

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA**



**GEOLOGIA, PROSPECCION Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO  
DE ORO TIPO METAMORFOGENO – HIDROTHERMAL SATATA  
ICURO TAYABAMBA - LA LIBERTAD**

**Tesis presentada por el Bachiller:**

**MIGUEL ANGEL VICHARRA BARRUETA**

**Para optar el Título Profesional de INGENIERO GEÓLOGO**

**Lima – Perú**

**Diciembre del 2001**

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mis padres Marcelo y Amanda quienes con mucho amor, siempre estuvieron a mi lado fomentando apoyo espiritual y moral, deseos de superación y el lograr alcanzar las metas trazadas, impartieron en mi los valores de perseverancia, dedicación, respeto y lealtad.

A la memoria del Dr. Andrés Marsano Porras un gran empresario de éxito, luchador, trabajador, forjador, estudioso, talentoso; un hombre arriesgado en el juego de la vida que siempre apostaba a ganador; un ser humano con un gran concepto acerca del valor de las demás personas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Antes de iniciar la presentación de este trabajo debo manifestar mi mas profundo agradecimiento al Dr. Jorge Paredes Pacheco Jefe del departamento de Proyectos Geológicos y Titulación de MARSA quien me ha permitido formar parte de la brigada de exploraciones y de su equipo de investigaciones referente a los greenstones belts en el Complejo Marañón y de los volcánicos Lavasen y por la autorización para presentar el presente trabajo.

Deseo agradecer a mis colegas geólogos de la brigada de Exploraciones de Minera Aurífera Verónica S.A. subsidiaria de MARSA por brindarme su apoyo y colaboración en los trabajos de exploración con quienes hemos librado muchas cordiales discusiones tanto en el campo como en el gabinete.

Hago extensiva mi gratitud al Dr. Rolando Carrascal por asesorarme en la revisión de la presente tesis y por brindarme diversos consejos durante la realización de este trabajo.

Mis agradecimientos al Ingeniero José Martínez Talledo por sus recomendaciones en la parte estratigráfica y geología estructural.

Agradezco al Dr. Humberto Shirif por su paciencia en la revisión y corrección del trabajo, por brindarme su orientación y múltiples consejos con respecto a la geología del yacimiento.

Deseo agradecer al Dr. Luis Mercado por la revisión del trabajo realizada en la parte geológica y de redacción.

## RESUMEN

Desde el punto de vista geológico regional, la Cordillera Oriental del Perú en el área de Tayabamba esta conformada por una serie volcano-sedimentaria de edad Precambriana deformada por fenómenos tectónicos compresivos con regeneración petrográfica a metamorfismo de facies de esquistos verdes.

La serie de rocas verdes esta cubierta por una alineación de calderas volcánicas semidestruidas pertenecientes al arco volcánico Lavasen del Carbonífero superior, en cuyos centros eruptivos se identifican amplias áreas de alteración silicea masiva con diseminación de sulfuros y oro libre, que constituirían las fuentes de las mineralizaciones auríferas en ambientes volcánicos. Es precisamente sobre una de estas cicatrices de sublimación volcánica donde se sitúa la anomalía Satata Icuro. Durante la prospección se identificaron numerosas labores artesanales, cateos, medias barretas y pilancones.

La búsqueda de yacimientos metalicos en el área de Tayabamba se inicio mediante prospeccion geológica y geoquímica regional de sedimentos de río y quebradas descubriéndose una serie de anomalías geoquímicas; una de estas anomalías de “stream sediments” reveló valores anómalos en el río Cajas en la localidad de Tomac, la que fue prospectada al martillo descubriéndose una amplia zona de afloramientos sílico-sericiticos-cloríticos con diseminación de sulfuros y oro en los cerros Satata e Icuro a una altura comprendida entre los 3800 y 4200 m.s.n.m.

Posteriormente, en Satata-Icuro se procedió a efectuar un muestreo geoquímico riguroso con preparación de trincheras sobre los cuerpos mineralizados, muestreo de canales sobre vetas y un reticulado en roca avanzando la prospección hasta el nivel de anomalía geoquímica, el que fue complementado con un estudio geofísico para verificar el comportamiento de las anomalías geoquímicas en profundidad, aplicando el método de polarización inducida.

Basándose en los resultados obtenidos, se preparó un programa de perforaciones diamantinas cuyo principal objetivo era comprobar la continuidad vertical y en profundidad de la alteración y mineralización económica que se encuentra en superficie.

Finalmente complementando la prospección geológica se realizo un estudio de impacto ambiental pre y post perforación diamantina con un plan de cierre del proyecto.

El yacimiento Satata – Icuro en lo que a clasificación se refiere, corresponde a la serie metamorfológica, grupo metamorfolizado, clase de metamorfismo regional afectado por una posterior actividad hidrotermal de origen volcánico.

Geográficamente se encuentra ubicado en el extremo Norte de la cadena volcánica terrestre del Carbonífero superior, en el flanco Oeste del batolito de Pataz, la cual es de composición riolítica – dacítica y se encuentra emplazada en el basamento Precambriano.

El basamento metamórfico Precambriano esta conformado por meta-pelitas de facies esquistos verdes con disseminación de pirita framboidal y metavolcánicos andesíticos basálticos de fondo marino con un ensamble mineral metamórfico de Au – py – apy – OXs Fe.

Posteriormente, las calderas volcánicas carboníferas del sistema Lavasen fueron enriquecidas por la fuente primaria de los minerales metálicos anteriormente mencionados alojados en las rocas metamórficas, como producto de una fase final de vulcanismo con circulación de fluidos ricos en sulfuros y oro (etapa hidrotermal) emplazados en cuerpos irregulares y estructuras vetiformes de cuarzo que se encuentran cortando a los esquistos y a los volcánicos.

**“GEOLOGIA, PROSPECCION Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE ORO TIPO METAMORFOGENO - HIDROTHERMAL SATATA ICURO TAYABAMBA -LA LIBERTAD”**

**INDICE**

**RESUMEN**

**PRIMERA PARTE  
CONSIDERACIONES GENERALES**

	Pag
<b>CAPITULO I GENERALIDADES Y GEOMORFOLOGIA</b>	
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos y alcances del estudio.....	2
1.3 Ubicación y accesibilidad.....	3
1.4 Clima y Vegetación.....	3
1.5 Concesiones mineras.....	4
1.6 Antecedentes mineros en la zona.....	5
1.7 Geomorfología.....	5
1.7.1 Superficie Puna .....	6
1.7.2 Zona de influencia glacial .....	6
1.7.3 Valle del río Cajas .....	6
1.7.4 Valle del río Marañón .....	7
 <b>CAPITULO II GEOLOGIA REGIONAL</b>	
2.1 Estratigrafía.....	8
2.1.1 Complejo Marañón.....	8
2.1.2 Grupo Ambo.....	9
2.1.3 Volcánicos Lavasen.....	9
2.1.4 Grupo Mítu.....	10
2.1.5 Grupo Pucará.....	11
2.1.6 Grupo Goyllarisquisga.....	11
2.1.7 Depósitos Cuaternarios.....	12
2.2 Rocas intrusivas.....	12
2.3 Tectónica y Geología estructural.....	13
2.4 Geología Histórica y Evolución tectónica .....	14

**SEGUNDA PARTE  
CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS DEL YACIMIENTO**

**CAPITULO III GEOLOGIA LOCAL**

3.1 Litología.....	16
3.1.1 Esquistos.....	16
3.1.2 Metavolcánicos.....	17
3.1.3 Pizarras y filitas.....	18
3.1.4 Volcánicos.....	18
3.1.5 Material Cuaternario.....	19

3.2 Geología estructural.....	19
3.2.1 Tectónica .....	19
3.2.2 Microtectónica .....	23
3.3 Alteraciones Metamórficas e Hidrotermales .....	26
3.3.1 Silicificación.....	27
3.3.2 Cloritización.....	27
3.3.3 Propilitización.....	27
3.3.4 Sericitización.....	28
3.4 Mineralización.....	28
3.4.1 Mineralización metamórfica .....	28
3.4.2 Mineralización hidrotermal.....	29
3.4.2.1 Cuerpos en forma de mantos irregulares.....	29
3.4.2.2 Estructuras vetiformes.....	30
3.4.3 Zona de oxidación.....	30

## **CAPITULO IV PETROMINERALOGÍA**

4.1 Petromineralogía del Complejo Maraón .....	32
4.1.1 Análisis de secciones delgadas .....	32
4.1.2 Análisis de secciones pulidas .....	35
4.2 Petromineralogía de los Volcánicos Lavasen .....	37
4.2.1 Análisis de secciones delgadas .....	37
4.2.2 Análisis de secciones pulidas .....	39
4.3 Secuencia paragenética.....	39
4.4 Metamorfismo retrogrado.....	40
4.5 Inclusiones Fluidas .....	40
4.6 Relación entre la ley de Au vs mineralogía.....	42

## **TERCERA PARTE PROSPECCION Y EXPLORACION**

### **CAPITULO V PROSPECCION GEOQUIMICA**

5.1 Introducción .....	43
5.2 Reticulado geoquímico (muestras de roca).....	43
5.2.1 Análisis estadístico e interpretación de datos.....	43
5.2.2 Coeficiente de correlación, de determinación y covarianzas.....	47
5.3 Resultados geoquímicos de las trincheras.....	48
5.4 Resultados geoquímicos de las labores mineras antiguas.....	49
5.5 Interpretación geoquímica.....	49

### **CAPITULO VI PROSPECCION GEOFISICA: PROGRAMA DE POLARIZACION INDUCIDA**

6.1 Introducción.....	51
6.2 Reticulado Geofísico.....	52
6.2.1 Análisis estadístico e interpretación de datos.....	52
6.3 Perfiles geofísicos 9100 mE al 10800 mE y Correlación Geoquímica.....	57
6.4 Interpretación geofísica.....	61

**CAPITULO VII EXPLORACION MEDIANTE PERFORACION DIAMANTINA**

7.1 Introducción.....	63
7.2 Blancos exploratorios y ubicación de los sondajes diamantinos.....	63
7.3 Supervisión de la perforación diamantina.....	63
7.4 Logueo geológico y muestreo de testigos.....	64
7.5 Resultados geoquímicos de los sondajes diamantinos.....	65
7.6 Correlación Perforación diamantina – geofísica – geoquímica (Au) .....	65
7.7 Geometría de los cuerpos ricos en mena, forma, dimensiones y relaciones con la roca caja (límites) .....	66

**CUARTA PARTE  
INTERPRETACION GEOLOGICA**

**CAPITULO VIII MODELO GENÉTICO PRELIMINAR DEL YACIMIENTO DE ORO METAMORFOGENO – HIDROTHERMAL SATATA ICURO**

8.1 Hipótesis del origen y evolución de la mineralización durante el metamorfismo regional como parte del Complejo Maraón. ....	67
8.2 Hipótesis del origen y evolución de la mineralización hidrotermal Carbonífera .....	70
8.3 Descripción del perfil geológico CC’ Icuró .....	71
8.4 Modelo genético preliminar y evolución geológica del yacimiento de oro tipo metamorfogeno – hidrotermal Satata Icuró .....	72

**QUINTA PARTE  
GEOLOGIA ECONÓMICA Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**CAPITULO IX GEOLOGIA ECONÓMICA**

9.1 Siete Lagunas .....	76
9.2 Pahuarchuco .....	76
9.3 Mina Potrero .....	77
9.4 Molinetes .....	77

**CAPITULO X IMPACTO AMBIENTAL**

10.1 Introducción.....	78
10.2 Recursos hídricos.....	78
10.3 Efectos previsibles de la actividad.....	79
10.3.1 Campamentos.....	79
10.3.2 Caminos de acceso.....	79
10.3.3 Operaciones de perforación.....	80
10.3.4 Almacenamientos de sustancias peligrosas.....	80
10.4 Control y mitigación de los efectos de la actividad.....	80
10.4.1 Control de sedimentos y erosión.....	80
10.4.1.1 Cunetas y contracunetas.....	80
10.4.1.2 Alcantarillas.....	81
10.4.1.3 Peralte de la carretera.....	81
10.4.2 Control de lodos de perforación.....	81
10.4.3 Control de ruidos.....	82
10.4.4 Control de efluentes y residuos domésticos.....	82



10.5 Plan de cierre o de paralización temporal.....	82
10 .5.1 Carreteras y trochas de acceso.....	82
10 .5.2 Plataformas de perforación.....	83
10 .5.3 Trincheras y calicatas de exploración geoquímica y geofísica.....	83
10 .5.4 Taladros de perforación.....	83
10 .5.5 Pozas de lodos.....	84
10 .5.6 Campamentos.....	84
10 .6 Revegetación.....	85

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
---	-----------

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>91</b>
---	-----------

## **ANEXOS**

Cuadro de muestras del yacimiento Satata Icuro del análisis de secciones delgadas y pulidas

Abreviaturas

Tipos geométricos de intercrecimientos entre minerales opacos

Formatos de perforación diamantina

    Formato de supervisión de maquina perforadora

    Formato de logueo geológico

    Formato de geomecánica

    Formato de cortado de muestras

    Formato de resumen de taladros

Laminas

    Lista de Planos

        Plano N° 1 de ubicación y accesibilidad Satata - Icuro

        Plano N° 2 Patrones de drenaje y cuenca hidrográfica del río Marañón

        Plano N° 3 Geología regional distrital de Tayabamba

        Plano N° 4 Geología local de Satata – Icuro

        Plano N° 5 Geoquímica de oro Satata – Icuro

        Plano N° 6 Geoquímica de plata Satata - Icuro

        Plano N° 7 Geoquímica de cobre Satata – Icuro

        Plano N° 8 Geoquímica de plomo Satata - Icuro

        Plano N° 9 Geoquímica de zinc Satata - Icuro

        Plano N° 10 Geoquímica de arsénico Satata – Icuro

        Plano N° 11 Reticulado geoquímico, trincheras y labores mineras

        Plano N° 12 Anomalías de cargabilidad Satata - Icuro

        Plano N° 13 Anomalías de potencial espontaneo Satata - Icuro

        Plano N° 14 Anomalías de resistividad Satata – Icuro

        Plano isométrico N° 15 Topografía Satata Icuro y ubicación de las trochas de acceso

    Lista de Perfiles

        Perfil N° 1 Geológico AA’

        Perfil N° 2 Geológico BB’

        Perfil N° 3 Geofísico 9100 E Satata – Icuro

        Perfil N° 4 Geofísico 9200 E Satata - Icuro

        Perfil N° 5 Geofísico 9300 E Satata - Icuro

        Perfil N° 6 Geofísico Geoquímico (Au) 9500 E Satata - Icuro

        Perfil N° 7 Geofísico Geoquímico (Au) 9600 E Satata - Icuro

        Perfil N° 8 Geofísico Geoquímico (Au) 9700 E Satata - Icuro

        Perfil N° 9 Geofísico Geoquímico (Au) 9800 E Satata - Icuro

- Perfil N° 10 Geofísico Geoquímico (Au) 9900 E Satata - Icuro
- Perfil N° 11 Geofísico Geoquímico (Au) 10000 E Satata - Icuro
- Perfil N° 12 Geofísico Geoquímico (Au) 10100 E Satata - Icuro
- Perfil N° 13 Geofísico Geoquímico (Au) 10200 E Satata - Icuro
- Perfil N° 14 Geofísico Geoquímico (Au) 10300 E Satata - Icuro
- Perfil N° 15 Geofísico 10400 E Satata - Icuro
- Perfil N° 16 Geofísico 10600 E Satata - Icuro
- Perfil N° 17 Geofísico 10800 E Satata – Icuro
- Perfil N° 18 Geológico CC'
- Perfil N° 19 de Silicificación CC'
- Perfil N° 20 de Cloritización – propilitización CC'
- Perfil N° 21 de Sericitización – cuarzo adularia CC'
- Perfil N° 22 Geoquímico de Au, Ag y Cu CC'

# **“GEOLOGIA, PROSPECCION Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE ORO TIPO METAMORFOGENO - HIDROTHERMAL SATATA ICURO TAYABAMBA - LA LIBERTAD”**

## **PRIMERA PARTE CONSIDERACIONES GENERALES**

### **CAPITULO 1 GENERALIDADES**

#### **1.1 Introducción**

El presente trabajo constituye la culminación de una estrategia de evaluación regional por métodos geoquímicos en terrenos de gran filiación aurífera, como corresponde a la provincia de Pataz sector Norte de la Cordillera Oriental del Perú, que como se sabe es una de las zonas anómalas de oro de gran envergadura económica a escala mundial.

De acuerdo con los resultados del muestreo de rocas y “stream sediments” regional se llegó a demostrar la presencia de una zona de alteración silíceo-sericítica-clorítica con sulfuros diseminados donde los valores de oro definieron anomalías geoquímicas emplazadas en rocas Precambrianas y Paleozoicas entre la falda Norte del cerro Icuero y la quebrada Satata.

La proyección de la anomalía en profundidad fue determinada por un levantamiento geofísico de polarización inducida cuyos resultados sirvieron para establecer un programa de sondajes diamantinos con recuperación integral de testigos para su estudio y definir un programa de muestreo representativo que corresponden a la fase de constatación espacial de la continuidad de la anomalía geoquímica en superficie y de la mineralización en profundidad.

La mineralización económica se concentra en dos cuerpos irregulares de 50 m de potencia en promedio y afloramientos superficiales de 140,000 m<sup>2</sup> y 30,000 m<sup>2</sup> (cuerpos mineralizados Norte y Sur) emplazados en niveles de rocas silicificadas con diseminación de oro y sulfuros.

Sobre los cuerpos mineralizados se definieron 2 anomalías geoquímicas de oro importantes de 1.97 gr/TM de 8 has dentro del primer cuerpo y otra de 1. gr/TM de 3 has dentro del cuerpo Sur, sin embargo, existen valores tipo bonanza hasta de 30 gr/TM de Au.

El levantamiento geofísico mediante el método de polarización inducida realizado después de la prospección geoquímica ha arrojado 3 zonas anómalas, una de ellas coincide con los cuerpos mineralizados Norte y Sur, las otras se encuentran en la falda Sur del cerro Satata y del cerro Icuro respectivamente. Los valores más altos registrados en estas áreas son  $-0.14$  mv de potencial espontáneo, 6216 ohm de resistividad y 1 amp de intensidad.

Del programa de perforación diamantina de 15 taladros propuestos (5000 m lineales) que cubren 150 has, se realizaron 7 con un total de 1594.05 m lineales de testigos de rocas definiéndose un cuerpo mineral de 50 m de potencia con una ley promedio de 0.5 gr/TM.

## 1.2 Objetivos y alcances del estudio

La metodología de evaluación de un depósito de oro diseminado, de gran volumen y baja ley como el de Satata Icuro es un reto constante en la estimación de reservas económicas. Durante todos los estados de desarrollo del proyecto se debe tener como finalidad primordial el asegurar el retorno de la inversión y este ha sido el objetivo principal del equipo técnico encargado de la evaluación económica del proyecto aurífero.

El objetivo principal del presente trabajo de Tesis para optar el título de Ingeniero Geólogo, es investigar el origen de la mineralización del yacimiento metamórfico hidrotermal de Satata Icuro y estudiar la posible relación entre el metamorfismo regional Precámbrico del Complejo Marañón y la actividad hidrotermal carbonífera del vulcanismo Lavasen.

Para alcanzar el objetivo mencionado se realizaron sucesivamente prospecciones geoquímica, geofísica y perforación diamantina.

El propósito fundamental de la geoquímica aplicada en Satata Icuro consiste en determinar cuantitativamente los contenidos de elementos metálicos económicos (principalmente del oro) en las rocas, delimitar extensiones anómalas, priorizando estas de acuerdo a dimensionamientos (áreas) y leyes.

En prospección geofísica se utilizó el método de polarización inducida, el cual permitió detectar cuerpos con contenidos anómalos de minerales metálicos ubicados relativamente a poca profundidad (100 a 500m de profundidad). Ello también permitió obtener información estructural y mineralógica cerca y debajo de la mineralización superficial.

La campaña de perforación diamantina (1594.05 m en 7 taladros) permitió comprobar la continuidad vertical y/o en profundidad de la alteración y mineralización superficial así como la concordancia con las anomalías geoquímicas y geofísicas. Se recomendó además, basados en los resultados tanto de la prospecciones geoquímica y geofísica así como también en los de la primera campaña de perforación, la ejecución de una segunda campaña de perforación diamantina en combinación con una de aire reverso para calcular las reservas del mineral explotable (Au u otro metal).

Complementando la exploración geológica realizada en el yacimiento Satata Icuro, se llevo a cabo un estudio de impacto ambiental que consistió en prevenir y evitar posibles riesgos

de contaminación en el área, para el caso de un plan de cierre o de paralización temporal del proyecto teniendo como objetivos principales minimizar la erosión de los suelos, proteger la calidad de agua de los afluentes, minimizar el impacto visual y restablecer la comunidad vegetal del terreno de una manera sustentable.

### 1.3 Ubicación y accesibilidad

El yacimiento Satata - Icuero se encuentra en la Cordillera Oriental del Norte del Perú, aproximadamente a 7 km en línea recta al Este de la ciudad de Tayabamba. Comprende los cerros Satata e Icuero, políticamente se halla en la jurisdicción del distrito de Tayabamba, capital de la provincia de Patataz, departamento de La Libertad; a una altitud comprendida entre los 3700 y 4200 m.s.n.m.

El acceso puede realizarse desde la ciudad de Trujillo por carretera asfaltada (plano N° 1), por la ruta Trujillo – Huamachuco y luego por la carretera afirmada Huamachuco – Chagual – Buldibuyo - Tayabamba (456 km - 23 horas en camioneta en promedio). Otra ruta es mediante la carretera asfaltada Trujillo – Chimbote y luego por la carretera afirmada Chimbote – Sihuas – Huancaspata – Tayabamba (560 km – 12 horas en camioneta).

Asímismo, en vuelos aéreos comerciales: Trujillo - Chagual (45 minutos) o Lima - Chagual (1 hora y 30 minutos), luego por tierra siguiendo la ruta: Chagual – Buldibuyo – Tayabamba (132 km - 6 horas en camioneta). Otra ruta aérea es la de Trujillo - Cochapita - Tayabamba (1 hora de vuelo).

Desde la ciudad de Tayabamba existe una trocha carrozable hasta el paraje llamado Satata – Icuero pasando por el anexo de Tomac, el viaje dura 1 hora y 30 minutos. Otro acceso es siguiendo la trocha carrozable Tayabamba – Cochapita – Cajaspampa, el viaje en camioneta dura 45 minutos, esta carretera no puede ser utilizado en épocas de lluvia por el material jabonoso que se forma entre el agua y los sedimentos del Grupo Mitu, de Cajaspampa sale un camino en herradura hasta Satata – Icuero (20 minutos caminando).

### 1.4 Clima y Vegetación

El área de estudio se encuentra ubicada en el cerro Icuero a una altura variable entre 3800 y 4200 m.s.n.m., lo que corresponde, según la Carta Nacional del INRENA 1989, a una zona de vida páramo pluvial Subalpino Tropical (pp Sa T). El campamento base esta ubicado en el valle del río Cajas a una altura de 3300 m.s.n.m. en una zona de vida bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh M T). Los hábitats típicos que se pueden apreciar en esta zona son los pajonales de gramíneas de altura y algunos ambientes lénticos ya sean estacionales o perennes. De acuerdo con los valores de la zona de vida se tiene los siguientes parámetros climatológicos:

Cuadro N° 1.1 Parámetros Climatológicos De acuerdo a los Valores de la Zona de Vida

Parte de la Zona de estudio	Zona de vida (INRENA 1989)	Biotemperatura media anual (°C)	Precipitación promedio anual (mm)	Evapotranspiración potencial total por año referida al promedio anual de precipitación (mm)
Campamento base	Bmh - MT (1)	6,5 - 10,9	828 - 1722	0,25 - 0,5
Área de trabajos	pp - SaT (2)	0 - 6	1754 - 1819	0,125 - 0,25

(1) Bosque muy húmedo montano tropical

(2) Páramo pluvial subalpino tropical

La descripción florística de la zona presentada en el cuadro N° 1.2 esta basada en información recopilada de diversas fuentes (INRENA, 1989; BRACK, 1986) y de las observaciones de campo. Las áreas donde se ubican los pajonales están constituidas principalmente por gramíneas típicas de las regiones altitudinales, tales como algunas de la familia Poaceae y del género Festuca.

Entre las plantas comestibles en la zona se tiene: papa, olluco, caña de azúcar, habas, trigo, avena, choclos, camotes y quinua. Entre los árboles se encuentran: eucalipto, alisos, carrizos y quinales.

Cuadro N° 1.2 Listado de la Flora presente en el área del Proyecto Satata Icuero

Familia	Especie	Nombre común	Observaciones
Poaceae	Chusquea sp	Carrizo enano	Distribuido en espesas matas
Hypericaceae	Hypericum laricifolium	Chinchango	
Rosaceae	Polylepis sp	Queñoa	Pequeños bosquetes
Asteraceae	Gynoxys sp	palo blanco	Pequeños bosquetes
Grossulariaceae	Escallonia sp	Chachacoma	Pequeños bosquetes
	Buddleia sp	Quishuar	Pequeños bosquetes
Asteraceae	Baccharis sp		Pequeños bosquetes
Melastomataceae	Brachyotum sp		Arbustos
	Ribes sp		Arbustos
Berberidaceae	Berberis sp		Arbustos
	Chuquiragua sp		Arbustos
Ericaceae	Vaccinium sp	Pushgay	Arbustos
		Ichu	Distribuido en toda la puna

## 1.5 Concesiones mineras

El área de estudio se encuentra cubierta íntegramente por las concesiones mineras denominados Terodáctilos N° 143 (10 has) con coordenadas 9°087,000N - 254,000E; 9°082,000N - 254,000E; 9°082,000N - 252,000E y 9°087,000N - 252,000E Terodáctilos N° 144 (10 has) con coordenadas 9°087,000N - 256,000E; 9°082,000N - 256,000E;

9°082,000N – 254,000E y 9°087,000N – 254,000E, cubren la zona de Oeste a Este desde el río Cajas hasta la laguna Culluna.

### **1.6 Antecedentes mineros en la zona**

En la zona se han encontrado expresiones de arte rupestre posiblemente de edad pre incaica, estas culturas ya se dedicaban a la minería.

Existe evidencia de actividad minera pre colonial registrado en los timbaletes, molinetes y lavaderos de granito que se encuentran en casi todas las quebradas cercanas a las corrientes de agua (fotografías N° 1 y 2), a estos lugares se bajaba el mineral de los socavones y cateos.

Los frailes españoles y lugareños se dedicaron a la actividad minera artesanal durante la época colonial basándose en trabajos anteriores dejados por las antiguas civilizaciones, explotaron las vetas de cuarzo y cuerpos con diseminación de oro, óxidos de hierro y sulfuros mediante socavones (fotografías N° 3 y 4), cateos y medias barretas.

La mina Potrero tiene una antigüedad aproximada de 41 años (1960), los clavos mineralizados fueron cateados por los señores Pedro Domínguez y César Longaray, 20 años después la compañía canadiense Badani S.A. se dedicó durante 3 años a explotar el mineral de cobre con oro por el método de corte y relleno ascendente mediante subniveles, tajeos y tolvas caminos.

Trabajos antiguos de topografía y geología realizados por el Ingeniero Tarnawieski en la región incluyen información de algunos lugares con mineralización económica tales como C° Satata – Icuero, C° Pahuarchuco, mina Potrero, C° Caldera, C° la plata, entre otros.

Minera Aurífera Verónica S.A. empresa de exploraciones geológicas, subsidiaria de MARSA viene realizando trabajos de campo en la región como geoquímica regional, cartografiado geológico regional y al detalle a partir del año 1995.

### **1.7 Geomorfología**

Los cerros Satata e Icuero integran una secuencia montañosa en la Cordillera Oriental de los Andes peruanos en una región que forma parte del margen oriental de la cuenca del río Marañón. En esta región la Cordillera Oriental consiste en cadenas montañosas paralelas separadas por estrechos valles longitudinales tales como en Tayabamba, Huaylillas y Huacrachuco (plano N° 3). Las cumbres de los cerros se encuentran entre los 3500 a 4300 m.s.n.m.

La zona de estudio se eleva desde la margen derecha del valle del río Cajas (tributario del Marañón) entre 3300 y 4200 m.s.n.m. La quebrada Satata constituye un accidente geográfico natural que divide ambos cerros mientras que por el Sur la quebrada Icuero marca

el límite del cerro del mismo nombre con el cerro Culluna; ambas quebradas tienen pendientes moderadas y constituyen los cursos naturales del agua de escorrentía.

En la zona de estudio podemos reconocer los siguientes elementos geomorfológicos: Superficie Puna, zona de influencia glaciaria, valle del río Cajas y valle del río Marañón.

### **1.7.1 Superficie Puna**

En las zonas de alturas comprendidas entre los 4100 y 4300 m.s.n.m. (C° Pahuarchuco, Togana, etc) se pueden reconocer superficies relativamente anchas aunque discontinuas que corresponden a remanentes de la Superficie Puna.

### **1.7.2 Zona de influencia glaciaria**

Las zonas de alturas comprendidas entre los 3800 y 4100 m.s.n.m. se caracterizan por la abundancia de geoformas de origen glaciaria. Así tenemos depósitos morrénicos acumulados en las partes altas de las quebradas tributarias al río Cajas y en aquellos que drenan hacia la cuenca del Huallaga; abanicos fluvio-glaciares depositados en las partes anchas de estos valles; quebradas en forma de U producto del movimiento glaciario pasan a valles rectos y en forma de V asociadas a grandes fallas; superficies estriadas en las rocas; lagunas glaciares formadas detrás de morrenas y barreras de rocas.

### **1.7.3 Valle del río Cajas**

La fisiografía de la zona está dominada por el valle del río Cajas que discurre de SE a NW con variaciones al Norte y alturas comprendidas entre los 2700 a 3600 m.s.n.m. Constituye el curso de agua principal al cual drenan aguas de las quebradas menores Satata, Icuro, Culluna, etc, con saltos de 100 a 300 m de las formaciones montañosas. Las zonas bajas del valle presentan terrazas aluviales y fluviales de pendientes suaves mientras que en las partes altas de los cerros la superficie presenta pendientes suaves y moderadas que permiten la presencia de cuerpos de agua lenticular (lagunas Culluna, 7 lagunas, Satata, Icuro, etc.) algunos de los cuales drenan hacia las quebradas mencionadas. En la falda de los cerros adyacentes al río se puede apreciar material coluvial cubierto por vegetación natural y áreas cultivadas.

Se observa en el río Cajas el desarrollo de la etapa valle representado por un terreno de pendiente suave ubicado entre los pueblos de Tomac y Cajaspampa donde se encuentran numerosas terrazas. La etapa cañón se manifiesta con fuertes caídas del río resultado de la excavación profunda originando desniveles de hasta 200m ubicadas entre Tomac y Tayabamba. Los tributarios principales han sido afectados por la etapa cañón presentando fuertes pendientes y se encuentran controladas por estructuras pre superficie puna. Al producirse el levantamiento andino los ríos profundizaron sus cauces y las estructuras pre existentes jugaron un papel importante en el desarrollo de sus valles.



#### **1.7.4 Valle del río marañón**

Es un valle estrecho y por zonas encañonado, producto de la yuxtaposición de las Cordilleras Occidental y Oriental. El desnivel que existe entre los picos de los cerros adyacentes y el río oscila entre 2500 a 3000 m donde se puede observar en algunas partes la exposición de rocas muy antiguas como el gneis del Marañón. El drenaje del Marañón corresponde a la parte alta de la cuenca hidrográfica del Atlántico.

La cuenca sigue una dirección de SE a NW con variaciones al NE y se encuentra en el extremo SW del área que corresponde a la hoja de Tayabamba (ver plano N° 2).

## CAPITULO II GEOLOGIA REGIONAL

La geología regional de Tayabamba comprende la zona que se encuentra enmarcada entre las coordenadas 9°09'2,000N – 248,000E y 9°07'8,000N – 258,000E (plano N° 3), entre las secuencias estratigráficas que afloran se encuentran el Complejo Marañón, el Grupo Ambo, la Formación Lavasen, el Grupo Mitu, el Grupo Pucará, el Grupo Goyllarisquizga y los depósitos Cuaternarios, así como rocas intrusivas del batolito de Pataz, todo este conjunto de Formaciones e intrusivos esta cortado por una serie de estructuras tectónicas regionales activadas y reactivadas en diferentes orogenias.

Las rocas del Complejo Marañón y volcánicos Lavasen hospedan yacimientos como el de Satata-Icuro (Au disseminado y en vetas), Potrero (vetas de Cu - Au), Pahuarchuco (Au disseminado y en vetas), Siete lagunas (Au disseminado y en vetas) mientras que Molinetes (vetas de Au) se encuentra en el batolito de Pataz. Se describe también la Geología histórica de Tayabamba como parte del Geoanticlinal andino.

### 2.1 Estratigrafía

La columna estratigráfica de Tayabamba (figura N° 2.1) esta conformado por rocas metamórficas Precámbricas, rocas sedimentarias y volcánicas continentales del Paleozoico y rocas sedimentarias marinas y continentales del Mesozoico.

#### 2.1.1 Complejo Marañón

Secuencias de rocas metamórficas que afloran en casi toda el área cartografiada a ambos lados de las riveras del río Cajas, con una potencia aproximada de 1800m, constituidos por esquistos micáceos cloritosos y sericíticos cortados por vetas de cuarzo lechoso. Existe una facie volcánica metamorfizada que aflora al N y NW de Tomac en la parte baja y a ambos lados de las riveras del río Cajas, se trata de rocas que se encuentran concordantes y cortando a los esquistos afectados también por el metamorfismo regional, son andesitas y basaltos almohadillados (fotografía N° 5) con disseminación de Au – py – apy.

Sobre las secuencias anteriores afloran pizarras que gradualmente en profundidad pasan a filitas deformadas por metamorfismo regional, son laminadas de colores gris y gris verdoso se encuentran en las partes altas de los cerros Pahuarchuco, Satata, Yanapacha y alrededores, estos afloramientos de pizarras no sobrepasan los 2 m de potencia por la erosión sufrida.

Al Complejo Marañón por correlación estratigráfica se le asigna una edad correspondiente al Neoproterozoico con una edad de 1000 a 570 m.a (INGEMET, 1995). Mas hacia el Norte en Pataz se encuentra infrayaciendo a las pizarras Ordóvicianas de la Formación Contaya, que guardan similitud litológica con las pizarras Precámbricas del Complejo, pero presentan fósiles de graptolites, como las encontradas en el cerro Gasgurragra al Sur del cerro Icuro.

Regionalmente se cartografiaron isogras de reacción<sup>1</sup> localizándose sobre el terreno asociaciones completas en equilibrio de reactantes y productos minerales de reacciones metamórficas indicando los puntos donde aparecieron por vez primera los minerales índices como clóritas, sericitas, biotitas café, biotitas castañas y granates (plano N° 3).

### **2.1.2 Grupo Ambo**

Aflora en ambos lados del río Cajas alrededor de las quebradas Gasgurragra y Huancuya, sobreyace en discordancia angular a las rocas del Complejo Marañón e infrayace en discordancia a las rocas del Grupo Mitu, presenta una potencia aproximada de 300 m; conformado en su mayoría por rocas de ambientes fluviales deltaicos que consiste en conglomerados intercalados con areniscas y limolitas que indican épocas de crecida y estiaje de los ríos respectivamente. Los cantos rodados de esquistos y del basamento granítico metamorfozados indican zonas de aportes locales; las areniscas conglomerádicas tienen una matriz de granos de cuarzo, feldespatos, cloritas, micas y óxidos de Fe con cemento silíceo provenientes de las metapelitas y metavolcánicos del Complejo Marañón así como de las rocas del basamento cristalino cuya posición en la zona es desconocida. Las areniscas y limolitas arcósicas que sobreyacen al Complejo representan un residuo feldespático ligeramente retrabajado, es decir, transporte local de los ríos que han erosionando directamente sobre la superficie granítica metamorfozada, estas rocas están conformadas principalmente por granos de cuarzo y feldespatos en una matriz clorítica, contienen moldes de calamites, existen algunos niveles de pizarras carbonosas.

Al SW del río Cajas, hacia el tope del grupo, existe un horizonte marino depositado sobre los clastos continentales que consiste en limolitas y lutitas negras a gris azuladas y contienen moldes externos e internos limonitizados y carbonatados de crinoídeos y anelidas (cornulitas sp.). Entre las quebradas Gasgurragra y Culluna aflora una facie volcánica de andesitas verdes, este derrame ocurrió durante una distensión y subsidencia de la cuenca (Plano N° 3).

De acuerdo a los fósiles marinos y continentales encontrados y por la posición estratigráfica al Grupo se le asigna una edad correspondiente al Missisipiano, la facie volcánica probablemente se manifestó a finales de esta edad.

### **2.1.3 Volcánicos Lavasen**

Aflora en el Norte del área cartografiada, tiene una potencia aproximada de 1300 m y presenta una morfología abrupta tipo farallones, escarpas y cerros conspicuos de pendientes

---

<sup>1</sup> Se define como una isograda a la línea en un mapa que une los puntos de aparición de un cierto mineral índice (F. WINKLER, 1976), reflejando así un cambio específico en la asociación mineral y, por consiguiente, una reacción metamórfica, la que depende de la temperatura, presión y composición, una isograda representa en general un conjunto de condiciones P – T – X (mineral índice) que satisface el equilibrio de la reacción y no puntos de igual valor de dichas variables.

fuertes. Se encuentra sobreyaciendo al batolito de Pataz y al Complejo Marañón relacionado con fallas que cortan a las dos secuencias anteriores.

De acuerdo con la tefroestratigrafía realizada en los cerros Caldera y Potrero esta secuencia se caracteriza por tener etapas de vulcanismo lávico y piroclástico, la composición de estas rocas corresponden a riolitas, riodacitas, dacitas y andesitas tardías de color verde a verde pardo con textura afanítica, fluidal, afanítica porfirítica donde se observan fenocristales de plagioclasas inmersos en una pasta silicea, piroclástica y amigdaloides, presentan silicificación como alteración principal con diseminación de Au,  $Pb$  y  $Cu$ . En las brechas volcánicas se observa trozos angulares de lava riolítica y escoria que se han formado por rodamiento violento y acumulación en pilas de brecha; la presencia de niveles irregulares de aglomerados indican que el movimiento de estas masas en estado viscoso ha producido desgaste en las aristas de los fragmentos angulares arrancados de la garganta del cráter.

La textura fluidal de algunas muestras de mano indica que las lavas provinieron del NW exactamente de los cerros Caldera y Potrero los que constituyen cráteres erosionados. El emplazamiento de estos volcánicos subaéreos continentales corresponde a la parte superior de la epizona del sistema volcánico.

A esta Formación se le correlaciona con los volcánicos Lavasen que afloran en Pataz y se le asigna una edad correspondiente al Carbonífero superior por que sobreyace al batolito (dataciones K – Ar arrojaron 321 m.a. según Schreiber, 1989) correspondiente al Carbonífero inferior e infrayace al Grupo Mitu (Pérmico) en los cerros Apomachay y hacia el Norte en el área de Bolívar en la quebrada Yarnalen.

#### **2.1.4 Grupo Mitu**

Franja de rocas continentales que afloran en ambas riveras del río Cajas entre Collay y Tayabamba, tiene una potencia aproximada de 400m, sobreyace en discordancia erosional al Grupo Ambo e infrayace a las calizas del Grupo Pucará. Litológicamente esta constituido por areniscas rojas, conglomerados rojos, molasas, areniscas, limolitas, lutitas y yeso y hacia el tope afloran rocas volcánicas de color morado y composición andesítica.

Los conglomerados están constituidos por cantos rodados hasta de 80 cm de diámetro, provenientes de las secuencias anteriores. Entre las quebradas Huaraugaga y Huancuya estos conglomerados presentan cantos de caliza con restos de crinoideos, que muy probablemente provengan del Grupo Copacabana aunque esta unidad no ha sido identificada en la zona ni en la región. La abundancia de fragmentos gruesos y mal seleccionados indica un transporte corto y zonas de aporte cercano. Las areniscas son bastantes rojizas, constituidas por granos de cuarzo en una matriz de hemátita y limonita, las fracturas están rellenas con yeso fibroso. Los sedimentos se depositaron en fosas erosionadas afectadas por actividades tectónicas posteriores, la hemátita diseminada en estas rocas indica erosión acompañado por sepultamiento relativamente rápido en condiciones oxidantes formado al pie de montañas donde el Complejo Marañón represento una zona de aportes.

La facie volcánica del Grupo Mitu que aflora al Este del río Cajas consiste en derrames andesíticos con fenocristales de plagioclasas inmersos en una pasta silicea morada clara con estructuras de flujo que le da una morfología laminada, presenta también niveles de jaspe rojos y marrones. Los volcánicos están asociados a una falla de orientación NW – SE que pasa por el río Cajas y se extiende hacia el Norte, probablemente por esta estructura se emplazaron los derrames (Plano N° 3).

Al Grupo Mitu se le asigna una edad correspondiente al Permiano medio a superior por las dataciones radiométricas realizadas por el INGEMMET (1995) en los volcánicos (221 m.a.) y por su posición estratigráfica, pues se encuentra sobreyaciendo al Grupo Copacabana e infrayaciendo al Grupo Pucará.

### **2.1.5 Grupo Pucará**

Aflora en la quebrada Huaraugaga al SW del río Cajas sobreyace en discordancia erosional al Grupo Mitu e infrayace al Grupo Goyllarisquizga en discordancia angular, debido a la fuerte erosión pre Goyllarisquizga presenta una potencia aproximada de 600m hacia el NW y se adelgaza lenticularmente entre los Grupos Mitu y Goyllarisquizga. Litológicamente esta conformado por areniscas calcáreas de buena estratificación en bancos de 1 a 5 m; sobreyaciendo a la unidad anterior se presentan bancos de calizas hasta de 10m, con nódulos irregulares de chert, cuarzo y calcedonia en vetillas. Esta sílice indica que la sedimentación de las calizas se realizó en aguas tranquilas y de relativa profundidad, existe también un nivel de margas grises. Sobreyaciendo a la unidad anterior aflora un nivel de calizas oscuras y fétidas con intercalación de lutitas negras rica en materia orgánica que indican ambientes anaeróbicos.

De acuerdo con la posición estratigráfica al Grupo Pucará se le asigna una edad correspondiente al Triásico medio – Jurásico inferior.

### **2.1.6 Grupo Goyllarisquizga**

Aflora al SW del río Cajas entre las quebradas Huanculla y Cushurco, presenta aproximadamente 500m de potencia, hacia el NW se adelgaza lenticularmente entre el Complejo Maraón y el Grupo Mitu, sobreyace al Grupo Pucará en discordancia angular.

La base del Grupo presenta areniscas de grano grueso a conglomerádico cuyos fragmentos de roca provenientes de la erosión de las secuencias anteriores alcanzan diámetros de algunos centímetros e indican derivación local, las intercalaciones de lutitas abigarradas indican ambientes oxidantes de plataforma; los niveles superiores lo conforman limolitas, areniscas, microconglomerados deltaicos y algunos lechos de carbón de 0.5 m de potencia.

Por la posición estratigráfica y correlación con las rocas del Grupo Goyllarisquizga del centro y Norte en la Cordillera Occidental se le asigna una edad Cretáceo inferior.

### **2.1.7 Depósitos Cuaternarios**

Se encuentran cubriendo todas las formaciones anteriores y corresponden al Pleistoceno. Se han distinguido 4 clases diferentes de depósitos: depósitos de tillita, depósitos fluvio-glaciares, depósitos coluviales y depósitos fluvioaluviales.

Los depósitos de tillita están conformados por fragmentos angulares de esquistos, volcánicos y rocas intrusivas en una matriz arcillosa, presentan cierta estratificación. Como derivada de aquellos se ha reconocido también en el fondo de las lagunas Satata e Icuero secuencias de arcilla várvida de color negro verdusco consiste en una intercalación de limo y materia orgánica que indica depositación estacional en lagunas de agua dulce y descansan sobre una superficie estriada.

Los depósitos fluvio-glaciares, ubicados en las quebradas de puna en Satata, Culluna, Río Blanco, Yanapacha, Gasgurragra, etc están constituidos por acumulaciones de fragmentos de roca arrancados de los depósitos glaciares y reabajadas por las corrientes de agua.

Los depósitos coluviales se encuentran en la falda de todos los cerros y están conformados por fragmentos angulares de roca del mismo cerro, poco consolidados y cubiertas de vegetación.

Los depósitos fluvioaluviales se encuentran en el río Cajas y en las partes anchas de algunas quebradas tributarias. Se trata de depósitos de arena, grava y algunos cantos y bolones de hasta 1 m de diámetro, sueltos a semiconsolidados.

## **2.2 Rocas intrusivas**

Se trata de plutones Eohercínicos correspondientes al batolito de Pataz, afloran en el NE del área de estudio. Su composición varía de granito a granodiorita. El granito presenta cristales de ortosa rosada subhedral a euhedral, granos de cuarzo, biotitas en menor cantidad y hornblendas y la granodiorita muestra grano medio a grueso, textura hipidiomórfica granular con cuarzo, plagioclasa euhedral, hornblenda verde, biotita flogopizada y actinolitas.

Los plutones presentan también enclaves de brechas de formas ovoides con los ejes mayores orientados hacia el NW y emplazados en una falla regional de dirección SSE – NNW; tienen una composición diorítica, texturas porfirítica y microgranular. Estos enclaves se encuentran englobados en un magma calcoalcalino cuya composición inicial fue básica (primero se formaron las dioritas) y una fase final más ácida (plutones de granodiorita y granito que al ser intruidos arrancaron y englobaron a los enclaves de brechas de dioritas).

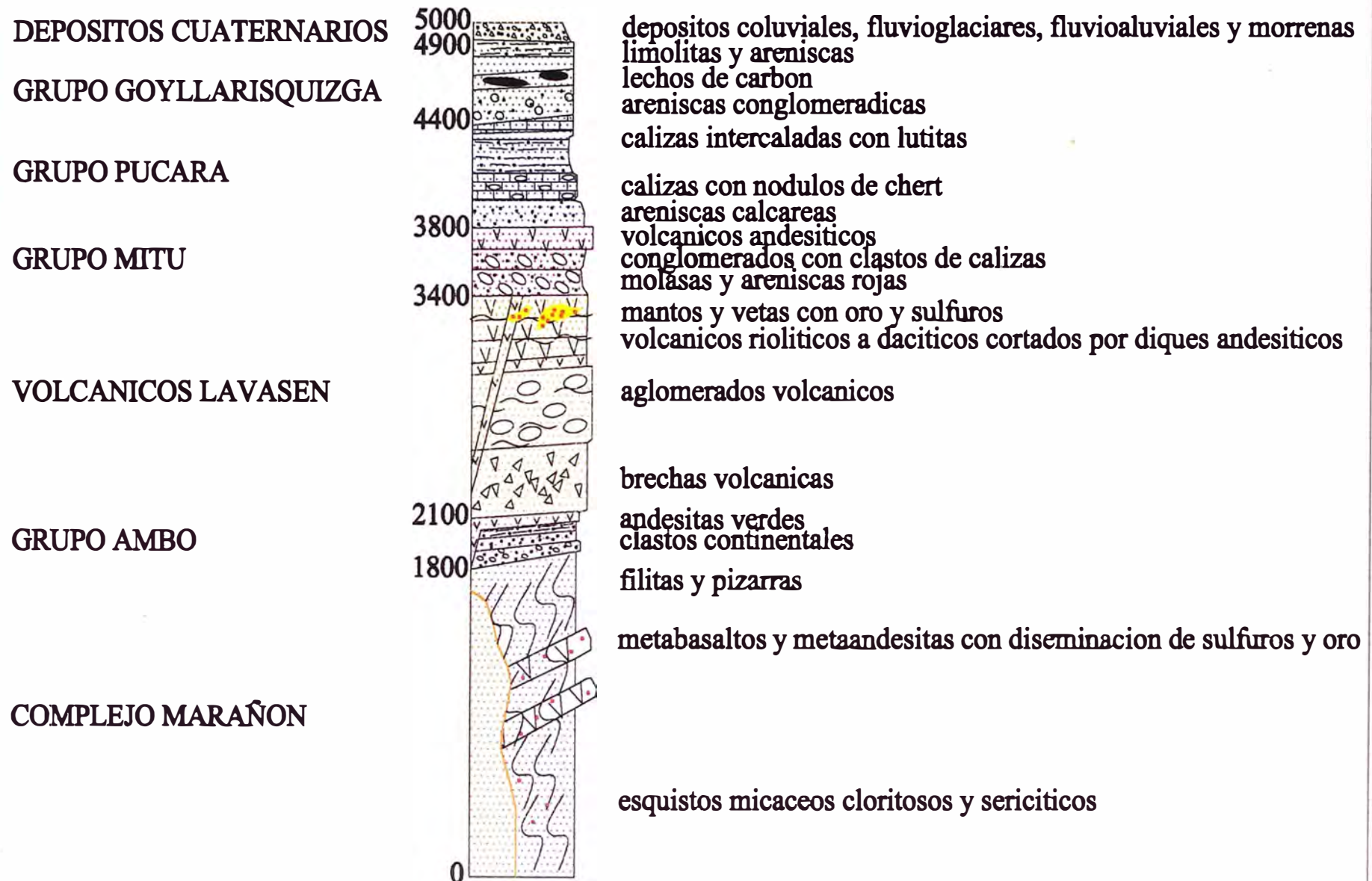


Figura N° 2.1 Columna Estratigrafica de Tayabamba

Existen partes de la masa granítica que se encuentran contaminadas por los xenolitos exopoligenéticos<sup>2</sup> de metagabro más antiguo que afectan a la mineralogía del granito de tal manera que el feldespató potásico es subordinado con respecto al predominio de la albita.

Las rocas intrusivas se encuentran en discordancia erosional infrayaciendo a los volcánicos Lavasen y cortando al complejo Marañón. Por la posición estratigráfica y por las dataciones K – Ar hechas por Schreiber (1989) de 321 m.a. se le asigna una edad correspondiente al Carbonífero inferior.

### 2.3 Tectónica y Geología estructural

De acuerdo con los datos estadísticos de microtectónica realizados en el Complejo Marañón se han identificado 4 fases superpuestas de deformación correspondientes al ciclo Brasilida en el Neoproterozoico; la primera (fase 0) que es la más antigua y se encuentra enmascarada por las otras fases ha sido determinada por estudios microscópicos de secciones delgadas de esquistos donde se observa una esquistosidad interna de los porfidoblastos de PLGs, ANFs y PXNs (microfotografía N° 4). La fase 1 comprende pliegues isoclinales de orientación NW – SE (fotografía N° 6), este plegamiento está acompañado por una esquistosidad de flujo (S1), la intersección de la estratificación con la esquistosidad da una lineación L1. El conjunto anterior ha sido replegado por la fase 2 de orientación NE – SW acompañado por una nueva esquistosidad (S2) que da una lineación de intersección L2. Finalmente los pliegues anteriores se encuentran afectados por una fase 3 postmetamórfica manifestada por pliegues en “chevron” con dirección preferencial NE – SW y NW – SE (figura N° 2.2).

La falla del río Cajas pertenece a una estructura regional Paleozoica activada durante la fase Eohercínica, se prolonga hacia el NW y constituye una de las estructuras por donde se emplazó el batolito de Pataz mas hacia el Norte. Los volcánicos Lavasen se emplazaron por estructuras regionales post Eohercínicas de dirección NE – SW, NW – SE y N – S que cortan al Complejo Marañón y al intrusivo.

Entre los Grupos Ambo y Mitu existe un contacto falla perteneciente a un sistema horst y graben normal de orientación NW – SE correspondiente a la fase Tardihercínica (INGEMMET, 1995), afectado posteriormente por la tectónica Andina de tal manera que el Grupo Ambo se encuentre cabalgando al Grupo Mitu (plano N° 3).

La sedimentación Cretácea del Goyllarisquizga sobre el Pucará tuvo lugar en cubetas controladas por movimiento oscilatorios verticales a lo largo de fallas longitudinales heredadas de la tectónica Hercínica, así por ejemplo se tiene una falla contacto entre estos 2 Grupos con orientación NW – SE.

Los movimientos verticales del ciclo andino durante el Cenozoico reactivaron casi todas las estructuras anteriores como fallas inversas aprovechando las zonas de debilidad pre

<sup>2</sup> Los xenolitos exopoligenéticos son enclaves de metagabro más antiguo afectado por las emanaciones magmáticas



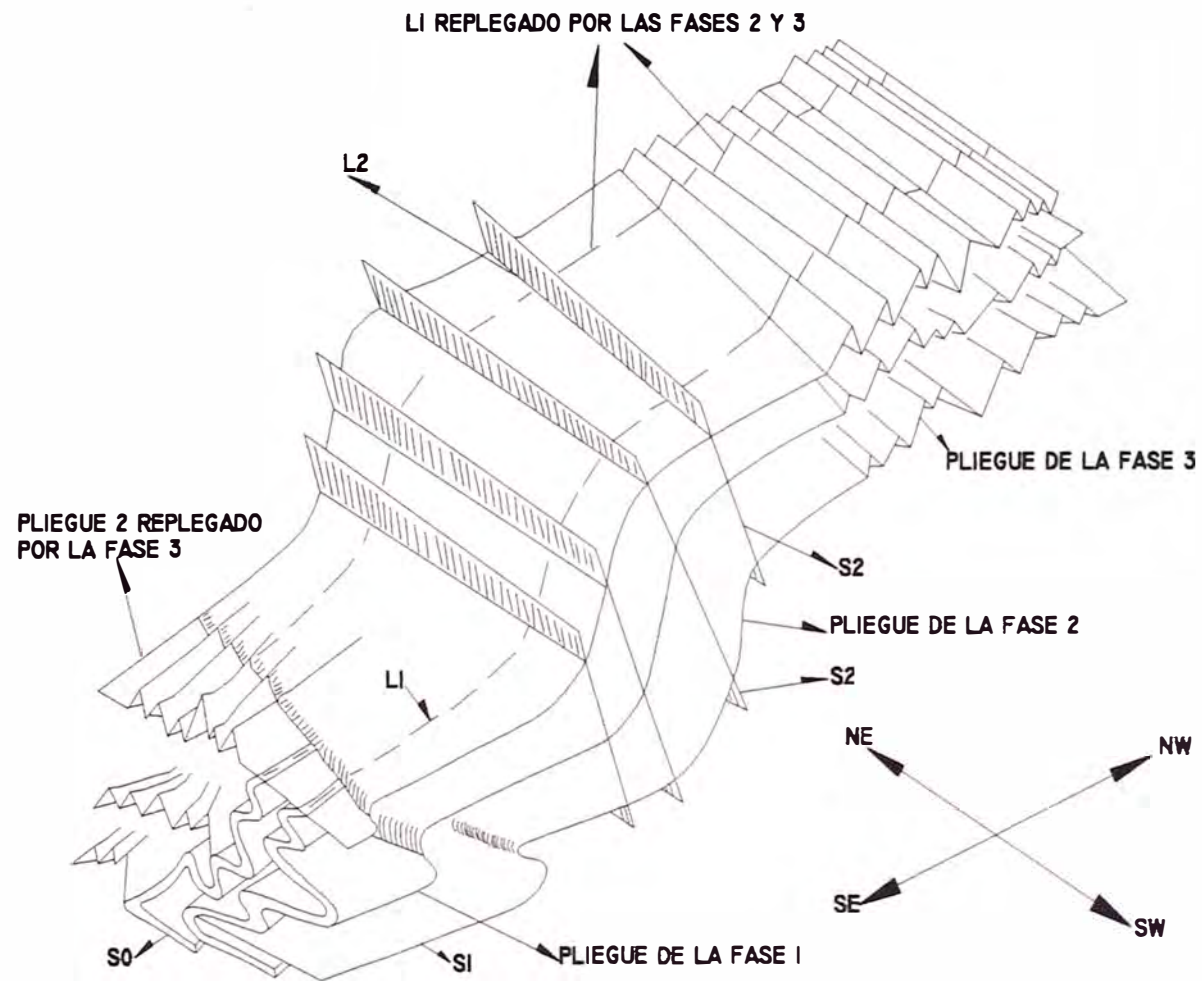


FIGURA N° 2.2 SUPERPOSICION DE LAS FASES 1, 2 Y 3 OCURRIDAS EN EL COMPLEJO MARAÑON DURANTE EL NEOPROTEROZOICO

existente tal es el caso de la estructura de dirección NW – SE que coloca a los sedimentos del Grupo Mitu en fallamiento inverso sobre el Grupo Goyllarisquizga.

El Complejo Marañón se encuentra en contacto fallado con las formaciones paleozoicas y mesozoicas por medio de sobrecurrimientos regionales que se prolongan hacia el Norte (perfil N° 1), con orientación NW – SE y buzamiento promedio de 30° al NE y SW (probablemente en profundidad la inclinación aumenta). La presión causada por el movimiento inverso de la falla ha contorsionado los sedimentos del Pucará y Goyllarisquizga, producto de ello se tiene buzamientos verticales y fuertes hacia el NE. Esta imbricación del ciclo andino correspondiente a la fase Inca constituye una ventana erosionada que pone al descubierto afloramientos de las otras secuencias en dirección NW – SE (figura N° 2.3).

Estructuras pre superficie Puna con desplazamientos dextrales y sinextrales de orientación NE – SW cortan a todas las secuencias de roca y a los sobrecurrimientos, algunas de ellas como la falla Río Blanco ha sido reactivada y se extiende hasta cortar al batolito.

## **2.4 Geología Histórica y Evolución Tectónica**

Desde el Neoproterozoico, a partir del ciclo Brasilida, ocurrieron 4 fases de deformación superpuestas, denominadas fase 0 (la más antigua), 1, 2 y 3. La fase 0 se encuentra enmascarada por las otras. Esta fase se refleja en la esquistosidad microscópica de PLGs, ANFs y PXNs observada en los esquistos del Complejo Marañón. La fase 1 comprende pliegues isoclinales de orientación NW – SE que a su vez han sido replegadas por la fase 2 de orientación NE – SW. Finalmente los pliegues anteriores se encuentran afectados por una fase 3 postmetamórfica manifestada por pliegues en “chevron” con dirección preferencial NE – SW y NW – SE.

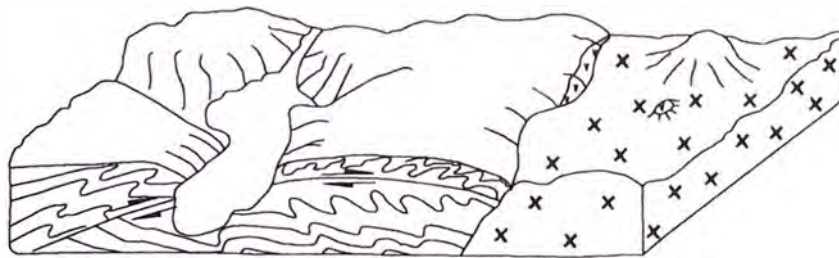
Durante el Cámbrico el área de Tayabamba y todo el territorio peruano fue sometida a un proceso de erosión peneplanizando los terrenos Precámbricos y dando como resultado una plataforma que se extendía de Este a Oeste desde el escudo Brasileiro hasta la antigua Cordillera de la Costa.

La tectónica Eohercínica llevo a una emersión de la cuenca y formación de cordilleras que posteriormente fueron sometidas a erosión, se produce un régimen de distensión, fallamientos con cubetas discontinuas que fueron rellenadas con clastos de ambientes fluviales y deltaicos del grupo Ambo (perfil N° 1). La falla del río Cajas pertenece a una estructura regional Paleozoica activada durante la fase Eohercínica que se prolonga hacia el NW y forma parte del conjunto de estructuras por donde se emplazo el batolito de Pataz mas hacia el Norte. Al final del Carbonífero inferior ocurrió un volcanismo efusivo y explosivo continental de la Formación Lavasen que continuo durante el Carbonífero superior, estos volcánicos se emplazaron por estructuras regionales post Eohercínicas.

Durante el Pérmico medio a superior la tectónica Tardihercínica se caracterizó por un levantamiento en bloques a lo largo de fallas de rumbo NW - SE (plano N° 3), las que dieron lugar a la formación de fosas y pilares tectónicos.



**BLOCK DIAGRAMA REPRESENTANDO SOBRESCURRIMIENTOS OCURRIDOS DURANTE EL CENOZOICO**



**CABALGAMIENTO DEL COMPLEJO MARAÑON SOBRE SECUENCIAS ESTRATIGRAFICAS PALBOZOICAS Y MESOZOICAS**



**LA EROSION EN ZONAS DE DEBILIDAD HA ORIGINADO UNA VENTANA QUE PERMITE OBSERVAR SECUENCIAS ESTRATIGRAFICAS REFLEGADAS (VISTA DE PLANTA)**

**FIGURA N° 2.3 SOBRESCURRIMIENTOS OCURRIDOS DURANTE EL CENOZOICO**

Durante el Permo - Triásico se producen levantamientos, erosión (luego del retiro de los mares) y deposición de molasas teniendo como agente de acarreo las corrientes fluviales, seguida por una secuencia volcánica de color violáceo intercalado con sedimentos hacia el tope. Todas estas rocas corresponden al Grupo Mitu, el cual sobreyace discordantemente al Ambo e infrayace en discordancia angular al Grupo Pucará.

En el Triásico medio se produce una nueva depresión denominada cuenca Geosinclinal Andina, la sedimentación del Pucará en Tayabamba forma parte de ella, los mares durante este periodo ingresaron por el Norte extendiéndose hasta el sector Noroccidental; en la cordillera oriental la sedimentación calcárea del Pucará se produce en una cuenca profunda que se extiende hasta el Jurásico inferior.

La sedimentación Cretácea del Goyllarisquizga sobre el Pucará tuvo lugar en cubetas controladas por movimientos oscilatorios verticales a lo largo de fallamientos longitudinales heredados de la tectónica Hercínica. Durante este periodo los mares fueron someros, extendiéndose desde un área positiva en el margen Oeste hasta la Cordillera Oriental que permanecía emergida la que constituía una zona de aportes de los sedimentos. Las lutitas abigarradas del Grupo Goyllarisquizga en Tayabamba se depositaron en un mar de plataforma continuando con una sedimentación continental de la secuencia arenosa.

Durante el Eoceno se producen perturbaciones locales que culminan en el Eoceno terminal provocando desplazamiento de la pila sedimentaria Mesozoica y localmente Paleozoica contra el Geoanticlinal del Marañón generando imbrincamiento a lo largo de fallas inversas de alto ángulo. Se produce la reactivación de casi todas las estructuras anteriores como fallas inversas las que han aprovechado las zonas de debilidad pre existente colocando al Complejo Marañón en contacto fallado con las formaciones paleozoicas y mesozoicas por medio de sobrescurrimientos regionales que se prolongan hacia el Norte (perfil N° 1) la presión causada por el movimiento inverso de la falla ha contorsionado los sedimentos del Pucará y Goyllarisquizga.

Estructuras pre superficie Puna con desplazamientos dextrales y sinextrales de orientación NE – SW cortan a todas las secuencias de roca y a los sobrescurrimientos, algunas de ellas como la falla Río Blanco ha sido reactivada y se extiende hasta cortar al batolito.

Durante el Mioceno medio se formó la superficie Puna evidenciado por las superficies de erosión encontradas en los cerros Pahuarchuco y Togana, inicialmente esta superficie se formaron a 1000 m.s.n.m, con el levantamiento Pliocénico fueron llevadas hasta los 4000 m.s.n.m., estos movimientos estarían vinculados con la tercera fase Quechua.

En el Plioceno al tiempo que se levantaba los andes se profundizaba el río Marañón y el río Cajas.

## SEGUNDA PARTE CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO

### CAPITULO III. GEOLOGÍA LOCAL

La mineralización del yacimiento Satata Icuro esta constituida por oro y sulfuros diseminados, así como en venillas lenticulares, vetas y cuerpos irregulares de cuarzo. Se ha definido también una zona de óxidos de Fe con oro libre. Entre las rocas hospedadoras que afloran se presentan esquistos, metavolcánicos, riolitas, dacitas, rioacitas y diques de andesita; todas ellas se encuentran afectadas por alteraciones tales como silicificación, cloritización, propilitización y sericitización. El depósito mineral esta cortado por fallas de orientación andina y NE – SW algunas de las cuales han servido de canales de mineralización y de deposición del mineral económico.

#### 3.1 Litología

Dentro del depósito mineral se han identificado esquistos, metavolcánicos, pizarras y filitas del Complejo Marañón; Volcánicos de la Fm. Lavasen y material Cuaternario.

##### 3.1.1 *Esquistos*

Las rocas del Complejo Marañón del Precámbrico corresponden a la facie de los esquistos verdes, consisten en una intercalación de rocas pelíticas y volcánicos marinos recrystalizadas producto del metamorfismo regional. En ellas se han reconocido 4 subfacies: cuarzo – cloritas – sericita – albita ± biotita; cloritas – cuarzo – albita – sericita; cuarzo – albita – cloritas – sericita ± epidota ± anfíboles y cloritas – cuarzo – albita – sericita – anfíboles ± piroxenos.

Las dos últimas subfacies contienen pirrotita no magnética (bajo contenido de azufre) y anfíboles; ello indica temperatura de formación más alta y niveles más profundos (BETEJTN, 1977). Estas rocas pertenecen a la facie superior de esquistos verdes con gradaciones mineralógicas al limite inferior de la facie anfíbolítica. Existe también epidota y calcita como minerales de alteración; turmalina, grafito y granate como minerales accesorios. El cuarzo es anhedral, albita euhedral, clóritas anhedrales y subhedrales verdes y castañas (chamoisita, clinocloro o proclorita), sericita y muscovita subhedral se presenta en hojas incoloras intercaladas con cloritas, cristales cortos de anfíboles y tabulares largos de los piroxenos.

Los esquistos de colores gris marrón, marrón cremoso, gris verdoso son derivados de metapelitas, mientras que los de colores verde claro obscuro y verde oliva son derivados de metavolcánicos. En corte transversal a la metaestratificación se observan alineaciones de los granos de cuarzo y feldespato alternadas con alineaciones de micas y clóritas que le dan a la roca una textura lepidoblástica de grano fino a medio. Concordantes a estas estructuras

se observan venas milimétricas y lentes de cuarzo lechoso milimétrico a centimétricos plegados y replegados. Estas rocas presentan disseminación de Au, py y apy.

El ángulo aproximado entre las esquistosidades S1 y S2 (ver punto 2.3) es de 70°, esta estructura metamórfica generalmente es penetrativa afecta a la fabrica y a los cristales de los esquistos, localmente algunas de estas rocas presentan una esquistosidad semi destruida por los fluidos silíceos metamórficos, cerca de los cuerpos mineralizados los esquistos están casi totalmente remplazados por la sílice hidrotermal.

Esquistos de texturas brechablasticas con venas y lentes sinmetamorficos milimétricos a centimétricos de cuarzo - feldespato crema y marrón microfracturadas transportan fragmentos de esquisto de feldespato fino microbrechado - cuarzo fracturado anaranjado por el contenido de óxidos de fierro – clórta - sericita – biotitas y anfíboles afectados por la sílice metamórfica. La mayoría de estas venas se encuentran recrystalizadas y junto con las brechas se presentan contorsionadas como respuesta a la presión de la deformación, localmente tienen una débil a moderada silicificación y una esquistosidad semidestruida a destruida.

Milonitas de textura blastomilonítica provenientes de la destrucción mecánica de esquistos poseen una matriz silícea, fragmentos y lentes de cuarzo con cloritas. La formación de estas rocas esta relacionada a fallas concordantes a la meta estratificación ocurridas durante el metamorfismo y reactivadas en posteriores orogenias. Los fragmentos son angulosos, con bordes corroídos y en ellos se observa una nueva recrystalización de los minerales formadores de los esquistos.

Existen, además, otras milonitas de textura blastofilonítica provenientes también de la destrucción mecánica de esquistos con estructuras lenticulares contorsionadas y superimposición de dos direcciones de equistocidad. Según HUANG (1968) esto sería propio del metamorfismo retrógrado.

Eventos hidrotermales post metamórficos afectan a los esquistos. Se trata de stock work de venas y vetillas silíceas. Las venas consisten en cuarzo blanco a crema, son de espesores milimétricos y centimétricos y se encuentran brechadas y cortadas por lentes de carbonato – clórta correspondientes a la alteración propilítica. Las vetillas consisten en sílice lechosa con contenido de 0.5 a 5% de hematita, 1 a 10% de pirita, 0.5 a 2% de arsenopirita y trazas de pirrotita fina y esfalerita. Además, se observan ritmitas de limonitas de colores anaranjados y amarillos intercalados con placas de cloritas y sericitas.

### **3.1.2 Metavolcánicos**

Los metavolcánicos afloran en el lado Norte del cerro Icuro. Estas rocas consisten en andesitas verdes recrystalizadas e intercaladas con los esquistos verdes, mineralógicamente están constituidos por cristales de plagioclasa (andesina) y anfíboles (hornblendas) inmersos en una pasta silícea verdosa con disseminaciones de oro, py y apy. Los cristales han sido reorientados y alineados (estructuras de lineación de flujo). La potencia de los

metaestratos varía entre 30 cm y 1.5 m. Los metavolcánicos han sufrido en forma local (principalmente en el cerro Icuero) silicificación, propilitización y cloritización.

Las rocas presentan estructuras de lineación de flujo y microscópicamente se ha reconocido cierto grado de metamorfismo, sin embargo, preservan aún sus estructuras almohadilladas y mineralógicamente se les puede reconocer en el campo. Al parecer no han sido afectadas totalmente por el metamorfismo; se habrían emplazado en las etapas terminales del metamorfismo regional.

### **3.1.3 Pizarras y filitas**

Los principales componentes de las pizarras son la muscovita, clórta verde pálida, cuarzo y grafito opaco pulverulento con epidota y minerales de hierro como accesorios (pirita framboidal), presentan un crucero pizarroso constituido por la orientación de las hojuelas de mica y clórta, este crucero es paralelo a las superficies del movimiento diferencial que causa la deformación metamórfica y paralela a venillas de cuarzo cristalino y lechoso.

Se han observado dos etapas de deformación una precristalina correspondiente a las superficies de deformación S donde las hojas de muscovitas y clórta se encuentran alineadas, cristalinas y no deformadas y el movimiento post cristalino sobre las superficies S donde las hojuelas de mica y clórta se comban y tuercen en el proceso.

Al aumentar el grado de metamorfismo las pizarras se transforman en filitas, estas rocas mineralógicamente son semejantes a las pizarras con hojuelas de mica más grande con un lustre sedoso, presentan alineamiento del cuarzo y feldespato formados durante el metamorfismo pero tienen una estructura más deformada.

Estas rocas afloran en las partes altas de los cerros Satata e Icuero. Al continuar el proceso metamórfico las filitas se transforman en esquistos grises con aumento en el tamaño de los granos minerales.

### **3.1.4 Volcánicos**

Se trata de los volcánicos continentales de la Formación Lavasen del Carbonífero superior. Son rocas ácidas a intermedias de composición riolítica a dacítica e incluso andesítica, tienen colores claros, texturas afáníticas, porfiríticas, brechadas, vacuolares y amigdaloides. Se presentan en profundidad y afloran en superficie como sills, diques con variaciones texturales longitudinales y masas rocosas irregulares que cortan a las rocas de Complejo Maraón. Presentan alteraciones tales como silicificación, cloritización, propilitización y sericitización.

El contenido de los minerales principales (fenocristales de cuarzo, ortosa y plagioclasa) varía de acuerdo a la clase de roca, se encuentran inmersos en una pasta silicea coloidal de colores verde claro y castaño (fotografía N° 7), también presentan horblendas, epidotas, dendritas de pirolusita y pátinas de óxidos de hierro.

Dentro de las rocas piroclásticas se han observado eyecciones de fragmentos angulares de rocas hipoabisales de los mismos conos eruptivos, originando cierto metamorfismo de contacto que se manifiesta como halos alrededor de dichos fragmentos. También existen tobas soldadas con fenocristales aplanados y doblados como consecuencia del peso de las avalanchas calientes en el interior. Las cortezas de vidrio han sido comprimidas de tal manera que los cristales adquieren la forma de discos con laminación fajeada que se identifica por las texturas vitroclásticas y por la transición de material soldado a materiales más rápidamente enfriados. Estas rocas piroclásticas afloran en el cerro Satata; mientras que las brechas de esquistos englobadas en las riolitas afloran en Icuro.

### **3.1.5 Material cuaternario**

El tipo de cobertura cuaternaria que cubren las rocas que contiene la mineralización y los flancos de los cerros esta conformado por material coluvial trabajado por la acción glacial. Se trata de fragmentos semiconsolidados constituidos por arcillas, fragmentos angulosos y estriados que evidencian la alta movilidad de la erosión glacial.

Sobre la parte superior de los cerros se ha formado suelo regolítico de 1 a 2 m de potencia. En las quebradas Satata e Icuro se ha depositado material fluviomorrénico constituido por cantos rodados de esquistos, volcánicos y metavolcánicos intercalados con horizontes de material fino y arenoso.

## **3.2 Geología estructural**

En la zona de estudio se realizó un análisis tectónico del cual se pudo determinar las orientaciones y direcciones de buzamiento de fallas, vetas y diques (cuadros N° 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6).

De la misma manera, mediante el análisis microtectónico se pudo obtener un quinto sistema estructural en las fracturas (cuadros N° 3.7 y 3.8), el predominio en la orientación y dirección de buzamiento de los pliegues de las fases 1 y 2 (cuadros N° 3.9, 3.10) y de los pliegues en “chevron” o fase (cuadros N° 3.11 y 3.12).

### **3.2.1 Tectónica**

En el cuadro N° 3.1 se consignan las direcciones de buzamiento de las fallas. En el se puede observar que existen dos sistemas predominantes: uno hacia el NE y el otro hacia el SE.

En el cuadro N° 3.2 se consignan las orientaciones de las fallas. Allí se puede observar que las orientaciones predominantes son NE – SW y NW – SE. En la figura N° 3.1 se representan gráficamente dichos resultados.



Cuadro N° 3.1 Dirección de buzamiento de las fallas

Dirección de buzamiento	Frecuencia Relativa	% de Frecuencia Relativa
[0°-10°>	13	4.7
[10°-20°>	3	1.1
[20°-30°>	7	2.5
[30°-40°>	27	9.8
[40°-50°>	19	6.9
[50°-60°>	7	2.5
[60°-70°>	7	2.5
[70°-80°>	6	2.2
[80°-90°>	3	1.1
[90°-100°>	18	6.5
[100°-110°>	14	5.1
[110°-120°>	32	11.6
[120°-130°>	15	5.4
[130°-140°>	31	11.2
[140°-150°>	8	2.9
[150°-160°>	13	4.7
[160°-170°>	2	0.7
[170°-180°>	6	2.2
[180°-190°>	4	1.4
[190°-200°>	6	2.2
[210°-220°>	5	1.8
[290°-300°>	10	3.6
[300°-310°>	3	1.1
[310°-320°>	5	1.8
[320°-330°>	4	1.4
[330°-340°>	8	2.9
<b>TOTAL</b>	<b>276</b>	<b>100%</b>

Cuadro N° 3.2 Azimut de los diferentes sistema de fallas

Intervalo de azimut	Frecuencia Relativa	% Frecuencia Relativa
[0-10>	16	5.6
[10-20>	16	5.6
[20-30>	43	15.2
[30-40>	19	6.7
[40-50>	35	12.4
[50-60>	11	3.9
[60-70>	22	7.8
[70-80>	2	0.7
[80-90>	5	1.8
[270-280>	19	6.7
[280-290>	8	2.8
[290-300>	8	2.8
[300-310>	32	11.3

[310-320>	19	6.7
[320-330>	11	3.9
[330-340>	7	2.5
[340-350>	5	1.8
[350-360>	5	1.8
<b>TOTAL</b>	<b>283</b>	<b>100%</b>

Los cuadros N° 3.3 y 3.4 muestran las direcciones de buzamiento y azimut de las vetas. Allí se puede observar que existe una dirección preferencial de buzamiento (SW) y tres direcciones predominantes de orientación (N – S, NW – SE, E – W). En la figura N° 3.2 se representa gráficamente dichos resultados.

Cuadro N° 3.3 dirección de buzamiento de las vetas

Dirección de buzamiento	Frecuencia Relativa	% de Frecuencia Relativa
[230°-240°>	1	14.28
[240°-250°>	2	28.57
[250°-260°>	4	57.14
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>100%</b>

Cuadro 3.4 Azimut de las vetas

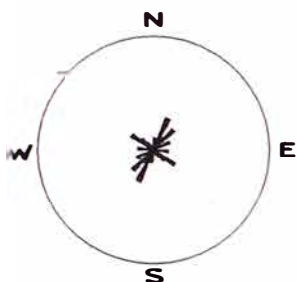
Intervalo de azimut	Frecuencia Relativa	% de Frecuencia Relativa
[200°-220°>	1	12.5
[260°-280°>	1	12.5
[280°-300°>	1	12.5
[300°-320°>	3	37.5
[340°-360°>	2	25.0
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>

En los cuadros N° 3.5 y 3.6 se muestran las direcciones de buzamiento y azimut de los diques. Se puede notar que las direcciones de buzamiento más predominantes son NE, SE y SW, y las orientaciones principales son NW – SE, NE – SW y E – W (figura N° 3.3).

Cuadro N° 3.5 Dirección de buzamiento de los diques

Dirección de buzamiento	Frecuencia Relativa	% de Frecuencia Relativa
[20°-30°>	1	16.6
[80°-90°>	1	16.6
[110°-120°>	3	50
[240°-250°>	1	16.6
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100%</b>

AZIMUT



DIRECCION DE BUZAMIENTO

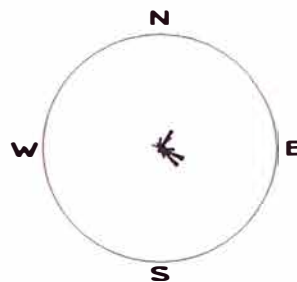
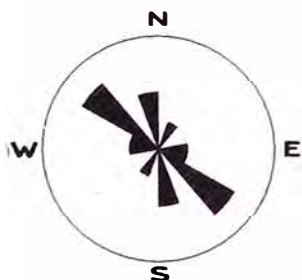


FIGURA N° 3.1 FALLAS

AZIMUT



DIRECCION DE BUZAMIENTO

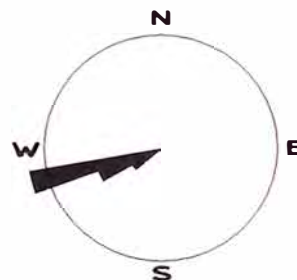
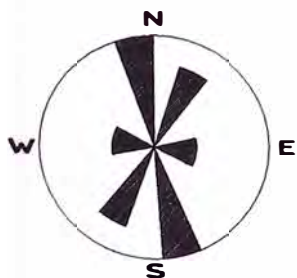


FIGURA N° 3.2 VETAS

AZIMUT



DIRECCION DE BUZAMIENTO

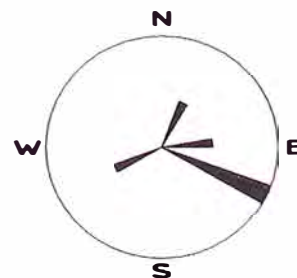


FIGURA N° 3.3 DIQUES

Cuadro N° 3.6 Azimut de los diques

Intervalo de azimut	Frecuencia Relativa	% de Frecuencia Relativa
[200°-220°>	3	30
[260°-280°>	1	10
[280°-300°>	1	10
[340°-360°>	5	50.0
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

Se cartografiaron fallas regionales con orientaciones E – W y N 45° E de movimiento sinextral, correspondientes a las quebradas Satata e Icuero respectivamente. Ocurridas después de la orogenia Brasilida, probablemente en la primera fase del ciclo Hercínico y reactivadas por las diferentes fases de la orogenia Andina.

Estas fallas regionales son estructuras verticales que conforman en algunos casos zonas de movimientos complejos (verticales y horizontales), zonas de subsidencia, de cizalla (“shear zone”) o canales por donde se han emplazado diques andesíticos y vetas de cuarzo (cara Sur del cerro Satata en el plano N° 4). En estas últimas y en los esquistos adyacentes se observan acumulaciones de py – apy – Au, por lo que se concluye que han constituido también canales de mineralización de edad carbonífera.

Otras fallas regionales Eohercínicas de orientación N 135° a 140° cortan a las de orientaciones E - W y N 45° E y han servido de canales para la intrusión de los volcánicos Lavasen, para el emplazamiento de vetas de cuarzo aflorantes en el lado Sur del Cerro Icuero y como ductos alimentadores de la mineralización de las vetas y de los cuerpos silíceos.

Por reactivación surgen nuevas disyunciones tectónicas en el lugar de juntas viejas, incluso cuando estas están llenas de sustancias minerales que forman la veta. De este modo el filón puede estar quebrado por completo o desunido por una nueva fisura longitudinal o por un haz de fisuras. En el primer caso se forman áreas de menas brechadas y en el segundo caso puede darse un aumento del filón tanto en la potencia como en longitud.

Las fallas N – S y N 30° a 45° han constituido en algunos casos canales para el emplazamiento de las vetas y diques. En las de orientación N 30° a 45° se pudo reconocer reactivación por las fases tectónicas compresivas andinas (fallamiento inverso) con lo cual se formaron pilares tectónicos con basculamiento dándole una morfología de picos caídos a las cumbres (fotografías N° 8 y 9).

Fallas normales sinmetamórficas presentan buzamientos entre 30° a 40° concordantes a la metaestratificación de los esquistos, relacionados con la fase 2 del contorsionamiento como respuesta a la presión del metamorfismo regional durante el Neoproterozoico y reactivado por las posteriores orogenias. Estas estructuras sinmetamórficas están desplazadas por fallas verticales de orientación NW - SE y NE – SW en cuyas intersecciones las rocas se encuentran fracturadas (los esquistos mas que los volcánicos por presentar una resistencia mas baja al esfuerzo) contribuyendo a una permeabilidad secundaria de la roca. Estas

estructuras Precámbricas se observan mas en la cara Sur que en la del Norte del cerro Icuro, forman “splits” y lazos sigmoides subhorizontales (perfil N° 18).

### 3.2.2 *Microtectónica*

En los cuadros 3.7 y 3.8 se muestran la dirección de buzamiento y orientaciones de las fracturas respectivamente. Según el análisis microtectónico las fracturas poseen direcciones de buzamiento hacia el NW, N y NE y orientaciones predominantes NE –SW, NNW – SSE (forman un quinto sistema de fallamiento) y E - W (figura N° 3.4).

Cuadro N° 3.7 Dirección de buzamiento de las fracturas

<b>Dirección de buzamiento</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>	<b>% de Frecuencia Relativa</b>
[0°-10°>	34	3.7
[10°-20°>	78	8.6
[20°-30°>	62	6.8
[30°-40°>	76	8.4
[40°-50°>	45	5.0
[60°-70°>	72	7.9
[70°-80°>	38	4.2
[90°-100°>	83	9.1
[100°-110°>	68	7.5
[110°-120°>	62	6.8
[120°-130°>	47	5.2
[130°-140°>	9	1.0
[140°-150°>	13	1.4
[160°-170°>	28	3.1
[170°-180°>	23	2.5
[180°-190°>	41	4.5
[190°-200°>	18	2.0
[250°-260°>	18	2.0
[300°-310°>	87	9.6
[310°-320°>	7	0.8
<b>TOTAL</b>	<b>909</b>	<b>100%</b>

Cuadro N° 3.8 Azimut de las fracturas

<b>Intervalo de azimut</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>	<b>% de Frecuencia Relativa</b>
[0°-10°>	86	8.7
[10°-20°>	99	10.0
[20°-30°>	64	6.5
[30°-40°>	135	13.6
[40°-50°>	16	1.6
[50°-60°>	13	1.3
[60°-70°>	8	0.8

[70°-80°>	28	2.8
[80°-90°>	23	2.3
[270°-280°>	82	8.3
[280°-290°>	114	11.5
[290°-300°>	62	6.3
[300°-310°>	70	7.1
[310°-320°>	42	4.2
[320°-330°>	2	0.2
[330°-340°>	76	7.7
[340°-350°>	72	7.3
<b>TOTAL</b>	<b>992</b>	<b>100%</b>

En los cuadros 3.9 y 3.10 se tienen las direcciones de buzamiento y orientaciones respectivamente de los pliegues de las fases 1 y 2. De acuerdo con los resultados los pliegues de las fases 1 y 2 ocurridas durante el metamorfismo regional del Neoproterozoico presentan direcciones de buzamiento predominantes hacia el NW y SW y orientaciones NW – SE y NE – SW (figura N° 3.5).

Según el análisis de proyección de 314 polos correspondientes a los meta estratos de la fase 2 de plegamiento ploteados en la red estéreo, indican que tienen una orientación preferencial de 325°/30° con una variación de buzamiento de 25° a 40° y dirección de buzamientos de 295° a 332°. Un segundo grupo de polos indica una orientación promedio de 140°/ 30° con variación en la dirección de buzamiento de 132° a 146° y 25° a 40° en el buzamiento. Se concluye que la topografía del cerro es casi concordante con la meta estratificación abierta en la cara Norte del cerro (plano N° 4).

Cuadro N° 3.9 dirección de buzamiento de los pliegues de las fases 1 y 2

<b>Dirección de buzamiento</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>	<b>% de Frecuencia Relativa</b>
[60°-70°>	100	4.3
[100°-110°>	50	2.2
[120°-130°>	115	5.0
[130°-140°>	80	3.5
[140°-150°>	35	1.5
[150°-160°>	85	3.7
[160°-170°>	30	1.3
[170°-180°>	80	3.5
[180°-190°>	160	6.9
[190°-200°>	260	11.3
[200°-210°>	60	2.6
[210°-220°>	130	5.6
[220°-230°>	30	1.3
[230°-240°>	255	11.1
[240°-250°>	200	8.7
[260°-270°>	85	3.7
[280°-290°>	90	3.9

[290°-300°>	55	2.4
[300°-310°>	65	2.8
[320°-330°>	355	15.4
[330°-340°>	145	6.3
<b>TOTAL</b>	<b>2465</b>	<b>100%</b>

Cuadro N° 3.10 Azimut de los pliegues de las fases 1 y 2

<b>Intervalo de azimut</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>	<b>% de Frecuencia Relativa</b>
[10°-20°>	140	5.7
[20°-30°>	55	2.2
[30°-40°>	130	5.3
[40°-50°>	130	5.3
[50°-60°>	165	6.7
[60°-70°>	220	9.0
[70°-80°>	300	12.3
[80°-90°>	15	0.6
[270°-280°>	165	6.7
[290°-300°>	60	2.5
[300°-310°>	130	5.3
[320°-330°>	280	11.5
[330°-340°>	280	11.5
[340°-350°>	290	11.9
[350°-360°>	85	3.5
<b>TOTAL</b>	<b>2445</b>	<b>100%</b>

En los cuadros 3.11 y 3.12 se presentan los resultados de las direcciones de buzamiento y orientaciones de los pliegues en “chevron” o de la fase 3 respectivamente. Las direcciones de buzamiento de los pliegues de la fase 3 están hacia el NW, NE, SE y SW, así mismo, las orientaciones predominantes de estas estructuras son NE – SW y NW – SE (figura 3.6).

Cuadro N° 3.11 dirección de buzamiento de los pliegues en chevron

<b>Dirección de buzamiento</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>	<b>% de Frecuencia Relativa</b>
[50°-60°>	78	9.0
[60°-70°>	78	9.0
[70°-80°>	86	10.0
[120°-130°>	60	7.0
[130°-140°>	69	8.0
[140°-150°>	60	7.0
[230°-240°>	69	8.0
[240°-250°>	78	9.0
[250°-260°>	69	8.0
[300°-310°>	86	10.0
[310°-320°>	69	8.0

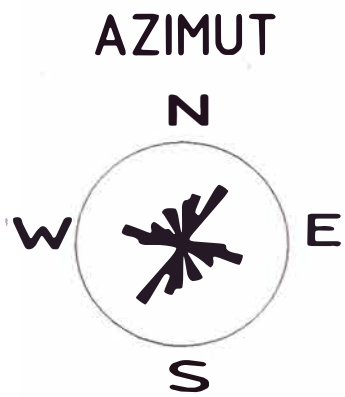


FIGURA N° 3.4 FRACTURAS

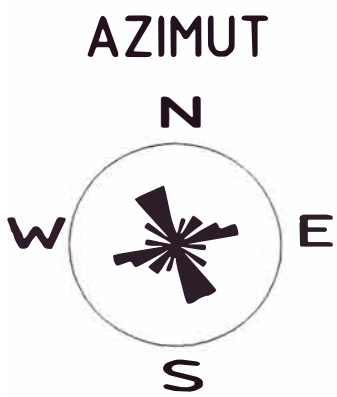


FIGURA N° 3.5 PLIEGUES DE LAS FASES 1 Y 2

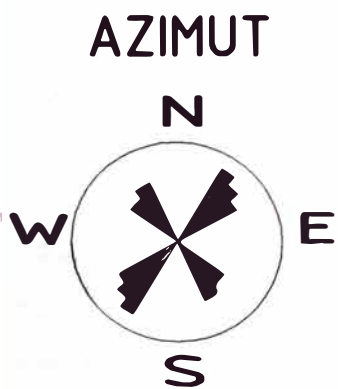


FIGURA N°3.6 PLIEGUES EN CHEVRON O FASE 3



[320°-330°>	61	7.1
<b>TOTAL</b>	<b>863</b>	<b>100%</b>

Cuadro N° 3.12 Azimut de los pliegues en chevron

Intervalo de azimut	Frecuencia Relativa	% de Frecuencia Relativa
[30°-40°>	163	17.0
[40°-50°>	144	15.0
[50°-60°>	124	13.0
[140°-150°>	201	21.0
[150°-160°>	191	20.0
[160°-170°>	134	14.0
<b>TOTAL</b>	<b>957</b>	<b>100%</b>

Cuando las rocas esquistosas se plegaron durante el metamorfismo originaron diaclasas de tensión como resultado de la pérdida del arqueamiento elástico cortando a los lentes y venas de cuarzo que posteriormente fueron rellenados por nuevas soluciones metamórficas, originaron también diaclasas rotacionales por el deslizamiento en direcciones opuestas al techo y piso de los pliegues de capas compactas y diaclasas de cizalla oblicua en capas verticales las que transicionalmente pasan a fallas.

Se producen otros procesos combinados de transformación metamórfica - tectónica de traslación, rotación, aplastamiento por la presión ejercida entre bandas competentes e incompetentes (esquistos ya formados y lentes de cuarzo en formación respectivamente) produciendo mecanismos de “Boundinage” en la roca a manera de tabletas de chocolate. Como consecuencia de esta transformación metamórfica tectónica, se deforman los estratos originando pliegues isopacos y anisopacos según el tipo de esquistosidad que presentan.

Durante el metamorfismo regional existió una deformación cataclástica que se restringe a la proximidad de las fallas, la trituración mecánica y la cizalla causan cambios en la fábrica de la roca dando como resultado texturas blastobrechadas y blastomiloníticas.

Estructuras ptigmatíticas de cuarzo inyectados de una manera tortuosa, se caracteriza por su aparente independencia de las rocas que las alberga por que los planos de esquistosidad de la zona no cruzan los ptigmas. Estas estructuras fueron producidas durante las etapas finales de la deformación de la roca.

### 3.3 Alteraciones Metamórficas e Hidrotermales

En el Yacimiento Satata Icuro se han diferenciado dos grupos de alteraciones: las metamórficas producto de un metamorfismo regional y las hidrotermales que enmascara a las primeras, producto de una fase terminal de una actividad volcánica. Las alteraciones metamórficas se distinguen por la esquistosidad que corta a las alteraciones.

Ambos grupos de alteraciones se encuentran intercrecidos y cortándose entre sí, en ocasiones se hace difícil diferenciar a que grupo pertenece una determinada alteración tanto en superficie como en profundidad.

### **3.3.1 Silicificación**

Las mejores zonas anómalas de oro en superficie y en profundidad están relacionadas con una moderada a fuerte silicificación, presenta un ensamble de cuarzo – py (perfil N° 19), esta alteración ha afectado a las rocas del complejo Marañón y volcánicos Lavasen removilizando, transportando y depositando oro y los sulfuros. Producto del metamorfismo regional existe venas y lentes silíceos entre los esquistos con diseminación de py, se encuentran plegados y replegados afectados posteriormente por la actividad hidrotermal. La silicificación se encuentra cortado por la cloritización y propilitización hidrotermal.

Existe casi un remplazamiento completo en las riolitas y dacitas en los niveles superiores por parte de la solución silícea hidrotermal en forma masiva y como venas de cuarzo con transporte de minerales sulfurosos y oro.

### **3.3.2 Cloritización**

Circundando la zona silícea de los cuerpos mineralizados en superficie se encuentra una débil a fuerte alteración clorítica metamórfica, presenta un ensamble de cuarzo – clórita (clinocloro y penina) – sericita – py, las clóritas y la pirita subhedral a anhedral se presentan asociadas a lentes de cuarzo y en finas venillas submilimétricas a milimétricas concordantes a la meta estratificación de los esquistos.

Existen otras venillas de cuarzo - clórita de origen hidrotermal que cortan a las primeras y a la esquistosidad de las rocas. La cloritización ha afectado a los esquistos y a los volcánicos tanto en superficie como en profundidad (perfil N° 20).

### **3.3.3 Propilitización**

La propilitización se encuentra afectando a los esquistos y volcánicos de una manera débil a moderada, presentan un ensamble de clórita – calcita – pirita – epídota. Las venas de carbonatos se encuentran concordantes a la meta estratificación correspondiente a las fases 1 y 2, además, transportan sulfuros y están restringidas a zonas locales con aumento de temperatura y formadas como resultado de una presión frente a la desintegración de los piroxenos y anfíboles juntamente con las clóritas y epídota. Esta alteración se caracteriza por la acumulación de carbonatos como resultado de la concentración del CO<sub>2</sub>

Otras venillas milimétricas hidrotermales de calcita - clórita y pequeñas concentraciones de epídota con transporte de py cubica están cortando al ensamble metamórfico anterior, a la

silicificación hidrotermal en superficie como en profundidad y a la esquistosidad de la roca (perfil N° 20).

### **3.3.4 Sericitización**

Alteración ocurrida durante el metamorfismo regional y posterior alteración hidrotermal.

Los planos de esquistosidad cruzan la sericitización metamórfica donde las venillas de cuarzo con sericita han transportado py y hm. También se presenta la alteración filica (variedad de la alteración sericítica) con un ensamble de sericita – pirita tanto en superficie como en profundidad (perfil N° 20). Las zonas de cloritización rodean a la sericitización.

La sericitización hidrotermal se encuentra afectando a los volcánicos Lavasen y rocas metamórficas de una manera débil a moderada, tienen un ensamble de sericita – cuarzo – py ± hm. Los feldespatos y las clóritas de los esquistos, riolitas, dacitas y andesitas por la evacuación del elemento K extraído de la zona interna del sistema se alteran a sericita, al incrementarse proporcionalmente la cantidad sumaria de la sericita aumenta la porosidad de la roca alterada hidrotermalmente.

## **3.4 Mineralización**

Se han podido reconocer 2 tipos de mineralización: metamórfica e hidrotermal

### **3.4.1 Mineralización metamórfica**

Dentro de la mineralización metamórfica existen lentes y venas de cuarzo sinmetamórficas, vetas de cuarzo, fracturas rellenas de mineralización, rítmicas de OXs de Fe y diseminación de sulfuros y oro.

Los lentes y venas sinmetamórficas centimétricas de cuarzo lechoso son concordantes a la lineación de flujo de la roca, tienen extensión lateral limitada, presenta tinte rosáceo por el contenido de hm, py y apy. Estos minerales experimentan cataclasis y se desmenuzan ante la deformación de las rocas fluyendo entre los granos triturados de los minerales más frágiles, se presentan diseminados, alineados finamente y con texturas cataclásticas. Los lentes y las venas silíceas sinmetamórficas muchas veces transportan brechas centimétricas de esquisto – clórita – sericita con diseminación de Au - apy – py.

Existen vetas de algunos metros de longitud y potencias hasta de un metro relacionadas a fallas a lo largo de los planos de la meta estratificación, presentan estrías en las paredes de los lentes de cuarzo, cuarzo fracturado y soldado por las soluciones metamórficas tardías posteriores a estas estructuras, además, panizo y OXs – Fe. Esta mineralización es pre esquistosidad.

Eventos tardíos de microfracturas rellenas de cuarzo cortan a los lentes anteriores y transportan hemátita, pirita, pirrotita y oro. Estas estructuras son pre esquistosidad.

Durante el metamorfismo regional las rítmicas mezclas de limonitas y goetitas terrosas intercaladas y concordantes con las hojas de las sericitas y clóritas de los esquistos y con las rítmicas de sulfuros y oro, se han metamorfizado en hemátita pulverulenta y en oligisto micaceo, ocurriendo también la transformación de oro super disseminado en pepitas más gruesas. Al incrementarse el metamorfismo esta hemátita terrosa se ha transformado en magnetita; la sílice metacoloidal se transformo en cuarzo cristalino luego en lechoso acompañado de inclusiones gaseosas.

La relación py/po decrece con el incremento de la profundidad, este remplazo refleja la transformación metamórfica de la py en po con el incremento de la temperatura formando bandas y estructuras coliformas contorcionadas.

De acuerdo con los resultados y a la directa relación geoquímica de As – Au que existe en las muestras tomadas de algunas de las estructuras anteriores cabe la posibilidad de que estos 2 elementos se encuentren en solución sólida.

### **3.4.2 Mineralización hidrotermal**

De acuerdo con la geometría de la mineralización, la mineralización hidrotermal se encuentra formando cuerpos en forma de mantos irregulares y estructuras vetiformes.

#### **3.4.2.1 Cuerpos en forma de mantos irregulares**

Son 2 cuerpos silicificados que presentan en superficie formas de mantos irregulares, afloran en los lados Norte y Sur del cerro Icuro. En profundidad se encuentran formando un solo “ore body” irregular de 50 m de potencia x 1200m de longitud x 700m de ancho (perfil N° 22). Contienen disseminación fina de pirita anhedral y euhedral inalteradas y transformadas a hemátita por vía metasomática, arsenopirita en cristales pseudopiramidales de la forma 101 y en granos irregulares, pirrotita subhedral y euhedral disseminada y rellenando fracturas milimétricas.

En áreas limitadas existen limonitas, especularita rellenando fracturas submilimétricas a milimétricas y hemátita terrosa relacionado con el Au pepitizado por intemperismo que también se encuentra entre las microfracturas de la py oxidada y rellenando oquedades del cuarzo lixiviado que corta a la esquistosidad de la roca. Au disseminado en la pasta silicea masiva, en stock work, en los granos irregulares de calcopirita deformada plásticamente. Además, malaquita, trazas de azurita, galena, microfracturas tardías rellenas de cuarzo con trazas de esfalerita y pirita.

### 3.4.2.2 Estructuras vetiformes

La mineralogía de las vetas de cuarzo del yacimiento esta conformado por drusas de cuarzo pseudo hexagonales crecidas en todas las direcciones, diseminación de pirita con patinas amarillas que pueden confundirse con el oro, py transformada en hemátitas y limonitas, chalcopirita, oro y apy inmersos en una pasta de cuarzo lechoso, ópalo y sílice coloidal lixiviado.

Acumulaciones de oro libre asociados a hemátita pulverulenta rellenan las oquedades de las vetas y como panizos de falla juntamente con py triturada, cuarzo molido, sericita y clórita de las paredes; bornita; trazas de minerales de cobre secundario (malaquita, calcantita alrededor de la cpy), especularita, trazas de esfalerita ferrosa y galena; lentes de py y cpy interdigitados con la roca caja (esquistos silicificados) y lentes de cuarzo lechoso alargados forman estructuras “ribbons”.

Estructuralmente las vetas tienen un comportamiento del tipo rosario en extensión y en profundidad, con potencias comprendidas entre 0.5 m a 3 m, longitudes de uno a decenas de metros y buzamientos sub verticales a verticales. Algunas de estas vetas se encuentran relleno de zonas de cizalla formando lazos sigmoides, otras forman splits y vetillas que se han introducido entre la meta estratificación de las rocas.

Estructuras sinmetamórficas son desplazadas por fallas verticales de orientación NW - SE y NE – SW en cuyas intersecciones las rocas se encuentran fracturadas contribuyendo a una permeabilidad secundaria de la roca, sellado posteriormente por la deposición de los fluidos mineralizadores de la actividad volcánica carbonífera, transportados hasta estos niveles permeables siendo favorable para la deposición del oro por las bajas tensiones hidrostáticas.

Los minerales de las vetas se acumularon durante el proceso de relleno de las cavidades abiertas seguido de una sustitución de los minerales de las rocas laterales o metasomatosis (SMIRNOV, 1976) donde se conservan algunos minerales estables de los esquistos remplazados, presencia de rocas relicticas no sustituidas y estructuras brechoides con fragmentos de hasta 30 cm de largo y caballos de roca con cuarzo.

Las rocas cajas de las vetas presentan a partir de esta una estructura zonal hacia los extremos de cuarzo sericita (algunas contienen ópalo colomorfo zonado) o de cuarzo clóritas y una externa de clóritas.

### 3.4.3 *Zona de oxidación*

Se ha observado oro nativo en minerales supérgenos como la goetita y lepidocrosita, estos granos de oro son de mayor tamaño por el proceso reconcentrador que tienen estos óxidos; la presencia de goetita + hemátita + trazas de calcosina + trazas de covelina sugieren profundización en los procesos de lixiviación y oxidación supérgena (entre 100 a 150 m)

En algunas muestras de mano de la roca volcánica se observan moldes cúbicos rellenos de limonitas anaranjadas producto de la lixiviación de las aguas meteóricas, formación de

escorodita de habito terroso de color verde manzana y mezclas de hidróxidos de hierro color marrón alrededor de la apy y asociados al oro.

Existen algunos lentes concordantes a los esquistos y venas de cuarzo lechoso metamórfico con tinte rojizo y rosáceo por el contenido de hemátita, venillas de cuarzo crema con goetita, pirita transformada en limonita siguiendo el contorsionamiento de los lentes y alineamiento de los granos de pirrotita oxidada con aureolas de escorodita.

## CAPITULO IV. PETROMINERALOGÍA

De cada muestra de mano se realizo una sección pulida y una sección delgada sobre el mismo corte, con la finalidad de relacionar la mineralización metálica con los minerales de alteración y los minerales formadores de rocas metamórficas y volcánicas del Complejo Maraón y Formación Lavasen respectivamente. De esta manera se tratara de establecer la secuencia paragenética generalizada del yacimiento y verificar si existe alguna etapa de mineralización favorable para la deposición del oro nativo, determinar también la relación existente entre la ley de oro vs mineralogía de los minerales de mena, estudio de inclusiones fluidas y fenómenos que se presentan en las rocas metamórficas como el metamorfismo retrogrado.

Las microtexturas desarrolladas en las rocas dependen del tipo de deformación, de la temperatura de formación del yacimiento, de la mineralogía de las menas y de la historia geológica post deposicional.

### 4.1 Petromineralogía del Complejo Maraón

#### 4.1.1 Secciones delgadas

##### Muestra M-3

Esquisto propilitizado ligeramente sericitizado donde las zonas no alteradas entre las bandas presenta cristales subhedrales de PLG primaria (albita) con una débil sericitización y trazas de biotita hidrotermal, las bandas afectadas por el metamorfismo de esquistos verdes están conformadas por cuarzo anhedral a subhedral combeado microcristalino y combeado alargado hexagonal que arrastran algunos microblastoclastos de albita, algunos de estos cuarzos presentan inclusiones fluidas.

La lineación marcada de los minerales anteriores, concuerda con bandas de actinolita, clórita, muscovita y sericita en una matriz de cuarzo microcristalino subhedral. Se encuentran formando micro boundinage, en algunas zonas este ensamble correspondiente a la facie de esquistos verdes esta afectado por una leve oxidación supérgena.

Algunas venillas tardías de carbonato de calcio se asocian con andalucita la cual genera alunita hidrotermal sobre las clóritas. Estas venillas cortan al ensamble anterior, los minerales opacos ocurren en las zonas esquistosas y en menor grado en las intactas, asociados al cuarzo y a las clóritas (microfotografías N° 2 y 3). Las venas tardías son de heráldita artificial (preparación de muestra).

Reacción de la propilitización (FONTBOTE, 1992):



Las venillas tardías de carbonato de calcio y clórita es producto de esta reacción.

### Muestra M-5

Esquisto débilmente silicificado propilitizado y sericitizado de textura de arcos semipoligonales con matriz de cuarzo II anhedral (cz primario en granos pequeños) y cuarzo III ( cz microcristalino), contienen zonas intactas de plagioclasa primaria (albita y microclina). Se observa una fuerte lineación de flujo de blastocristales grandes y pequeños de PLG I (PLG primaria en granos grandes) + actinolita + sericita y clórita que atraviesa el ensamble anterior.

Algunas venas tardías de fenocristales de cuarzo I subhedral alargado + clorita magnesiana atraviesan a la esquistosidad y ensamblajes anteriores. Se aprecian microvenillas tardías de andalucita que generan alunita hidrotermal sobre las clóritas y algunas microvenillas de calcita asociadas con la ocurrencia de algunas especularitas. Mezclas de algunas adularias y muscovitas sobre algunas plagioclasas y sericitas – actinolitas y biotitas hidrotermales.

Estas microvenillas de andalucita ocurren favorablemente atravesando al cuarzo cuya lineación concuerda con la esquistosidad de la roca. La mayor cantidad de minerales opacos (magnetita, titanomagnetita y titanita) ocurren alineados dentro de la lineación de flujo junto con la especularita (hematita hidrotermal). Junto con el ensamble calcita + especularita, ocurre cierta deformación y alteración de los esquistos verdes, en estas zonas la clórita es mas púrpura a azulada (perdida de Fe y enriquecida de Mg y Na según KERR, 1997). Se observa también granates transformándose en clóritas. (microfotografía N° 4)

Reacción de la formación de sericita (FONTBOTE, 1992):



Esto explicaría el intercrecimiento existente entre la albita, sericita y cuarzo y el enriquecimiento de Na<sup>+</sup> en las clóritas.

### Muestra M-7

Metandesita piroxénica propilitizada y cloritizada de textura lepidoblástica constituido en un 40% por piroxenos de color pardo, andesina como plagioclasa principal, lentes gruesos de CLOs. En una matriz de color verde compuesta por minerales verdosos y cristales de clinzoisita de color crema alargados que concuerdan con la lineación de flujo, cortados por venillas de cz III (cuarzo microgranular) intercrecida con CLOs, anortoclasa y calcita en cristales y venillas.

Presencia de augita diopsidica con zonado inverso corresponde a cristales originados por magmas andesíticos comunes en grandes fenómenos volcánicos relacionados a fajas orogénicas, minerales rombicos de refrigencia alta que podrían ser esfenas ?. Otros



minerales accesorios como RT y lx se presentan en grumos irregulares dispersos en toda la roca; escasa epidota, tridimita y cristobalita se encuentran rellenando espacios intergranulares de la roca.

Las muestras de cuarzo ondulatorio y granos destrozados de andesinas recristalizadas y micas torcidas implica que los movimientos internos persistieran hasta el cierre del metamorfismo (microfotografía N° 5).

### Muestra M-10

Esquisto silicificado de textura lepidoblástica conformada por clóritas – cuarzo – andesina sericitas y anfíboles destruidas por los fluidos síliceos en 2 eventos: venillas de cz III y Cz IV

El primero constituido por venillas de cz III de 0.5 mm de espesor con transporte de py y po alineados (estos sulfuros se han reconocido por las formas cubicas y rómbicas) han destruido la matriz original de la roca. Se ha observado también tridimita rellenando cavidades producto del besiculamiento del CO<sub>2</sub>.

El segundo evento se encuentra transversales a las venas de cz III, se producen microfracturas de 1/5 a 1/50 mm que están rellenas por cz IV intercrecida con se. Acompañan también cristales aciculares de actinolita color verde pálido e incoloro intercrecido con hornblenda de bordes corroídos transformados a epidotas y clóritas. Se observan cristales de clinozoisita.

Las sericitas y clóritas se encuentran entrecruzadas por las venas de los 2 eventos de silicificación, las pocas biotitas existentes se encuentran en proceso de cloritización. La aparición de oligoclasa andesina en lugar de albita es un cambio reconocible microscópicamente que constituye un punto para marcar el límite superior de temperatura de la facie de esquistos verdes (microfotografía N° 8). En esta roca existe actinolita pobre en Fe por ser incolora, es posible que la hornblenda se haya formado de la siguiente manera (según WINKLER, 1978):



Esto explicaría el porque de la actinolita junto con la hornblenda neoformada.

### Muestra M-11

Orto esquisto (volcánico como roca pre existente) de textura blastomilonítica posee una matriz y porfiroblastos recristalizados, presenta también textura de nucleación con un periodo de incubación y movimiento de los blastogranos minerales. Durante la recristalización los cristales han incrementado sus tamaños con orientaciones convenientes, los ejes de micronucleación se encuentran sobre las superficies S (de contorcionamiento o microplegamiento).

La escasa matriz esta conformada principalmente por cuarzos II, micas y clóritas con moldes de hornblendas. Los blastos de cz I y las plagioclasas epidotizadas (anortitas) de tamaños menores a 500  $\mu$  están casi inalteradas, rotadas y englobadas en los microfragmentos de sericita y muscovitas.

Se han observado cz III formando venillas y/o “nidos” transversales a las bandas y fragmentos anteriores, CLOs II (granos pequeños) lanceoladas, alargadas, radiadas e intergranulares con el cz II. Venillas de CLOs III de color más intenso que las anteriores; pequeños grumos de rt y lx diseminados, efn en cristales euhedrales de tamaños micrométricos agrupados en conjuntos siguiendo la dirección del bandeamiento a veces asociado a las CLOs II. Escasos granos anhedrales de epidota asociados a las CLOs radiadas; se han identificado numerosos moldes milimétricos pseudomorfizados parcialmente por limonitas autógenas las que también están rellenando fracturas que cortan a las brechas minerales.

Esta roca corresponde al limite inferior de la facie anfibolita con un ensamble de cz – alb – CLOs – ser  $\pm$  ep  $\pm$  ANFs donde la plagioclasa anortita se convierte en zoisita o epidota, la plagioclasa alcanza un alto % de albita no maclada y girado con respecto a la esquistosidad. La hornblenda se ha transformado en CLOs por lo que corresponde a una facie metamórfica inferior. (microfotografía N° 9)

#### **4.1.2 Secciones pulidas**

##### **Muestra M-1**

Diseminación de esfena alterándose a leucoxeno (2%), specularita (1%) y en menor grado magnetita (0.5%) fuertemente porosa lixiviada y alterada, trazas de calcopirita (<0.1%). Se reconoció calcocina alrededor de la cpy el remplazo comienza en los limites de los granos y continua a lo largo de planos paralelos al (111). Se observan algunos cristales subhedrales porosos de pirita (0.2%) débilmente cubierta por una patina de hemátita supérgena (etapa de temprana oxidación) con intercrecimiento corona y subcorona con las GGs, además, presenta los bordes corroídos. Grano de leucoxeno fuertemente alterado por una venilla de mineral transparente, este grano contiene 4 granos de oro nativo (8 a 12 micras de tamaño) con intercrecimiento ameboidal y de inclusión.

Una vena principal de cuarzo presenta un vetilleo entrelazado que ha servido de canales de transporte de los sulfuros y del Au fino diseminado.

##### **Muestra M-2**

Roca color verde oscuro contiene magnetita micrométrica porosa alterada lixiviada (1%) con pequeñas cantidades de py cubica porosa, en granos y en venas de sílice rellenando oquedades, los orificios de las piritas se debe a la resistencia a la abrasión al ser pulidas, se

encuentra diseminada en toda la roca. Una segunda py con intercrecimiento ameboide simple y corona entre las venas de cuarzo se ha originado por la ruptura de las py más grandes con un pequeño deslizamiento y luego por una granulación con bordes corroídos por las microvenillas síliceas (0.5%). Se observo trazas de cpy (<0.1%) y un grano de cobre gris.

Las venas tardías de cuarzo masivo contienen trazas de py en mayor contenido que la cpy en pequeños cristales aislados, la cpy presenta intercrecimiento gráfico con la hemátita e intercrecimiento simple con el cuarzo. (microfotografía N° 10)

### **Muestra M-3**

Roca verde presenta diseminación de magnetita porosa alterada (0.5%) en granos y microvenillas siguiendo la lineación de flujo. El sulfuro primario es la py framboidal porosa (0.5%) incluida en los cristales de cuarzo, otras py craqueladas están rellenas juntamente con sílice coloidal.

Se observaron trazas de cpy (<0.1%) con coronas de LIMs, playas y diseminaciones de arsenopirita subhedral primaria (1.5%) formadas por la reptación y templado simultaneo en las dislocaciones de las fracturas (INESON, 1989), en uno de éstos granos se observo una inclusión de Au (120 $\mu$ ). Cristal rómbico de apy de bordes corroídos con inclusiones de cpy, craquelado en 3 direcciones preferenciales 2 de ellas perpendiculares. Algunos de estos cristales de apy se están transformando a escorodita supérgena. (microfotografías N° 11 y 12).

### **Muestra M-5**

Magnetita porosa (3%) lixiviada, algunos de estos cristales de magnetita están en proceso de martitización, es decir, transformándose a especularita acicular microcristalina (2%). Se observan grandes cristales de titanomagnetita (no romboédricas) pardo a rosado claro (0.5%), algunos si exponen residuos de su cristalización romboédrica por lo que se le otorga el nombre de titanitas o esfenas (CaTiSiO<sub>5</sub>) con alteración a leucoxenos.

En algunas partes de la muestra se aprecia un fuerte intercrecimiento entre la magnetita y la titanita (figura N° 4.1). Coincidiendo con una mayor ocurrencia de especularita, también se observan titanitas con leve alteración a especularita. En esta muestra fueron observados 3 granos de oro nativo de 5, 2.5 y 1.5 micras de tamaño, 1 asociado a la titanita y 2 a la especularita. Dentro del cuarzo masivo también se observo un grano de oro nativo (1.5 micras de tamaño) y asociado a microvenillas de calcita que atraviesa el cuarzo masivo. Finalmente se observaron 3 granos de oro irregulares < a 1.5 micras de tamaño dentro de las venas de cuarzo que transportan titanita y especularita. (microfotografía N° 15).

## **Muestra M-7**

Se aprecian granos anhedrales aislados de py fuertemente lixiviada alterada y alineada con la lineación de flujo, trazas de po intercrecida con algunas py lixiviadas de textura lamelar arrugada, trazas de titanomagnetita (no presentan cristalización rómbica de esfena). Algunas magnetitas están afectadas por la oxidación supérgena y ocurren con generación de hemátita. Se observó también una alineación de mt + po + py cortado por venas hidrotermales con cpy + ef.

Se aprecia un grano de oro nativo microscópico (2.5 micras) en una matriz traslúcida reconocible en sección delgada así como diseminación de cristales de rutilo de 10 a 30  $\mu$ , granos idiomórficos de circón y en fragmentos polifacéticos.

## **4.2 Petromineralogía de los Volcánicos Lavasen**

### **4.2.1 Secciones delgadas**

#### **Muestra M-2**

Riolita silicificada y cloritizada del cuerpo mineralizado Sur de textura fluidal con pasta afanítica color verde atravesadas por venillas de cuarzo III; la pasta felsítica esta compuesta por fragmentos alotriomorfos de cuarzo II clóritas II, cristales de ortosa rotos II y craquelados atravesadas por venas de cz III de 400u de espesor con transporte de py y apy que rellena microfracturas y a su vez es cortada por venas de cz IV, granos de cz I pseudo hexagonales de bordes corroídos con inclusiones de py, fenocristales de ortosa con macla tipo codo, biotitas transformándose a epídotas y clóritas; mezclas de limonitas con piritas; PXNs transformándose a anfíboles por procesos de hidratación (uralitización), los PXNs, ANFs y bt se encuentran en proceso de cloritización debido al aporte combinado de Fe y Mg a temperaturas mas elevadas que el de la roca (MASON, 1978), escasos fenocristales de PLG primaria destruidos y transformándose a sericita, la muscovita es cristalina y biaxial se presenta como hojas cristalizadas, escasa act.(microfotografía N° 1)

#### **Muestra M-4**

Brecha riolítica silicificada ligeramente sericitizada con una matriz brechada criptocristalina verde constituida por cz II en forma de cuñas, fragmentos rotos y rotados de ortosas II, tridimita entre los espacios de los fragmentos de PLGs y CLOs; cristales aislados de ortosa I con superficies sucias fracturadas sericitizadas producto de una metasomatosis alcalina (MCPHIE, 1993) atravesadas por venas de cz III y CLOs III, albitas zonadas (cambio en la composición química de sódicas a cálcicas), cuarzo I ovoides, como minerales accesorios presentan augita diopsídica e hiperstena guardan relaciones pseudo poikiliticas con respecto al cuarzo I y feldespato potásico, los minerales máficos que se encuentran intercrecidas con los cristales de albita se encuentran en proceso de

epidotización, epidota en fracturas, biotitas café con bordes corroídos indican aumento de temperatura, ANFs alterándose a biotitas y destruidos por los fluidos mineralizadores, se observan también islotes de cristobalita asociado a la fayalita, 1% de sulfuros.

Reacción de la sericitización (FONTBOTE, 1992):



### Muestra M – 8

Dacita sericitizada y cloritizada presenta PLGs sericitizada con maclas polisintética y de compenetración se encuentran como islotes aislados, granos de cz redondeado fracturados, cristales aciculares de actinolita, todos estos minerales inmersos en el M.A.C. (material amorfo criptocristalino) o pasta vítrea felsítica de cuarzo con feldespato potásico de la roca, cristales rómbicos lanceolados de esfena, piroxenos tabulares color verde en proceso de uralitización y otros transformándose a carbonatos, cristales de hornblendas castañas cloritizadas, epidota en menor cantidad, tridimita rellenando espacios vacíos, abundantes clóritas hexagonales otras de bordes corroídos, escasas biotitas café en proceso de cloritización. (microfotografía N° 6)

Reacción de la sericitización (FONTBOTE, 1992):



### Muestra M-9

Andesita cloritizada y propilitizada de textura intergranular - interseptal compuesta principalmente por feldespatos y clóritas, contiene piroxenos y hornblendas parduscas rápidamente enfriadas (oxihornblendas) remplazadas por cristales alargados de augitas que se cruzan entre sí, biotitas epidotizadas, fenocristales de plagioclasa zonada con núcleos de andesina y bordes de oligoclasa con macla polisintética y cuarzo intercrecido en la matriz criptocristalina de la roca, presencia de fenocristales de hiperstena con finas inclusiones de clinopiroxeno. En la pasta de la roca junto con la augita se encuentra la pigeonita evidencia del enfriamiento rápido estos piroxenos muestran zonado inverso, la tridimita y cristobalita se encuentran en pequeñas cantidades rellenando espacios abiertos, diseminaciones de sulfuros intercrecidos con cristales milimétricos de calcita blastos relictos de plagioclasas en la matriz de la roca. (microfotografía N° 7).

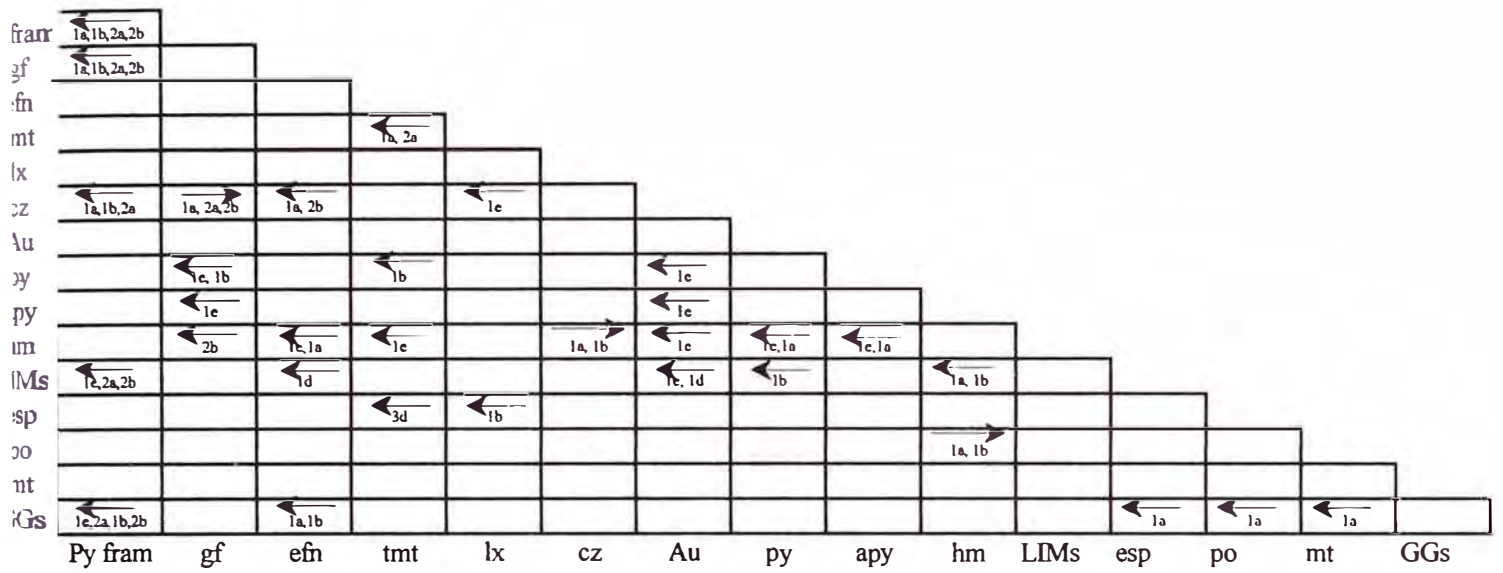


Figura 4.1 Intercrecimientos y Rellenos minerales en Esquistos

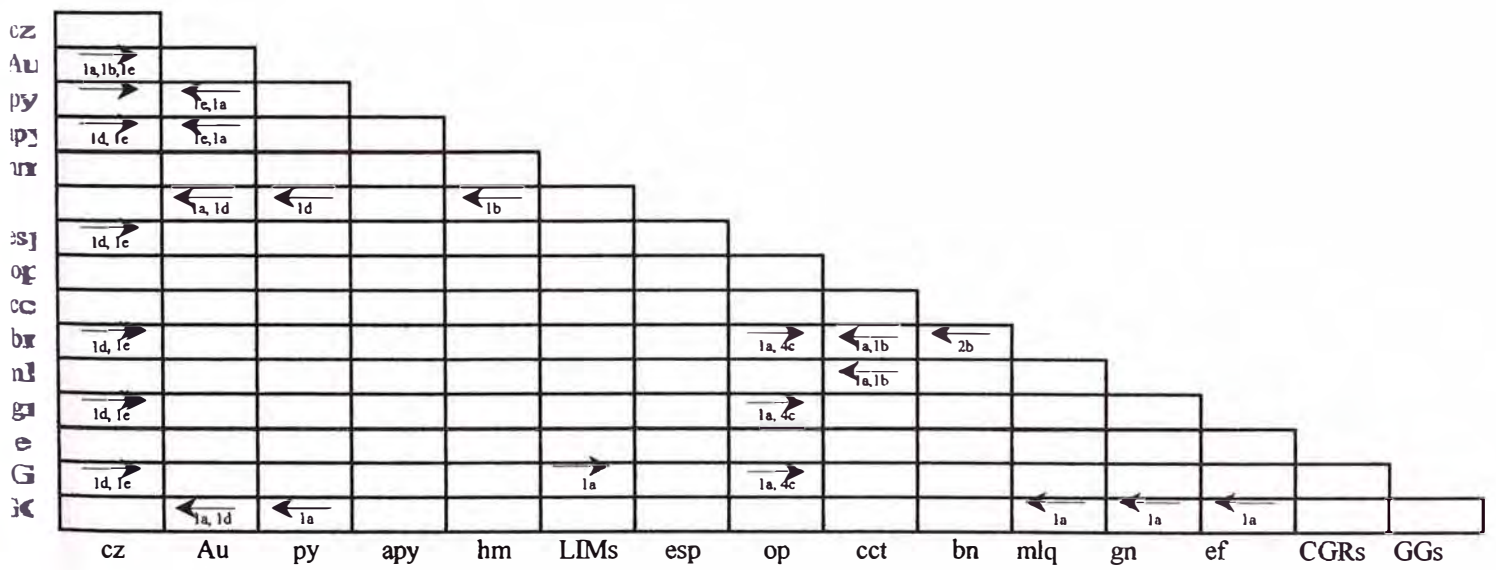


Figura 4.2 Intercrecimientos y Rellenos minerales en Volcánicos

#### **4.2.2 Secciones pulidas**

##### **Muestra M-4**

Magnetita porosa lixiviada alterada (1%), titanomagnetita (0.5%) otras venillas de cuarzo también concordantes a la foliación contienen 2 eventos de mineralización de pirita porosa subhedral en cristales aislados (2.5%) grandes y pequeños corroídos por los fluidos síliceos y en paragénesis con melnikovita pulverulenta de color negro con intercrecimiento corona y subcorona, cpy (<0.5%) alineada en la roca se ha deformado por fracturación y separado dentro de la sílice que fluye formando hileras de gránulos.

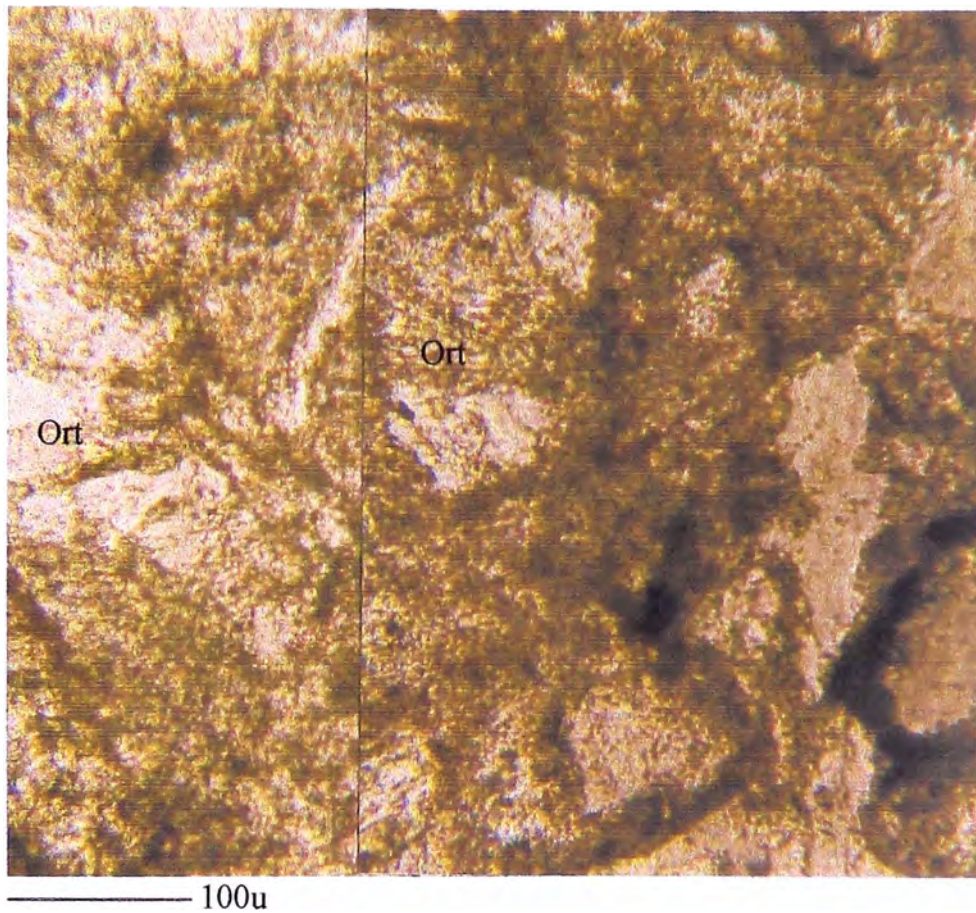
Se observan hasta 4 granos microscópicos (<1 micra) de oro nativo dentro de los cristales de cuarzo y en las venas de cuarzo que corta a la foliación de la roca y 2 incluidos en cristales pseudo hexagonales de po de 1/90 mm de Ø con bordes corroídos y cortados por venas de sílice, la po presenta además inclusiones de py tardía, fracturas rellenadas por LIMs y hm. (microfotografías N° 13 y 14).

##### **Muestra M-8**

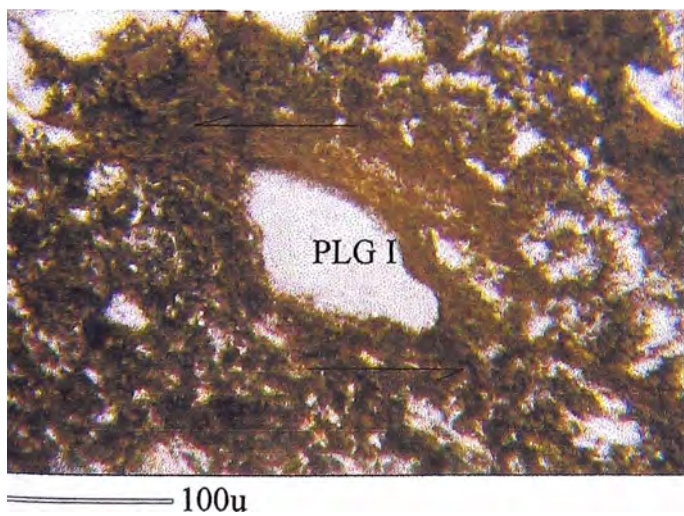
Orden de cristalización: py gruesa – apy gruesa – py fina – apy fina, intercrecimiento tipo carie entre la py y la ef (figura N° 4.2), el contenido de hierro en la esfalerita como una impureza hace que se endurezca; los fluidos hidrotermales portadores de cobre provenientes de los volcánicos Lavasen forman calcosina como remplazo de la cpy y no de la py. Grano de galena de color blanco con un poder reflector muy alto, deformada por deslizamiento y rotado por cizallamiento con intercrecimiento ameboidal y subcorona con la py fina, la sucesión deposicional revela que la galena ligeramente esta corroída e intercrecida con bourmonita y tetraédrita como mineral mas duro se deforman por fracturación y luego se separan dentro de la galena que fluye formando hileras de granos, los subgranos consisten en realidad en dislocaciones en la estructura de los granos que origina nuevos subgranos. (microfotografía N° 18)

#### **4.3 Secuencia paragenética**

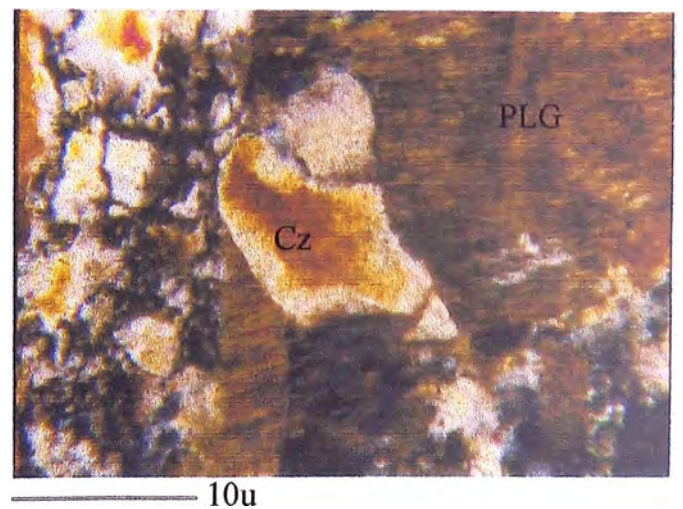
La mineralogía y la descripción microscópica de las muestras permitió definir la secuencia de emplazamiento mineral durante el metamorfismo regional ocurrido en 3 tiempos temprana, media y tardía; un volcanismo e hidrotermalismo continental ocurrido también en 3 tiempos y una etapa de oxidación post hidrotermalismo (figura N° 4.3)



Microfotografía N° 1 Ortosas en proceso de sericitización inmersos en una pasta felsítica compuesto por cristales rotos de ortosas II, cuarzos II y CLOs II en proceso de biotización. Muestra M-2.

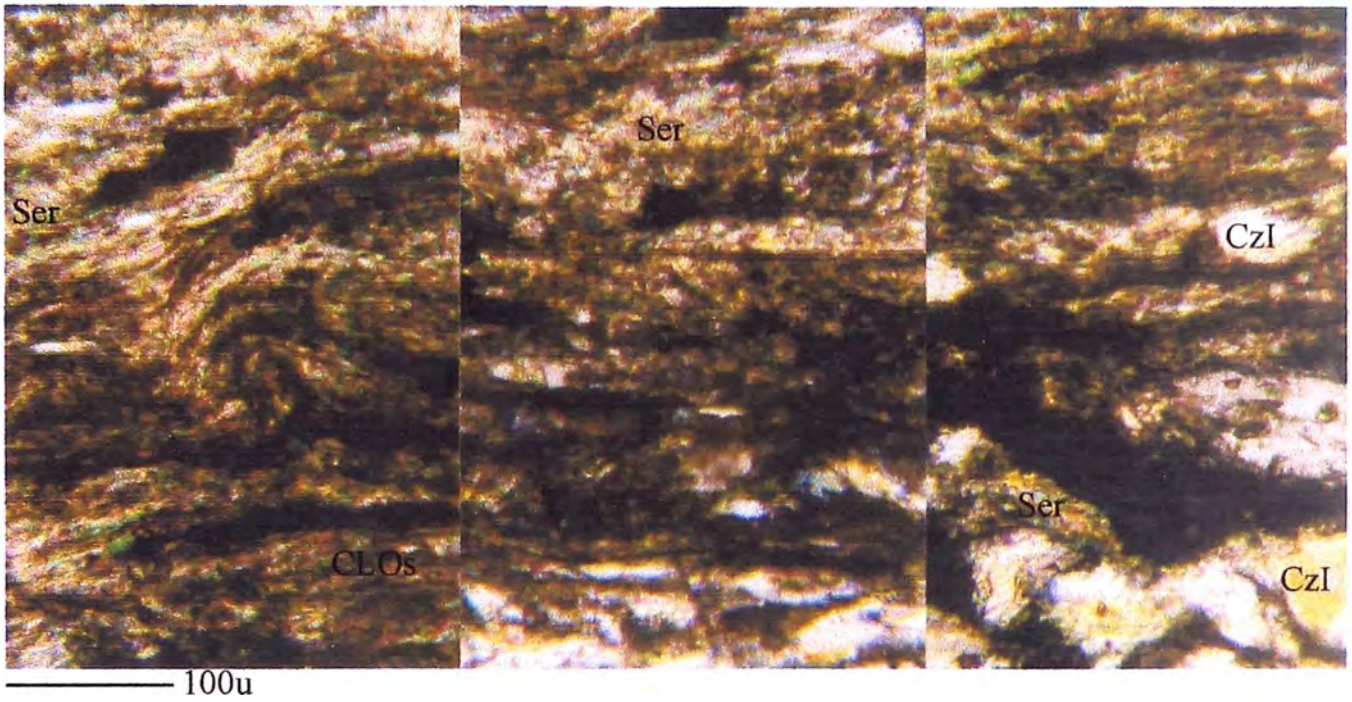


Microfotografía N° 2 Rotación de una albita por medio del movimiento de fuerzas de contorsión correspondientes a la fase 0. Muestra M-3.

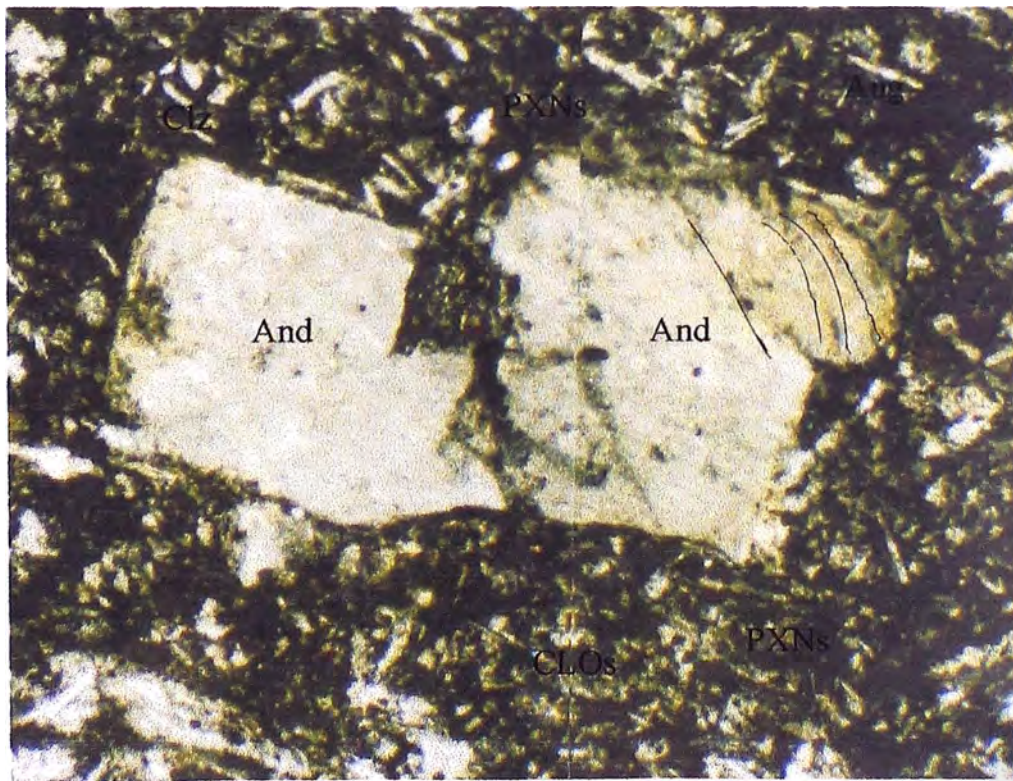


Microfotografía N° 3 Esquistosidad de la fase 0 en un cristal de plagioclasa aumentado su tamaño. Muestra M-3.

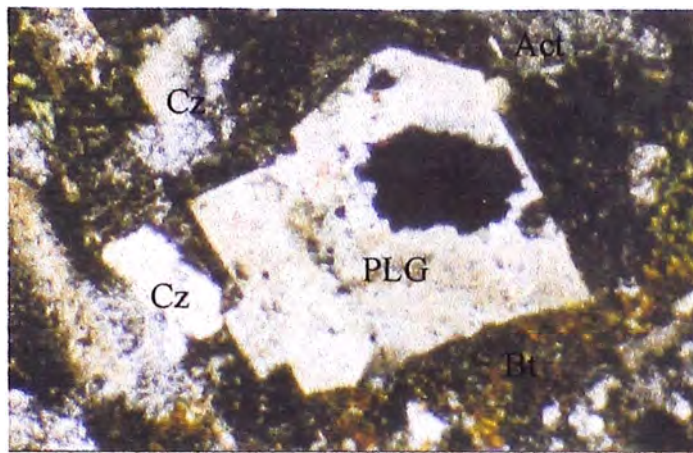




Micro fotografía N° 4 Micro plegamiento correspondiente a la fase 0 del Neoproterozoico de sericita, intercaladas con cz, CLOs y ritmitas de Oxs de Fe. Muestra M-5.

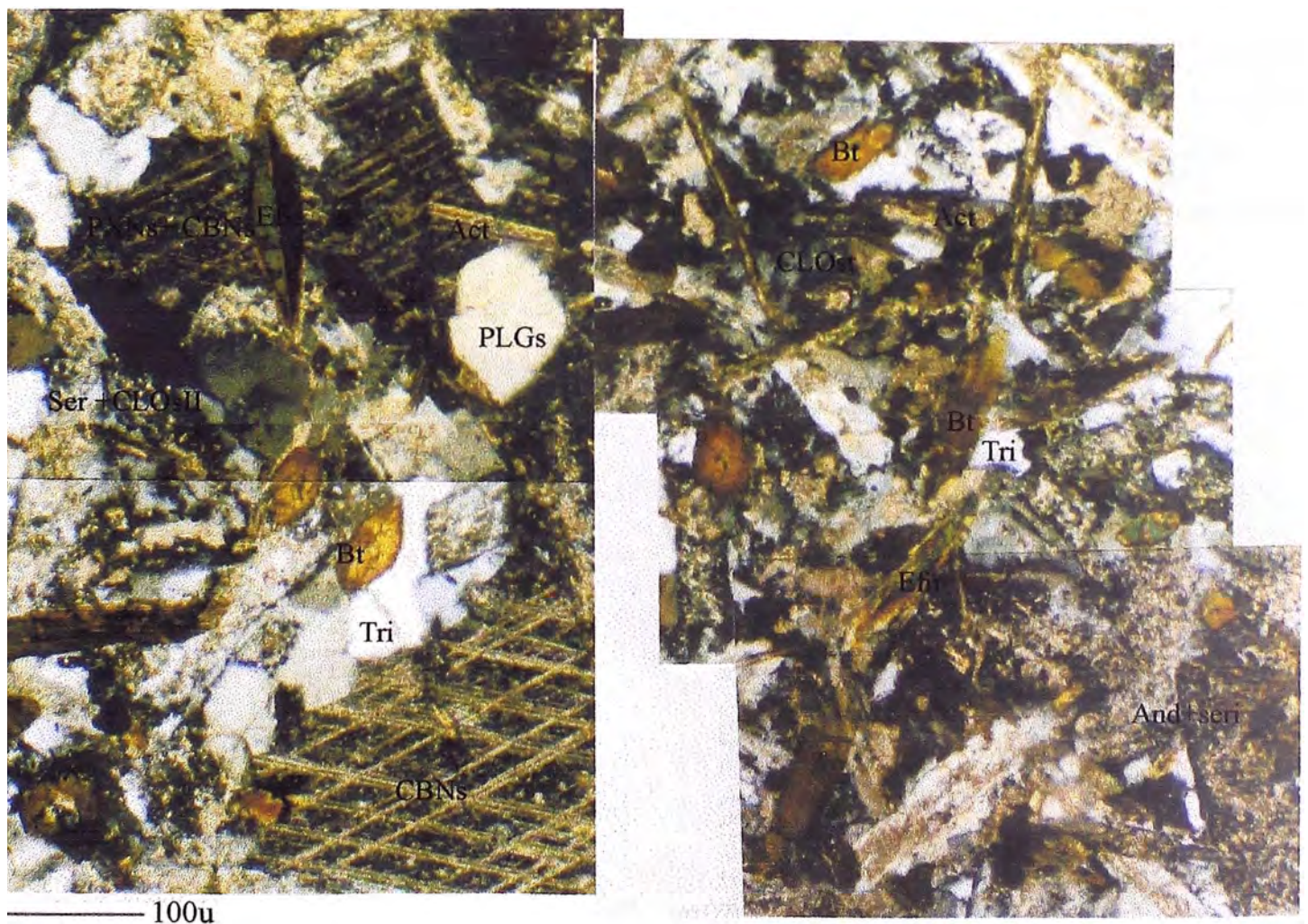


Microfotografía N° 5 Blastos de andesina inmerso en una matriz de clinozoisita, augita diopsidica y CLOs. Muestra M-7

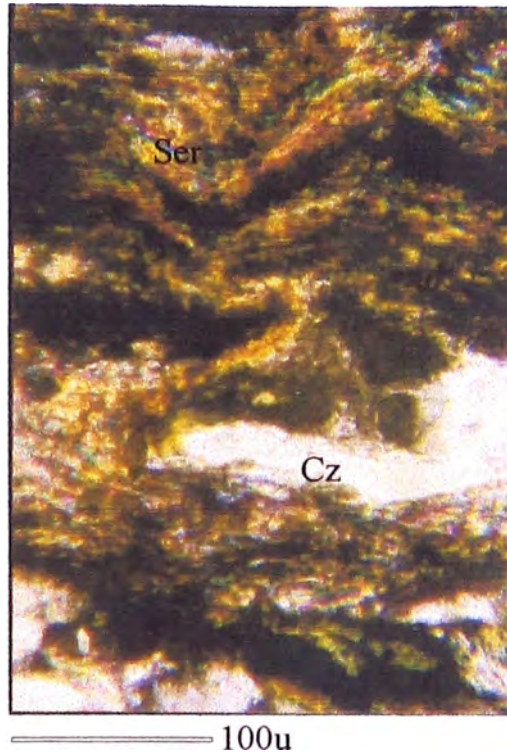


100u

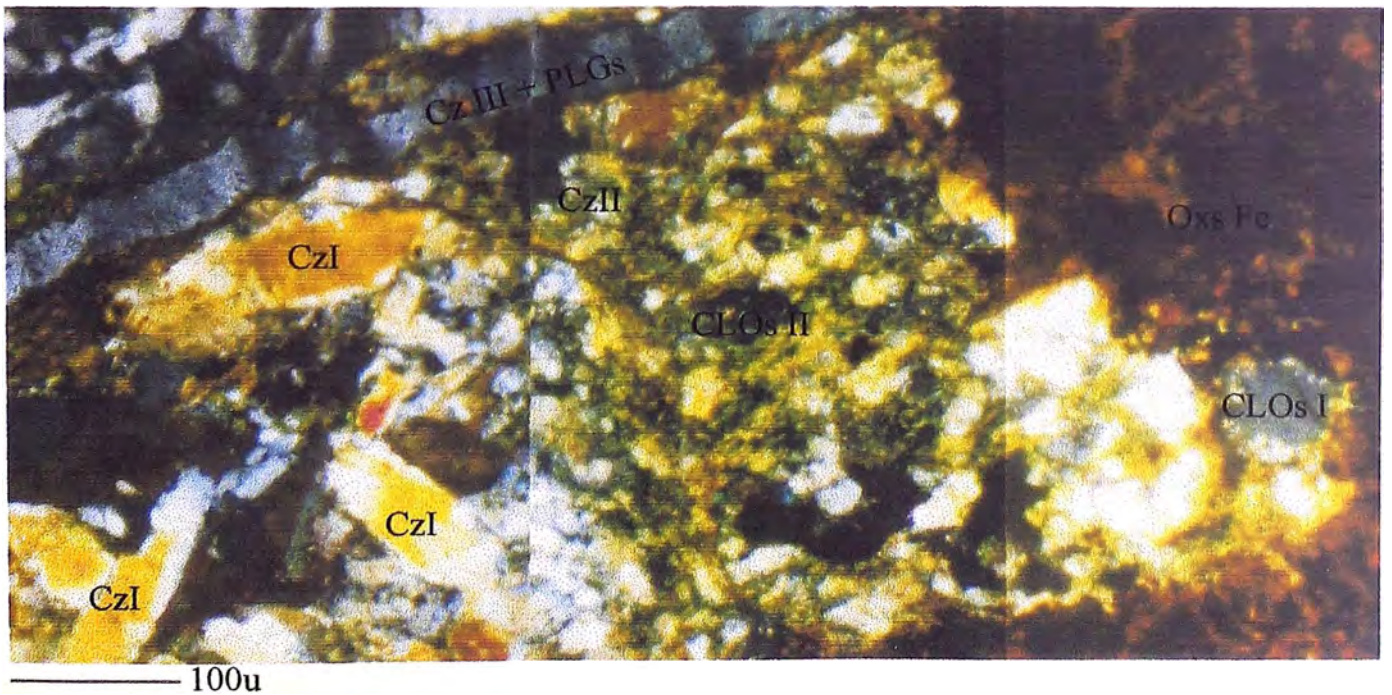
Microfotografía N° 6 Plagioclasas, cuarzos redondeados, biotitas en una matriz de ortosas rotas, actinolitas, tridimitas relleno espacios intergranulares. Muestra M-8.



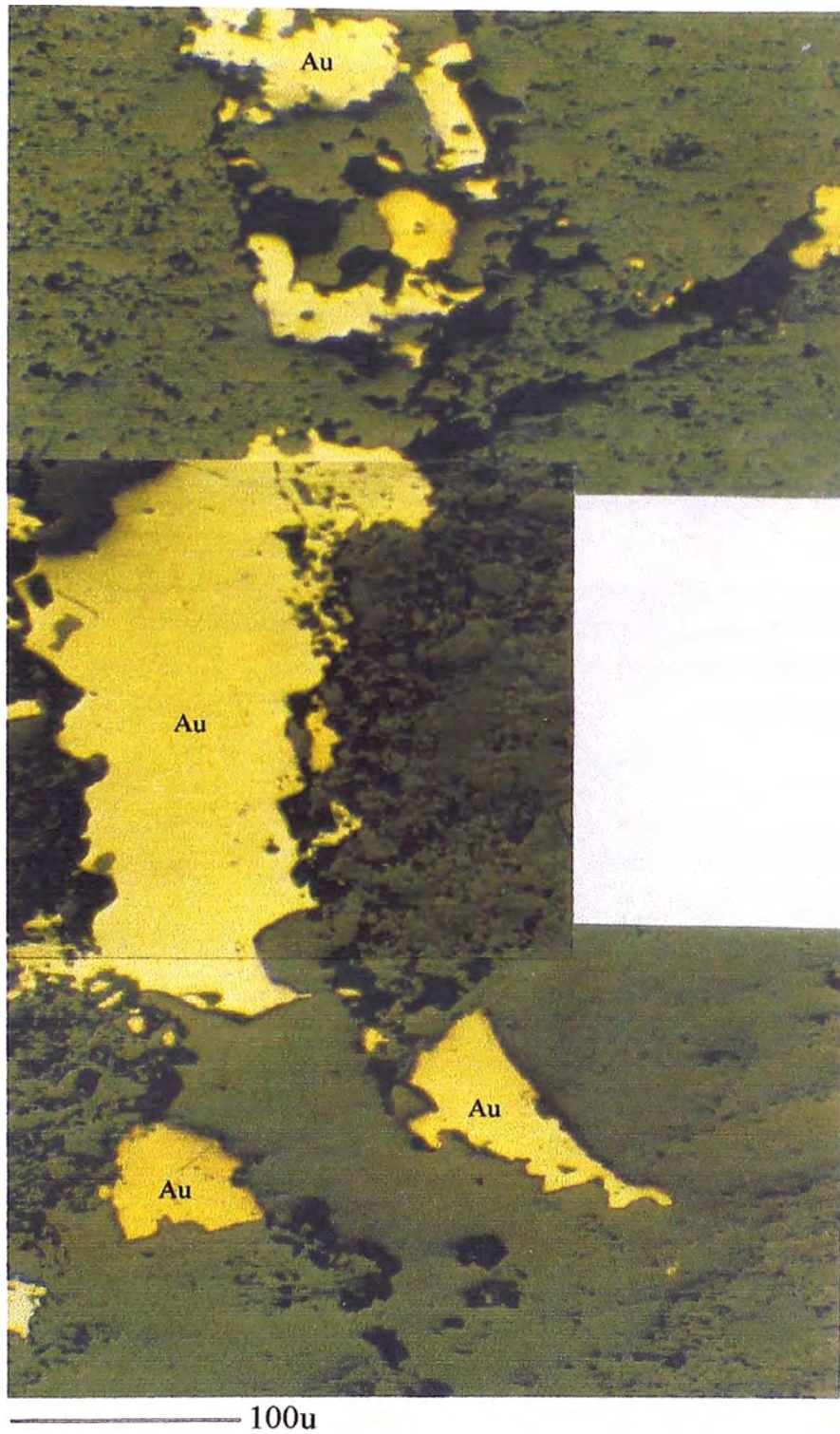
Microfotografía N° 7 Andesita cloritizada y propilitizada de textura intergranular constituidos por andesinas cloritas, piroxenos en proceso de transformación a carbonatos, cristales de augitas que se cruzan entre si, biotitas café en proceso de epidotización en una matriz de augita con pigeonita, fragmentos de PLGs II. Muestra M-9.



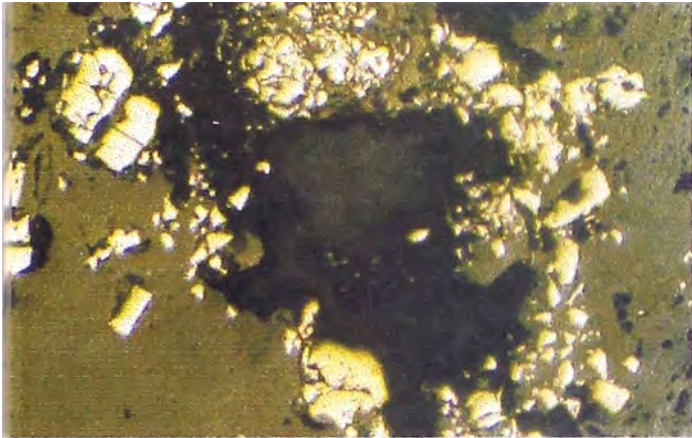
Microfotografía N° 8 Dos sub faces de contorcionamiento de la fase 0 micropliegan a las muscovita, sericitas, plagioclasas, cloritas y blastos de cuarzo. Muestra M-10.



Micro fotografía N° 9 Blastos rotados de cz I en una matriz brechada de Cz II y CLOs II cortados a su vez por venas micrométricos de cz + PLGs, los intersticios entre los fragmentos se encuentran rellenos de Oxs de Fe. Muestra M-11.

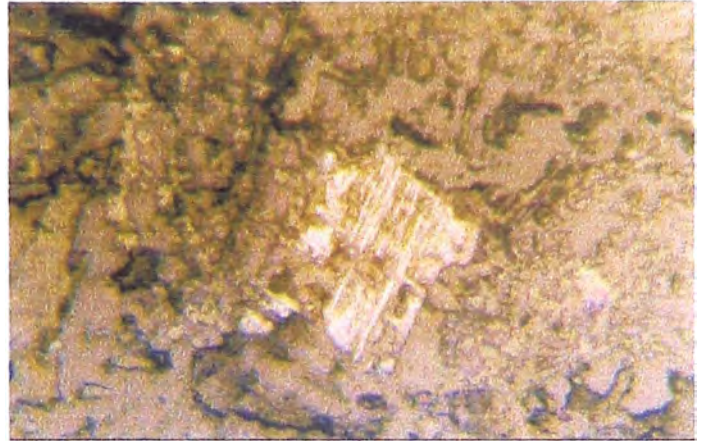


Microfotografía N° 10 Au hidrotermal relleno de fracturas de la roca. Muestra M-2.



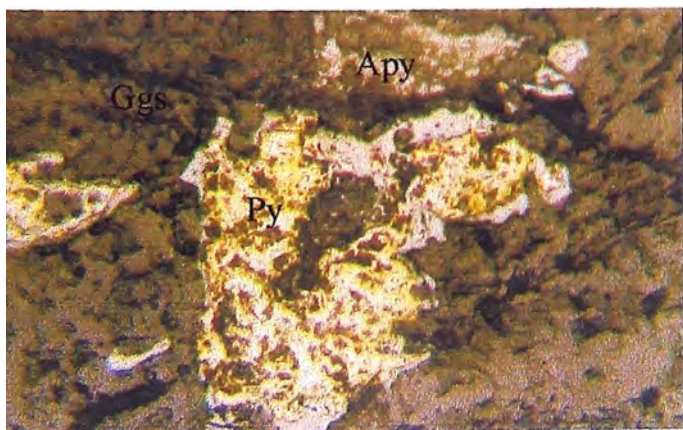
10u

Microfotografía N° 11 Pirita framboidal intercrecida con pirita de eventos posteriores. Muestra M-3.



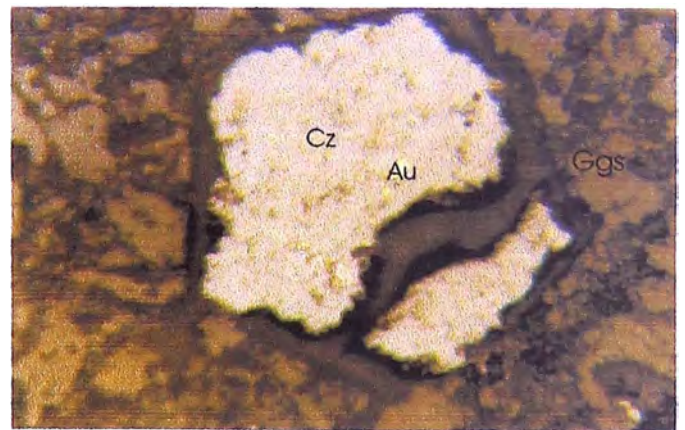
100u

Microfotografía N° 12 Porfidoblasto de pirita afectado por la esquistocidad de la fase 0 del Neoproterozoico. Muestra M-3.



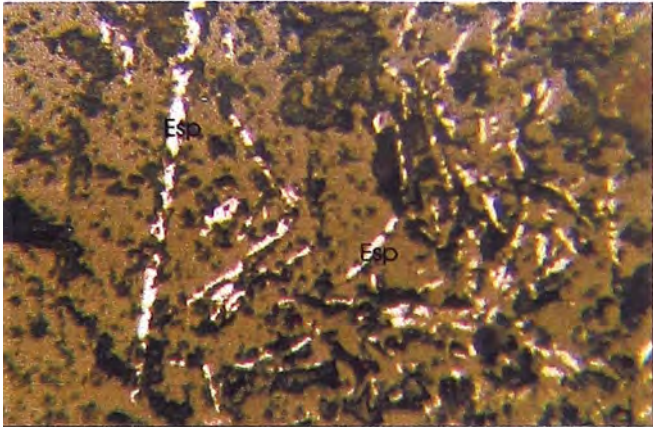
100u

Microfotografía N° 13 Py intercrecida con pirita hidrotermal del tipo sub corona y ameboidal se encuentran rellenando fracturas de la roca. Muestra M-4.



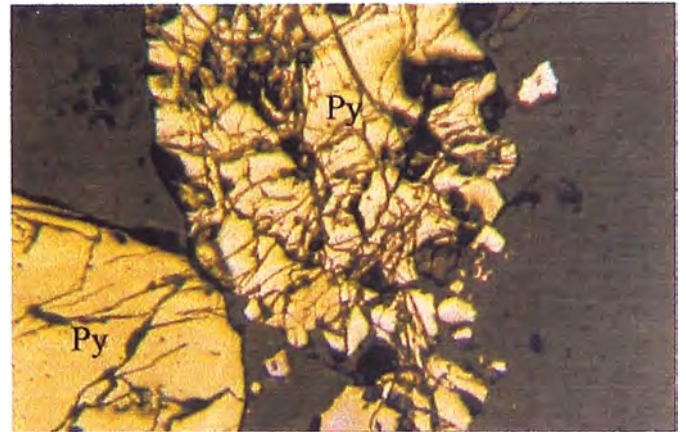
10u

Microfotografía N° 14 Inclusión de Au en cuarzo pseudo-hexagonal hidrotermal corroído. Muestra M-4.



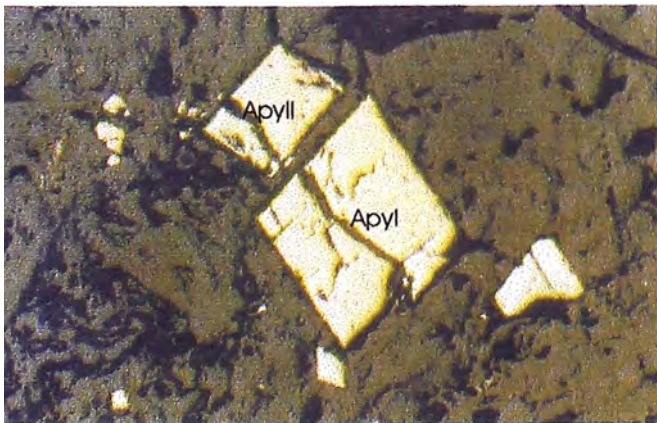
100u

Microfotografía N°15 Textura gráfica de la especularita hidrotermal relleno de espacios abiertos. Muestra M-5.



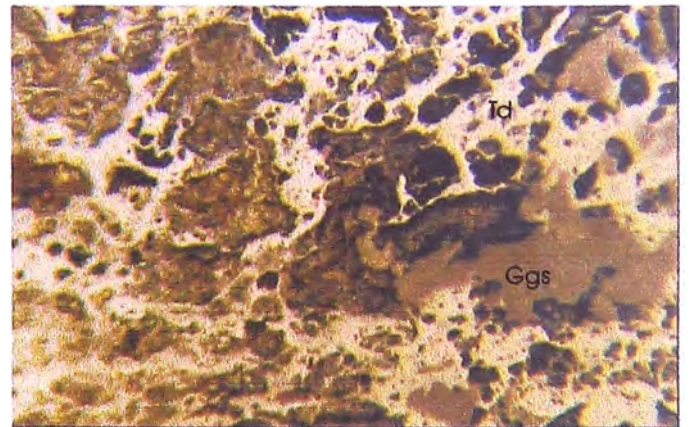
100u

Microfotografía N°16 Dos sistemas de fracturamiento perpendicular que se cortan entre si. Muestra M-6.



100u

Microfotografía N°17 2 tamaños de apy fraturadas. Muestra M-6.



100u

Microfotografía N°18 Textura esqueletica de tetradrita hidrotermal. Muestra M-8.

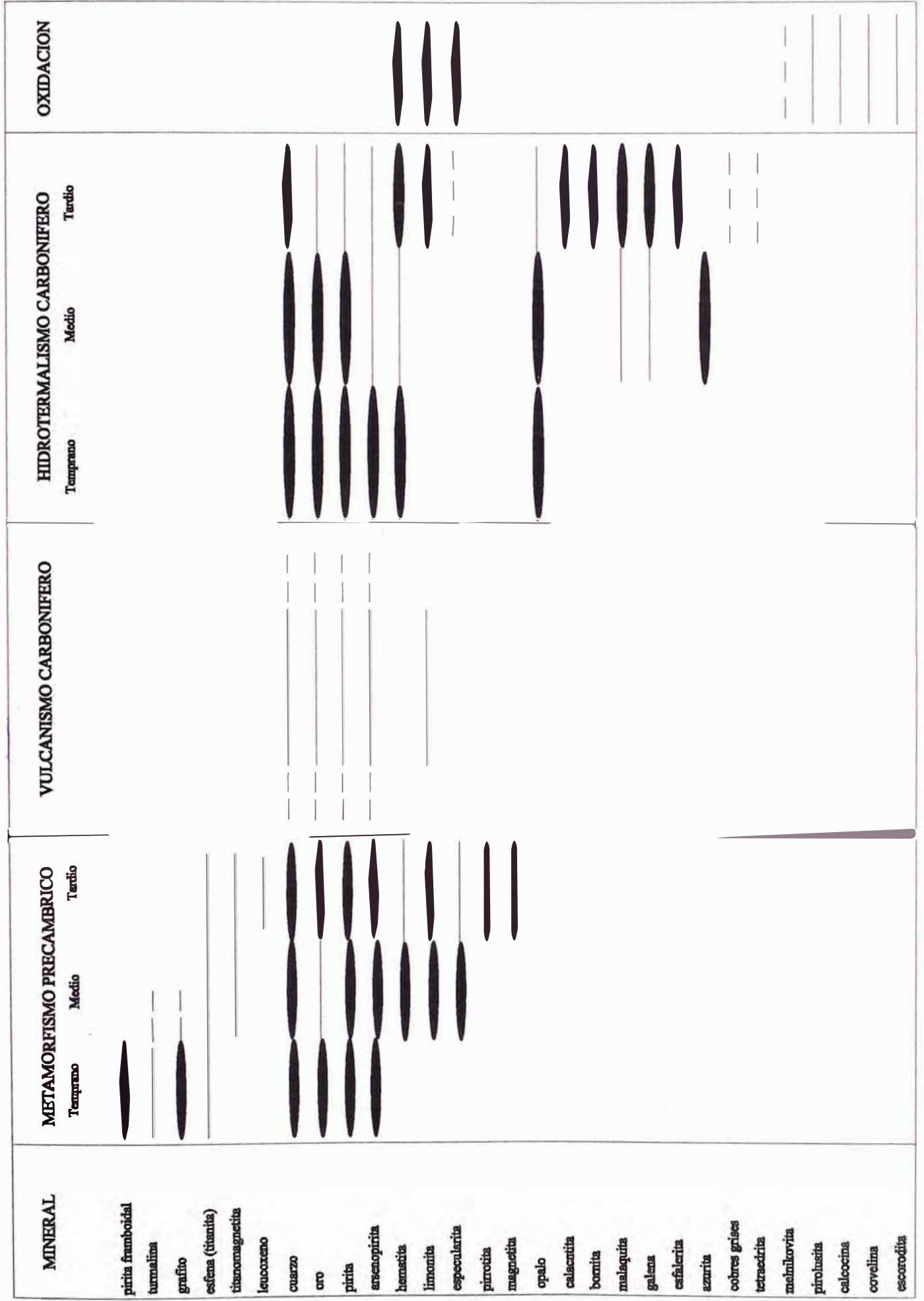


FIGURA N° 4.3 SECUENCIA PARAGENETICA

#### 4.4 Metamorfismo retrogrado

Los productos del metamorfismo retrogrado<sup>3</sup> en Satata – Icuero, constituyen solamente una porción muy pequeña de todas las rocas metamórficas.

De acuerdo al estudio mineragráfico de los esquistos durante el metamorfismo regional han sido metamorfoseadas a altas temperaturas correspondientes al límite inferior de esquistos de grado medio de la facie anfibolítica equivalente al grado superior de la facie de esquistos verdes, al enfriarse la roca, la temperatura desciende hasta alcanzar su equilibrio correspondiente a la facie de esquistos verdes.

Los minerales relictos que se formaron en la primera facie se encuentran englobados en la matriz de la roca de la facie actual (esquistos verdes) en asociación a sus minerales, se ha reconocido fragmentos de granates, estaurolita, cordieritas y epidotas en una matriz de cloritas, sericita, muscovita y cuarzo. El cuarzo  $\beta$  también ha sufrido transformaciones durante el enfriamiento transformándose en cuarzo  $\alpha$  según observaciones microscópicas, la pirrotita de los esquistos y las biotitas han sido formadas a temperaturas mayores que el resto de los minerales, estas últimas se están transformándose en cloritas como resultado de reacciones retrogresivas, pseudoformas de remplazamiento de granate por clorita preservando la forma dodecaédrica son evidencias de un metamorfismo retrogrado.

A temperaturas más bajas la hornblenda se hace inestable descomponiéndose en actinolita, clorita y epidota con lo que desaparecen los anfíboles (WINKLER, 1978), de este modo estas rocas correspondientes al límite inferior de la facie anfibolítica alcanzan la estabilidad de los esquistos verdes en la que la albita es un componente principal.

#### 4.5 Inclusiones fluidas

El estudio de inclusiones fluidas fue realizado principalmente en muestras de perforaciones que contenían venillas y lentes de cuarzo con oro y sulfuros. El total de inclusiones estudiadas está contenida en cuarzo de origen hidrotermal y en menor proporción en los lentes de cuarzo de origen metamórfico. Los tipos de venillas estudiadas fueron las siguientes:

De origen hidrotermal: venillas de cz con cpy y py, de cz con Au y py

De origen metamórfico: venillas de cz con Au, de cz con py, de cz con tmt y esp

<sup>3</sup> Antes que la temperatura máxima de metamorfismo en un punto determinado haya descendido apreciablemente, casi todos los componentes volátiles deben haber escapado, pues de otra manera la temperatura lentamente decreciente causaría la inversión de las reacciones metamórficas, a este fenómeno se le conoce como metamorfismo retrogrado o diaforesis (WILLIAMS, 1968), consiste en la transformación de rocas metamórficas de alto grado en otras de grado inferior acompañado con la percolación de gases ricos en H<sub>2</sub>O y a menudo con CO<sub>2</sub> a través de fracturas y zonas de cizalla invirtiendo las reacciones y dando lugar a asociaciones estables de temperatura más baja y en general, más ricas en H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>.



Todas las venillas de origen hidrotermal estudiadas presentan varias generaciones de fluidos que se encuentran entrecortadas, lo que indica que la roca se reactivó repetidas veces durante el proceso. Las inclusiones fluidas reconocidas en las observaciones microscópicas con un aumento de 100 x a temperatura ambiental se muestran en la figura N° 4.4

Las inclusiones de origen metamórfico están constituidas por una solución líquida de H<sub>2</sub>O y NaCl y una burbuja de vapor probablemente CO<sub>2</sub> gaseoso que ocupa el 70 al 80% del volumen total de la inclusión, su forma es irregular y sus dimensiones de 25 a 30 micras.

Las inclusiones de origen hidrotermal se encuentran rellenas de fracturas en el cuarzo, están constituidas por una solución subsaturada de H<sub>2</sub>O y NaCl y una burbuja de vapor que ocupa el 10 al 20% del volumen total de la inclusión, sus dimensiones están comprendidas entre 40 y 50 micras.

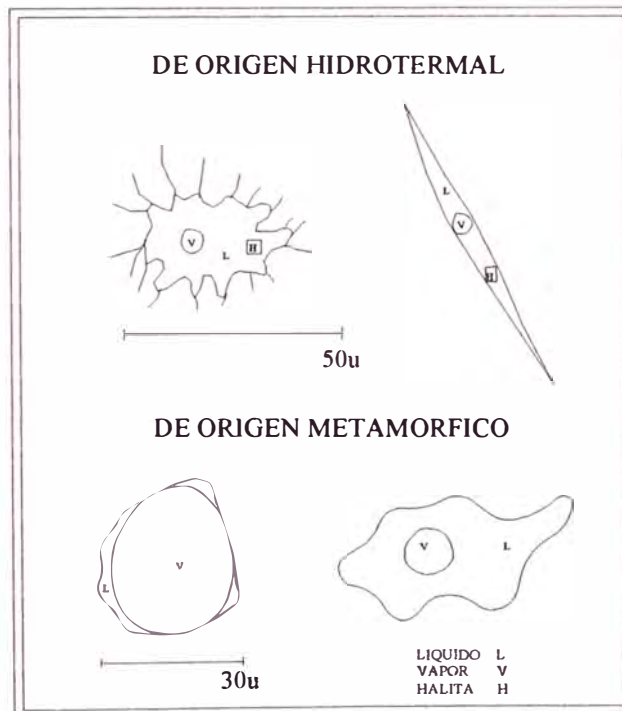


Figura N° 4.4 INCLUSIONES FLUIDAS

#### 4.6 Relación entre la ley de oro vs mineralogía

Se escogieron 2 muestras con alta ley de oro la de 3.19 y 7.68 gr/TM, la primera tiene oro nativo con evidencias de deposición hidrotermal asociado a un grano de leucoxeno relacionado con el ensamble cuarzo adularia, los 4 granos de oro presentan tamaños entre 8 y 12 micras.

En la segunda muestra el oro fue observado dentro de una goetita, lepidocrosita (limonita) y en una pirita levemente hematizada supergénamente, los granos de oro nativo presentan tamaños de 7 a 30 micras, este oro ocurre mayormente asociado a specularita, leucoxeno, pirita y calcopirita, en estas asociaciones se ha observado trazas diseminadas de alunita, venas de andalusita y adularia, venillas de calcita propias de un ambiente hidrotermal.

También fueron observados algunos granos de oro con tamaños entre 1 y 5 micras característicos de yacimientos con oro y sulfuros primarios diseminados, este oro de tamaño pequeño ocurre donde la py, cpy, specularita y leucoxeno (titanita) presentan a la silicificación y cloritización como alteración hidrotermal. No es posible definir directamente con microscopía el grado económico de las concentraciones de oro pero si fue posible determinar que el ambiente es el favorable para la deposición de este metal precioso.

## TERCERA PARTE PROSPECCION Y EXPLORACION

### CAPITULO V PROSPECCION GEOQUIMICA

#### 5.1 Introducción

Basándose en los resultados de leyes de Au, Ag, Cu, Pb, Zn y As de las muestras de roca del reticulado geoquímico sobre los cerros Satata e Icuero se realizó el análisis estadístico y la interpretación de datos, determinándose parámetros geoquímicos como el BG (Background) y Th (Threshold) que indican la presencia de anomalías geoquímicas superficiales. De la misma manera se estableció una relación entre las frecuencias relativas y acumuladas vs intervalos logarítmicos de los elementos metálicos, se determinó los índices de correlación, de determinación y covarianzas así como las dispersiones de los elementos.

De acuerdo con las muestras tomadas de las trincheras sobre los cuerpos mineralizados y de los canales sobre las vetas se llegó a la conclusión de la existencia de oro en estos depósitos minerales.

#### 5.2 Reticulado geoquímico superficial (muestras de roca)

Se realizaron 2 reticulados geoquímicos, el primero con un espaciado lineal de 100m x 100m con una orientación de N 12° W del cual se obtuvieron 220 muestras; el segundo reticulado tiene una separación de 25m x 25m con 1100 muestras con sus respectivas contramuestras superpuesto al primer reticulado sobre el C.M. Norte y C.M. Sur (plano N° 11). El análisis del total de muestras se realizó en laboratorio por el método fire assay AA o ensayo al fuego con un límite de detección de 5 ppb para el Au; análisis por multielementos - ICP con los siguientes límites de detección en ppb: Ag (200), Cu (0.5), Pb (2), Zn (0.5) y As (3). Las intercalaciones de los lentes de cuarzo con niveles de ritmitas de sulfuros + Au son de baja ley (<1 gr/TM).

##### 5.2.1 *Análisis estadístico e interpretación de datos*

De acuerdo con el tratamiento estadístico de los 1320 datos de roca del cuadro 5.1 existen 15 valores en ppm que se encuentran por encima del Threshold (Th) de Au (2.184 ppm), 65 por encima del Th de Ag (0.481 ppm), 10 por encima del Th de Cu (247.17), 41 por encima del Th de Pb (135.63 ppm), 21 por encima del Th de Zn (290.86 ppm) y 15 por encima del Th de As (1404.13 ppm). En la figura 5.1 se plotearon las probabilidades al 0.15, 2.5, 16, 50, 84, 97.5 99.85% vs las leyes en ppm de los Log de Au y Ag, utilizando el B, B+De, B+2De y B+3De.

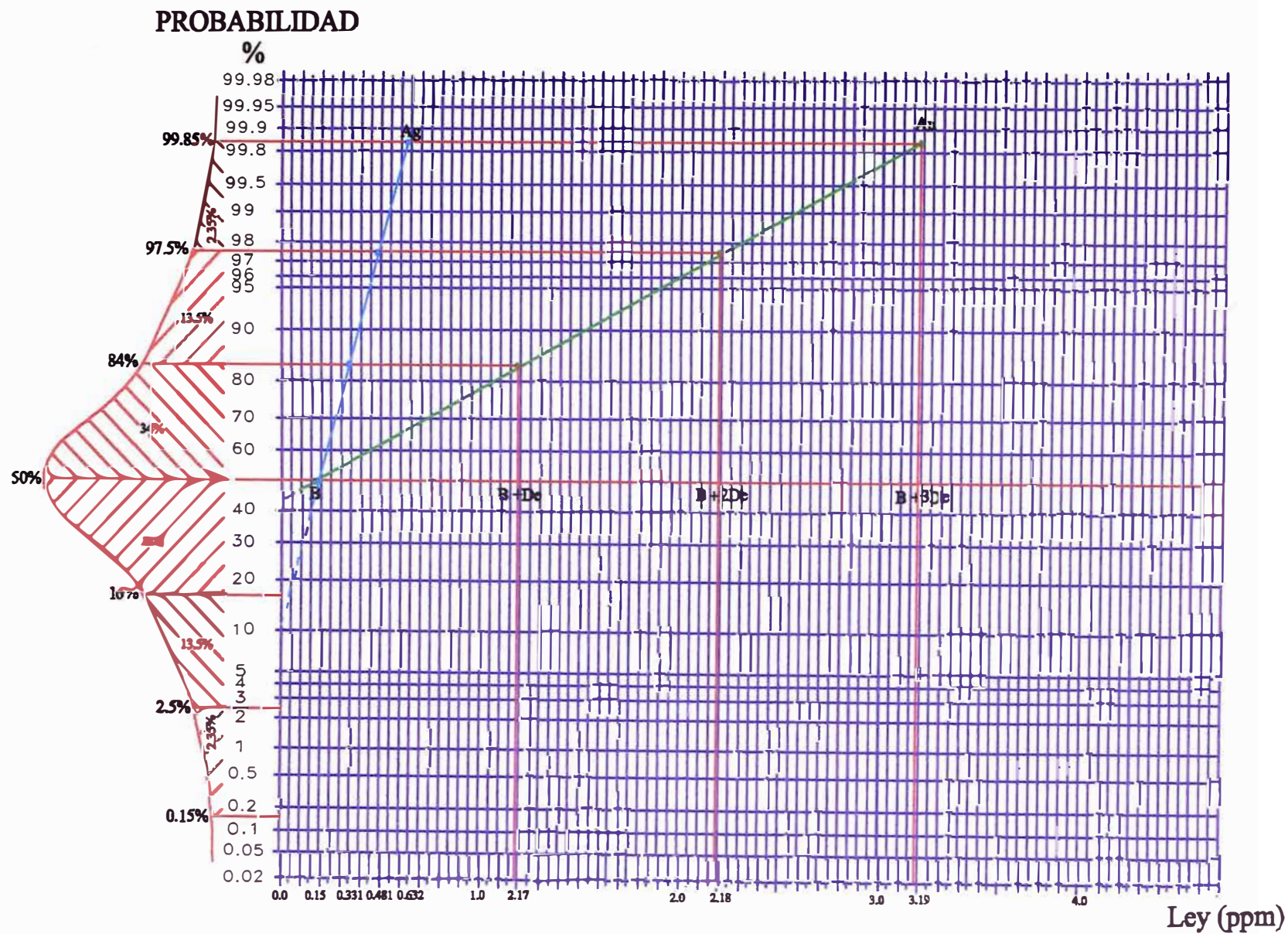


FIGURA N° 5.1 Probabilidad vs. Log Au y Ag

Cuadro N° 5.1 Datos estadísticos de las muestras de roca

Elemento Metálico	Au (ppm)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	As(ppm)
N° de datos (N)	1320	1320	1320	1320	1320	1320
Suma ( S)	206.39	173.30	49648.00	31688.20	73507.00	143579.50
Vmax	27	1.9	2597	1118	2840	10000
Vmin	0.001	0.100	1.000	2.000	6.000	1.000
Media (m)	0.156	0.180	39.434	25.070	58.154	109.269
Mediana (me)	0.011	0.100	22.000	8.000	38.000	19.850
Moda (mo)	0.005	0.100	6.000	2.000	27.000	14.000
Percentil 25%	0.005	0.100	11.500	6.000	27.000	7.625
Percentil 75%	0.050	0.200	41.000	25.000	56.000	49.900
Amplitud (A)	26.999	1.800	2596.000	1116.000	2834.000	9999.000
Desviación Estándar (De)	1.014	0.151	103.868	55.283	116.354	647.430
Varianza(V)	1.028	0.023	10788.589	3056.208	13538.300	419166.016
Coefficiente de Variación (Cv)	6.486	0.836	2.634	2.205	2.001	5.925
Curtosis (K)	417.8	26.8	351.8	168.2	299.2	157.5
Background (BG) 50.00%	0.156	0.180	39.434	25.070	58.154	109.269
B + De 84.00%	1.170	0.331	143.302	80.353	174.508	756.699
Threshold (Th) 97.50%	2.184	0.481	247.170	135.636	290.862	1404.130
B+ 3De 99.85%	3.198	0.632	351.038	190.919	407.217	2051.560
Numero de Intervalos de clase	11	11	11	11	11	11
Intervalo de Clase (I)	2.45	0.16	236.00	101.45	257.64	909.00

Cuadro N° 5.2 Estadística de leyes de Au en ppm

Intervalo Inferior	Intervalo Superior	Log (Int. Inferior)	Log (Int. Superior)	Frecuencia Relativa	% Frec. Relativa	Frecuencia Acumulada	% Frec. Acumulada
0.001	2.451	-3.000	0.389	1306	98.94	1320	100.00
2.451	4.901	0.389	0.690	8	0.61	14	1.06
4.901	7.351	0.690	0.866	2	0.15	6	0.45
7.351	9.801	0.866	0.991	2	0.15	4	0.30
9.801	12.251	0.991	1.088	0	0.00	2	0.15
12.251	14.701	1.088	1.167	0	0.00	2	0.15
14.701	17.151	1.167	1.234	1	0.08	2	0.15
17.151	19.601	1.234	1.292	0	0.00	1	0.08
19.601	22.051	1.292	1.343	0	0.00	1	0.08
22.051	24.501	1.343	1.389	0	0.00	1	0.08
24.501	27.000	1.389	1.431	1	0.08	1	0.08

Según los resultados del cuadro 5.2 se obtuvieron 1306 valores de Au entre 0.001 a 2.451 ppm que representan el 98.94% del total y el mayor numero de muestras esta comprendido en este rango, el 1.06% del total de valores son mayores o iguales a 2.451 ppm y mayores al Background (BG) de Au (0.156 ppm).

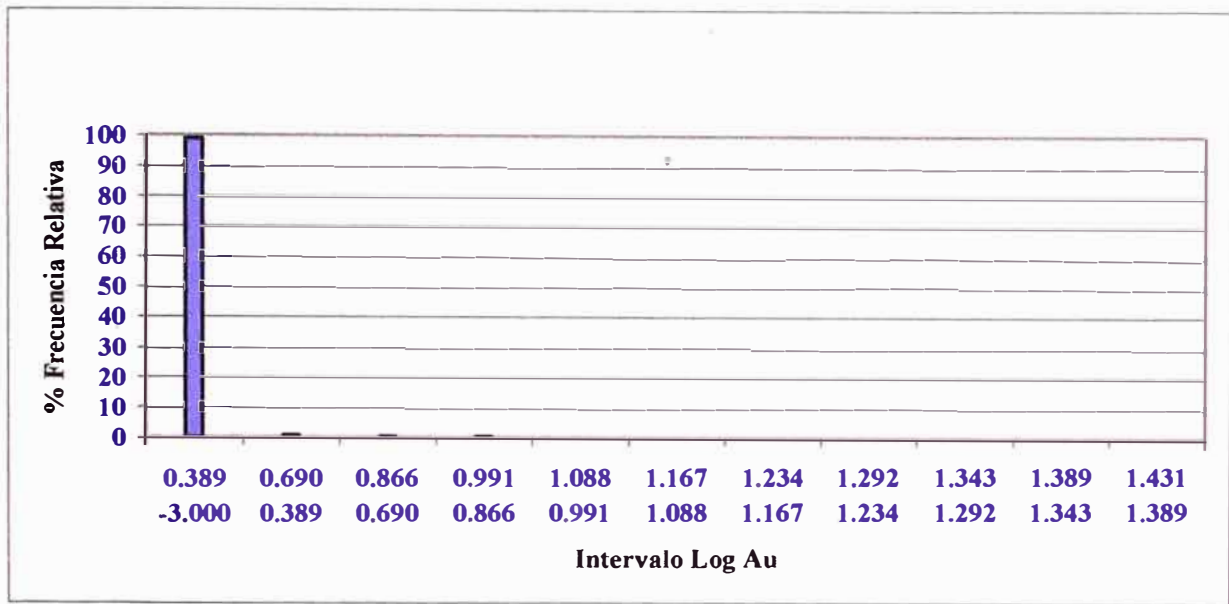


Figura 5.2 % Frecuencia Relativa vs Int. Log Au

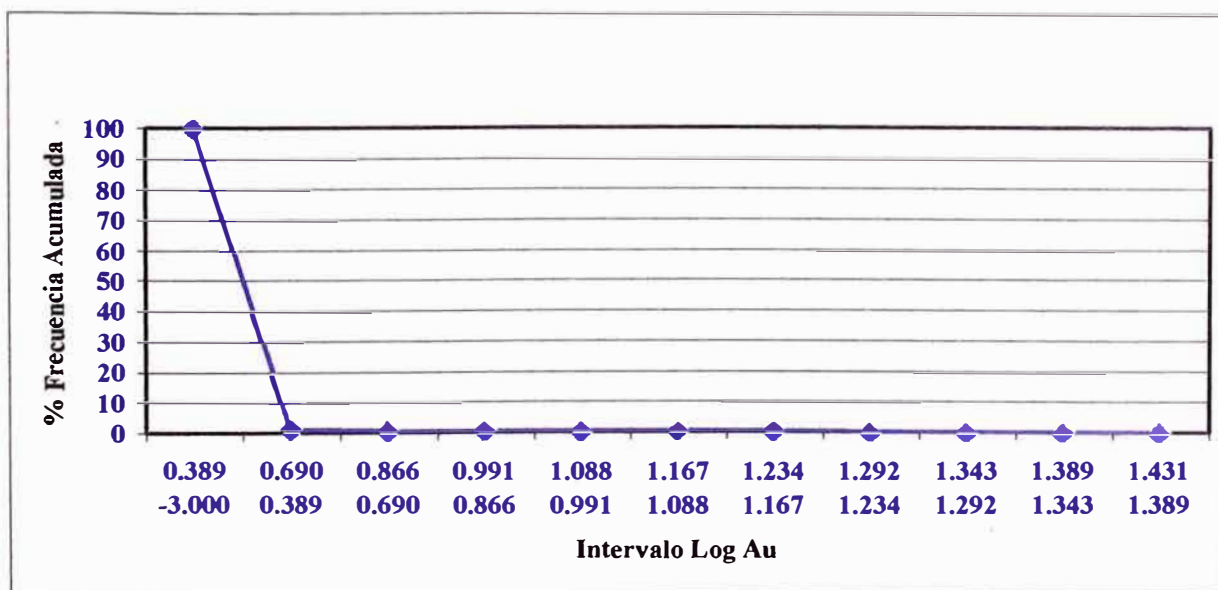


Figura 5.3 % Frecuencia Acumulada vs Int. Log Au

Cuadro 5.3 Estadística de leyes de Ag en ppm

Intervalo Inferior	Intervalo Superior	Log (Int. Inferior)	Log(Int. Superior)	Frecuencia Relativa	% Frec. Relativa	Frecuencia Acumulada	% Frec. Acumulada
0.100	0.260	-1.000	-0.585	1149	87.05	1320	100.00
0.260	0.420	-0.585	-0.377	106	8.03	171	12.95
0.420	0.580	-0.377	-0.237	28	2.12	65	4.92
0.580	0.740	-0.237	-0.131	21	1.59	37	2.80
0.740	0.900	-0.131	-0.046	4	0.30	16	1.21
0.900	1.060	-0.046	0.025	7	0.53	12	0.91
1.060	1.220	0.025	0.086	3	0.23	5	0.38
1.220	1.380	0.086	0.140	1	0.08	2	0.15
1.380	1.540	0.140	0.188	0	0.00	1	0.08
1.540	1.700	0.188	0.230	0	0.00	1	0.08
1.700	1.900	0.230	0.279	1	0.08	1	0.08

Según los resultados del cuadro 5.3 se obtuvieron 1149 valores de Ag entre 0.100 a 0.260 ppm que representan el 87.05% del total y el mayor numero de muestras esta comprendido en este rango, el 12.95% del total de valores son mayores o iguales a 0.260 ppm y mayores al BG de Ag (0.180 ppm).

Cuadro 5.4 Estadística de leyes de Cu en ppm

Intervalo Inferior	Intervalo Superior	Log (Int. Inferior)	Log (Int. Superior)	Frecuencia Relativa	% Frec. Relativa	Frec. Acumulada	% Frec. Acumulada
1	237	0.000	2.375	1310	99.24	1320	100.00
237	473	2.375	2.675	5	0.38	10	0.76
473	709	2.675	2.851	0	0.00	5	0.38
709	945	2.851	2.975	2	0.15	5	0.38
945	1181	2.975	3.072	0	0.00	3	0.23
1181	1417	3.072	3.151	1	0.08	3	0.23
1417	1653	3.151	3.218	1	0.08	2	0.15
1653	1889	3.218	3.276	0	0.00	1	0.08
1889	2125	3.276	3.327	0	0.00	1	0.08
2125	2361	3.327	3.373	0	0.00	1	0.08
2361	2597	3.373	3.414	1	0.08	1	0.08

Según los resultados del cuadro 5.4 se obtuvieron 1310 valores de Cu entre 1 a 237 ppm que representan el 99.24% del total y el mayor numero de muestras esta comprendido en este rango, el 0.76% del total de valores son mayores o iguales a 237 ppm y mayores al BG de Cu (39.434 ppm).

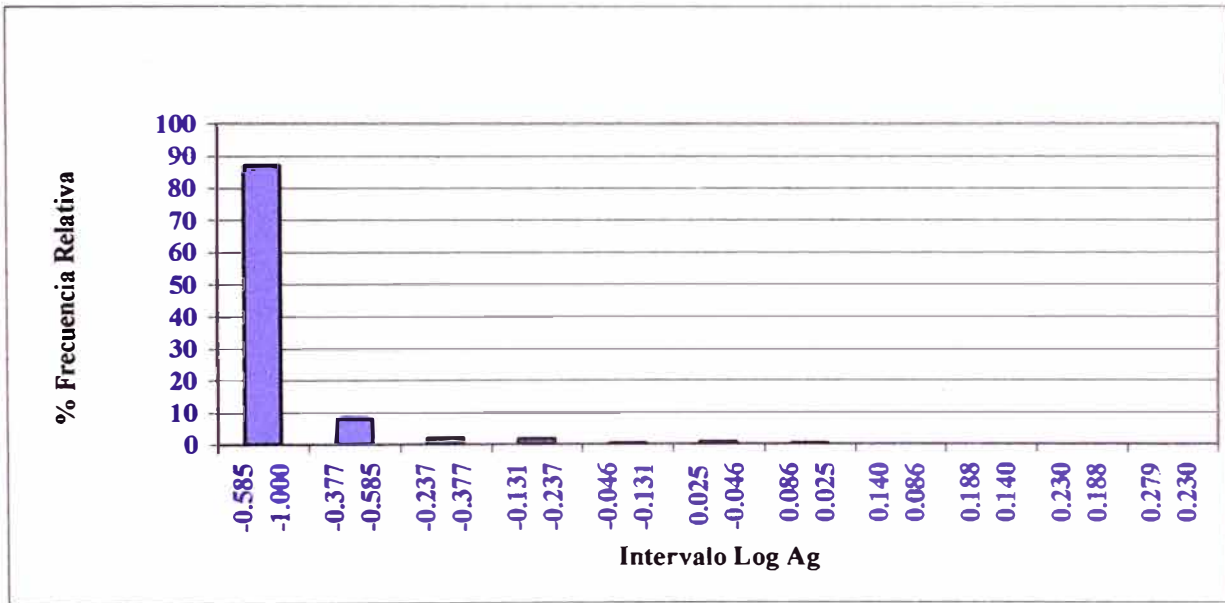


Figura 5.4 % Frecuencia Relativa vs Int. Log Ag

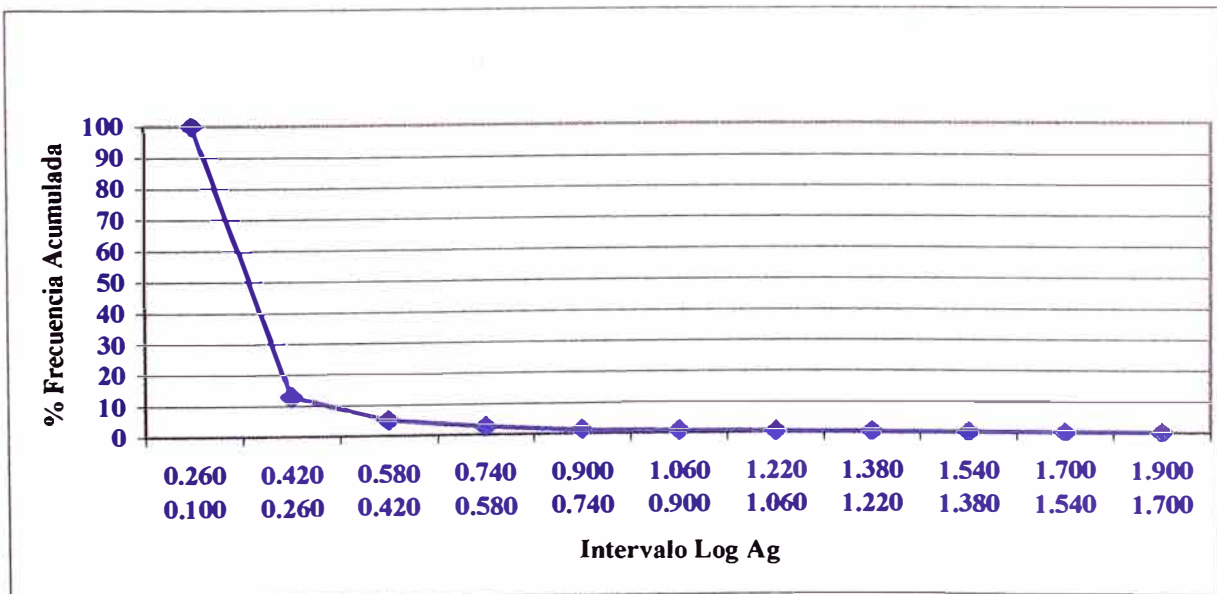


Figura 5.5 % Frecuencia Acumulada vs Int. Log Ag



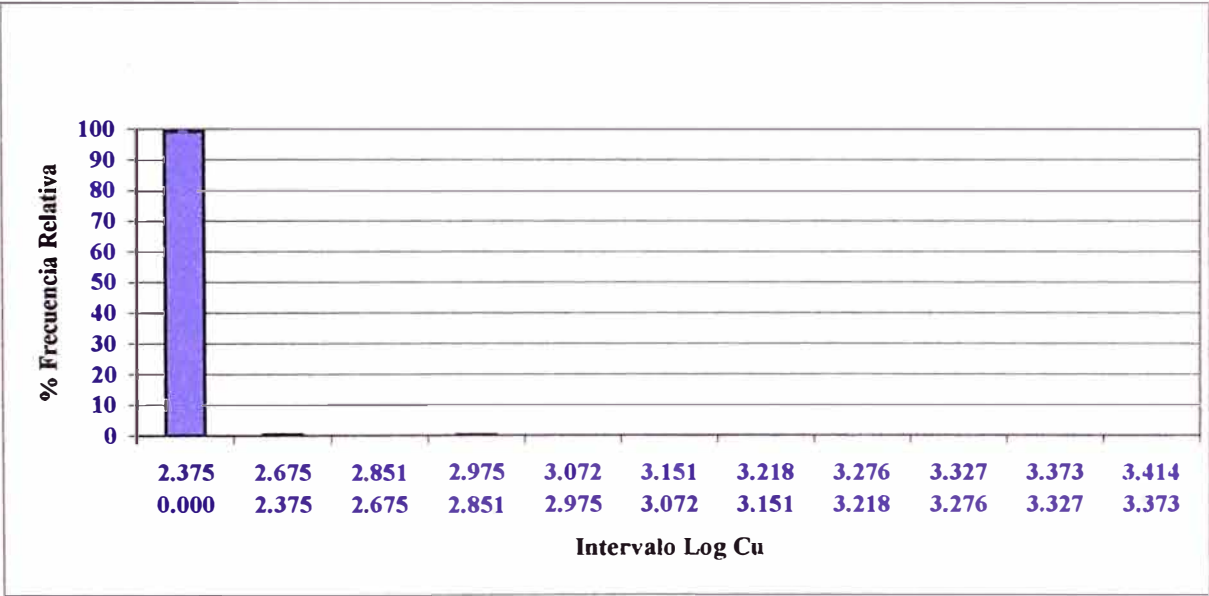


Figura 5.6 % Frecuencia Relativa vs Int. Log Cu

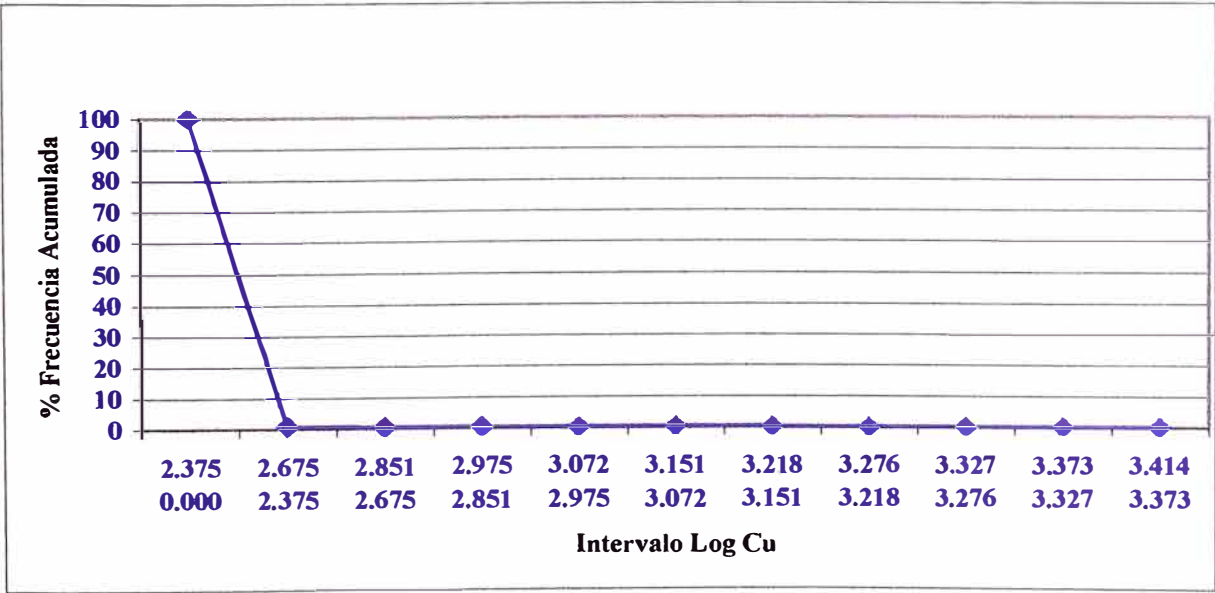


Figura 5.7 % Frecuencia Acumulada vs Int. Log Cu

Cuadro 5.5 Estadística de leyes de Pb en ppm

Intervalo Inferior	Intervalo Superior	Log (Int. Inferior)	Log (Int. Superior)	Frecuencia Relativa	% Frec. Relativa	Frec. Acumulada	% Frec. Acumulada
2.00	103.45	0.301	2.015	1252	94.85	1320	100.00
103.45	204.90	2.015	2.312	50	3.79	68	5.15
204.90	306.35	2.312	2.486	10	0.76	18	1.36
306.35	407.80	2.486	2.610	5	0.38	8	0.61
407.80	509.25	2.610	2.707	1	0.08	3	0.23
509.25	610.70	2.707	2.786	0	0.00	2	0.15
610.70	712.15	2.786	2.853	0	0.00	2	0.15
712.15	813.60	2.853	2.910	0	0.00	2	0.15
813.60	915.05	2.910	2.961	1	0.08	2	0.15
915.05	1016.50	2.961	3.007	0	0.00	1	0.08
1016.50	1118.00	3.007	3.048	1	0.08	1	0.08

Según los resultados del cuadro 5.5 se obtuvieron 1252 valores de Pb entre 2 a 103.45 ppm que representan el 94.85% del total y el mayor numero de muestras esta comprendido en este rango, el 5.15% del total de valores son mayores o iguales a 103.45 ppm y mayores al BG de Pb (25.07 ppm).

Cuadro 5.6 Estadística de leyes de Zn en ppm

Intervalo Inferior	Intervalo Superior	Log (Int. Inferior)	Log (Int. Superior)	Frecuencia Relativa	% Frec. Relativa	Frecuencia Acumulada	% Frec. Acumulada
6	263.64	0.778	2.421	1299	98.41	1320	100.00
263.64	521.28	2.421	2.717	12	0.91	21	1.59
521.28	778.92	2.717	2.891	5	0.38	9	0.68
778.92	1036.56	2.891	3.016	1	0.08	4	0.30
1036.56	1294.2	3.016	3.112	0	0.00	3	0.23
1294.2	1551.84	3.112	3.191	2	0.15	3	0.23
1551.84	1809.48	3.191	3.258	0	0.00	1	0.08
1809.48	2067.12	3.258	3.315	0	0.00	1	0.08
2067.12	2324.76	3.315	3.366	0	0.00	1	0.08
2324.76	2582.4	3.366	3.412	0	0.00	1	0.08
2582.4	2840.04	3.412	3.453	1	0.08	1	0.08

Según los resultados del cuadro 5.6 se obtuvieron 1299 valores de Zn entre 6 a 263.64 ppm que representan el 98.41% del total y el mayor numero de muestras esta comprendido en este rango, el 1.59% del total de valores son mayores o iguales a 263.64 ppm y mayores al BG de Zn (958.15 ppm).

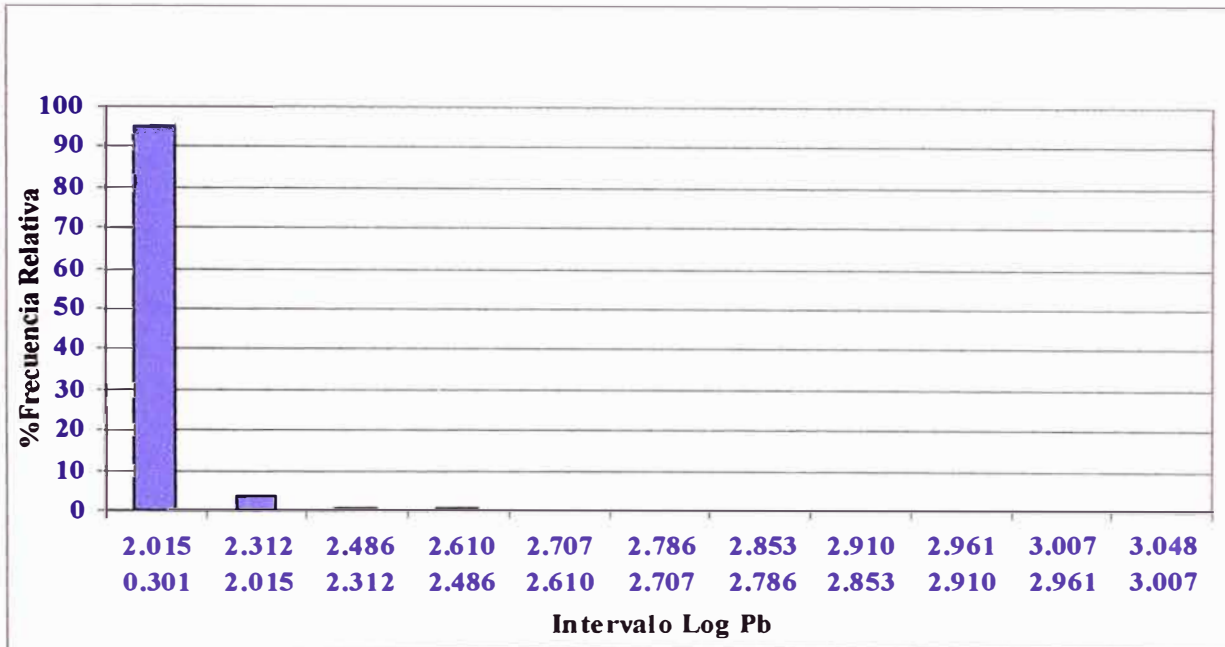


Figura 5.8 % Frecuencia Relativa vs Int. Log Pb

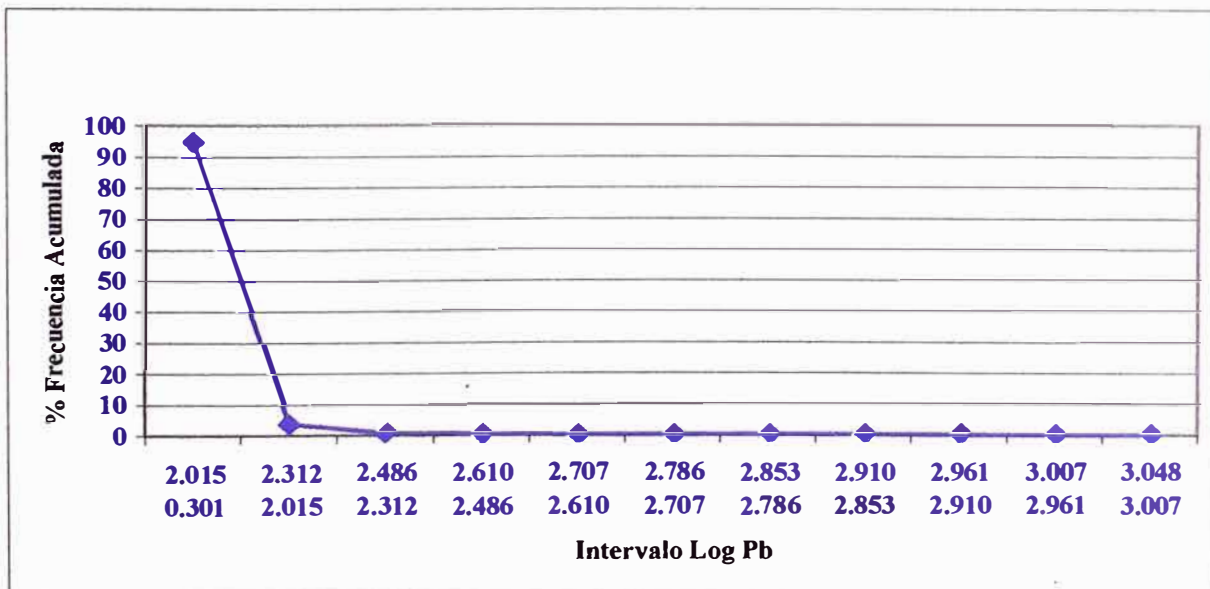


Figura 5.9 % Frecuencia Acumulada vs Int. Log Pb

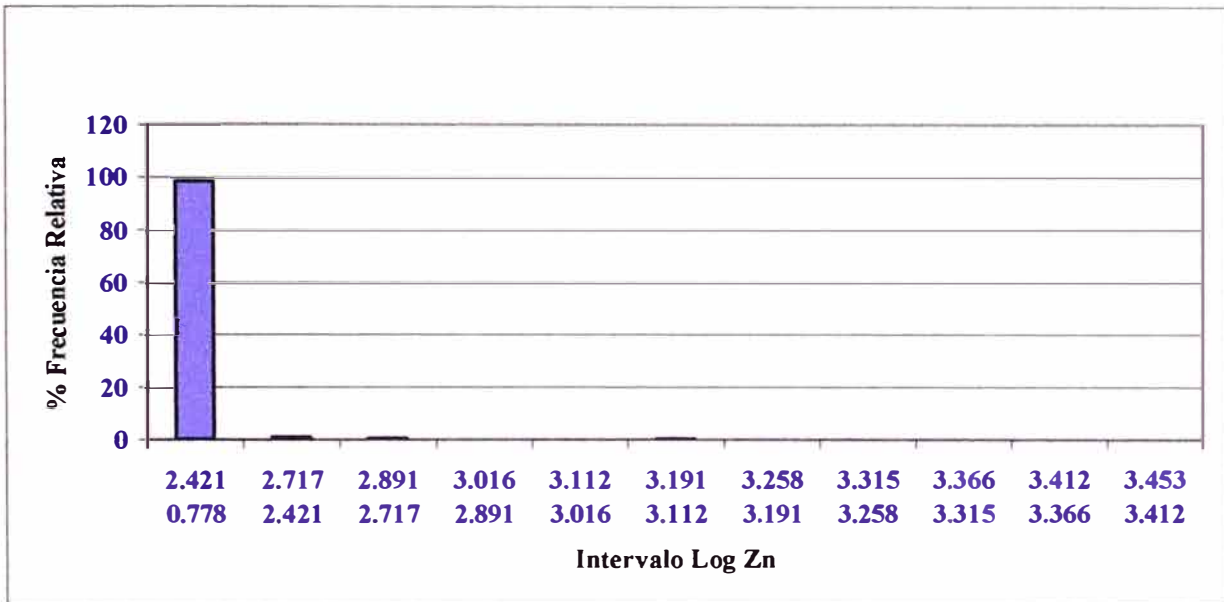


Figura 5.10 % Frecuencia Relativa vs Int. Log Zn

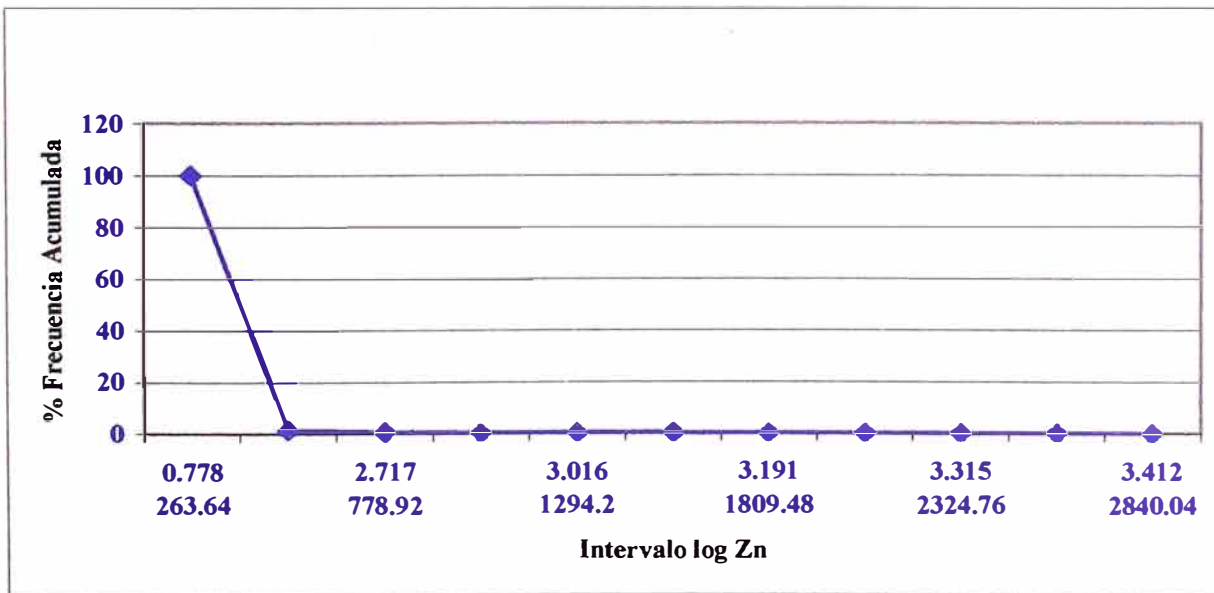


Figura 5.11 % Frecuencia Acumulada vs Int. Log Zn

Cuadro 5.7 Estadística de leyes de As en ppm

Intervalo Inferior	Intervalo Superior	Log (Int. Inferior)	Log (Int. Superior)	Frecuencia Relativa	% Frec Relativa	Frecuencia Acumulada	% Frec. Acumulada
1	910	0.000	2.959	1302	98.64	1320	100.00
910	1819	2.959	3.260	3	0.23	18	1.36
1819	2728	3.260	3.436	4	0.30	15	1.14
2728	3637	3.436	3.561	1	0.08	11	0.83
3637	4546	3.561	3.658	3	0.23	10	0.76
4546	5455	3.658	3.737	0	0.00	7	0.53
5455	6364	3.737	3.804	1	0.08	7	0.53
6364	7273	3.804	3.862	3	0.23	6	0.45
7273	8182	3.862	3.913	0	0.00	3	0.23
8182	9091	3.913	3.959	0	0.00	3	0.23
9091	10000	3.959	4.000	3	0.23	3	0.23

Según los resultados del cuadro 5.7 se obtuvieron 1302 valores de As entre 1 y 910 ppm que representan el 98.64% del total y el mayor número de muestras está comprendido en este rango, el 1.36% del total de valores son mayores o iguales a 910 ppm y mayores al BG de As (109.26 ppm).

### 5.2.2 Coeficiente de correlación, de determinación y covarianzas

La asociación geoquímica entre 2 elementos metálicos está en función del coeficiente de correlación.

De acuerdo con los resultados del cuadro 5.8 existe una buena relación entre el contenido de Cu y Zn en las rocas ( $r=0.68$ ); moderada relación entre el Pb y Zn ( $r=0.30$ ); pobre asociación geoquímica entre el Au - Ag, Au - As, Ag - Cu, Ag - Pb, Ag - As, Cu - Pb y no existe correlación alguna entre Au - Cu, Au - Pb, Au - Zn, Ag - Zn, Cu - As, Pb - As y Zn - As.

Cuadro 5.8 Coeficiente de correlación ( r )

Ag	0.11075				
Cu	0.02108	0.16231			
Pb	0.01636	0.11402	0.12909		
Zn	-0.03228	0.08612	0.68292	0.30657	
As	0.11632	0.10523	0.01288	-0.00885	-0.01495
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn

El 46.63% de variación de Cu en el contenido de las rocas está relacionado con el Zn, el 9.39% de variación de Pb está relacionado con el contenido Zn, el 1.2% de la variación de Au está relacionado con el contenido de Ag, el 0.04% de la variación del contenido de Au está relacionado con la ley de Cu, el 0.02% de la variación de la ley de Au está relacionado con la ley de Pb, el 0.1% de la variación de la ley de Au está relacionado con el contenido de Zn y el 1.3% de la variación de la ley de Au está relacionado con el As.

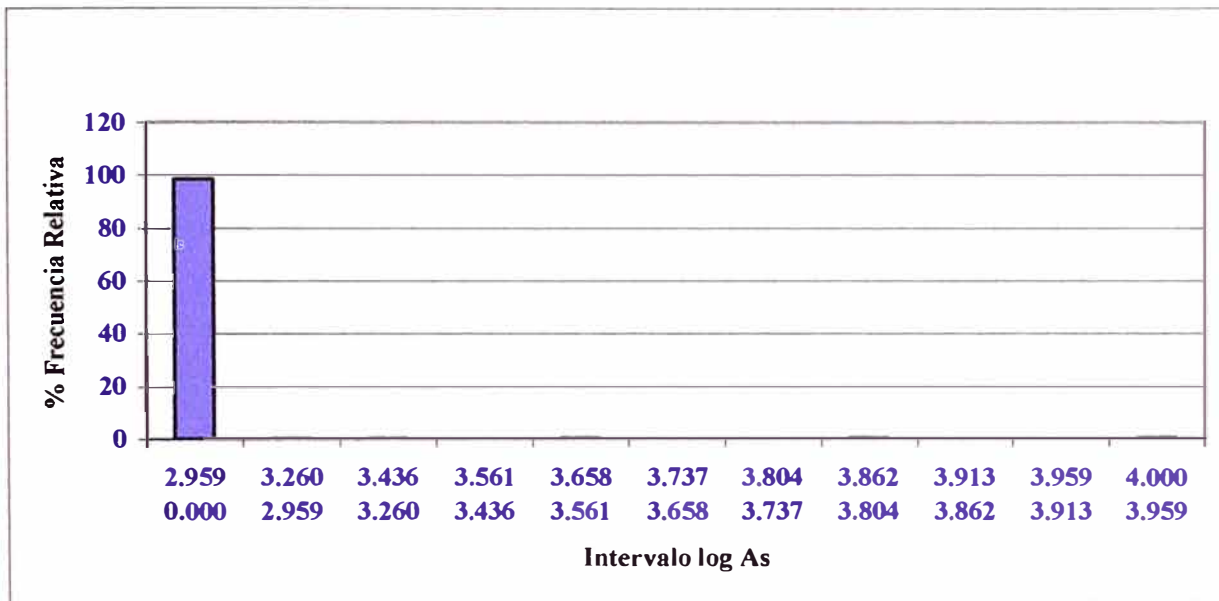


Figura 5.12 % Frecuencia Relativa vs Int. Log As

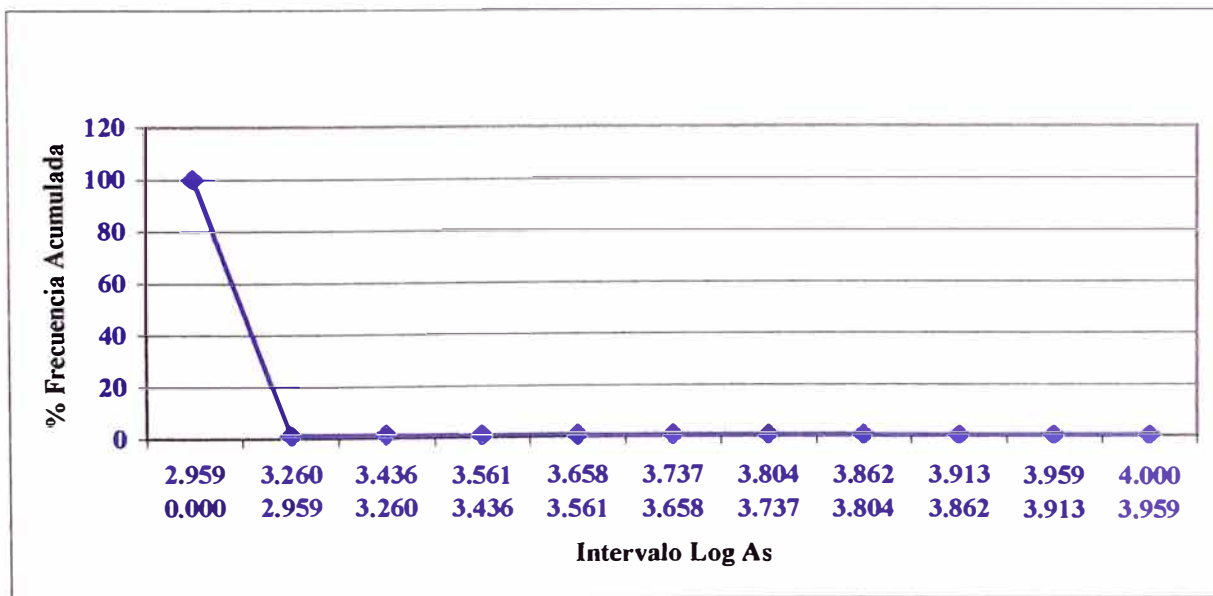


Figura 5.13 % Frecuencia Acumulada vs Int. Log As

**Cuadro 5.9 Coeficiente de determinación (r<sup>2</sup>)**

Ag	0.01227				
Cu	0.00044	0.02635			
Pb	0.00027	0.01300	0.01666		
Zn	0.00104	0.007415	0.46637	0.09398	
As	0.01353	0.011074	0.00006	0.000078	0.00022
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn

Existe afinidad geoquímica entre el Cu - Zn, la dispersión entre estos 2 elementos presenta una dependencia positiva directa, en menor grado entre Pb - Zn; las afinidades geoquímicas entre las demás parejas de elementos (cuadro 5.10) son muy pobres o no existen en consecuencia sus dispersiones no presentan dependencias inversas o no son dependientes.

**Cuadro 5.10 Covarianzas (Co)**

Ag	0.01918				
Cu	2.27595	1.65298			
Pb	-0.93628	0.94531	742.78359		
Zn	-3.88793	1.17544	8281.184	1970.541	
As	76.5396	11.95627	885.81531	-322.5071	-1146.5898
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn

### 5.3 Resultados geoquímicos de las trincheras

Se construyeron 20 trincheras sobre los cuerpos mineralizados Norte y Sur con la finalidad de conocer la naturaleza geológica y geoquímica (plano N° 11). La distribución de las trincheras se determinó de la siguiente manera: 15 en la anomalía Norte con una ley promedio de 1.97 gr/TM de Au (cubren un área de 9 has.) y 5 en la anomalía Sur con 1 gr/TM de Au en promedio (3 has.). Cortando la metaestratificación de las rocas, el muestreo se realizó cada 3 metros y de acuerdo a la longitud de cada trinchera se extrajeron 1040 muestras, la profundidad de las trincheras varía entre 1 a 2 m dependiendo del material coluvial que lo cubre y tienen un ancho promedio de 1 m (fotografía N° 10).

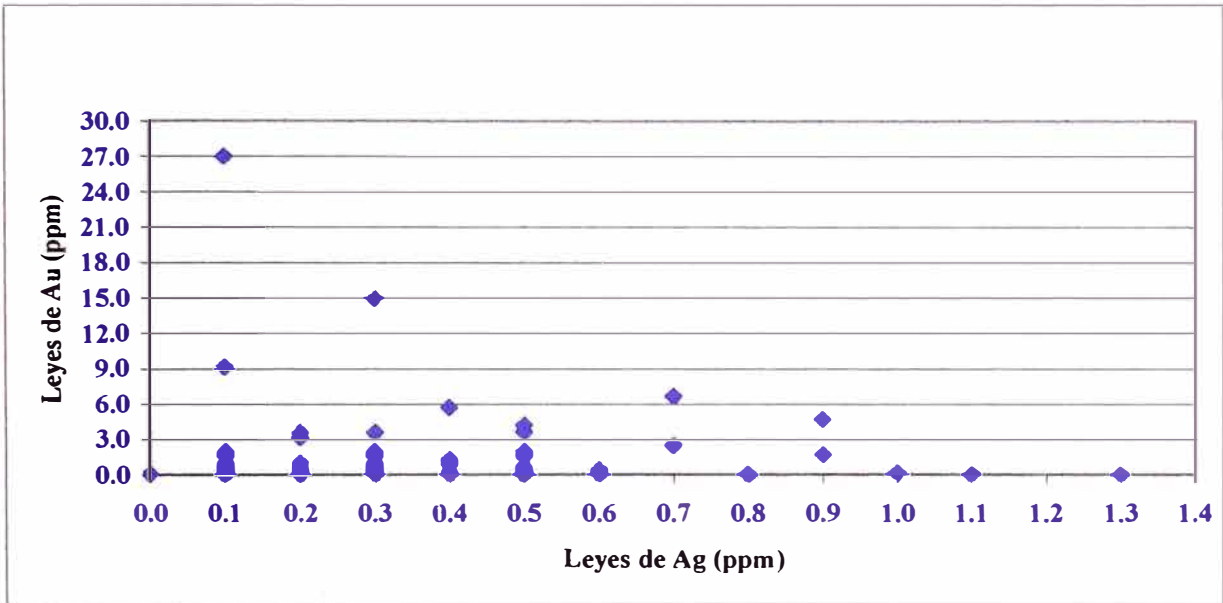


Figura 5.14 Dispersión Au-Ag

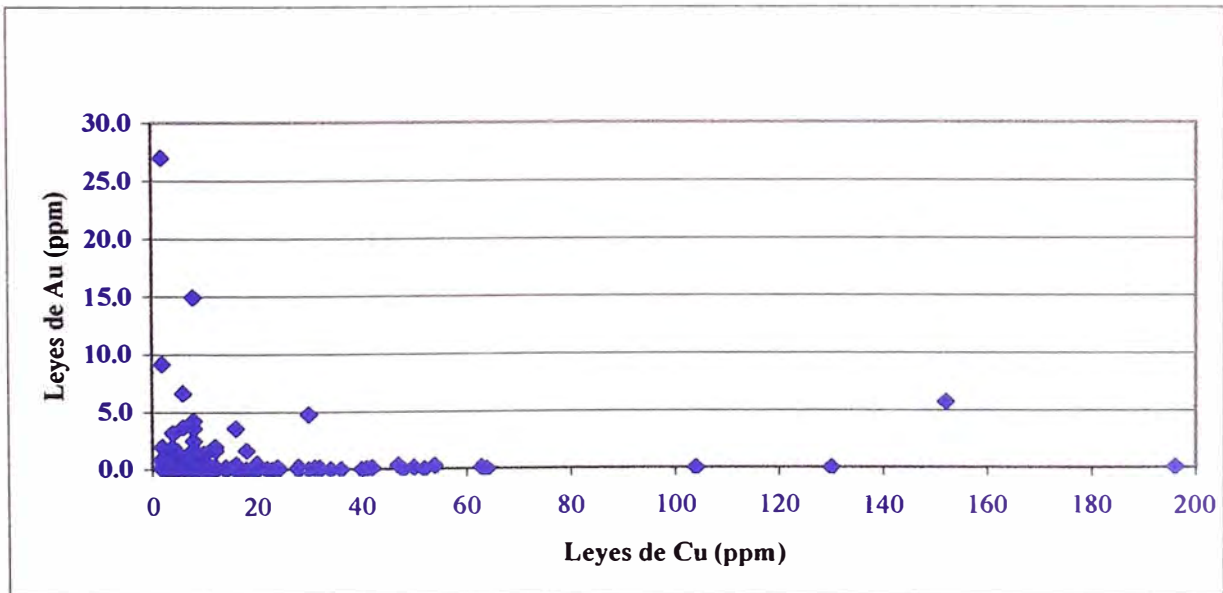


Figura 5.15 Dispersión Au-Cu



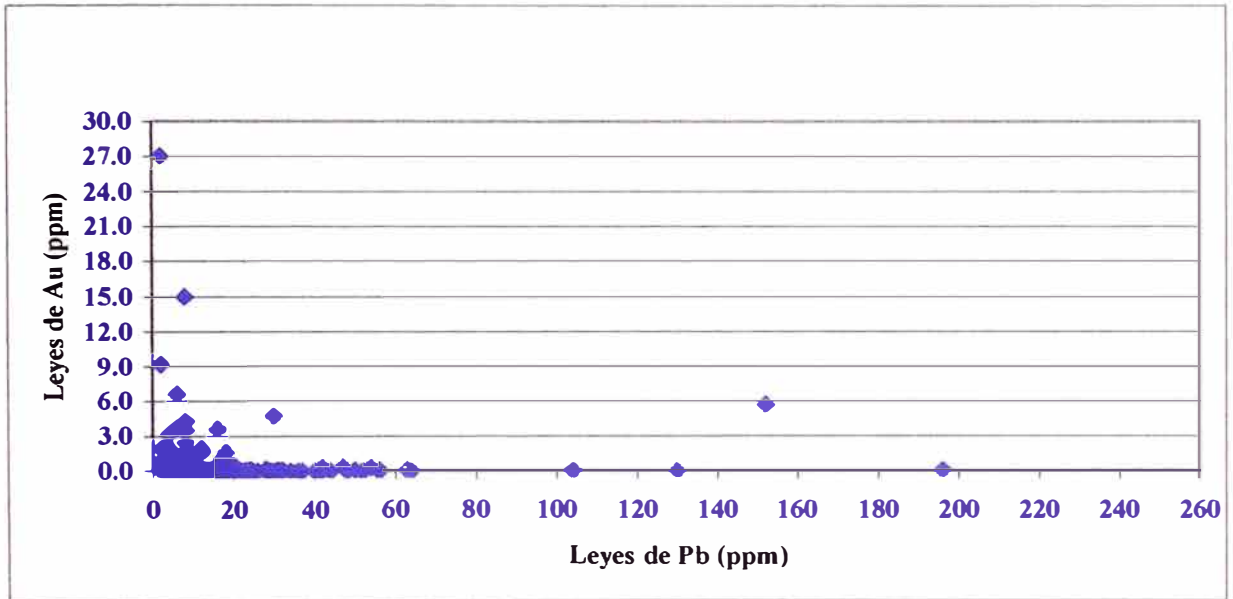


Figura 5.16 Dispersión Au-Pb

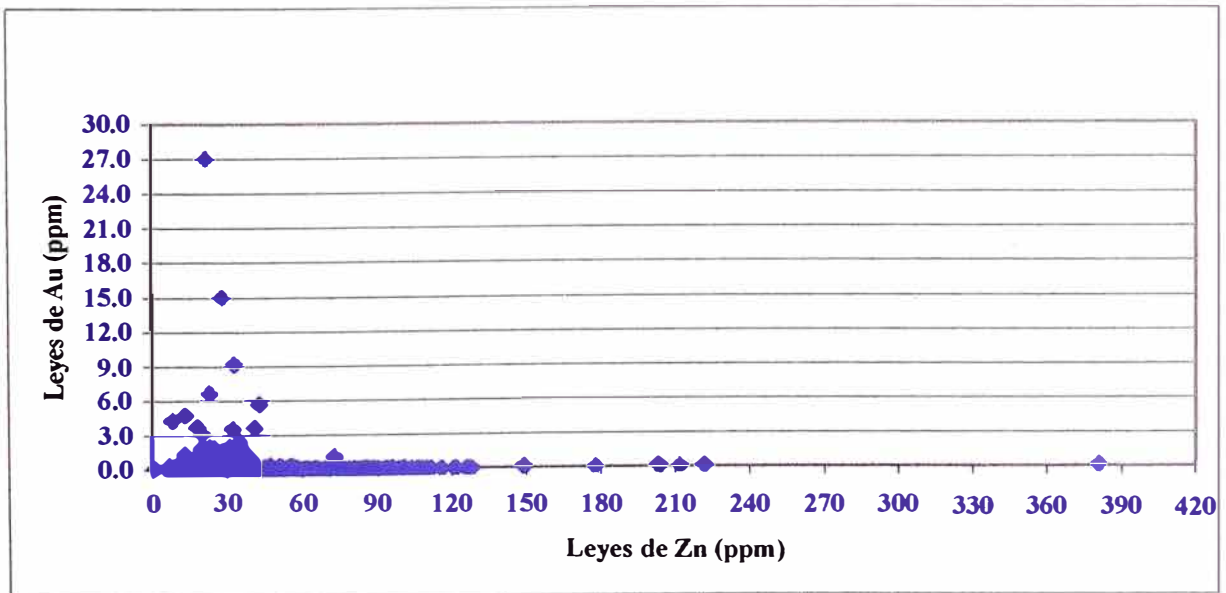


Figura 5.17 Dispersión Au-Zn

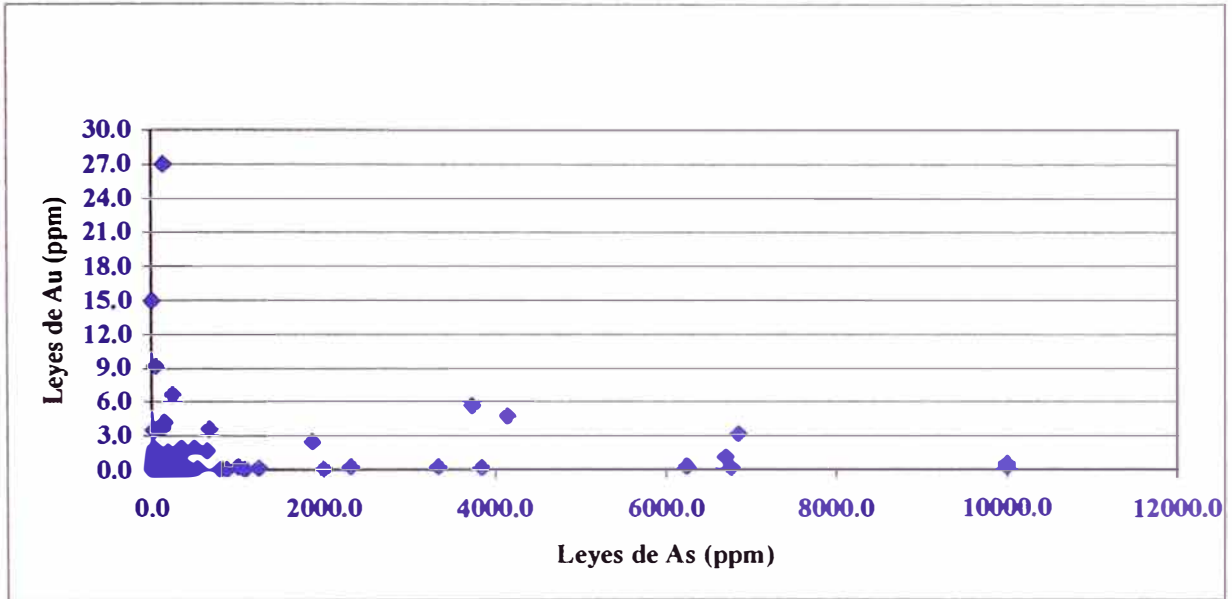


Figura 5.18 Dispersión Au-As

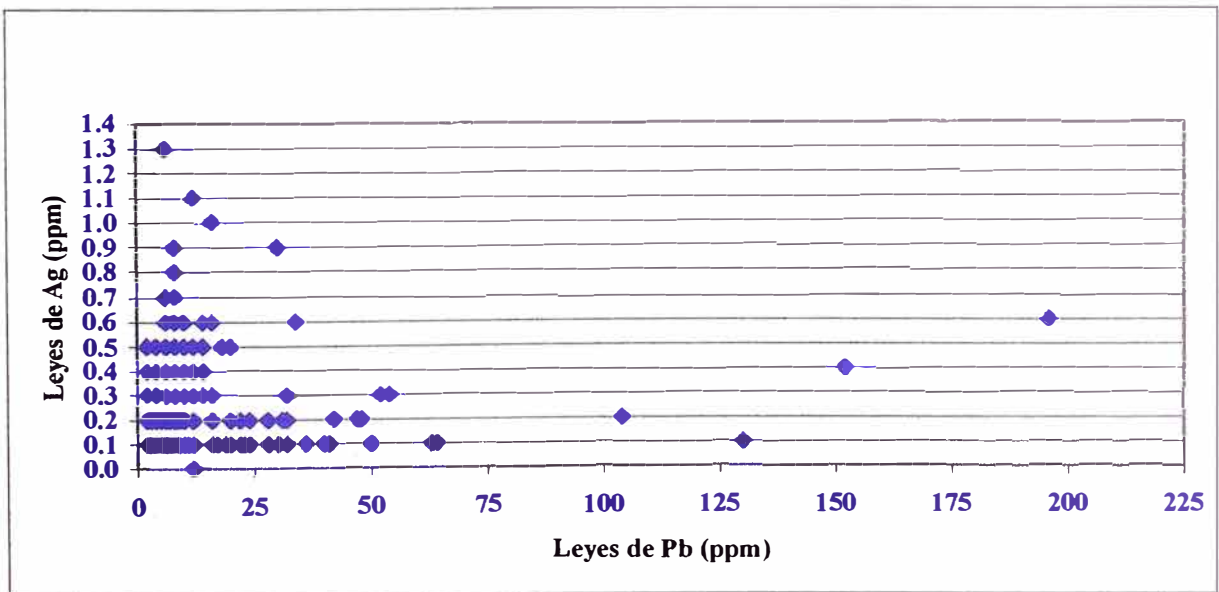


Figura 5.19 Dispersión Ag-Pb

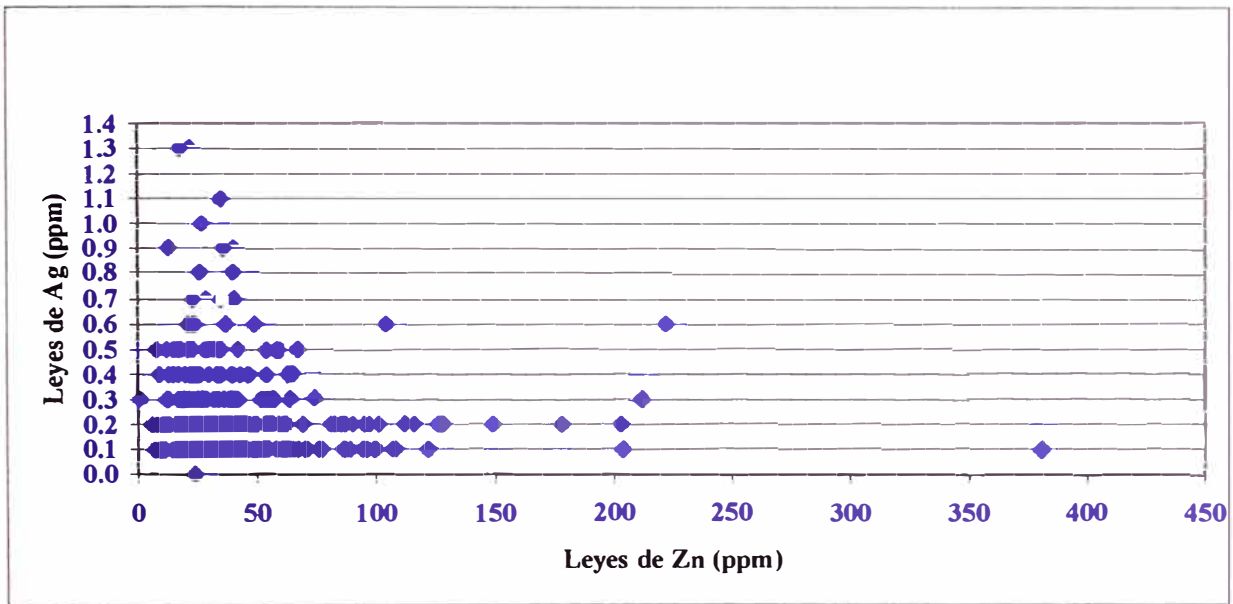


Figura 5.20 Dispersión Ag-Zn

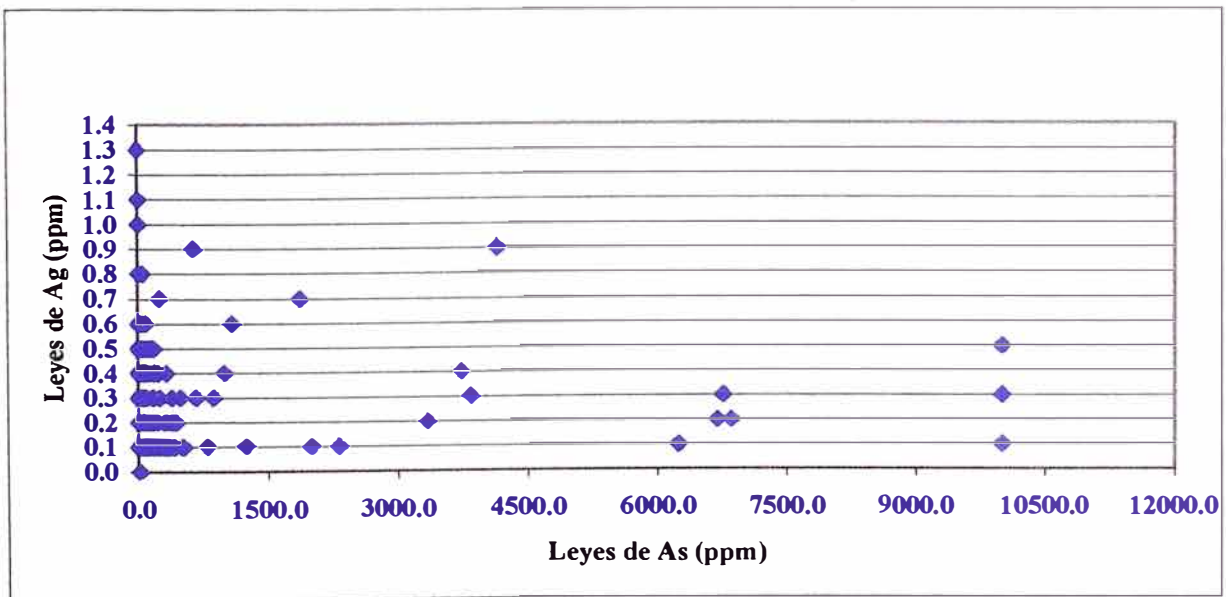


Figura 5.21 Dispersión Ag-As

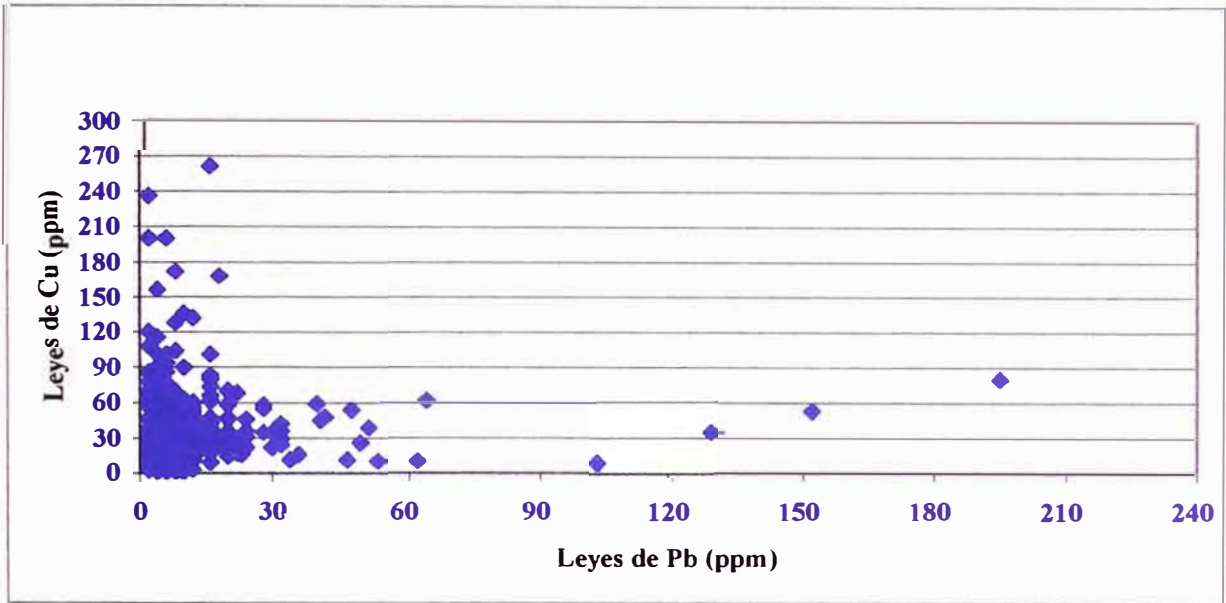


Figura 5.22 Dispersión Cu-Pb

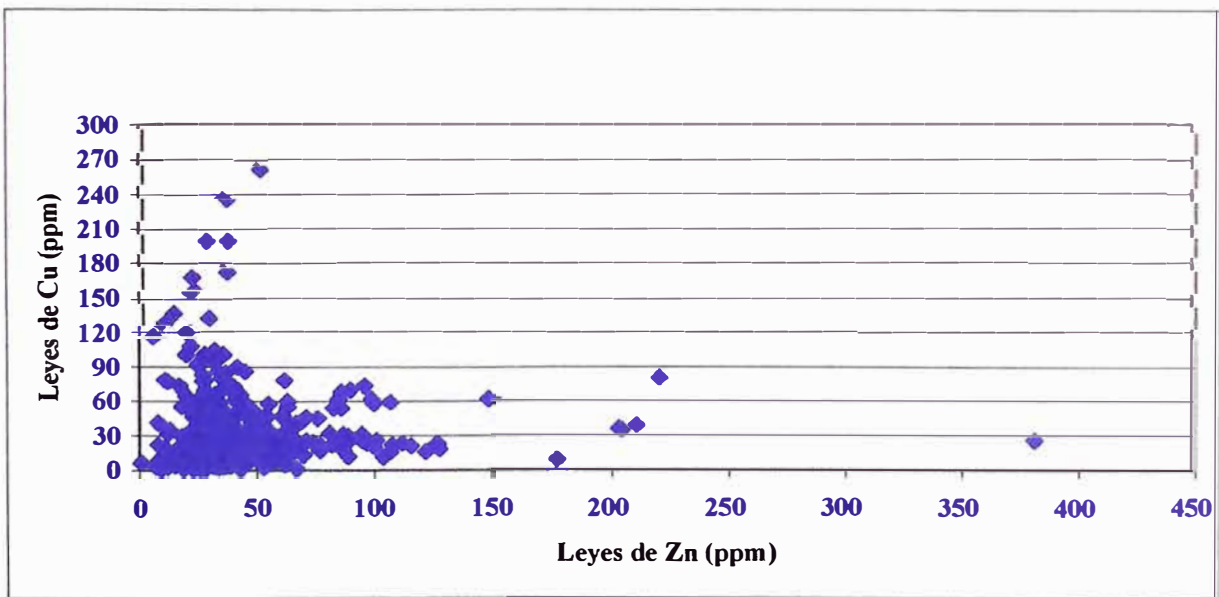


Figura 5.23 Dispersión Cu-Zn

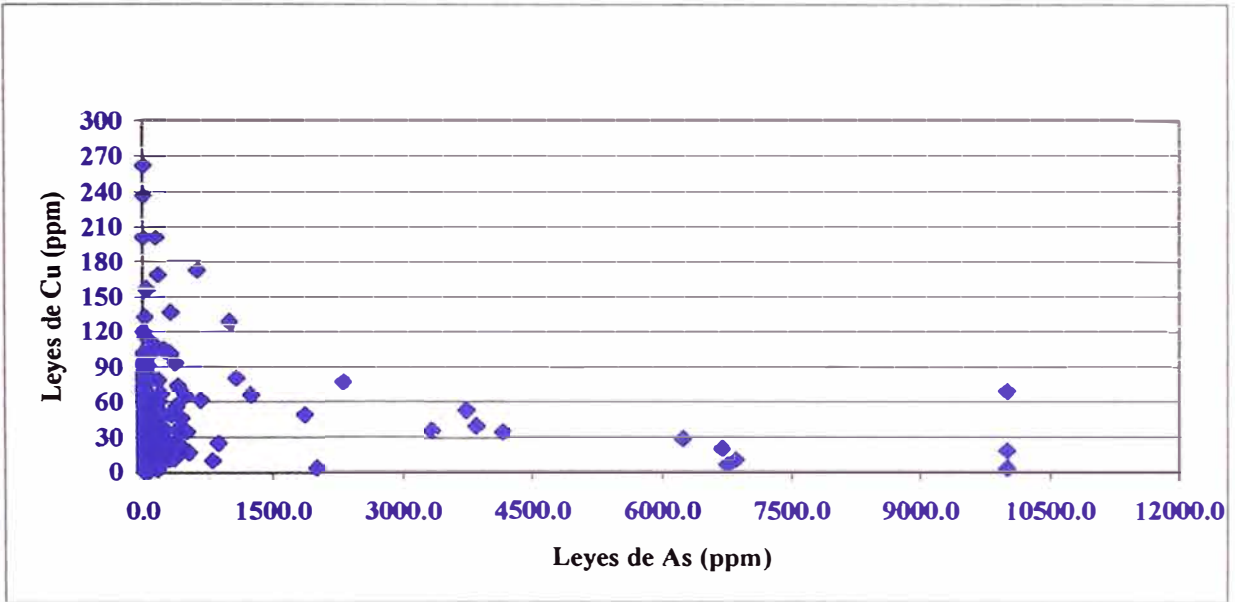


Figura 5.24 Dispersión Cu-As

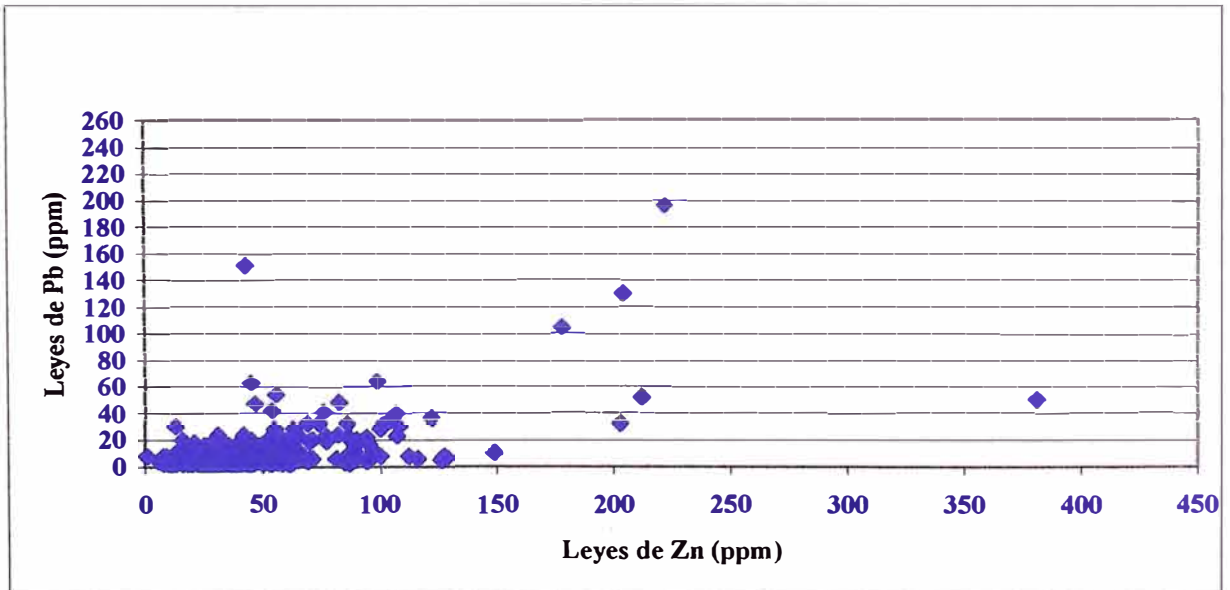


Figura 5.25 Dispersión Pb-Zn

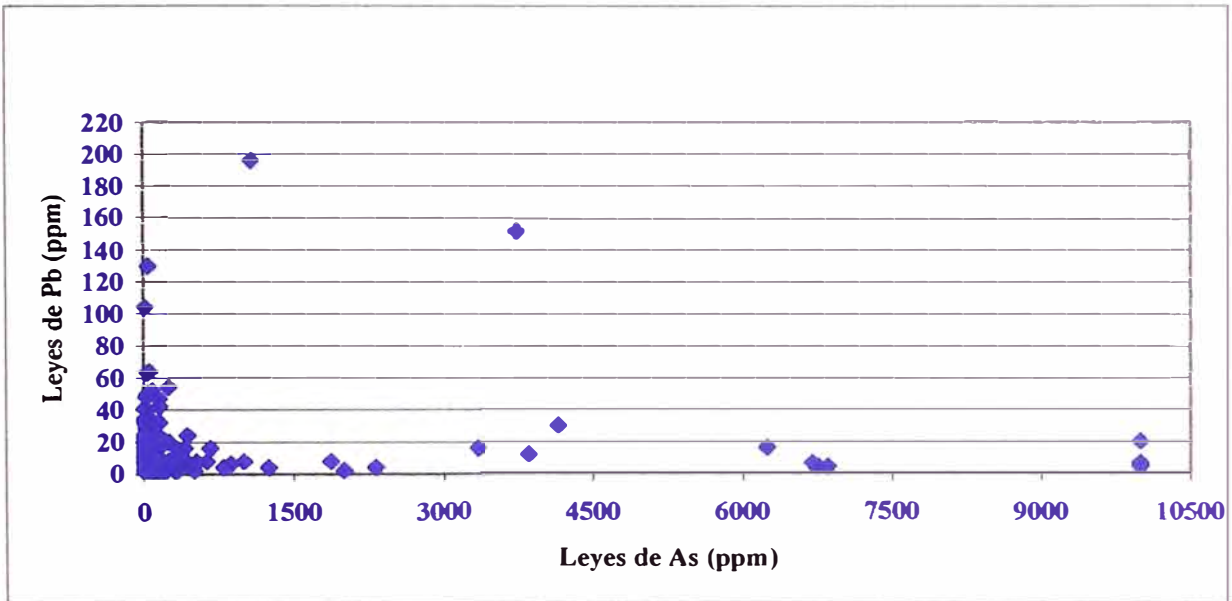


Figura 5.26 Dispersión Pb-As

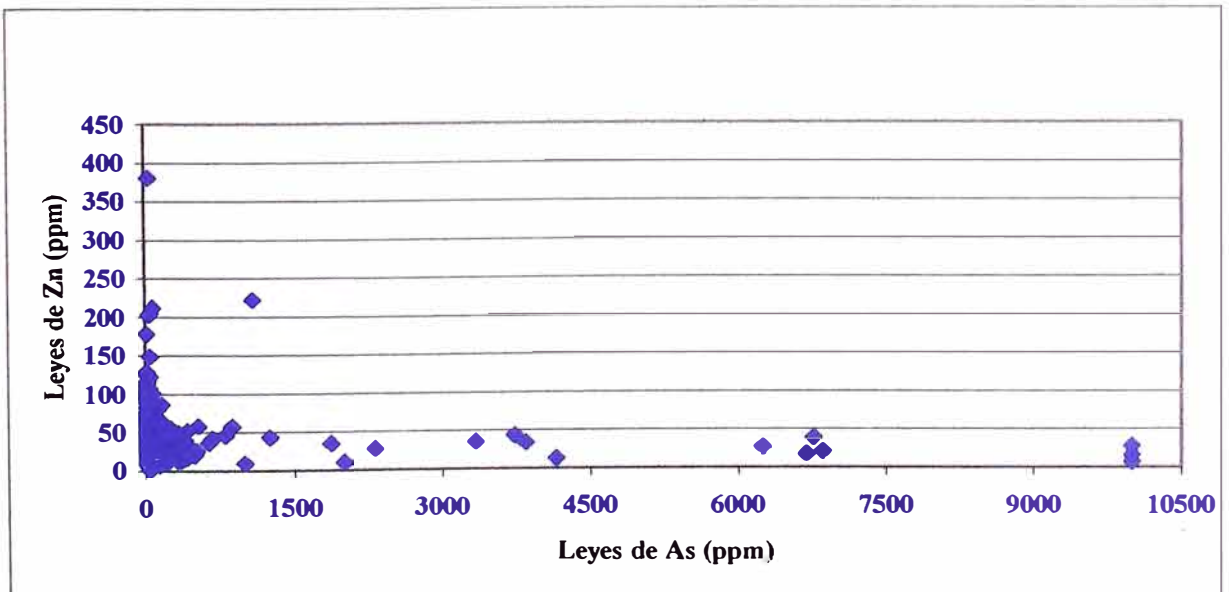


Figura 5.27 Dispersión Zn-As

Cuadro 5.11 Relación de trincheras con leyes ponderadas en gr/TM

Cuerpo	Trincheras	Ley Ponderada gr/TM	Nº de muestras
CM1	T-1	1.15	66
	T-2	0.78	62
	T-3	0.95	62
	T-4	1.78	57
	T-5	0.39	57
	T-6	1.06	50
	T-7	0.88	45
	T-8	4.98	55
	T-9	0.38	51
	T-10	0.83	79
	T-11	6.62	88
	T-12	3.35	75
	T-13	1.03	46
	T-14	2.45	49
	T-15	3.02	34
Ley ponderada total	1.97		
CM2	T-16	1.35	26
	T-17	1.02	25
	T-18	0.52	25
	T-19	0.83	44
	T-20	1.28	44
Ley ponderada total	1.00	Total =1040	

### 5.3 Resultados geoquímicos de las labores mineras antiguas

Los resultados geoquímicos del muestreo por el método de canales en socavones y otras labores antiguas que siguen brechas de falla, planos de foliación y vetas arrojaron valores en ley de Au entre 0.42 y 10 gr/TM. Cabe señalar que los mejores resultados obtenidos en las labores corresponden al de los cuerpos silicificados Norte y Sur, los valores están comprendidos entre 0.5 y 30 gr/TM de Au.

### 5.4 Interpretación geoquímica

La presencia de 2 anomalías geoquímicas de oro importantes de 0.156 gr/TM de 8 has dentro del primer cuerpo y otra de 1.5 has dentro del cuerpo Sur ubicadas en el cerro Icuro y el Th de Au de 2.184 ppm evidencian la existencia de un yacimiento aurífero. Existen 2 anomalías de dimensiones menores de 0.5 has y otra que se encuentra mas al Norte de 0.6 has. De acuerdo con las anomalías geoquímicas de Au, Ag y As (planos N° 5, 6 y 10) existe una pobre asociación o relación geoquímica de distribución entre estos elementos.

Para que los valores de Ag sean anómalos aproximadamente la ley en roca debe ser mayor o igual que 0.06 oz/ TM, el Th de este elemento en el deposito mineral Satata Icuro es de

0.481 ppm por lo que los isovalores de Ag no representan ninguna anomalía geoquímica superficial, según los planos geoquímicos de Ag, Cu, Pb y As existe una pobre asociación geoquímica entre estos elementos.

Para que los valores de Cu sean anómalos la ley en roca debe ser mayor o igual que 0.6% aproximadamente (según datos estadísticos en exploración por este elemento) el Th de Cu es de 247.170 ppm por lo que los isovalores de este elemento no representan ninguna anomalía geoquímica superficial. De acuerdo con los planos geoquímicos de Cu y Zn existe una buena relación de distribución en las rocas entre estos elementos.

Las leyes de Pb en las rocas para que sean anómalos en este tipo de yacimiento deben de ser mayores o iguales a 8%, el Th de Pb es de 135.636 ppm por lo que los isovalores de este elemento no constituyen anomalías geoquímicas superficiales, de acuerdo a los planos geoquímicos de Pb y Zn existe una moderada distribución entre estos dos elementos.

Para que las leyes de Zn en las rocas sean anómalas en este tipo de yacimiento deben de ser mayores o iguales a 7%, el Th de este elemento es de 290.862 ppm por lo que los isovalores de Zn (plano N° 9) no constituyen anomalías geoquímicas superficiales.

Existen 5 anomalías de As que en conjunto tienen 2.2 has con un valor de 1404.130 ppm (plano N° 10)



## **CAPITULO VI. PROSPECCION GEOFISICA: PROGRAMA DE POLARIZACION INDUCIDA**

### **6.1 Introducción**

La polarización inducida es un método de prospección geofísica empleado para detectar cuerpos tabulares y disseminados ubicados relativamente a pocos metros debajo de la superficie (100 a 500m de profundidad) permite delimitar extensiones anómalas, provee información estructural y mineralógica en profundidad, cerca y debajo de la mineralización en superficie.

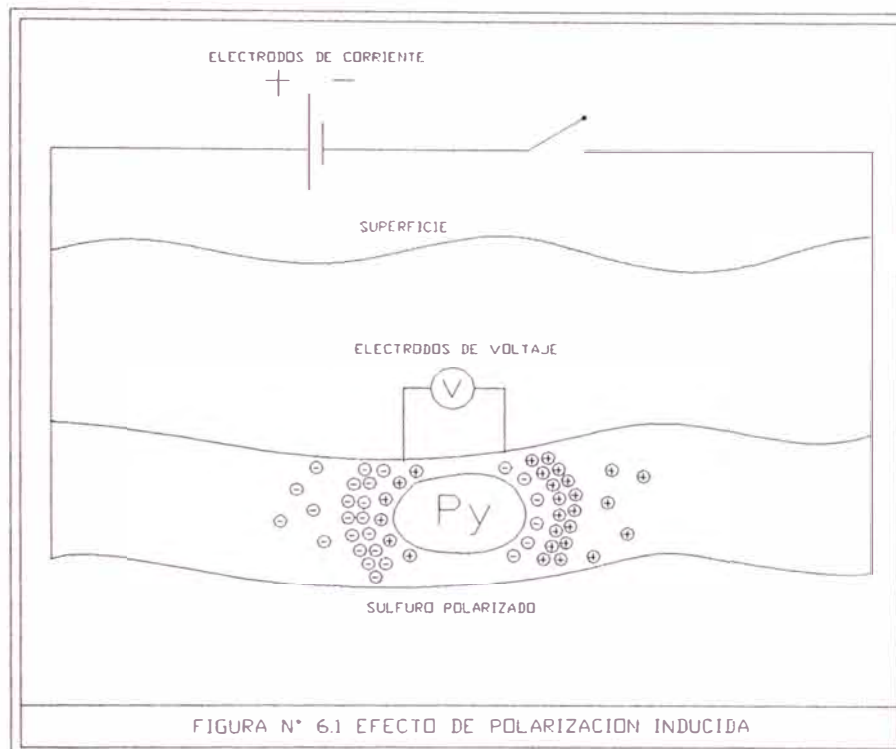
Al aplicarse un campo eléctrico creado en la superficie del terreno por medio de una fuente de energía y 2 electrodos denominado dipolo de corriente (fotografías 11 y 12) el subsuelo queda energizado por un tiempo de mayor duración que el del campo aplicado (15 seg) lo cual significa que las combinaciones de conductores y aislantes naturales en presencia del agua convierten a las rocas en condensadores eléctricos que se van descargando a medida que transcurren los segundos debido a la falta de aislamiento.

La susceptibilidad del terreno para almacenar carga luego de desconectar el campo de energía que la indujo se denomina cargabilidad eléctrica y se puede medir en los 2 electrodos receptores denominado dipolo de potencial (fotografía N° 13), la magnitud de esta medida va depender de la intensidad y del tiempo de aplicación de la energía así como de las propiedades físicas de las rocas (PAROSNIS, 1971).

Los minerales de estas rocas tales como la py (0.1 ohm cm), apy, cpy (0.01 ohm cm), po (0.001 ohm cm), pirolusita (1 ohm cm), oro son considerados como muy buenos conductores y la hemátita (100 ohm cm) como un buen conductor (DOBRIN, 1961); al interrumpirse la corriente de la fuente, las superficies de estos conductores naturales opuestas a los dos electrodos transmisores adquieren polaridades positiva y negativa actuando como elementos de una pila eléctrica (figura N° 6.1), de tal manera que disipan su energía enviando una corriente al suelo que decrece con el tiempo y engendra un potencial medible en superficie por dos electrodos receptores (dipolo de tensión).

La resistividad condiciona a la cantidad de corriente que atraviesa una roca al serle aplicada una determinada diferencia de potencial, altas resistividades y bajas cargabilidades implican zonas no conductoras silicificadas. La resistividad va depender también de la cantidad de grietas de las rocas y de la cantidad de agua contenida en estas aberturas así como de las soluciones disueltas en el agua.

El potencial espontaneo esta en función de la actividad electroquímica de las sustancias disueltas en el agua producidas por los sulfuros, óxidos, oro; concentración de los electrolitos producidos por los minerales que conforman las rocas y el ácido húmico. Este potencial se produce por una diferencia de voltaje en la capacidad de oxidación de las aguas próximas al techo limite entre la zona de oxidación y los sulfuros primarios dentro del cual la conducción eléctrica es del tipo electrónico.



## 6.2 Reticulado geofísico

Para esta campaña de exploración y por tratarse de mineralización diseminada con afloramientos considerables la separación adecuada entre los dipolos en una misma línea es de 100 m, a mayor espaciamiento entre electrodos se obtienen altas conductividades cercanas a la superficie cuantificada por el agua de lluvia, la cual contamina a la cobertura de 1 a 2 m de suelo residual. Se empleó un reticulado de 15 líneas de 2200 m de largo c/u con separaciones de 100 m los que hacen un total de 330 dipolos, con orientaciones N 12° W y con un sistema de coordenadas relativas mN y mE. La ubicación de los puntos de los datos en las líneas geofísicas va depender de la topografía del terreno y de la ubicación de los electrodos receptores.

### 6.2.1 Análisis estadístico e interpretación de datos

Cargabilidades anómalas estarían comprendidas entre 5 y 13.04 msec como se puede observar en la cuadro N° 6.1, el Threshold geofísico promedio es de 6.29 msec, La resistividad promedio del grupo de datos es 6216 ohm cm, la inducción polarizada es de 1% en promedio y un Threshold geofísico de 2.47 %, un potencial de corriente de 379 mv y una intensidad de corriente de 1 amperio, el promedio del P.E. es de - 0.14 mv y el del valor absoluto es de 92.94 mv. En general las altas desviaciones standard son causadas por la presencia anormal de altos valores del conjunto de datos.

Cuadro N° 6.1 Análisis estadístico global para una resistividad < 1000 ohm cm

Análisis Estadístico Global N = 1:6 ( Para una resistividad < 1000 ohm cm)	Cargabilid.	Carg. Abs.	Resistivid.	IP	Voltaje	I	P.E.	P.E. Abs
	Msec	msec	Ohm cm	%	mv	Amper	mv	mv
Media	3.72		5216	1.00	379.00	1.00	0.14	
Valor absoluto de la Media		5.25						92.94
Desviación absoluta	2.57	2.70	7462	1.39	452.59	0.17	92.94	63.90
Desviación standard	7.86	6.94	36244	11.63	864.22	0.24	130.89	92.16
Moda	3.80	3.80	1349	0.00	27.71	0.90	-11.00	9.00
Threshold geofísico	6.29	7.95	13678	2.47	831.38	1.09	92.80	157.00
Análisis Estadístico Global N = 1	Cargabilid.	Carg. Abs.	Resistivid.	IP	Voltaje	I	P.E.	P.E. Abs
Media	4.11		2575	0.03	1216.76	0.93	5.98	
Valor absoluto de la Media		4.19						86.15
Desviación absoluta	1.15	1.13	1368	0.06	628.68	0.17	86.15	62.23
Desviación standard	2.09	1.91	2247	0.17	1049.92	0.24	144.23	115.84
Moda	3.80	3.80	1277	0.00	1008.09	0.90	43.00	10.00
Threshold geofísico	5.26	5.33	3943	0.09	1845.44	1.09	92.12	148.00
Análisis Estadístico Global N = 2	Cargabilid.	Carg. Abs.	Resistivid.	IP	Voltaje	I	P.E.	P.E. Abs
Media	3.87		3225	0.10	387.81	0.93	11.32	
Valor absoluto de la Media		4.44						88.95
Desviación absoluta	1.49	1.44	2470	0.13	301.08	0.17	87.83	58.86
Desviación standard	3.35	2.56	6523	0.32	800.58	0.24	117.11	77.01
Moda	3.80	3.80	1349	0.00	253.50	0.90	-74.00	46.00
Threshold geofísico	5.36	5.88	5695	0.23	688.90	1.09	99.14	148.00
Análisis Estadístico Global N = 3	Cargabilid.	Carg. Abs.	Resistivid.	IP	Voltaje	I	P.E.	P.E. Abs
Media	4.13		4684	0.39	223.63	0.93	-37.79	
Valor absoluto de la Media		4.57						97.61
Desviación absoluta	1.77	1.69	4688	0.36	225.93	0.17	91.94	65.29
Desviación standard	4.41	3.96	15115	1.23	715.94	0.24	123.06	83.93
Moda	3.80	3.80	929	0.10	77.20	0.90	-66.00	18.00
Threshold geofísico	5.90	6.26	9372	0.80	449.56	1.09	54.16	163.00
Análisis Estadístico Global N = 4	Cargabilid.	Carg. Abs.	Resistivid.	IP	Voltaje	I	P.E.	P.E. Abs
Media	3.82		6044	0.76	145.87	0.92	26.76	
Valor absoluto de la Media		5.23						95.70
Desviación absoluta	2.60	2.69	7042	0.63	171.29	0.17	94.40	62.89
Desviación standard	6.40	5.31	21475	1.87	521.38	0.24	121.33	79.24
Moda	3.40	3.40	700	0.20	24.10	0.90	-46.00	41.00
Threshold geofísico	6.42	7.92	13087	1.40	316.26	1.09	121.16	159.00
Análisis Estadístico Global N = 5	Cargabilid.	Carg. Abs.	Resistivid.	IP	Voltaje	I	P.E.	P.E. Abs
Media	3.70		10580	2.14	150.22	0.92	15.61	
Valor absoluto de la Media		6.18						91.34
Desviación absoluta	3.75	4.02	15409	2.52	222.87	0.17	90.67	60.22
Desviación standard	9.47	8.08	52553	14.10	772.05	0.24	122.28	82.79
Moda	3.30	3.30	2145	0.40	15.40	0.90	9.00	81.00
Threshold geofísico	7.45	10.20	25917	4.70	373.09	1.09	106.28	152.00
Análisis Estadístico Global N = 6	Cargabilid.	Carg. Abs.	Resistivid.	IP	Voltaje	I	P.E.	P.E. Abs
Media	2.57		11015	3.33	97.96	0.91	-23.12	

Valor absoluto de la Media		7.11						98.43
Desviación absoluta	5.31	5.93	16285	4.02	146.33	0.16	98.35	74.32
Desviación standard	14.85	13.29	68762	25.60	631.31	0.23	143.46	106.90
Moda	3.50	3.50	1588	0.30	16.31	0.90	-13.00	13.00
Threshold geofísico	7.88	13.04	27300	7.35	244.29	1.07	75.23	173.00

Se estaría ejecutando un análisis para ver los efectos que causan las altas resistividades sobre el conjunto de datos. De acuerdo con los cuadros N° 6.2, 6.3, y 6.4 basándose en resistividades <100,000 ohm cm <50,000 ohm cm y <10,000 ohm cm las estadísticas de cargabilidades, resistividades, intensidad de corriente, potencial espontaneo indican que los valores no son significativamente diferentes en todos los rangos y en todos los niveles de N; el intercambio que ocurre se presenta en el promedio del voltaje vs N diferenciándose también del grupo completo de promedios del cuadro N° 6.1 que tiene valores mas altos donde el conjunto de datos se ha obtenido basándose en resistividades menores a 1,000 ohm cm.

Cuadro N° 6.2 Análisis estadístico global para una resistividad < 100,000 ohm cm

<b>Análisis Estadístico Global N = 1:6</b> (Para una resistividad < 100000 ohm cm)	<b>Cargabilid.</b> <b>msec</b>	<b>Carg. Abs.</b> <b>msec</b>	<b>Resistivid.</b> <b>Ohm cm</b>	<b>IP</b> <b>%</b>	<b>Voltaje</b> <b>mv</b>	<b>I</b> <b>Amper</b>	<b>P.E.</b> <b>mv</b>	<b>P.E. Abs</b> <b>mv</b>
Media	3.70		3171.00		333.80	0.92	-1.13	
Valor absoluto de la Media		5.24						92.08
Desviación absoluta	2.57	2.71					92.08	63.21
Desviación standard	7.90	6.97					129.72	91.37
Moda	3.80	3.80					-11.00	9.00
Threshold geofísico	6.27	7.95					90.95	155.00
<b>Análisis Estadístico Global N = 1</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	4.11		2575.26		1216.80	0.93	5.98	
Valor absoluto de la Media		4.19						86.15
Desviación absoluta	1.15	1.13					86.15	62.23
Desviación standard	2.09	1.91					144.23	115.84
Moda	3.80	3.80					43.00	10.00
Threshold geofísico	5.26	5.33					92.12	148.38
<b>Análisis Estadístico Global N = 2</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.87		3224.96		387.80	0.93	11.32	
Valor absoluto de la Media		4.44						88.95
Desviación absoluta	1.49	1.44					87.83	58.86
Desviación standard	3.35	2.56					117.11	77.01
Moda	3.80	3.80					-74.00	46.00
Threshold geofísico	5.36	5.88					99.14	147.81
<b>Análisis Estadístico Global N = 3</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	4.11		3668.07		175.10	0.93	-37.96	
Valor absoluto de la Media		4.55						95.27
Desviación absoluta	1.76	1.68					92.15	62.77
Desviación standard	4.42	3.96					123.33	78.89
Moda	3.80	3.80					-66.00	41.00
Threshold geofísico	5.87	6.23					54.19	158.05

<b>Análisis Estadístico Global N = 4</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.80		3651.42		173.30	0.93	25.13	
Valor absoluto de la Media		5.24						95.27
Desviación absoluta	2.59	2.70					94.30	62.77
Desviación standard	6.45	5.35					121.12	78.89
Moda	3.40	3.40					-46.00	41.00
Threshold geofísico	6.39	7.94					119.42	158.05
<b>Análisis Estadístico Global N = 5</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.66		2862.50		39.90	0.92	13.13	
Valor absoluto de la Media		6.20						87.50
Desviación absoluta	3.78	4.10					87.00	56.86
Desviación standard	9.58	8.16					116.94	78.69
Moda	3.30	3.30					9.00	81.00
Threshold geofísico	7.44	10.30					100.13	144.36
<b>Análisis Estadístico Global N = 6</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	2.52		3431.72		29.80	0.91	-24.67	
Valor absoluto de la Media		7.14						97.05
Desviación absoluta	5.37	6.01					97.14	73.22
Desviación standard	14.97	13.40					141.27	105.58
Moda	3.50	3.50					-13.00	13.00
Threshold geofísico	7.90	13.15					72.47	170.27

Cuadro N° 6.3 Análisis estadístico global para una resistividad < 50,000 ohm cm

	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
<b>Análisis Estadístico Global N = 1:6</b>								
(Para una resistividad < 50000 ohm cm)	<b>msec</b>	<b>msec</b>	<b>Ohm cm</b>	<b>%</b>	<b>mv</b>	<b>Amper</b>	<b>mv</b>	<b>mv</b>
Media	3.69		2961.00		322.00	0.92	-150.00	
Valor absoluto de la Media		5.24						91.57
Desviación absoluta	2.57	2.70					91.66	62.81
Desviación standard	7.91	6.98					129.09	90.90
Moda	3.80	3.80					-11.00	9.00
Threshold geofísico	6.25	7.94					90.17	154.00
<b>Análisis Estadístico Global N = 1</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	4.11		2575.26		1216.80	0.93	5.98	
Valor absoluto de la Media		4.19						86.15
Desviación absoluta	1.15	1.13					86.15	62.23
Desviación standard	2.09	1.91					117.30	115.84
Moda	3.80	3.80					-74.00	10.00
Threshold geofísico	5.26	5.33					99.10	148.38
<b>Análisis Estadístico Global N = 2</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.85		2901.21		349.20	0.93	11.11	
Valor absoluto de la Media		4.42						89.06
Desviación absoluta	1.48	1.42					87.98	59.01
Desviación standard	3.35	2.55					117.30	77.14
Moda	3.80	3.80					-74.00	46.00

Threshold geofísico	5.33	5.33					99.10	148.07
<b>Análisis Estadístico Global N = 3</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	4.07		3125.78		150.60	0.93	-39.07	
Valor absoluto de la Media		4.52						96.21
Desviación absoluta	1.73	1.65					90.32	63.76
Desviación standard	4.42	3.97					119.93	81.57
Moda	3.80	3.80					-66.00	18.00
Threshold geofísico	5.81	6.17					51.25	159.97
<b>Análisis Estadístico Global N = 4</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.78		3108.95		148.70	0.93	24.05	
Valor absoluto de la Media		5.22						94.49
Desviación absoluta	2.59	2.69					93.58	62.07
Desviación standard	6.46	5.36					120.23	78.13
Moda	3.40	3.40					-46.00	41.00
Threshold geofísico	6.37	7.92					117.62	156.56
<b>Análisis Estadístico Global N = 5</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.66		2862.50		39.90	0.92	13.13	
Valor absoluto de la Media		6.20						87.50
Desviación absoluta	3.78	4.10					87.00	56.86
Desviación standard	9.58	8.16					116.94	78.69
Moda	3.30	3.30					9.00	81.00
Threshold geofísico	7.44	10.30					100.13	144.36
<b>Análisis Estadístico Global N = 6</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	2.52		3431.72		2908.00	0.91	-24.67	
Valor absoluto de la Media		7.14						97.05
Desviación absoluta	5.37	6.01					97.14	73.22
Desviación standard	14.97	13.40					141.27	105.58
Moda	3.50	3.50					-13.00	13.00
Threshold geofísico	7.90	13.15					72.47	170.27

Cuadro N° 6.4 Análisis estadístico global para una resistividad < 10,000 ohm cm

<b>Análisis Estadístico Global N = 1:6</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
(Para una resistividad < 10000 ohm cm)	msec	msec	Ohm cm	%	mv	Amper	mv	mv
Media	3.81		2408.00		284.70	0.92	-3.48	
Valor absoluto de la Media		5.20						90.06
Desviación absoluta	2.55	2.69					90.05	61.37
Desviación standard	7.99	7.06					122.05	82.73
Moda	3.80	3.80					-11.00	9.00
Threshold geofísico	6.17	7.89					86.57	151.00
<b>Análisis Estadístico Global N = 1</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	4.00		2361.35		1118.00	0.93	2.62	
Valor absoluto de la Media		4.09						81.36
Desviación absoluta	1.04	1.02					81.33	56.32
Desviación standard	1.85	1.66					109.88	73.90
Moda	3.80	3.80					43.00	10.00
Threshold geofísico	5.04	5.11					83.95	137.68

<b>Análisis Estadístico Global N = 2</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.75		2349.26		279.50	0.93	8.30	
Valor absoluto de la Media		4.33						87.47
Desviación absoluta	1.42	1.35					86.67	58.31
Desviación standard	3.32	2.50					116.03	76.69
Moda	3.80	3.80					-74.00	46.00
Threshold geofísico	5.17	5.68					94.97	145.78
<b>Análisis Estadístico Global N = 3</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.98		2447.94		118.80	0.93	-40.94	
Valor absoluto de la Media		4.44						95.56
Desviación absoluta	1.69	1.60					88.94	63.32
Desviación standard	4.47	4.01					118.75	81.51
Moda	3.80	3.80					-66.00	18.00
Threshold geofísico	5.66	6.04					48.01	158.88
<b>Análisis Estadístico Global N = 4</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.74		2431.44		116.90	0.93	22.82	
Valor absoluto de la Media		5.23						93.46
Desviación absoluta	2.62	2.74					92.92	61.76
Desviación standard	6.55	5.44					119.55	77.96
Moda	3.40	3.40					-46.00	41.00
Threshold geofísico	6.35	7.97					115.74	155.22
<b>Análisis Estadístico Global N = 5</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	3.61		2458.25		33.90	0.92	10.91	
Valor absoluto de la Media		6.20						86.46
Desviación absoluta	3.79	4.11					86.04	55.69
Desviación standard	9.64	8.22					115.01	76.63
Moda	3.30	3.30					9.00	81.00
Threshold geofísico	7.40	10.31					96.94	142.15
<b>Análisis Estadístico Global N = 6</b>	<b>Cargabilid.</b>	<b>Carg. Abs.</b>	<b>Resistivid.</b>	<b>IP</b>	<b>Voltaje</b>	<b>I</b>	<b>P.E.</b>	<b>P.E. Abs</b>
Media	2.48		2412.26		20.70	0.91	-25.62	
Valor absoluto de la Media		7.24						97.04
Desviación absoluta	5.46	6.18					97.40	73.74
Desviación standard	15.24	13.63					141.97	106.75
Moda	3.50	3.50					-13.00	13.00
Threshold geofísico	7.94	13.42					71.78	170.77

### 6.3 Perfiles geofísicos 9100 mE al 10800 mE y Correlación Geoquímica

A continuación se presenta una descripción detallada de los datos geofísicos interpretados y de las anomalías geofísicas en los perfiles, así como de algunas recomendaciones para la perforación diamantina.

### **6.3.1 Perfil geofísico 9100mE**

Bajas resistividades falsas entre 10700mN y 11000mN debajo de una quebrada, por tener estos resultados no se le considera un buen blanco exploratorio. Al Sudeste, al final de esta línea una resistividad baja entre deslizamientos, es posible una excelente extensión de resistividades adyacentes a la cresta de 9600mN pero no son valores anómalos debido a las posiciones topográficas se estaría enmascarando bajas resistividades. Las cargabilidades medianas a altas entre 9800mN y 101000mN están asociadas con algunos errores estadísticos que son posiblemente el resultado del ruido eléctrico por lo que la anomalía no es real. Entre 11100 y 11300 presencia de una anomalía de potencial espontaneo con valores negativos y positivos El decaimiento de I.P. se intercambia de negativo a positivo indicando espasmos de corrientes reversas (perfil N° 3).

### **6.3.2 Perfil geofísico 9200mE**

De moderado a fuerte anomalía de P.E. entre 10950mN y 11300mN, no tiene ninguna resistividad asociada o anomalía de cargabilidad significativa. Una zona de mediana conductividad entre 9950mN y 10100mN tiene una grande y razonable respuesta de fuerte P.E. estas anomalías aunque representan mineralización, no se recomienda por el momento realizar perforación diamantina sobre ellas (perfil N° 4).

### **6.3.3 Perfil geofísico 9300mE**

Una zona de débil cargabilidad cerca a la superficie se ha identificado entre 10700mN y 11150mN yacen alrededor de altas cargabilidades entre 10400mN y 10650mN, por tratarse de un N=1 no se considera como anomalía de cargabilidad. Entre 10650mN y 12250mN se tiene una anomalía de P.E. significativa, relacionado con un alto incremento de cargabilidad al Norte entre 11300mN y 11400mN y resistividades entre 10750mN y 10950mN. Al Sur altas cargabilidades asociadas a bajas resistividades entre 9400mN y 9900mN. No es recomendable hacer perforación diamantina en esta zona (perfil N° 5).

### **6.3.4 Perfil geofísico – geoquímico 9500mE**

Zonas conductivas alrededor de 9700mN, 10000mN, 10550mN y 11000mN; entre 9950mN a 10450mN se presenta una anomalía discontinua de P.E y sería un objetivo (blanco) razonable pero faltaría una anomalía de cargabilidad asociada con la primera. Una mediana zona de cargabilidad se presenta al final del perfil en 11350mN pero no es conductivo y no tiene anomalías de P.E. No es recomendable por el momento hacer perforación diamantina sobre las zonas conductivas aunque representen objetivos razonables para un futuro, dependiendo de los resultados de la primera fase de perforación (perfil N° 6).



### **6.3.5 Perfil geofísico – geoquímico 9600mE**

El terreno correspondiente a esta línea tiene una respuesta de conductividad entre 10400mN y 10600mN debajo de una anomalía geoquímica de oro. Al Sur se presenta una anomalía de P.E. negativo seguido por altos valores positivos, además, entre 9450mN y 9750mN se relacionan con anomalías abiertas de cargabilidad y conductividad. Todo esto hace indicar presencia de zonas mineralizadas en profundidad, se recomienda hacer un taladro correspondiente al punto 10550mN (perfil N° 7).

### **6.3.6 Perfil geofísico – geoquímico 9700mE**

Una zona conductiva en el extremo Sur de este perfil esta asociada con una anomalía de P.E. debajo de la región correspondiente a 9800mN, aunque el P.E. responsable es muy fuerte la deficiencia con las medidas adyacentes y la falta de una cargabilidad anómala indican la presencia de un conductor de bajo grado. Debajo de las anomalías de oro entre 10500mN y 10700mN se encuentran zonas anómalas adyacentes de conductividad y P.E. Una débil zona cargable alrededor de 11350mN se presenta sin ningún sustento de conductividad o anomalía de P.E. No es recomendable hacer perforación diamantina en esta zona para este perfil (perfil N° 8).

### **6.3.7 Perfil geofísico – geoquímico 9800mE**

Entre 9400mN y 9850mN presencia de una zona conductiva relacionado con cargabilidades altas positivas y negativas. Al Norte y al final de esta línea, entre 11100mN y 11400mN existe una anomalía de conductividad cargable relacionado con valores anómalos adyacentes de P.E. en la zona entre 10750 y 11100. Es recomendable realizar 2 taladros que corten a estas dos áreas anómalas en los puntos 9550mN y 11150mN (perfil N° 9).

### **6.3.8 Perfil geofísico – geoquímico 9900mE**

Anomalías de conductividad, P.E. y cargabilidad se presentan entre 9450mN y 10350mN indican mineralización relacionados con altos valores geoquímicos de oro en superficie, se recomienda hacer un sondaje en el punto 9750mN. Zona de altas cargabilidades entre 11250mN y 11400mN no guardan relación alguna con valores anómalos de P.E. ni de conductividad (perfil N° 10).

### **6.3.9 Perfil geofísico – geoquímico 10000mE**

Zona conductiva con fuerte respuesta de P.E. negativo y positivo asociado a altos valores anómalos negativos de cargabilidad entre 9600mN y 9950mN, se recomienda perforar un taladro en el punto 9650mN. Anomalía de cargabilidad entre 10150mN y 11300mN relacionada con una zona conductiva alrededor de 11200mN y valores anómalos de potencial espontáneo, se recomienda perforar un pozo en el punto 11150mN. Una fuerte anomalía

anomalía discontinua de P.E. con valores positivos y negativos entre 10100mN y 11000mN se presenta debajo de la mineralización de oro asociado con una anomalía abierta de conductividad entre 10250mN y 10450mN. Altas cargabilidades positivas y negativas ocurren en el área comprendida entre 9950mN y 10100mN, para un N = 1 no se considera como valores anómalos porque están cerca a la superficie (perfil N° 11).

### **6.3.10 Perfil geofísico – geoquímico 10100mE**

Este perfil contiene anomalías de conductividad y P.E casi a lo largo de todo el terreno correspondiente a esta línea, se presenta una zona cargable en la región de 9400mN a 9900mN dentro de esta misma área se tiene anomalías de baja resistividad y de muy altas resistividades con valores sobre los 831,000 ohm cm, debajo del punto 10000mN se observa una zona cargable. Se recomienda hacer un sondaje en el punto 9650mN (perfil N° 12).

### **6.3.11 Perfil geofísico – geoquímico 10200mE**

Una anomalía de P.E. con valores negativos y positivos entre 9500mN y 10600mN coinciden con elevadas cargabilidades entre 9600mN y 10100mN y zonas conductivas entre 9500mN y 9800mN y 10050mN y 10250mN relacionado con valores de alta a extremada resistividad que superan los 10000 ohm cm asociado con anomalías de oro en superficie de 100 ppb y alteraciones de fuerte silicificación, se recomienda hacer dos taladros que corten a estas zonas anómalas en los puntos 9750mN y 10150mN respectivamente (perfil N° 13).

### **6.3.12 Perfil geofísico – geoquímico 10300mE**

Una anomalía de fuerte cargabilidad se encuentra presente entre 9400mE y 10100mE con lecturas positivas y negativas y fenómenos de doble efecto causado por factores geológicos, presencia anomalías de resistividad entre 9600mN a 101000mN relacionado con un elevado P.E. (positivo y negativo) ubicado entre 9800mN a 10200mN; la resistividad por estar tendido debajo de una quebrada puede indicar falsos valores anómalos, pero como se encuentra asociado con anomalías de cargabilidad y valores anómalos discontinuos de P.E. a lo largo de todo el terreno correspondiente a este perfil, se estaría hablando de mineralización relacionada con anomalías geoquímicas en superficie (1ppm de oro), se recomienda perforar un taladro en el punto 9900mN (perfil N° 14).

### **6.3.13 Perfil geofísico 10400mE**

Elevadas cargabilidades se presentan en la zona comprendida entre 9550mN y 10000mN incluyen fuertes valores negativos, coinciden en parte con resistividades bajas entre 9600mN y 9850mN. Una anomalía de fuerte P.E. positivo esta relacionado con cargabilidades negativas bajas debajo del punto 10100mN. Entre 10650mN y 11000mN se

presenta una anomalía de P.E. negativo asociado a zonas conductoras entre 10900mN y 11400mN correspondientes al N = 6, mas hacia el Norte en el área que se encuentra debajo del punto 11300mN se presentan altas cargabilidades relacionadas con zonas conductoras y P.E. positivos y negativos, se recomienda perforar un taladro en el punto 10950mN que corte a estas anomalías geofísicas (perfil N° 15).

### **6.3.14 Perfil geofísico 10600mE**

Altos valores anómalos positivos y negativos de P.E. y anomalías de cargabilidad entre los niveles 1 y 5 se encuentran en una zona comprendida entre 10050mN y 10500mN, asociados con áreas conductoras entre 10400mN y 10600mN en niveles profundos, se recomienda perforar un taladro en el punto 10150mN.

Otra zona con anomalías abiertas se presenta entre 10750mN y 11450mN relaciona altas cargabilidades, rocas conductoras y altos valores de P.E. positivos, se recomienda perforar en el área correspondiente al punto 11000mN (perfil N° 16).

### **6.3.15 Perfil geofísico 10800mE**

En el Sur alrededor de la zona comprendida entre 9450mN y 9900mN se manifiesta una fuente negativa de P.E. y anomalías de altas cargabilidades en el N =5. Debajo de la quebrada una fuerte zona cargable coincide con valores anómalos de baja resistividad que pueden ser falsos por las posiciones topográficas. Entre 10150mN y 10650mN están relacionados rocas conductoras con cargabilidades altas y P.E. anómalos, se puede realizar un sondaje en el punto 10500mN después de la primera campaña de perforación diamantina.

En el Norte en el punto 11050mN se recomienda perforar un taladro que corte a las zonas con altos valores anómalos negativos y positivos de P.E. asociado a cargabilidades en niveles del 1 al 6 y a rocas conductoras (perfil N° 17).

## **6.4 Interpretación geofísica**

En Satata Icuero se han determinado 3 zonas anómalas de resistividad (plano N° 14): Norte, central y Sur.

La primera se encuentra al Norte entre las líneas 9100 y 10800 mE (1800m lineales) sobre el C° Satata, se trata de una zona anómala abierta hacia el E y W que cubre un área de 9 has superpuesta a la anomalía geoquímica superficial de oro de 0.6 has, sobre esta se han propuesto 5 taladros de perforación diamantina, las zonas conductoras no tienen coincidencias con las respuestas de IP, sin embargo, casi todas las líneas tienen una anomalía de potencial espontaneo (plano N° 13) asociado con la anomalía de conductividad o resistividad

La segunda lo conforman 4 subanomalías centrales y una quinta que se une con la anomalía Sur se encuentran dispersas sobre el cerro Icuro, 2 de estas zonas anómalas que se encuentran al Este están abiertas hacia esta dirección, cada una de las 5 anomalías cubre áreas mayores de 2 has coinciden con el cuerpo mineralizado Norte y con la anomalía geoquímica de Au de 8 has, se han propuesto 3 taladros de perforación diamantina por tratarse de una zona conductiva adyacente a anomalías de potencial espontaneo que cubren áreas cargables no directamente correlacionables con la mineralización de Au en superficie (planos N° 13 y 14), las altas resistividades es producto de las zonas silicificadas que restringen el paso de la corriente eléctrica limitando respuestas posibles.

La anomalía del Sur se encuentra delimitado entre las líneas 9100 y 10400 mE (1400 m lineales) se trata de una zona anómala abierta hacia el E y W que se encuentra sobre la cara Sur del C° Icuro, cubren un área de 30 has coincide con la anomalía geoquímica de oro de 1.5 has y con el cuerpo mineralizado Sur. En esta área se han propuesto 7 taladros de perforación diamantina. La mayoría de respuestas conductivas están coincidiendo con altas cargabilidades, entre 9700mE y 10200 (plano N° 12) se presentan anomalías fuertes de potencial espontaneo (plano N° 13) como respuestas ante la presencia de mineralización en vetas y diseminado, es decir, que por lo menos han ocurrido 2 eventos de mineralización y una tercera etapa tardía con transporte de oro y sulfuros identificados en superficie producido por cuerpos extrusivos.

## CAPITULO VII EXPLORACION MEDIANTE PERFORACION DIAMANTINA

### 7.1 Introducción

Esta parte de la prospección consiste en confirmar contundentemente la existencia de mineralización en profundidad de acuerdo con los resultados obtenidos superficialmente en la prospección geoquímica y geofísica, se determinaron 15 blancos exploratorios de los cuales se perforaron 7 sondajes diamantinos con un total de 1594.05 m lineales obteniéndose 532 muestras analizadas por Au, Cu y Ag. Gracias a la perforación diamantina se ha podido determinar la geometría del yacimiento, la distribución mineralógica, de alteraciones y metálica de los elementos económicos, la posición espacial de unidades litológicas y estructuras.

### 7.2 Blancos exploratorios y ubicación de los sondajes diamantinos

De acuerdo con los resultados e interpretaciones geoquímicas y geofísicas se determinaron 15 blancos exploratorios proponiéndose sondajes diamantinos para perforarlos en 2 etapas, solo se llevo a cabo la primera con un total de 1594.05 m lineales distribuidos en 7 taladros sobre el C° Icuro, los pozos SDDH - 1, 2,5,6 y 7 (plano N° 15) sobre el cuerpo mineralizado Norte y sobre las anomalías geofísicas centrales; SDDH – 3 y 4 en el lado Sur del mismo cerro sobre las anomalías Sur de resistividad, potencial espontaneo y cargabilidad. A continuación en el cuadro 7.1 se detallan la ubicación, parámetros de cada taladro y porcentaje de recuperación de los cores.

Cuadro 7.1 Ubicación de los sondajes diamantinos y porcentajes de recuperación

N° SONDAJES	AZIMUTH	INCLIN.	COORDENADAS UTM		DIST HORIZ. m	DIST VERT. m	COTA INIC. m.s.n.m.	COTA FIN. m.s.n.m.	PROFUNDID m	PORCENTAJE DE RECUPER. %
			NORTE	ESTE						
DH-1	170°	-52°	9°085,011	254,177	231.12	295.82	3,956.06	3,660	375.40	94.1
DH-2	170°	-52°	9°084,918	254,237	199.32	255.12	4,000.00	3,745	323.75	93.5
DH-3	350°	-70°	9°084,173	254,291	67.38	185.12	3,950.00	3,765	197.00	91.8
DH-4	350°	-70°	9°084,105	254,407	93.92	258.04	3,920.24	3,662	274.60	93.0
DH-5	135°	-60°	9°085,045	254,220	63.18	109.42	3,960.93	3,852	126.35	95.3
DH-6	135°	-60°	9°085,101	254,199	43.70	75.69	3,921.35	3,846	87.40	90.6
DH-7	145°	-70°	9°085,187	254,041	71.67	196.91	3,857.78	3,661	209.55	97.9
Total de Metros per.									1594.05	93.9

### 7.3 Supervisión de la perforación diamantina

Esta etapa de la perforación diamantina empieza con el traslado de la perforadora, equipo de perforación, suministros y aditivos desde la ciudad de Tayabamba hasta la primera plataforma donde se realizo el primer taladro, previamente se debe de haber terminado con la nivelación de las plataformas y con la construcción de las trochas de acceso. El anclaje y la orientación de

la sonda es lo que viene a continuación, el anclaje es muy importante previene que el taladro se desvíe de su orientación inicial.

La supervisión de campo durante la perforación consiste en el control de calidad y recuperación de los testigos que van saliendo del pozo con previo logueo geológico y geomecánico, el geólogo junto con los perforistas deben de dar todas las condiciones de seguridad para poder trabajar sin peligros de cometer accidentes, se debe de constatar que se encuentran disponibles todas las tuberías, accesorios, aditivos, lodos, combustibles, etc para que la perforación no se detenga. El uso de brocas, tuberías y otros accesorios nuevos contribuyen a una mejor recuperación de los testigos

Es importante saber reconocer el color del lodo que sale de la boca del taladro, si es verde oscuro indica que se esta atravesando una zona de sulfuros, si es anaranjado o rojo es una zona de óxidos de hierro y si es de color plomo se trata de una zona de falla con panizo, de esta manera se determina en que tramo geológico se encuentra el taladro.

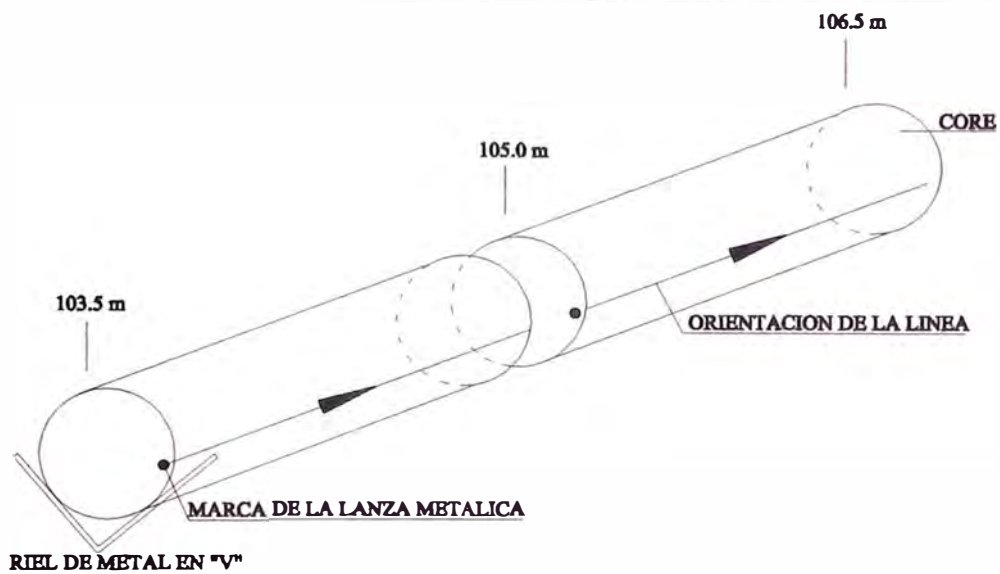
El trabajo en equipo es fundamental, escuchar las opiniones de los otros geólogos es interesante en esta etapa de exploración; una de las cosas importantes dentro de la supervisión es controlar la orientación del sondaje mediante aparatos calibrados para que los resultados de logueo e interpretación sean lo más exacto posible.

Una vez terminado un sondaje, se procede a trasladar todo el equipo de perforación a la siguiente plataforma; además, constantemente las cajas con testigos HQ (6.35 cm) y NQ (4.76 cm) se trasladan de la plataforma a la casa de logueo.

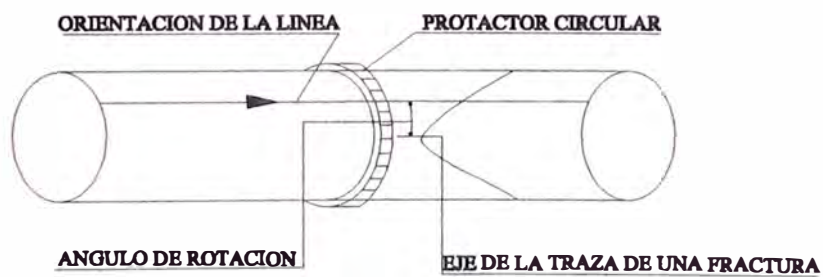
#### **7.4 Logueo geológico y muestreo de testigos**

El logueo consiste en la descripción de los testigos de perforación previa orientación espacial de estos (figura N° 7.1) con la finalidad de estudiar las unidades litológicas y sus respectivos ensambles, procesos de alteraciones, asociaciones y porcentajes de mineralización económica, características texturales, posición espacial de las estructuras, etc. Simultáneo al logueo geológico se realiza un análisis geotécnico tomándose datos del porcentaje de recuperación de los cores por tramos y en forma total, RQD, orientaciones de fracturas y fallas por cada metro lineal, durezas y densidades de las rocas, etc; estos estudios reúnen información geológica en profundidad y complementan el cartografiado superficial determinándose la geometría del yacimiento, la disposición espacial de las estructuras, de la mineralización, unidades litológicas, la interpretación genética y evolutiva del depósito mineral.

El muestreo de testigos de roca NQ ( $\varnothing = 4.76$  cm) y HQ ( $\varnothing = 6.35$  cm) consiste en el cortado longitudinal de muestras en 4 partes, se toma 3 m de una de las partes chancándolo en fragmentos pequeños, se embolsa y etiqueta con un código de muestra lista para ser enviada al laboratorio para el análisis geoquímico.



### ORIENTACION DE LOS TESTIGOS DE PERFORACION



### ORIENTACION ESPACIAL DE LA TRAZA DE UNA FRACTURA



### ANGULO DE LAS ESTRUCTURAS CON EL EJE DEL CORE

FIGURA N°7.1 ORIENTACION ESPACIAL DE ESTRUCTURAS EN EL TESTIGO DE PERFORACION

### 7.5 Resultados geoquímicos de los sondajes diamantinos

El análisis químico se realizó en el laboratorio Bondar Clegg, no se recurrió a los servicios del laboratorio de la mina San Andrés (MARSA) para evitar posibles contaminaciones con su equipo de laboratorio. Se analizaron 532 muestras correspondientes a los 7 taladros con un muestreo de testigos cada 3 m y una preparación estándar del 100% de la muestra con chancado, tamizado hasta la malla – 20 (0.85 µm) y cuarteo, 300 g de esta nueva muestra reducida de tamaño por un quebrador y pulverizador de disco y anillo hasta la malla – 100 (0.15 µm) y malla - 200 (75 µm), se empleó el método de digestión en agua regia - ensayo al fuego de 30 g de muestra de Au (5 ppb), ICP - análisis por multielementos con digestión en agua regia: Ag (200) y Cu (0.5).

A continuación se detallan la cantidad de muestras con sus respectivos códigos por cada sondaje, se describen también los parámetros de cada taladro.

Cuadro 7.2 Muestras de los sondajes diamantinos

Nº DE SONDAJES	AZIMUTH	INCLINACION	COORDENADAS UTM		PROFUNDIDAD m	CODIGO DE MUESTRAS			CANTIDAD
			NORTE	ESTE					
SDDH-1	170°	-52°	9,085,011	254,177	375.40	60301	-	60425	125
SDDH-2	170°	-52°	9,084,918	254,237	323.75	60426	-	60533	108
SDDH-3	350°	-70°	9,084,173	254,291	197.00	60534	-	60599	66
SDDH-4	350°	-70°	9,084,105	254,407	274.60	60600	-	60691	92
SDDH-5	135°	-60°	9,085,045	254,220	126.35	60692	-	60733	42
SDDH-6	135°	-60°	9,085,101	254,199	87.40	60734	-	60762	29
SDDH-7	145°	-70°	9,085,187	254,041	209.55	60763	-	60832	70
total					1594.05	total			532

De acuerdo con los resultados de los ensayos geoquímicos de los testigos y con el tratamiento geoestadístico realizado con dichas leyes, en los taladros se obtuvieron valores de Au, Ag y Cu por tramos descritos y ploteados en el perfil N° 22

### 7.6 Correlación Perforación diamantina – geofísica – geoquímica (Au)

Los sondajes SDDH - 1, 2, 5 y 6 se han perforado sobre la anomalía geoquímica superficial Norte cuyos valores están comprendidos entre 0.1 y 1 ppm de Au, se encuentran próximos y en la línea que corresponde al perfil geofísico 10000E cortan a las anomalías geofísicas de cargabilidad entre 10150mN y 11300mN relacionada con cantidades correspondientes a una fuerte anomalía discontinua de potencial espontaneo con valores positivos y negativos; entre 10100mN y 11000mN se presenta debajo de la mineralización de oro asociado con una anomalía abierta de conductividad entre 10250mN y 10450mN. En los 159 primeros metros del taladro SDDH - 1 se han obtenido leyes de Au comprendida entre 100 ppb y 1 ppm, los mismos valores de Au en el taladro SDDH - 2 entre 39 y 102 m de profundidad, leyes de Au entre 100 ppb y 1 ppm en los taladros SDDH - 5 y SDDH - 6 entre 39 y 81 m de profundidad.



El taladro SDDH - 4 se ha perforado en el punto 9650mN en la línea que corresponde al perfil geofísico 10000 E en lado Sur, corta una zona conductiva con una fuerte respuesta de potencial espontáneo negativo y positivo asociado a altos valores anómalos negativos de cargabilidad. En este sondaje entre 0 y 130 m de profundidad se han obtenido leyes de Au que varían entre 100 y 1000 ppb.

El taladro SDDH - 7 se encuentra sobre anomalías geoquímicas superficiales comprendidas entre los valores de 0.25 y 1 ppm sobre un punto que corresponde al perfil geofísico 9900 E en lado Norte, corta a una zona de altas cargabilidades entre 11250mN y 11400mN no guardan relación alguna con valores anómalos de P.E. ni de conductividad (perfil N° 10) En los 60 primeros metros de profundidad, de los análisis de testigos de roca se han obtenido leyes de Au que varían entre 100 y 1000 ppb.

El taladro SDDH - 3 se ha perforado en el punto 9750mN correspondiente al perfil 9900 E, corta anomalías de conductividad, P.E. y cargabilidad que se presentan entre 9450mN y 10350mN e indican mineralización relacionados con altos valores geoquímicos de oro en superficie. En los 140 primeros metros de profundidad, se han obtenido leyes de Au que varían entre 100 y 1000 ppb (perfil N° 22).

### **7.7 Geometría de los cuerpos ricos en mena, forma, dimensiones y relaciones con la roca caja (límites)**

La mineralización económica se concentra en dos cuerpos irregulares que superficialmente presentan afloramientos de 140,000 m<sup>2</sup> y 30,000 m<sup>2</sup> (cuerpos mineralizados Norte y Sur) emplazados en niveles de rocas silicificadas a fuertemente silicificadas (perfil N° 19) con diseminación de oro y sulfuros.

Estos cuerpos en profundidad forman un solo cuerpo irregular mineralizado de 50 m de potencia en promedio x 1200m de longitud x 700m de ancho de acuerdo al perfil geoquímico N° 22, además, adopta la geometría del cerro Icuro y la forma de los volcánicos Lavasen (perfil N° 18) es decir la de un lacolito vulcaniano inclinado hacia el NW alimentado por un ducto principal y diques de composición ácida a intermedia que cortan a los esquistos.

La mineralización económica en los cuerpos en forma de mantos irregulares disminuye en profundidad a medida que disminuye la silicificación y en menor proporción la cloritización. No existe límites marcados entre la mena y la roca caja, aparte de encontrar mineralización interestratificada, en venillas y en stock work cortantes a los esquistos también se presenta diseminada.

## **CUARTA PARTE INTERPRETACION GEOLOGICA**

### **CAPITULO VIII. MODELO GENÉTICO PRELIMINAR DEL YACIMIENTO METAMORFOGENO – HIDROTHERMAL SATATA ICURO**

El yacimiento Satata – Icuero según clasificación de yacimientos minerales, corresponde a la serie metamorfofógena, grupo metamorfofizado, clase de metamorfismo regional afectado por una posterior actividad hidrotermal de origen volcánico. Geográficamente se encuentra ubicado en el extremo Norte de la cadena volcánica continental del Carbonífero superior, en el flanco Oeste del batolito de Pataz, esta cadena es de composición riolítica – dacítica y se encuentra emplazada en el basamento Precambriano.

El basamento metamórfico Precambriano esta conformado por metapelitas de facies esquistos verdes con diseminación de pirita framboidal y metavolcánicos andesíticos basálticos de fondo marino con un ensamble mineral metamórfico de Au – py – apy – OXs Fe.

Durante el Precambriano el manto era muy rico en metales preciosos como oro, plata, también Fe, subordinadamente Cu, Zn, Pb y As con predominio de la silicificación como alteración principal y un ensamble mineral metamórfico de Au – py – apy – OXs – Fe.

Posteriormente las calderas volcánicas carboníferas del sistema Lavasen fueron enriquecidas por la fuente primaria de los minerales metálicos anteriormente mencionados alojados en las rocas metamórficas, como producto de una fase final de vulcanismo con circulación de fluidos ricos en sulfuros y oro (etapa hidrotermal) emplazados en cuerpos irregulares y estructuras vetiformes de cuarzo que se encuentran cortando a los esquistos y a los volcánicos. Mas las rocas del Complejo Marañón no fueron asimiladas por corresponder a magmas incompatibles en composición química y una fase final con circulación de fluidos ricos en sulfuros y oro correspondientes a la etapa hidrotermal (figura 8.2).

#### **8.1 Hipótesis sobre el origen y evolución de la mineralización durante el metamorfismo regional como parte del Complejo Marañón**

El metamorfismo regional ocurrido en el Complejo Marañón es un fenómeno combinado dinamo-térmico y de soterramiento relacionado con la orogenia Brasilida acompañado de procesos diástro-ficos que dan lugar al acceso de energía térmica y a movimientos epirogénicos por el apilamiento de material sedimentario y volcánico con incremento de temperatura en profundidad, formándose zonas metamórficas muy extensas.

Los movimientos penetrativos volcánicos, la estructura esquistosa y la formación de minerales hojosos evidencian la actividad dinamo-térmica; dentro de estas transformaciones se formo el yacimiento metamorfofógeno Satata - Icuero debido a la reagrupación de la

sustancia mineral de las rocas incluidos en dicho proceso a una profundidad considerable de la superficie de la tierra, con posterior erosión.

Durante el metamorfismo regional se produce diferenciación metamórfica con la separación de elementos Fe, Mg y SiO<sub>2</sub> que migran en bandas formando capas de esquistos, se forman lentes de cuarzo intercalados con placas de clóritas y sericitas (GAGLIUFFI, 1994).

La intensa deformación (presión) y temperatura produce mecanismos de segregación formándose bandas ricas en filosilicatos (sericita – muscovita), bandas de albita cuarzo y bandas de clórita así como fluidos de origen metamórfico que son la causa de la hidrólisis de los silicatos de Na, Fe, Mg y Al de los minerales formados inicialmente, los cuales proporcionan el oxígeno que hace posible la oxidación de los complejos clorurados y cianurados (CN)-. Estos fluidos se mueven lixiviando, transportando y depositando oro y otros metales en las áreas de las facies de esquistos verde - anfíbolita (figura N° 8.2) dentro de las zonas de alto esfuerzo, a partir de los cuerpos volcánicos procedentes del manto intruidos durante la deformación en varias etapas afectado también por este metamorfismo isoquímico.

Una zona inferior contendría menor circulación activa mientras que la zona superior correspondiente a los niveles superiores de la pila metamórfica estaría afectado por los fluidos mas convectivos de carácter metamorfógeno que se activan durante transformaciones regionales, los limites entre estas 2 fases metamórficas son las que corresponden al de los esquistos verdes en la parte superior y anfíbolítica en la parte inferior (figura 8.1).

La acumulación de los fluidos debajo de las barreras impermeables resultara con la presión incrementada y el subsecuente escape de los fluidos a través del fracturamiento hidráulico y de las zonas de cizalla canalizados a través de rutas determinadas por microblastobrechas y microblastomilonitas.

El volumen de los poros rellenos por los fluidos será reducido durante la compresión y las deformaciones a lo largo de los limites de los granos; el incremento de la permeabilidad y/o fracturamiento de la zona de impermeabilidad mediante la alta presión del fluido trae como resultado la fase de precipitación de los minerales metálicos y un descenso en la presión.

La deposición del mineral resulta en el sellamiento de las fracturas de manera que la zona impermeable se establecerá de nuevo de modo que el ciclo vuelve a empezar nuevamente es por ello que se puede encontrar stock work, venas y micro venillas de cuarzo con sulfuros con oro en ciclos repetitivos en los diferentes niveles.

La presión efectiva durante el metamorfismo regional se debe principalmente a la carga de rocas suprayacentes. No resulta fácil la estimación del espesor previo de la cubierta rocosa basándose en consideraciones geológicas; la secuencia estratigráfica original puede haberse multiplicado en el orden de varias veces como consecuencia de un replegamiento complejo propio del Marañón.

La presión dirigida de los fluidos metamórficos produce estructuras paralelas, lentes o en bandas, cuando esta presión es uniforme afecta al equilibrio químico provocando una disminución del volumen, es decir, la formación de minerales de densidad mas elevada como el oro.

Los constituyentes volátiles presentes en los poros y microfisuras forman en la mayor parte de las condiciones metamórficas una fase fluida gaseosa, esta presión tiene carácter hidrostático, es decir, igual en todas las direcciones sometida a la misma presión de carga que los minerales de la roca, por lo que se asume que la presión de la fase fluida es aproximadamente igual a la presión de la carga en las primeras etapas del metamorfismo; al avanzar la deformación la presión de la fase fluida se incrementa debido a una sobrepresión gaseosa durante un gran periodo de tiempo. Solo con bastante posterioridad a las reacciones metamórficas cuando la fase fluida haya abandonado las formaciones rocosas desaparecerá la sobrepresión, disminuyendo la porosidad de las rocas considerablemente.

Parte del  $H_2O$  y del  $CO_2$  desprendidos durante las reacciones metamórficas escapan del sistema, la sobre presión causada por la formación de gases empieza a disminuir igualándose así aproximadamente la presión del fluido con la de la carga (VALLÉE, 1991).

A una presión dada, la temperatura de  $390\text{ }^{\circ}C$  más baja que favorece la aparición de la asociación metamórfica mineral tiene un interés especial, ya que es la temperatura mínima a la que una roca metamórfica de la facie de esquistos verdes puede formarse, marca el limite inferior de esta facie y la temperatura de  $600\text{ }^{\circ}C$  marca el superior (figura N° 8.1); al incrementarse las condiciones de presión y temperatura el ensamble mineral de esquistos verdes se vuelve inestable, los minerales reaccionan para formar una nueva asociación en equilibrio correspondiente al limite inferior de la facie anfibolitica, en dichas reacciones intervienen carbonatos y minerales con  $H_2O$  u  $OH$ , durante la misma se liberan  $CO_2$  y  $H_2O$ .

Cuanto mayor sea la temperatura de metamorfismo tanto menores serán las cantidades de  $CO_2$  y  $H_2O$  presentes en los minerales estables, se deduce así que durante el metamorfismo de dichas rocas siempre esta presente una fase compuesta por constituyentes volátiles que aportan carbonatos a la alteración propílitica.

El agua metamórfica se forma como consecuencia de la deformación de las rocas en profundidad bajo la acción de la temperatura y presión creciente, su origen se debe a la movilización de aguas intersticiales y a la deshidratación de minerales que contiene hidróxilos. El agua juega un papel muy importante, penetra en las facies de bajo metamorfismo o de esquistos verdes desarrollando altas presiones debido a los vapores, enfriando y reduciendo las altas temperaturas de las transformaciones del limite inferior de la facie anfibolitica, ha aumentado la cristalización de ciertos minerales y han entrado en las reacciones metamórficas acelerándolas (REIHE, 1994). Las zonas de circulación del agua están confinadas debajo de una capa menos permeable que puede ser brechada por los fluidos metamórficos sobrepresionados mediante el hidrofracturamiento.

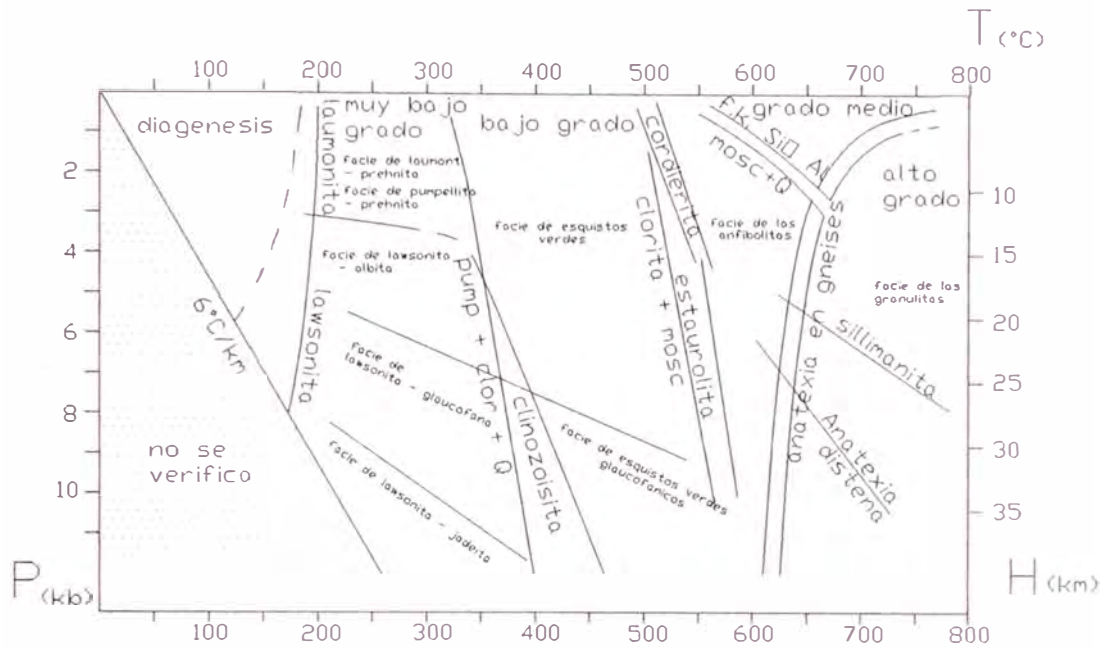


FIGURA N° 8.1 FACIES METAMORFICAS (Williams, H 1968)

## 8.2 Hipótesis del origen y evolución de la mineralización hidrotermal Carbonífera

La tectónica de subducción durante la fase Hercínica fue una situación geológica regional principal en la que los fluidos de la corteza se han generado y circulado hacia arriba para formar sistemas hidrotermales capaces de removilizar el Au y otros elementos metálicos de las rocas Precámbricas profundas. Durante la cristalización posterior a la fusión, dichos elementos fueron evacuados por las soluciones de compuestos volátiles pasando a formar parte de las rocas volcánicas y piroclásticas con transporte, deposición y enriquecimiento de Au acompañado de py, apy diseminados. Diques mineralizados cortan a los esquistos y volcanicos, así como una mineralización tardía de cuerpos síliceos irregulares cuyos fluidos han rellenado fracturas y espacios abiertos en los esquistos y los cuerpos tabulares de cuarzo con Au y sulfuros, emplazados en fallas y dislocaciones que han destruido los canales conductores de menas (perfil N° 18).

El grueso de la py se acumulo al final del ciclo volcánico Lavasen con una metasomatosis sulfurada relacionada con la acción del hidrogeno sulfurado, se da en términos de temperatura, acidez y alcalinidad amplias que conlleva a la formación de zonas piritizadas diseminadas en las rocas, al termino de la efusión de las lavas mas ácidas ocurrió una actividad gaseosa hidrotermal como producto de los flujos gaseosos hidrotermales ascendentes generados por los focos volcánicos.

Esta actividad hidrotermal se encuentra asociado a un vulcanismo efusivo piroclástico riolítico – dacítico continental, cerca a los cráteres de los volcanes y en su periferia controlados por fallas y espacios abiertos por donde se emplazaron diques andesíticos de textura afanítica.

Los sistemas hidrotermales carboníferos empezaron en un sistema cerrado de un cuerpo plutónico (etapa tardía del batolito de Pataz), por el contenido de agua relativamente bajo, el magma se elevó más próximo a la superficie y salió para formar actividad volcánica - piroclástica, el enfriamiento del plutón suministró la energía térmica a los fluidos mineralizadores en las etapas iniciales. En una última etapa la temperatura de los fluidos fue suministrado del exterior a partir de aguas meteóricas y aguas subterráneas las que formaron celdas convectivas cuyas actividades permanecieron al menos hasta que la energía térmica del enfriamiento de las rocas en profundidad se disipó completamente.

El incremento de iones  $H^+$  se produce como consecuencia de la ebullición de volátiles ácidos que trae como resultado el incremento del pH de los fluidos precipitándose de esta manera los sulfuros + el Au con deposición de cuarzo – adularia ± muscovita ± clórita como vetas y stock work cortando a todas las alteraciones mencionadas en el punto 3.3 (perfil 21).

Durante la metasomatosis de los fluidos formadores de las vetas, ocurre un remplazamiento de las cajas con alteración en la composición química durante la cual la disolución de los minerales antiguos de los esquistos y la deposición de los nuevos se producen casi al mismo tiempo de modo que la roca siempre conserva su estado sólido, de la misma manera las alteraciones hipógenas de sericitización y cloritización afectan a las cajas haciéndolas más deleznablez ofreciendo buenas posibilidades de mineralización. Una particularidad remarcable en estas estructuras vetiformes son los fragmentos minerales en las rocas piroclásticas de su caja techo.

### **8.3 Descripción del perfil geológico CC' Icuro.**

Se han reconocido 4 subfacies de esquistos verdes del Complejo Maraño: cuarzo – clóritas – sericita – albita ± biotita; clóritas – cuarzo – albita – sericita; cuarzo – albita – clóritas – sericita ± epidota ± anfíboles y clóritas – cuarzo – albita – sericita – anfíboles ± piroxenos.

Los esquistos están cortados por diques riolíticos a dacítico de los volcánicos Lavasen, algunos entrecruzados, que salen a través de ductos y fallas depositándose en los niveles superiores formando un lacolito vulcaniano erosionado inclinado hacia el NW. Hacia el SE se tiene la presencia de un dique de composición ácida que corta a los esquistos.

La mineralización se encuentra diseminada y en stock work, tanto en los esquistos así como en los volcánicos como consecuencia de una removilización y enriquecimiento. La fuerte silicificación es la alteración que más predomina sobre todo en los niveles superiores.

Hacia el NW tanto los esquistos como volcánicos están cortados por fallas y zonas de cizalla. Al SE predominan fallas Precámbricas que concuerdan con la metaestratificación de las rocas, cortadas a su vez por otras fallas posteriores y subverticales. En las quebradas se tiene la presencia de zonas de cizalla.

En las quebradas y faldas de los cerros se tiene la presencia de depósitos cuaternarios.

#### **8.4 Modelo genético preliminar y evolución geológica del yacimiento de oro tipo metamorfogeno – hidrotermal Satata Icuro**

En el yacimiento Satata Icuro se identificaron 4 fases superpuestas de deformación correspondientes al ciclo Brasilida durante el Neoproterozoico.

Las rocas del Complejo Marañón del Precámbrico corresponden a la facie de los esquistos verdes, consisten en una intercalación de rocas pelíticas y volcánicos marinos recrystalizadas producto del metamorfismo regional. En ellas se han reconocido 4 subfacies: cuarzo – cloritas – sericita – albita ± biotita; cloritas – cuarzo – albita – sericita; cuarzo – albita – cloritas – sericita ± epidota ± anfíboles y cloritas – cuarzo – albita – sericita – anfíboles ± piroxenos. Localmente algunas de estas rocas presentan una esquistosidad semi destruida por los fluidos silíceos metamórficos. Estas rocas presentan diseminación de Au, py y apy. Se forma la pirrotita no magnética, epidota y calcita como minerales de alteración.

Se identificaron esquistos de texturas brechablasticas con venas y lentes sinmetamórficos, milonitas de textura blastomilonítica provenientes de la destrucción mecánica de esquistos. Existen, además, otras milonitas de textura blastofilonítica provenientes también de la destrucción mecánica de esquistos con estructuras lenticulares contorsionadas y superposición de dos direcciones de esquistosidad, propio de un metamorfismo retrógrado. Eventos hidrotermales post metamórficos afectan a los esquistos.

Se emplazaron metavolcánicos. Estas rocas consisten en andesitas verdes recrystalizadas e intercaladas con los esquistos verdes, con diseminaciones de oro, py y apy. Los cristales han sido reorientados y alineados (estructuras de lineación de flujo). Los metavolcánicos han sufrido en forma local silicificación, propilitización y cloritización. Existen extrusiones de metabasaltos que no han sido afectados totalmente por el metamorfismo; se habrían emplazado en las etapas terminales del metamorfismo regional.

Afectado por un menor grado de metamorfismo se forman pizarras y filitas, en las primeras se han observado hasta 2 etapas de deformación.

Se originan fallas normales sinmetamórficas concordantes a la metaestratificación de los esquistos, relacionados con la fase 2 del contorsionamiento como respuesta a la presión del metamorfismo regional durante el Neoproterozoico y reactivado por las posteriores orogenias.

Cuando las rocas esquistosas se plegaron durante el metamorfismo originaron diaclasas de tensión como resultado de la pérdida del arqueo elástico cortando a los lentes y venas de cuarzo que posteriormente fueron rellenados por nuevas soluciones metamórficas. Se producen otros procesos combinados de transformación metamórfica - tectónica como mecanismos de “Boundinage” en la roca a manera de tabletas de chocolate.

Estructuras ptigmatíticas de cuarzo inyectados de una manera tortuosa, se caracteriza por su aparente independencia de las rocas que las alberga por que los planos de esquistosidad de la zona no cruzan los ptigmas. Estas estructuras fueron producidas durante las etapas finales de la deformación de la roca.

Los esquistos durante el metamorfismo regional han sido metamorfoseadas a altas temperaturas correspondientes al limite inferior de esquistos de grado medio de la facie anfibolitica pasando gradualmente a la facie superior de esquistos verdes, al enfriarse la roca, la temperatura desciende hasta alcanzar su equilibrio correspondiente a la facie de esquistos verdes. Se encontraron minerales relictos de la facie anfibolitica con fragmentos de granates, estaulolita, cordieritas en una matriz de cloritas, sericita, muscovita y cuarzo.

Durante el metamorfismo regional se produce diferenciación metamórfica con la separación de elementos Fe, Mg y SiO<sub>2</sub> que migran en bandas formando capas de esquistos, se forman lentes de cuarzo intercalados con placas de clóritas y sericitas.

La intensa deformación (presión) y temperatura produce mecanismos de segregacion formándose bandas ricas de sericita – muscovita, bandas de albita cuarzo y bandas de clórita así como fluidos de origen metamórfico que son la causa de la hidrólisis de los silicatos de Na, Fe, Mg y Al de los minerales formados inicialmente, los cuales proporcionan el oxígeno que hace posible la oxidación de los complejos clorurados y cianurados (CN)-. Estos fluidos corren hacia arriba lixiviando, transportando y depositando oro y otros metales en las áreas de las facies de esquistos verde - anfibolita.

El volumen de los poros rellenos por los fluidos será reducido durante la compresión y las deformaciones a lo largo de los limites de los granos; el incremento de la permeabilidad y/o fracturamiento de la zona de impermeabilidad mediante la alta presión del fluido trae como resultado la fase de precipitación de los minerales metálicos (Au y sulfuros) y un descenso en la presión.

La deposición del mineral resulta en el sellamiento de las fracturas de manera que la zona impermeable se establecerá de nuevo de modo que el ciclo vuelve a empezar nuevamente es por ello que se puede encontrar stock work, venas y micro venillas de cuarzo con sulfuros con oro en ciclos repetitivos en los diferentes niveles.

Al incrementarse las condiciones de presión y temperatura el ensamble mineral de esquistos verdes se vuelve inestable, los minerales reaccionan para formar una nueva asociación en equilibrio correspondiente al limite inferior de la facie anfibolitica, en dichas reacciones intervienen carbonatos y minerales con H<sub>2</sub>O u OH, durante la misma se liberan CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Durante el Cámbrico el área de Tayabamba y todo el territorio peruano fue sometida a un proceso de erosión peneplanizando los terrenos Precámbricos y dando como resultado una plataforma que se extendía de Este a Oeste desde el escudo Brasileiro hasta la antigua Cordillera de la Costa.



Posteriormente se emplazaron los volcánicos continentales de la Formación Lavasen en forma de lavas y piroclastos (figura N° 8.2). Son rocas ácidas a intermedias de composición riolítica a dacítica e incluso andesítica como diques. Están cortando a las rocas de Complejo Marañón. Presentan alteraciones tales como silicificación, cloritización, propilitización y sericitización.

Los movimientos verticales del ciclo andino durante el Cenozoico reactivaron casi todas las estructuras anteriores, como fallas inversas aprovechando las zonas de debilidad pre existente para la mineralización y colocando al Complejo Marañón en contacto fallado con las formaciones paleozoicas y mesozoicas por medio de sobrecurrimientos regionales que se prolongan hacia el Norte.

La mineralogía y la descripción microscópica de las muestras permitió definir la secuencia de emplazamiento mineral durante el metamorfismo regional ocurrido en 3 tiempos temprana, media y tardía; un volcanismo e hidrotermalismo continental ocurrido también en 3 tiempos y una etapa de oxidación post hidrotermalismo.

La tectónica de subducción durante la fase Hercínica fue una situación geológica regional principal en la que los fluidos de la corteza se han generado y circulado hacia arriba para formar sistemas hidrotermales capaces del lixiviado y removilización del Au y otros elementos metálicos de las rocas Precámbricas profundas.

Durante la cristalización posterior a la fusión, los elementos metálicos y el Au fueron evacuados por las soluciones de compuestos volátiles pasando a formar parte de las rocas volcánicas y piroclásticas con transporte, deposición y enriquecimiento de Au acompañado de py y apy diseminadas.

Diques mineralizados cortan a los esquistos y volcánicos, así como una mineralización tardía de cuerpos síliceos irregulares cuyos fluidos han rellenado fracturas y espacios abiertos en los esquistos y los cuerpos tabulares de cuarzo con Au y sulfuros, emplazados en fallas y dislocaciones que han destruido los canales conductores de menas.

El grueso de la py se acumuló al final del ciclo volcánico Lavasen con una metasomatosis sulfurada relacionada con la acción del hidrógeno sulfurado, se da en términos de temperatura, acidez y alcalinidad amplias que conlleva a la formación de zonas piritizadas diseminadas en las rocas.

Los sistemas hidrotermales carboníferos empezaron en un sistema cerrado de un cuerpo plutónico (etapa tardía del batolito de Pataz), por el contenido de agua relativamente bajo, el magma se elevó más próximo a la superficie y salió para formar actividad volcánica - piroclástica, el enfriamiento del plutón suministró la energía térmica a los fluidos mineralizadores en las etapas iniciales.

En una última etapa la temperatura de los fluidos fue suministrado del exterior a partir de aguas meteóricas y aguas subterráneas las que formaron celdas convectivas cuyas actividades permanecieron al menos hasta que la energía térmica del enfriamiento de las rocas en profundidad se disipó completamente.

El incremento de iones  $H^+$  se produce como consecuencia de la ebullición de volátiles ácidos que trae como resultado el incremento del pH de los fluidos precipitándose de esta manera los sulfuros + el Au con deposición de cuarzo – adularia ± muscovita ± clórita como vetas y stock work cortando a todas las alteraciones mencionadas en el punto 3.3 (perfil 21).

Se producen fallas regionales con orientaciones E – W y N 45° E de movimiento sinextral, correspondientes a las quebradas Satata e Icuero respectivamente. Ocurridas probablemente en la primera fase del ciclo Hercínico y reactivadas por las diferentes fases de la orogenia Andina. Estas fallas regionales son estructuras verticales que conforman en algunos casos zonas de movimientos complejos (verticales y horizontales), zonas de subsidencia, de cizalla (“shear zone”) o canales por donde se han emplazado diques andesíticos y vetas de cuarzo.

Otras fallas regionales Eohercínicas de orientación N 135° a 140° cortan a las de orientaciones E - W y N 45° E y han servido de canales para la intrusión de los volcánicos Lavasen, para el emplazamiento de vetas de cuarzo aflorantes en el lado Sur del Cerro Icuero y como ductos alimentadores de la mineralización de las vetas y de los cuerpos silíceos. Las fallas N – S y N 30° a 45° han constituido en algunos casos canales para el emplazamiento de las vetas y diques.

Se formo la superficie Puna, inicialmente esta superficie se formaron a 1000 m.s.n.m, con el levantamiento Pliocénico fueron llevadas hasta los 4000 m.s.n.m., estos movimientos estarían vinculados con la tercera fase Quechua.

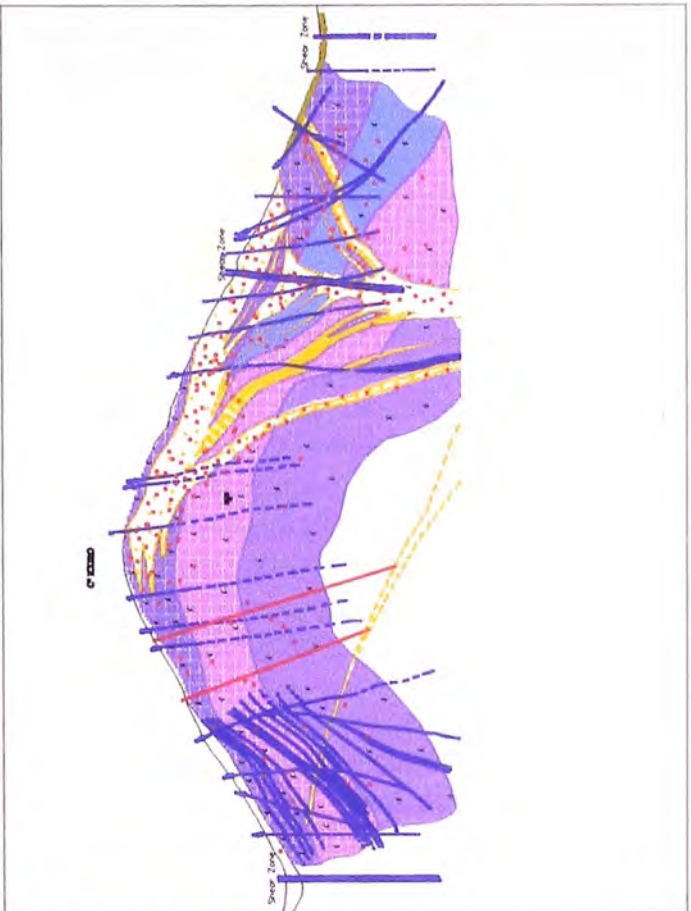
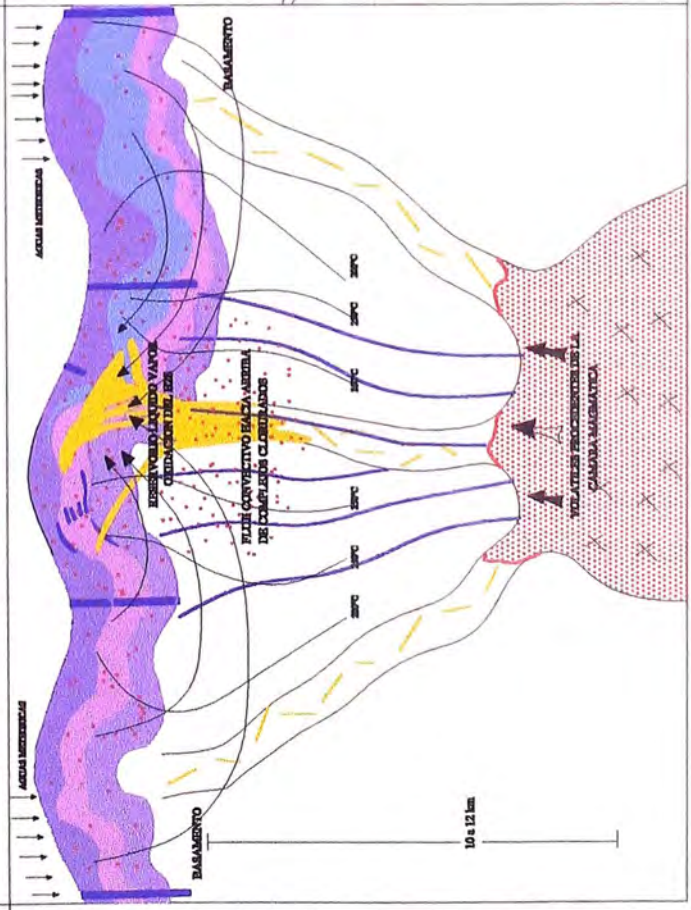
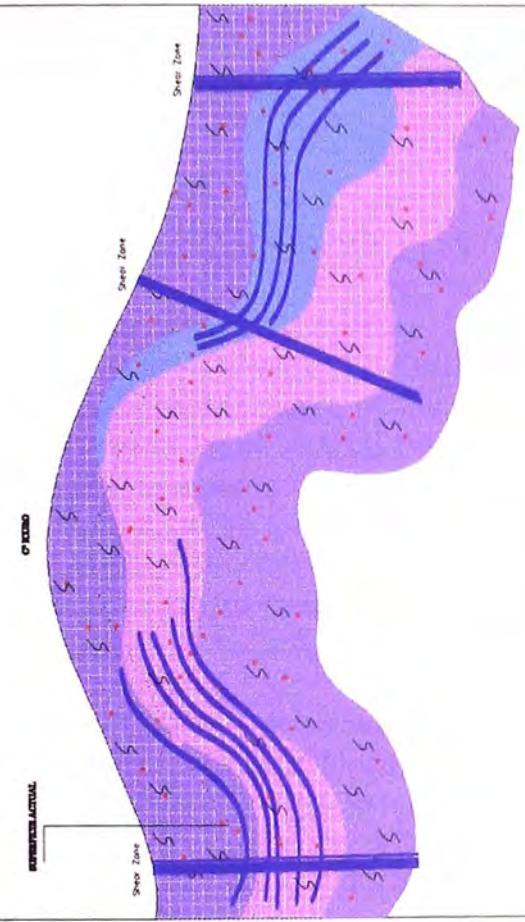
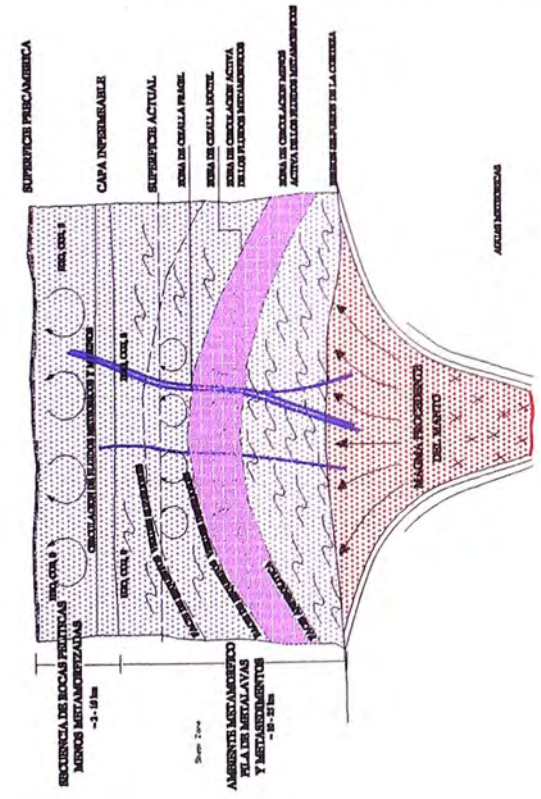


FIGURA N° 8.2 MODELO GENETICO Y EVOLUCION GEOLOGICA DEL YACIMIENTO SATATA I CURO

## **QUINTA PARTE GEOLOGIA ECONÓMICA Y CUADRO DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **CAPITULO IX. GEOLOGIA ECONOMICA**

El yacimiento Satata Icuro guarda una relación genética con los prospectos (yacimientos potenciales) de los alrededores (plano N° 3) como 7 Lagunas y Pahuarchuco, presentan el mismo ensamble mineral de py – apy - Au y OXs de Fe - Au diseminado en las rocas del Complejo Marañón; en venillas y en vetas de cuarzo plegadas y replegadas, tienen, además, las mismas texturas y estructuras metamórficas y alteraciones; al parecer el cerro Pahuarchuco constituye una de las fuentes de mineralización principales por tratarse de un cuello volcánico Precámbriano con estructuras vetiformes y stock work (perfil N° 2); la mineralización por metamorfismo regional durante el Neo Proterozoico se ha manifestado en estas tres zonas anómalas Satata Icuro, Pahuarchuco y 7 Lagunas.

Las vetas existentes en Satata Icuro al igual que las que se encuentran en Potrero se emplazaron después de la formación de las riolitas y dacitas Paleozoicas, pertenecen a una actividad hidrotermal (mesotermal) del Carbonífero superior, estas estructuras han cortado a las rocas del Complejo Marañón así como a los volcánicos Lavasen con una mineralización de cuarzo, calcopirita, galena y esfalerita; las rocas cajas presentan, además, diseminación de py - apy.

La mineralización del prospecto molinetes no guarda relación alguna con el yacimiento Satata Icuro en lo que se refiere a edad, génesis, litología, mineralogía, texturas, etc pues se trata de vetas de cuarzo con Au formadas dentro del batolito de Pataz emplazadas en estructuras abiertas durante el Carbonífero inferior

#### **9.1 Siete lagunas**

Se encuentra ubicado en el lugar denominado 7 Lagunas a 1 hora de caminata desde Satata Icuro, en esta zona afloran algunas vetas de muy poca potencia y continuidad lateral limitada en superficie, relacionado con lentes de cuarzo y venillas en distintas direcciones que han servido de canales para transportar a la pirita, arsenopirita y oro, se observa también limonitas y hematitas relleno de orificios de cuarzo lixiviado juntamente con el oro pepitizado, la silicificación es la alteración predominante; se han registrado algunos datos geoquímicos alrededor de 1 ppm de oro; la roca hospedadora corresponde a esquistos del Complejo Marañón.

#### **9.2 Pahuarchuco**

Ubicado en el cerro Pahuarchuco, la accesibilidad hasta Tayabamba se realiza siguiendo las rutas anteriormente mencionadas; en la parte superior del cerro aflora un enmarañado de

vetas de cuarzo con el ensamble py – Au – apy y abundantes óxidos de fierro con oro libre, existen otras vetas de cuarzo emplazadas en fallas con contenido de cpy – py - Au, la silicificación y cloritización predominan como alteraciones; se han registrado leyes de oro superficial entre 0,5 y 1 ppm; la roca hospedadora corresponde a esquistos del Complejo Marañón.

### **9.3 Mina potrero**

Se encuentra ubicada en el C° Potrero; el acceso hasta Tayabamba se realiza a través de las rutas ya mencionadas, luego se sigue hasta el Anexo de Tomac del cual sale un camino en herradura hasta la mina (30 minutos caminando); una estructura de cuarzo lechoso y calcedonia porosa conforman la veta Potrero con un azimut aproximado de N - S y 90° de buzamiento, tiene 40 m de potencia y 500m de longitud; la estructura es tabular irregular forma lasos sigmoides y bolsonadas, los minerales de mena lo constituyen la calcopirita, bornita, malaquita; en menor proporción el oro, esfalerita y plata nativa, como minerales de ganga se tiene pirita cúbica, cuarzo y óxidos de fierro; se han registrado leyes de 8% de Cu y 0.3 ppm de Au; los esquistos Precambrianos del Complejo Marañón y los volcánicos Lavasen constituyen las rocas cajas. Se presentan también otras vetas paralelas y “splits” de veta que rellenan fallas.

### **9.4 Molinetes**

Se ubica en los cerros San Pedro y San Juan. Para llegar al lugar se recorre alrededor de 500 km desde Trujillo hasta Tayabamba o por vuelos comerciales utilizando las rutas ya mencionadas, se sigue por una carretera afirmada hasta Tomac y se continua por un camino en herradura hasta el prospecto (2 horas); los minerales de mena que se presentan son oro pepitizado relacionado a los óxidos de fierro que se encuentra en las oquedades de las vetas, pirita aurífera y arsenopirita; se han registrado datos analíticos entre 6 y 18 gr/TM; la zona se caracteriza principalmente por la presencia de vetas de cuarzo relacionadas a sistemas de fallas de orientación N – S y NE – SW, emplazadas en rocas que forman parte del batolito de Pataz, se ha observado granodioritas, granitos y dioritas.

## **CAPITULO X. IMPACTO AMBIENTAL**

### **10.1 Introducción**

Complementando la exploración geológica realizada en el yacimiento Satata Icuro, se llevo a cabo un estudio de impacto ambiental pre y post perforación diamantina que consistió en prevenir y evitar los posibles riesgos de contaminación en el área en caso de un plan de cierre o de paralización temporal del proyecto

El proyecto de exploración minera Satata Icuro en la fase de perforación diamantina requirió la construcción de 15 plataformas de exploración en un área disturbada menor a las 10 hectáreas. Sin embargo, en vista de las grandes posibilidades que la etapa de perforación se expanda en la construcción de mas plataformas, se tomo en cuenta considerar al proyecto dentro de la categoría C, la cual comprende actividades de exploración donde se originen vertimientos y se requiera disponer desechos que puedan degradar el ambiente de la zona y donde el área efectivamente disturbada sea aquella requerida para construir mas de 16 plataformas de perforación, los accesos entre ellas, la trocha principal, movilización y desmovilización de los equipos de perforación, construcción de campamentos y de instalaciones auxiliares o que supere las 10 hectáreas.

### **10.2 Recursos hídricos**

Es importante mencionar que la cadena montañosa en la cual se ubican los cerros Satata e Icuro constituyen el limite natural de la cuenca del río Cajas, afluente del Marañón. En las cumbres de esta cadena montañosa se albergan diversos cuerpos lenticulares algunos de los cuales drenan hacia en río Cajas mientras que otros lo hacen hacia el Huallaga, es decir, que las líneas de cumbre constituyen el “divortium acuarium” de las cuencas Marañón - Huallaga.

Las fuentes de agua superficial en la zona del proyecto la constituye el río Cajas (caudal promedio de 7 metros cúbicos / segundo) junto con los cursos de agua de las quebradas Satata (3 metros cúbicos / segundo), Icuro (2 metros cúbicos / segundo) y Culluna (3 metros cúbicos / segundo) hacia el Sur, estas dos ultimas se unen antes de alcanzar el curso del río Cajas. Otro cuerpo de agua lenticular importante lo constituye la laguna Culluna ubicada aproximadamente a 1.5 Km al Este de la zona del proyecto, esta laguna se ubica a una altitud de 3800 m.s.n.m. y drena hacia el río Cajas por la quebrada del mismo nombre. La laguna Culluna cubre un área de 30 has y podría constituir la fuente de agua principal en caso de que el proyecto se desarrolle hacia una etapa de minado y procesamiento.

El agua para las operaciones de perforación fue tomada de las quebradas y lagunas Satata e Icuro según la proximidad a las plataformas. Las distancias entre las plataformas de perforación y las fuentes de agua varia desde 50 hasta 500 metros El agua se utilizo para la preparación de los lodos de perforación, los cuales fueron recirculados al taladro y

almacenados en barriles de 50 galones en superficie durante el desarrollo de las perforaciones.

### **10.3 Efectos previsibles de la actividad**

#### **10.3.1 Campamentos**

Los campamentos son elementos necesarios para el desarrollo del proyecto, su carácter provisional o permanente determina un impacto que puede ser temporal o de largo plazo.

La construcción de los campamentos constituye un componente ambiental que ha originado los siguientes impactos en el medio:

Remoción del suelo superficial  
 Generación de residuos sólidos domésticos  
 Generación de desagües

Existen dos casas que sirven como campamentos. La primera esta ubicada aguas arriba del poblado de Tomac en el margen derecho del río Cajas (fotografía N° 14), esta casa cuenta con un espacio para el estacionamiento de los vehículos, maquinaria y para el almacenamiento de los materiales e insumos de trabajo. La segunda casa se utiliza como campamento de estudio y se ubica en el cerro Satata (fotografía N° 15), en este lugar se alberga al personal encargado de realizar los trabajos de preparación de accesos y plataformas al igual que el trabajo de perforación de los taladros, en este campamento se realizo el almacenamiento temporal de los testigos de perforación (casa de logueo), su clasificación y preparación para ser enviados a Lima para el análisis en laboratorio. Ambos campamentos han sido construidos con tapiales para las paredes y tejas para el techo, cuentan, además, con todos los servicios y pozos sépticos para los desechos sólidos.

#### **10.3.2 Caminos de acceso**

La construcción de caminos de acceso constituye uno de los principales componentes ambientales de todo proyecto de exploración. Se construyo carreteras y trochas para conectar los campamentos entre sí y para conectar las áreas en donde están las plataformas de perforación con el campamento de estudio. Los impactos previsibles de la construcción de caminos son:

Remoción del suelo superficial.  
 Arrastre de sedimentos por acción de la lluvia sobre los terrenos expuestos.  
 Generación de polvo durante períodos de sequía por acción del viento o el transito de vehículos.  
 Desestabilización de taludes en caso de caminos construidos en laderas empinadas.

### **10.3.3 Operaciones de perforación**

Las operaciones de perforación constituyen las actividades a través del cual el proyecto de exploración consigue su objetivo principal el cual es el de probar reservas minerales. Las actividades de perforación deben seguir un procedimiento determinado que permitirá controlar los impactos que estos generen sobre el medio. Podemos mencionar los siguientes impactos que pueden originarse como consecuencia del desarrollo de estas actividades:

Remoción de terreno superficial para preparación de plataformas.

Ruido.

Generación de lodos.

### **10.3.4 Almacenamiento de sustancias peligrosas**

Las únicas sustancias que se pueden considerar peligrosas que son necesarias para el desarrollo de las actividades descritas anteriormente son los combustibles y lubricantes. Estos insumos serán almacenados en los campamentos, impermeabilizados con un material sintético y utilizados diariamente para la generación de energía, la movilización del personal a través de vehículos y la lubricación de los equipos de perforación, los grupos electrónicos y las perforadoras, El mayor impacto que puede asociarse al uso de estas sustancias los constituye el riesgo de que pueda producirse un derrame. Con la finalidad de controlar este impacto es necesario contar con un adecuado plan de almacenamiento y manejo de estas sustancias. En caso de producirse un derrame el suelo sobre el cual ocurrió el accidente deberá ser removido e incinerado.

## **10.4 Control y mitigación de los efectos de la actividad**

### **10.4.1 Control de sedimentos y erosión**

Los sedimentos se originan como una consecuencia natural de la erosión producida como efecto del flujo de agua de escorrentía sobre las superficies de los caminos que son abiertos con la finalidad de tener acceso a las instalaciones. Para mitigar este afecto se tomo en cuenta las siguientes recomendaciones básicas:

#### **10.4.1.1 Cunetas y contracunetas**

La finalidad de las cuentas y contracunetas es la de conducir el agua proveniente de los taludes y de la superficie del camino a las alcantarillas de manera que esta agua erosione lo menos posible la superficie de estas estructuras. Las cunetas fueron construidas a lo largo de la carretera, en el lado interno del corte o en ambos lados de ser necesario; las contracunetas fueron construidas en las faldas de los taludes para



captar el agua superficial que viene aguas arriba de la carretera, antes de que este llegue a los taludes de los cortes.

#### **10.4.1.2 Alcantarillas**

La función principal de las alcantarillas es la de permitir el libre paso del agua, proveniente de las cunetas y contracunetas a través de la carretera. Estas estructuras fueron construidas de acuerdo a las especificaciones del diseño para que puedan soportar las cargas del tráfico y la erosión del agua que pasa a través de ellas. Las alcantarillas cuentan con obras de toma y de salida para evitar la erosión de las mismas.

Las obras de toma y de salida han sido construidas con enrocamiento y concreto que son resistentes a la erosión, siguiendo las especificaciones del diseño. Las obras de salida conducen el agua a canales o vertederos protegidos con enrocamiento, los canales cuentan con pequeñas bermas o diques de disipación de energía.

Las bermas o diques de disipación de energía tienen la finalidad de reducir la velocidad del agua. Estas estructuras cuentan con acceso para su mantenimiento, pues los sedimentos que se acumulen en ellas deberán de ser removidos, cuando estos alcancen la mitad de la altura de las estructuras.

En los tramos en los que la carretera atraviesa cursos de agua el trazo es perpendicular al curso de agua.

#### **10.4.1.3 Peralte de la carretera**

La finalidad de darle peralte a la superficie de la carretera hacia las cunetas, es la de lograr mantener lo más seco posible la superficie del camino, en el que se tenga agua en la superficie de rodamiento, propiciara que el material del camino se sature. Si el material en la superficie de rodamiento esta saturado, esto propiciara que el tráfico del camino cree mas sedimentos al moler y lavar el material con las llantas de los vehículos, además de crear problemas constructivos en cuanto a la cimentación y la compactación.

A todas las carreteras se le dio un peralte mínimo de 2% para propiciar que el agua superficial en la superficie de rodamiento, escurra libremente hacia las cunetas.

#### **10.4.2 *Control de lodos de perforación***

Los lodos de perforación durante las operaciones han sido controlados de manera tal que estos no alcanzaron cursos de agua superficial, además, fueron reciclados y contenidos temporalmente en un tanque mezclador de lodos.

Una vez que se termino con la perforación de un taladro los lodos se transportaron en el tanque hacia el nuevo punto de perforación. En los casos donde existieron excedentes, se

excavaron pozas con la capacidad suficiente para verter todos los lodos y permitir que el agua percole a través del terreno, luego fueron rellenados con el mismo material extraído disponiendo del suelo orgánico que fue excavado en la superficie.

### **10.4.3 Control de ruidos**

Las principales fuentes de ruido lo constituyen los grupos electrógenos y las maquinas perforadoras. Los grupos electrógenos fueron colocados en casetas al igual que las maquinas perforadoras para minimizar la generación de ruido en el medio. Los operadores y geólogos contaron con un equipo de protección contra el ruido.

### **10.4.4 Control de efluentes y residuos domésticos**

Los efluentes domésticos de los campamentos fueron tratados en pozos sépticos de acuerdo a especificaciones de diseño. Estos efluentes no alcanzaron cursos de agua superficial ni subterránea.

En el caso de la basura generada en el campamento se construyo un relleno sanitario (silo) con capacidad suficiente para enterrar dichos desechos. El relleno sanitario consistió en una excavación efectuada en un terreno seco sin la presencia de agua y alejado de cursos naturales de agua, no se colocaron residuos con contenidos de aceites o hidrocarburos pues estos fueron incinerados.

## **10.5 Plan de cierre o de paralización temporal**

Los componentes del plan de cierre para el programa de exploraciones descrito lo constituyen:

- Carreteras y trochas de acceso
- Plataformas de perforación
- Trincheras y Calicatas de la exploración geofísica y geoquímica
- Taladros de perforación
- Pozas de lodos
- Campamentos

### **10.5.1 Carreteras y trochas de acceso**

La carretera principal que une los dos campamentos será dejada abierta y utilizada por los pobladores de la zona. Las trochas de accesos al campamento de estudio serian rehabilitadas de acuerdo a los siguientes criterios:

La restauración de todos los lugares de perforación construidos hasta su estado original, las superficies solidificadas serán rasgadas o aflojadas y se proporcionara un drenaje apropiado.

Volver a dar forma para prevenir la erosión y establecer contornos que sean compatibles con los patrones de drenaje de las áreas colindantes no alteradas.

Disposición apropiada del lodo de perforación excesivo y los cortes de perforación así como de cualquier reactivo o material tóxico descubierto o creado durante la perforación.

### **10.5.2 Plataformas de Perforación**

15 plataformas de perforación fueron planificadas para el primer programa de perforación diamantina, la ubicación de las plataformas de perforación correspondientes a los 7 sondajes realizados en el cerro Icuro se presenta en el plano isométrico N° 15 . Las plataformas consisten en un terreno nivelado de 8 m x 8m en el cual se ubica el equipo de perforación, 5 plataformas están ubicadas en el cerro Satata y 10 en el cerro Icuro.

Las plataformas de perforación constituyen áreas allanadas que serán rehabilitadas en caso de cierre o paralización temporal siguiendo los criterios siguientes:

En áreas de corte y relleno, las zonas allanadas volverán a tomar forma con respecto a un declive compatible. El material de desmonte lateral debe reemplazarse en el área alterada.

Todas las alcantarillas deben retirarse así como todo material acumulado durante la perforación de un taladro, además, los drenajes deben rehabilitarse o restablecerse.

### **10.5.3 Trincheras y Calicatas de exploración geoquímica y geofísica**

Se prepararon 17 trincheras para los estudios geoquímicos, fueron excavadas a mano y con perforadora piogar en roca, tuvieron longitudes variables x 1 m de ancho x 1 m de profundidad. Posteriormente las trincheras de exploración fueron rellenas con el material que fue removido (rocas, suelo regolítico y orgánico); de la misma manera las calicatas del reticulado geoquímico y geofísico; el programa de revejtación deberá cubrir estas áreas.

### **10.5.4 Taladros de Perforación**

Los taladros de perforación por motivo de la paralización temporal fueron abandonados siguiendo los siguientes criterios (MEM, 1995):

Todas las tuberías de revestimiento o tuberías de anillo atrapadas se cortaron al menos 61 cm por debajo de la superficie.

Todas las capas acuíferas están adecuadamente aisladas para prevenir la migración de líquidos o gases.

Los barrenos perforados tuvieron el propósito principal de realizar exploraciones mineras, en superficie quedaron adecuadamente obturados y sellados de una manera compatible con cubiertas que garantizan la seguridad al público, a la ganadería y a la fauna silvestre.

Como mínimo todos los huecos de perforación abandonados permanentemente tienen una obturación de superficie de cemento de 1 metro.

En los taladros N° 1,2,3,5,6 y 7 se encontró agua estática, el método de obturación utilizado consistió en llenar el orificio de unos 15m con una masa de bentonita o concreto, seguido de unos cortes con grava y finalmente una obturación de 1 m de cemento (figura N° 10.1).

En general las capas acuíferas interceptadas y las zonas mineralizadas en los 150 metros a partir de la superficie deben cimentarse 15 metros por encima, debajo y a través de la zona. Todas las capas acuíferas y las zonas mineralizadas con mas de 150 metros de profundidad deberán cimentarse a todo lo largo y 30 metros por encima y por debajo de la zona.

En taladro N°4 se encontró agua artesiana la que causo un flujo superficial y aumento importante en el agua del barreno, el orificio del sondaje quedo sellado desde el nivel de agua freática hasta la superficie con una masa combinada de cemento y bentonita apropiada. (figura N° 10.2)

Para el resto de los taladros propuestos, si no se encontrara agua no se requerirá obturación o sellado pero si deberá cubrirse de manera segura de tal forma que prevenga daños a personas, animales equipos y deberán rellenarse generalmente con cortes o lodos de perforación. La Figura 10.3 ilustra el procedimiento sugerido.

#### **10.5.5 Pozas de lodos**

Las pozas de lodo, disposición o almacenamiento fueron rehabilitadas siguiendo los criterios expuestos:

Se retiraron las sustancias peligrosas y se dispuso de manera apropiada. Una vez que el material de la poza secó lo suficiente, se procedió a dar forma al área extendiendo la capa superficial del suelo con crecimiento apropiado sobre el lugar y el área revegetada.

#### **10.5.6 Campamentos**

La rehabilitación del área allanada para la construcción del campamento deberá realizarse siguiendo los siguientes criterios:

En el caso en que las instalaciones no vayan a ser de utilidad para los habitantes de la zona estas deberán ser destruidas y los escombros dispuestos en el relleno sanitario. Los pozos

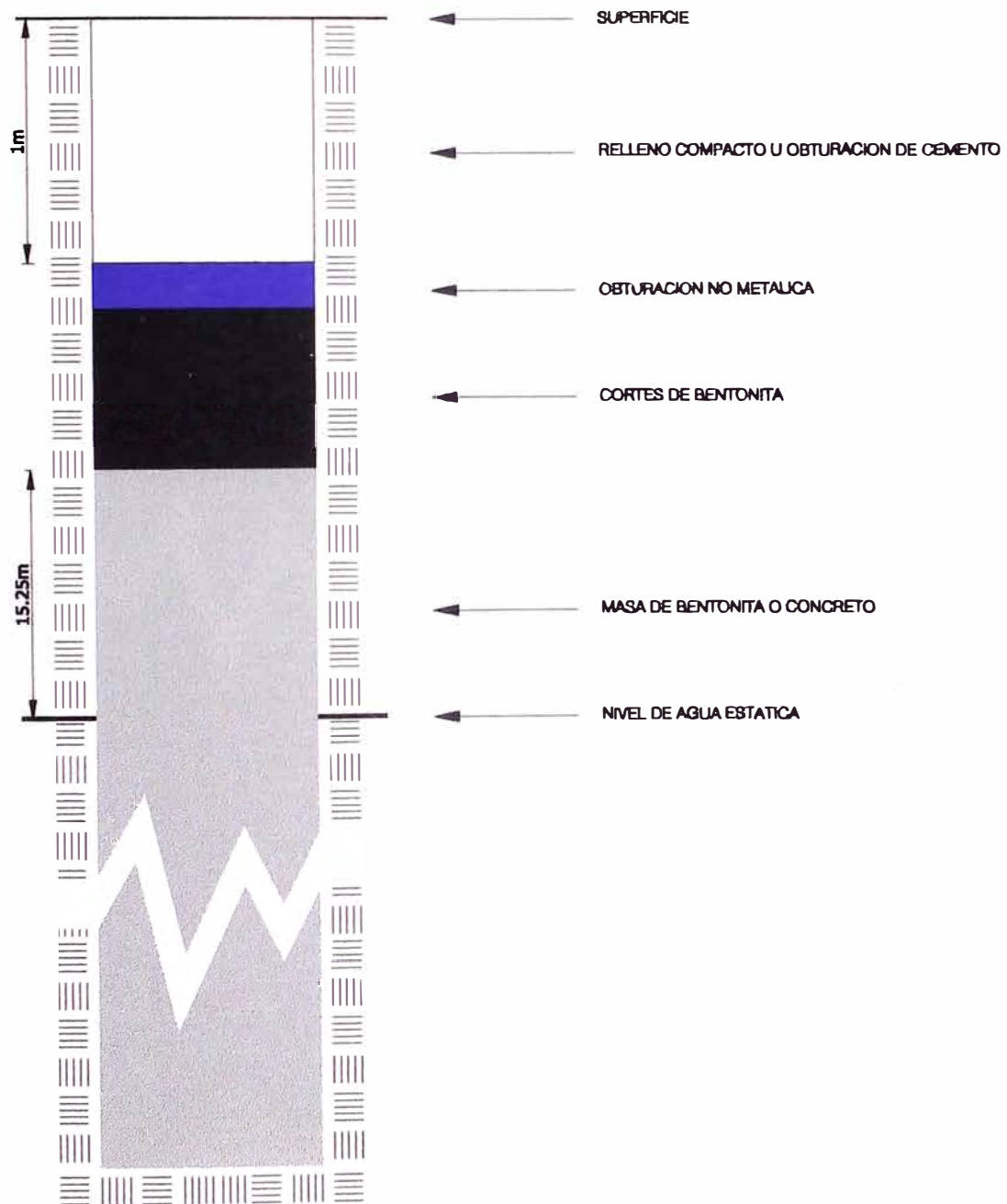


FIG N° 10.1 ESQUEMA DE UN TALADRO DE PERFORACION CUANDO SE ENCUENTRA AGUA ESTATICA

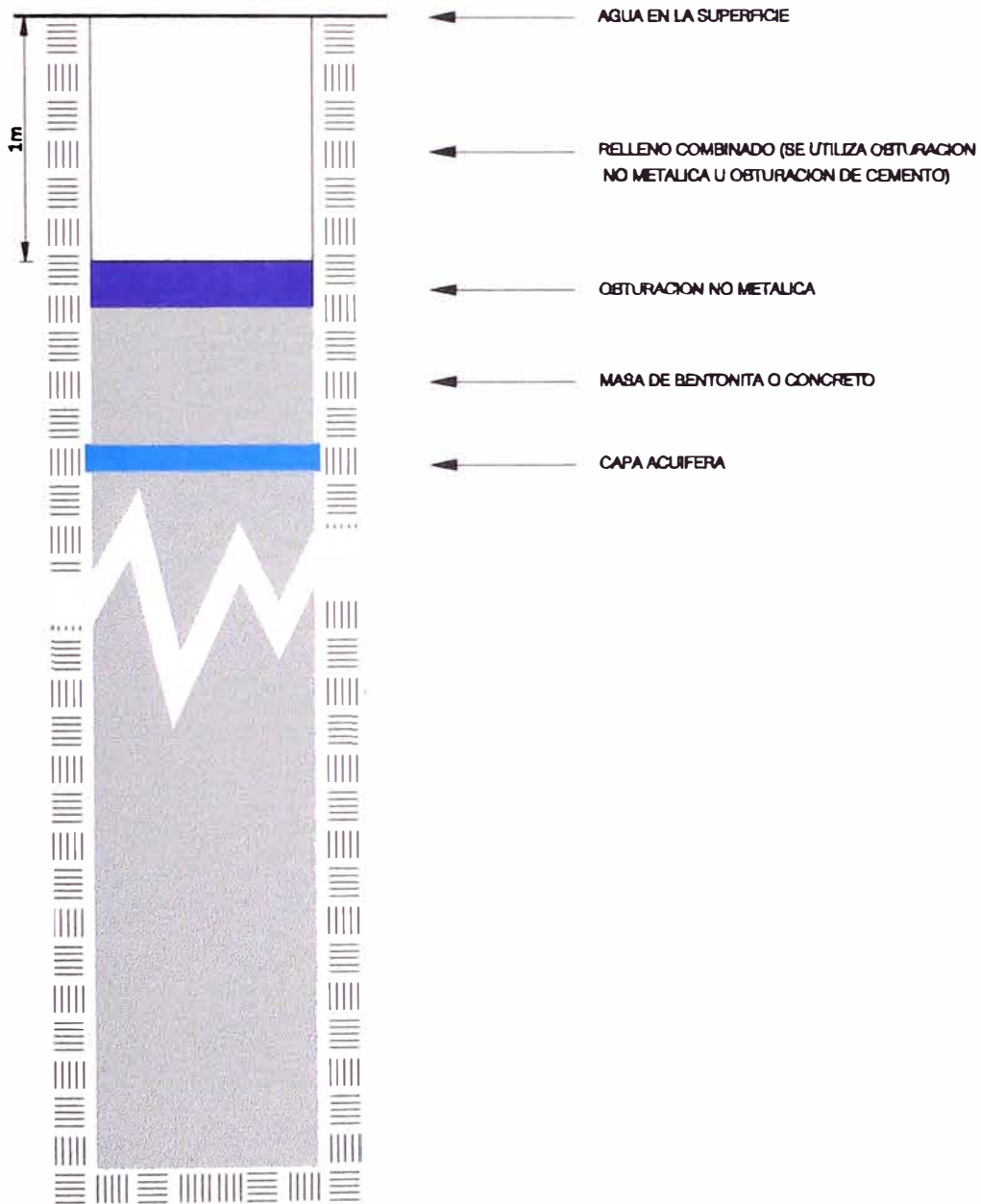


FIG N° 10.2 ESQUEMA DE UN TALADRO DE PERFORACION CUANDO SE ENCUENTRA AGUA ARTESIANA

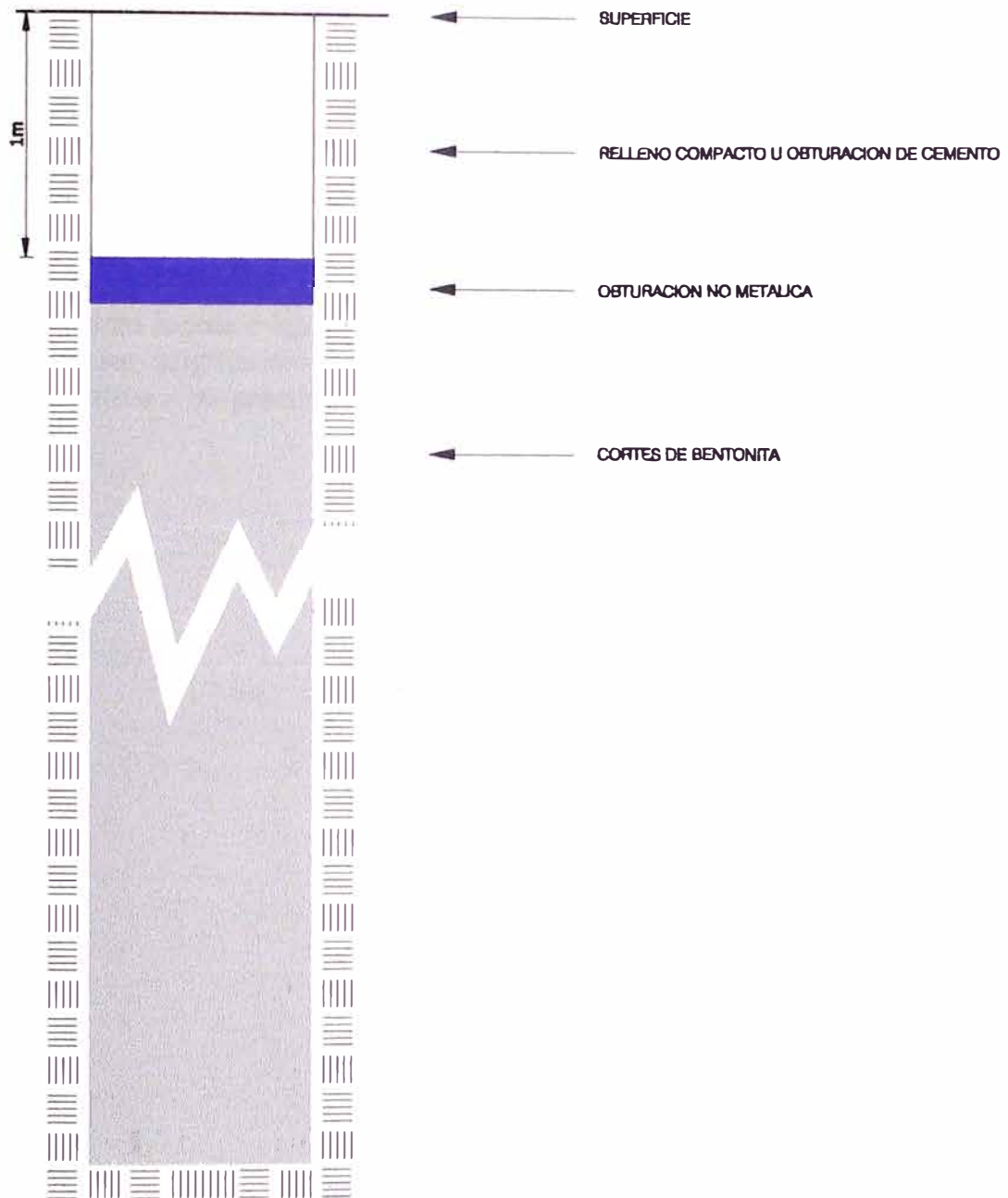


FIGURA N° 10.3 ESQUEMA DE UN TALADRO DE PERFORACION CUANDO NO SE ENCUENTRA AGUA

sépticos deberán ser sellados con cal y enterrados con material de préstamo local. El plan de revegetación deberá incluir el área de los campamentos.

## **10.6 Revegetación**

La revegetación deberá cubrir las áreas en las cuales el suelo superficial haya sido removido con la finalidad de construir accesos, plataformas o campamentos. El primer objetivo de la revegetación es estabilizar el área alterada y proteger el suelo de la erosión tan rápido como sea posible luego de que este ha sido alterado.

El establecimiento de una capa vegetal temprana es uno de los métodos más efectivos para controlar la erosión y la sedimentación. Se prefieren las plantas que proporcionan una cubierta protectora rápida o las que enriquecen al suelo. En los casos en que sea posible, las plantas deben ser originarias del área. La revegetación puede realizarse en la estación adecuada conforme a las prácticas aceptadas.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1.- La litología consiste de micaesquistos, filitas y metavolcánicos del Complejo Marañón de edad Proterozoico, las que están intruidas en la parte Este por granodioritas y granitos del batolito de Pataz, sobreyaciendo a esta unidad, y coronando los cerros, afloran volcánicos riolíticos a andesíticos medianamente silicificados a muy silicificados con diseminación de sulfuros (pirita, arsenopirita) correlacionados con la Formación Lavasén del Carbonífero superior. Hacia el SE y SW afloran el Grupo Ambo del Carbonífero inferior; las capas rojas del Grupo Mitu (Pérmico); las calizas del Pucará (Triásico medio a Jurásico superior) y areniscas de la Formación Goyllarisquisga del Cretáceo inferior.

2.- A escala regional predominan fallas de orientación NW - SE y NE - SW, localmente estructuras NNE - SSW, NNW - SSE, NE - SW y NW - SE. Las suturas tectónicas regionales de orientación andina en la parte Este, sirvieron de conducto para el ascenso y emplazamiento del intrusivo y al SW estas fallas limitan frecuentemente las distintas formaciones paleozoicas y mesozoicas con movimientos verticales, las fallas de orientación NE - SW controlan el drenaje y poseen básicamente movimientos horizontales.

3.- Desde el punto de vista de geología económica, el área de estudio se halla en el extremo SE de la provincia aurífera de Pataz - Tayabamba. Dentro de la región, el yacimiento Satata – Icuro y el C° Pahuarchuco contienen Au diseminado y en vetas; los C° Yanapaccha y Potrero vetas de Cu con Au y el C° Caldera vetas de Ag, observándose una distribución regional por elementos (plano N° 3).

4.- La mineralización de oro en el yacimiento se considera como singénético producido durante el metamorfismo y sincinemático, evidenciado por las andesitas y basaltos intruidos durante el metamorfismo regional y por las fallas normales enriquecidas con oro y sulfuros concordantes a la foliación de los esquistos. Existe un segundo evento de removilización y enriquecimiento posterior acarreado desde el basamento Precámbrico por los volcánicos Lavasén y un tercer evento de mineralización hidrotermal tardía de origen volcánico (fluidos remanentes) que han aprovechado las zonas de cizallamiento y los espacios abiertos para acumular concentraciones de oro y sulfuros en forma de vetas y diques.

5.- La formación Lavasén por su distribución geográfica regional, por la asociación con las estructuras que cortan al Batolito de Pataz y por su posición estratigráfica constituye la fase tardía volcánica del intrusivo, al parecer el magma que dio origen a las rocas volcánicas continentales en un principio tenía una composición básica, luego por un fenómeno de autometasomatosis sódica las plagioclasas intermedias y cálcicas fueron sustituidas por la albita (plagioclasa sódica) y por un aumento de sílice en la composición de las rocas el magma adquirió una composición ácida a intermedia, es por eso que en la región afloran riolitas hasta dacitas con algunas transiciones a andesitas.

6.- Los valores elevados (10000 ppm) de arsenopirita en superficie indican la presencia de oro en profundidad, el As de la arsenopirita es uno de los elementos que ha servido de

medio reductor para que los iones de oro contenidos en los complejos clorurados sean transportados y depositados por las soluciones mineralizadoras. Existe una buena asociación geoquímica en el contenido de Cu y Zn de las rocas ( $r=0.68$ ); moderada relación entre el Pb y Zn ( $r=0.30$ ); pobre asociación geoquímica entre el Au - Ag, Au - As, Ag - Cu, Ag - Pb, Ag - As, Cu - Pb y no existe correlación alguna entre Au - Cu, Au - Pb, Au - Zn, Ag - Zn, Cu - As, Pb - As y Zn - As.

7.- Los valores de potencial espontáneo (P.E) medidos durante el reconocimiento pueden estar separados en 3 categorías: primero un mediano “back ground” de potenciales que pueden ser positivos o negativos y tendidos sobre un rango de fracciones de milivoltio a excesivos milivoltios, pero generalmente menores de 1000mV; segundo potenciales espontáneos a lo largo de la mineralización con amplitudes entre pocos mv a 1000 mv, estos usualmente están polarizados con valores negativos y están orientados sobre el cuerpo; tercero valores mayores de 200mV son considerados como fuerte anomalía de potencial espontáneo.

El potencial espontáneo puede algunas veces afectar las medidas de cargabilidad y resistividad esto usualmente ocurre cuando el voltaje es muy bajo y los valores de P.E. son muy altos. La coincidencia de altas cargabilidades y fuerte P.E. usualmente se encuentran debajo de la mineralización superficial.

8.- Abruptos cambios en el tipo de roca pueden causar electromagnetismo esporádico, las cargabilidades negativas en los sensores registradas no son características en esquistos y volcánicos, esto puede ser el resultado de una severa distribución electromagnética en el campo producto de algunos fenómenos geológicos como fallas y zonas de cizallas, combinaciones geométricas, los cuales han provocado que la corriente eléctrica tome una dirección reversa produciendo fenómenos de doble efecto con doble lectura de cargabilidades negativas, esto ocurre cuando los electrodos transmisores y receptores se encuentran respectivamente en los lados opuestos de las quebradas o picos de los cerros; otras interferencias eléctricas verticales son provocadas por capas de roca conductiva que se encuentran separando a otras capas no conductivas.

9.- A escala microscópica en muestras de roca caja se determino la alteración potásica y la albitización, en las zonas más distales aumenta la alteración de feldespato K (microclina – biotita) y disminuye levemente la albitización y la pertita de enfriamiento lento, las CLOs y act disminuyen, la epidota tiende a aumentar. Hacia la roca fresca aparecen algunos cristales alterados con formas de anfíboles (restos de hornblendas) con biotitas residuales el cz primario limitado a cristales aislados y en diseminación con o sin albita. La albitización proviene de la alteración de la plagioclasa primaria, de la pertita y remplazando a la microclina tal albitización ocurre de 2 formas distal a la veta a manera de un halo zoneado que bordea fenocristales de plagioclasa primaria y microclina, cuando esta alteración es intensa deja cz primario insitu diseminado de manera residual y próximal a la veta en pequeñas vetillas locales de albita, cz primario, sericita y sulfuros. La albita puede estar hidrolizada durante alteraciones posteriores de periodos de sericita y clórta.

10.- El yacimiento Satata – Icuro corresponde a la serie metamorfofógena, grupo metamorfofizado, clase de metamorfismo regional afectado por una posterior actividad

hidrotermal de origen volcánico. Geográficamente se encuentra ubicado en el extremo Norte de la cadena volcánica terrestre del Carbonífero superior, en el flanco Oeste del batolito de Pataz, la cual es de composición riolítica – dacítica y se encuentra emplazada en el basamento Precambriano.

El basamento metamórfico precambriano esta conformado por meta-pelitas de facies de esquistos verdes con diseminación de piritita framboidal y metavolcánicos andesíticos basálticos de fondo marino que provienen directamente del manto superior con un ensamble mineral metamórfico de Au – py – apy – OXs Fe. en ese tiempo el manto superior era muy rico en metales preciosos como oro, plata, también Fe, subordinadamente Cu, Zn, Pb y As con predominio de la silicificación como alteración principal

Posteriormente las calderas volcánicas carboníferas del sistema Lavasen fueron enriquecidas por la fuente primaria de los minerales metálicos anteriormente mencionados alojados en las rocas metamórficas, como producto de una fase final de vulcanismo con circulación de fluidos ricos en sulfuros y oro (etapa hidrotermal) emplazados en cuerpos irregulares y estructuras vetiformes de cuarzo que se encuentran cortando a los esquistos y a los volcánicos. Mas las rocas del complejo marañón no fueron asimilados por corresponder a magmas incompatibles en composición química

## **RECOMENDACIONES**

1.- Ampliar el reticulado geoquímico hacia el Norte hasta la quebrada Satata, hacia el Sur hasta la quebrada Culluna y hacia el Este hasta 7 Lagunas con un espaciado lineal de 100m x 100 m; de la misma manera realizar un segundo programa de polarización inducida con una malla de líneas separadas cada 100m y con un espaciado entre electrodos de 100m, de tal manera que cubran las nuevas ampliaciones del reticulado geoquímico y otras áreas mineralizadas.

Para posteriores ensayos químicos se recomienda considerar al fierro como elemento geoquímico importante vinculado al oro.

2.- Concluir con la realización de los 8 sondajes que faltan y de acuerdo a los resultados de la primera campaña de perforación de constatación de la continuidad de las anomalías geoquímica y geofísica en superficie y de la alteración y mineralización en profundidad realizar una segunda campaña de perforación diamantina según los blancos u objetivos obtenidos a partir de los resultados de las nuevas ampliaciones de las mallas geoquímica y geofísica.

3.- Otros de los trabajos ha emprender a la brevedad, es el estudio metalúrgico de recuperación de oro. Se trata de una roca de alteración silíceo con sulfuros primarios (incluyendo la arsenopirita), que necesitan un tratamiento de lixiviación con recuperación de Au por cianuración, las pruebas metalúrgicas pilotos nos darán alguna idea de la recuperación y la metodología a emplear.

4.- Es recomendable medir las susceptibilidades eléctricas de las diferentes variaciones litológicas y mineralógicas, definidas durante el logueo de los testigos. Para cada variedad podrían ser obtenidas hasta 4 lecturas el objetivo es definir las variedades composicionales que pueden estar reportando las mas altas y bajas conductividades eléctricas y ubicarlas mejor durante el logueo de testigos. Los valores obtenidos también pueden ayudarnos en la interpretación cualitativa y cuantitativa de las anomalías geofísicas obtenidas en superficie.

Utilizar el método gravimétrico como complemento al de polarización inducida, sobre todo en áreas específicas bien definidas es decir donde exista superposición de anomalías geoquímicas, geofísicas y mineralización económica, gracias a este método se puede filtrar las indicaciones geofísicas obtenidas anteriormente.

5.- Los datos de las estructuras obtenidos de los cores y del cartografiado superficial (azimut, dirección de buzamiento y buzamiento) de las familias de fallas y fracturas predominantes pueden ser utilizados en estudios futuros de estabilidad de taludes y mecánica de rocas en tajos en caso de abrir una mina.

6.- Tomar en cuenta durante posteriores cartografiados alrededor de la zona el tamaño y grado de redondez de los piroclastos y fragmentos de los aglomerados lavas así como la presencia o ausencia de oro y sulfuros en estos, para determinar en superficie los conductos por donde viajaron, estimar el diámetro de estos, la distancia que fueron transportados los fragmentos y así poder encontrar otras calderas volcánicas que es donde se acumula la mayor cantidad de minerales de mena.

7.- Parece difícil diferenciar macroscópicamente las alteraciones hidrotermales en sus diferentes grados y ubicarlas con respecto a las alteraciones metamórficas y en el nivel de exposición de la mineralización de oro, para tal efecto se recomienda un muestreo de testigos cada 1 o 2 m a lo largo de todos los taladros, para obtener así una lamina de 1 cm de espesor para la confección de corte pulido y delgado. Es importante identificar y delimitar en los sondajes las diferentes alteraciones favorables que podrían estar relacionados con las diferentes etapas de mineralización, sistemas de venillas y por lo tanto diferentes poblaciones geoestadísticas de leyes de oro. Seguir marcando en forma continua la dirección de perforación en los testigos (puntos de tungsteno con el core lipter), si se logra medir las inclinaciones de las diferentes venillas es posible mediante un análisis geoestadístico, diferenciar y ubicar las diferentes direcciones de flujo.

8.- Como un método complementario a la delimitación microscópica del nivel de exposición, es conveniente cuantificar las alteraciones mediante un análisis químico de óxidos mayores. Este análisis litogeoquímico se puede realizar por fluorescencia de rayos X, cada muestra puede ser analizada por: SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y pérdida de volátiles por ignición y algunas de ellas por Zr (para observar el grado de lixiviación y removilización de elementos primarios).

La geoquímica de alteraciones se basa en el análisis de óxidos primarios mayores + S + pérdida de volátiles, mas no en elementos mayores. Este análisis químico puede realizarse cada 2 metros de testigos o paralelo al análisis por multielementos, habría que averiguar si la técnica es destructiva y la cantidad mínima de muestra.

9.- Realizar a escala regional un muestreo geoquímico detallado (reticulado por puntos) y trincheras en los volcánicos lavasen y en los metavolcánicos Precámbricos, para descubrir nuevas áreas mineralizadas diseminadas y determinar si estas formaciones constituyen metalotectos en la región, al mismo tiempo buscar patrones de mineralización y alteración similares a los encontrados en Satata Icuro. Es muy probable que esta mineralización no este limitado solo a estos yacimientos si no que existen otras zonas con similitudes geológicas como por ejemplo mas hacia el Norte en el área de Ventanas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A. Betejtin (1977).- “*Curso de Mineralogía*”. Editorial MIR. Moscu - Rusia pp 211- 213, 240- 243, 306- 309, 352- 363.
- Actlabs (1999).- “*Analytical Methodologies*”. Lima – Peru.
- D.S. Parosnis (1971).- “*Geofísica minera*”. PARAINFO. Madrid – España. pp 211- 223.
- F. Winkler (1978).- “*Petrogénesis de rocas metamórficas*”. Helmut G., F. Winkler.H. BLUME EDICIONES. Madrid España. pp 4-9, 19-32, 71-94, 177-179.
- H. Williams (1968).- “*Petrografía estudio de las rocas en secciones delgadas*”. Francis J. Turner, Charles M. Gilbert. COMPAÑÍA EDITORIAL S.A. México. pp 178- 195, 225- 239, 256- 259 p.
- INRENA (1995).- “*Mapa ecológico del Perú, guía explicativa*”. Ministerio de Agricultura del Perú. Instituto de Recursos Naturales (INRENA). 220 p.
- INGEMMET (1995).- “*Geología del Perú*”. Carta Geológica Nacional. Dirección de informacion y promocion de INGEMMET. Lima – peru. pp 17-35, 45-66.
- Instituto de ingeniero de minas (1999).- “*Curso taller de Geoquímica y Geofísica*”. Congreso internacional de prospectores y exploradores del Perú
- J. Mcphie (1993).- “*Volcanic Textures*”. a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Centre for ore Deposit and Exploration Studies University of Tasmania.
- John J. Wilson (1964).- “*Geología del cuadrángulo de Pataz*” Hoja 16-h. Comision de la carta geologica Nacional. Lima - Peru, pp 15- 22.
- L. Fontboté, G.C. Amstutz, M. Cardozo (1990).-“*Stratabound ore Deposits in the Andes*”. Paris – Francia.
- L. Fontbote (1998).- “*Algunos conceptos basicos sobre fluidos mineralizantes, tipos de yacimientos y aspectos geoquimicos de la alteracion hidrotermal*” North Compañía Minera S.A. Lima – Perú.
- L.U. de Sitter (1976).- “*Geología estructural*”. Ediciones Omega. Leiden – España. pp 88- 95, 96- 106, 132- 139, 153- 155, 191- 195, 224-226.
- Marcel Vallée (1991).- “*Guide to the evaluation of gold deposits*”. Michael David, Michael Dagbert, Clément Desrochers. Geological Society of CIM. Canmet – Ottawa.
- MEM (1995).- “*Guía Ambiental para actividades de Exploración de Yacimientos Minerales del Perú*”. Ministerio de Energía y Minas, Dirección general de asuntos

ambientales. Guia ambiental para actividades de exploracion de yacimientos minerales en el Perú.

M. Dobrin (1961).- “*Introducción a la Prospección Geofísica*”.ediciones Omega S.A. Barcelona – España. pp 376- 379, 405-409.

M. Mattauer (1973).- “*Les deformations des materiaux de L'écorce terrestre*”.Collection Méthodes. Paris – Francia. pp 63- 69, 90- 99, 229- 236, 247- 248, 264, 385- 398.

Parkes NSW (1994).-“*Geotechnical procedures manual*” . NORTH MINING LIMITED

Peter L. Siems (1997).- “*Lecture Manual Wall Rock Alteration for gold Exploration Workshop*”. Editorial Copyright C. University of Idaho.

P. Kerr (1965).-“*Mineralogia Optica*”. Mc GRAW – HILL BOOK COMPANY, INC. Columbia University.

P. Gagliuffi (1994).- “*Alteraciones Hidrotermales*”. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Lima – Perú. pp 4, 76- 85.

P.R. Ineson (1989).-“*Introduction to practical ore microscopy*”.Ediciones longman Scientific y Technical. pp 42- 44, 70- 74, 80- 83.

Promoción de ingenieros geólogos 1998 II Dr. Estanislao Dunin Borkowski “*Prospección y exploración geoquímica de yacimientos minerales*”. Lima – Peru.

Roger mason (1978).-“*Petrology of the metamorphic rocks*”.University of London. Londres – Inglaterra. pp 108- 110, 116- 117.

Reihe D. (1994).- “*Geologisches Jahrbuch Mineralogie, Petrographie*”. Ediciones Hannover. Sorbona – Francia.

R. V. Kirkham (1999).-“*Mineral deposit modeling*” Editado por R.V. Kirkham. Geological survey of Canada.

Sociedad geológica del Perú (1995).-*Volumen jubilar “Alberto Benavides”*.Lima – Perú. pp 18- 25.

Thomas Oberthür (1998).- “*Metallogenesis of selected gold deposits in Africa*”

V. I. Smirnov (1976).- “*Geología de yacimientos minerales*”. Editorial Mir Moscu. Moscu - Rusia. pp 235- 239, 246- 249, 281- 283, 321- 322, 330, 342, 350, 567- 574, 592- 597.

Walter T. Huang (1968).-“*Petrología*”. Union Tipografica Editorial hispano Americana. México.

William C. (1987).- “*Exploration and Mining Geology*. Department of mining and geological engineering the university of Arizona”

Wilson J. (1995).- “*Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari*”. Wilson J. Reyes L. Garayar J. Actualizado por la dirección de la carta Geologica Nacional a 1995. Lima – Perú. pp 4-18, 27-29, 39.





Fotografía N° 1 Lavaderos de oro en la quebrada Santa. Ubicación 9°085,310N 253,800E.



Fotografía N° 2 Morteros de granito de la época pre colonial. Ubicación 9°085,310N 253,800E.



Fotografía N° 3 Socavón hecho en la parte superior del yacimiento mineralizado. Ubicación 9°084,930N - 254,240E..



Fotografía N° 4 Interior de un socavón sobre una veta con coordenadas 9°084,335N - 255,100E, roca caja esquistos, se observan minerales supergenos como calcantita y malaquita.



Fotografía N° 5 Metabasaltos en almohadillas afilados por el metamorfismo regional Neoproterozoico en una etapa terminal. Ubicación 9°089,000N - 249,000E



Fotografía N° 6 Esquisto mostrando pliegues isoclinales de la fase 1. Ubicación 9°084,320N - 254,050E.



Fotografía N° 7 Riolitas Lavas en fuertes alteraciones. Ubicación 9°084,950N 253,900E



Fotografía N° 8 Vista panorámica del cerro Satata en su mayoría las rocas son esquistos pre Cámbricos cortado por un sistema de fallas N-S y NE - SW forman pilares tectónicos



Fotografía N° 9 Bloque correspondiente a un pilar tectónico de una falla de orientación N - S.



Fotografía N° 10 Trincheras sobre el cuerpo mineralizado Norte, corta a la metaestratificación de los esquistos. Ubicación 9°085,000N - 254,200E.



Fotografía N° 11 Fuente de energía generadora de la fuente eléctrica continua durante la prospección geofísica.



Fotografía N° 12 Carretes de cables conectados a los electrodos utilizados en las líneas geofísicas.



Fotografía N° 13 Voltímetro, mide la diferencia de potencial entre electrodos transmisores y receptores.



Fotografía N° 14 Campamento Tomac a orillas del río Cajas. Ubicación 9°086,200N 252,800E.



Fotografía N° 15 Campamento Satata en la quebrada del mismo nombre. Ubicación 9°085,380N - 253,800E.



Fotografía N° 16 Extrayendo testigo del tubo triple  
 Herramienta sofisticada que puede extraer panizos  
 material de falla. Al fondo cajas para testigos.



Fotografía N° 17 Bomba succionadora de lodos  
 utilizado en los taladros, forma parte del sistema  
 circulatorio de recuperación de aditivos.



Fotografía N° 18 Cajas para testigos HQ, a la  
 izquierda maquina corta testigos. Casa de logeo.



Fotografía N° 19 Traslado de la perforadora  
 LF-70 del taladro SDDH-5 al SDDH-6 a través  
 de una pendiente de 50° aproximadamente.

## ANEXOS

### CUADRO DE MUESTRAS DEL YACIMIENTO SATATA ICURO DEL ANÁLISIS DE SECCIONES DELGADAS Y PULIDAS

Código	Coordenadas		Muestra de mano	Tipo de secciones	Ley de Au gr/TM
	Norte	Este			
M - 1	9'085,560	254,137	Esquisto silicificada y cloritizada	S.P.	0.56
M - 2	9'084,415	254,035	Riolita silicificada y cloritizada del cuerpo mineralizado Sur	S.D. S.P.	3.27
M - 3	9'084,692	254,655	Esquisto propilitizado ligeramente sericitizado	S.D. S.P.	1.48
M - 4	9'085820	253,880	Brecha riolítica silicificada ligeramente sericitizada	S.D. S.P.	5.28
M - 5	9'084,860	253,985	Esquisto débilmente silicificado propilitizado y sericitizado	S.D.	5.3
M - 6	9'084,318	255,038	Veta cercana a la caja techo	S.P.	0.31
M - 7	9'085,225	254,370	Metandesita piróxenica propilitizada y cloritizada	S.D. S.P.	1.3
M - 8	9'085,025	254,220	Dacita sericitizada y cloritizada	S.D. S.P.	6.36
M - 9	9'085,880	254,330	Dique andesítico verde grisáceo cloritizado y propilitizado	S.D.	-----
M - 10	9'085,005	253,845	Esquisto silicificado ligeramente propilitizado	S.D.	-----
M - 11	9'085,950	254,295	esquisto blastobrechado silicificado y cloritizado	S.D.	-----

## ABREVIATURAS

arsenopirita	apy	microclina	mcl
andesina	and	gangas	GGs
oligisto micaceo	olg	leucosita	lx
adularia	adl	óxidos de fierro	OXs de Fe
alunita	aln	malaquita	mlq
albita	alb	magnetita	mt
anfíboles	ANFs	muscovita	mus
arcillas	ARCs	minerales opacos	MOPs
augita	aug	matriz	mx
actinolita	act	ortoclasa	or
bornita	bn	oro	Au
biotita	bt	pirita	py
brecha	bx	pirrotita	po
cuarzo	cz	pentlandita	pnt
calcopirita	cpy	plagioclasa	PLGs
carbonatos	CBNs	piroxenos	PXNs
caolinita	KAOs	rutilo	RT
calcocita	cc	sericita	ser
covelita	cv	sulfuros	SULs
cobres grises	CGRs	sílice	SiO <sub>2</sub>
clóritas	CLOs	tetraédrita	td
clinozoisita	clz	turmalina	tur
calcita	cac	titanomagnetita	tmt
digenita	dig	rutilo	rt
esfalerita	ef	zircón	zc
escorodita	scr	grafito	gf
especularita	esp	ópalo	op
epídota	ep	calcantita	cct
esfena	efn		
feldespatos	FPTs		
feldespato potasico	FPTsK		
galena	gn		
goetita	goe		
hornblenda	hor		
heraldita artificial	her		
hemátita	hm		
limonitas	LIMs		

# TIPOS GEOMÉTRICOS DE INTERCRECIMIENTOS ENTRE MINERALES

(CLASIFICACIÓN PROVISIONAL)

I

II

III

IV

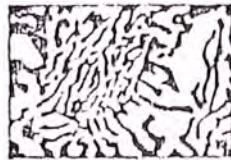
1a SIMPLE



1b AMEBOIDE



1c GRÁFICO



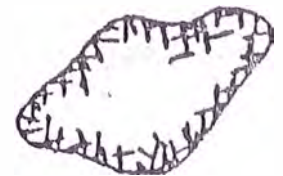
1d DISEMINADO



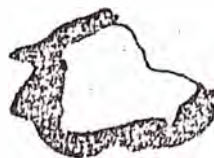
1e INCLUSIÓN



2a CORONA



2b SUB-CORONA



2c CONCÉNTRICO





I

II

III

IV

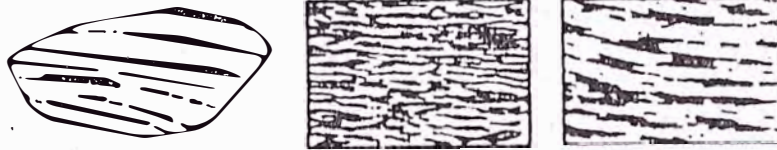
Id COLOFORME



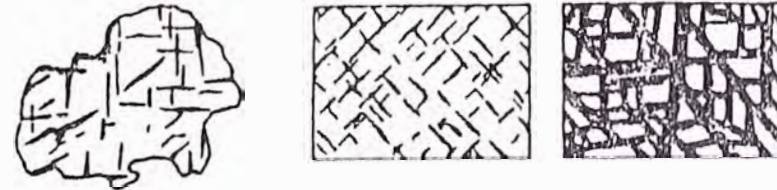
3a SANDWICH



3b ESTRATIFICADO



3c RETICULAR



3d VETEADO



4a BORDE COMPUESTO



4b COMPENETRACIÓN



4c INTERSTICIAL



Co: PACS / SVC						
H 03 / 07 / 00	EOH 23 / 07 / 00					
	Desde (m)	Hasta (m)	Intervalo (m)	Coordenadas	Orientacion del taladro	Profun. (m)
	0.00	138.90	138.90	Norte 9084993 N	Punto	0.00
	138.90	375.40	236.50	Este 254143 E	Punto	-52
			375.40	Cota 3956.06 m.s.n.m	Punto	170
						-54.5
						168

**MINERA AURIFERA VERONICA S.A.**  
**Formato de Supervision de maquina**  
**Proyecto: SATATA-ICURO**

Geologo	M.A.V.B.	Fecha de logueo	03 / 07 / 00
---------	----------	-----------------	--------------

No echa	Desde mt	Hasta mt	Longitud Intervalo	Recuperación		Tiempo Inicio	Tiempo final	Diferenc. tiempos	Velocidad m/hr	Accesorios de perforacion	Condiciones Geologicas y Operacionales (Retomo de agua, Oxidacion, Cizallas, Fallas, Contactos Geologicos, Superficies, Orientaciones, Reaming, Flushing, Reparaciones)
				Longitud	%						
1 /07/00	0	1.10	1.10	1.10	100	15:01	15:16	0:15	105.60	Reaming shell Board Long Year serie 9 40626-2	Bloqueo de testigos por presencia de limos 15:28hrs/Reinicio a las 15:34hrs
2 /07/00	1.1	2.15	1.05	1.05	100	15:28	15:34	0:06	252.00	Reaming shell 9472-3	Zona fracturada y silicificada, cambio de casing
3 /07/00	2.15	2.50	0.35	0.25	71	16:44	16:52	0:08	63.00		Zona de cizalla, falla en esquisto verde
4 /07/00	2.5	3.10	0.60	0.60	100	17:08	17:30	0:22	39.27		
5 /07/00	3.1	3.35	0.25	0.20	80	17:34	17:44	0:10	36.00		
6 /07/00	3.35	4.05	0.70	0.70	100	17:50	18:04	0:14	72.00		
7 /07/00	4.05	4.90	0.85	0.85	100	18:10	18:32	0:22	55.64		Del tubo 3.05 hay 2.20 de sobrante
8 /07/00	4.9	5.10	0.20	0.20	100	19:40	20:03	0:23	12.52		Se tomo 14min. en sacar la muestra del testigo, zona de cizalla 2cm.
9 /07/00	5.1	6.00	0.90	0.90	100	20:17	20:39	0:22	58.91		Se han demorado 60min para colocar un jebe a la conexión de la bomba, 21min para instalar la tuberia shear zone 28cm
10 /07/00	6	7.10	1.10	1.05	95	22:00	22:30	0:30	52.80		8 fallas, 3 fracturas 6 vetillas de qz de 1.5cm-7cm, se tomo 38min para sacar la muestra del testigo, se coloco un tubo de 3.05 adicional.
11 /07/00	7.1	7.95	0.85	0.85	100	23:08	23:30	0:22	55.64		6 fracturas, 4 venas de cuarzo de 4 cm aprox, demoraron 22min para sacar el testigo, influye el problema del retorno de agua
12 /07/00	7.95	8.35	0.40	0.40	100	23:52	0:17	0:25	23.04		1 falla, 1 fractura, 1 vena de cuarzo de 1cm. Se tomaron 15 min para sacar el testigo, se agrego polimero con bentonita



**MINERA AURIFERA VERONICA S.A.**  
**Formato de Geomecanica SDDH-1**

Intervalo		Recuperación del core		R.Q.D		Fracturas por Intervalo			Características del core				Comentarios
Profund. desde (m)	Profund.h asta (m)	Recuperac. del core (m)	Porcent. de recup.(%)	Core (cm) > a 10 cm	Porcent R.Q.D. (%)	Abiertas	debilmen. Abierto	muy cerrado	Tamaño del core	Tipo de roca	Oxidacion	Resistencia	
0	1	75	75%	0	0	20	5	—	HQ	MV	M	4	
1	2	1.0	100%	0	0	21	10	---	HQ	MV	M	4	
2	3	3.0	1%	0	0	25	9	—	HQ	MV	M	4	OxS de Fe en fracturas
3	4	0.7	70%	0	0	15	15	—	HQ	MV	M	4	OxS de Fe en fracturas
4	5	0.9	90%	17	17	25	20	—	HQ	MV	M	4	OxS de Fe en fracturas
5	6	0.90	95%	0	0	23	14	—	HQ	MV	S	4	
6	7	1.0	100%	29	29	13	12	—	HQ	MV	M	4	
7	8	0.9	90%	42	42	11	7	—	HQ	MV			
8	9	1	100%	0	0	25	15	—	HQ	MV	M		
9	10	1	100%	20	20	14	12	—	HQ	MV			OxS de Fe en oquedades
10	11	0.85	85%	0	0	50	10	—					20cm V.S. OxS de Fe
11	12	0.90	90%	0	0	30	10	—					fuertemente fracturado
12	13	1.0	100%	0	0	20	8	—					
13	14	0.85	85%	0	0	20	10	—					
14	15	0.95	95%	0	0	20	11	—	HQ	MV	M	4.5	Venas de cuarzo con 3cm de Oxs de Fe
15	16	0.95	95%	0	0	30	6	—					
16	17	0.85	85%	12	12	14	10	—					20cm. Nucleos de Oxs de Fe
17	18	1.00	100%	11	11	8	14	—					
18	19	1.00	100%	11	11	13	15	—					
19	20	1.0	100%			17	7						
20	21	1.0	100%			12	11						
21	22	0.90	90%			10	4						
22	23	0.91	91%			13	7						
23	24	1.0	100%			14	9						
24	25	1.0	100%			15	10						
25	26	0.92	92%			13	6						10cm. Nucleos de OxS de Fe
26	27	0.85	92%			11	5						
27	28	0.92	92%			16	6						
28	29	0.72	72%			22	8						
29	30	1	100%	0	0	18	4	0					sulfuros
30	31	1	100%	0	0	12	3	0					sulfuros
31	32	1	100%	0	0	9	2	0					sulfuros
32	33	1	100%	0	0	9	5	0					sulfuros
33	34	1	100%	0	0	8	4	0					sulfuros
34	35	1	100%	0	0	14	3	0					sulfuros
35	36	1	100%	10	0	9	5	0					sulfuros
36	37	1	100%	20	20	14	6	0					sulfuros
37	38	0.95	95%	0	0	13	4	0					
38	39	0.97	97%	0	0	10	3	0					
39	40	0.9	90%	0	0	12	5	0					
40	41	0.90	90%	0	0	13	8	0					

**MINERA AURIFERA VERONICA S.A.**

**Formato del cortado testigos**

<b>Fecha</b>	<b>N° de Taladro</b>	<b>Disco cortador</b>	<b>Intervalos Corte</b>	<b>Tiempo(hrs)</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Velocidad (m/hrs)</b>
14/09/00	SDDH3	R-2	5.40m	8.00	5.40	0.675
15/09/00	SDDH3	R-2	2.00m	6.00	2.00	0.333
16/09/00	SDDH3	R-2	36.00 a 38.00	0.96	2.00	2.083
17/09/00	SDDH3	R-2	39.00 a 41.00	0.93	2.00	2.151
17/09/00	SDDH3	R-2	42.00 a 44.00	1.00	2.00	2.000
17/09/00	SDDH3	R-2	45.00 a 47.00	1.16	2.00	1.724
17/09/00	SDDH3	R-2	48.00 a 51.00	1.08	3.00	2.778
17/09/00	SDDH3	R-2	52.00 a 55.00	1.00	3.00	3.000
17/09/00	SDDH3	R-2	56.00 a 58.00	1.00	2.00	2.000
17/09/00	SDDH3	R-2	59.00 a 62.00	0.91	3.00	3.297
17/09/00	SDDH3	R-2	63.00 a 66.00	1.00	3.00	3.000
17/09/00	SDDH3	R-2	67.00 a 69.00	1.00	2.00	2.000
17/09/00	SDDH3	R-2	70.00 a 72.00	1.50	2.00	1.333
18/09/00	SDDH3	R-2	73.00 a 75.00	1.16	2.00	1.724
18/09/00	SDDH3	R-2	76.00 a 79.00	1.21	3.00	2.479
18/09/00	SDDH3	R-2	80.00 a 82.00	1.33	2.00	1.504
18/09/00	SDDH3	R-2	83.00 a 85.00	1.42	2.00	1.408
18/09/00	SDDH3	R-2	87.00 a 90.00	1.50	3.00	2.000
18/09/00	SDDH3	R-2	91.00 a 93.00	2.33	2.00	0.858
18/09/00	SDDH3	R-2	94.00 a 96.00	2.00	2.00	1.000
18/09/00	SDDH3	R-2	97.00 a 99.00	1.50	2.00	1.333
19/09/00	SDDH3	R-2	100.00 a 103.00	1.42	3.00	2.113
19/09/00	SDDH3	R-2	104.00 a 107.00	1.50	3.00	2.000
30/09/00	SDDH3	R-2	108.00 a 110.00	2.00	2.00	1.000
30/09/00	SDDH3	R-2	111.00 a 114.00	2.25	3.00	1.333
30/09/00	SDDH3	H-2	115.00 a 116.00	4.00	2.00	0.500
01/10/00	SDDH3	H-2	116.00 a 120.00	2.25	2.00	0.889
01/10/00	SDDH3	R-1	121.00 a 125.00	1.50	4.00	2.667
01/10/00	SDDH3	R-1	125.00 a 128.00	1.42	3.00	2.113
01/10/00	SDDH3	R-1	129.00 a 130.00	2.00	3.00	1.500
02/10/00	SDDH3	R-1	130.00 a 134.00	2.33	4.00	1.717
02/10/00	SDDH3	R-1	136.00 a 137.00	2.25	3.00	1.333
02/10/00	SDDH3	R-1	138.00 a 141.00	2.26	3.00	1.327
02/10/00	SDDH3	R-1	142.00 a 144.00	1.45	2.00	1.379
02/10/00	SDDH3	R-1	145.00 a 146.00	1.75	2.00	1.143
02/10/00	SDDH3	R-1	148.00 a 152.00	1.08	4.00	3.704
02/10/00	SDDH3	R-1	153.00 a 156.00	3.25	4.00	1.231
04/10/00	SDDH3	R-1	158.00 a 163.00	3.42	5.00	1.462
04/10/00	SDDH3	R-1	164.00 a 167.00	4.00	4.00	1.000
05/10/00	SDDH3	R-1	168.00 a 173.00	4.50	5.00	1.111
05/10/00	SDDH3	R-1	175.00 a 179.00	4.00	4.00	1.000
05/10/00	SDDH3	R-1	180.00 a 185.00	4.50	5.00	1.111
05/10/00	SDDH3	R1	180.00 a 185.00	4.50	5.00	1.111
30/10/00	SDDH4	R2	162.00 a 167.00	1.42	5.00	3.521
30/10/00	SDDH4	R2	168.00 a 171.00	1.50	3.00	2.000
30/10/00	SDDH4	R2	173.00 a 177.00	1.30	4.00	3.077
30/10/00	SDDH4	R2	179.00 a 182.00	1.33	3.00	2.256
30/10/00	SDDH4	R2	184.00 a 187.00	1.46	3.00	2.055
31/10/00	SDDH4	R2	188.00 a 193.00	1.33	5.00	3.759
31/10/00	SDDH4	R2	194.00 a 199.00	1.45	5.00	3.448
31/10/00	SDDH4	R2	200.00 a 204.00	1.42	4.00	2.817
31/10/00	SDDH4	R2	205.00 a 208.00	1.33	3.00	2.256
01/11/00	SDDH4	R2	210.00 a 214.00	1.16	4.00	3.448
01/11/00	SDDH4	R2	215.00 a 219.00	1.28	4.00	3.125
01/11/00	SDDH4	R2	220.00 a 224.00	1.36	4.00	2.941
02/11/00	SDDH4	R2	226.00 a 229.00	1.33	3.00	2.256

**MINERA AURIFERA VERONICA S.A.****SUMARIO DE TALADRO**Proyecto: Satata - IcueroTaladro #: SDDH-2Fecha inicio: 08 de Julio del 2000Fecha Fin: 12 de Agosto del 2000Objetivo: Verificar en profun. la continuidad de la Anom. Geoquímica y Anomalia Geof. y cortar cuer. min.Sistema Coordinadas: UTMNorte: 9'084,918NEste: 254,237EElevación: 4000 m.s.n.m.Profundidad: 323.75mCollar Azimut:/ Inclinación: 170°/ -52°SEGeologo (s): MAVESAFecha de Logeo: 28-07-00 / 25-08-00Laboratorio: ALS GEOLAB S.A.# de Reporte de Leyes: 5157Contratista: PACS / SVC ASOCIADOSTipo de Maquinaria: LF-70

Tipo Taladro/Tamaño	De	A	Inicio	Fin	Comentarios
DDH / HQ	00.00	165.90	26/07/00	05/08/00	
DDH / NQ	165.90	323.75	05/08/00	12/08/00	

**RESUMEN DEL GEOLOGO****INTERSECCIONES SIGNIFICANTES**

DE	A	Tipo Roca	Alteración	Espesor	Ley	De - A	Cutoff	Tipo Mineral
0.00	80.00	Esq. (RV)	Silic. - ser.	80.00				py,Au,po, esp.
144.45	15.05	Esq. (RV)	ser. - clorisi.	0.60				py,Au,mal,bor.
161.3	166.5	Diq. Ande.	Sil. - seric.	5.20				py,po.
171.45	173.70	Diq. Ande.	Carbonat.	2.25				py.
213.45	230.7	Esq. vist.	Carbon. - sil.	17.25				py,po,bor,mol,apy..
233.40	234.15	Esq (RV)	Clor. - carb.	0.85				py 2%.
246.80	257.95	Diab. Volca.	Car. - clori.	11.15				py 6%.

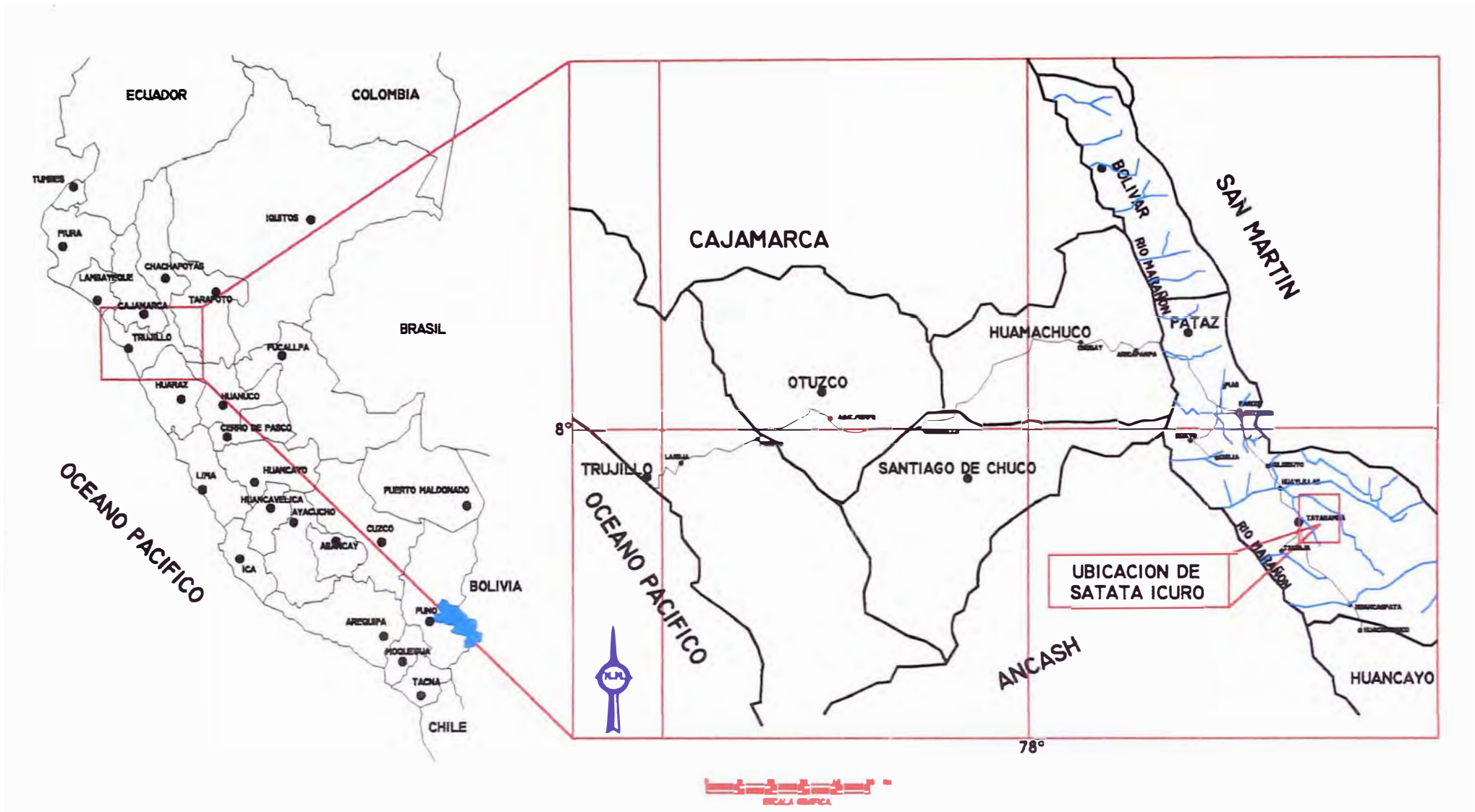
**LEVANTAMIENTO DEL TALADRO**

Tipo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

00.00	170°	-52°
175.85	168°	-55°
241.80	167° 30'	-58°
280.95	167°	-60°
323.75	167°	-60°

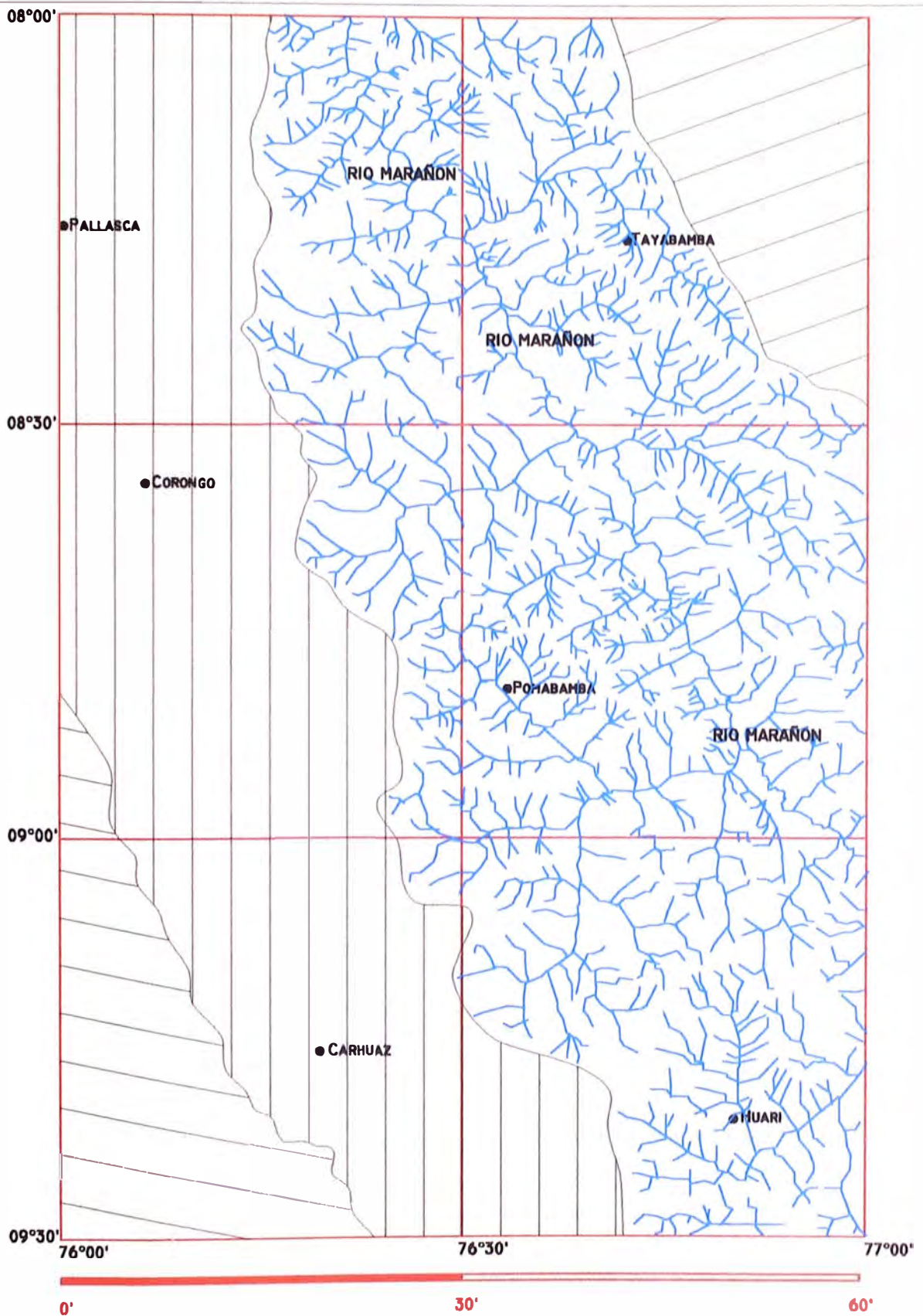
**Comentarios:**Profundidad de Nivel de Agua: 161.875m

Flujo de Agua: \_\_\_\_\_









M.A.V.B.

PLANO N° I DE UBICACION Y ACCESIBILIDAD SATATA - ICURO



### LEYENDA

- |  |  |
|--|--|
|  CUENCA DE LOS RIOS REPEÑA Y GRANDE |  CUENCA DEL RIO MARAÑON             |
|  CUENCA DEL RIO SANTA               |  CUENCA DEL RIO HUALLAGA            |
|  CUENCA DEL RIO SANTA               |  DIVISORIA DE CUENCAS HIDROGRAFICAS |

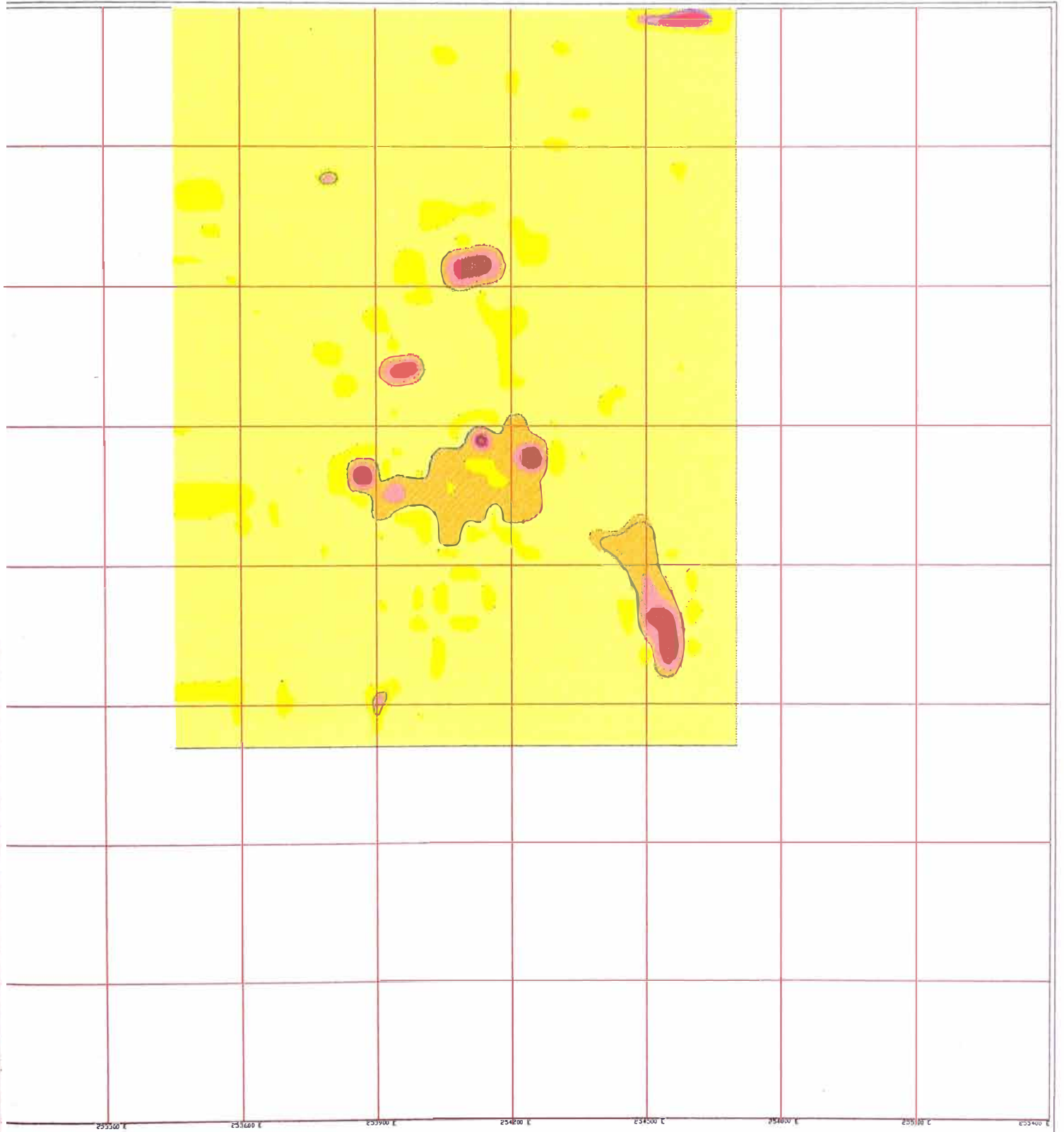
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

### PATRONES DE DRENAJE Y CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO MARAÑON

REALIZADO POR M.A.V.B.

PLANO N° 2





INTERVALOS DE LAS LEYES DE ORO

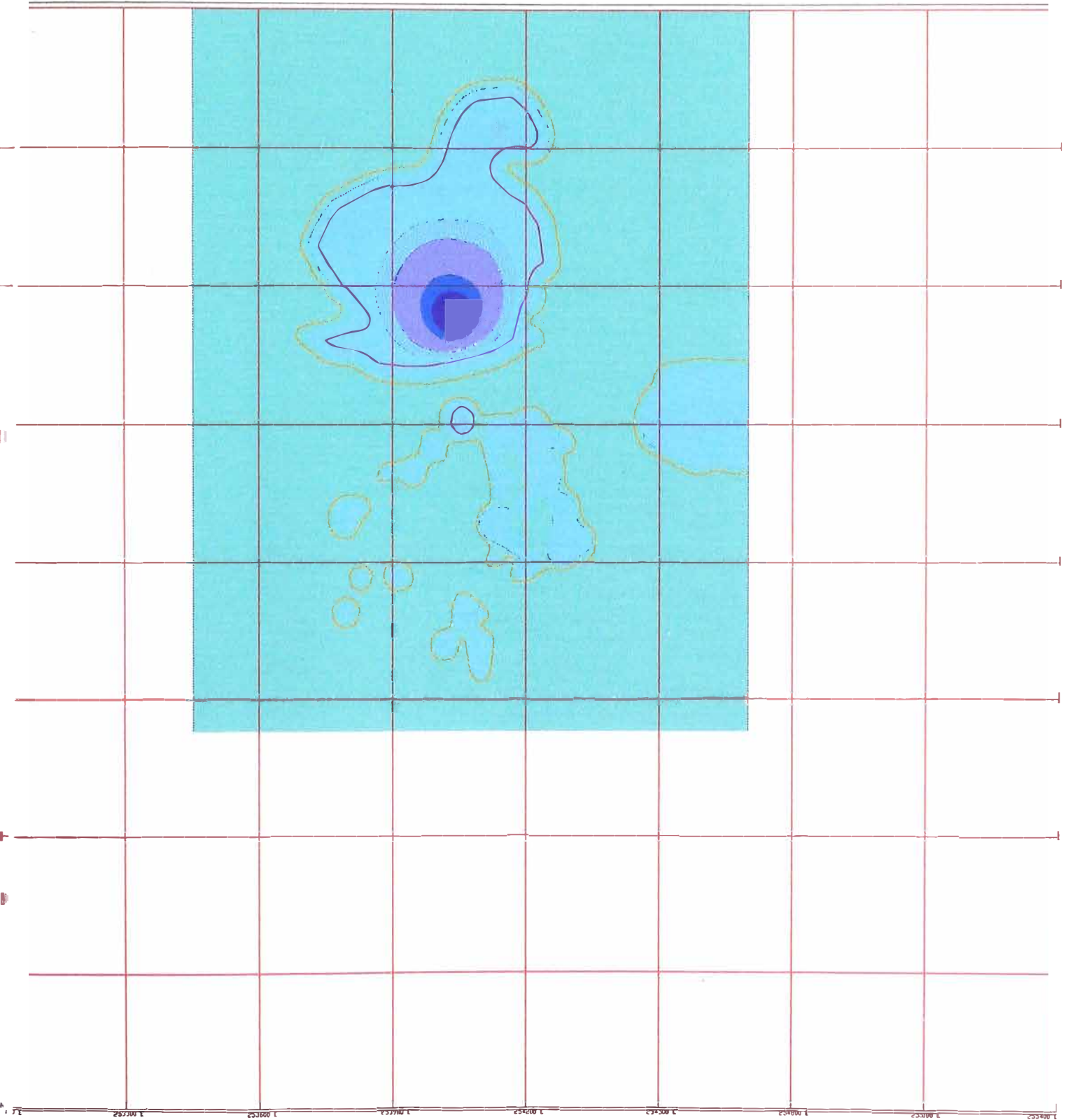
- 1-27 PPM
- 0.5-1 PPM
- 0.25-0.5 PPM
- 0.1-0.25 PPM
- 0.05-0.1 PPM
- 0-0.05 PPM

B = 0.156 ppm  
 T = 2.184 ppm

ESCALA GRAFICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PLANO GEOQUIMICO DE ORO SATATA - ICURO	
REALIZADO POR MIGUEL ANGEL VICHARRA BARRUETA	PLANO N° 5



TERVALOS DE LAS LEYES DE PLATA

- 1.54-1.90 PPM
- 1.22-1.54 PPM
- 0.90-1.22 PPM
- 0.58-0.90 PPM
- 0.26-0.58 PPM
- 0.10-0.26 PPM

-  B = 0.18 ppm
-  T = 0.48 ppm

ESCALA GRAFICA

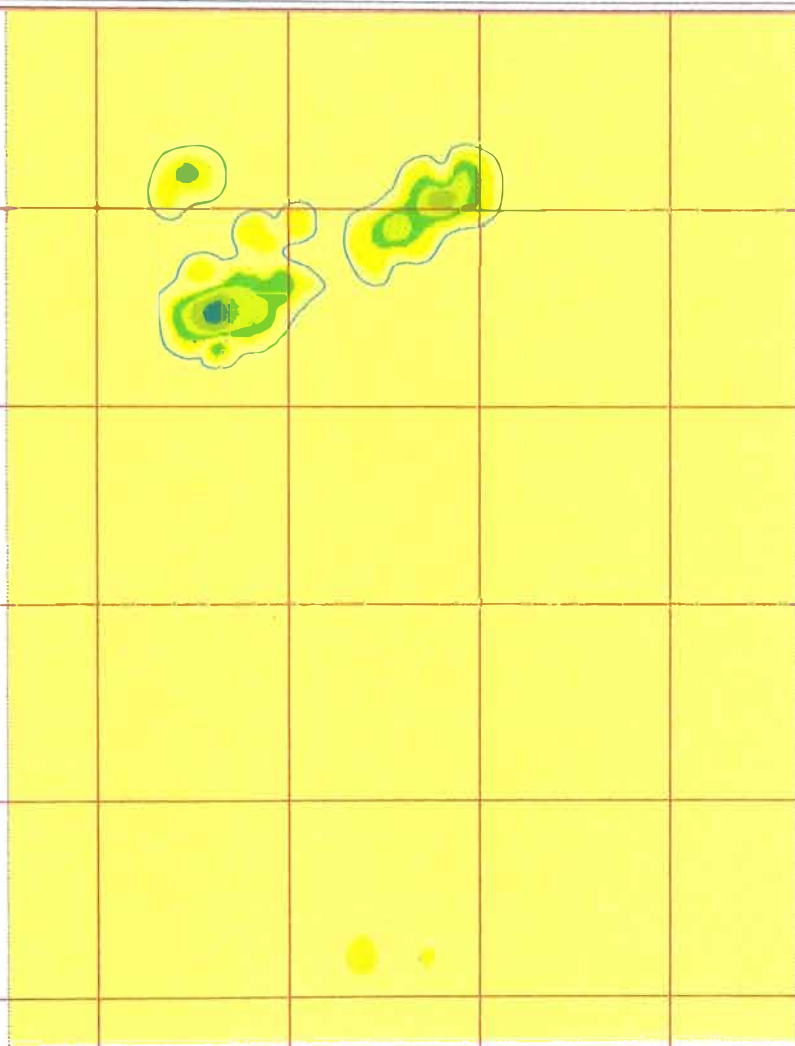


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PLANO GEOQUIMICO DE PLATA  
SATATA - ICURO

REALIZADO POR MIGUEL A. VICHARRA BARRUETA

PLANO N° 6



25720 E      25560 E      25700 E      25420 E      25480 E      25400 E      25300 E      25440 E

**INTERVALOS DE LAS LEYES DE COBRE**

- 2125-2597 PPM
- 1653-2125 PPM
- 1181-1653 PPM
- 709-1181 PPM
- 237-709 PPM
- 1-237 PPM

B = 39.4 ppm

T = 247.17 ppm

**ESCALA GRAFICA**

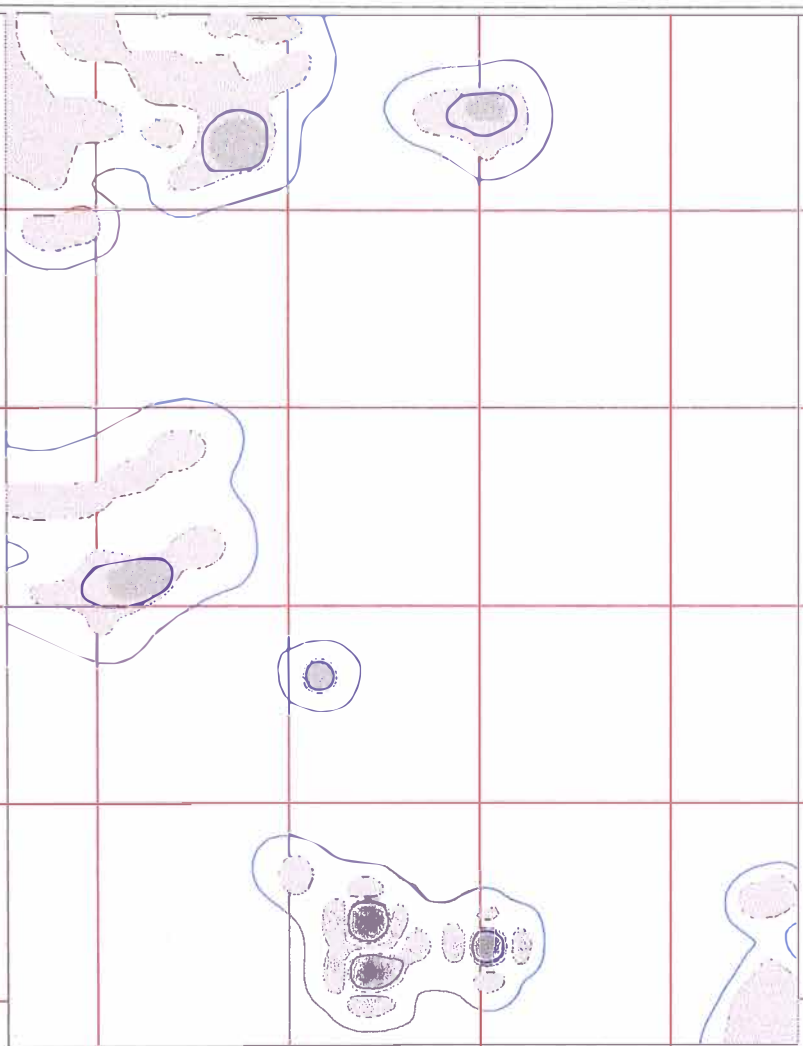


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**PLANO GEOQUIMICO DE COBRE  
SATATA - ICURO**

REALIZADO POR MIGUEL A. VICHARRA BARRUETA

PLANO N° 7



25720 E 25740 E 25760 E 25780 E 25800 E 25820 E 25840 E 25860 E

**VALORES DE LAS LEYES DE PLOMO**

- 915.05-1118 PPM
- 712.15-915.05 PPM
- 509.25-712.15 PPM
- 308.35-509.25 PPM
- 103.45-308.35 PPM
- 2-103.45 PPM

B = 25.070 ppm  
 T = 135.636 ppm

**ESCALA GRAFICA**

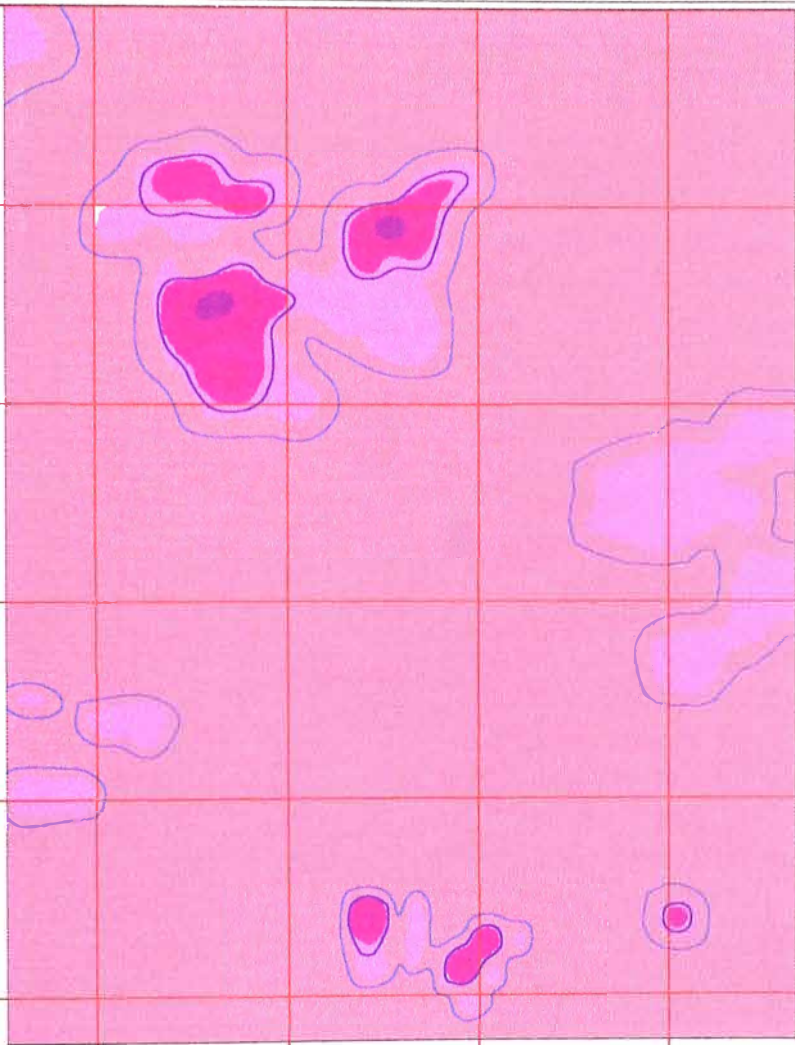


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**PLANO GEOQUIMICO DE PLOMO  
 SATATA - ICURO**

REALIZADO POR MIGUEL A. VICHARRA BARRUETA

PLANO N° 8



**TERVALOS DE LAS LEYES DE ZINC**

- 2324.8-2840 PPM
- 1809.5-2324.8 PPM
- 1294.2-1809.5 PPM
- 778.92-1294.2 PPM
- 263.64-778.92 PPM
- 6--263.64 PPM



B = 58.154 ppm

T = 290.862 ppm

**ESCALA GRAFICA**

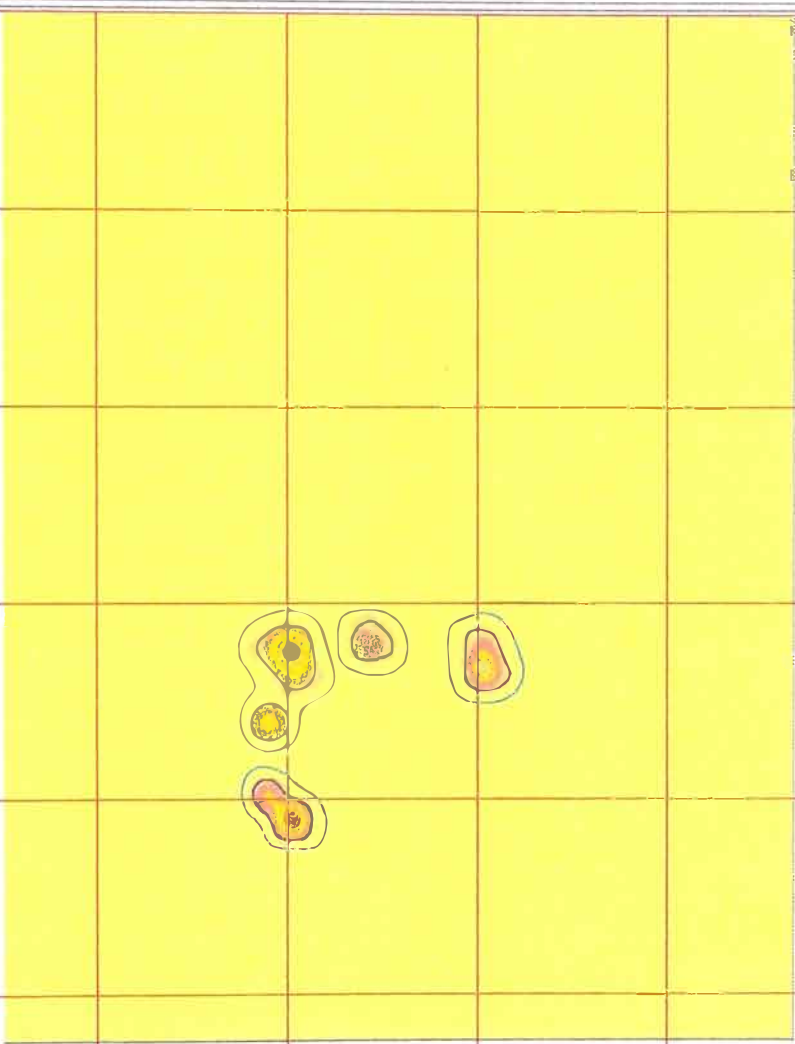


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**PLNO GEOQUIMICO DE ZINC  
SATATA - ICURO**

REALIZADO POR MIGUEL A. VICHARRA BARRUETA

PLANO N° 9

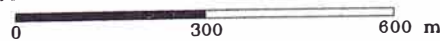


TERVALOS DE LAS LEYES DE ARSENICO

- 8182-10000 PPM
- 6364-8182 PPM
- 4546-6364 PPM
- 2728-4546 PPM
- 910-2728 PPM
- 1-910 PPM

B = 109.269 ppm  
 T = 1404.130 ppm

ESCALA GRAFICA

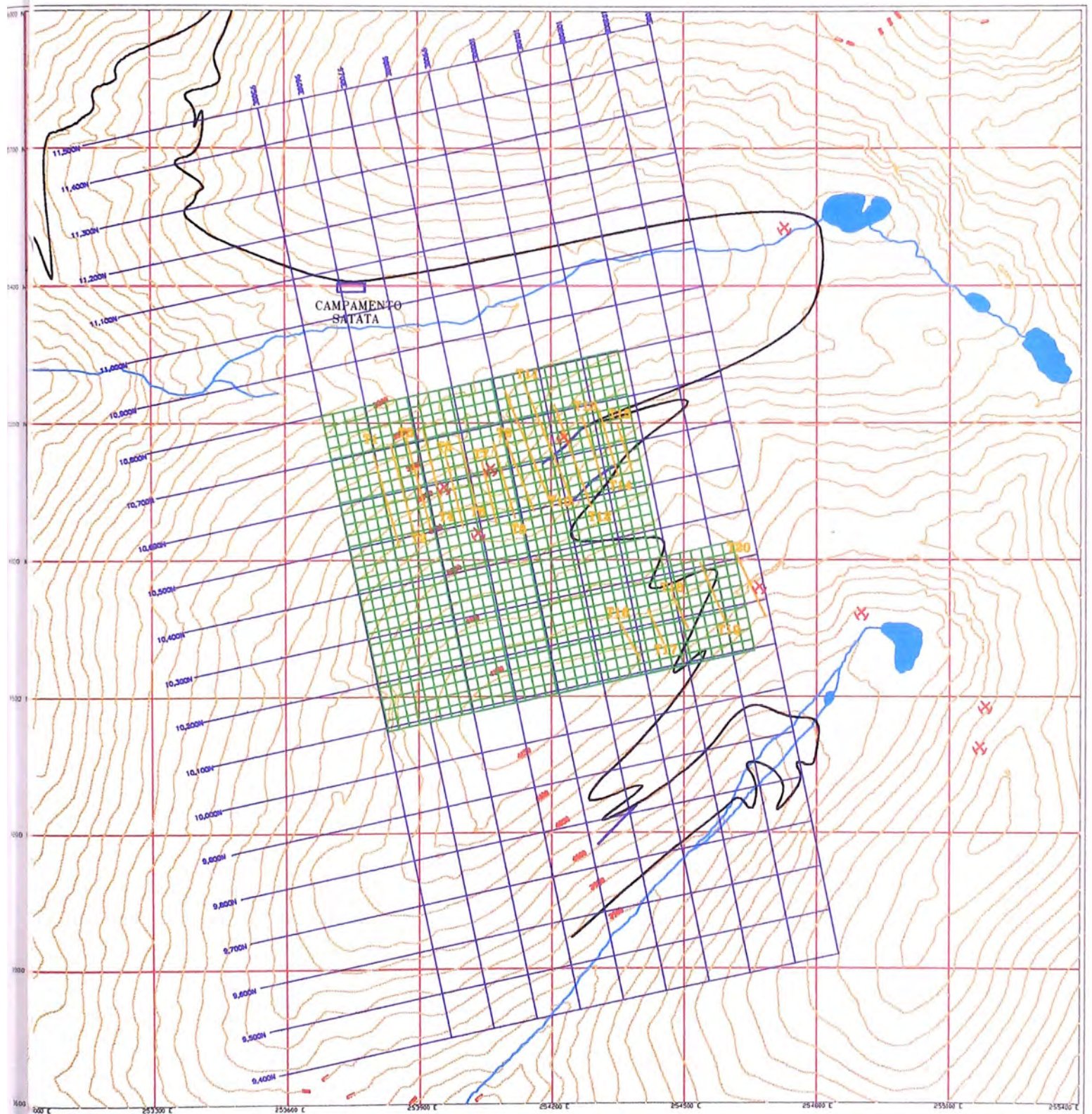


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PLANO GEOQUIMICO DE ARSENICO  
 SATATA - ICURO

REALIZADO POR MIGUEL A. VICHARRA BARRUETA

PLANO N° 10



LEYENDA

- |   |               |   |               |
|---|---------------|---|---------------|
|  | Catena minera |  | Retículo N° 1 |
|  | Riacho        |  | Retículo N° 2 |
|  | Lagunas       |  | Tyñicheras    |
|  | Campamento    |  | Trochas       |

ESCALA GRAFICA

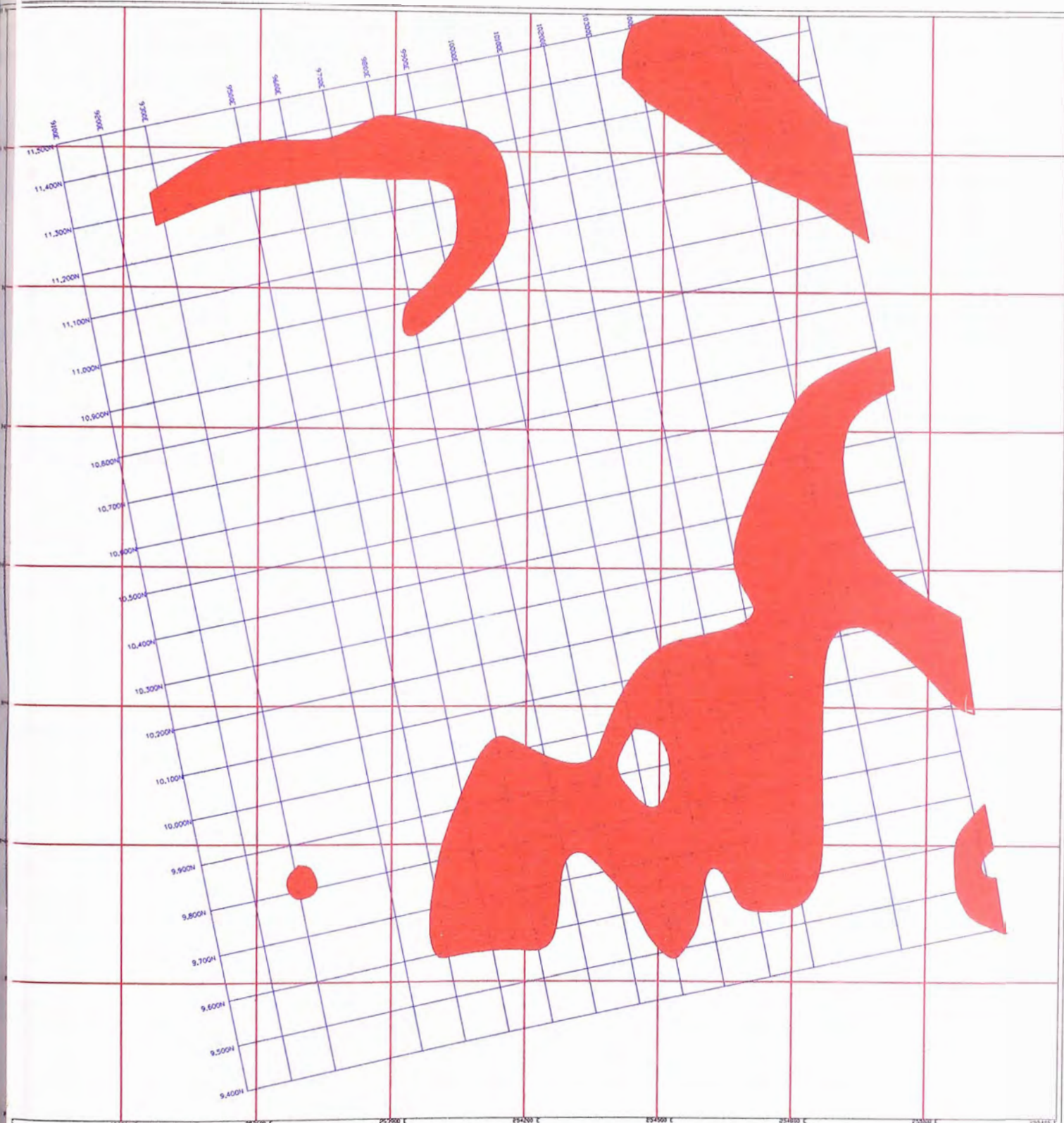


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

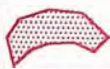
PLANO TOPOGRAFICO  
SATATA - ICURO

REALIZADO POR MIGUEL A. VICHARRA BARRUETA

PLANO N° 11



**LEYENDA**



ANOMALIA DE CARGABILIDAD



RETICULADO GEOFISICO

THRESHOLD GEOFISICO = 7.95 msec  
 MEDIA = 5.25 msec

**ESCALA GRAFICA**



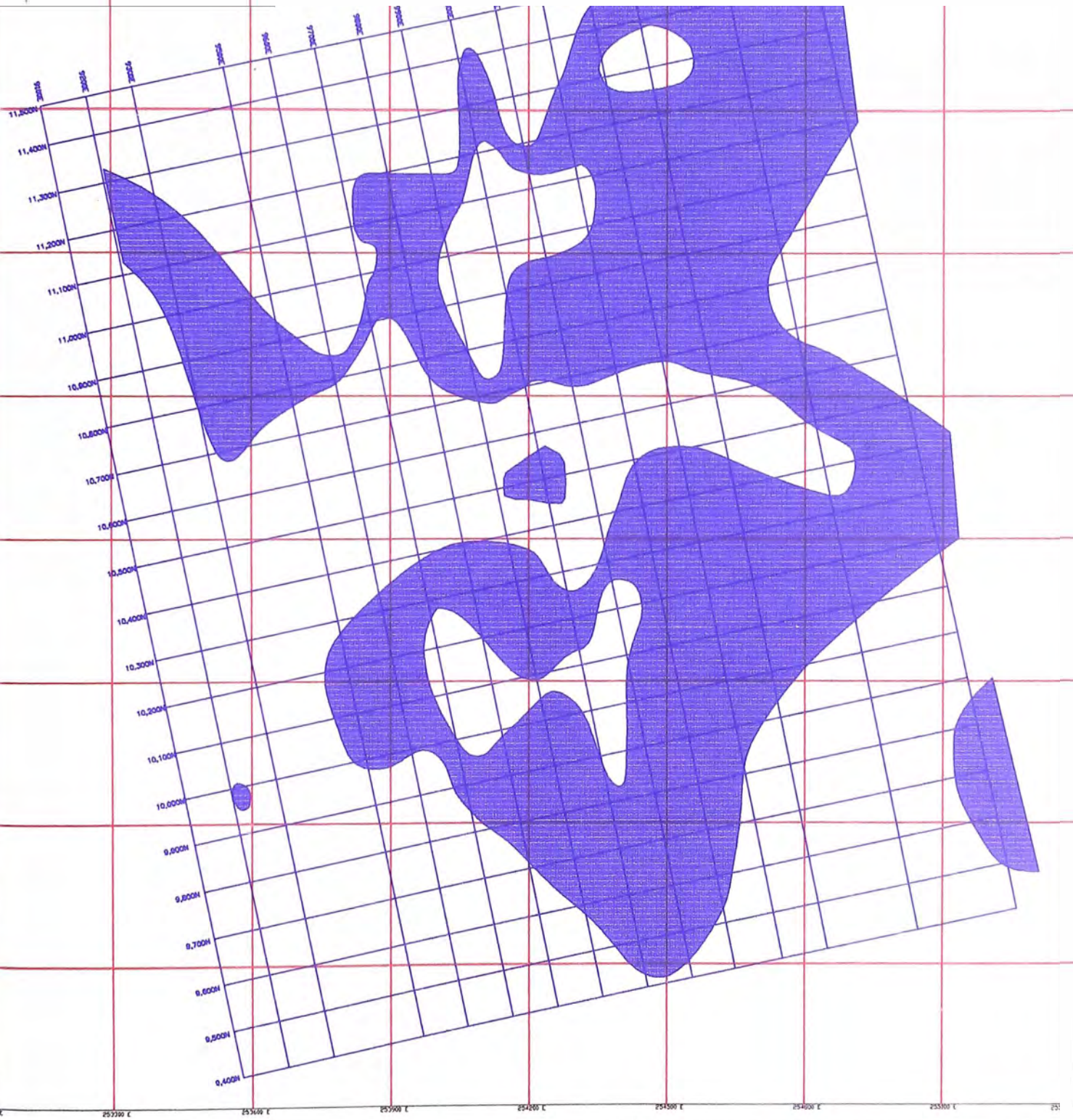
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**ANOMALIAS DE CARGABILIDAD  
 SATATA - ICURO**

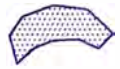
REALIZADO POR MIGUEL VICHARRA BARRUETA

PLANO N° 12





**LEYENDA**



ANOMALIA DE POTENCIAL ESPONTANEO

THRESHOLD GEOPISICO = 92.80 mv  
 MEDIA = -0.14 mv

ESCALA GRAFICA

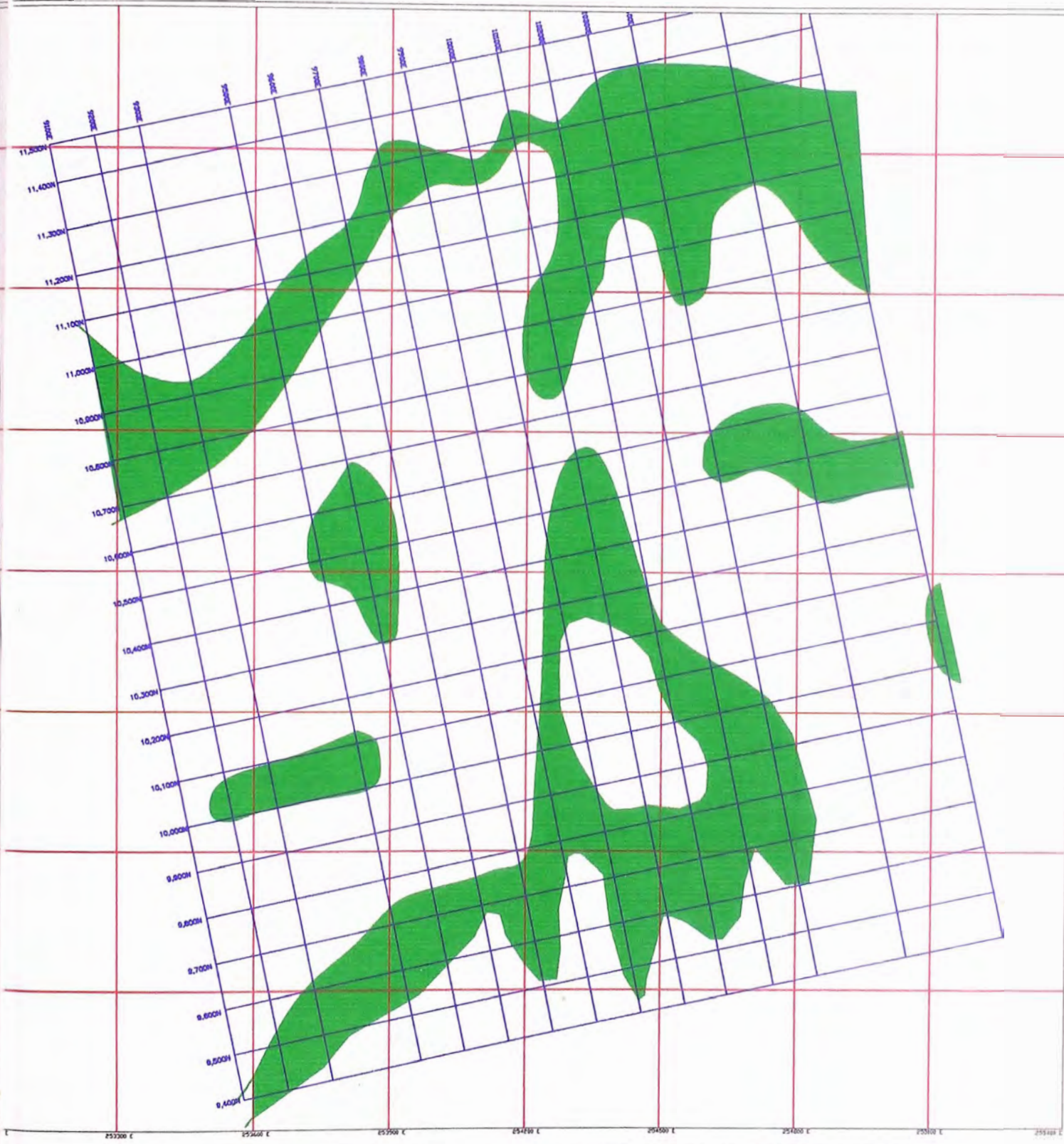


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**ANOMALIAS DE POTENCIAL  
 ESPONTANEO SATATA - ICURO**

REALIZADO POR MIGUEL VICHARRA BARRUETA

PLANO N° 13



LEYENDA



ANOMALIA DE RESISTIVIDAD

THRESHOLD GEOFISICO = 13678 ohm cm  
 MEDIA = 6216 ohm cm

ESCALA GRAFICA



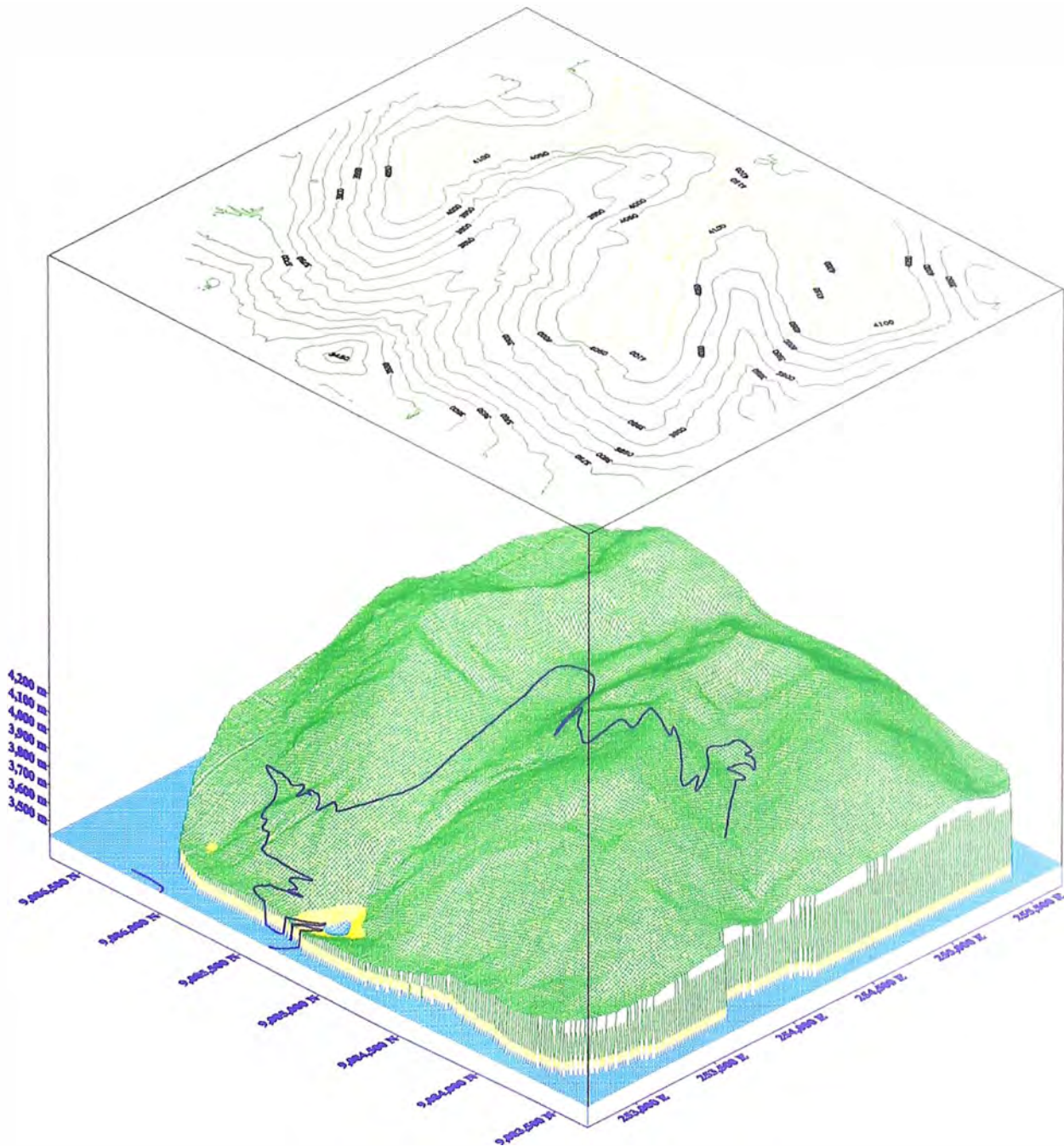
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

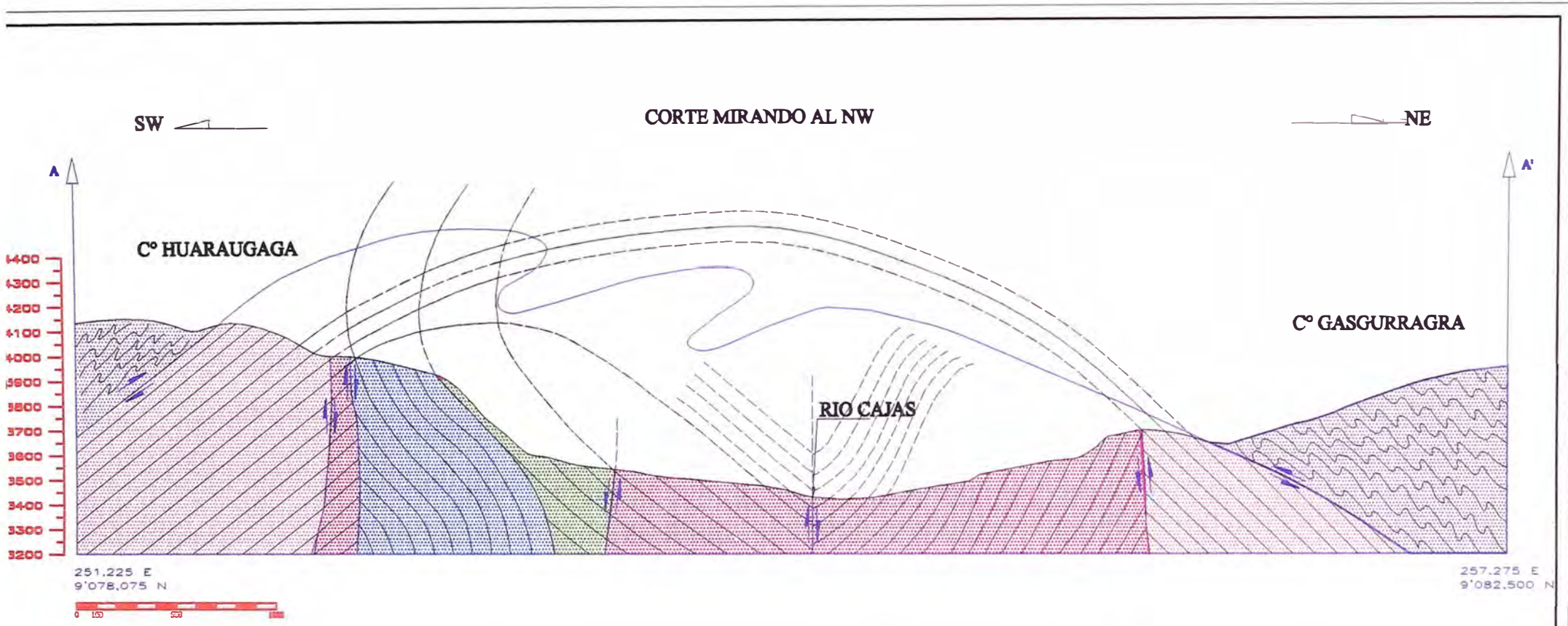
ANOMALIAS DE RESISTIVIDAD  
 SATATA - ICURO

REALIZADO POR MIGUEL A. VICHARRA BARRUETA

PLANO N° 14

# TOPOGRAFIA SATATA ICURO Y UBICACION DE LAS TROCHAS DE ACCESO





LEYENDA

FALLAS DE GRAVEDAD  
 SOBRESCURRIMIENTOS

- GRUPO GOYLLARISQUIZGA
- GRUPO PÚCARA
- GRUPO MITU
- GRUPO AMBO
- COMPLEJO MARAÑON

Geología	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Año	2001
Perfil	N° 1

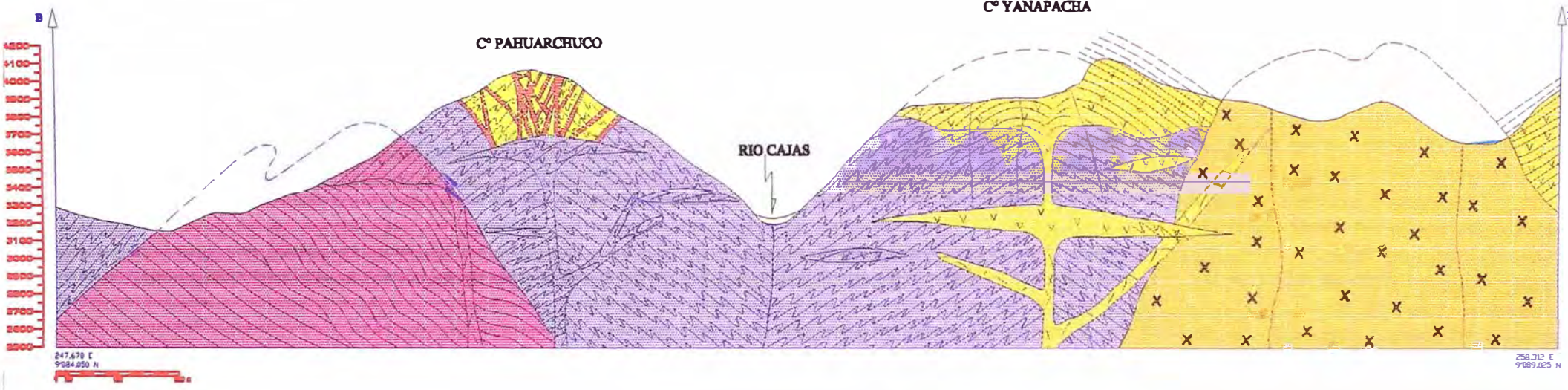
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOLOGICO AA'











SW

CORTE MIRANDO AL NW

NE



LEYENDA

-  MINERALIZACION
-  FALLAS
-  SOBRESCURRIMIENTOS
-  BATOLITO DE PATAZ
-  METAVOLCANICOS (COMPLEJO MARAÑON)
-  HIPABISAL METAMORFIZADO (C. MARAÑON)
-  VOLCANICOS MITU
-  GRUPO MITU
-  VOLCANICOS LAVASEN
-  HIPABISAL LAVASEN

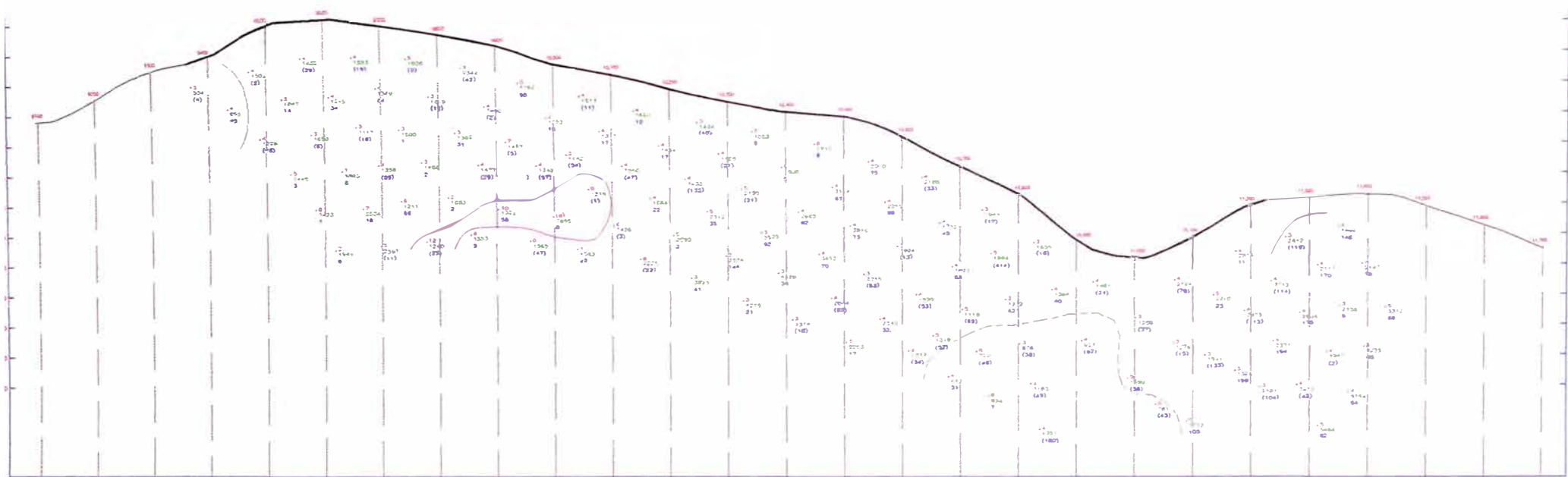
Geología	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Año	2001
Perfil	N° 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PERFIL GEOLOGICO BB'	

SSE

### CORTE MIRANDO AL SW

NNW



N 9083665  
E 253581

N 9085622  
E 253188



#### GEOFISICA

- Anomalías de Cargabilidad —
- Anomalías de Resistividad —
- Anomalías de Potencial Espontaneo —

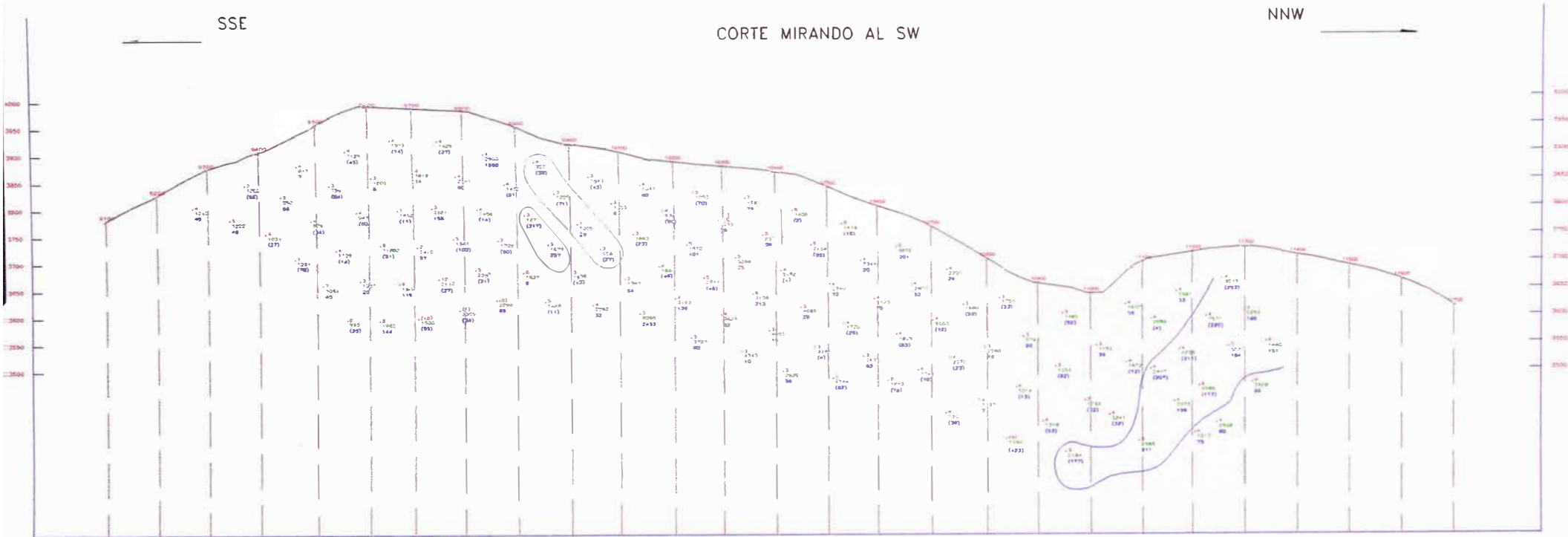
Geofisica	M.A.V.B.
Geoquímica	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Perfil	N° 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PERFIL GEOFISICO 9100 E SATATA – ICURO

SSE

### CORTE MIRANDO AL SW

NNW



H. 9063887  
E. 253879

H. 9085441  
E. 275288



#### GEOFISICA

- Anomalías de Cargabilidad
- Anomalías de Resistividad
- Anomalías de Potencial Espontaneo

Geofisica	M.A.V.B.
Geoquimica	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Perfil	N° 4

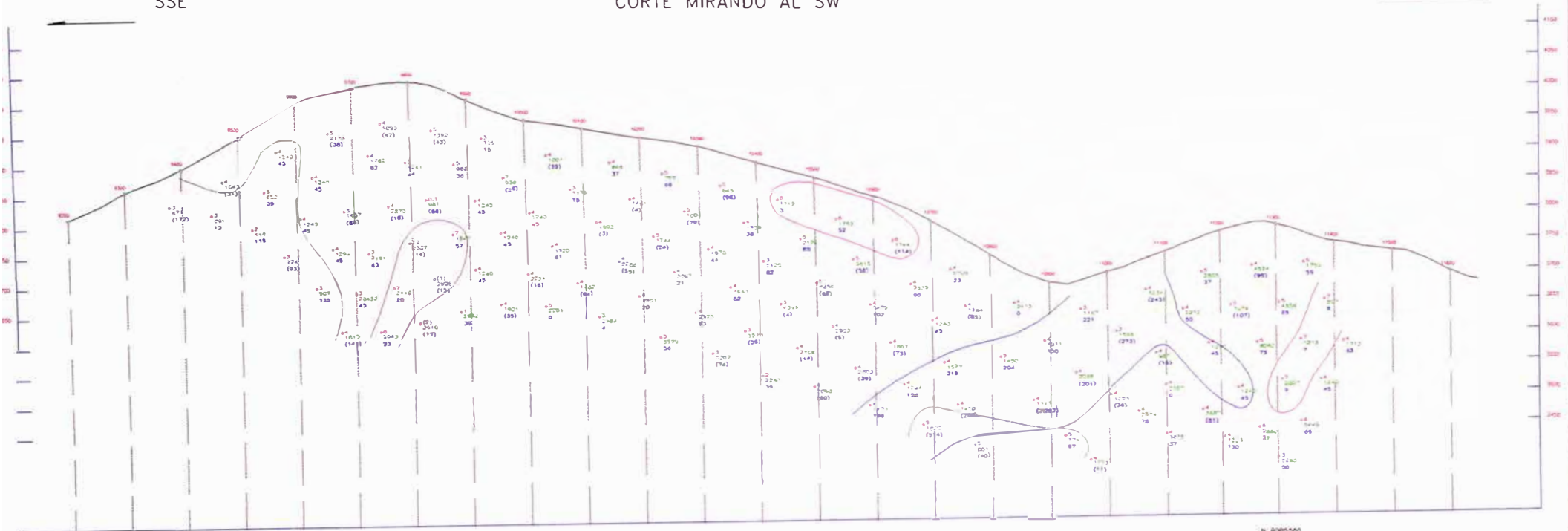
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOFISICO 9200 E SATATA - ICURO

SSE

### CORTE MIRANDO AL SW

NNW



M. 9083706  
E. 253777

N. 0265560  
E. 253385



#### GEOFISICA

- Anomalías de Cargabilidad —
- Anomalías de Resistividad —
- Anomalías de Potencial Espontáneo —

Geofísico	M.A.V.B.
Geoquímico	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Perfil	N° 5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOFISICO 9300 E SATATA - ICURO



SSE

CORTE MIRANDO AL SW

NNW



N 9087791  
E 253071

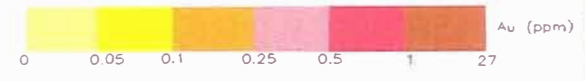
N 9081791  
E 253080



GEOFISICA

GEOQUIMICA

- Anomalías de Cargabilidad —
- Anomalías de Resistividad —
- Anomalías de Potencial Espontaneo —



Geofisico	M.A.V.B.
Geoquimica	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Perfil	N° 6

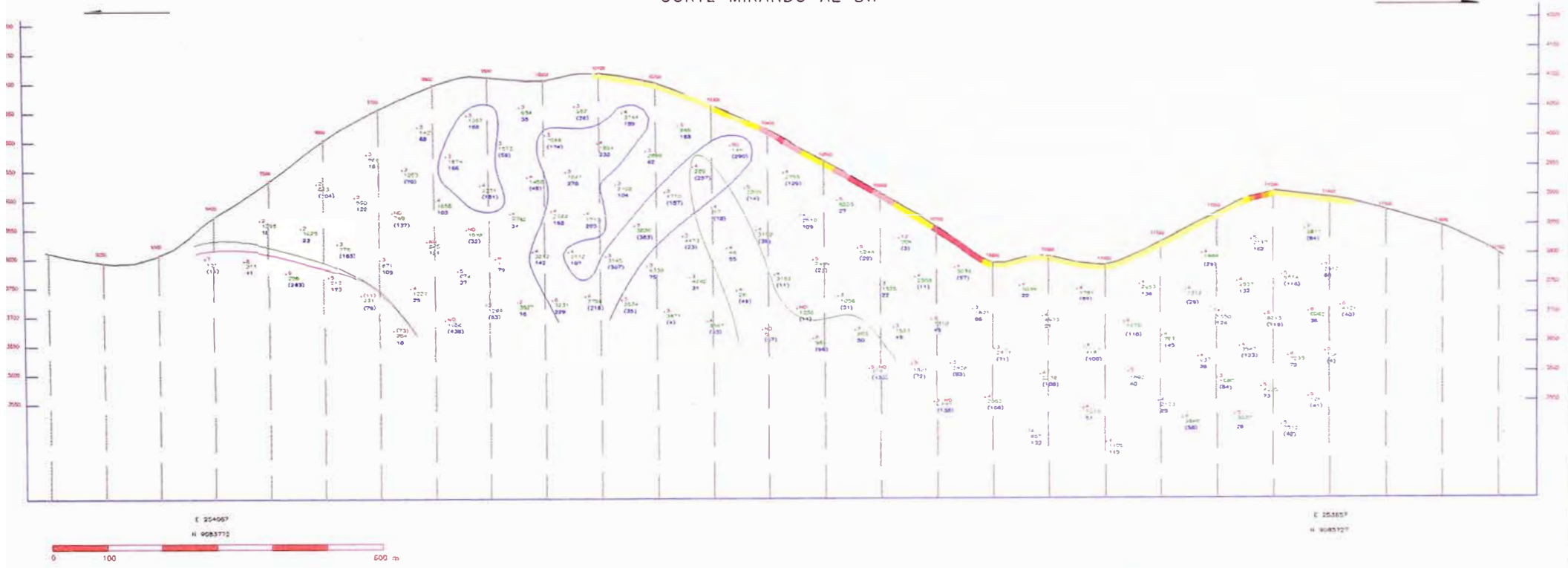
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOFISICO - GEOQUIMICO (Au) 9500 E  
SATATA - ICURO

SSE

### CORTE MIRANDO AL SW

NNW



#### GEOFISICA

- Anomalías de Cargabilidad
- Anomalías de Resistividad
- Anomalías de Potencial Espontaneo



#### GEOQUIMICA



Geofísico	M.A.V.B.
Geoquímico	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Perfil	N° 7

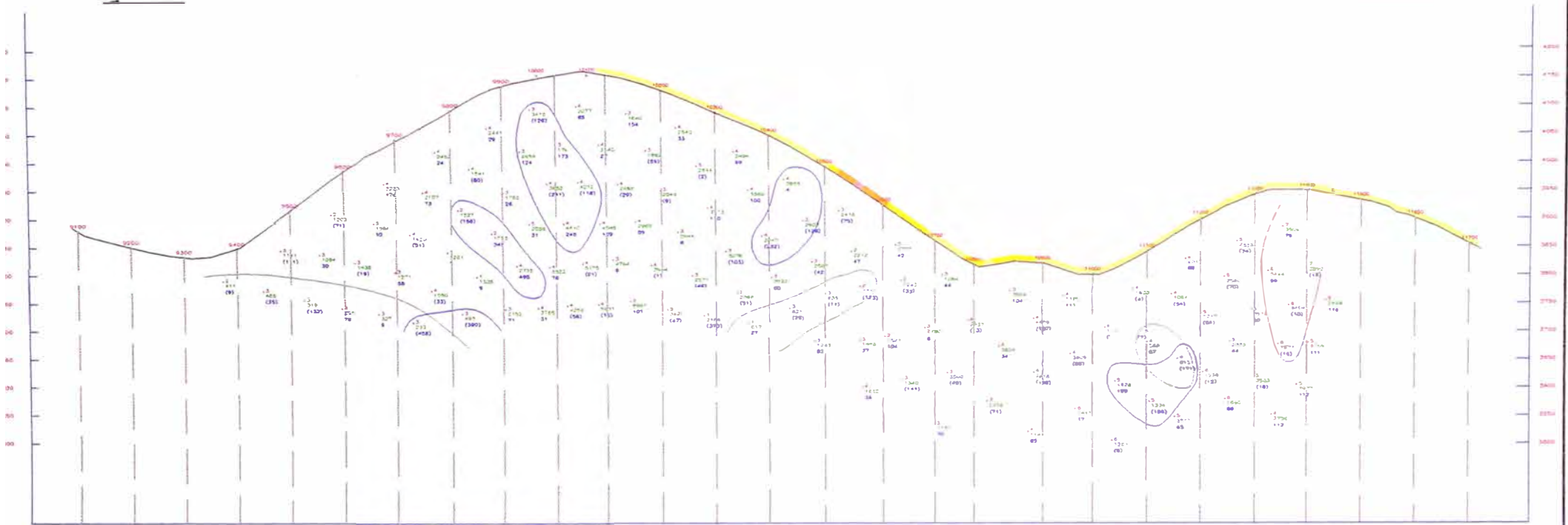
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOFISICO - GEOQUIMICO 9600 E  
SATATA - ICURO

SSE

CORTE MIRANDO AL SW

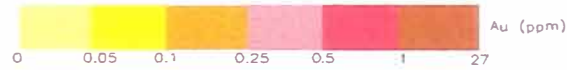
NNW



GEOFISICA

- Anomalías de Cargabilidad —
- Anomalías de Resistividad —
- Anomalías de Potencial Espontaneo —

GEOQUIMICA



Geofisica	M.A.V.B.
Geoquimico	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Perfil	N° 8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

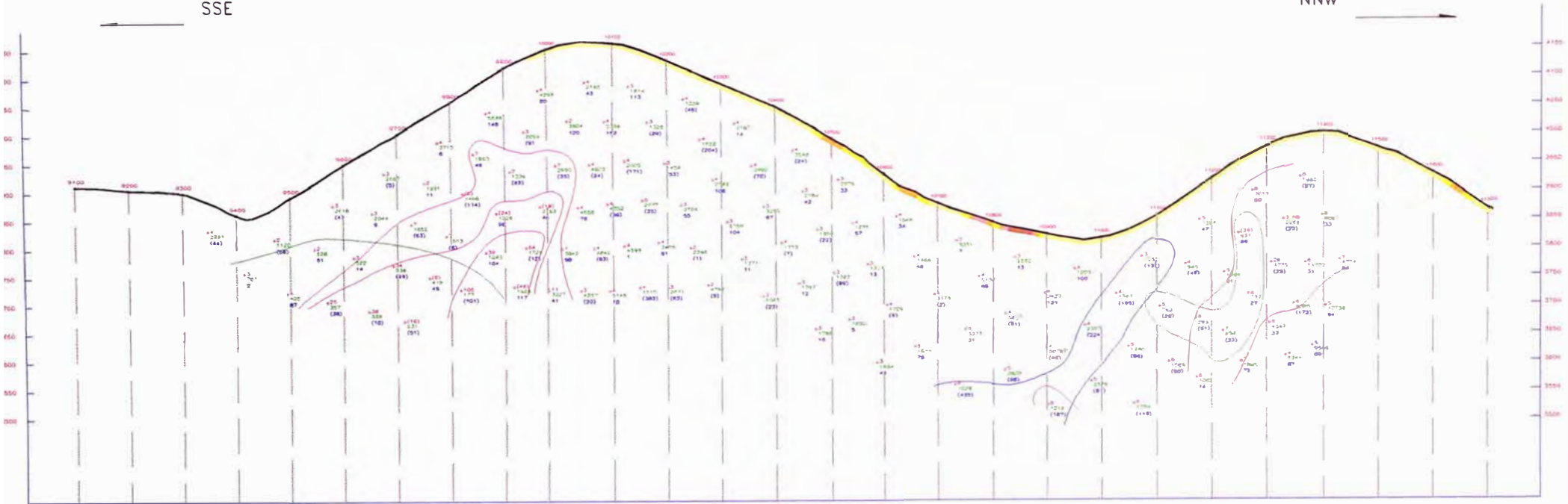
PERFIL GEOFISICO - GEOQUIMICO (Au) 9700 E

SATATA - ICURO

CORTE MIRANDO AL SW

SSE

NNW



E 254.263.27  
H 9'085.813.13

E 255.852.66  
H 9'085.772



GEOFISICA

- Anomalías de Cargabilidad ———
- Anomalías de Resistividad ———
- Anomalías de Potencial Espontaneo ———

GEOQUIMICA



Geofisico	M.A.V.B.
Geoquimico	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Perfil	N° 9

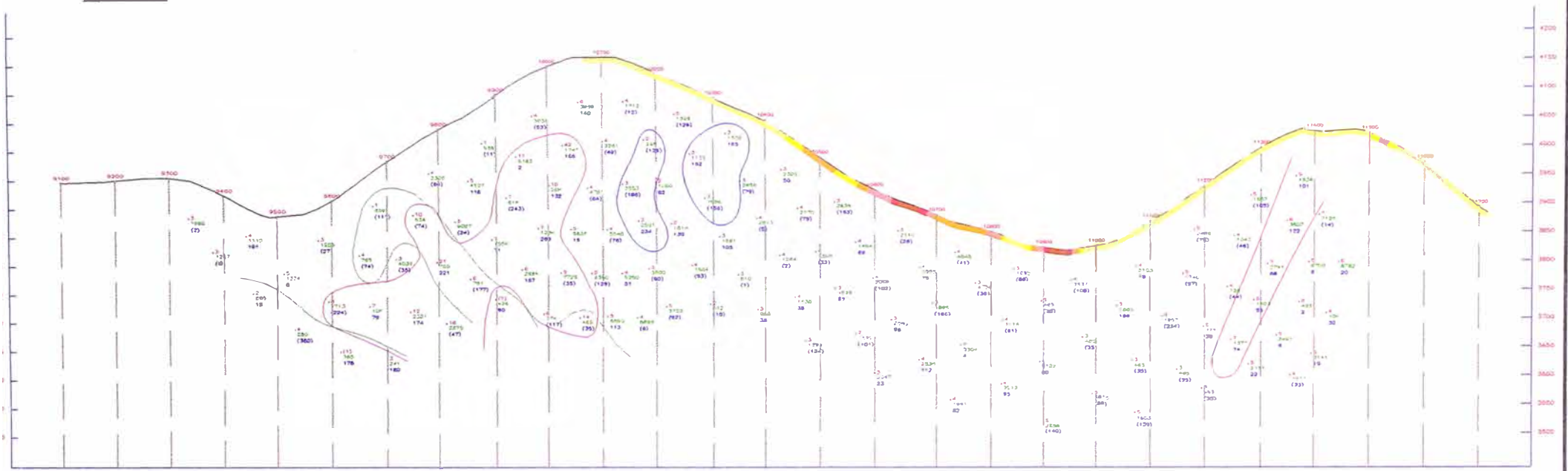
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOFISICO - GEOQUIMICO (Au) 9800 E  
SATATA - ICURO

SSE

CORTE MIRANDO AL SW

NNW



H. 9087633  
E. 254362

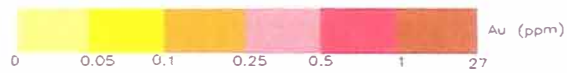
H. 9085780  
E. 253947



GEOFISICA

- Anomalías de Cargabilidad —
- Anomalías de Resistividad —
- Anomalías de Potencial Espontaneo —

GEOQUIMICA

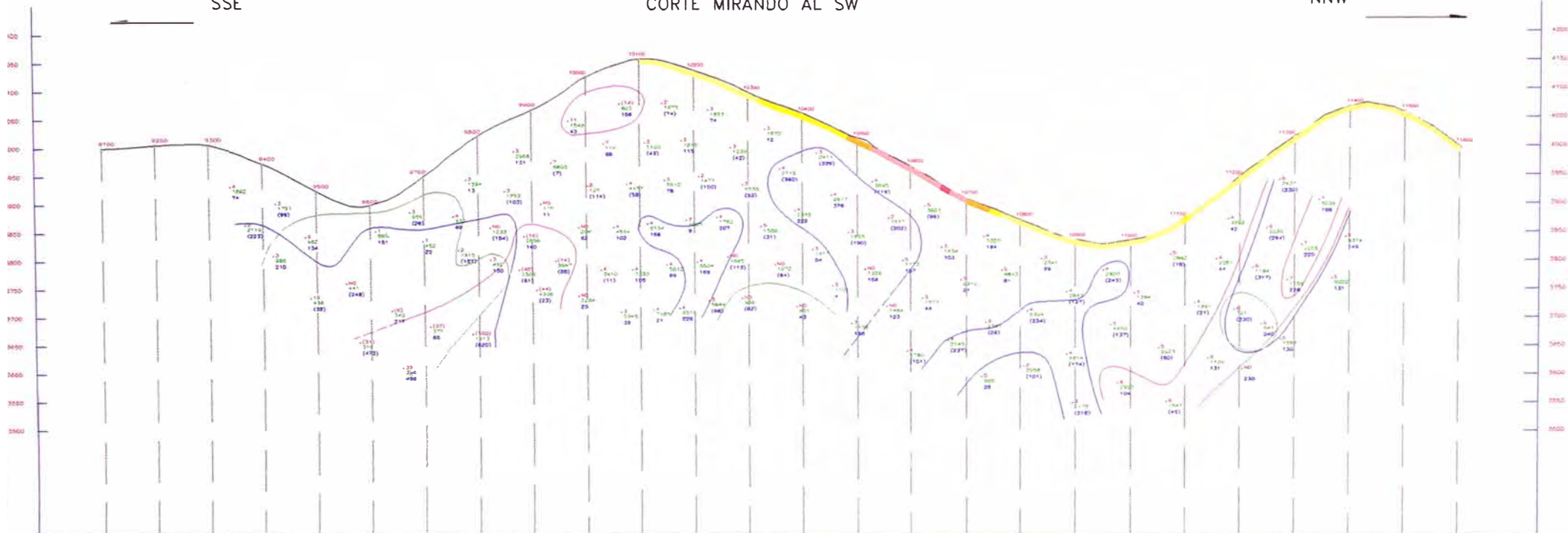


Geofisico	M.A.V.B.	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Geoquimico	M.A.V.B.	
Dibujo	M.A.V.B.	
Perfil	N° 10	
		PERFIL GEOFISICO - GEOQUIMICO (Au) 9900 E SATATA - ICURO

SSE

CORTE MIRANDO AL SW

NNW



N 9063853.26  
E 254458.45

N 9085771  
E 254065.02



GEOFISICA

GEOQUIMICA

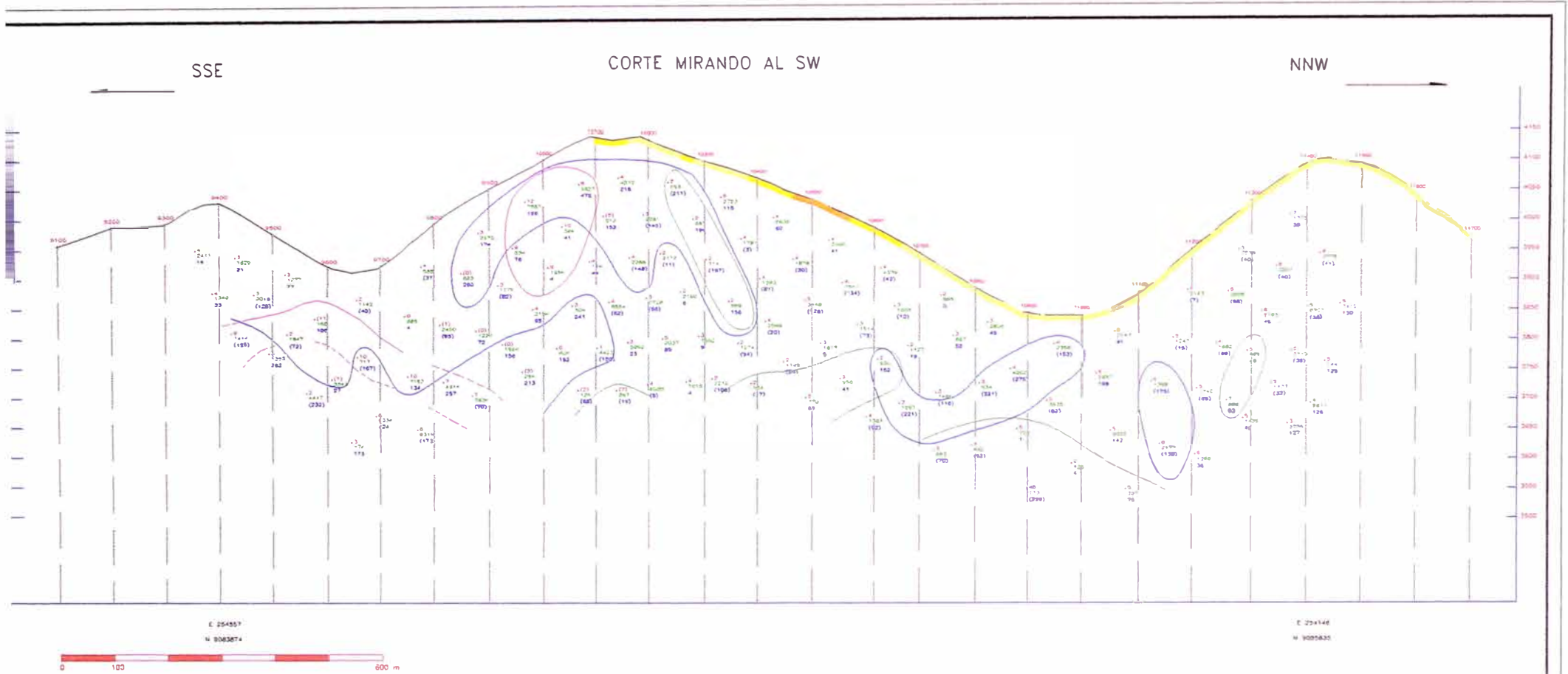
- Anomalías de Cargabilidad ———
- Anomalías de Resistividad ———
- Anomalías de Potencial Espontaneo ———



Geofisica	M.A.V.B.
Geoquimica	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Perfil	N° 11

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

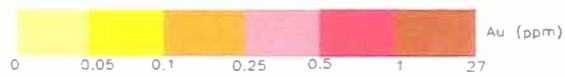
PERFIL GEOFISICO - GEOQUIMICO (Au) 10000 E  
SATATA - ICURO



GEOFISICA

- Anomalías de Cargabilidad —
- Anomalías de Resistividad —
- Anomalías de Potencial Espontaneo —

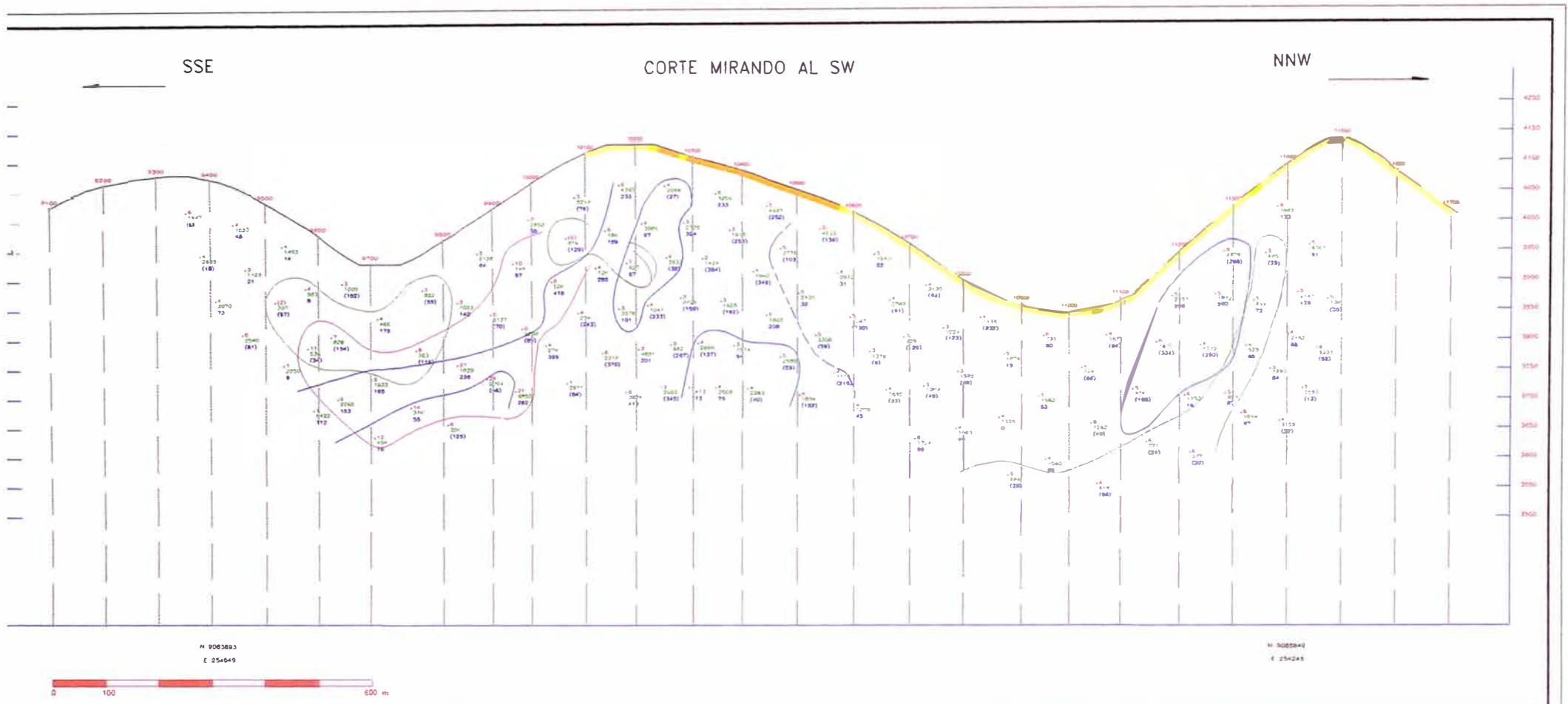
GEOQUIMICA



Geofisico	M.A.V.B.
Geoquimico	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Perfil	N° 12

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

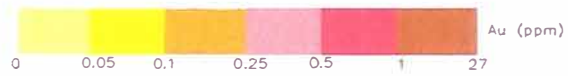
PERFIL GEOFISICO - GEOQUIMICO (Au) 10100 E  
SATATA - ICURO



GEOFISICA

- Anomalías de Cargabilidad
- Anomalías de Resistividad
- Anomalías de Potencial Espontaneo

GEOQUIMICA



Geofisica M.A.V.B.

Geoquimica M.A.V.B.

Dibujo M.A.V.B.

Lamina N° 13

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

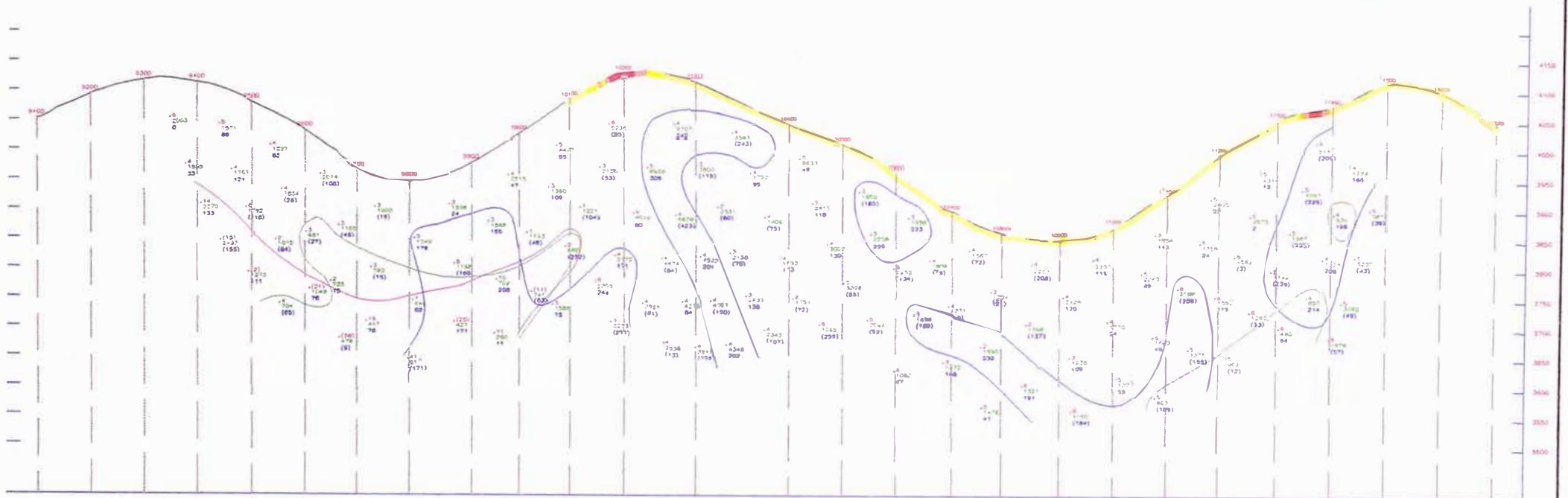
PERFIL GEOFISICO - GEOQUIMICO 10200 E  
SATATA - ICURO



SSE

CORTE MIRANDO AL SW

NNW



N 9082915  
E 254752

N 9082869  
E 254343



GEOFISICA

Anomalías de Cargabilidad   
 Anomalías de Resistividad   
 Anomalías de Potencial Espontaneo 

GEOQUIMICA



Geofísico M.A.V.B.

Geoquímica M.A.V.B.

Dibujo M.A.V.B.

Lamina N° 14

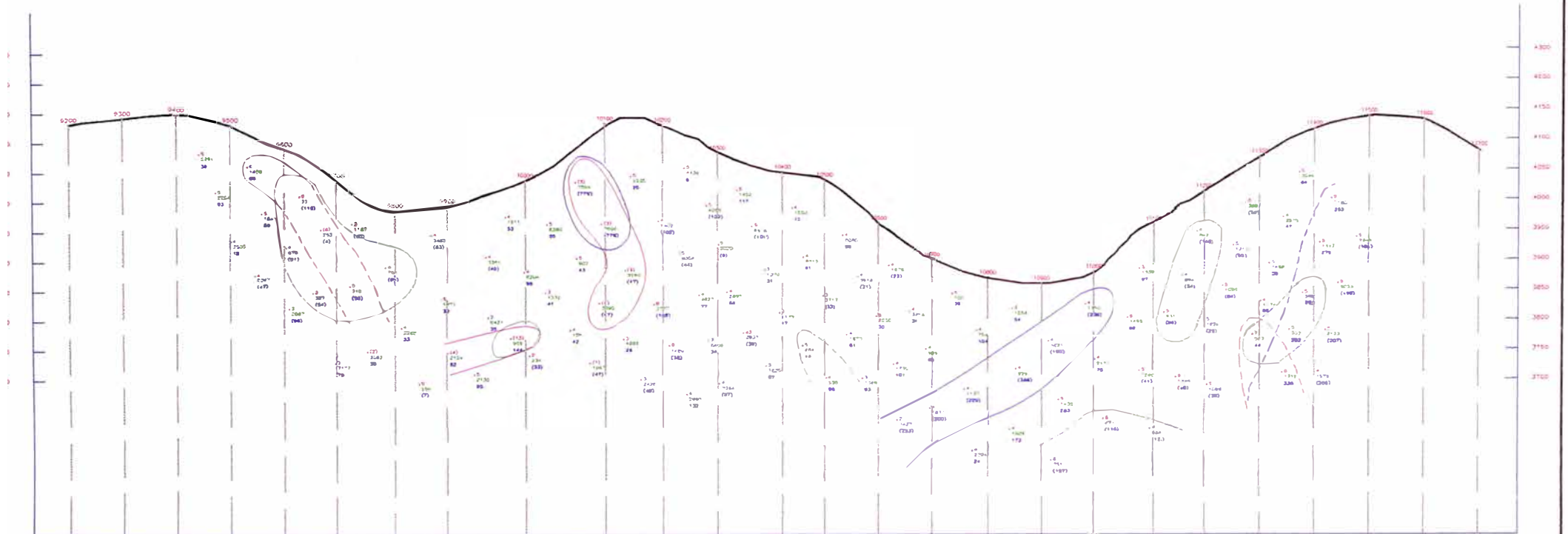
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOFISICO - GEOQUIMICO (Au) 10300 E  
SATATA - ICURO

SSE

### CORTE MIRANDO AL SW

NNW



N 8064032  
E 254830

N 9025689  
E 254441



#### GEOFISICA

Anomalías de Cargabilidad

Anomalías de Resistividad

Anomalías de Potencial Espontáneo



Geofísica

M.A.V.B.

Geoquímica

M.A.V.B.

Dibujo

M.A.V.B.

Perfil

N° 15

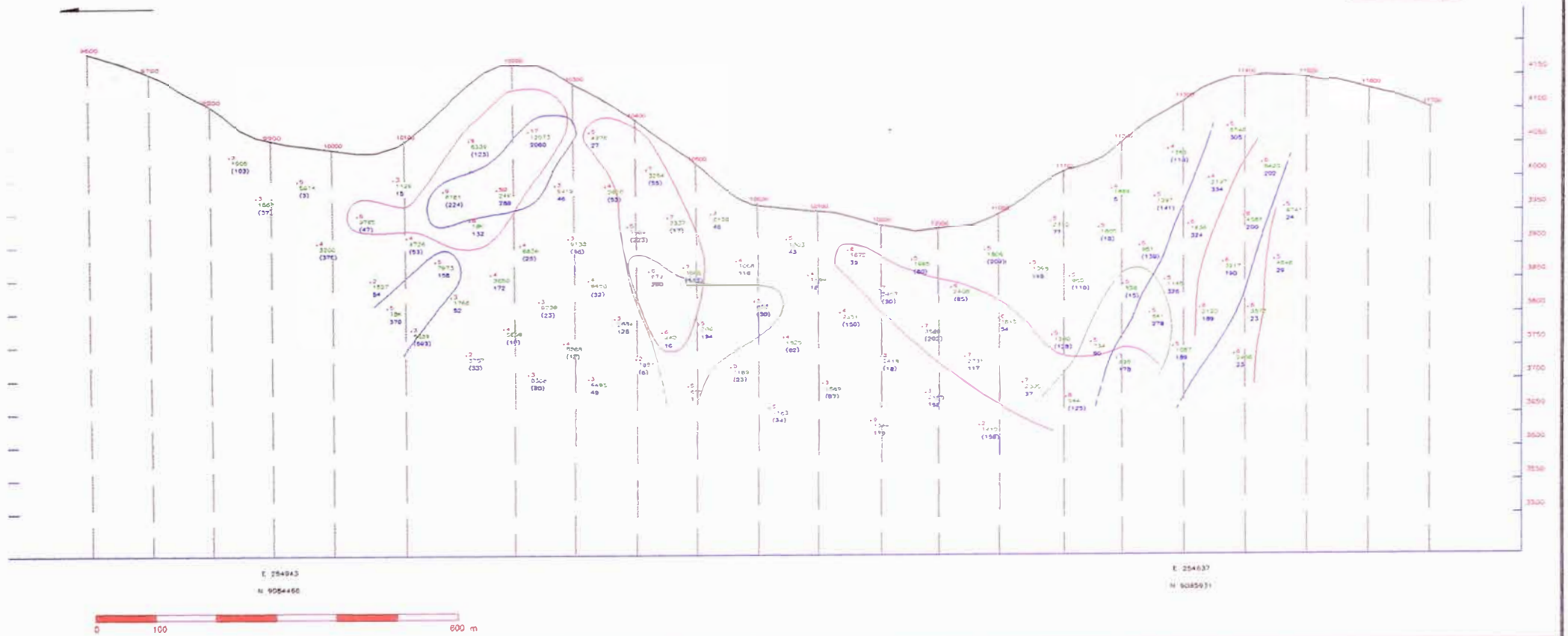
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOFISICO 10400 E SATATA - ICURO

SSE

### CORTE MIRANDO AL SW

NNW



#### GEOFISICA

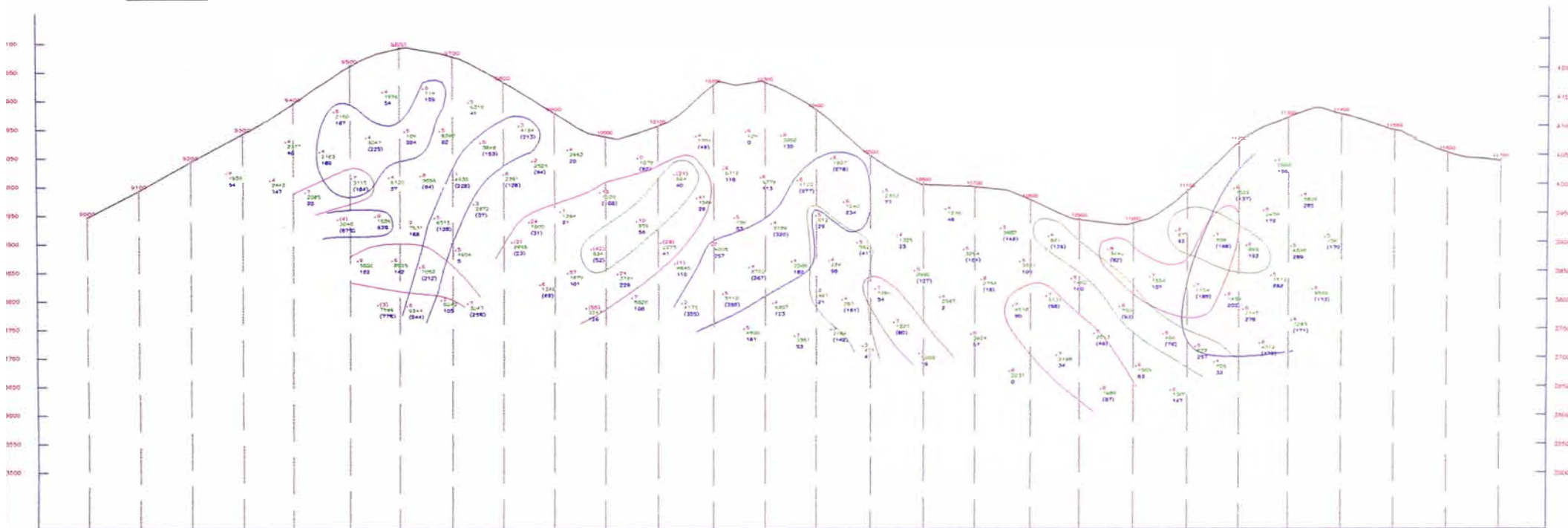
- Anomalías de Corgabilidad —
- Anomalías de Resistividad —
- Anomalías de Potencial Espontaneo —

Ceofisica	M.A.V.B.	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Geoquimica	M.A.V.B.	
Dibujo	M.A.V.B.	PERFIL GEOFISICO 10600 E SATATA - ICURO
Perfil	N° 16	

SSE

CORTE MIRANDO AL SW

NNW



N 905323

E 20328

N 905274

E 20467



GEOFISICA

Anomalías de Cargabilidad

Anomalías de Resistividad

Anomalías de Potencial Espontaneo



Geofísico

M.A.V.B.

Geoquímico

M.A.V.B.

Dibujo

M.A.V.B.

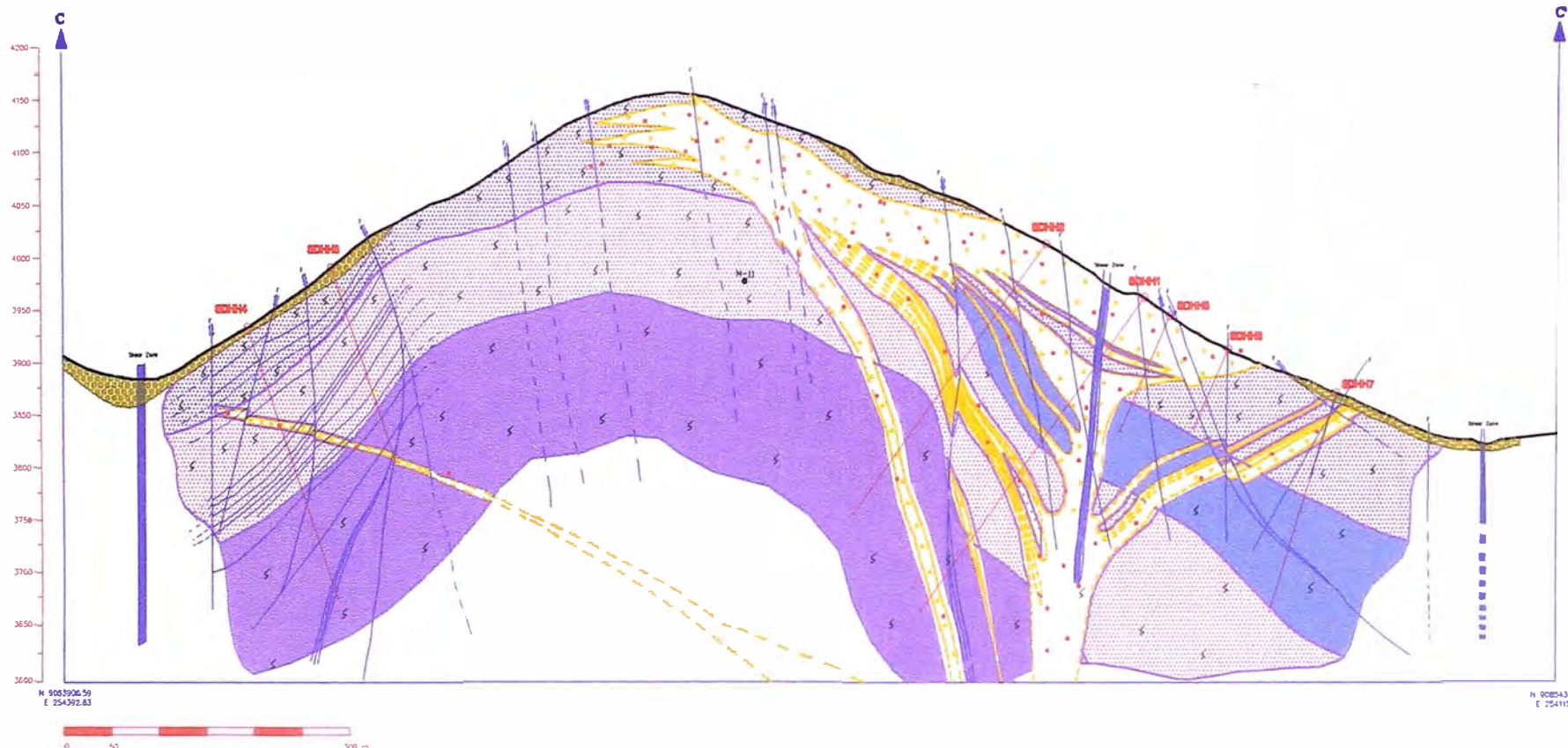
Perfil

N° 17

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOFISICO 10800 E SATATA - ICURO

CORTE MIRANDO AL NW



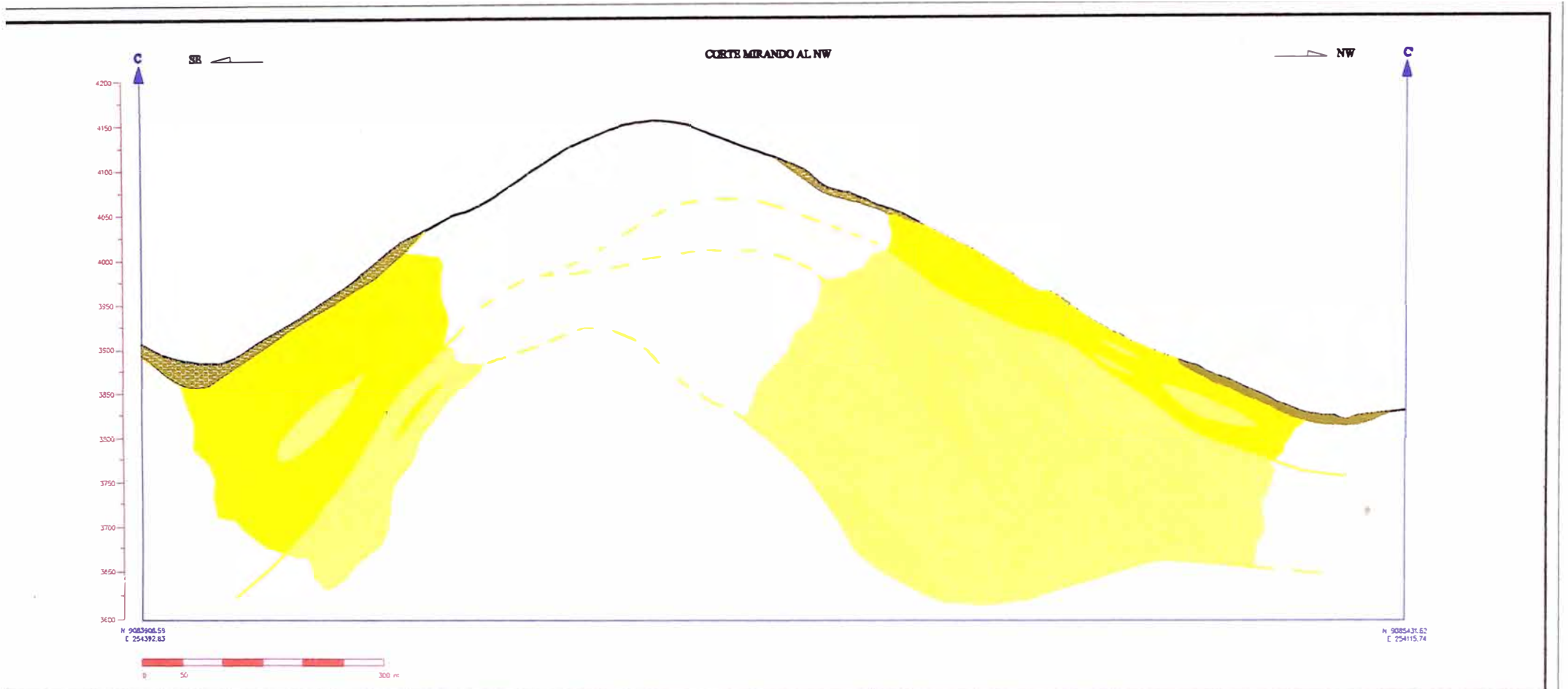
LEYENDA

SIMBOLOGIA		LITOLOGIA	
	shear zone		esquistos CL0s - az - alb - ser
	faltas de gravedad		esquistos az - alb - CL0s - ser +/- ep +/- ANF0
	faltas sin metamorficas		esquistos az - CL0s - ser - alb +/- bt
	depositos cuaternarios		
	volcanicos lavasen		

Geologia	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Año	2001
Perfil	N° 18




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL GEOLOGICO CC'



**LEYENDA**

SIMBOLOGIA  
 COLUMIAL

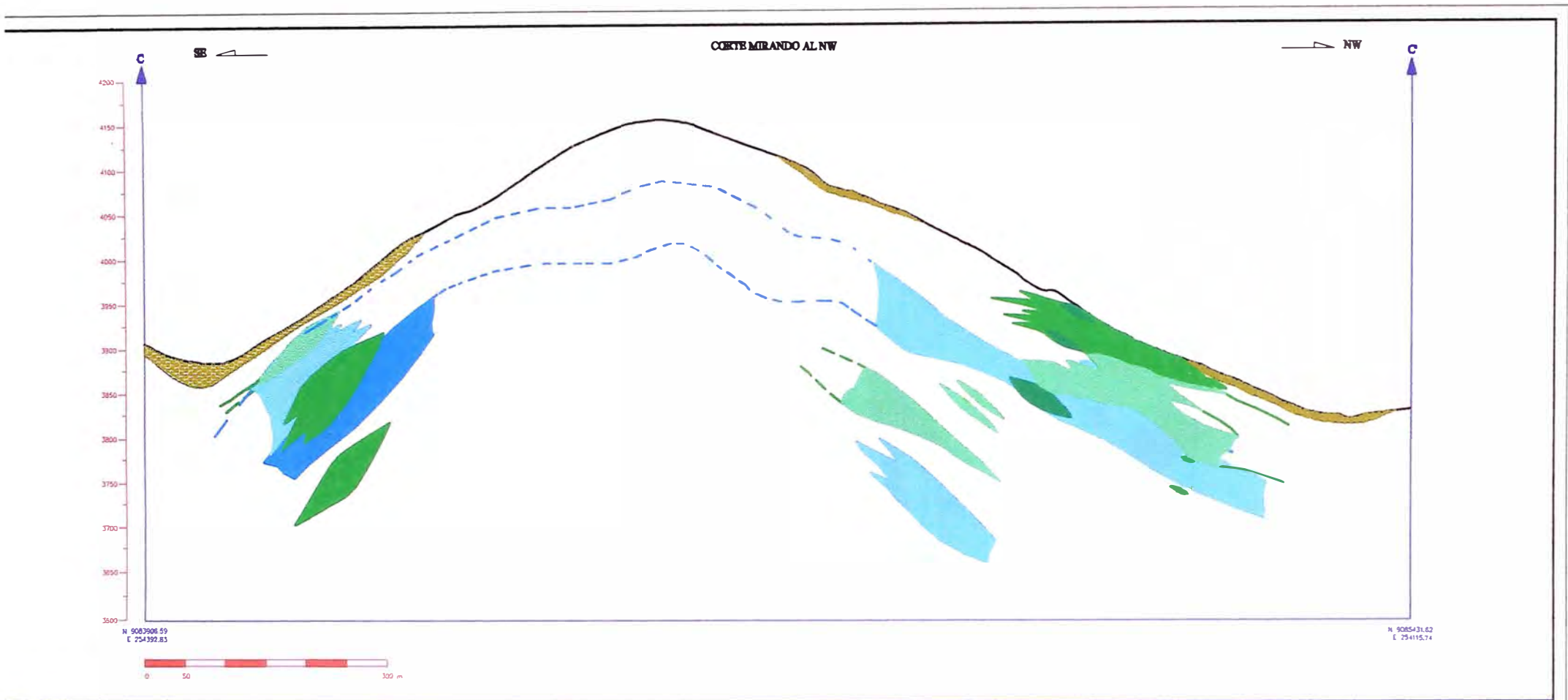
SILICIFICACION  
 FUERTE  
 MODERADA  
 DEBIL

Geología	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Año	2001
Perfil	N° 19

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

---

PERFIL DE SILICIFICACION CC'



**LEYENDA**

**CLORITIZACION**

- FUERTE
- MODERADA
- DEBIL

**PROPILITIZACION**

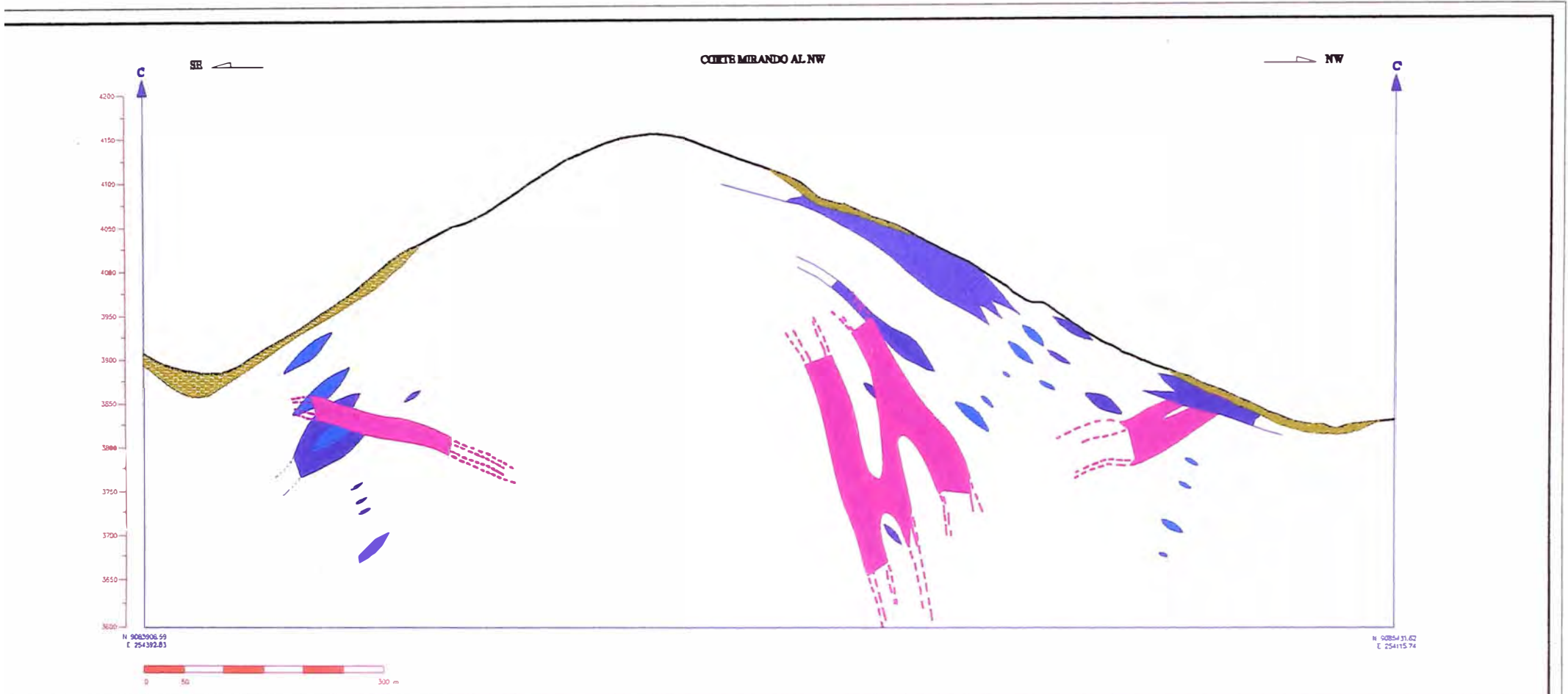
- MODERADO
- DEBIL

COLUVIAL

Geología	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Año	2001
Perfil	N° 20

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL DE CLORITIZACION-  
PROPILITIZACION CC'



**LEYENDA**

SIMBOLOGÍA  
COLUMIAL

CUARZO ADULARIA  
MODERADO  
DEBIL

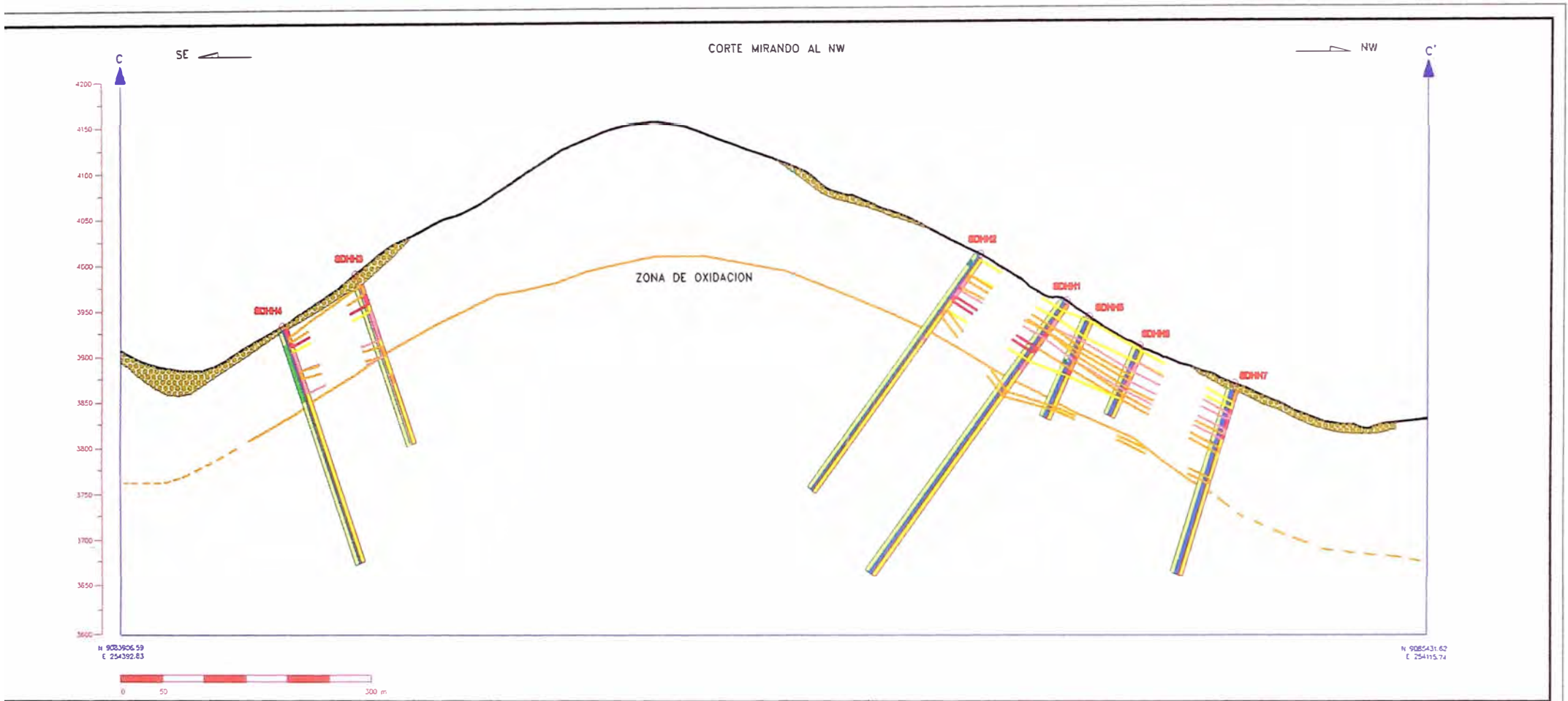
SERICITIZACION  
MODERADO  
DEBIL

Geología	M.A.V.B.
Dibujo	M.A.V.B.
Año	2001
Perfil	N° 21

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PERFIL DE SERICITIZACION –  
CUARZO ADULARIA CC'





LEYENDA				Geología	M.A.V.B.	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  PERFIL GEOQUIMICO de Au, Ag y Cu CC'
	Coluvial		Au			
	Tatadro		Cu			
	Zona de oxidación		Ag			
			500 - 1000 ppb		500 - 0,1%	
			250 - 500 ppb		100 - 500 ppm	
			100 - 250 ppb		< 100 ppm	
			< 100 ppb		1 ppm	
					< 1 ppm	