

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



***GEOLOGIA DEL YACIMIENTO EPITERMAL DE ORO  
DE EL TAPADO – YANACOCCHA  
CAJAMARCA – PERU***

**INFORME DE INGENIERIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO GEOLOGO**

**Por:**

***MIGUEL ANGEL RUTTI VILLAYZAN***

**Lima – Perú  
2000**

**DEDICATORIA :**

***Dedicado a los seres que más quiero  
Que son mi Esposa é Hijo  
Dina y Angello***

***Que el señor los bendiga.....  
Por siempre.***

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi sincero agradecimiento a la COMPAÑIA MINERA YANACOCCHA S.R.L. por haberme permitido presentar este trabajo de Ingeniería titulado:

**“ GEOLOGIA DEL YACIMIENTO EPITERMAL DE ORO  
DE EL TAPADO – YANACOCCHA  
CAJAMARCA – PERU “**

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

Dejo circunstancia de mi reconocimiento a Thomas Klein, geólogo con quien trabajé en este Proyecto, así como también a, Marx Goldie, Jorge Barreda, Romina Pinillos, Miguel Morera, Jaime Gomez, Percy Guerreros, Denis Chonon, Luis Chonon 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 domo 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 El Tapado está ubicado en el sector oeste central del campo volcánico que encierra Yanacocha y la característica principal es que se encuentra cubierto por el depósito de La Quinoa Aluviales con un espesor de 20-80 metros en profundidad desde superficie; cubre en área aproximada de 0.5 km<sup>2</sup> y tiene una elongación al NE-SW, según un sistema de estructuras que controlan la mineralización. El sistema fue inicialmente identificado por taladros de diamantina programados para el depósito La Quinoa Aluviales y posteriormente evaluado por anomalías geofísicas. Está asociado a un centro volcánico de rocas freáticas y freatomagmáticas pertenecientes a un horst geológico, limitadas por fallas NW-SE, estas rocas la cual han sufrido posteriormente alteración hidrotermal, típica de un sistema ácido-sulfato.

La mineralización está controlada principalmente por brechas freáticas y freatomagmáticas y algunos dikes porfiríticos afectadas por fases hidrotermales, la alteración lo constituyen el sílice oxido, vuggy silica; sílice masiva fracturada y en menor grado sílice-alunita y granular ( moderada a baja ley ).

El tapado a desarrollado un nuevo sistema en el área de exploraciones en Yanacocha y es por eso que como parte de nuestros nuevos objetivos en el futuro son áreas cubiertas.

# PROYECTO EL TAPADO

## INDICE

### I – GENERALIDADES

1.1	INTRODUCCION .....	1
1.2	OBJETIVOS .....	1
1.3	UBICACION Y ACCESIBILIDAD .....	2
1.4	CLIMA Y VEGETACION .....	3
1.5	ASPECTO GEOMORFOLOGICO .....	3

### II – ANTECEDENTES

2.1	EN EL DISTRITO MINERO DE YANACUCHA	7
2.1.1	Periodo pre-hispánico y Colonial .....	7
2.1.2	Exploración Moderna .....	7
2.2	EN EL TAPADO PRE-1998 .....	9
2.2.1	Geofísica pre-1998 .....	9
2.2.2	Campaña RCD del proyecto La Quinua .....	10
2.2.3	Campaña DDH del proyecto La Quinua .....	10

### III – GEOLOGIA REGIONAL Y DISTRITAL

3.1	GEOLOGIA REGIONAL .....	13
3.2	SECUENCIA ESTRATIGRAFICA .....	16
3.2.1	Basamento Cretácico .....	16

3.2.2	Volcánicos Llama .....	16
3.2.3	Volcánicos Porculla .....	17
3.2.4	Volcánicos Huambo .....	17
3.3	GEOLOGIA DISTRITAL .....	19

## IV – GEOLOGIA LOCAL

4.1	CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO .....	21
4.2	LITOLOGIA .....	21
4.2.1	Rocas Porfíricas .....	21
4.2.2	Flujos Piroclásticos .....	22
4.2.3	Brechas Freáticas y Freatomagmáticas .....	23
4.3	RASGOS ESTRUCTURALES .....	25
4.4	ALTERACIONES HIDROTERMALES .....	26
4.4.1	Sílice Granular .....	26
4.4.2	Sílice Vuggy .....	27
4.4.3	Sílice Masiva .....	27
4.4.4	Argílica Avanzada .....	28
4.4.5	Argílica .....	28
4.4.6	Propilítica .....	28
4.5	GEOFISICA .....	29
4.6	MINERALIZACION .....	31
4.7	PERFORACION DIAMANTINA .....	32
4.7.1	Campaña de Perforación Diamantina .....	32
4.7.2	Campaña Final de Perforación Diamantina .....	32
4.8	SECCION GEOLOGICA .....	35
4.9	MODELO GEOLOGICO .....	37
4.10	EVOLUCION GEOLOGICA .....	38

## V – METALURGIA

<b>5.1</b>	<b>ANALISIS XRD Y XRF .....</b>	<b>41</b>
<b>5.2</b>	<b>PRUEBAS METALURGICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Prueba de Botellas .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Prueba de Columnas .....</b>	<b>47</b>

## VI – CALCULO DE RECURSOS

<b>6.1</b>	<b>DENSIDAD DE LA ROCA .....</b>	<b>49</b>
<b>6.2</b>	<b>CALCULO DE RECURSOS .....</b>	<b>53</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Método Manual por Secciones .....</b>	<b>53</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>55</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>56</b>

## VII – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

<b>7.1</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>7.2</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>7.3</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Plano de ubicación del Distrito Minero de Yanacocha en el Perú.
- Figura 2 Mapa de ubicación de El Tapado.
- Figura 3 Plano Geofísico: Airborne Magnetic.
- Figura 4 Plano Geofísico: Magnetic Survey.
- Figura 5 Plano Geológico Regional.
- Figura 6 Secuencia Estratigráfica.
- Figura 7 Mapa Geológico Generalizado de Yanacocha.
- Figura 8 Mapa Geológico de El Tapado.
- Figura 9 Mapa que muestra las Curvas Isovalóricas del producto de la Ley (ppm) por el Espesor (m).
- Figura 10 Sección Geológica Central representativa.
- Figura 11 Modelo Geológico de El Tapado.
- Figura 12 Evolución Geológica de El Tapado.
- Figura 13 Método Manual por Secciones para Calculo de Recursos.

## LISTA DE GRAFICOS

- Gráfico 1 Prueba de Botellas Metalúrgicas.
- Gráfico 2 Prueba de Columnas Metalúrgicas.
- Gráfico 3 Densidad en seco vs Número de Muestras (con alteraciones).
- Gráfico 4 Densidad en seco vs Número de Muestras (con leyes de oro).



## APENDICES

### A. FOTOS

- Foto 1 Vista panorámica de El Tapado ( mirando al NE ).
- Foto 2 Roca piroclástica (brecha piroclástica).
- Foto 3 Roca piroclástica, afectada por fluidizaciones hidrotermales.
- Foto 4 Brecha freática con alteración sílice vuggy - granular.
- Foto 5 Brecha crackel afectada por fluidos hidrotermales.
- Foto 6 Brecha crackel silicificada.
- Foto 7 Roca piroclástica (tufo lítico).
- Foto 8 Brecha freática con alteración sílice granular.
- Foto 9 Brecha freática – freatomagmática, silicificada.
- Foto 10 Brecha freatomagmática (Diatrema) con alteración caolín pirita.
- Foto 11 Roca porfírica propilitizada (andesita).
- Foto 12 Roca porfírica con alteración sílice vuggy.
- Foto 13 Brecha hidrotermal con silicificación masiva.
- Foto 14 Brecha freática con alteración sílice granular.
- Foto 15 Roca piroclástica con alteración sílice granular.
- Foto 16 Roca porfírica silicificada con alteración sílice-alunita.
- Foto 17 Dike porfírico afectada por fluidos hidrotermales, sílice vuggy.
- Foto 18 Brecha hidrotermal con silicificación masiva.
- Foto 19 Brecha hidrotermal con silicificación masiva- vuggy.
- Foto 20 Brecha freática con alteración sílice vuggy-granular.
- Foto 21 Brecha freática silicificada.

### B. ANÁLISIS PETROGRAFICO

Fotos 22, 23, 24, 25 y 26 Observaciones petrográficas de una Brecha Hidrotermal; heterolítica, sílice-alunita asociado a óxido de Fe.

Fotos 27, 28, 29, 30 y 31 Observaciones petrográficas de una Brecha Crackel; sílice masiva asociado a óxido de Fe.

# I – GENERALIDADES

## 1.1 INTRODUCCION

Por el trabajo de campo y la bibliografía existente, resumo aquí las principales características que gobiernan la mineralización de oro en El Tapado; 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.

Estudios Geofísicos é interpretaciones.

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 El Tapado. 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 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 48 km, siguiendo la carretera a Hualgayoc ( tomando un desvío hacia la derecha a la altura del kilómetro 32 ).

El Proyecto El Tapado se ubica en el sector oeste central del Distrito de Yanacocha ( Figura 2 ). Aproximadamente a 2 km al SW de la mina Yanacocha con una elevación comprendida entre los 3600 y 4000 m.s.n.m.

Las coordenadas UTM son las siguientes:

771,700 E - 772,700 E

9'226,000 N - 9'226,500 N

Comprende un área cercana a: 0.7 Km<sup>2</sup>

## **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 ( El Tapado ). En estos casos la geología muy detallada se complementa muy bien 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 algunas cumbres como Maqui Maqui, San José Sur y Yanacocha ( La Quinoa ).

En sectores las formas topográficas forman moderadas elevaciones ondulantes en las que se ubican las lagunas: Yanacocha, San José, Chaupicocha, Chaquicocha, Plateros, etc ( a la fecha algunos están secos por el desarrollo Mina ).

El drenaje de esta región muestra cierto grado de control estructural ENE y otra SE. Estos también predominan en la estructura geológica; sin embargo se tienen muchos casos en los que no se observa ningún control estructural evidente.

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 toman 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.

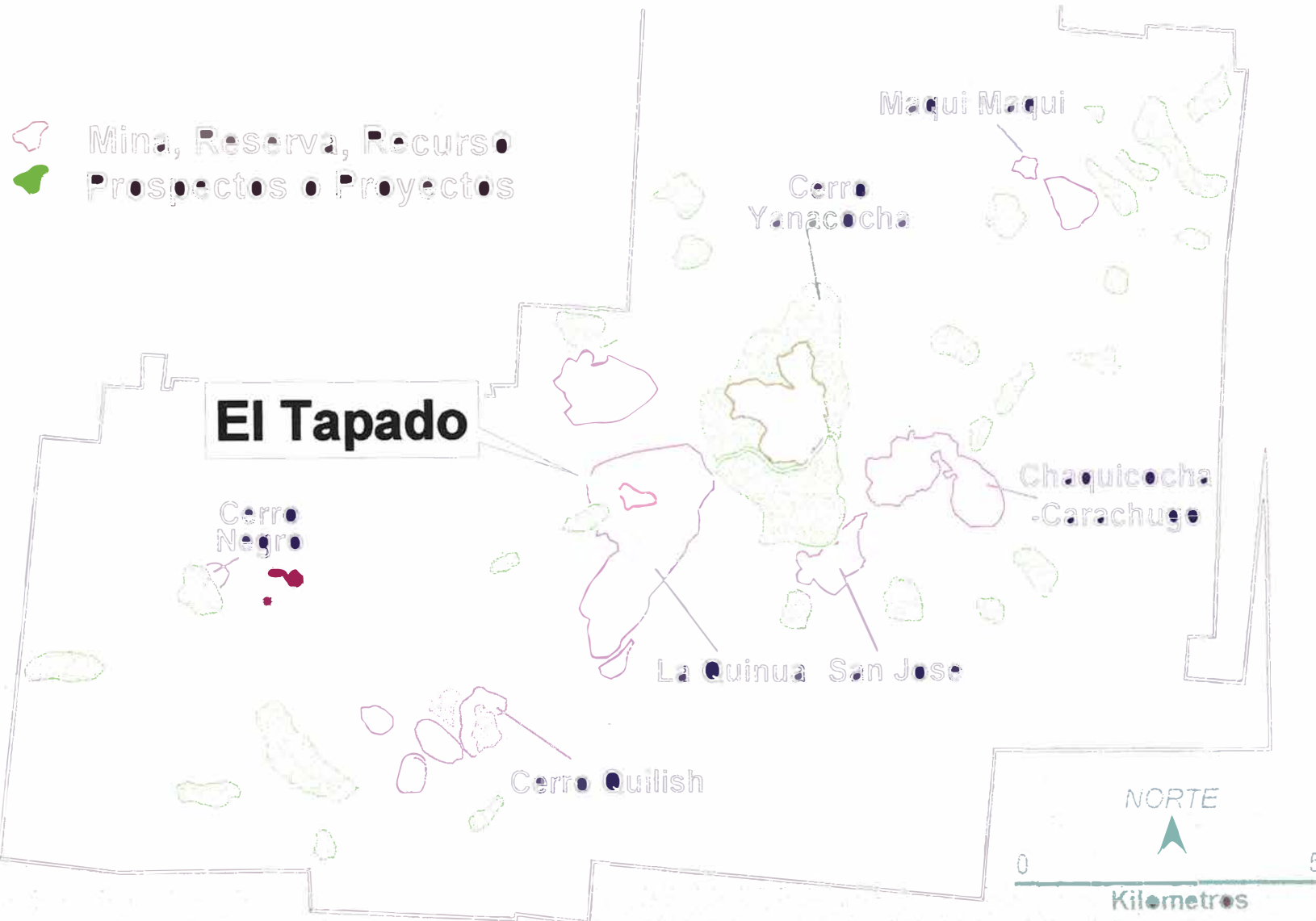
Esta área es el límite norte de la glaciación ocurrida en los Andes, por lo cual su intensidad fue relativamente baja ( M. Cardozo ).

# Mapa de Ubicación de Distrito Minero de Yanacocha en el Perú



Figura 1

# Mapa de Ubicación de El Tapado



## 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 50m x 100m. Halló anomalías de oro y plata en los Cerros Yanacocha Norte y Sur.
- **1986** Comienza el mapeo Distrital a una escala de 1:25,000 ; llegando hasta Cerro Negro y Cerro Quillish. 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 objetivo 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 1.3 millones de onzas Au. 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 de 2.5 millones de onzas Au.
- **1995** En septiembre termina la campaña exploratoria en San José Sur.
- **1996** En enero entra en producción el tercer Yacimiento San José Sur. En febrero la Cia. 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.
- **1997-98** Descubrimiento y desarrollo de campaña exploratoria de La Quinoa, El Tapado y Chaquicocha Sur.
- **1998** En mayo finaliza la etapa de exploración de La Quinoa. En noviembre finaliza la etapa de exploración de El Tapado.
- **1999** Inicia un programa de exploración denominado La Quinoa Basamento con el objetivo de descubrir depósitos cubiertos similares a El Tapado, con el descubrimiento de Corimayo.
- **2000** Se constituye la Compañía Minera Yanacocha S.R.L. y en febrero llega a los 6 millones onzas de producción.

## 2.2 ANTECEDENTES EN EL TAPADO

El Proyecto El Tapado es un depósito muy especial en el Distrito de Yanacocha, por la característica principal de estar cubierto por material de erosión ( coluvial, aluvial, morrena, etc. ). Es por eso que los patrones de exploración fundamentales que nos llevó a su descubrimiento y desarrollo fueron los diferentes métodos de prospección geofísica y la campaña de perforación por diamantina ( core ) y aire reverso ( RCD ).

### 2.2.1 Geofísica pre-1998

La campaña Geofísica pre-1998 fueron realizados con el objetivo de cubrir áreas distritales y como fase inicial, parte del proyecto La Quinua. Los más importantes métodos de prospección fueron el Airborne Magnetic y Magnetic Survey.

#### a. Airborne Magnetic Survey ( Figura 3 ).

En 1994, Newmont realizo un estudio geofísico aerotransportado (Airborne Magnetic) que consistió en un magnetómetro y un espectrómetro en un helicóptero Lama SA 315. Los fondos regionales lo conformaron líneas con 500 m de separación, se detallo la información de un área de 120 km<sup>2</sup> sobre los depósitos de Yanacocha. Estos estudios se realizaron con líneas Oeste-Este, manteniendo una altura aproximada de 100 m sobre la tierra. ( Wiles, 1994 ).

Los resultados muestran la relación directa con los controles estructurales en el distrito: N 60° E y NW.

#### a. Magnetic Survey ( Figura 4 ).

En Mayo de 1996 se realizó como parte de la campaña Geofísica del distrito Yanacocha, un programa de prospección magnética sobre la superficie; cubriendo un área de 5 km<sup>2</sup>. Este trabajo se realizó por el departamento Geofísico de Newmont – Yanacocha, por el cual El Tapado es cubierto por parte del programa. A partir de los datos se realizó la interpretación según los valores y correlacionando grados de alteración de la roca.

Anomalías de bajo magnético < 0.0 gammas: Rocas alteradas / Sílice  
 Anomalías de alto magnético > 0.0 gammas: Rocas inalteradas/ Mag.

### **2.2.2 Campaña RCD del proyecto La Quinua**

Esta primera campaña de perforación por aire reverso de 1997, que comprendió 139 taladros verticales, tuvo como objetivo principal, extender el depósito del material de cobertura ( La Quinua ) con mineralización; la cual, la primera evidencia de El Tapado fue originada por un taladro: LQ-069, encontrando roca sílicea del basamento a partir de 22 metros con respecto a la superficie con resultados anómalos:

LQ-069 ( 65.0 m )      7 m/ 0.757 ppm Au/ 58-65 m

### **2.2.3 Campaña DDH del proyecto La Quinua**

Esta primera campaña de perforación diamantina por exploraciones de 1997, que comprendió 06 taladros, tuvieron objetivos geológicos sobre La Quinua; 03 de ellos por las evidencias del taladro LQ-069 (El Tapado), 01 vertical y 02 inclinados ( - 55° W ) para obtener una mayor información geológica en sentido horizontal y vertical. Estos taladros obtuvieron los siguientes resultados:

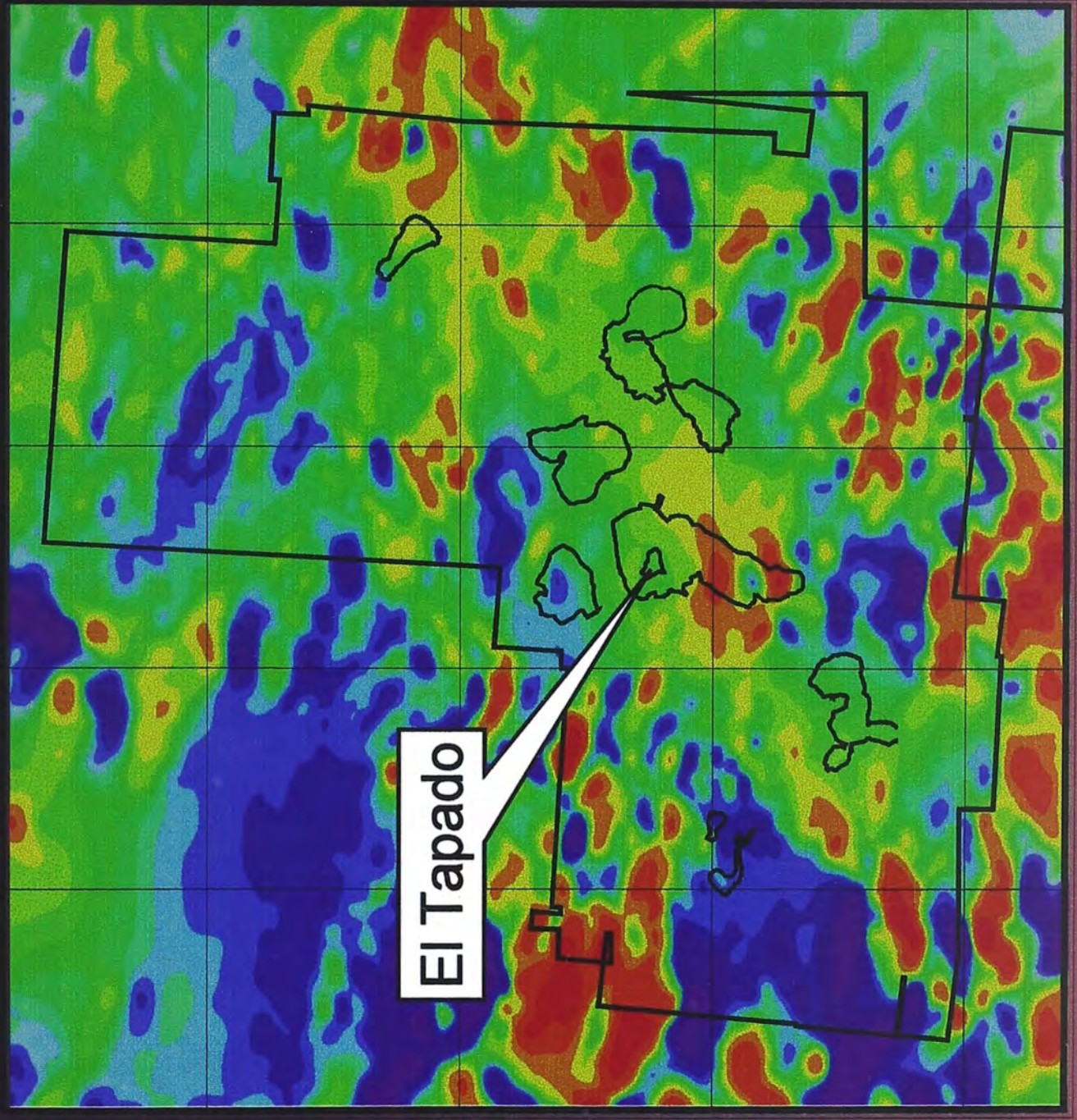
LQ-091 ( 409.0 m )      111.5 m/ 3.10 ppm Au/ 44.5-156 m

LQ-097 ( 405.0 m )      2 m/ 0.53 ppm Au/ 326-328 m

LQ-135 ( 321.5 m )      84.4 m/ 4.24 ppm Au/ 191.6-276 m

Estos resultados indicaban la existencia de un potencial favorable en roca sílicea cubierto por el material de La Quinua, que se denominó en 1998 Proyecto El Tapado, con fuertes expectativas de exploración.

# Plano Geofísico: Airborne Magnetic



NORTE



0 5

Kilometros

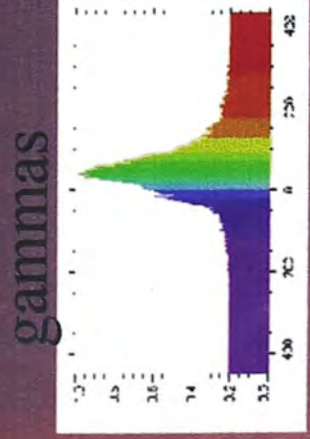


Figura 3

# Plano Geofísico: Magnetic Survey

El Tapado

NORTE



0 1  
Kilometro

gammas

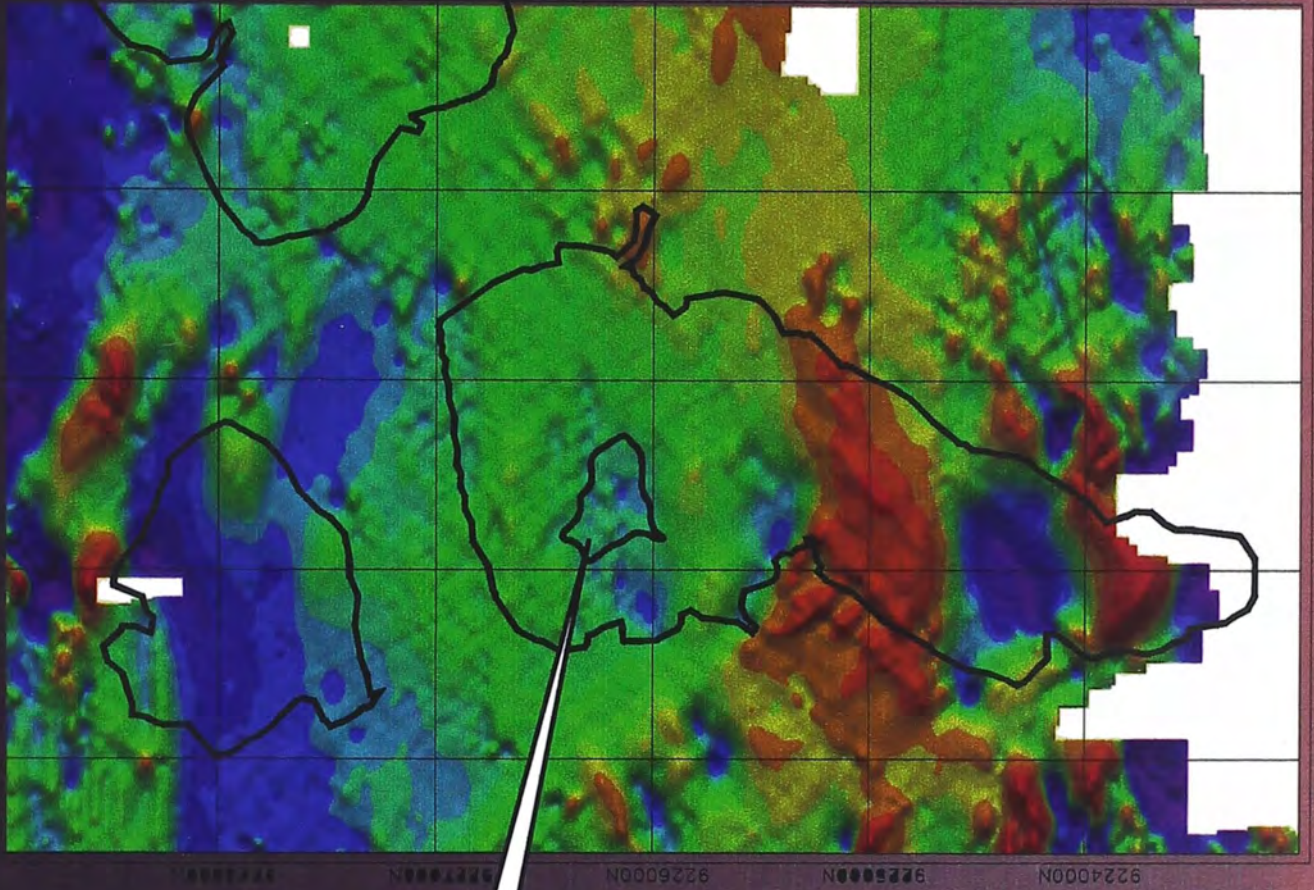
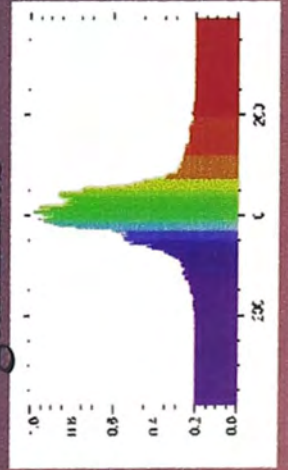


Figura 4

## 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 5 ).

# Plano Geológico Regional

## Leyenda

- Cretaceo-Terciario  
rocas intrusivas
- Cretaceo-Terciario  
rocas volcánicas
- Rocas graníticas  
Paleozoico
- Paleozoico-Mesozoico  
rocas sedimentarias
- Estructuras paralelas a la  
Cordillera de los Andes
- Estructuras Trans-  
Andinas
- Depositos

NORTE



0 40  
Kilometros

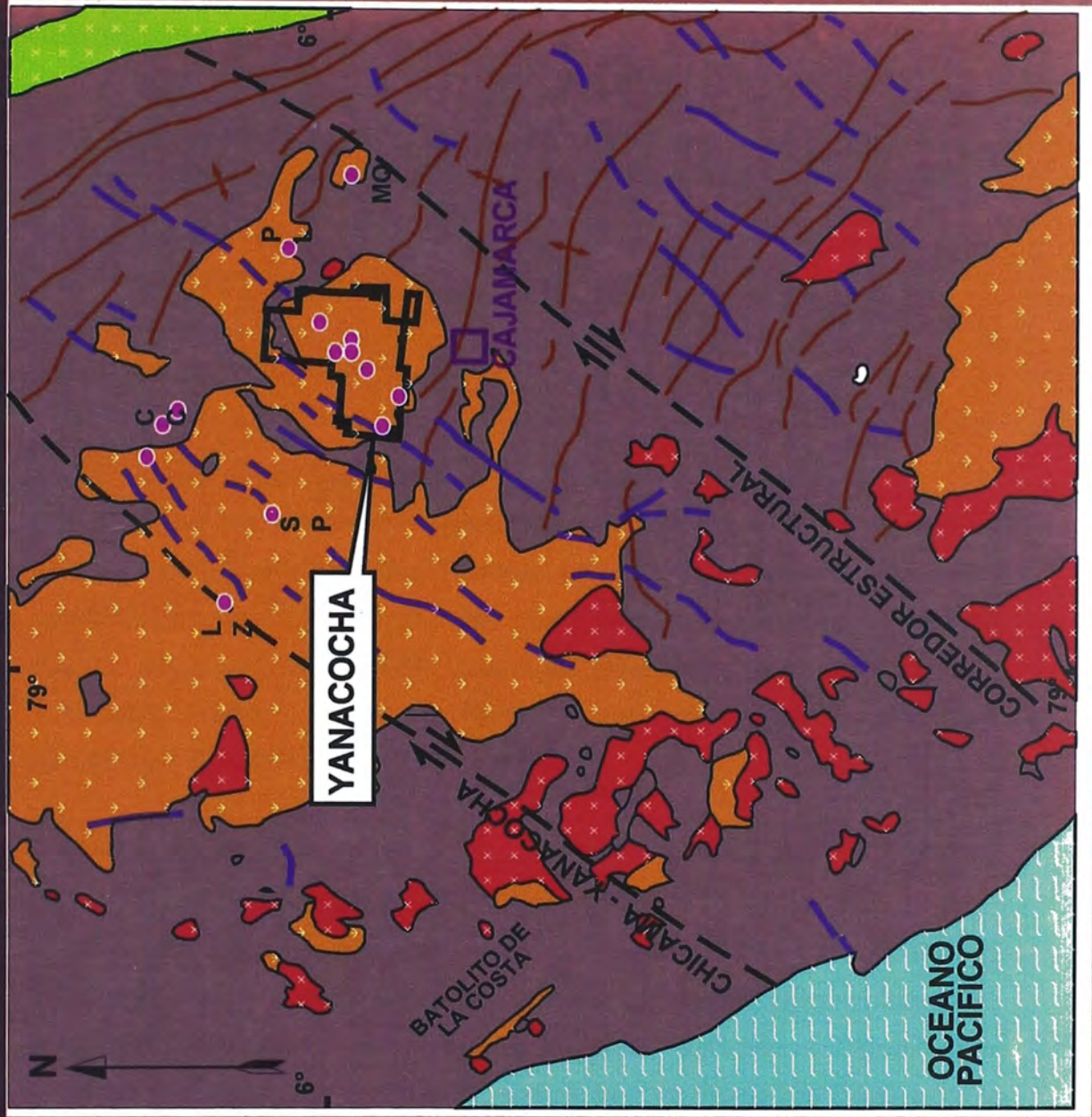


Figura 5



## **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 un 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 6, Stephen Turner ( 1997 ) efectuó una comparación de la secuencia estratigráfica de Yanacocha con las Hojas Geológicas de los Boletines de Chota y Cajamarca.

# Secuencia Estratigráfica

## COMPARACION DE LA ESTRATIGRAFIA DE YANACOAHA CON LA GEOLOGIA PUBLICADA DE CAJAMARCA

DISTRITO DE YANACOAHA	HOJA DE CAJAMARCA	HOJA DE CHOTA	HOJA DE SAN MARCOS	HOJA DE CELENDIN
GRUPO CALIPUY FORMACION PORCULLA	Formación Huambos	Formación Huambos	Form. Cajabamba	Formación Huambos
	Volcánicos Regalado	Volcánicos San Pablo	Volcánicos San Pablo	Volcánicos Porculla
	Complejo Yanacocha	Volcánicos Chilete		
	Volcánicos Llama	Volcánicos Tembladera	Volcánicos Llama	
	Basamento Cretacico	Formación Cajamarca	Formación Chota	Formación Chota

Figura 6

### 3.3 GEOLOGIA DISTRITAL

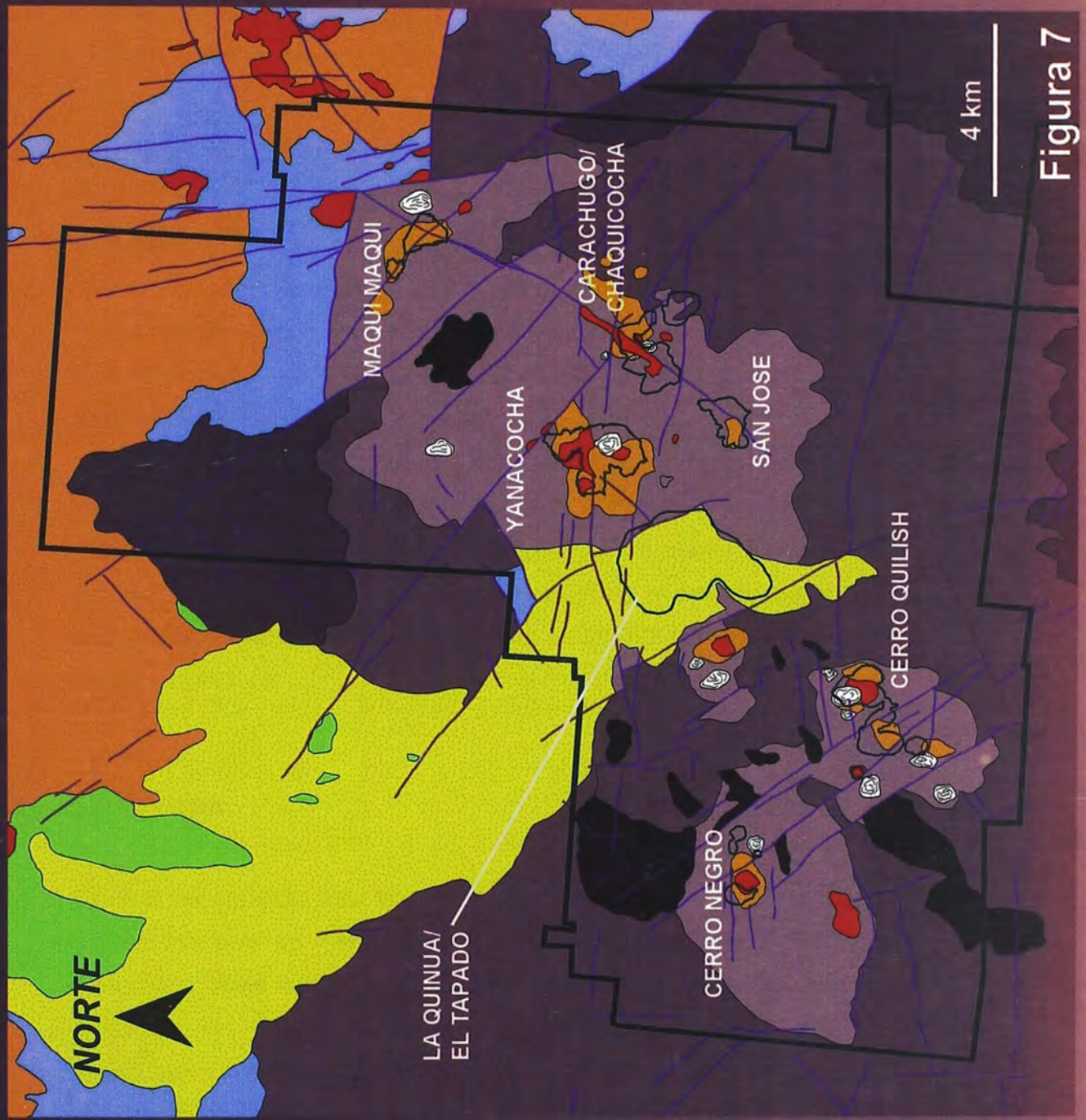
El Distrito Yanacocha está compuesto de varios sistemas ácido-sulfato, desarrollados en el Mioceno Medio a Superior ( según dataciones efectuadas por S. Turner entre 12 a 10.9 Ma ); el vulcanismo se caracteriza por presentar rocas piroclásticas, rocas porfíricas ( flujos de lava y/o domos ) de composición 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. El Tapado y Yanacocha Sur ) y lixiviadas ( ej. San Jose Sur y El Tapado Central ), albergan las leyes más altas.

El Distrito tiene forma elongada de rumbo N 65° 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 notados y generalmente son guías y controles locales de mineralización. ( Figura 7 ).

# Mapa Geológico Generalizado de Yanacocha



## Leyenda

- |                             |   |   |
|-----------------------------|---|---|
| <b>Cuaternario</b>          |    | Depósitos Glaciales-<br>Aluviales                   |
| <b>Terciario</b>            |    | Lava post-mineral y<br>flujos de ceniza             |
|                             |    | Fases tardías Intrusivas<br>con mineral y Diatremas |
|                             |    | Brecha freática                                     |
|                             |    | Secuencia Piroclástica                              |
|                             |    | Fase distal simultanea                              |
|                             |   | Secuencia Andesítica<br>temprana                    |
|                             |  | Rocas Intrusivas                                    |
|                             |  | Rocas Volcánicas                                    |
| <b>Sedimentos Cretaceos</b> |  | Calizas dominante                                   |
|                             |  | Cuarzitas dominante                                 |

4 km

Figura 7

## IV – GEOLOGIA LOCAL

### 4.1 CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO

El Tapado ( Foto 1 ) está ubicado en el sector Oeste Central del distrito Yanacocha aproximadamente a 2 km al SW de la Mina Yanacocha Sur, cubre un área aproximada de 1.0 km en dirección E-W x 0.5 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 8 ); la característica principal de este depósito, es que se encuentra cubierto por el depósito de La Quinoa Aluviales ( material producto de la erosión de Yanacocha Sur principalmente ) con un espesor de 20-80 metros en profundidad desde superficie.

### 4.2 LITOLOGIA

Hemos reconocido tres tipos de rocas de origen volcánico. Las rocas porfiríticas que se interpretan como flujos de lava en los bordes del sistema y dikes cortando a la unidad fragmental; Los flujos piroclásticos ubicados en la parte central del sistema y unidades de Brechas Freáticas y Freatomagmáticas que se interpretan como secuencias subverticales que cubren la mayor parte del sistema.

#### 4.2.1 Rocas porfiríticas

Flujos de lava andesíticos que representan los bordes del sistema ( Foto 11 ). 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 a carbonatos.

Dikes con textura porfirítica afectadas por fluidos hidrotermales que se comportan como conductos subverticales que cortan a la unidad fragmental ( flujos piroclásticos y brechas freáticas ); estos dikes se componen por fenocristales que se alteran principalmente a caolín, lixiviados por los fluidos se alteran a vuggy ( Foto 17 ) y luego rellenos por alunita ( Foto 16 ).

#### **4.2.2 Flujos piroclásticos ( Fotos 2 y 15 )**

Estas unidades de roca fragmental se ubican discontinuamente en todo el sistema, siendo cortados por dikes porfiríticos y unidades de brechas freáticas y freatomagmáticas.

Durante el fuerte tectonismo varios centros volcánicos iniciaron su actividad a lo largo de fallas regionales; estos originaron acumulaciones de material volcanoclástico ( subhorizontales ) que cubrió gran parte del distrito Yanacocha. Es característico encontrar unidades de flujos piroclásticos intruidos por domos ricos en metales ó dikes (subverticales) que produjeron localmente brechas hidrotermales y freatomagmáticas, alteraciones como silicificación y lixiviación ( sílice vuggy y granular ) y principalmente la mineralización de oro. Durante el proceso de tectonismos tardíos, estos flujos piroclásticos se han desarrollado a lo largo del paleo-valle como fase final de estructuras graben. El área de La Quinoa donde se localiza El Tapado ( debajo de La Quinoa Central ), se interpreta como un graben estructural bien definido por las fallas La Quinoa al Este y Río Grande al Oeste.

En El Tapado estos flujos piroclásticos se caracterizan por presentar fragmentos líticos ( < 1.0 cm ) y una matriz granular fina ( Foto 7 ), estos a la vez se encuentran afectadas fuertemente por la alteración hidrotermal y en algunos casos asociados a fluidizaciones hidrotermales mineralizadas ( Foto 3 ).

### **4.2.3 Brechas freáticas y freatomagmáticas ( Fotos 4 y 10 )**

En El Tapado se interpreta como brecha freática a la parte superior del complejo diatrema freatomagmática en el que el sistema de oro fue desarrollado fuertemente; estas unidades de brecha fueron identificadas por textura de la roca, dimensiones y orientaciones ( subverticales ).

#### **a. Brechas freáticas.**

Algunos geólogos como J. V. Lawless, P. J. White y R. Sillitoe, dividen a estas brechas como brechas freáticas exógenas y endógenas. Las brechas exógenas son depósitos eruptivos compuesta por una matriz soportando fragmentos heterolíticos sub-angulares. Estas se desarrollaron generalmente en áreas previas a la actividad hidrotermal; en El Tapado la matriz y los fragmentos están afectados fuertemente por la alteración hidrotermal ( Foto 21 ). Las erupciones de este tipo tienen un enfoque poco profundo ( 100–200 m de la zona superior del sistema hidrotermal), por consiguiente, los fragmentos de estas brechas tienen una composición que refleja las temperaturas relativamente bajas y a menudo un pH bajo; estos fragmentos están compuestas por sílice opalina, sílice calcedónico, azufre, caolín ó alunita.

Esta definición coincide muy bien con la brecha freática de El Tapado, lo que no coincide es el tamaño; las definiciones nos indican unidades relativamente grandes ( 1-2 km ), en El Tapado encontramos de 10-20 m de brechas freáticas exógenas como parte de todo el complejo fragmental del sistema que mide un espesor vertical mínimo de 600m.

La extensión profunda de este complejo fragmental nos estaría indicando las brechas freáticas endógenas que puede tener cualquier orientación y dimensión, pero normalmente se desarrollan en la fase profunda de estos conductos subverticales ( brechas pipes ), en esta zona estas brechas pueden originar estructuras tipo stockwork y finalmente venillas. La naturaleza de estas brechas varía, mientras dependen ampliamente al número de eventos hidrotermales y al grado de transporte de fragmentos. Estas brechas también son denominadas



brechas hidrofracturadas. Con el mayor grado de transporte de fragmentos las brechas se vuelven heterolíticas cada vez más, los fragmentos se redondean y la proporción de matriz aumenta, y esto es típico de brechas freáticas.

La composición de fragmentos en una brecha freática dependen de la naturaleza de la formación a través de lo que pasa dentro de un sistema hidrotermal; desde que los fragmentos tienden a ser transportados hacia arriba, la alteración en estos fragmentos indican las temperaturas más altas, y las venillas cortan a los fragmentos pero no a la matriz.

**b. Brechas freatomagmáticas.**

Estas brechas freatomagmáticas, dikes porfiríticos y flujos piroclásticos son parte del sistema de oro de El Tapado. Las brechas freatomagmáticas ocurren cuando el magma intrusivo encuentra el agua. Normalmente a estas unidades se le conoce también como diatremas freatomagmáticas; estas diatremas normalmente son poli-litológicas, a menudo con la proporción grande de fragmentos de la roca caja. La matriz está compuesta de material juvenil ( porfirítico ) asociado a una mezcla de fragmentos finos, porfiríticos y líticos.

Otra característica importante es el desplazamiento descendente de fragmentos, asociando fragmentos de diferentes composiciones que se encuentran a 1000 m debajo de su posición estratigráfica equivalente en las formaciones circundantes.

Las brechas freatomagmáticas pueden ser multi-generacional así como las brechas freáticas. En El tapado algunas de estas condiciones se desarrollan, pero no tan fuerte para un sistema de diatrema freatomagmática. En El Tapado estas brechas son locales y cortan a las rocas fragmentales ( brechas freáticas ?? ) y parecen estar asociadas a un evento de alta mineralización de oro.

### 4.3 RASGOS ESTRUCTURALES

Es necesario comprender los rasgos estructurales y su implicancia en el emplazamiento de los flujos piroclásticos, rocas porfiríticas, brechas freáticas – freatomagmáticas, alteración y mineralización. Como se sabe El Tapado es cubierto por material Aluvial y las principales estructuras que son fracturas y fallas, fueron reconocidas principalmente por las diferentes prospecciones Geofísicas y hasta un cierto límite por el estudio de Fotos Aéreas y posteriormente fueron comparadas con los lineamientos obtenidos de la interpretación final de la perforación diamantina.

Existen dos fallas mayores en el trend NNW ( N 20° W ), las fallas El Tapado y Carbón, paralelos a la falla La Quinua. Las dos fallas que posiblemente controlaron el sistema de mineralización de El Tapado construyeron un “horst estructural” definida como un alto topográfico debajo del depósito de La Quinua ( Figura 8 ) sin alguna evidencia de estos en superficie. Otras estructuras como extensiones NE ( anomalías geofísicas de alta resistividad ) y EW ( anomalías geofísicas de alta resistividad y bajo magnético ) también son de importancia como controles de mineralización.

Otro sistema estructural importante es el NE-SW y controla la elongación de varios depósitos en el distrito Yanacocha ( Maqui Maqui, Yanacocha Norte-Sur, El Tapado y Quillish principalmente ). Es importante recalcar que ambos sistemas NW-SE y NE-SW 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.

## 4.4 ALTERACIONES HIDROTERMALES

En El Tapado se observa un zoneamiento de alteración hidrotermal típico de los yacimientos de alta sulfuración ( Figura 8 ). En la zona central predomina la sílice granular asociado lateralmente la vuggy silica y sílice masiva; ésta alteración gradúa hacia fuera a cuarzo-alunita-caolín y cuarzo caolín. Los ensambles periféricos comprenden alteraciones argílicas ( clay-pirita ), propiliticos y finalmente roca andesítica fresca.

Pueden ocurrir algunas interrupciones en este zoneamiento, 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 en algunos casos como sílice residual ( leached cap ). Se encuentra en el flanco oeste central del yacimiento. El sistema hidrotermal ha alterado intensamente a la roca original, sin embargo, aún es posible observar texturas de roca fragmental ( fragmentos líticos y fragmentos de brecha freática-freatomágmatica silicificados ). Predominan la sílice blanca a veces débilmente grisácea de aspecto granular, porosa ( muy deleznable ) y en algunos casos con leve presencia de LIMs. ( Fotos 8 y 14 ).

Esta alteración es producto de la condensación de los fluidos hidrotermales, especialmente el H<sub>2</sub>S, 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 ( R. Sillitoe, 1996 ).

#### **4.4.2 Sílice Vuggy**

Asociada a la sílice granular, en contacto gradacional hacia fuera y en profundidad, esta 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 El tapado se presenta en las rocas fragmentales (Foto 4 ) y en las rocas porfíricas ( Fotos 12 y 17 ).

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  $\text{SO}_2$  ), durante el descenso de la temperatura en rocas saturadas con agua.

#### **4.4.3 Sílice Masiva**

Se encuentra en el flanco este central del yacimiento. Estas son rocas compactas criptocristalinas, intensamente silicificadas que frecuentemente impiden apreciar la textura original de la roca. Son de varias tonalidades color blanco humo a gris claro ( Foto 21 ); en El Tapado esta alteración está muy relacionado a las brechas hidrotermales asociadas a óxidos de Fe ( Fotos 13 y 18 ).

También, a origen de las 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 ( brechas crackel ). ( Fotos 5 y 6 ).

Según R. Sillitoe ( 1996 ) ésta alteración se forma generalmente en los flujos piroclásticos, 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 como fluidizaciones hidrotermales de color blanco a pardo claro que se comportan como pequeños diques que cortan a las otras unidades litológicas . estos corresponden a sílice criptocristalina muy fina y son buenos patrones de la mineralización de oro en este sistema.

#### **4.4.4 Argílica Avanzada ( cz-aln, cz-aln-caol, cz-caol )**

Se presenta generalmente rodeando lateralmente y en profundidad a las alteraciones mencionadas. La matriz es silícea 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 (obliterada). ( Foto 16 ).

El zoneamiento 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 Argílica ( caolín, caolín-pirita )**

Muy característico encontrarlos en los bordes externos y en algunas zonas en profundidad como parte de la diatrema ( Foto 10 ) 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.

#### **4.4.6 Propilítica**

Esta alteración es un indicativo que estamos alejados del sistema central pero con la posibilidad de ser una cobertura para uno de los bordes del sistema. 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 ( Foto 11 ).

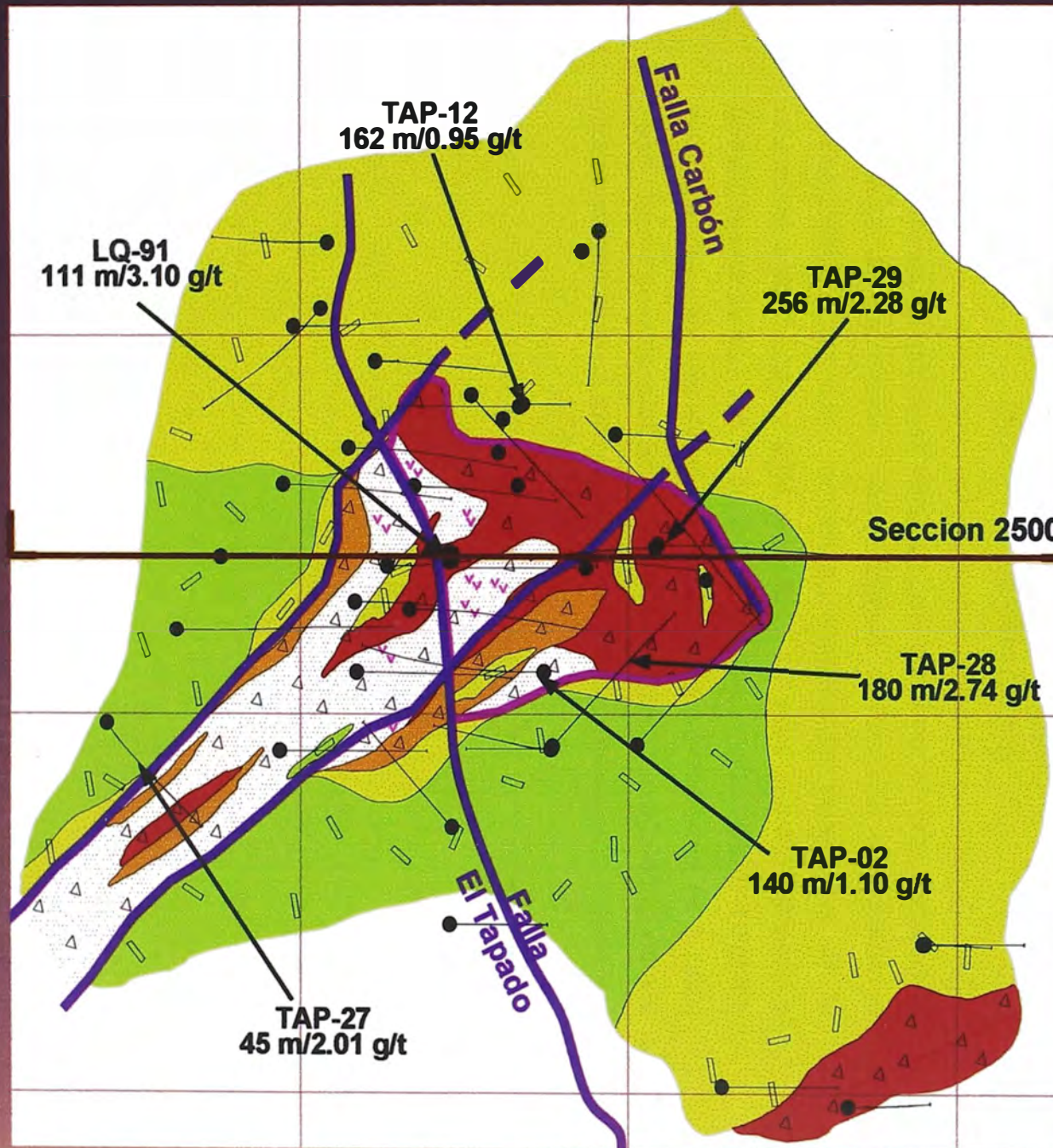
Los constituyentes minerales de la roca fresca tales como plagioclasa, biotitas, hornblenda, etc. indican de que estamos en la periferie del sistema hidrotermal en donde ocurrió una muy débil alteración.

#### **4.5 GEOFISICA**

Desde 1996, la campaña de exploración en Yanacocha fue agresiva en complemento con una variedad de programas geofísicos. La exploración en esa fecha ha enfocado una delineación de exploración cerca de la superficie; cuerpos de sílice oxidados que contienen la mayoría del oro económico.

En El Tapado, considerando la característica de encontrarse cubierto por el material de La Quinoa, se ha utilizado métodos geofísicos con lecturas que nos permiten interpretar la profundidad ( 50-600 m ). La identificación de los cuerpos de sílice se basan en sus propiedades físicas en relación a las respuestas geofísicas de los diferentes métodos utilizados ( no se mencionan los Métodos, porque se consideran información confidencial por Política de la Empresa ).

# Mapa Geológico de El Tapado



## Leyenda

- Silice Masiva
- Silice Caolín
- Silice - Alunita
- v Silice Vuggy -Granular
- Propilítico
- △ △ Roca fragmental
- ▭ ▭ Roca porfirítica
- Estructuras principales

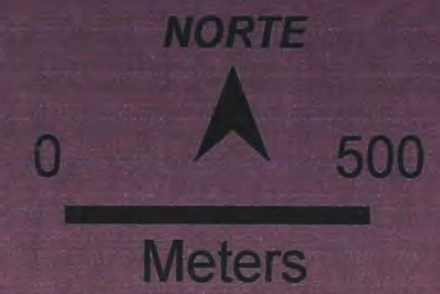


Figura 8

## 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, monmorillonita, biotita, cloritas, plagioclasas.
Accesorios	hematita, limonitas, jarosita, baritina, cinabrio, rutilo ( 1 % ) y sericita ( 1 % ).

El cuarzo es el principal mineral que contiene el oro; también la presencia de los óxidos tiene relación directa con el aumento o disminución de oro como en otros depósitos de Yanacocha. En la alteración sílice vuggy y cuarzo-alunita ( a veces impregnaciones de jarosita pulverulenta ), las leyes varían de altas a moderadas (< 10 ppm), en sílice granular las leyes son generalmente moderadas (< 1 ppm) hasta convertirse en estériles y en el ensamble cuarzo-caolín ( caolín, dickita, monmorillonita ) los valores de oro son generalmente estériles.



## **4.7 PERFORACION DIAMANTINA**

### **4.7.1 Campaña de Perforación Diamantina**

Segunda Campaña de perforación ( 1998 ) y más agresiva en comparación a la primera campaña. Se programaron 27 taladros diamantinos con los siguientes objetivos:

Definir el contacto entre el material aluvial de cobertura (La Quinua) y la roca basamento ( El Tapado ).

Confirmar zonas mineralizadas conocidas.

Extender lateral y verticalmente 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 lo constituyen 10 taladros diamantinos, tuvo los siguientes objetivos:

Confirmar la mineralización en áreas conocidas ( zona central ).

Identificar nuevas zonas mineralizadas en los alrededores.

Definir el sistema lateralmente y en 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. Comprenden estudios en botellas ( bottle rolls ) y columnas.

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 Depósito.

Se extendió la mineralización hacia varias direcciones, principalmente hacia el Sur-Oeste, hallando otros controles de mineralización ( estructuras ).

Se incrementaron los recursos.

Entendimiento del sistema y construcción del modelo geológico.

La figura 9, es un mapa que muestra los contornos isovalóricos del Espesor (m) por la Ley (ppm) de cada taladro. Existe una fuerte correlación con la geofísica por resistividad, lo cual es positivo como control de exploración; con este modelo podemos observar que la mineralización es posible que continúe en varias direcciones ( en profundidad al SW y al SE ).

# Mapa que muestra las curvas Isovalóricas del producto de la Ley (ppm) por el Espesor (m)

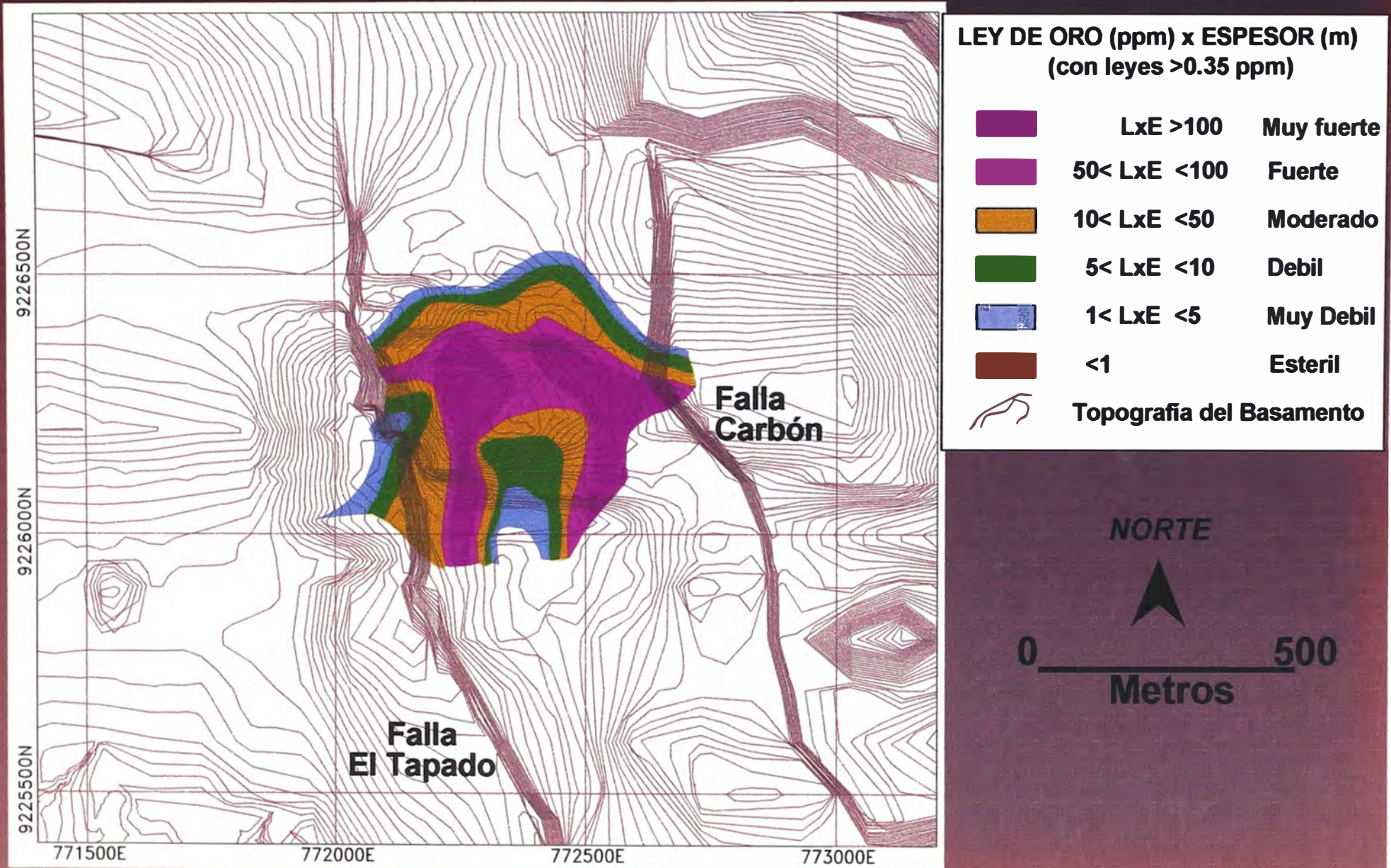


Figura 9

## 4.8 SECCION GEOLOGICA

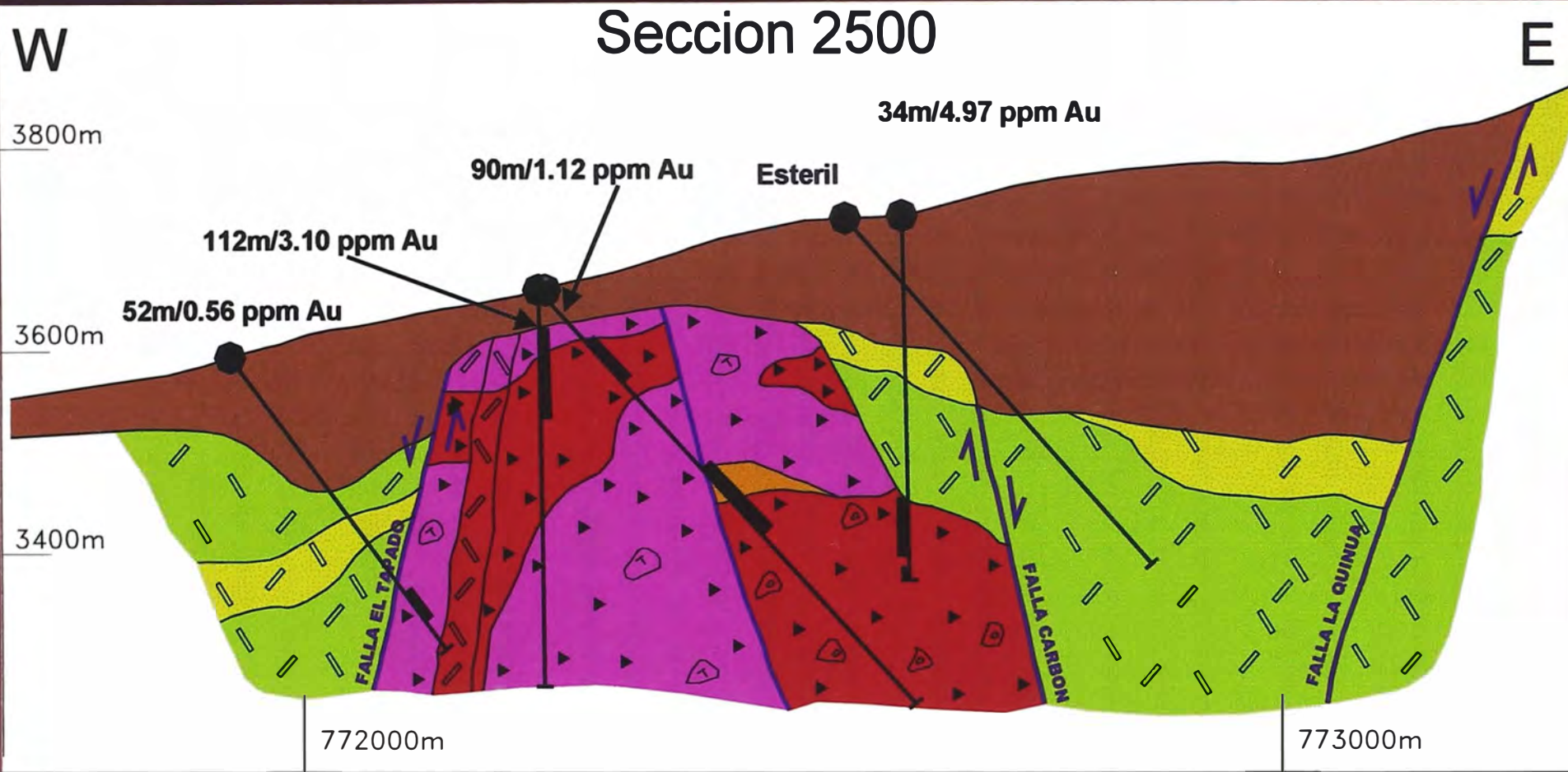
La interpretación geológica se realizó en base a las interpretaciones geofísicas y principalmente a la información obtenida de los cores de taladros perforados. A continuación se describe una sección representativa al sistema de El Tapado:

### **Sección Geológica Central 2500 ( E-W ) ( Figura 10 )**

Se aprecian dos diferentes cuerpos de mineralización separadas por una falla normal central, a la vez estos dos cuerpos conforman el horts estructural limitadas por las fallas Carbón al Este y El Tapado al Oeste. Como se muestra en la sección, El Tapado esta conformado por rocas fragmentales ( piroclásticas y principalmente por freáticas-freatomagmáticas ) afectadas por dikes porfiríticos y brechas hidrotermales con un comportamiento sub-vertical y que posiblemente conductores de la mineralización; y estos cubiertos en los bordes por flujos porfiríticos ( lavas o tufo de cristales ) con alteración argílica y propilítica; y en la parte superior la cobertura del material de La Quinoa (material acumulado, producto de la erosión).

Podemos clasificar a la zona Oeste como la zona mineralizada cerca de la superficie ( 20-80 m ) en roca alterada a sílice vuggy-granular con leyes moderadas-altas y la zona Este como la zona mineralizada en profundidad ( 200-300 m ) con la roca alterada a sílice masiva.

# Sección Geológica Central Representativa



## Leyenda

- Silice Vuggy-Granular
- Silice Masiva
- Silice Alunita
- Silice Caolin

- Propilitico
- Material de La Quinua
- Brecha Hidrotermal
- Rocas Profiríticas



Brecha Freática-Freatomagmatica



Segmento Mineralizado



Figura 10

#### 4.9 MODELO GEOLÓGICO ( Figura 11 )

Ha sido definido en base a las características geológicas recopiladas en el proceso de exploración y complementadas con literatura existente.

- a. **Magmatismo y vulcanismo inicial:** Actividad magmática temprana con desarrollo de masas andesíticas, flujo de lavas, domos y rocas piroclásticas.
- b. **Silicificación y débil mineralización de oro:** Actividad hidrotermal temprana caracterizada por la formación de sílice masiva densa, sílice porosa debajo del nivel freático, y sílice granular encima del nivel freático.
- c. **Erupciones freáticas:** Como el sistema continúa desarrollándose, se da la interacción de magma o fluidos magmáticos calientes con aguas subterráneas frías y como consecuencia se producen múltiples explosiones y depósitos freáticos.
- d. **Evento oro-hierro:** Los fluidos invaden el sistema y son canalizados a las zonas permeables. La permeabilidad y porosidad de los cuerpos silíceos se debe a las numerosas fracturas en la sílice masiva, fracturas y espacios abiertos en la sílice porosa, y la abundancia de poros y espacios en la sílice granular. El oro precipita con pirita y muy poco con enargita y covelita. En este evento se forman las brechas hidrotermales con mineralización de oro y hierro.
- e. **Emplazamiento de diatremas:** A continuación del evento aurífero, ocurre otro pulso magmático con erupciones freatomagmáticas y el desarrollo de diatremas. Como es posterior al evento silíceo, encontramos abundantes fragmentos silíceos y porfiríticos dentro de estas brechas.
- f. **Evento con alunita-oro:** Un evento de alunita aurífera ocurre posteriormente; en donde las brechas de sílice-alunita aurífera, cortan a las zonas silíceas mineralizadas previamente, y desarrollan alteración alunítica en los márgenes de la diatrema freatomagmática.

- g. Emplazamientos de dikes: inmediatamente después de la formación de las diatremas, se emplazan los dikes. Estos en su mayoría se encuentran afectados por fluidizaciones hidrotermales que conducen la mineralización de oro.
- h. Vulcanismo tardío: Se depositan flujos de lava y unidades piroclásticas.
- i. Pulso hidrotermal final: Un evento hidrotermal final desarrolla crestas de sílice, sílice-alunita y/o sílice-arcilla, a lo largo de estructuras definidas.
- j. Intemperización y oxidación: Luego del pulso hidrotermal final, las rocas fueron meteorizadas; las partes superiores del sistema se modificaron y se produjeron oxidaciones de hasta 300 m de profundidad.
- k. Glaciación: La glaciación erosiona las zonas auríferas de Yanacocha Sur. Los glaciares transportan y depositan las rocas auríferas, formando morrenas y abanicos sobre El Tapado.

#### **4.10 EVOLUCION GEOLÓGICA ( Figura 12 )**

La evolución geológica en El Tapado se detalla en la figura 12, y esta realizado en base al modelo geológico mencionado anteriormente.

# Modélo Geológico de El Tapado

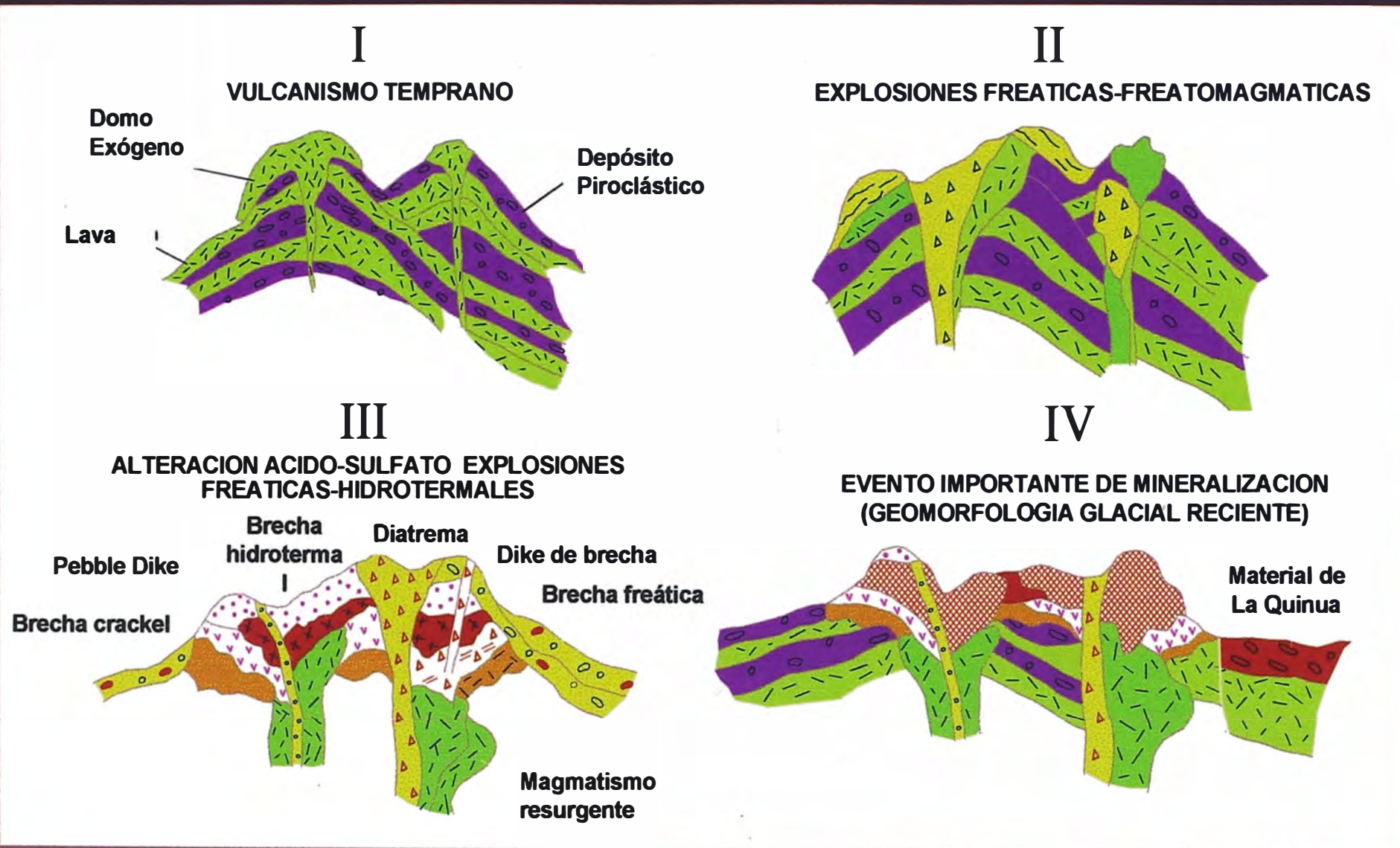


Figura 11



# Evolución Geológica de El Tapado



Figura 12

## 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 El Tapado pertenece a la zona de óxidos.

#### Análisis de Difracción de Rayos X

Ejemplo: El Tapado LQ-135 ( TAP-06 ) ubicado en la parte central del yacimiento.

( % en peso )

Intervalo(m)	QTZ	CRI	SER	KAO	MONT	PLAG	KFL	ALN	BAR	RUTL	FEOX	PYR	Au ppm
94.5-100	9	56	0	6	15	0	0	0	0	1	5	8	0.03
100-106	10	54	0	5	11	4	2	0	0	1	5	8	0.02
106-112	15	47	0	5	11	6	4	0	0	1	4	7	0.02
112-118	15	51	0	5	9	3	4	0	0	1	5	7	0.02
118-124	5	66	0	3	3	4	8	0	0	1	4	6	0.02
124-131.7	21	53	0	5	5	2	2	0	0	1	4	7	0.05
131.7-138	58	18	0	10	0	0	0	3	0	1	4	6	0.03
138-144	2	54	0	4	21	2	2	4	0	1	4	6	0.02
144-150	2	60	0	1	9	8	9	1	0	1	3	6	0.02
150-156	10	35	0	1	28	4	5	7	0	1	4	5	0.02
156-162	13	30	1	1	26	5	6	6	0	1	4	7	0.04
162-168	16	25	0	1	37	4	4	0	0	1	5	7	0.02
168-174	15	27	0	1	33	7	3	0	0	1	5	8	0.02
174-180	22	17	0	1	40	5	3	0	0	1	4	7	0.02
180-186	43	6	0	5	31	0	3	0	0	1	4	7	0.03
186-191.6	60	0	0	17	5	0	0	5	0	1	6	6	0.01

191.6-196	78	0	0	0	0	0	0	17	1	1	3	0	<b>5.82</b>
196-200	95	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	<b>9.03</b>
200-204	95	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	<b>7.36</b>
204-208	94	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	<b>10.34</b>
208-212	94	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	<b>9.06</b>
212-216	95	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	<b>6.82</b>
216-220	57	0	0	0	0	0	0	28	5	2	8	0	<b>3.06</b>
220-224	58	0	0	0	0	0	0	28	4	1	9	0	<b>2.13</b>
224-228	75	0	0	0	0	0	0	18	2	1	4	0	<b>1.93</b>
228-236	69	0	0	0	0	0	0	27	2	1	1	0	<b>6.08</b>
236-246	90	0	0	0	0	0	0	7	0	2	1	0	<b>2.28</b>
246-250	98	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	<b>2.74</b>
250-254	97	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	<b>2.12</b>
254-260	98	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	<b>2.82</b>
260-264	97	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	<b>2.64</b>
264-268	97	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	<b>2.66</b>
268-272	94	0	0	0	0	0	0	3	0	2	1	0	<b>3.20</b>
272-276	71	0	0	0	0	0	0	27	0	1	1	0	<b>0.83</b>
276-282	63	0	0	0	0	0	0	36	0	1	0	0	<b>0.26</b>
282-288	70	0	0	0	0	0	0	28	0	1	1	0	<b>0.17</b>
288-294	58	0	0	10	3	0	0	20	0	1	4	4	<b>0.07</b>
294-300	57	0	0	1	28	0	0	4	0	1	3	6	<b>0.06</b>
300-306	55	0	0	2	24	4	0	5	0	1	3	6	<b>0.05</b>
306-312	77	0	0	4	10	0	0	0	0	1	3	5	<b>0.06</b>
312-318	60	0	1	0	27	3	0	0	0	1	3	5	<b>0.04</b>
318-321.5	35	0	0	0	22	31	0	0	0	1	4	7	<b>0.08</b>

QTZ Cuarzo

MONT Montmorillonita

BAR Baritina

CRI Cristobalita

PLAG Plagioclasa

RUTL Rutilo

SER Sericita

KFL Feldespato-K

FEOX Oxido de Fe

KAO Caolín

ALN Alunita

PYR Pirita

En base a estos resultados ( porcentaje de minerales, la alteración y la ley de oro ) y complementados con el logueo, podemos determinar cinco (5) intervalos ó compósitos:

94.5-191.6 m	roca argilica , arcilla y pirita ( baja ley ).
191.6-216 m	brecha hidrotermal, sílice lixiviada ( alta ley ).
216-246 m	roca silicificada con alunita ( alta ley ).
246-272 m	brecha hidrotermal con oxido Fe ( alta ley )
272-321.5 m	roca argilica; arcilla, pirita y monmorillonita ( baja ley ).

También por el logueo de cores, podemos concluir de que los tramos de alta ley de oro ( 191.6-216 m / 216-246 m / 246-272 m ), corresponden a la roca piroclástica y brechas freáticas. Los tramos restantes son de baja ley a estériles, ( 94.5-191.6 m / 272-321.5 m ), corresponden a la parte superior é inferior de la roca porfírica. En el Tapado la mineralización está hospedada, principalmente en las rocas fragmentales piroclásticas y freáticas con grados de lixiviación, 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.R.L, en correlación con el geólogo encargado del Proyecto.

### **5.2.1 Prueba de Botellas ( Bottle Rolls )**

Esta prueba refleja la recuperación de oro de las muestras de algunos centímetros de tamaño. 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.

Se utiliza la cuarta parte de los cores obtenidos en la perforación trituradas a malla – 10 M para luego mezclar y homogenizar y ser cuarteados hasta obtener aproximadamente 0.5 kg de mineral; este 0.5 kg de mineral se usa en la prueba de botella y el mineral sobrante es

pulverizado para su análisis de cabeza ( este procedimiento se realiza para cada muestra ).

Para la Cianuración en botella se usa 0.5 kg de cada muestra para cada botella con una relación Líquido / Sólido de 1:5; una cantidad de cal es adicionada para mantener el pH de solución sobre 10.5; estas botellas se lixiviaron con una concentración de cianuro libre igual a 50 ppm durante 72 a 96 horas de lixiviación. En este caso se tomaron muestras de solución cada 24 horas con el propósito de evaluar pH, CN y concentración de Oro.

#### Extracción de oro en Botellas

Muestra	Taladro	alteración	Ley de oro (ppm)	% Extracción
I	TAP-02	SA	0.646	89.6
II	TAP-04	SM,SV	7.519	95.9
III	TAP-06	SV	1.993	85.7
IV	TAP-08	SG	0.365	94.5

#### NOTA:

SA	Sílice alunita.
SM	Sílice masiva fracturada.
SV	Sílice vuggy.
SG	Sílice granular

## **Resultados**

En general el promedio de extracción de oro varía entre 85.7 % y 95.9 %, teniendo como promedio general 91.4 %.

La muestra con menor recuperación ( 85.7 % ) corresponde a sílice vuggy esta asociado con alunita y arcillas en menor proporción.

La muestra con alta recuperación ( 95.9 % ) corresponde a la sílice masiva fracturada y vuggy, es decir, con mayor porosidad.

Transcurridos un promedio de 96 horas de lixiviación, podemos observar que en los diferentes tipos de alteración la recuperación es buena. ( Gráfico 1 )

# El Tapado

## Extracción del oro en Función al tipo de Alteración – Leyes Prueba de Botellas

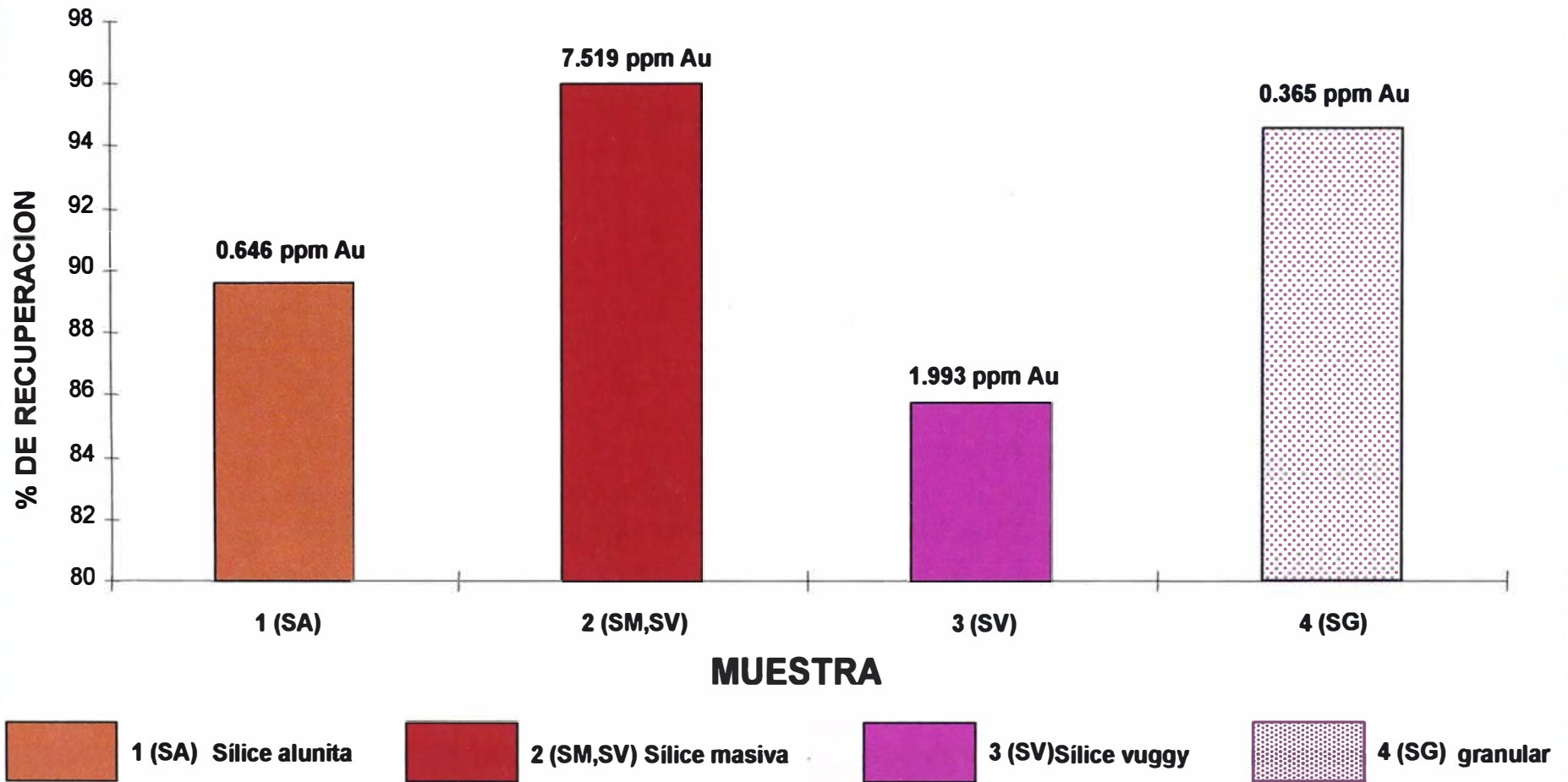


Gráfico 1

### 5.2.2 Prueba de Columnas ( Columns Test )

Prueba más representativa en relación a la anterior por lo que normalmente se utiliza en esta prueba material que es extraído insitu de los afloramientos, pero en este caso por las características de este yacimiento ( cubierto por material de cobertura ) se usaron la mayor cantidad de muestras de cores obtenidos en la perforación.

Se usaron columnas de 6" de diámetro y 1.2 m de altura. Cada columna se cargó con 25 kg de mineral menor a 1". Fueron necesarios entre 14 a 74 días de lixiviación en los que se usó una solución cianurada de 50 ppm en CN – libre. ( Gráfico 2 )

Tiempo ( días )	% de Recuperación
0	0
5	59.2
10	73.1
15	78.9
20	82.6
25	85.2
30	86.9
35	87.9
40	88.6
45	89.2
50	89.7
55	90.0
60	90.3
65	90.6
70	90.6
74	90.6

#### **Resultados**

Los resultados indican una recuperación excelente del 90.6 %.

Transcurridos 50 días, se obtiene una recuperación por encima del 90%, esto indica que el material se comporta muy bien con la lixiviación.



# El Tapado

## Extracción del oro en 74 días / Prueba de Columnas

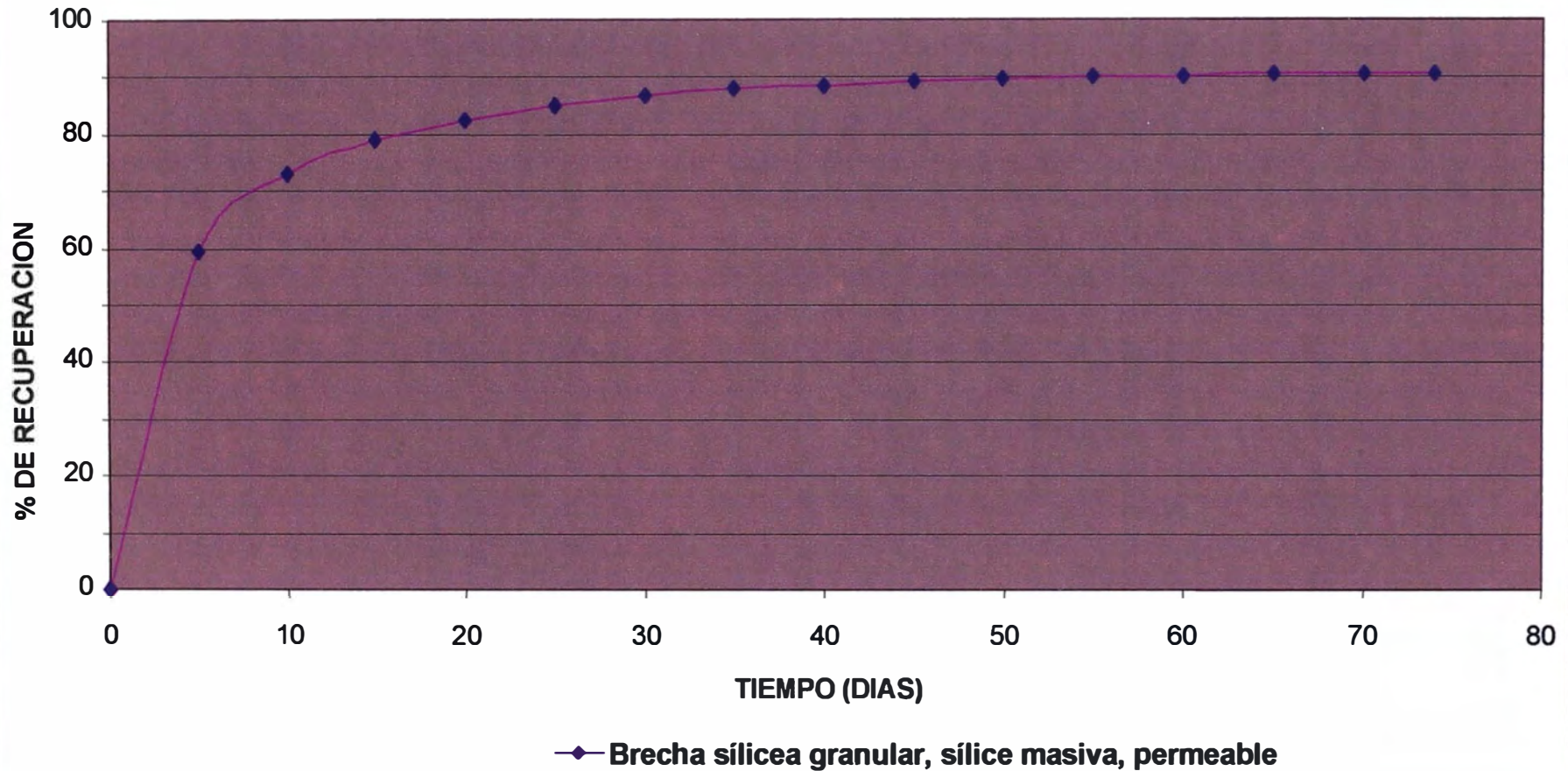


Gráfico 2

## 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 Depósito. Este promedio va a ser utilizado en el Calculo de Recursos.

Para determinar la densidad promedio de El Tapado, seleccionamos muestras representativas de diferentes localizaciones, teniendo en cuenta: ubicación en extensión, 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 y 4 ) se concluye en considerar solo una densidad para todo el depósito.

**a. Densidad de 2.15 g/cc.** Este dato corresponde a todo el sector del depósito, con diferentes profundidades debido a las características del mismo; su principal característica en la zona Oeste Central es la presencia de sílice lixiviada ( vuggy-granular ), débilmente compacta y en la zona Este Central más profunda es la presencia de sílice masiva con sílice vuggy por lo que no afecta fuertemente en la elevación de la densidad.

El Gráfico 3 y 4 estadísticos en barras, correspondiente al ploteo de Densidad en seco (gr/cc) vs Número de Muestras, indica la existencia de una sola población con densidades de 1.79 gr/cc hasta 2.45 gr/cc.

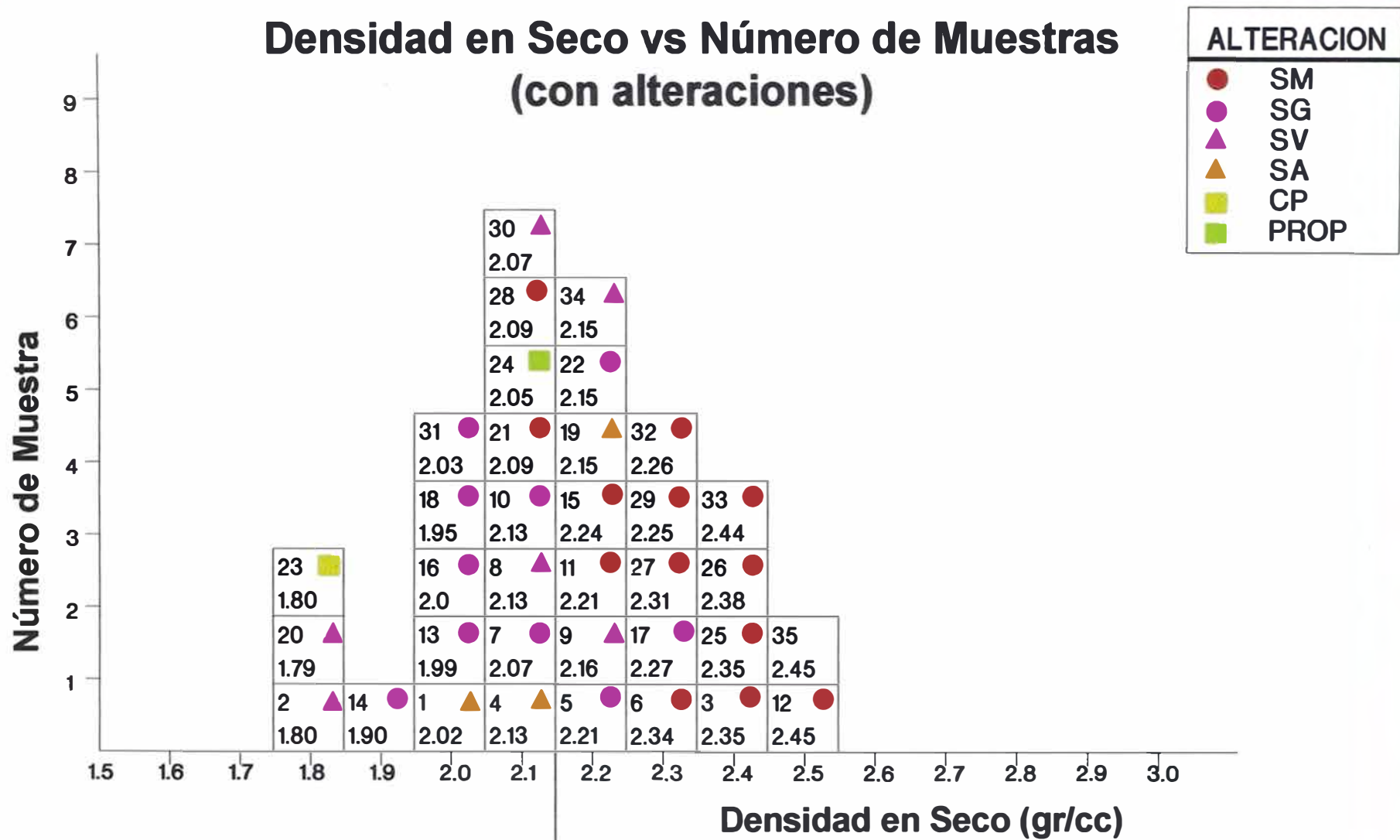
Estos Gráficos 3 y 4, muestran la relación que existe entre estos valores de Densidad (gr/cc) con la alteración de la roca y las leyes de oro (ppb) respectivamente.

A continuación presento algunos ejemplos de las muestras enviadas:

<b>Taladro</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Densidad (gr/cc)</b>	<b>Alteración</b>
TAP-010	200	2.02	Sílice alunita
TAP-010	278	1.80	Sílice vuggy
TAP-006	195	2.35	Sílice masiva-vuggy
TAP-006	276	2.21	Sílice granular
TAP-008	61	2.07	Sílice granular
TAP-008	205	2.16	Sílice vuggy-granular
TAP-008	414	2.13	Sílice granular
TAP-004	73	2.21	Sílice masiva-vuggy
TAP-005	285	1.90	Sílice granular
TAP-011	153	2.00	Sílice granular
TAP-002	455	2.15	Sílice alunita
TAP-012	156	1.79	Sílice vuggy
TAP-012	360	2.15	Sílice granular
TAP-003	241	1.80	Sílice caolín
TAP-014	143	2.05	Propilítico
TAP-029	427	2.09	Sílice masiva

# El Tapado

## Densidad en Seco vs Número de Muestras (con alteraciones)

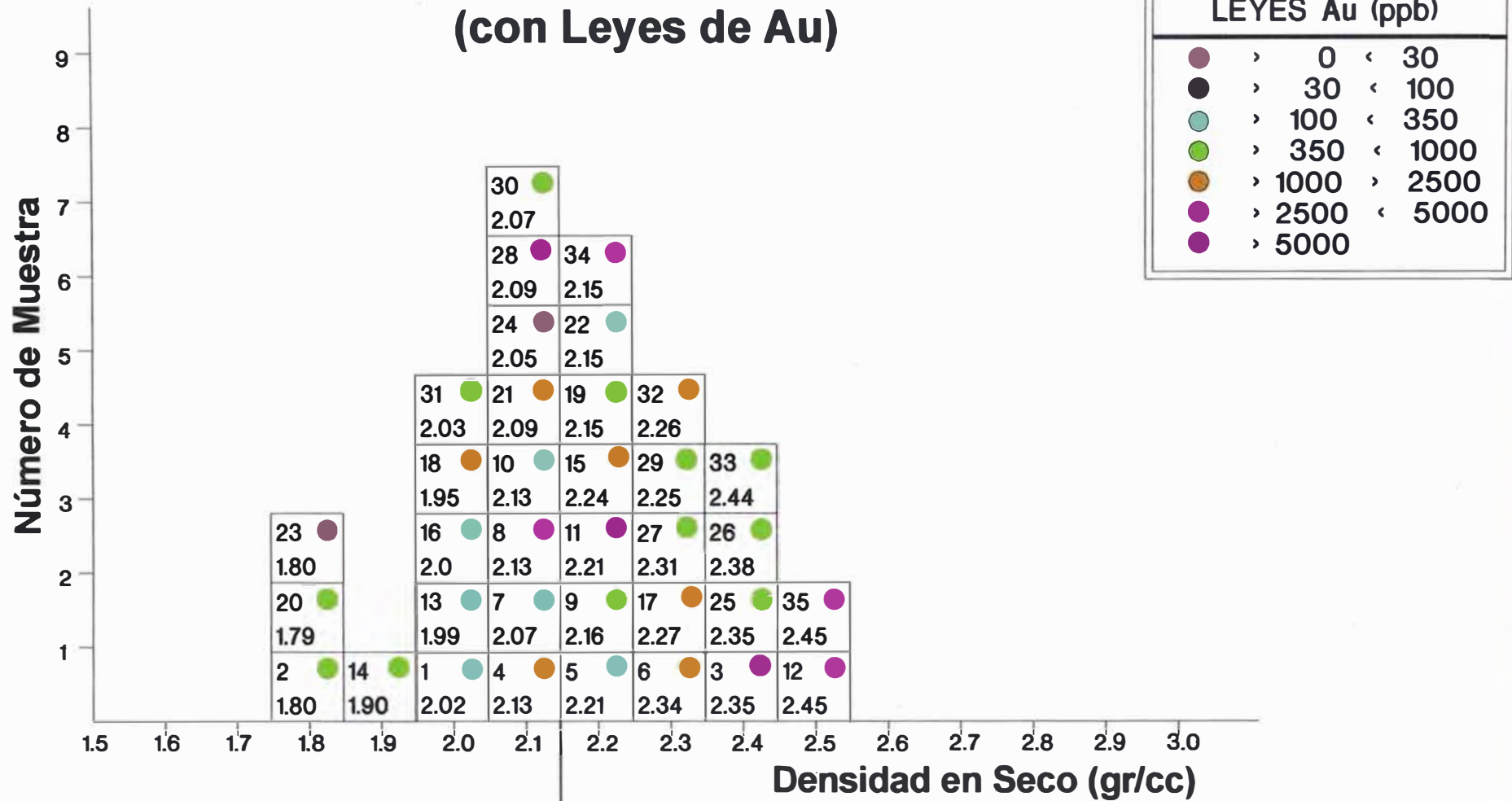


Promedio de Densidad = 2.15 (gr/cc) ←

Gráfico 3

# El Tapado

## Densidad en Seco vs Número de Muestras (con Leyes de Au)



Promedio de Densidad = 2.15 (gr/cc) ←

Gráfico 4

## **6.2 CALCULO DE RECURSOS DE EL TAPADO**

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 se menciona en el estudio de la densidad de la roca, se ha considerado solo un cuerpo mineralizado que mantiene una densidad casi constante en todo el depósito ( densidad promedio = 2.15 gr/cc ).

### **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 ) é inclusive pueden variar de acuerdo a la información obtenida de los taladros ( Figura 13 ).

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.

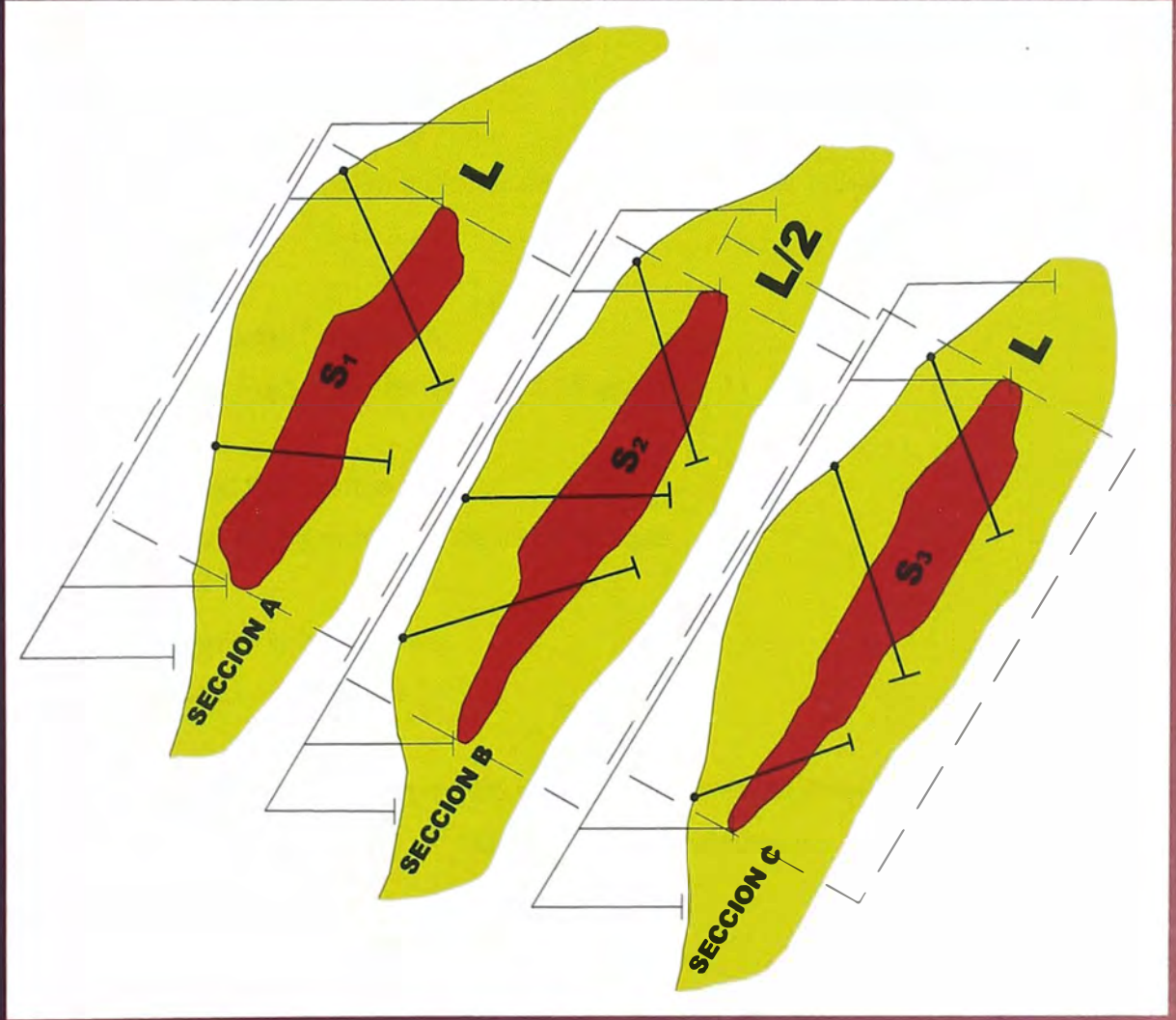
Los trabajos efectuados ( información geológica, geoquímica, leyes de taladros ), deben estar distribuidos equivalentemente entre las secciones.

Debe existir consistencia geológica entre secciones adyacentes.

Debe existir consistencia del cuerpo mineralizado en secciones adyacentes.

# El Tapado

Diagrama mostrando el Método Manual por Secciones para el Cálculo de Recursos. En base a Secciones Geológicas construidas a lo largo de intervalos constantes.



## 6.2.2 Metodología

**a.** Para el yacimiento hemos elaborado 10 secciones paralelas con orientación Este-Oeste, con un espaciamiento constante de 50 m. Cada sección tiene 1500 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: bloque A, bloque B, bloque C,....., etc.

**d.** Cálculo del Volumen:

Area del cuerpo bidimensional delimitado por cada taladro x horizontal (50 m).

**e.** Cálculo de Toneladas:

Volumen x Factor de densidad ( 2.15 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 ).



### 6.2.3 Resultados

Considerando que en todo el yacimiento, la evaluación ha sido guiada por los resultados de densidad en relación a la alteración de la roca, se ha optado por considerar solo un área total del cálculo de recurso. Los resultados son los siguientes:

Densidad	2.15 gr/cc
Ley promedio	1.60 ppm
Total toneladas	18'518,585
Onzas	2'048,094.517
Espesor promedio	129.20 metros

## VII – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

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

El Tapado es un yacimiento de oro diseminado, tipo ácido-sulfato desarrollado principalmente en brechas freáticas-freatomagmáticas afectadas por dikes y brechas hidrotermales. La mineralización de alta ley está controlada por la alteración por la alteración sílice vuggy y sílice masiva, asociada a rocas fragmentales y en menor grado a cuarzo-alunita, relacionada a la roca porfirítica.

Uno de los patrones que nos llevo a desarrollar la exploración en El Tapado, que es considerado en el distrito como uno de los sistemas cubiertos sin evidencias geológicas en superficie, fue la Geofísica; se utilizan diversos tipos de prospecciones que nos lleva a interpretaciones con relación a las posibles rocas alteradas y posibles discontinuidades estructurales ( a la fecha, este programa geofísico se viene desarrollando fuertemente en Yanacocha, por eso mismo mucha de esta información es confidencial por política de la Empresa ).

En El Tapado existen dos fallas mayores en el trend NNW ( N 20° W ), las fallas El Tapado y Carbón, paralelos a la falla La Quinua. Las dos fallas que posiblemente controlaron el sistema de mineralización de El Tapado construyeron un “horst estructural” definida como un alto topográfico debajo del depósito de La Quinua sin alguna evidencia de estos en superficie.

Una de las características más importantes de este yacimiento es el comportamiento de las alteraciones de las diferentes unidades litológicas en relación con los resultados de la densidad; nos permite evaluar al depósito como un solo cuerpo porque la alteración sílice masiva generalmente esta acompañada de la sílice vuggy por lo que su densidad promedio no es elevada.

En El Tapado nos permite tener un concepto amplio del origen de las brechas freáticas y freatomagmáticas en relación a los sistemas de alta sulfuración.

Los trabajos metalúrgicos indican una excelente recuperación de oro en el rango comprendido 85 – 95 %.

## 7.2 RECOMENDACIONES

En el estudio geoquímico de las muestras en los taladros, analizados 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 comportamiento de tales elementos respecto a la distribución del oro.

En el estudio de los modelos de mineralización en relación a la geología es recomendable continuar con la evaluación para verificar posibles continuidades de estos en lateral y principalmente en zonas más profundas.

Se recomienda también enfocar los mismos parámetros del desarrollo de El tapado para posibles depósitos cubiertos por flujos de roca fresca.

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

### 7.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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

DUTRO, T. Jr., DIETRICH, R. V., FOOSE, R. M., 1989. Third Edition. Agi Data Sheets / For Geology in the field, laboratory, and office. American Geological Institute.

GOLDIE, Mark, 2000. A Geophysical case history of the Yanacocha gold District, Northern Peru. Newmont Mining Corporation.

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.

McPHIE, J., DOYLE, M., ALLEN, R., Volcanic Textures. A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies University of Tasmania.

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.

RUTTI, Miguel y KLEIN, Thomas, 1998. Reportes Mensuales Internos para Geología de Exploraciones – Yanacocha.

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

TURNER, Stephen. J., 1997. The Yanacocha Epithermal Au Deposits, Northern Peru: 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.

# **APENDICES**

A. FOTOS

B. ANÁLISIS PETROGRAFICO

## FOTOS

**Foto No 1 Vista panorámica de El Tapado (mirando al NE).**



**En la parte superior se observa la Mina Yanacocha Sur y a la derecha La Mina San José.**



Foto No 2 Roca piroclástica (Brecha piroclástica).

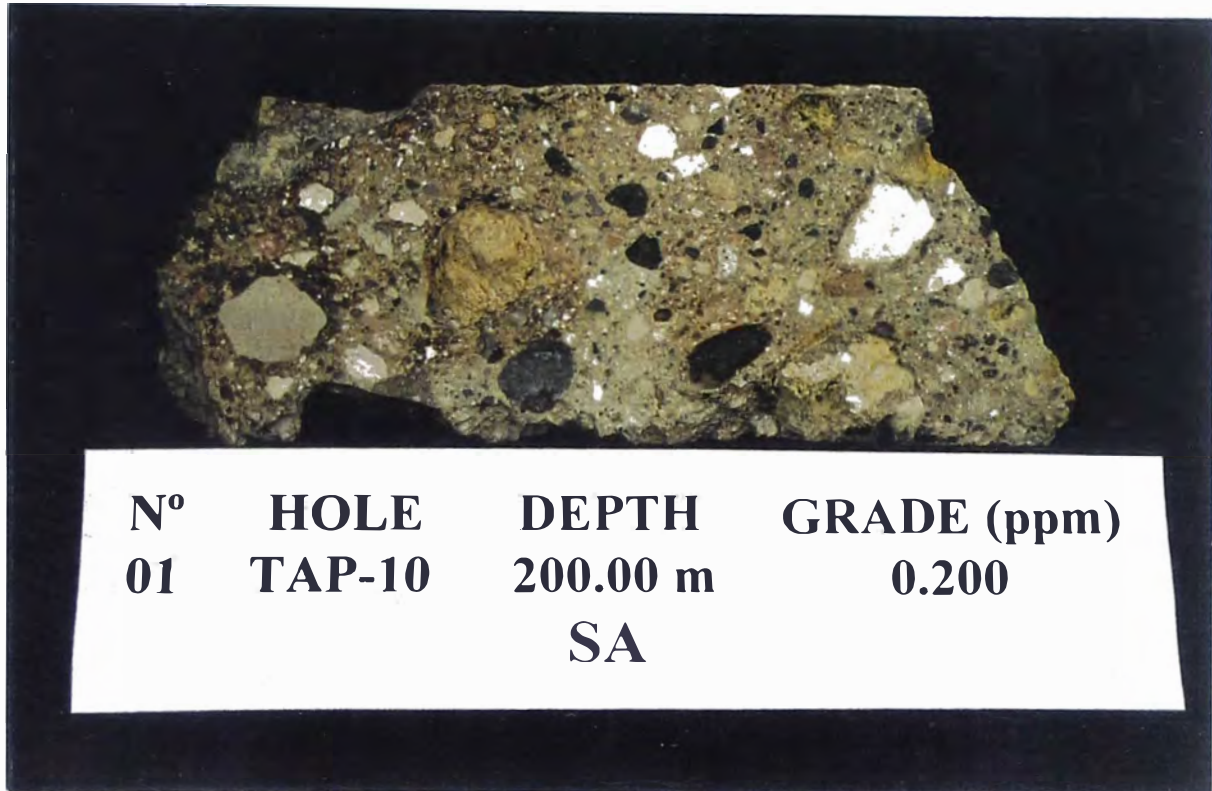
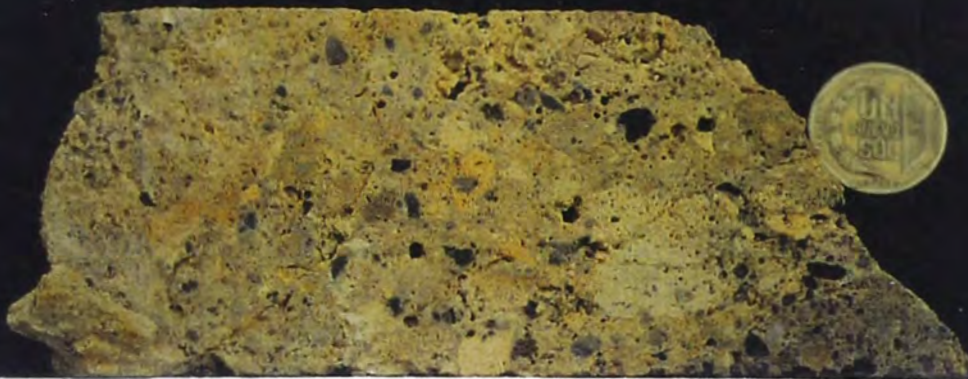


Foto No 3 Roca piroclástica, afectada por fluidizaciones hidrotermales.



Foto No 4 Brecha freática con alteración silice vuggy - granular.



<b>Nº</b>	<b>HOLE</b>	<b>DEPTH</b>	<b>GRADE (ppm)</b>
<b>09</b>	<b>TAP-08</b>	<b>205.00 m</b>	<b>0.480</b>
		<b>SV (SG)</b>	

Foto No 5 Brecha crackel afectada por fluidos hidrotermales.



<b>Nº</b>	<b>HOLE</b>	<b>DEPTH</b>	<b>GRADE (ppm)</b>
<b>12</b>	<b>TAP-04</b>	<b>98.00 m</b>	<b>2.565</b>
		<b>SM</b>	

Foto No 6 Brecha crackel silicificada.

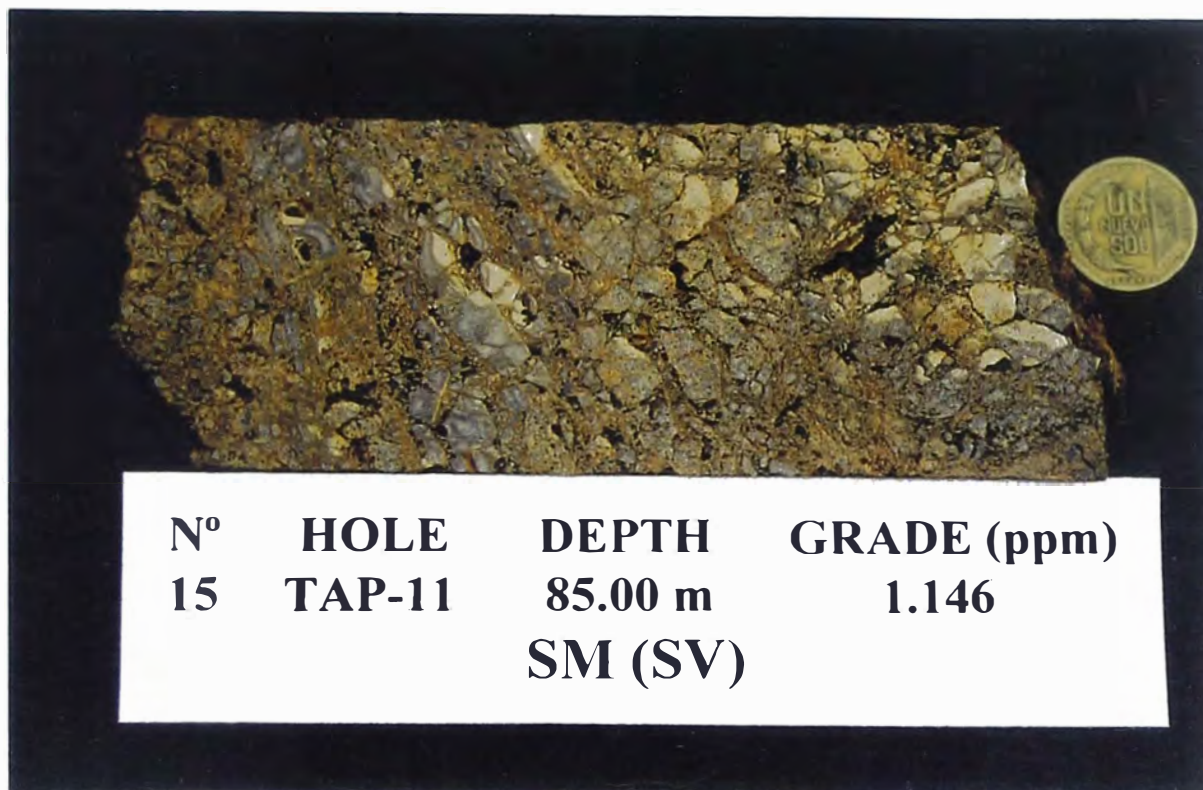
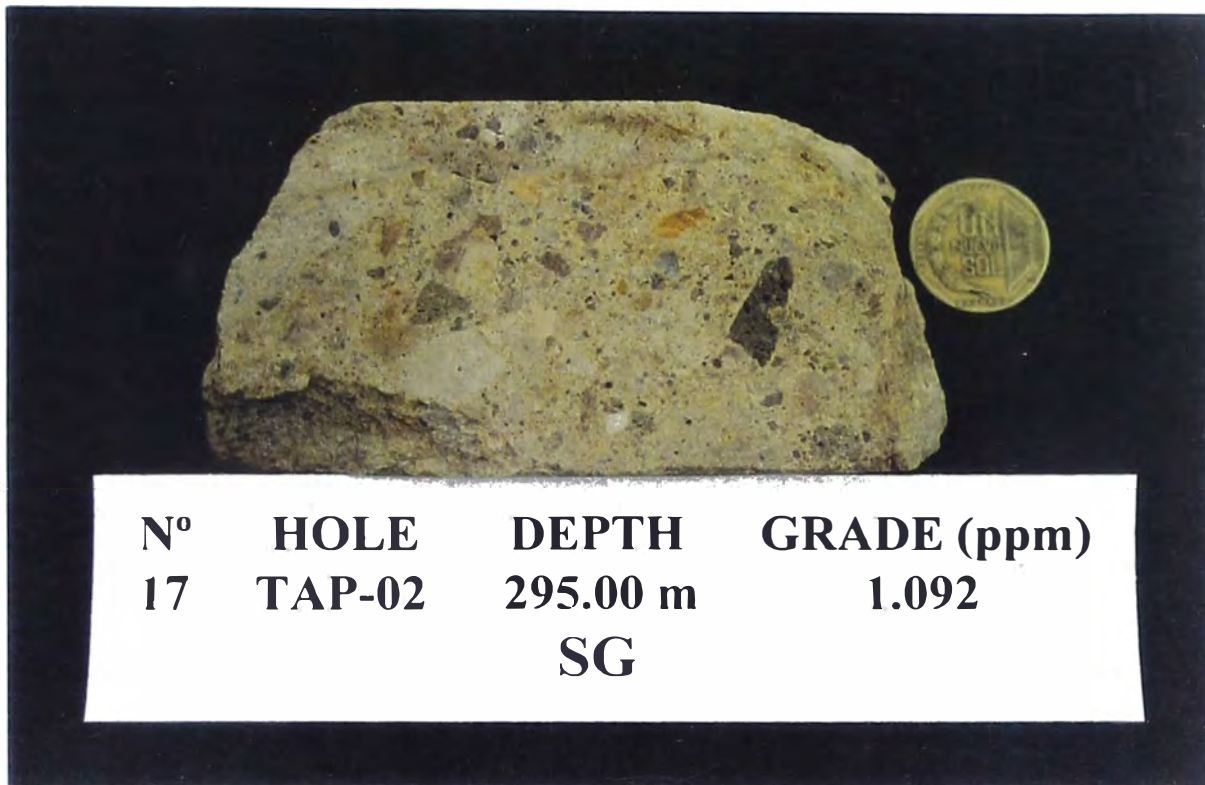


Foto No 7 Roca piroclástica (Tufo lítico).

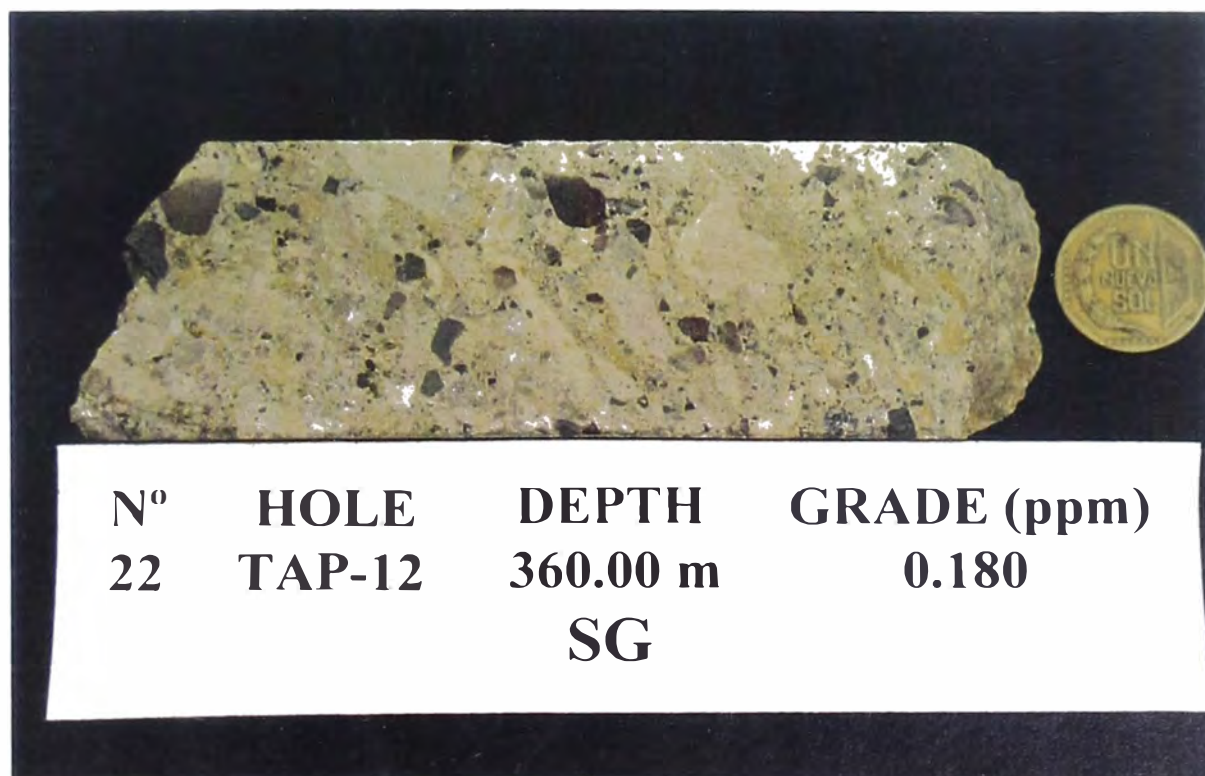


Foto No 8 Brecha freática con alteración sílice granular.



Nº	HOLE	DEPTH	GRADE (ppm)
17	TAP-02	295.00 m	1.092
SG			

Foto No 9 Brecha freática – freatomagmática, silicificada.



Nº	HOLE	DEPTH	GRADE (ppm)
22	TAP-12	360.00 m	0.180
SG			

Foto No 10 Brecha freatomagmática (Diatrema) con alteración caolín pirita.

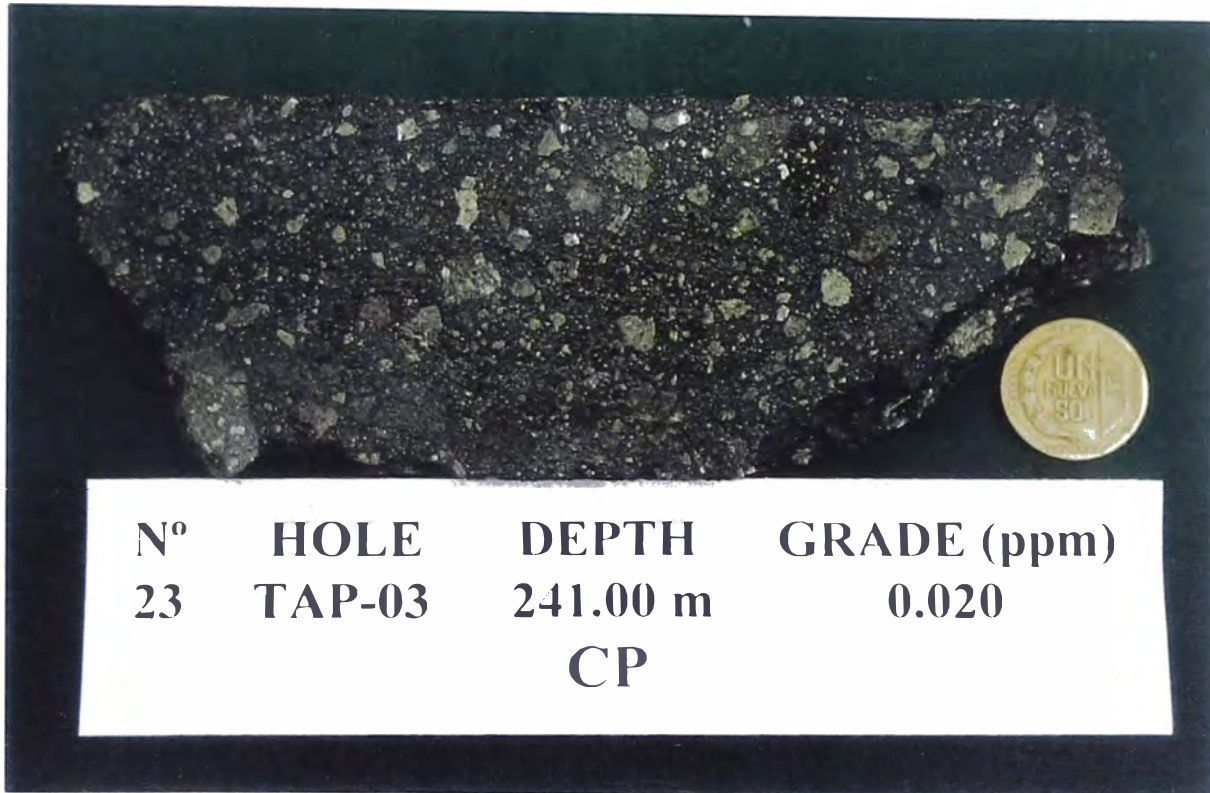


Foto No 11 Roca porfirítica propilitizada (Andesita).

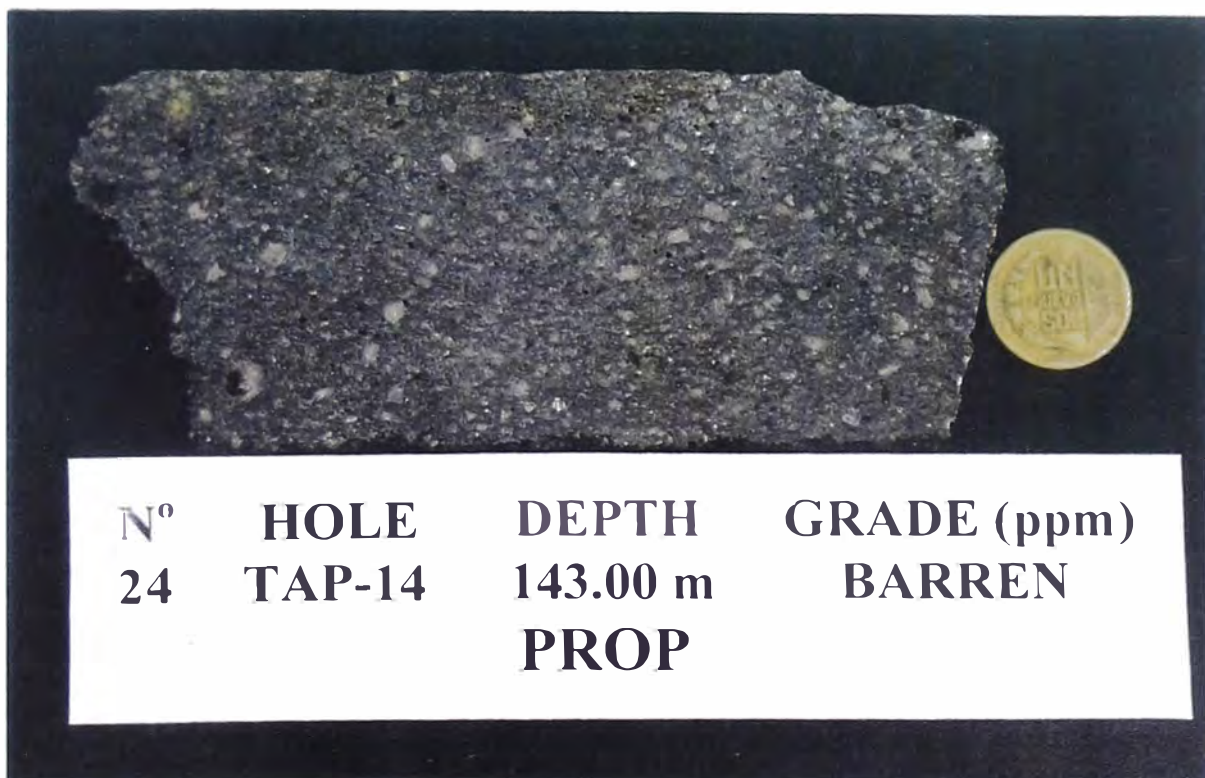


Foto No 12 Roca porfirítica con alteración sílice vuggy.

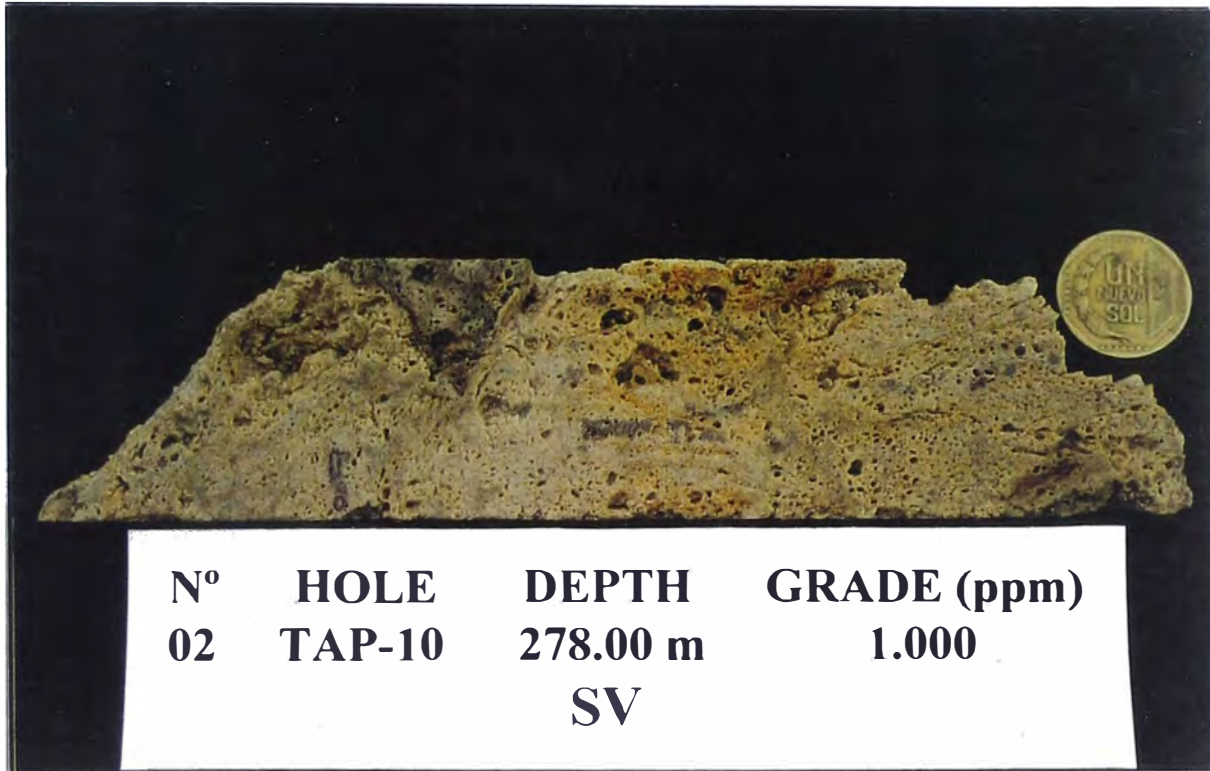


Foto No 13 Brecha hidrotermal con silicificación masiva.

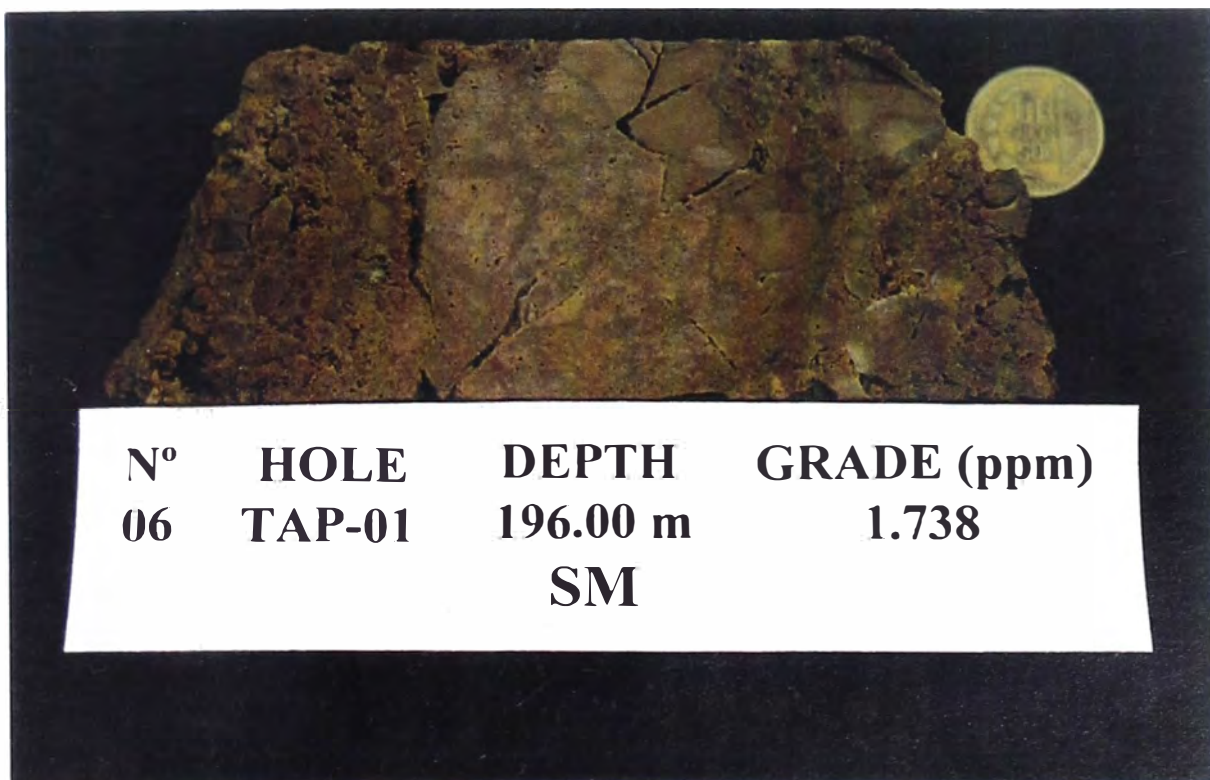
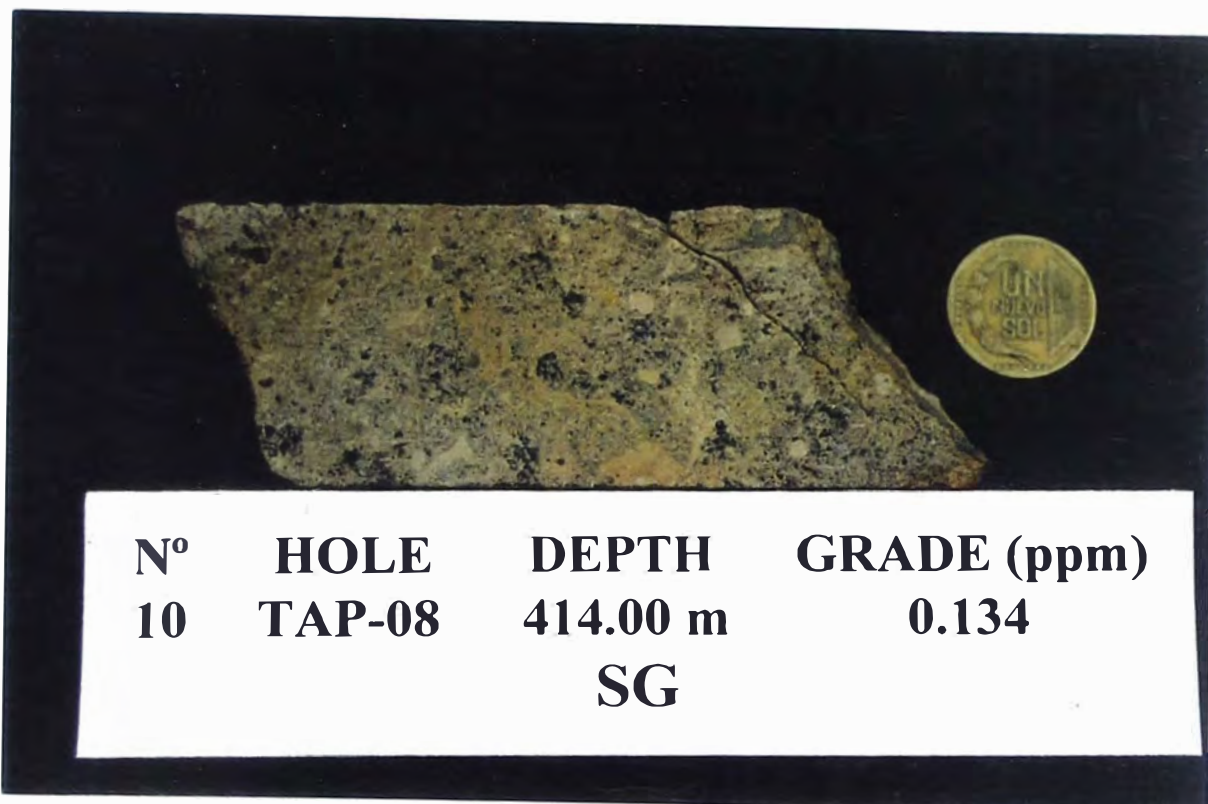
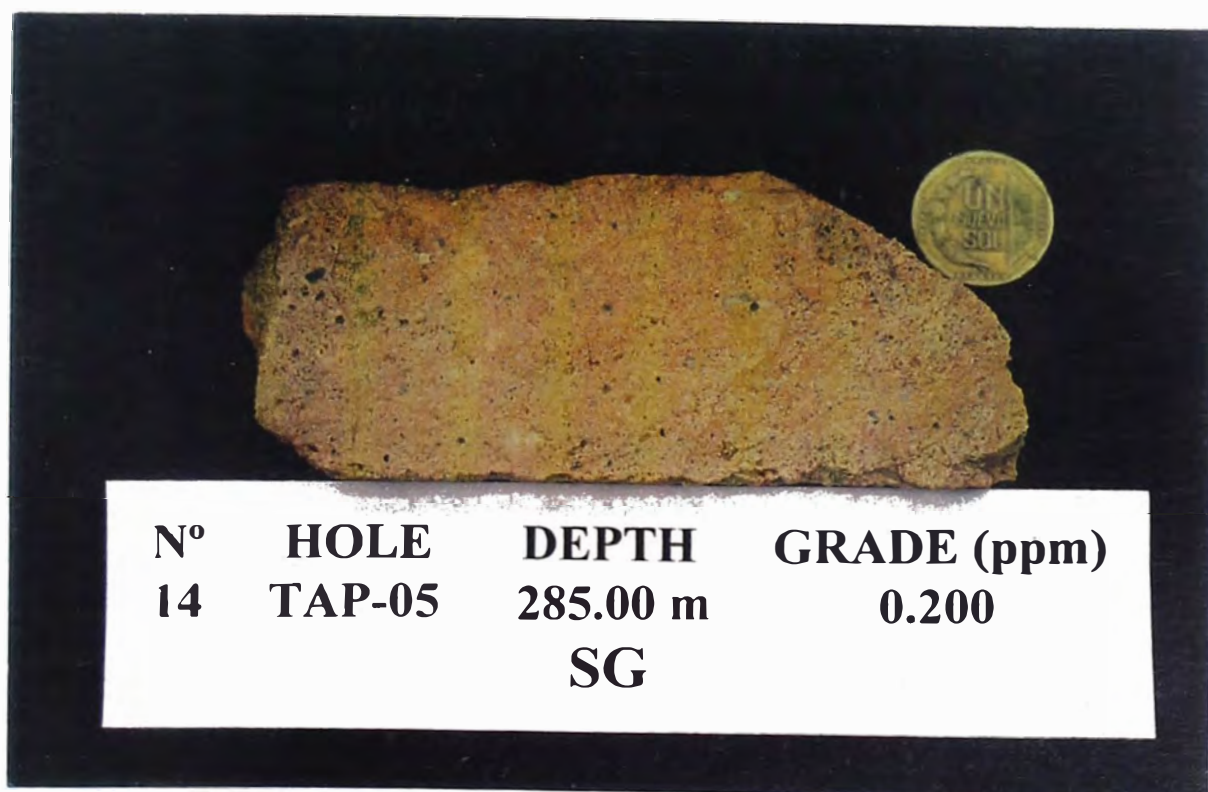


Foto No 14 Brecha freática con alteración sílice granular.



<b>N°</b>	<b>HOLE</b>	<b>DEPTH</b>	<b>GRADE (ppm)</b>
<b>10</b>	<b>TAP-08</b>	<b>414.00 m</b>	<b>0.134</b>
		<b>SG</b>	

Foto No 15 Roca piroclástica con alteración sílice granular.



<b>N°</b>	<b>HOLE</b>	<b>DEPTH</b>	<b>GRADE (ppm)</b>
<b>14</b>	<b>TAP-05</b>	<b>285.00 m</b>	<b>0.200</b>
		<b>SG</b>	

Foto No 16 Roca porfírica silicificada con alteración sílice - alunita.

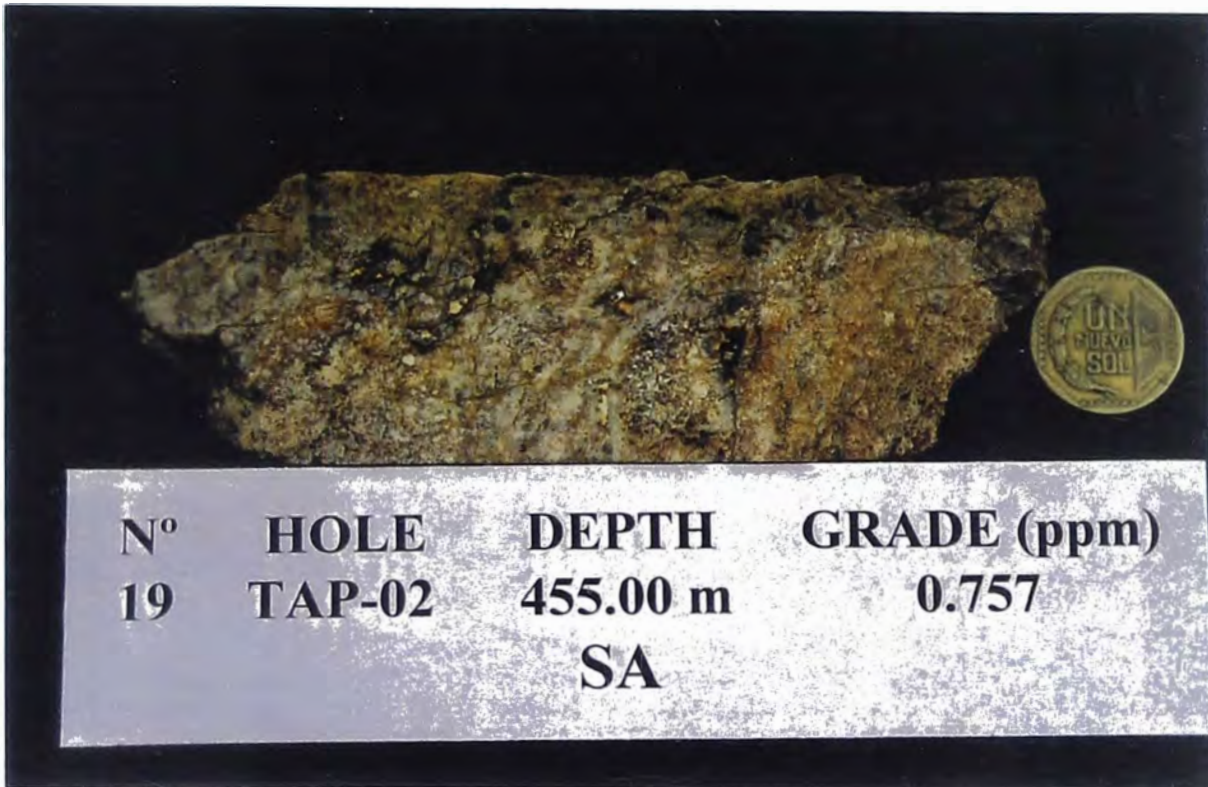


Foto No 17 Dike porfírico afectado por fluidos hidrotermales, sílice vuggy.

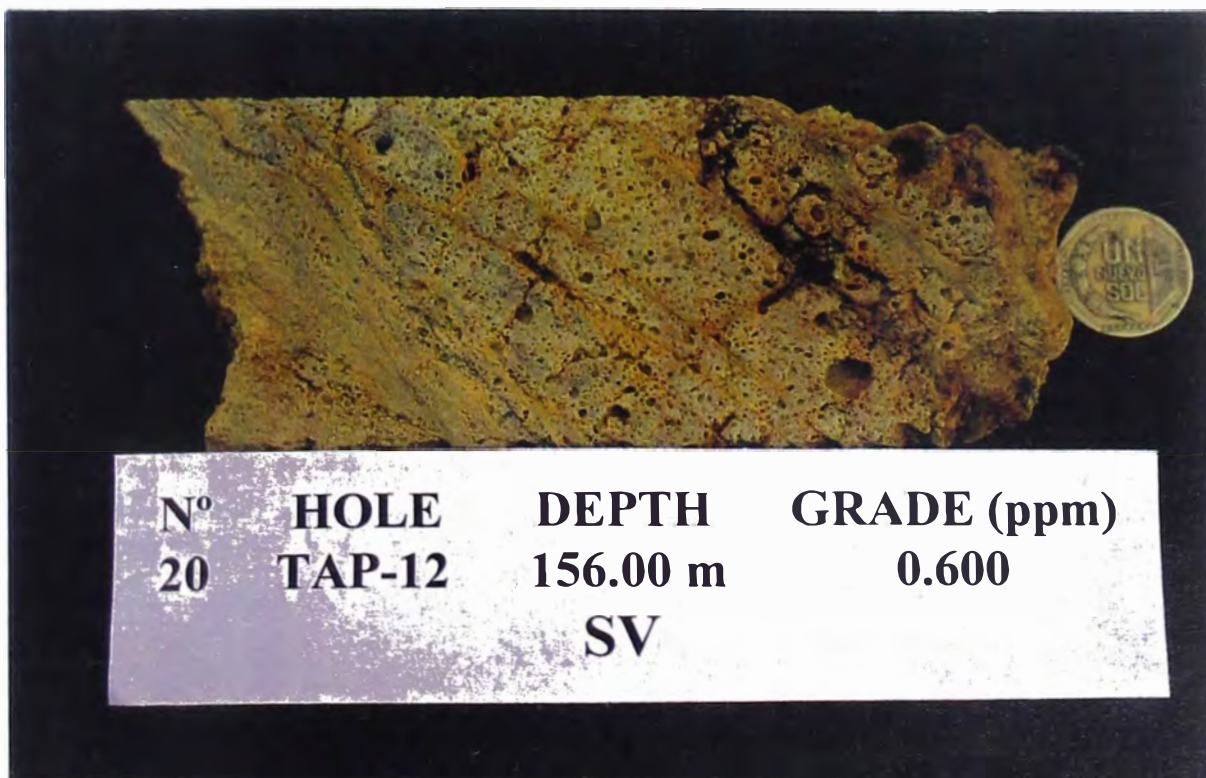




Foto No 18 Brecha hidrotermal con silicificación masiva.

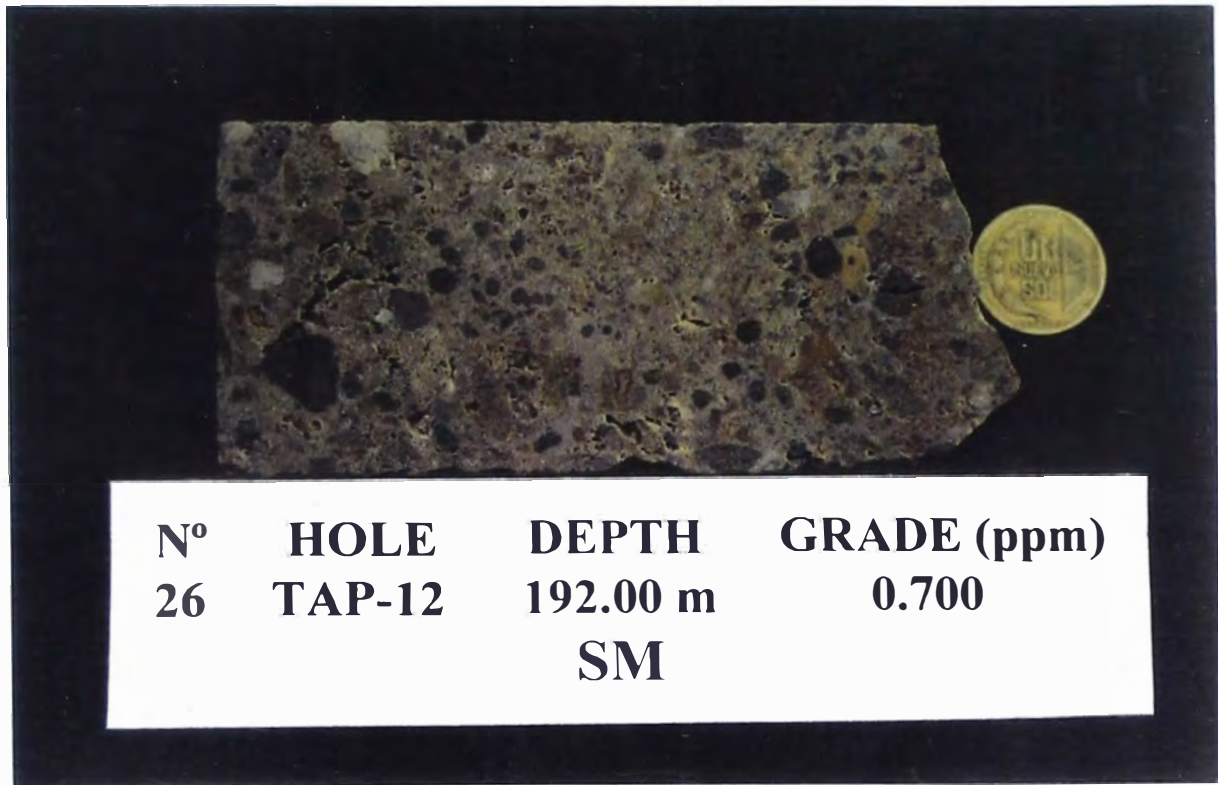


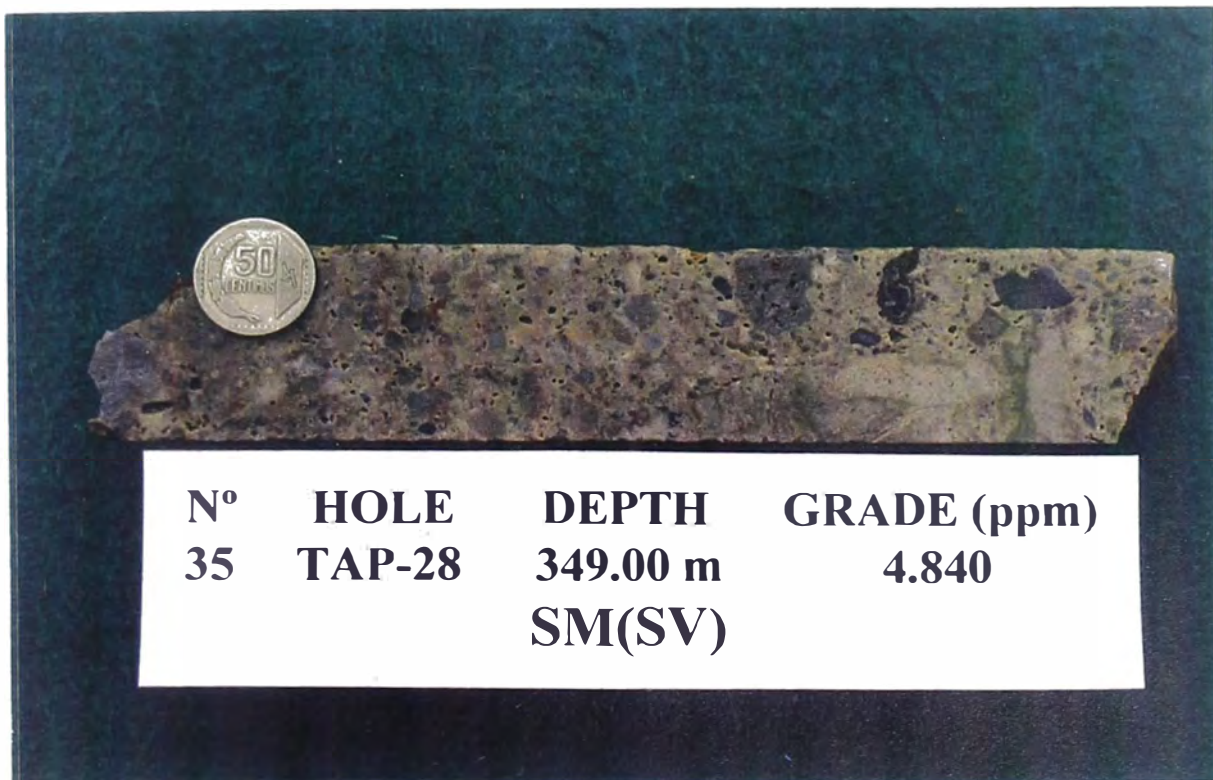
Foto No 19 Brecha hidrotermal con silicificación masiva – vuggy.



Foto No 20 Brecha freática con alteración sílice vuggy – granular.



Foto No 21 Brecha freática silicificada.



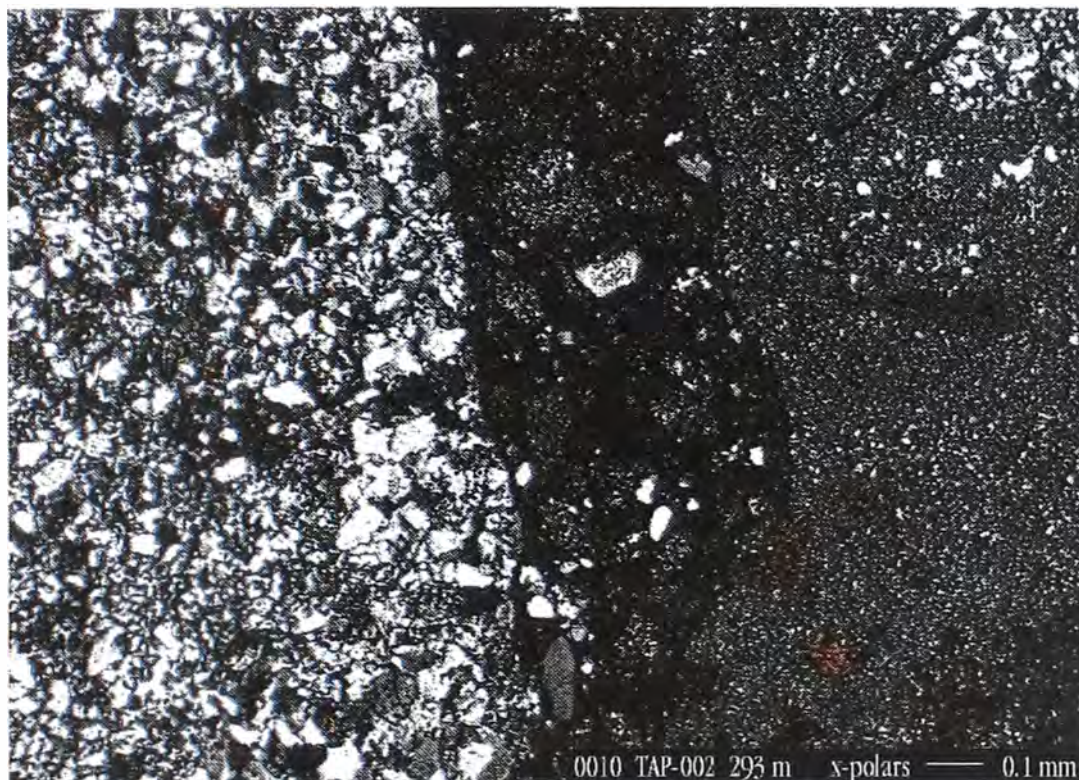
**Foto No 22**

Apreciación global de la muestra, Brecha Hidrotermal silicificada con OxFe en la matriz. El disco es de 1.25 pulgadas de diámetro. Estudiado por M. Bersch/USA



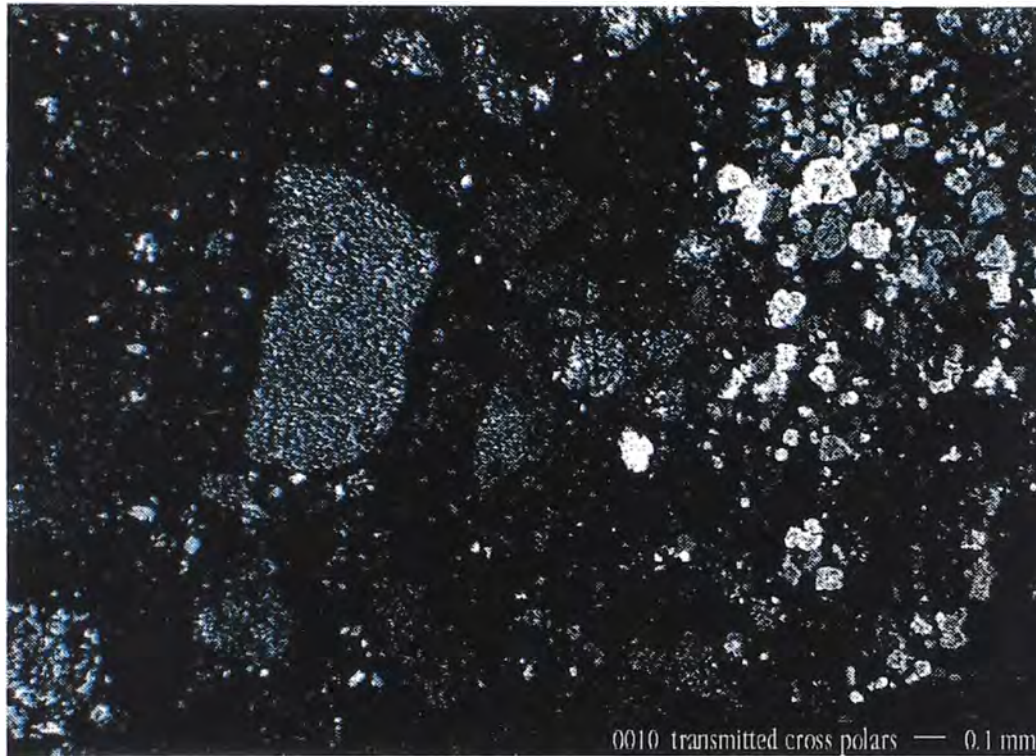
**Foto No 23**

Nicoles cruzados; se muestran los clastos de cuarzo relativamente gruesos y de granos muy finos separados. Estudiado por M. Bersch/USA



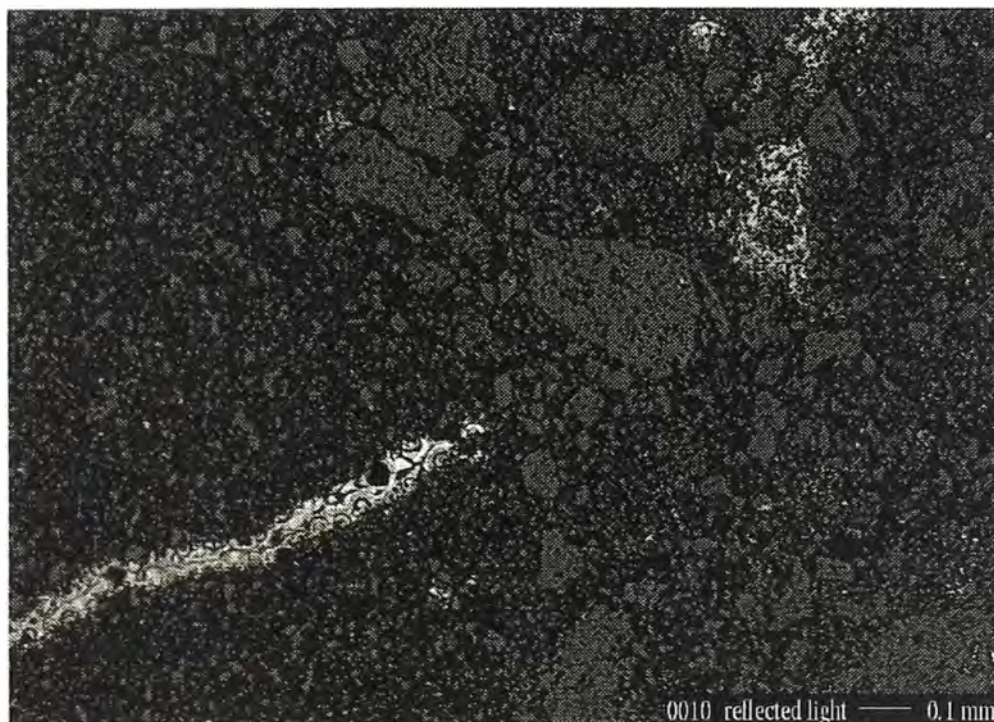
**Foto No 24**

Nicoles cruzados; se muestra nuevamente la diferencia textural de los clastos silicificados. Estudiado por M. Bersch/USA



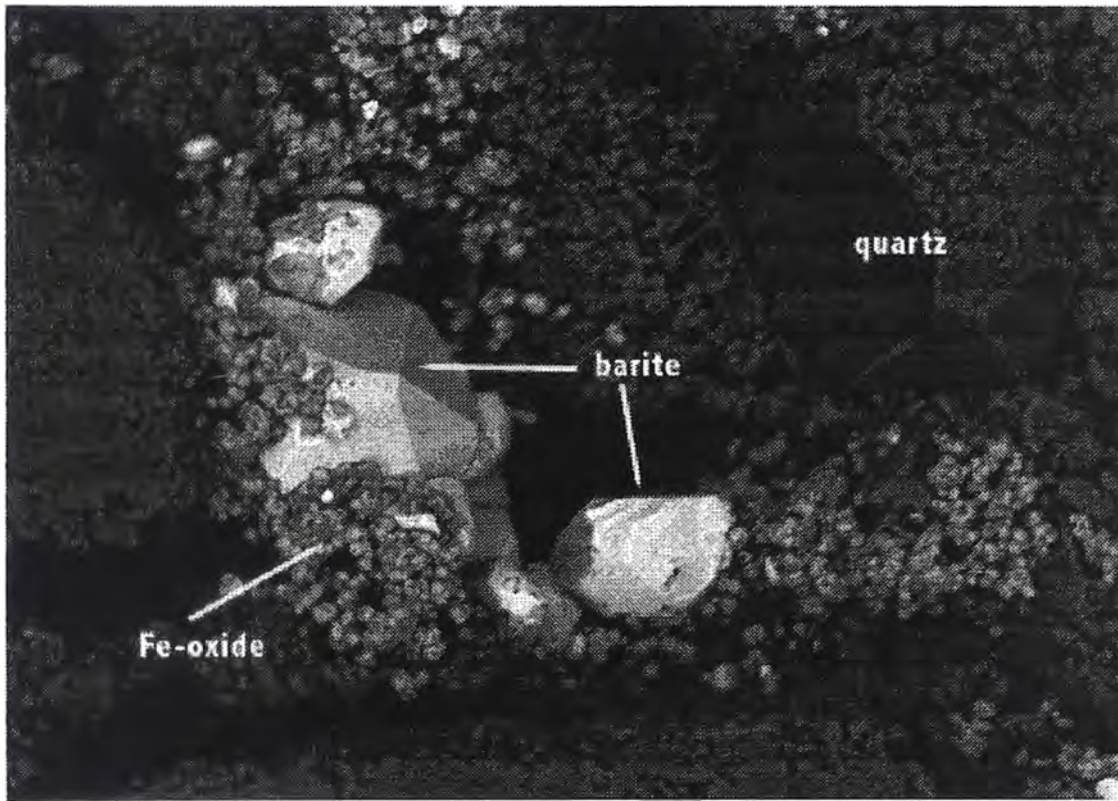
**Foto No 25**

Luz reflectada, se muestra la venilla de OxFe, principalmente Goethita con oxido de Fe-Ti-Mn, intermezclado, cortando la matriz oscura de Sílice/OxFe. Algunos clastos contienen trazas de sulfuros, principalmente Pirita. Estudiado por M. Bersch/USA



**Foto No 26**

Backscattered Electron Image; se muestra la fase todavía euhedral (Vuggy) rellena de Baritina con menor proporción de OxFe (Goethita ?). Estudiado por M. Bersch/USA



BE 00010

100µm

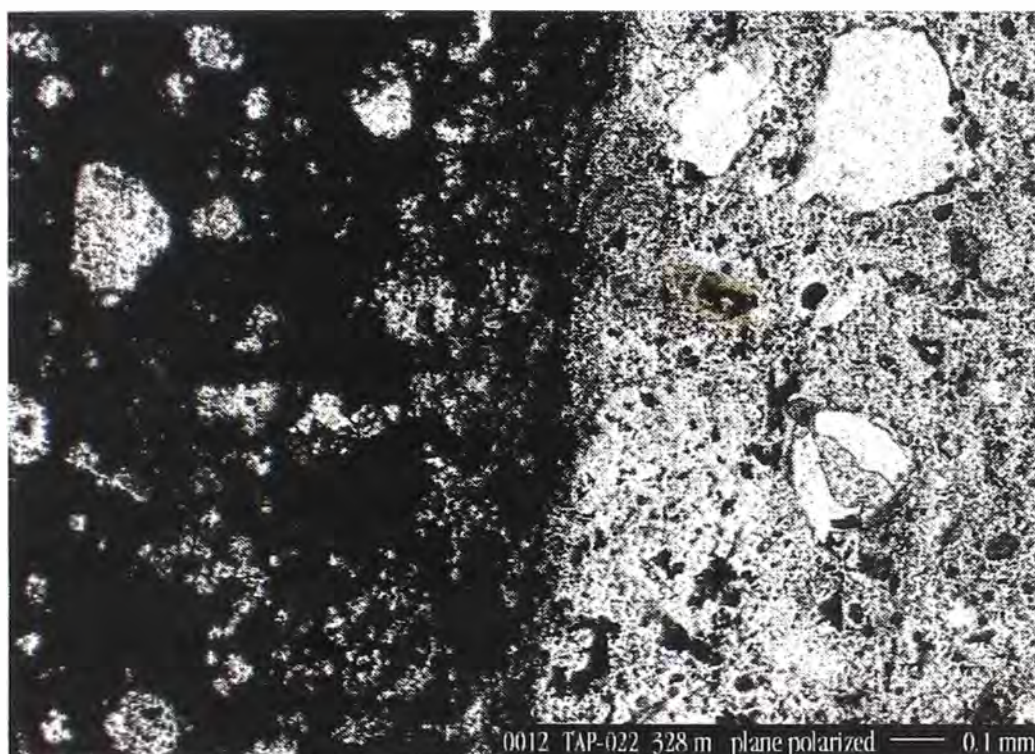
**Foto No 27**

Apreciación global de la muestra; Brecha Crackel, clastos de Sílice blanca con capas de OxFe y matriz. El disco es de 1.25 pulgadas de diámetro. Estudiado por M. Bersch/USA



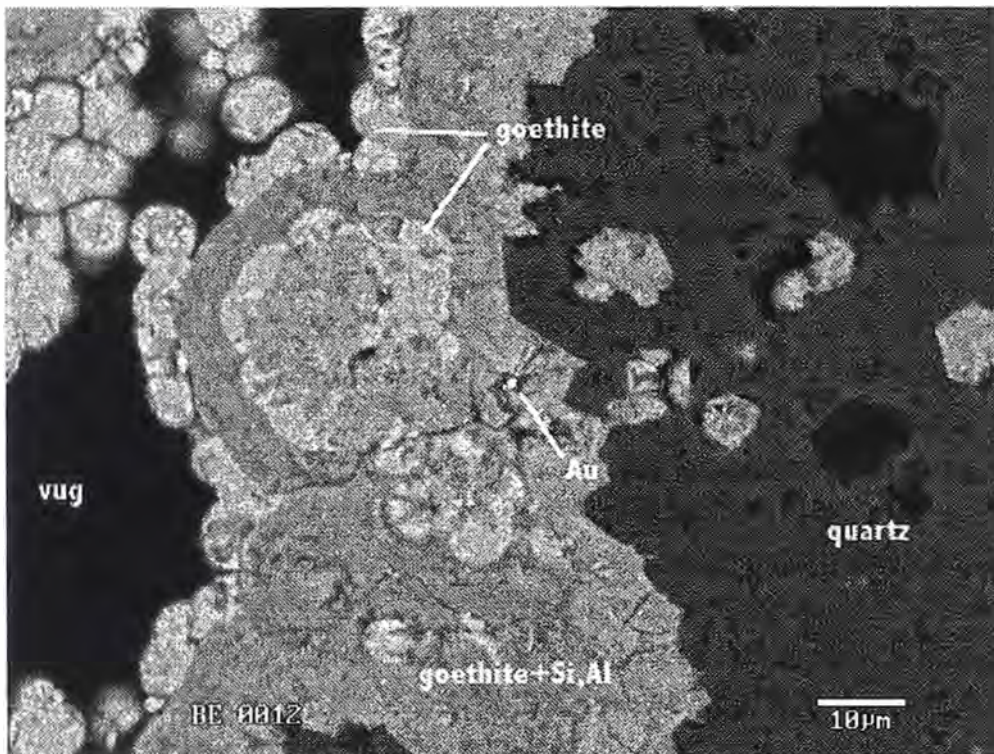
**Foto No 28**

Nicoles Paraleleos; se muestra clastos silicificados con OxFe que cubren la matriz. Estudiado por M. Bersch/USA



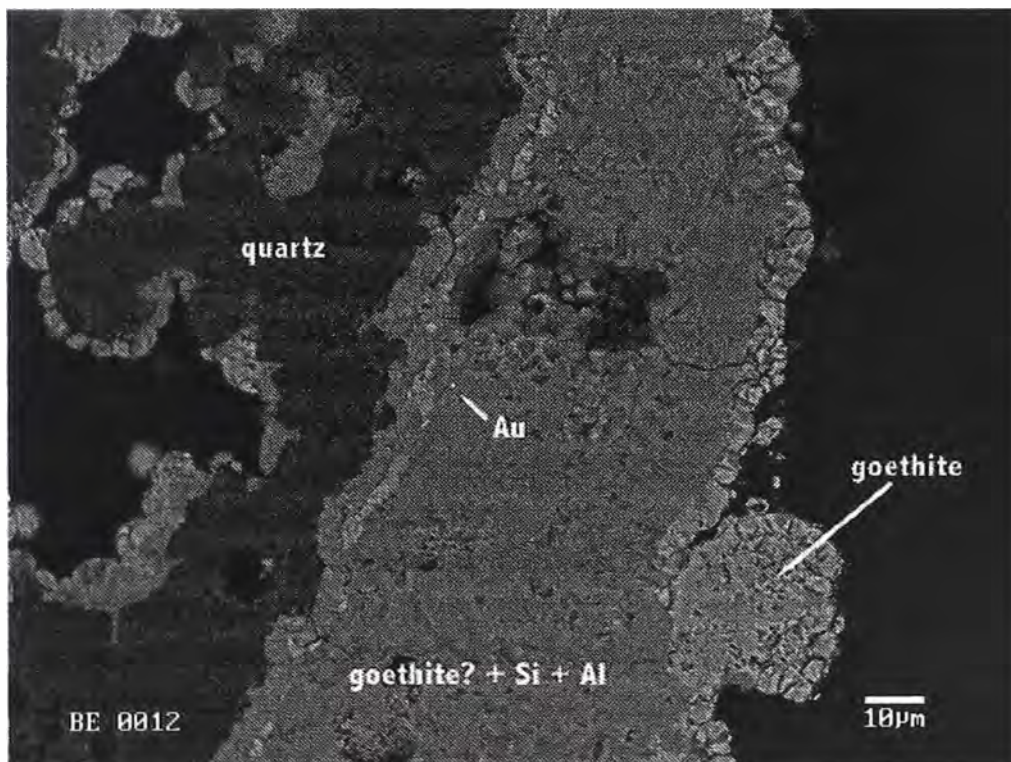
**Foto No 29**

Backscattered Electron; se muestra el OxFe cubierto por micrones de Oro. La Goethita es el principal oxido con oxidos de Si-Al intermezclados. Estudiado por M. Bersch/USA



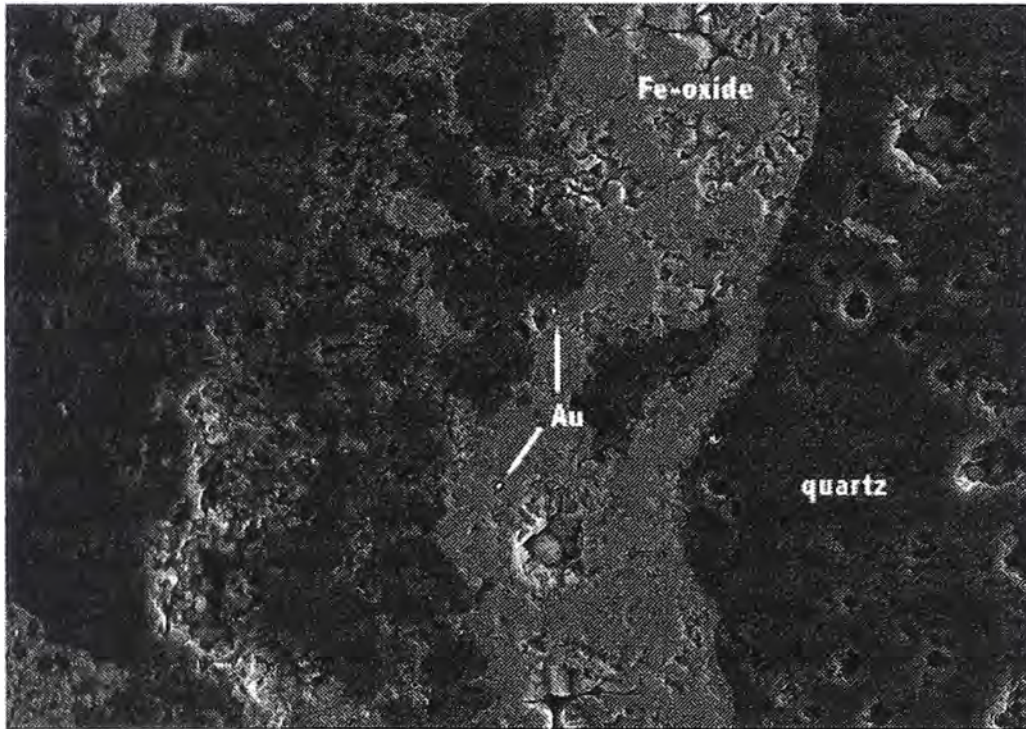
**Foto No 30**

Backscattered Electron; se muestra el Oro (mancha luminosa) en el oxido de Fe-Al-Si. El margen del contraste mas alto es el OxFe de la intermezcla. Estudiado por M. Bersch/USA



**Foto No 31**

Backscattered Electron; se muestra la venilla de OxFE (Goethita coliforme) con micrones y submicrones de Oro. Estudiado por M. Bersch/USA



BE 00012 mixed BE & SE 10µm