central del yacimiento.

(% en peso)

INTERVALO	Cz	Ser	Pyrof	Cao	Aln	Bar	FeOx	Rut	S	Au (ppm)	Ag (ppm)
0-2	98	0	0	0	0	0	1	1	0	3.22	0.8
2-4	98	0	0	0	0	0	1	1	0	3.16	5.3
4-6	95	0	0	0	1	0	1	1	2	1.38	0.5
6-8	96	0	0	0	0	0	1	1	2	1.60	0.5
8-10	96	0	0	0	0	0	1	1	2	1.40	0.6
10-12	55	0	0	0	44	0	0	1	0	0.36	0.5
12-14	68	2	0	0	28	0	1	1	0	0.64	0.5
14-16	61	0	0	0	38	0	1	1	0	0.58	0.5
16-18	58	0	0	0	41	0	1	0	0	0.42	0.5
18-20	70	0	0	0	29	0	1	1	0	0.22	0.5
20-22	61	0	0	0	38	0	1	0	0	0.24	0.5
22-24	52	0	0	0	47	0	0	1	0	0.36	0.7

24-26	94	0	0	0	4	0	1	1	0	8.36	2.3
26-28	97	0	0	0	1	0	1	1	0	1.62	1.1
28-30	95	0	0	0	3	0	1	1	0	1.18	39.5
30-32	97	0	0	0	1	0	1	1	0	3.14	10.6
32-34	97	0	0	0	1	0	1	1	0	1.48	2.6
34-36	95	3	0	0	1	0	1	1	0	1.92	6.4
36-38	98	0	0	0	0	0	1	1	0	5.92	4.8
38-40	98	0	0	0	0	0	1	1	0	7.08	5.8
40-42	98	0	0	0	0	0	2	1	0	6.76	2.5
42-44	97	0	0	0	0	0	2	1	0	3.36	1.3
44-46	95	2	0	0	0	0	2	1	0	2.46	0.9
46-48	95	2	0	0	1	0	1	1	0	1.92	1.2
48-50	98	0	0	0	1	0	1	1	0	2.50	0.6
50-52	98	0	0	0	0	0	1	1	0	1.64	0.5
52-54	94	2	0	0	1	0	2	1	0	1.10	1.0
54-56	98	0	0	0	0	0	1	1	0	1.22	0.9
56-58	98	0	0	0	0	0	1	1	0	2.04	2.4
58-60	96	0	2	0	0	0	1	1	0	6.00	1.8
60-62	97	0	0	0	1	0	1	1	0	9.08	14.1
62-64	98	0	0	0	0	0	2	1	0	2.12	17.1
64-66	93	1	0	0	4	0	1	1	0	1.20	2.8
66-68	96	0	0	0	3	0	1	1	0	0.98	2.0
68-70	98	0	0	0	1	0	1	1	0	0.88	1.4
70-72	95	1	0	0	3	0	1	1	0	0.78	1.4
72-74	93	0	0	0	5	0	1	1	0	0.70	1.6
74-76	96	0	0	0	0	0	1	1	2	0.42	0.6
76-78	94	0	0	0	3	0	1	1	1	0.18	0.7
78-80	95	1	0	0	2	0	1	0	1	0.63	0.5
80-86	96	0	3	0	0	0	1	0	0	0.27	0.5
86-92	99	0	0	0	0	0	1	0	0	0.41	0.5
92-100	98	0	0	0	0	0	1	1	0	0.15	0.5

Cz : cuarzo

Ser : sericita

Pyrof: pirofilita

Cao : caolín

Aln : alunita

Bar: baritina

FeOx : Ox de Fe

Rut : rutilo

S : azufre

En base a estos resultados (porcentaje de minerales, la alteración y la ley de oro) y complementados con el logueo, podemos determinar seis (6) intervalos ó compósitos:

0-10 m	roca silíceo granular (moderada a alta ley).
10-24 m	brecha hidrotermal sílice-alunita (baja ley).
24-48 m	roca silicificada masiva fracturada (alta ley)
48-64 m	roca silicificada masiva (moderada ley).
64-80 m	roca silicificada con alunita en intersticios (baja ley).
80-100 m	roca sílice vuggy (anomalías).

También por el logueo de cores, podemos concluir de que los tramos de moderada a alta ley de oro (0-64 m), corresponden a la roca piroclástica. Los tramos restantes son de baja ley a estériles, (64-80 m), corresponden a la parte superior de la roca porfirítica lixiviada. En San José Sur la mineralización está hospedada, principalmente en las rocas piroclásticas, quizás debido a su porosidad, permeabilidad que permiten fluir mejor aquellas soluciones hidrotermales con contenido de oro.

5.2 PRUEBAS METALURGICAS

La responsabilidad de los geólogos de exploración, consiste también en determinar que porcentaje del mineral descubierto, puede ser recuperado por medios metalúrgicos. Para llevar a cabo este propósito, debemos de conocer primero si el mineral es catalogado como mineral oxidado ó es refractario (ya que el contenido de sulfuros inhibe la capacidad de lixiviar el oro). Este estudio es realizado por Newmont Metallurgical Services y el Laboratorio Metalúrgico de Minera Yanacocha S.A, en correlación con el geólogo encargado del Proyecto.

5.2.1 Lixiviación en Columna Pequeña (small column test)

Esta prueba refleja la recuperación de oro de las muestras de algunos centímetros de tamaño. Se utiliza la cuarta parte de los cores obtenidos en la perforación, sin ser sometidos a pulverizado

como en la prueba por agitación. Esto debido a que el material que se apila en el pad de lixiviación no es sometido a molienda.

Este material es representativo de los tipos de rocas y alteraciones del yacimiento que contienen oro y lo envía el geólogo de exploración al Laboratorio Metalúrgico. Este trabajo se sustenta en el hecho de que debemos investigar la influencia del tamaño de material en la recuperación de oro con cianuro.

Las columnas fueron de 2" de diámetro y de aproximadamente 1.2 m de altura; funcionaron durante 7 días y fueron cargadas con fragmentos de aproximadamente 1 a ½" de tamaño. (Gráfico 1)

Extracción de oro en Columna Pequeña

Muestra	Taladros	Alteración	% Extracción
I	SJS-37, 42	SMO	61.90
II	SJS-09	BSA	80.00
III	SJS-42	BSO	82.70
IV	SJS-42, 75	SG	86.30

NOTA:

SMO	Sílice masiva fracturada con óxidos.
BSA	Brecha silicificada con alunita.
BSO	Brecha silicificada oxidada
SG	Sílice granular

Resultados

En general el promedio de extracción de oro varía entre 60 y 90 %, teniendo como promedio general 77%.

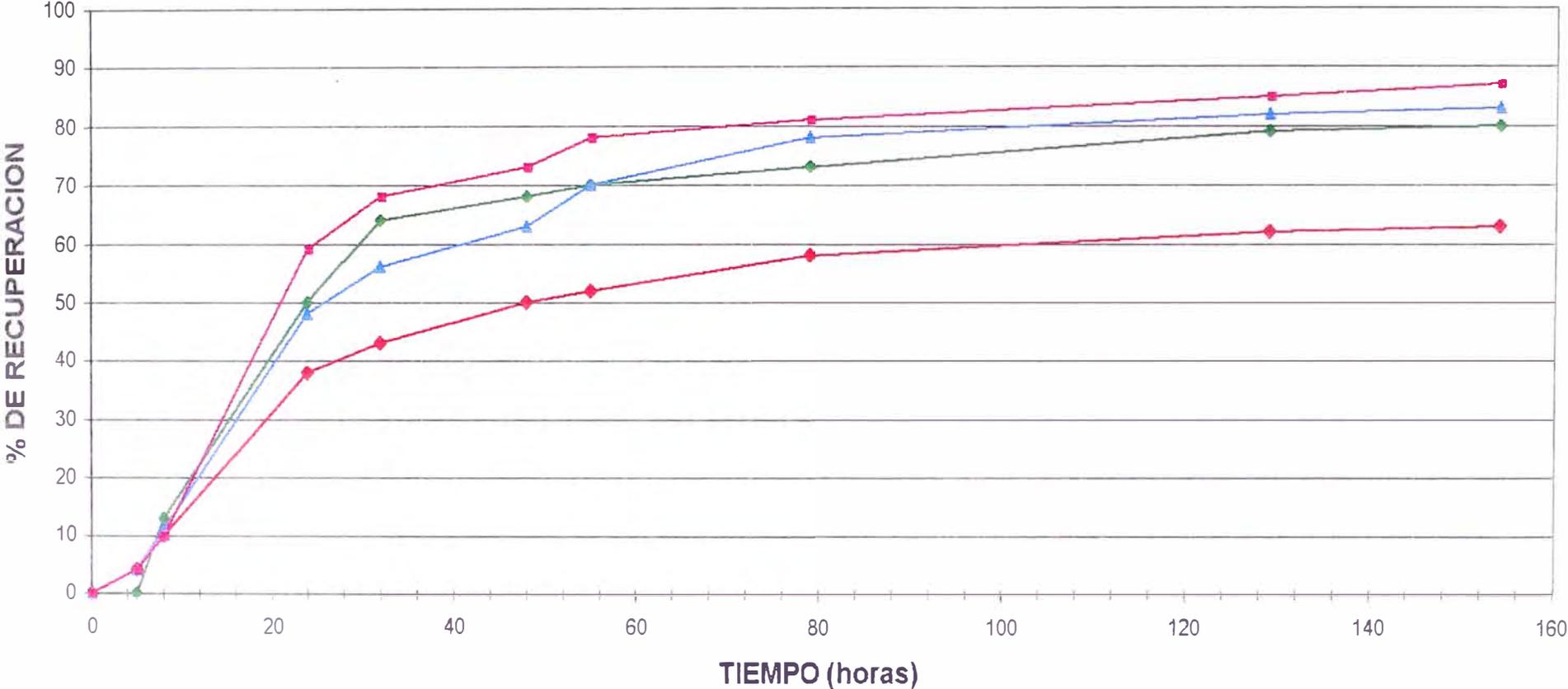
- La muestra con menor recuperación (61.9%), corresponde a sílice masiva, es decir, con ligera ó nada porosidad.
- La muestra con alta recuperación (> 80 %) corresponde a la sílice granular.
- Transcurridos un promedio de 80 horas de lixiviación, podemos observar en el Gráfico Nro. 1 que en general la recuperación es buena.

SAN JOSE SUR

Extracción de oro en Funcion del Tiempo de Lixiviación

Columna Pequeña

Grafico 1



—◆— Silice masiva —◆— Brecha silice alunita —▲— Brecha silice oxido —■— Silice granular

5.2.2 Lixiviación en Columna Grande (big column test)

Prueba más representativa en relación a la anterior, debido a que el material es extraído insitu de los afloramientos que caracterizan al yacimiento.

La columna fue de 2 m de diámetro y 6 m de altura, funcionaron durante 125 días y fueron cargadas con material menor a 6".

(Gráfico 2)

Tiempo(días)	% de Recuperación
0	0
5	26.4
10	61.8
15	76.0
20	82.8
25	86.7
30	88.3
35	90.2
40	91.4
45	92.2
50	92.8
60	93.7
70	94.2
80	94.7
90	95.2
100	95.5
110	95.7
120	95.9

Resultados

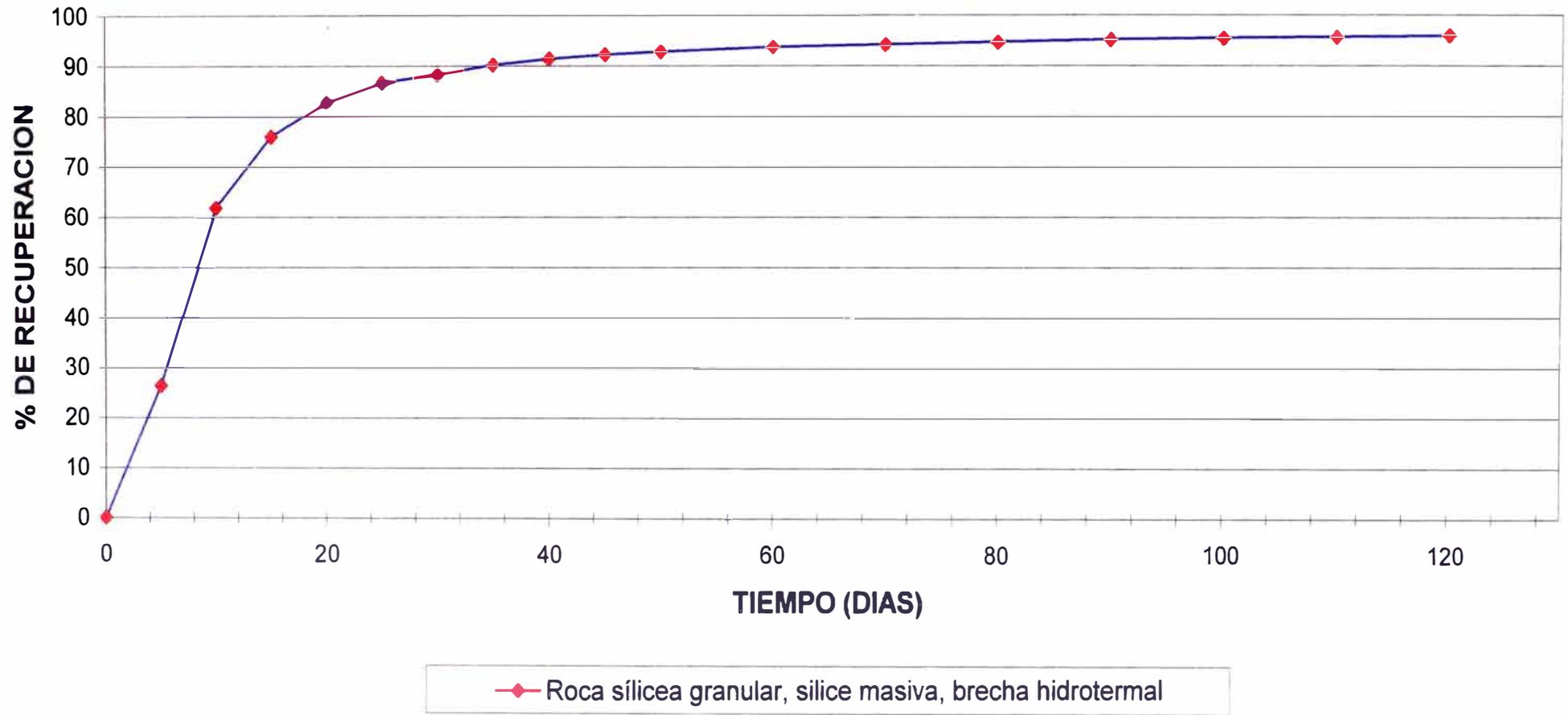
- Los resultados indican una recuperación excelente del 96%.
- Transcurridos 35 días, se obtiene una recuperación por encima del 90%. Esto significa que el material se comporta muy bien y la lixiviación es muy rápida.

SAN JOSE SUR

Extracción de Oro en 125 días

Columna Grande

Grafico 2



VI - CALCULO DE RECURSOS

6.1 DENSIDAD DE LA ROCA

El objetivo es determinar el valor ó los valores de densidad promedio que sean representativos del Deposito. Este promedio va a ser utilizado en el Calculo de Recursos.

Para determinar la densidad promedio de San José Sur, seleccionamos muestras representativas de diferentes localizaciones, teniendo en cuenta: ubicación superficial, ubicación en profundidad, ley, alteración, textura, grado de fracturamiento y el porcentaje de representatividad en el Depósito.

Por los resultados de las pruebas realizadas en *Zonge Engineering & Research Organization* en Tucson Arizona y por el tratamiento matemático efectuado (Gráfico 3) se concluye que para San José Sur es necesario considerar dos densidades:

- a) ***Una densidad baja de 1.7 g/cc (Zona I)***. Corresponde al sector central y superior del Depósito, profundizando hasta unos 65 m; su principal característica es la presencia de sílice fuertemente lixiviada, débilmente compacta con aspecto de arena gruesa y sílice vuggy. Corresponde a la zona de alta a moderada ley.

- b) ***En las áreas adyacentes al sector central, la densidad promedio es de 2.2 gr/cc (Zona II)***; incluye a varios tipos de alteración como sílice masiva, sílice pobremente lixiviada, sílice alunita y sílice-caolín, roca propilitizada y roca andesítica fresca.

Esta conclusión se fundamenta en el hecho de que si consideraríamos un sólo promedio de densidad para todo el yacimiento, éste no sería un valor representativo y nos conduciría a error en el Calculo de Recursos.

El Gráfico 3 estadístico en barras, correspondiente al ploteo de Densidad en seco (gr/cc) vs Número de Muestras, indica la existencia de dos poblaciones diferenciadas. La primera con densidades bajas entre 1.5 y 2.0 gr/cc; la segunda con densidades mayores a 2.1 gr/cc y menor a 2.7 gr/cc .

El Gráfico 4 con ploteo entre Densidad (gr/cc) vs Ley de oro (ppm) seco, muestra la mayor concentración de valores de oro por debajo de los 5 ppm. Sin embargo, la sílice granular posee los mayores valores de oro (por encima de los 7 ppm).

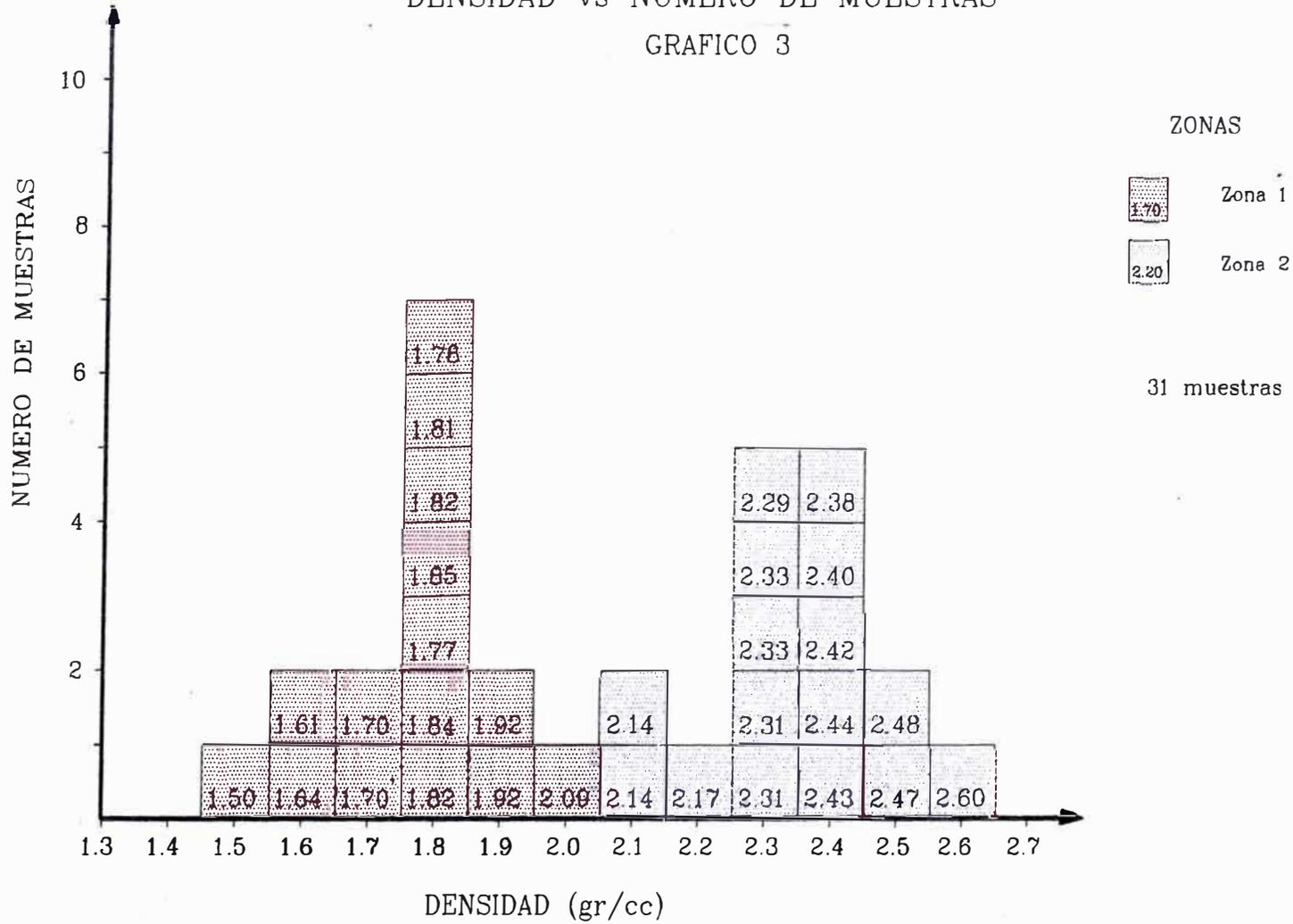
A continuación presento algunos ejemplos de las muestras enviadas:

Taladro	Prof. m	Densidad gr/cc	Alteración
SJS-54	17	1,61	Sílice granular
SJS-82	57	1.84	Sílice granular
SJS-20	3	1.92	Sílice granular
SJS-20	43	1.87	Sílice vuggy
SJS-65	21	2.14	Sílice vuggy
SJS-10	21	2.14	Sílice alunita
SJS-42A	69	2.29	Brecha silicificada oxidada
SJS-77	73	2.42	Brecha silicificada oxidada
SJS-75	63	2.43	Sílice masiva
SJS-77	115	2.47	Sílice masiva

SAN JOSE SUR

DENSIDAD vs NUMERO DE MUESTRAS

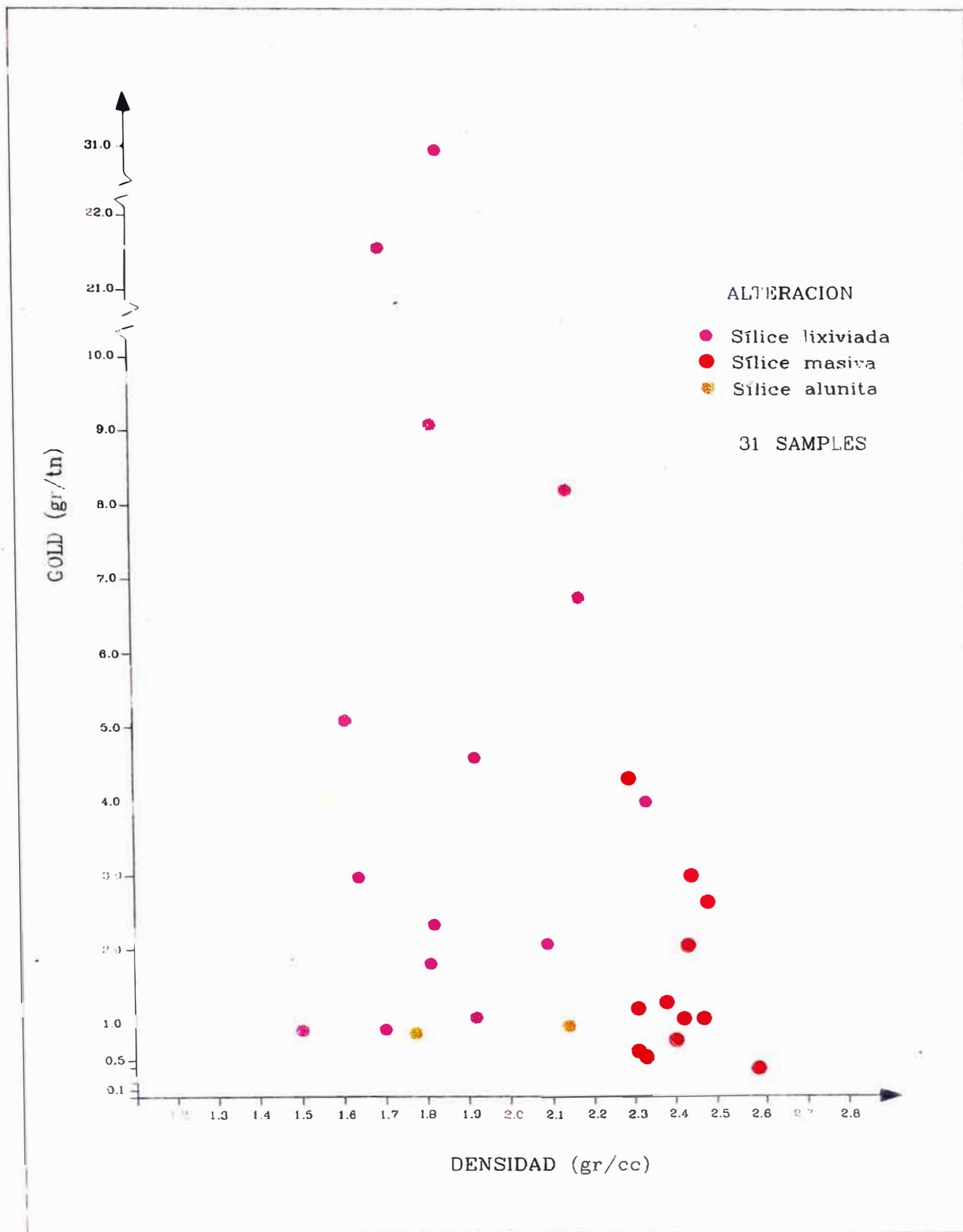
GRAFICO 3



SAN JOSE SUR

Ley de Oro (ppm) Vs Densidad en seco (gr/cc)

GRAFICO 4



6.2 CALCULO DE RECURSOS DE SAN JOSE SUR

Un punto importante en el trabajo del Geólogo de Exploraciones, es efectuar el Calculo de Recursos de oro. Con este resultado nosotros podremos conocer la cantidad total de toneladas, onzas y ley promedio con que cuenta el yacimiento en estudio.

Como sabemos hemos diferenciado dos cuerpos mineralizados; el primero (Zona I) en el sector central y superficial que se prolonga hacia el NorEste, infrayaciendo a un cuerpo fresco y estéril. El segundo cuerpo (Zona II) se ubica por debajo del cuerpo anterior, es de menor ley y corresponde a un sistema que depende del primero.

6.2.1 Método Manual por Secciones

Este método por secciones consiste en dividir el cuerpo mineralizado en varios bloques de acuerdo a las secciones geológicas construidas. Estas secciones están espaciadas en intervalos constantes (cada 50 metros) e inclusive pueden variar de acuerdo a la información obtenida de los taladros (Figura 14).

Para obtener resultados exactos este método requiere que:

Exista suficiente información geológica en cada sección y el cuerpo mineral trazado bidimensional sea representativo.

Los datos deben estar lo más cercano posible a las secciones.

Los trabajos efectuados (información geológica, geoquímica, leyes de taladros), deben estar distribuidos equivalentemente entre las secciones.

Debe existir consistencia geológica entre secciones adyacentes.

Debe existir consistencia del cuerpo mineralizado en secciones adyacentes.

6.2.2 Metodología

- a) Para el yacimiento hemos elaborado 11 secciones paralelas con orientación Este-Oeste, con un espaciamiento constante de 50 m. Cada sección tiene 1200 m de longitud, muestra perfil topográfico, cotas, coordenadas Este (UTM), ubicación de los taladros en superficie y su proyección en profundidad, los taladros muestran leyes de oro, alteraciones, fracturamientos, etc.; también escala y leyenda.
- b) En cada sección trazamos cuerpos bidimensionales (modelización del yacimiento) que representan la forma del cuerpo mineralizado. Hallamos las áreas de los cuerpos mineralizados.
- c) En base a la mitad de la distancia con la sección adyacente (25 m) determinamos cuerpos tridimensionales que representan una porción del total de recursos del yacimiento. Ejemplo: block A, block B, block C, ..., etc.
- d) Cálculo del Volumén:
Area del cuerpo bidimensional delimitado por cada taladro x Alcance horizontal (50 m).
- e) Calculo de Toneladas:
Volumén x Factor de densidad (Zona I: 1.7 gr/cc y Zona II: 2.1 gr/cc).
- f) Cálculo de gramos de Oro:
Toneladas x Ley promedio de cada bloque.
- g) Cálculo de las onzas:
Gramos/ 31.104 (factor)
- h) Cálculo de la ley promedio de oro de todo el yacimiento:
(Sumatoria de gramos)/(Sumatoria de toneladas)

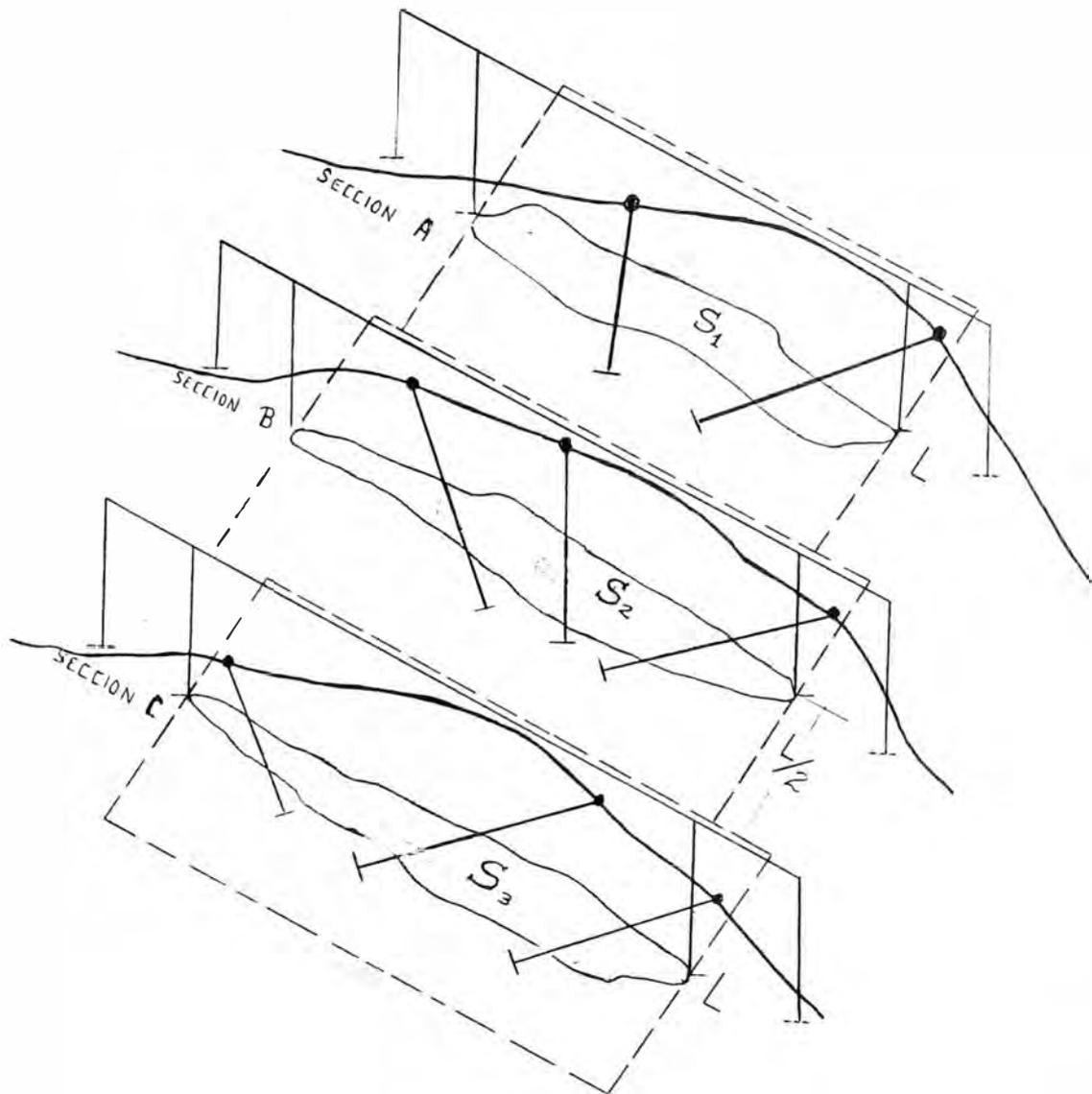


Figura 14.- Diagrama mostrando el Método Manual por Secciones para el Cálculo de Recursos. En base a secciones geológicas construidas a lo largo de intervalos constantes.

6.2.3 Resultados

-	Total toneladas	:	43'863,652
-	Ley promedio	:	1.17 ppm
-	Onzas	:	1'654,557.11
-	Espesor promedio	:	59.20 metros

Zona I (parte central del yacimiento con moderada a alta ley)

-	Densidad	:	1.70 gr/cc,
-	Ley promedio	:	1.6 ppm
-	Onzas	:	279,861.59
-	Espesor promedio	:	35.37 metros
-	Porcentaje	:	16.91%

Zona II (adyacente al sector central)

-	Densidad	:	2.2 gr/cc,
-	Ley promedio	:	1.1 ppm
-	Onzas	:	1'374,695.11
-	Espesor promedio	:	63.38 m
-	Porcentaje	:	83.09 %

VII - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Los Volcánicos Porculla geológicamente ubicado en el Complejo Volcánico Terciario calcoalcalino, constituyen el metalotecto importante para la exploración en todo el Perú.

San José Sur es un yacimiento de oro diseminado, tipo ácido-sulfato desarrollado dentro de una secuencia piroclástica, sobreyaciendo a una roca porfírica andesítica. La mineralización de alta ley está controlada por la alteración silícea granular y sílice masiva, asociada a eventos piroclásticos y en menor grado a cuarzo-alunita, relacionada a la roca porfírica.

Las ignimbritas son rocas porosas y constituyen secuencias piroclásticas subhorizontales altamente permeables que probablemente permitieron la mayor difusión de las soluciones hidrotermales a partir de conductos ó fracturas preexistentes en el substrato andesítico.

Los flujos ignimbriticos de andesita fresca que afloran en la zona NorEste limitado por la Falla Baúl, evidencian un periodo de enfriamiento muy rápido, que permitió la formación de un vitrófido que constituyó un sello superior que posiblemente abarcaba todo el yacimiento y por donde los fluídos hidrotermales con contenido de oro sólo pudieron depositar en la ignimbrita que infrayace al vitrófido.

La morfología subhorizontal de la base de la sílice residual indica el nivel freático antiguo ó paleotabla de agua. En las fases finales de la actividad hidrotermal el nivel de agua descendió y se produjo una sobreimposición (overprinted) de sílice residual en los ensambles sílice-alunita y sílice caolín.

Los óxidos de Fe (limonitas) tapizan e impregnan fracturas subverticales, sin embargo, su presencia irregular en los afloramientos indica que no es un buen control de la mineralización para el caso de San José Sur. A diferencia de otros Depósitos tales como Yanacocha Sur.

Una de las características más importantes de este yacimiento es el haber diferenciado dos densidades. El primer valor es 1.7 gr/cc y corresponde a la roca lixiviada (sílice residual), de alta ley, contenida dentro de las rocas piroclásticas que aflora en la parte central del yacimiento. El segundo valor es 2.2 gr/cc, está asociado a la alteraciones (sílice masiva fracturada, sílice-alunita, sílice caolín, rocas propilitizadas) que infrayacen a la secuencia anterior.

Cuerpos silíceos lixiviados con contenido de oro, particularmente al Nor-Este de San José Sur, están cubiertos por rocas frescas, estériles y sin expresión geoquímica anómala en superficie. Sin embargo, existen evidencias estructurales que indican la continuidad de la mineralización en dirección de las zonas estériles.

Los trabajos metalúrgicos indican una excelente recuperación de oro en el rango comprendido entre 80-90%.

7.2 RECOMENDACIONES

En el estudio geoquímico de las rocas por oro y plata es recomendable hacer análisis por elementos trazas como: Hg, As, Cu, Zn, Ba, Sb, etc., porque nos ayuda a evaluar la relación y el comportamiento de tales elementos respecto al oro.

Este trabajo no incluye detalles de exploración por métodos geofísicos que lamentablemente por esos años no se realizaron en Yanacocha. Es recomendable utilizar este método de exploración, debido a que actualmente la geofísica constituye una herramienta valiosa en los trabajos exploratorios (Polarización inducida, magnético, electromagnético).

Asimismo se recomienda realizar estudios estructurales y microestructurales que nos ayuden a reconocer rasgos que indiquen dirección de desplazamiento de cuerpos con potencial mineral.

7.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARRIBAS, A. Jr., HEDENQUIST, J.W., IZAWA, E., WHITE, N. C., 1996. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. Geological Survey of Japan. Society of Resource Geology.

BARREDA, Jorge y KLEIN, Thomas, 1995. Reportes Mensuales Internos para Geología de Exploraciones-Yanacocha.

BATES, R. L., and JACKSON, J. A., 1987. Glossary of Geology. American Geological Institute, Alexandria, Virginia.

CAS, R.A.F., and WRIGHT, J.V., 1987. Volcanic Successions: *Modern and Ancient*.

CORBETT G. J. and LEACH T. M., 1994. Exploration Workshop "SW Pacific Rim Au/Cu Systems: Alteration and Mineralization".

FISHER, Richard and SCHMINCKE, Hans-Ulrich, 1984. Pyroclastic Rocks.

KLEIN, T., BARREDA, J. and HARVEY, B., 1997. High Sulphidation Gold Deposits Yanacocha District Peru. Resúmenes Extendidos del IX Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú.

MACHARE José and RODRIGUEZ Leandro, 1991. Seismic Hazard Assessment in the Yanacocha Area. Private Report prepared for Newmont Perú Ltd.

QUIROZ, Andrés, 1994. Geología del Distrito Aurífero de Yanacocha. Newmont Internal Memorandum.

QUIROZ, Andrés, 1997. El Corredor Estructural Chicama-Yanacocha y su Importancia en la Metalogenia del Norte del Perú. IX Congreso Peruano de

Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Volumen Especial 1, 149-154.

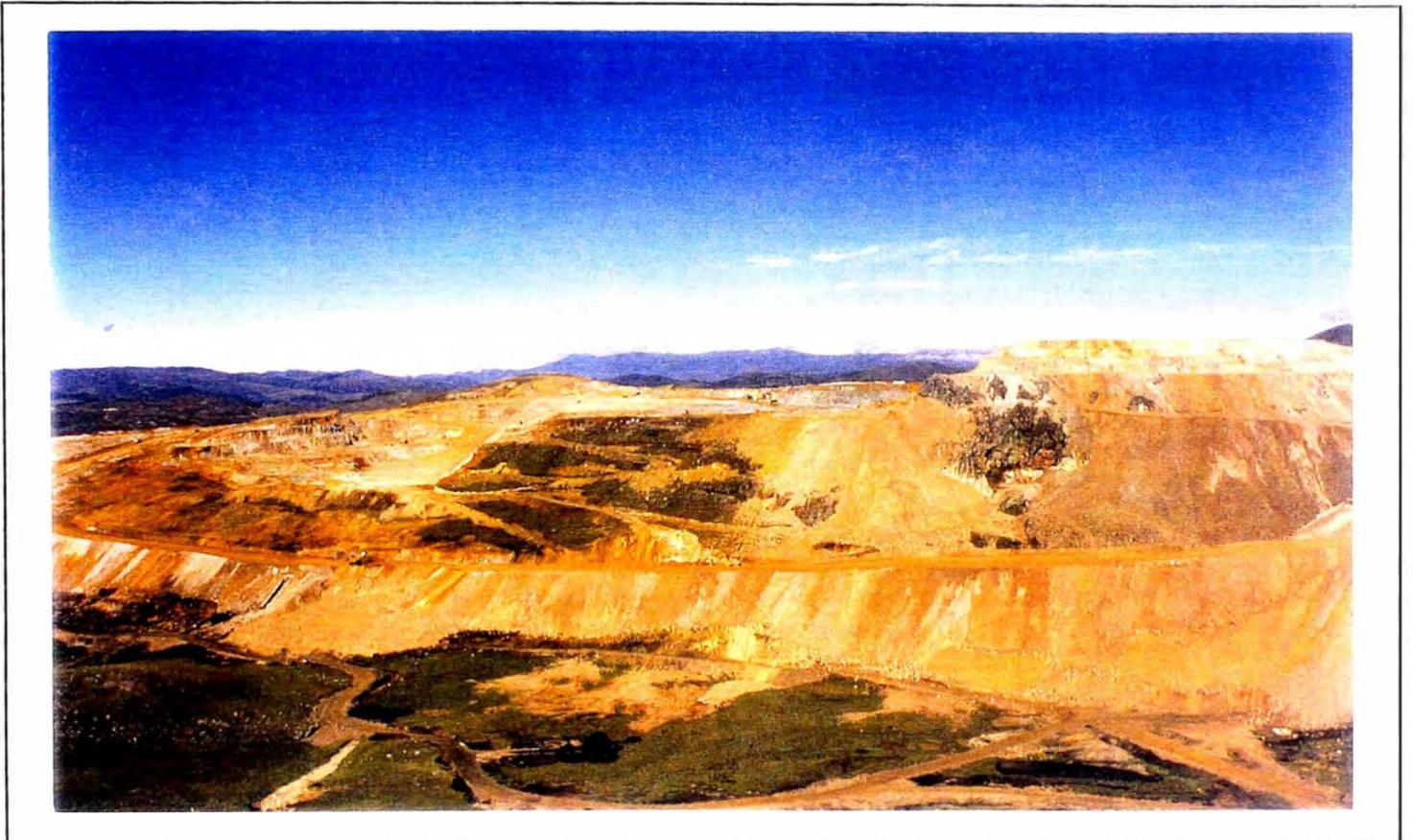
SILLITOE, Richard. H., 1996. Comments on Geology and Exploration of the Yanacocha gold District, Perú. Newmont Internal Report.

TURNER, Stephen. J., 1997. The Yanacocha Epithermal Au Deposits, Northern Perú: High-sulfidation Mineralization in a Flow Dome Setting. Thesis submitted to the Faculty and Board of Trustees of the Colorado School of Mines in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Geology). 341 p.

WILSON, John, 1985 a. Mapa Geológico del Cuadrángulo de Chota. Hoja 14 f. Sector Energía y Minas, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. República del Perú.

FOTOS

Foto No: 1 Panorámica de San José (Mirando al oeste)



A la izquierda se observa la mina San José Sur y a la derecha la mina San José Norte.

Foto No 2 Roca piroclástica (ignimbrita)



Foto No 3 Aumento 300x NX

Moldes de anfíboles alterados por micas (MCs) y cloritas (CLOs) con inclusiones de minerales opacos (Ops) en los bordes y cristales maclados de plagioclasas (PGLs) en matriz compuesta por plagioclasas, cuarzo, y vidrio (PGLs-cz III-vd). Estudiado por INGEMMET.



Foto No 4 Roca silícea granular (leached cap)



Roca deleznable de aspecto arenoso. Débilmente compacta y muy permeable.

Foto No 5 Roca piroclástica vuggy silica (ignimbrita)



Foto No 6 Aumento 75x NX
Cristal subredondeado de cuarzo primario (cz I) con bordes corroidos en matriz intensamente silificada (cz II). Estudiado por INGEMMET.

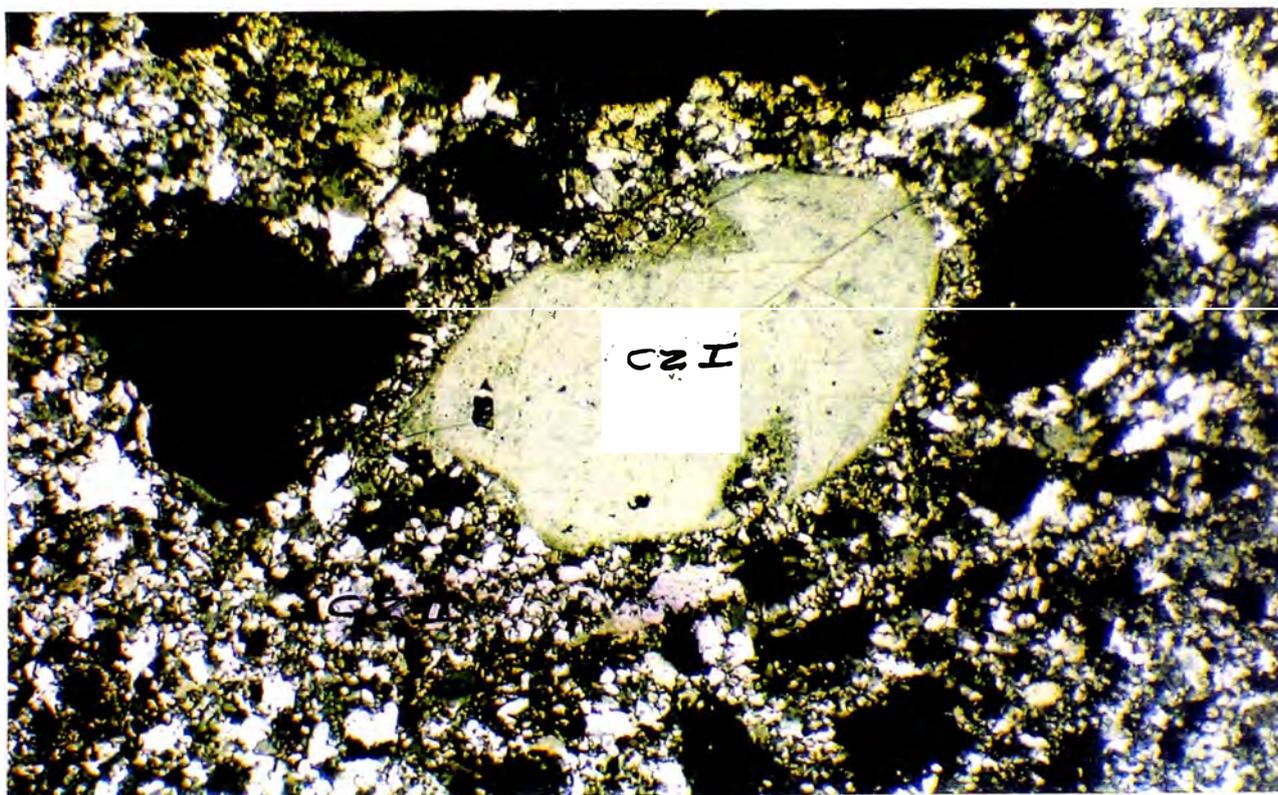


Foto No 7 Roca piroclástica silicificada masiva fracturada (ignimbrita).



Foto No 8 Aumento 75x NX
Tufo intensamente silicificado cuarzo (cz III) con moldes de cristales alterados por cuarzo de mayor granulometría (cz II). Estudiado por el INGEMMET.

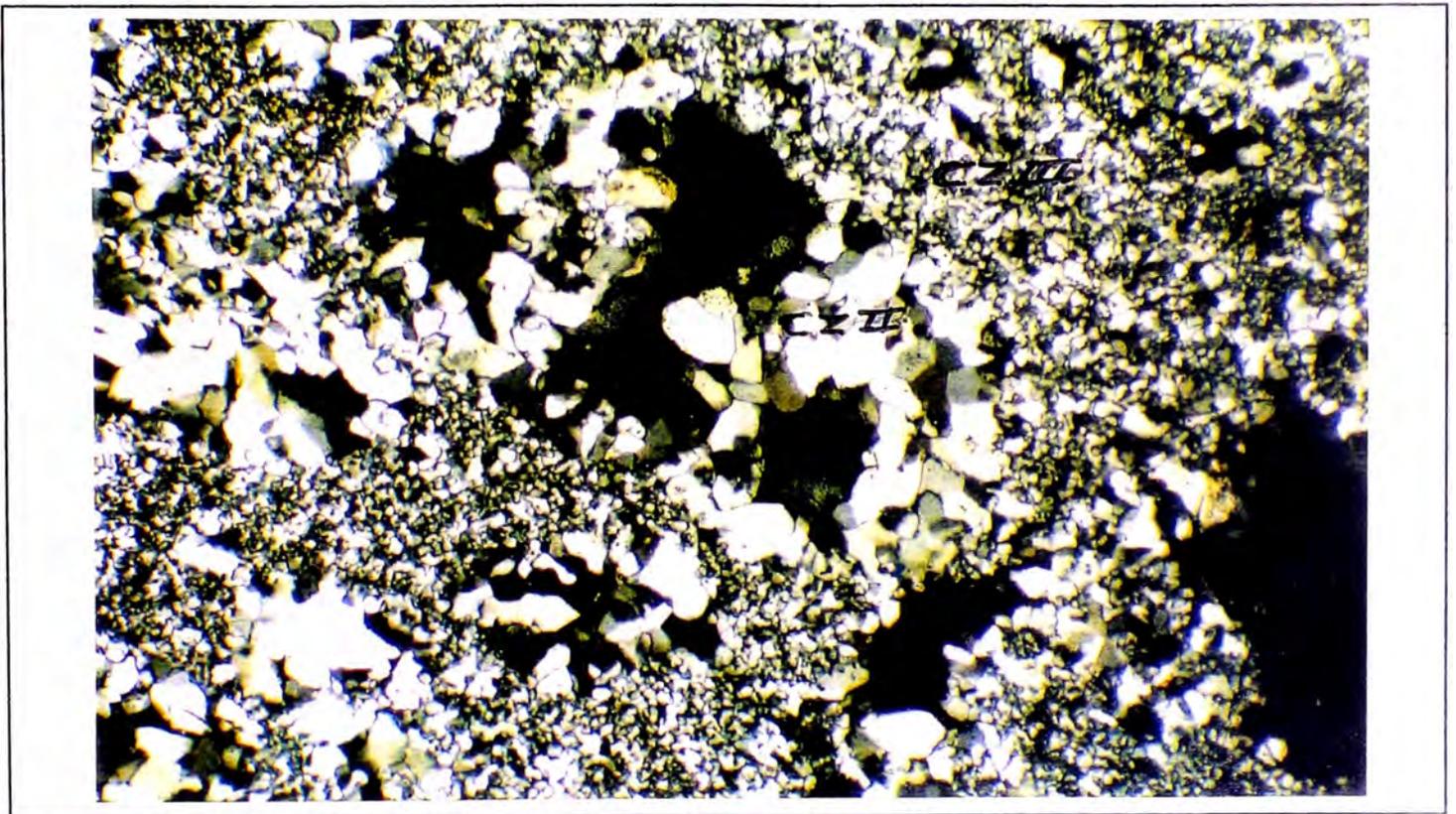


Foto No 9 Brecha hidrotermal silicificada.



Foto No 10 Aumento 75X NX
Fragmento lítico (F.L.) en el que se observan moldes de fenos silicificados (cz II) en matriz también alterada por cuarzo de menor granulometría (cz III). Estudiado por el INGEMMET.

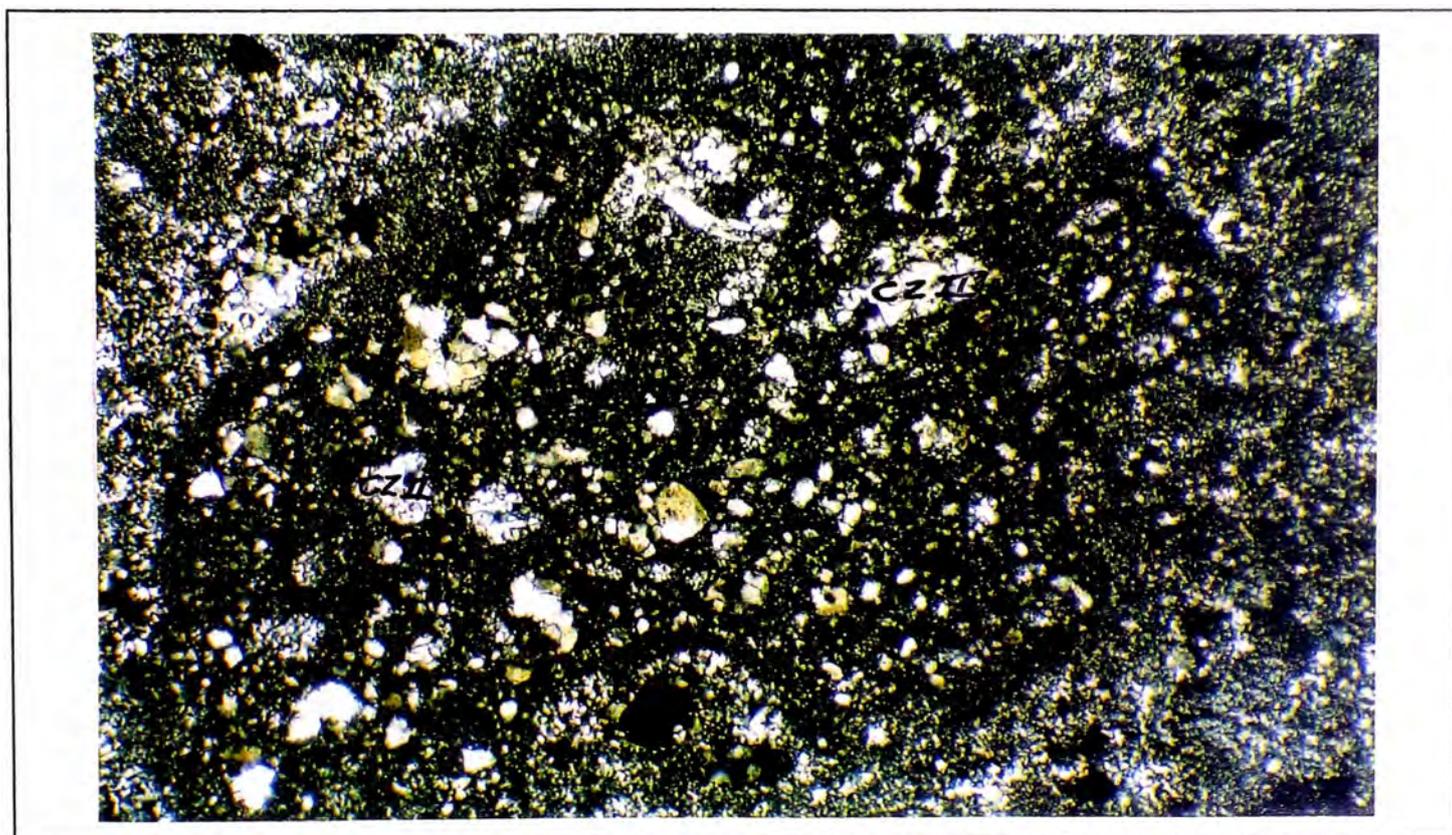


Foto No 11 Roca porfírica silice vuggy.



Foto No 12 Aumento 300x NX
Fenocristal de cuarzo primario (cz I) con bordes corroídos en matriz intensamente silicificada (cz III). Estudiado por el INGEMMET.

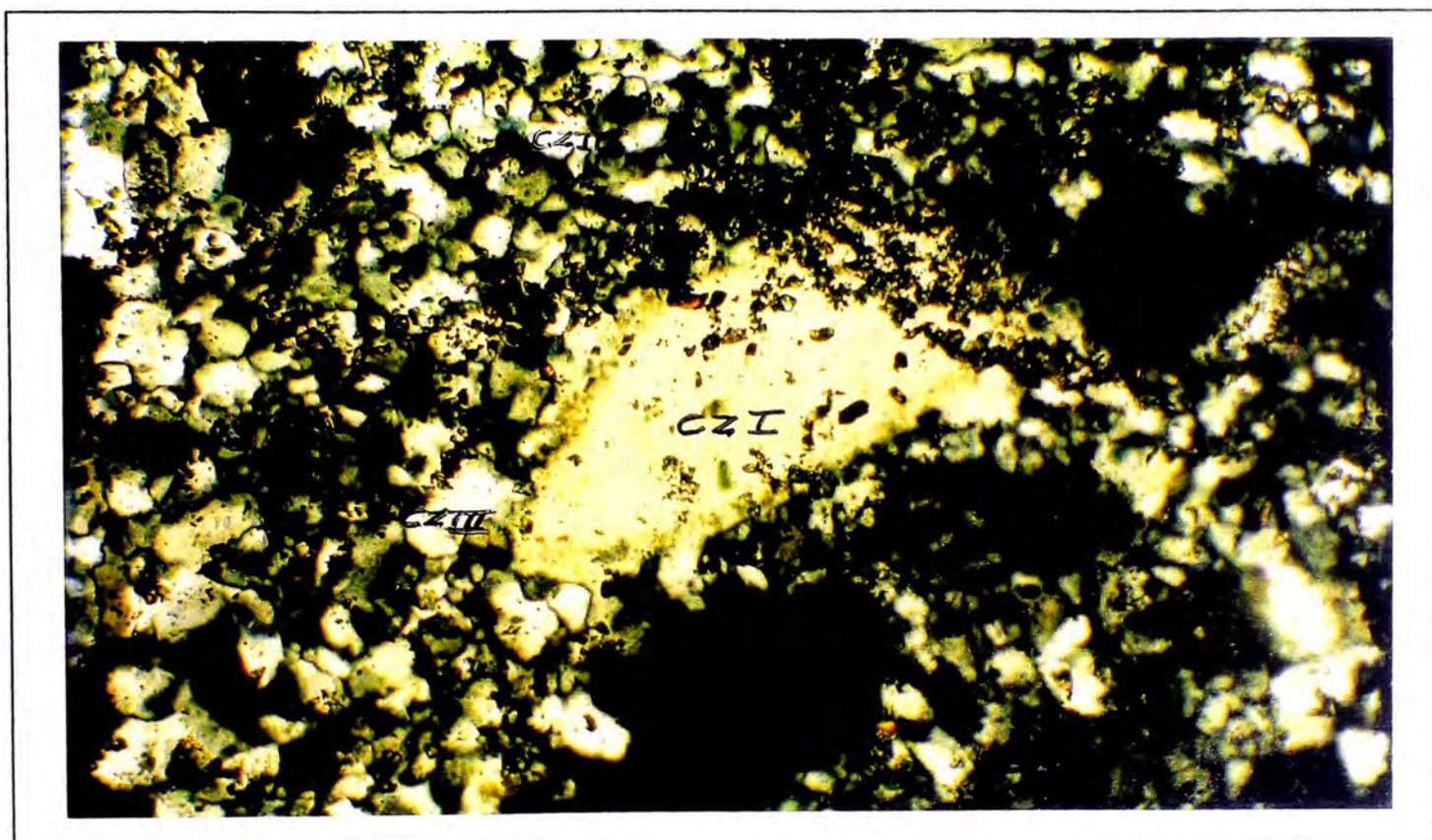


Foto No 13 Roca porfirítica con alteración sílice-alunita.



Foto No 14 Aumento 150x NX
Molde de fragmento alterado por cuarzo (cz II), otros por alunita (aln I) en matriz alterada por cuarzo y alunita (cz III, aln II). Estudiado por el INGEMMET.

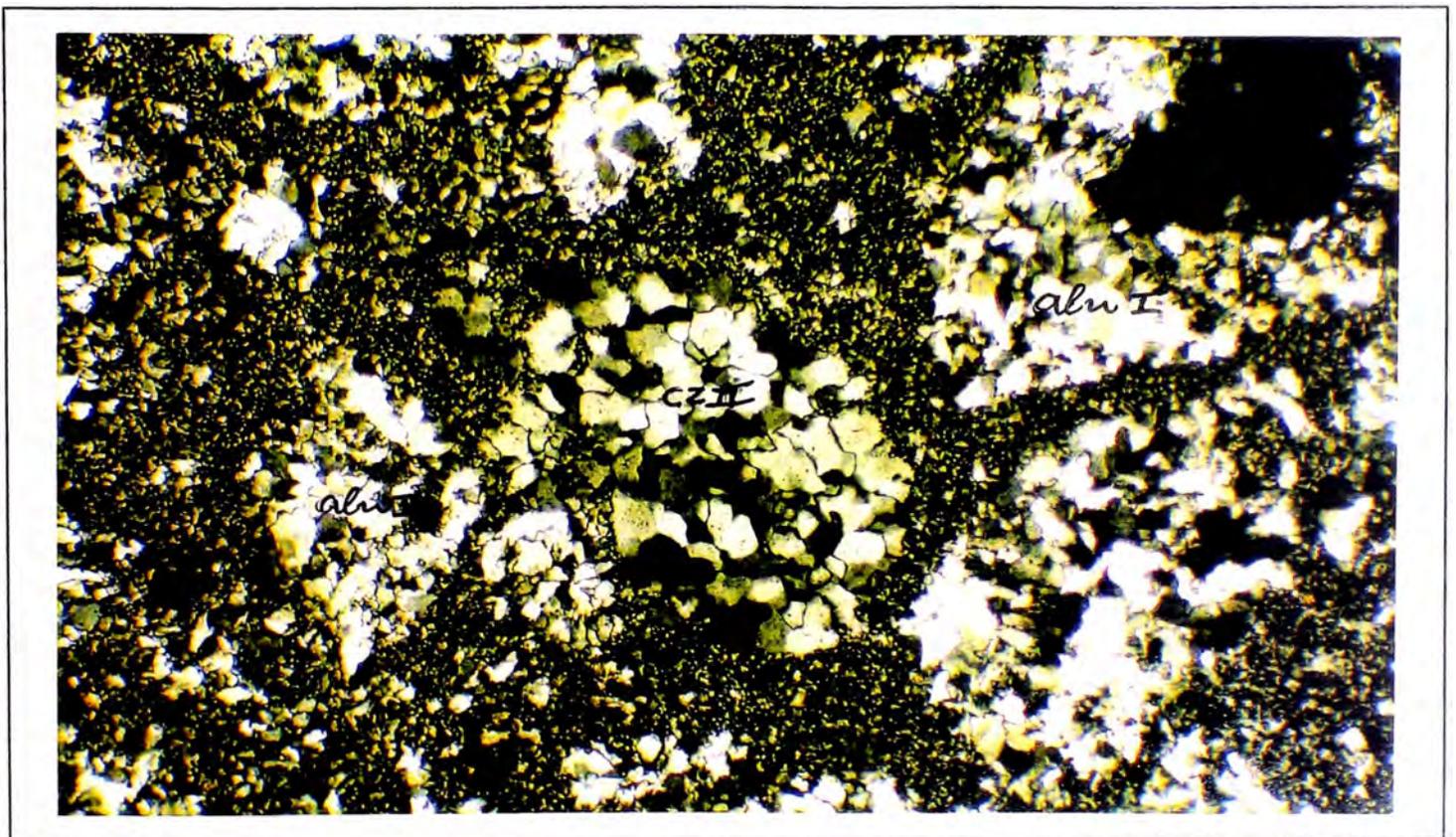


Foto No 15 Roca porfirítica con alteración sílice-caolín



Foto No 16 Aumento 300x NX
Fragmento sericitizado (ser) en matriz alterada por cuarzo, sericita y cloritas (cz III-ser-CLOs). Se observan minerales opacos (Ops) diseminados. Estudiado por el INGEMMET.

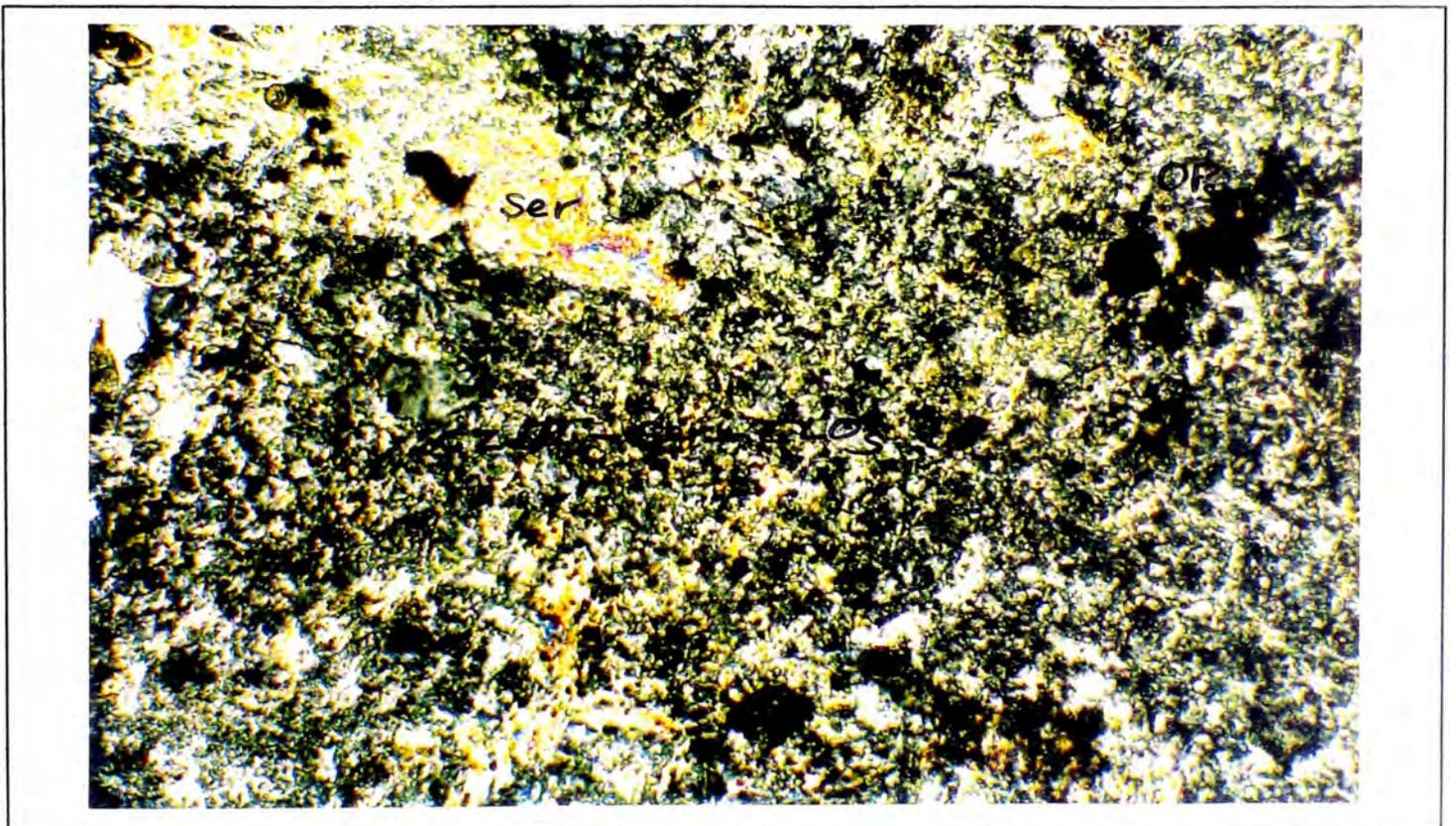


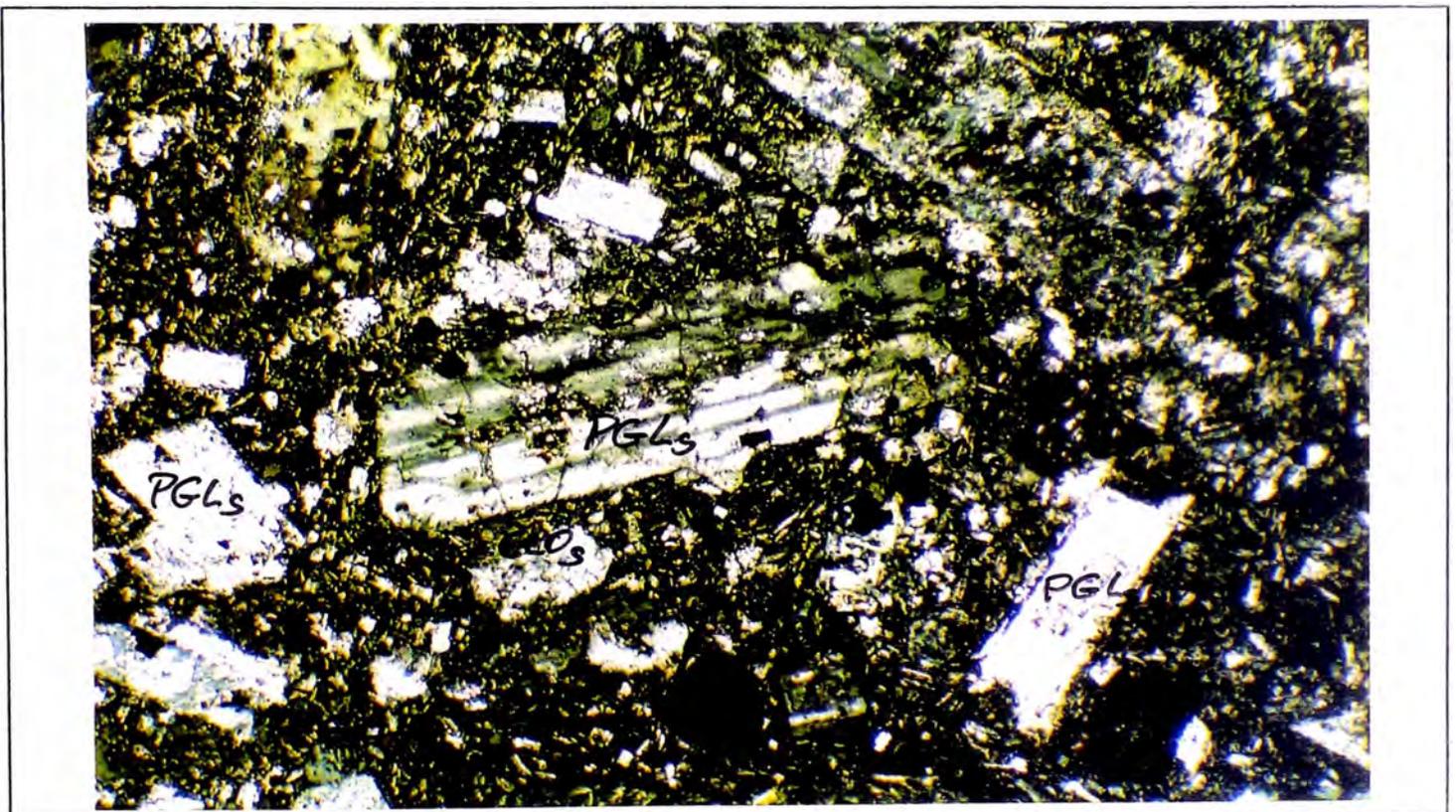
Foto No 17 Roca porfírica caolín-pirita.



Foto No 18 Roca porfiritica (andesita).



Foto No 19 Aumento 75x NX
Fenocristales maclados de plagioclasas (PGLs) en matriz constituida por plagioclasas y cloritas intersticiales (PGLs-CLOs). Se encuentran minerales opacos (Ops) diseminados. Estudiado por el INGEMMET.





SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE PETROMINERALOGIA
ESTUDIO PETROGRAFICO**

PROCEDENCIA: Cía. Minera Yanacocha
MUESTRA ORIGEN Foto 2
COORDENADAS:
ESTUDIADO POR: Rosa E. Andrade
FECHA: Marzo 1998

REMITENTE:
CLAVE DE LABORATORIO: 27029802

FIRMA

DESCRIPCION

DENOMINACION: TUFO DE CRISTALES
(Procedencia original):

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

COLOR: Gris claro
GRANULARIDAD: Fina (matriz) a media (fragmentos)
DENSIDAD:
POROSIDAD: No se observa
TIPO DE FRACTURAMIENTO:
GRADO DE COHESION Alta
ESQUISTOSIDAD: Ausente
TINCION: Feldespato potásico: Negativo
Plagioclasa:
REACCION AL ACIDO CLORHIDRICO:
OTRAS CARACTERISTICAS:

ESTUDIO MICROSCOPICO

TEXTURAS: Cristales y fragmentos de plagioclasas angulosos y subangulosos, moldes de cristales de máficos y fragmentos líticos en matriz micro a criptocristalina de plagioclasas, cuarzo, cloritas, carbonatos, vidrio y arcillas.

MINERALOGIA: Esenciales: PGLs.
(componentes)

Accesorios: czIII, CLOs, CBs, OPs, ser, ANFs, Vd, ARCs, czI, czII, ap, LIMs, zir.

Secundarios: czIII, CLOs, CBs, ser, ARCs, czII, LIMs.

Residuales: Moldes de máficos alterados por cloritas, carbonatos y limonitas.

ALTERACIONES: Silicificación, cloritización, carbonatación débiles; sericitización, argilitización muy débiles; limonitización incipiente.

OBSERVACIONES:

- Cristales y fragmentos de plagioclasas, de anfíboles, biotitas y fragmentos de andesita en matriz micro a criptocristalina en la que se observa plagioclasas, cuarzo, cloritas, carbonatos, vidrio y arcillas.
- Ocurren carbonatos alterando a plagioclasas, a moldes de fenos, a la matriz y rellenando cortas venillas.
- Cristales euhedrales de apatito con tamaños menores de 0.04mm, y de zircón como inclusiones en plagioclasas.
- Trazas de limonitas impregnadas a carbonatos y alterando a algunos opacos.

27029802

MINERALES FRAGMENTO CLASTO	RANGO PREDOMINANTE DE TAMAÑO (mm)	%	FORMA							MODO DE OCURRENCIA										CARAC. ESPECIAL						ALTERADO	OTRAS CARACTERISTICAS								
			Euhedral	Subhedral	Anhedral	Redondeado	Subredondeado	Subangulos	Angulos	Aciculos	Radial	Granulos / Blastos	Agregados / Densos	Diseminados	Fenos	Pasta	Clastos	Fragmentos	Matriz	Cemento	Intersticial	Cavidades	Venas	Capitales	Orientados			Maculados	Zonados	Deformados	Rotos	Pulverizado	Corrido	Residual	Crítico cristalino
Plagioclasas	1.60	67					X	X								X									X	X								ser, CBs	Microfracturados
Anfiboles	1.02	1		X										X							X												CBs, CLOs, LIMs.		
Cuarzo I	0.25	1			X							X																						Intercrecido con plagioclasas	
Cuarzo II	0.03	Trz		X						X																								Altera a fragmentos	
Cuarzo III	0.01	8		X						X						X																			
Minerales opacos	0.24	3	X	X							X																								
Biotitas	0.37	Trz		X								X																						Flexionados	
Sericita		2		X						X						X		X	X															En microfracturas de plagioclasas	
Carbonatos		7		X						X						X		X	X														LIMs	Rellenan microfracturas de plagioclasas	
Cloritas		8		X					X	X						X		X	X															Alteran moldes y rellenan microfracturas de plagioclasas	
Arcillas		1								X						X															X				



SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE PETROMINERALOGIA
ESTUDIO PETROGRAFICO**

PROCEDENCIA: Cía. Minera Yanacocha
MUESTRA ORIGEN: Foto 5
COORDENADAS:
ESTUDIADO POR: Rosa E. Andrade
FECHA: Marzo 1998

REMITENTE:
CLAVE DE LABORATORIO: 27029803

FIRMA

DESCRIPCION

DENOMINACION: TUFO DE LAPILLI INTENSAMENTE SILICIFICADO
(Posible roca original)

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

COLOR: Fragmentos grises claros en matriz crema parduzca.
GRANULARIDAD: Fina
DENSIDAD:
POROSIDAD: Abundantes poros submilimétricos a milimétricos.
TIPO DE FRACTURAMIENTO: Irregular
GRADO DE COHESION: Alta
ESQUISTOSIDAD: Ausente
TINCION: Feldespato potásico: Negativo
Plagioclasa:
REACCION AL ACIDO CLORHIDRICO:
OTRAS CARACTERISTICAS:

ESTUDIO MICROSCOPICO

TEXTURAS: Granular alotriomórficas del cuarzo

MINERALOGIA: Esenciales: czIII, czII
(componentes)
Accesorios: hm, LIMs, jar, czIV, czI, cad, rt, zir.
Secundarios: czIII, czII, hun-LIMs, jar, czIV, ccd.
Residuales: Pseudomorfos de hematita (moldes de opacos alterados por hematita).

ALTERACIONES: Silicificación muy intensa; oxidación, jarositización incipientes.

OBSERVACIONES

Ocurren moldes de cristales y de fragmentos líticos silicificados en matriz alterada por cuarzo de menor granulometría.
Se hallan cortas y escasas venillas de cuarzo y calcedonia.
Cristales euhedrales y subhedrales de jarosita distribuidos en la muestra. Se hallan alterados por óxidos de hierro.



SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE PETROMINERALOGIA
ESTUDIO PETROGRAFICO**

PROCEDENCIA: Cía. Minera Yanacocha
MUESTRA ORIGINAL: Foto 7
COORDENADAS:
ESTUDIADO POR: Rosa E. Andrade
FECHA: Marzo 1998

REMITENTE:
CLAVE DE LABORATORIO: 27029805

FIRMA *Rosa E. Andrade*

DESCRIPCION

DENOMINACION: TUFO INTENSAMENTE SILICIFICADO
(Posible roca original)

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

COLOR: Fragmentos blanquecinos y pardos en matriz gris.
GRANULARIDAD: Fina
DENSIDAD:
POROSIDAD: Abundante, algunas cavidades rellenas por azufre.
TIPO DE FRACTURAMIENTO:
GRADO DE COHESION : Alta
ESQUISTOSIDAD: Ausente
TINCION: Feldespato potásico: Negativo
Plagioclasa:
REACCION AL ACIDO CLORHIDRICO:
OTRAS CARACTERISTICAS:

ESTUDIO MICROSCOPICO

TEXTURA/S : Granular alotriomórfica del cuarzo.
MINERALOGIA: Esenciales : czIII, czII.
(componentes)
Accesorios : czIV, hm-LIMs, czV, OPs, czI, ARCs, LCX, rt, zir.
Secundarios: czIII, czII, czIV, hm-LIMs, czV, ARCs, LCX.
Residuales : Moldes de opacos limonitizados y leucoxenitizados.

ALTERACIONES: Silicificación intensa; oxidación débil; argilitización, leucoxenitización incipientes.

OBSERVACIONES:

Se observa moldes de cristales y de fragmentos silicificados en matriz alterada por cuarzo de menor granulometría.
Cavidades rellenas por cuarzo y limonitas.
Ocurren escasos opacos diseminados, en intersticios y bordes de cavidades.
Vena de cuarzo atravieza la muestra.
Cristal euhedral de zircón de 0.10mm.



SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE PETROMINERALOGIA
ESTUDIO PETROGRAFICO**

PROCEDENCIA: Cía. Minera Yanacocha
MUESTRA ORIGINAL: Foto 9
COORDENADAS:
ESTUDIADO POR: Rosa E. Andrade
FECHA: Marzo 1998

REMITENTE:
CLAVE DE LABORATORIO: 27029804

FIRMA

DESCRIPCION

DENOMINACION: TUFO INTENSAMENTE SILICIFICADO
(Posible roca original)

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

COLOR: Fragmentos blanquecinos y parduzcos en matriz de color gris.
GRANULARIDAD: Fina.
DENSIDAD:
POROSIDAD: Cavidades submilimétricas a milimétricas, algunas rellenas por calcedonia.
TIPO DE FRACTURAMIENTO:
GRADO DE COHESION Alta
ESQUISTOSIDAD: Negativa
TINCION: Feldespato potásico: Negativo
Plagioclasa:
REACCION AL ACIDO CLORHIDRICO:
OTRAS CARACTERISTICAS:

ESTUDIO MICROSCOPICO

TEXTURAS: Granular alotriomórfica del cuarzo.
MINERALOGIA: Esenciales: czIII, czIV.
(componentes)
Accesorios: czII, LIMs-hm, rt, czV, czI, ARCs, ccd, ep, jar, CBs, zir.
Secundarios: czIII, czIV, czII, LIMs-hm, czV, ccd, ep, jar, CBs.
Residuales:

ALTERACIONES: Silicificación intensa; limonitización, epidotización, jarositización incipientes.

OBSERVACIONES:

- Roca intensamente silicificada, en la que se observa moldes de fragmentos líticos con escasos cristales de cuarzo primario (czI).
- Ocurren moldes posiblemente de magnetita alterados por rutilo y limonitas.
- Se halla calcedonia relleno de cavidades, en cantidades trazas.
- Finas y cortas venillas de cloritas.
- Trazas de jarosita alteran moldes de máficos.
- Se observó un cristal de zircón de 0.07mm.



SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE PETROMINERALOGIA
ESTUDIO PETROGRAFICO**

PROCEDENCIA: Cía. Minera Yanacocha
MUESTRA ORIGINAL: Foto 11
COORDENADAS:
ESTUDIADO POR: Rosa E. Andrade
FECHA: Marzo 1998

REMITENTE:
CLAVE DE LABORATORIO: 27029806

FIRMA

DESCRIPCION

DENOMINACION: TUFO INTENSAMENTE SILICIFICADO
(Posible roca original)

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

COLOR: Gris claro.
GRANULARIDAD: Fina
DENSIDAD:
POROSIDAD: Abundante
TIPO DE FRACTURAMIENTO: No presenta
GRADO DE COHESION : Alta
ESQUISTOSIDAD: Ausente
TINCION: Feldespato potásico: Negativo
Plagioclasa:
REACCION AL ACIDO CLORHIDRICO:
OTRAS CARACTERISTICAS:

ESTUDIO MICROSCOPICO

TEXTURAS : Granular alotriomórfica del cuarzo

MINERALOGIA: Esenciales : czIII.
(componentes)
Accesorios : czII, LIMs, ARCs, LCX, OP, czI, rt, ep.
Secundarios: czIII, czII, LIMs, ARCs, LCX, ep.
Residuales : Moldes de micas y opacos limonitizados y leucoxenitizados.

ALTERACIONES: Silicificación intensa; limonitización, argilitización muy débiles; leucoxenitización incipiente.

OBSERVACIONES

-La roca se presenta intensamente silicificada en la que se observa moldes de fragmentos también alterados por cuarzo pero de mayor granulometría.
-Ocurren moldes de micas limonitizados y leucoxenitizados con relictos de rutilo.



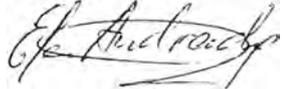
SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE PETROMINERALOGIA
ESTUDIO PETROGRAFICO**

PROCEDENCIA: YANACOCHA S.A.
MUESTRA ORIGINAL: Foto 13
COORDENADAS: 325-3 39.2 m
ESTUDIADO POR: Ing. Rosa E. Andrade Talledo
FECHA: Lima, Mayo de 1998

REMITENTE O/T N° 127 - 98
CLAVE DE LABORATORIO 13059801
FIRMA 

DESCRIPCION

DENOMINACION: ROCA INTENSAMENTE ALTERADA POR ALUNITA Y CUARZO
(Posible roca Original)

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

COLOR: Fragmentos de color crema a blanquecino en matriz gris clara con impregnaciones rojizas (OXsFe).
GRANULARIDAD: Muy fina.
DENSIDAD:
POROSIDAD: Ocurren porosidades milimétricas
TIPO DE FRACTURAMIENTO: Fracturas irregulares rellena por LIMs
GRADO DE COHESION: Alto.
ESQUISTOSIDAD:
TINCION: Feldespato potásico:
Plagioclasa:
REACCION AL ACIDO CLORHIDRICO:
OTRAS CARACTERISTICAS:

ESTUDIO MICROSCOPICO

TEXTURA/S: Moldes de fragmentos líticos y cristalinos alterados por cuarzo y alunita en matriz microgranular alterados por cuarzo con alunita intersticiales.
MINERALOGIA: Esenciales aln I, cz III, cz II.
(componentes)
Accesorios aln II, LIMs, ARCs, cz I, cz IV, aln III, rt, CPs, zir.
Secundarios: aln I, cz III, cz II, aln II, LIMs, ARCs, cz IV, aln III.
Residuales

ALTERACIONES: Alunitización, silicificación intensas; limonitización débil; argilitización incipiente

OBSERVACIONES:

- Fragmentos líticos y de cristales alterados por alunita y/o cuarzo con escasos fenos redondeados de cuarzo primario, en matriz silicificada con alunita intersticial.
- Cortas venillas rellenas por cuarzo y/o alunita.
- Se observa limonitas alterando escasos moldes y en bordes de éstos, así como en cortas venillas
- Agregado de rutilo ascicular en moldes limonitizados y distribuidos por toda la muestra.
- El porcentaje de fragmentos es de 60% y el de la matriz de 40% aproximadamente



SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE PETROMINERALOGIA
ESTUDIO PETROGRAFICO**

PROCEDENCIA: Cía. Minera Yanacocha
MUESTRA ORIGEN: Foto 15
COORDENADAS:
ESTUDIADO POR: Rosa E. Andrade
FECHA: Marzo 1998

REMITENTE:
CLAVE DE LABORATORIO: 27029807

FIRMA

DESCRIPCION

DENOMINACION: BRECHA INTENSAMENTE ALTERADA A CUARZO-SERICITA-CLORITAS
(Posible roca original):

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

COLOR: Fragmentos grises claros con leve tono pardo en matriz rojizo.
GRANULARIDAD: Fina (matriz) a gruesa en fragmentos.
DENSIDAD:
POROSIDAD: Ocurren pequeñas cavidades.
TIPO DE FRACTURAMIENTO: Fracturas irregulares rellenas por limonitas
GRADO DE COHESION : Alta
ESQUISTOSIDAD: Ausente
TINCION: Feldespato potásico: Negativo
Plagioclasa:
REACCION AL ACIDO CLORHIDRICO:
OTRAS CARACTERISTICAS:

ESTUDIO MICROSCOPICO

TEXTURAS : Brechosa

MINERALOGIA: Esenciales : czIII, ser, CLOs.
(componentes)

Accesorios : hm-LIMs, OP, czII, ARCs, czIV, czI, jar, LCX, zir.

Secundarios: czIII, ser, CLOs, hm-LIMs, czII, ARCs, czIV, jar, LCX.

Residuales : Moldes de opacos alterados hematita y leucoxeno.

ALTERACIONES: Silicificación, sericitización intensas; cloritización moderada; oxidación débil; argilitización, jarositización y leucoxenitización incipientes.

OBSERVACIONES:

- Moldes de fragmentos alterados por sericita y cuarzo, en matriz sericitizada y silicificada con moldes de opacos alterados por hematita.
- Se observan escasos cristales de muscovita alterados por hematitas a través de su clivaje.
- Ocurren trazas de jarosita en intersticios.
- Vena rellenas por óxidos de hierro , atravieza la muestra.
- Se observó un cristal euhedral de zircón de 0.04mm.



SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

**DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE PETROMINERALOGIA
ESTUDIO PETROGRAFICO**

PROCEDENCIA: Cía. Minera Yanacocha REMITENTE:
MUESTRA ORIGEN: Foto 18 CLAVE DE LABORATORIO: 27029808
COORDENADAS:
ESTUDIADO POR: Rosa E. Andrade FIRMA: *Rosa E. Andrade*
FECHA: Marzo 1998

DESCRIPCION

DENOMINACION: ANDESITA
(Posible roca original)

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

COLOR: Gris verdoso
GRANULARIDAD: Fina (matriz) a media (fenos)
DENSIDAD:
POROSIDAD: Escasos poros milimétricos
TIPO DE FRACTURAMIENTO:
GRADO DE COHESION : Alta
ESQUISTOSIDAD: Ausente
TINCION: Feldespato potásico: Negativo
Plagioclasa:
REACCION AL ACIDO CLORHIDRICO:
OTRAS CARACTERISTICAS:

ESTUDIO MICROSCOPICO

TEXTURAS : Porfirítica

MINERALOGIA: Esenciales : PGLs, CLOs.
(componentes)
Accesorios : OPs, ser, czll, LIMs, CBs, LCX, mus, czl, aln, zir.
Secundarios: CLOs, ser, czll, LIMs, CBs, LCX.
Residuales : Moldes de máficos alterados por cloritas, carbonatos y limonitas-
Moldes de opacos leucoxenitizados.

ALTERACIONES: Cloritización moderada; sericitización, silicificación débiles, limonitización, carbonatización y leucoxenitización incipientes.

OBSERVACIONES

-Fenocristales de plagioclasas débilmente alterados por sericita, limonitas, cloritas y carbonatos en matriz microcristalina de plagioclasas con cloritas intersticiales.
-Moldes de máficos alterados por cloritas, carbonatos y limonitas; y moldes de opacos limonitizados y leucoxenitizados.
Cristales euhedrales y subhedrales de apatito con tamaño promedio de 0.10mm. en cantidades trazas.

MINERALES FRAGMENTO CLASTO	RANGO PREDOMINANTE DE TAMAÑO (mm)	%	FORMA							MODO DE OCURRENCIA										CARAC. ESPECIAL							ALTERADO	OTRAS CARACTERISTICAS						
			Euhedral	Subhedral	Anhedral	Redondeado	Subredondeado	Subangulosos	Angulosos	Aciculosos	Radial	Granulosos/Blastos	Agregados/Densos	Diseminados	Fenos	Pasta	Clastos	Fragmentos	Matriz	Cemento	Intercsticial	Cavidades	Venas	Capitadas	Orientadas	Macclados			Zonados	Deformados	Rotos	Pulverizado	Corrido	Residual
Plagioclasas	< 2.00	75	x	x								x				x								x	x								ser,CLOs,LIM	Microfracturadas
Minerales Opacos	0.08	4	x	x	x						x																						LIMs	
Muscovita	0.20	Trz		x								x																					LIMs	
Cloritas	0.05	15			x					x	x					x	x	x																
Sericita	0.006	4			x						x							x																En microfracturas de plagioclasas
Cuarzo I	0.50	Trz				x						x																						
Cuarzo II	0.32	2			x						x																							Altera moldes de fenos. Rellena escasas microfracturas.
Carbonatos		Trz			x						x																						LIMs	Alteran moldes de máficos.
Leucoxeno		Trz			x																													Alteran moldes de opacos.
Limonitas		< 1			x																													Alteran a minerales opacos y moldes de fenos.



SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geològico Minero y Metalùrgico

DIRECCION DE LABORATORIOS

(ANALISIS MINERALOGICO POR DIFRACCION DE RAYOS X)

REPORTE No.24-97-DL-LRX

SOLICITADO POR

PROCEDENTE DE

MINERA YANACOCHA

NO. DE MUESTRAS

09

FECHA

Lima, 6 de Marzo de 1998

RESULTADOS DE LA MUESTRA Foto 2

Nº	MINERAL	CONCENTR. %	GRUPO	FORMULA
1	KAMERERITA (CLORITA)	8.83	SILICATO	(MgFeCrAl)(SiAl)O(O
2	MUSCOVITA-2M1	1.32	FILOSILICATO	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F
3	ANFIBOL (CROSITA)	1.80	SILICATO	NaCaKFeMgMnAlTiSiOH
4	CUARZO ALFA	20.85	OXIDO	SiO ₂
5	PLAGIOCLASA	60.55	ALUMINO SILICATO	Na-Al-Si-O-Ca-Al-Si
6	ALUNITA	1.11	SULFATO	Al ₂ (SO ₄),H ₂ O
7	DOLOMITA	2.27	CARBONATO	CaMg(CO ₃) ₂
8	HEMATITA	1.33	OXIDO	Fe ₂ O ₃
9	PIRITA	1.94	SULFURO	FeS ₂

**RESULTADOS DE LA MUESTRA Foto 5**

N°	MINERAL	CONCENTR. %	GRUPO	FORMULA
1	AMORFO	3.01		
2	CUARZO ALFA	96.10	OXIDO	SiO ₂
3	PLUMBOJAROSITA	0.89	SULFATO	PbFe(SO ₄) ₄ (OH) ₁₂

RESULTADOS DE LA MUESTRA Foto 7

N°	MINERAL	CONCENTR. %	GRUPO	FORMULA
1	AMORFO	2.45		
2	AZUFRE	1.24	AZUFRE	S
3	CUARZO ALFA	96.31	OXIDO	SiO ₂

RESULTADOS DE LA MUESTRA Foto 9

N°	MINERAL	CONCENTR. %	GRUPO	FORMULA
1	AMORFO	3.08		
2	AZUFRE	0.17	AZUFRE	S
3	CUARZO ALFA	96.75	OXIDO	SiO ₂

RESULTADOS DE LA MUESTRA Foto 11

N°	MINERAL	CONCENTR. %	GRUPO	FORMULA
1	PALIGORSKITA	0.84	SILICATO	Mg ₅ Si ₈ O ₂₀ (OH) ₂ ·8H ₂ O
2	AMORFO	3.52		
3	AZUFRE	0.12	AZUFRE	S
4	CUARZO ALFA	94.98	OXIDO	SiO ₂
5	CALCITA	0.54	CARBONATO	CaCO ₃



SECTOR ENERGIA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

RESULTADOS DE LA MUESTRA Foto 13

N°	MINERAL	CONCENTR. %	GRUPO	FORMULA
1	CUARZO	31.20	OXIDO	SiO ₂
2	ALUNITA	68.80	SULFATO	(K, Na) Al ₃ (SO ₄) ₂ (OH) 4

RESULTADOS DE LA MUESTRA Foto 15

N°	MINERAL	CONCENTR. %	GRUPO	FORMULA
1	MUSCOVITA-2M1	10.91	FILOSILICATO	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F
2	ALUMINOFARMACOSIDER	0.44	ARSENATO	BaAl ₄ (AsO ₄) ₃ (OH) _{5.5}
3	CHAMOSITA CLORITA	12.63	ALUMINO SILICATO	FE-Mg-Al-Si-Al-O-OH
4	CUARZO ALFA	71.28	OXIDO	SiO ₂
5	CIPRUSITA (CARFOSID	4.46	SULFATO	(H ₂ O)Fe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₅
6	HEMATITA	0.28	OXIDO	Fe ₂ O ₃

RESULTADOS DE LA MUESTRA Foto 18

N°	MINERAL	CONCENTR. %	GRUPO	FORMULA
1	MUSCOVITA-2M1	0.83	FILOSILICATO	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F
2	GROCHAUTA (CLORITA	5.98	SILICATO	Mg-Fe-Al-Si-Al-O-OH
3	CUARZO ALFA	40.56	OXIDO	SiO ₂
4	PLAGIOCLASA ALBITA	50.53	SILICATO	NaAlSi ₃ O ₈
5	ALUNITA	1.02	SULFATO	Al ₂ (SO ₄) ₂ .H ₂ O
6	PIRITA	1.08	SULFURO	FeS ₂

Ing° RUF0 PAREDES PACHECO
Director de Laboratorio
INGEMMET

Espec. PALERMO CARRASCO G.
Labs. de Rayos X y Anals. Multielemental
INGEMMET