

REPÚBLICA DEL PERU  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

---

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA ECONÓMICA Y  
PROSPECCIÓN MINERA

**INFORME TÉCNICO**

**ANAD DE LIMAMAYO**  
SKARN DE Pb, Zn, Ag, Cu, (Au)



POR: PEDRO OLIVARES BALLENA  
MANUEL COSSIO DE LA VEGA

---

OCTUBRE – 2003

# ANAD LIMAMAYO

## 1.- GENERALIDADES

Como resultado de los estudios geológicos de campo, mapeo geológico, de alteraciones hidrotermales, muestreo geoquímico de fragmentos de roca, magnetometría terrestre, combinados con los trabajos de interpretación en gabinete, se elaboró el presente informe correspondiente al ANAD Limamayo.

En base a los trabajos mencionados dentro de las 17 600 Has. que cuenta el ANAD Limamayo, se logró identificar un área de 2 400 Has. estructuralmente favorable, con predominio de una tectónica distensiva de fallas normales que aunadas con una litología de naturaleza intrusiva (granodiorita-monzonita) en contacto con calizas han creado las condiciones favorables para el emplazamiento de un yacimiento oculto cuya mineralización económica correspondería a un modelo de tipo skarn de , Pb, Zn , Ag, Cu (Au) estrechamente ligado a cuerpos aledaños de magnetita.

Los valores geoquímicos producto del muestreo de fragmentos de roca, en zonas de mayor lixiviación (limonita – hematita) son altos, alcanzan valores de 4547 ppm Pb, 1486 ppm Zn, 101 ppm Ag, 3254 ppm Cu y 127 ppb de Au. Estos valores anómalos se emplazan sobre los cuerpos de magnetita y estructuras tubulares (fase superior de mineralización magnetita – sulfuros base) siendo probable que a mayor profundidad se diferencien claramente los sulfuros económicos.

Producto de la interpretación del trabajo de magnetometría terrestre (103.35 Km. lineales) elaborado por VDG del Perú a solicitud de Ingemmet, se determinó en profundidad 4 cuerpos importantes de susceptibilidad magnética alta, con dimensiones hasta 1.2 Km. x 1 Km. de extensión; y 5 cuerpos menores con susceptibilidad magnética moderada bordeando a los anteriores, asociados probablemente con la mineralización del skarn de Pb, Zn, Ag, Cu (Au).

De acuerdo con las interpretaciones efectuadas en el presente estudio, la mineralización económica se emplazaría en un corredor de 2 Km. x 1 Km. de extensión aproximada, controlado por fallas con rumbo NE y cuerpos magnéticos presentes en profundidad, que deberá ser comprobado mediante un estudio de geofísica de polarización inducida (IP) en una extensión de 35 Km. lineales.

## 2.- UBICACIÓN

Políticamente pertenece al distrito de Chamaca, provincias de Paruro y Chumbivilcas, de la región Cusco, dista 18 Km. al nor-oeste en línea recta del distrito de Livitaca, con coordenadas de su punto central 8 422 000 N y 195 000 E, con una altitud promedio de 4 000 m. (Fig. N°1).

## 3.- ACCESIBILIDAD

Para acceder a la zona de interés se consideran tres alternativas:

- Alternativa 1 (partiendo de la ciudad del Cusco)

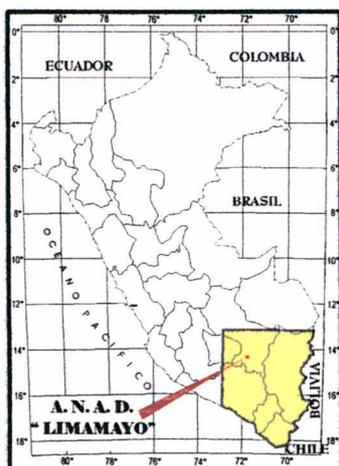
Ruta	Distancia (Km)	Tiempo (hrs)	Tipo de acceso
Cusco-Yanaoca	130	1.5	Carretera asfaltada
Yanaoca-Livitaca	90	3	Carretera afirmada
Livitaca-Chamaca	41	1	Carretera afirmada
Chamaca-Limamayo	10	0.5	Trocha carrozable
<b>TOTAL</b>	<b>271</b>	<b>6.0</b>	

Lima-Cusco (vía aérea) 1.15 horas

- Alternativa 2 (partiendo de la ciudad de Juliaca)

Ruta	Distancia (Km)	Tiempo (hrs)	Tipo de acceso
Juliaca-Sicuani	200	2.5	Carretera asfaltada
Sicuani-Yanaoca	60	1	Carretera asfaltada
Yanaoca-Livitaca	90	3	Carretera afirmada
Livitaca-Chamaca	41	1	Carretera afirmada
Chamaca-Limamayo	10	0.5	Trocha carrozable
<b>TOTAL</b>	<b>401</b>	<b>8.0</b>	

Lima – Juliaca (vía aérea) 2.30 Hrs.



INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

**INGEMMET**

**MAPA DE UBICACION Y ACCESO**  
**A.N.A.D. "LIMAMAYO"**

Fig. N° 1

- Alternativa 3 partiendo de la ciudad de Arequipa

<b>Ruta</b>	<b>Distancia (Km)</b>	<b>Tiempo (hrs)</b>	<b>Tipo de acceso</b>
Arequipa – Yauri	249	5.5	Parcialmente asfaltada
Yauri – Añahuichi	120	3.5	Carretera afirmada
Añahuichi – Chamaca	20	0.5	Carretera afirmada
Chamaca - Limamayo	10	0.5	Trocha carrozable
<b>TOTAL</b>	<b>399</b>	<b>10.0</b>	

#### **4.- BASE TOPOGRÁFICA**

Para los efectos del reconocimiento geológico inicial se empleó la hoja fotogramétrica del IGN (29-s) a escala 1:100 000 del cuadrángulo de Livitaca, en los trabajos de mayor detalle se utilizó las hojas topográficas a escala 1:25 000 del catastro del Ministerio de Agricultura.

#### **5.- GEOLOGÍA REGIONAL**

Dentro del contexto geológico regional el ANAD Limamayo está enmarcado desde el punto de vista metalogénico en la franja de skarn del sur del Perú (Fig. N°2).

Caracterizada por presentar tufos de composición riodacítica de color blanquecino correspondiente a la Formación Vilcarani, del Neógeno-Plioceno, rocas calcáreas del Cretáceo inferior correspondientes a la Formación Arcurquina y/o Ferrobamba y areniscas cuarzosas de la Formación Murco, afectadas por intrusiones magmáticas del Batolito de Yauri-Andahuaylas del Cenozoico e intrusiones intermedias pos Batolíticas y sedimentos del paleozoico.

La tectónica regional está representada por anticlinales y sinclinales de rumbo N-S y NO-SE, localmente se presentan plegamientos menores de rumbo NE tal como ocurre en el área de estudio y fallamientos locales con rumbo NE principalmente tensionales que controlan la mineralización.

Dentro de los yacimientos de tipo skarn más representativos de esta franja, se tiene las minas Tintaya, Katanga y proyectos como las Bambas, Ccorocohuayco, Quechua y Antapacay.

##### **5.1- Geología Local**

El marco geológico del área de estudio está representado por:

### 5.1.1- Litología

Desde el punto de vista litológico en el área de estudio aflora una secuencia calcárea de calizas grises correspondientes a la Formación Arcurquina, equivalente de la Formación Ferrobamba del Cretáceo inferior, las que conforman en la zona de interés un anticlinal tumbado de dirección N 20°E (Mapa N°1).

Afloran rocas intrusivas intermedias correspondientes al Batolito de Apurimac del Cretáceo superior-Terciario inferior, de composición granodiorítica-monzonítica; correspondiente posiblemente a diferenciaciones tardías de la fase Batolítica (responsables de la mineralización).

También ocurren ocasionalmente afloramientos aislados de tufos de composición riódacítica de color blanquecino correspondiente a la Formación Vilcarani, del Neógeno Plioceno.

### 5.1.2- Tectonismo

El marco tectónico del área es complejo, las calizas de la Formación Arcurquina (Formación Ferrobamba) se encuentran plegadas como producto de las fallas presentes aunadas con las diferentes pulsaciones magmáticas que disturbaron a los sedimentos Mesozoicos, formando en el área de estudio un anticlinal tumbado cuyo eje tiene rumbo NE (Foto N°1), así como la presencia de una tectónica distensiva representada por fallamientos normales con rumbo NO-SE y buzamiento sub-vertical, y fallas normales de rumbo N50°E con buzamiento 35° SE (Mapa N°2), el cual habría sido aprovechado por los fluidos mineralizantes para su desplazamiento y su posterior deposición (Foto N°2).

## 6.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL AREA DE INTERÉS

En base a los trabajos iniciales realizados en el área de estudio se logró identificar una veta de rumbo N50°O y buzamiento 35° NE de 1.5 m de potencia y 8 cuerpos hasta de 40 m x 150 m de extensión superficial aproximadamente con rumbo y buzamiento similares al de la veta. Desde el punto de vista mineralógico la característica principal de la veta y cuerpos mencionados es su alto contenido de magnetita con anomalías geoquímicas de Pb, Zn, Ag, Cu (Au).

La alteración hidrotermal más representativa del área de estudio es la silicificación la cual se circunscribe a las fallas presentes, una débil argilitización se presenta aproximadamente a 1 Km. al este del poblado de Ccacho, también relacionada a estas estructuras se observa esporádicamente la presencia de granates (andradita y uvarovita), epidota y clorita (Mapa N°2).



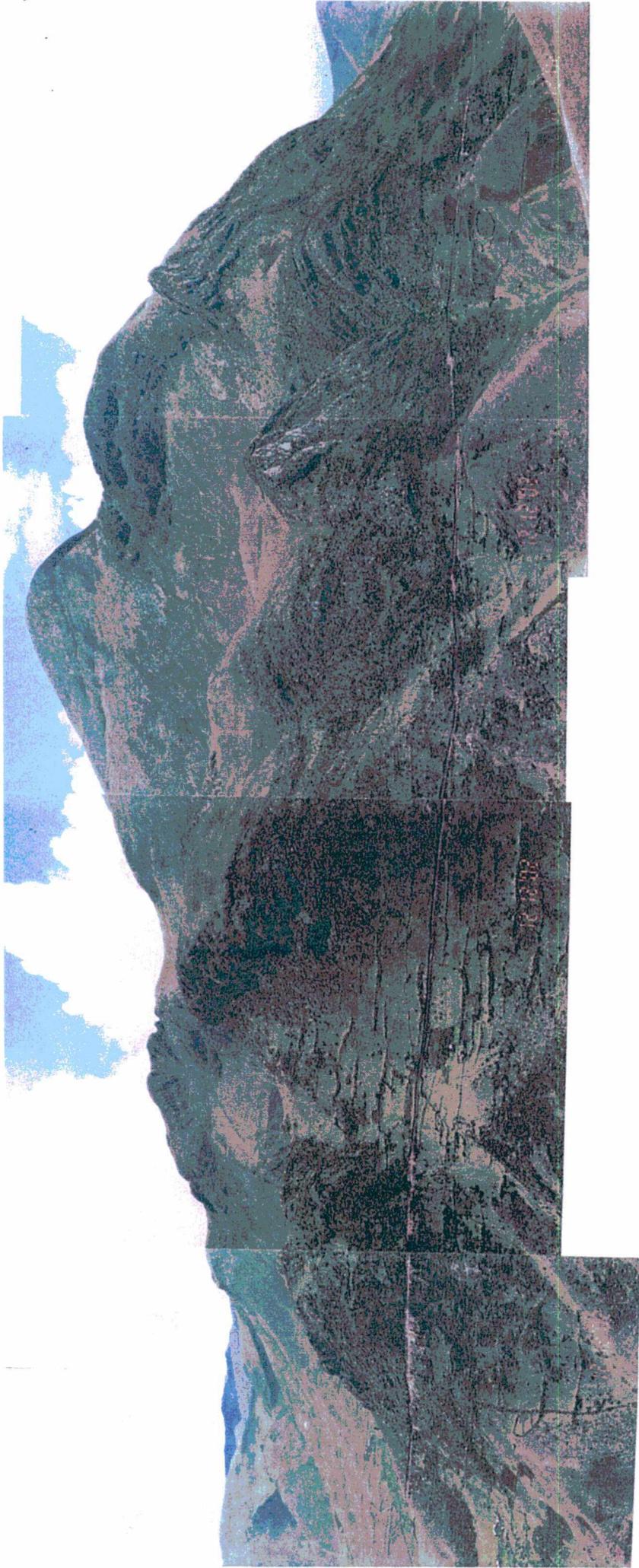


Foto N° 1.- Vista Panorámica del C° Coacho mirando al Este, nótese el Anticlinal y el centro del mismo.

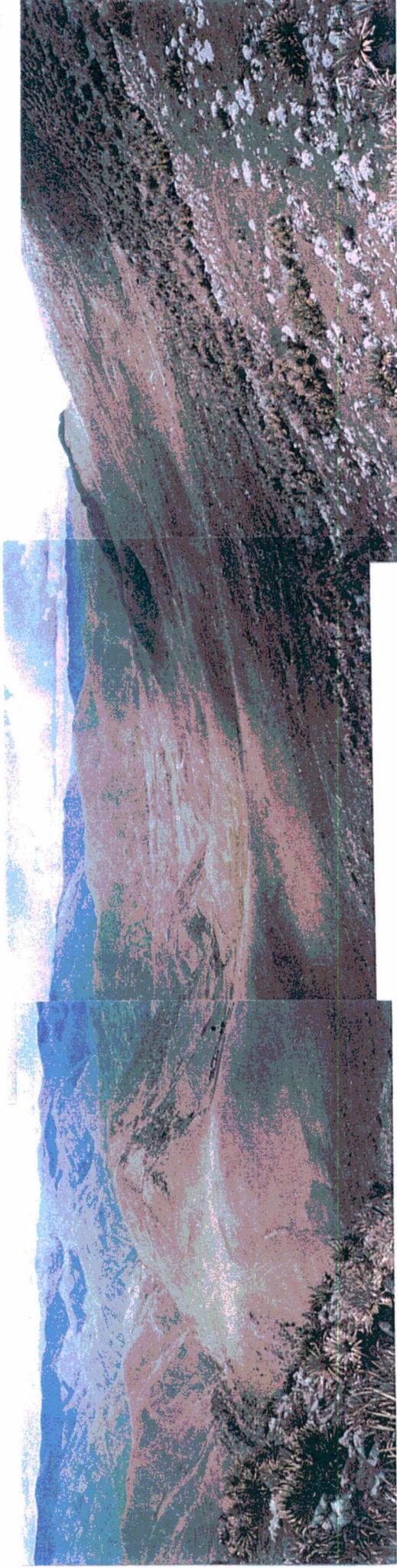


Foto N° 2.- Núcleo del Anticlinal de C° Ccacho, volcado hacia el Este y visto desde el Sur; con posibilidades de albergar mineralización económica polimetálica.

## 7.- GEOQUÍMICA

Inicialmente, se realizó un muestreo geoquímico referencial de fragmentos de roca, obteniéndose 47 muestras, cuyo resultado de análisis permitió identificar zonas anómalas que presentan hasta 2751 ppm Pb, 4708 ppm Zn, 94 ppm Ag, 936 ppm Cu y 127 ppb Au (Mapa N°3).

Estos valores anómalos estrechamente vinculados con la presencia de cuerpos y vetas de magnetita, sustentó el trabajo de una segunda campaña de muestreo geoquímico en canales de 2 m de largo por 20 cm. de ancho, obteniéndose un total de 229 muestras.

Los resultados de compósito de muestras obtenidas bajo esta modalidad se presenta en el siguiente cuadro:

Compósito	Metros	Pb ppm	Zn ppm	Ag ppm	Cu ppm	Au ppb
A	12	411	366	1.20	307	8
B	28	195	680	13.00	297	8
C	28	332	431	1.53	761	36
D	20	1937	184	45.00	86	8

Asimismo se muestreó 3 trincheras de 1m x 2m x 1m que arrojó valores geoquímicos anómalos de 956 ppm Cu.

La interpretación geoquímica de los resultados de análisis de las 229 muestras de canales se realizó utilizando el software GEOSOFT- módulo Chimera, habiéndose obtenido los parámetros que han permitido definir los valores definitivamente anómalos, utilizando los valores del Percentil 90, como se puede apreciar en la Tabla N° 1. Del mismo modo se han elaborado los mapas de la distribución geoquímica para los elementos Au – Ag – Cu – Pb – Zn y As que se aprecia en las Figs. N° 3 al N° 8 .

De acuerdo a las interpretaciones efectuadas se han definido las siguientes correlaciones:

- **Sector A:** Moderada para el Pb/Zn, Pb/Ag y débil para Ag/Zn.
- **Sector B:** Muy fuerte para Ag/Zn y débil para Pb/Ag.-
- **Sector C:** Muy fuerte para Pb/Zn, fuerte para Ag/Pb; Ag/Zn y moderada para Cu/Au.
- **Sector D:** Débil para Cu/Pb.

Cabe resaltar que la totalidad de las muestras obtenidas han sido extraídas de un ambiente muy lixiviado con presencia de hematita-limonita, trazas de sulfuros base y pirita en el skarn.

TABLA N° 1

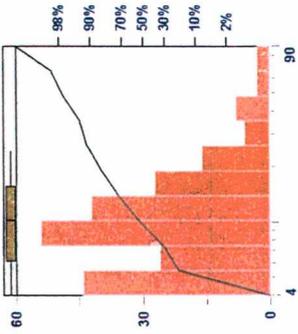
ANAD LIMAMAYO

MUESTRAS DE CANAL

PARAMETROS ESTADISTICOS

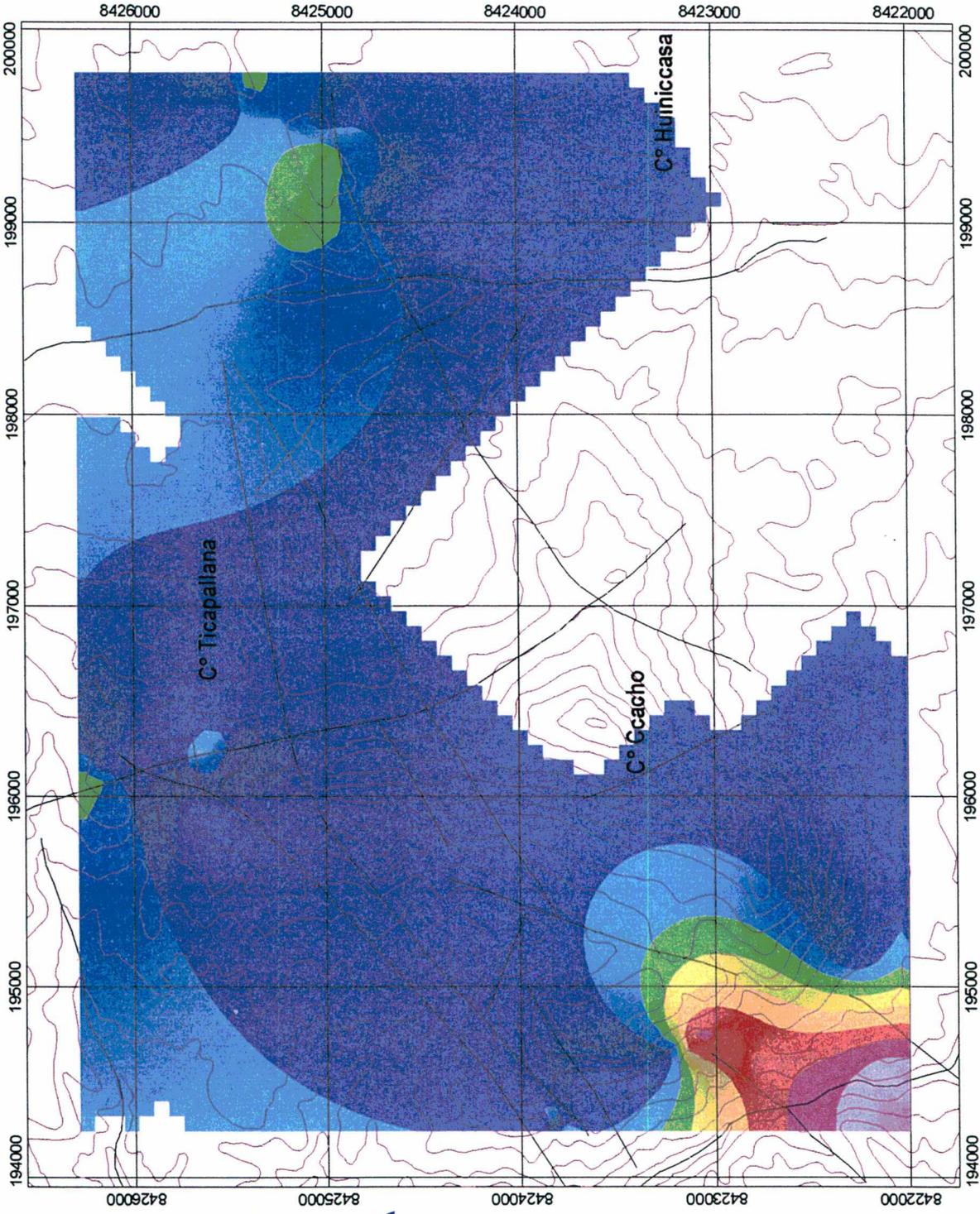
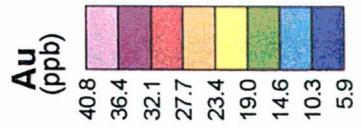
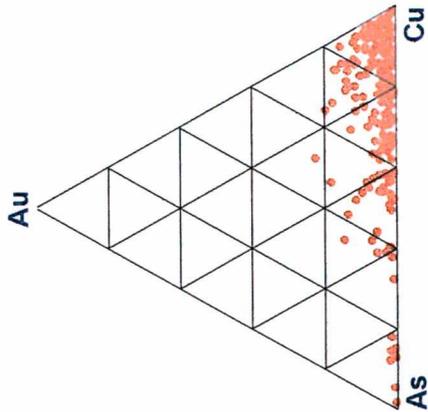
Elementos	Población	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Variance	Threshold	Percentil 90	Percentil 95
Au	212.00	4.00	83.00	13.54	12.29	151.15	38.13	25.00	39.00
Ag	212.00	0.10	27.80	1.54	3.93	15.46	9.40	2.17	10.87
Ba	212.00	0.50	10 000.00	323.20	1 582.93	2 505 668.11	3 489.06	82.10	242.10
Cu	212.00	0.00	3 254.00	316.14	291.62	85 044.44	899.39	584.10	693.00
Fe	212.00	1.48	15.00	14.71	1.88	3.52	18.46	15.00	15.00
Mn	212.00	302.00	10 000.00	1 210.75	1 943.36	3 776 634.08	5 097.46	1 485.90	5 544.25
Pb	212.00	4.00	1 784.00	125.12	188.31	35 461.22	501.75	251.80	466.95
Zn	212.00	0.50	1 486.00	172.35	217.17	47 162.94	606.69	362.60	620.55

### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



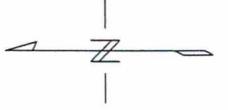
Au (ppb)	
Samples:	229
Minimum:	4
Maximum:	83
Mean:	13
Geo.Mean:	10
Median:	10
Mode:	4
Std.Dev.:	11.96
Std.Err.:	0.8889
Skew:	3.049
Kurtosis:	11.75
Log:	1.009
Mean:	1.008
Median:	1.008
Skew:	0.6116

### CORRELACIÓN TERNARIA



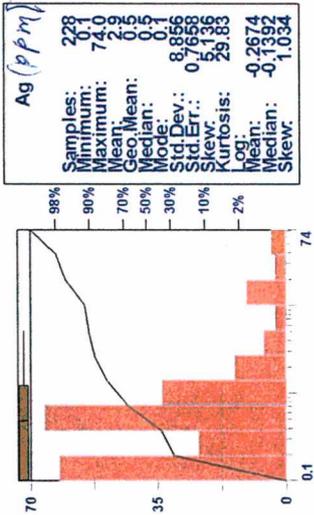
## ANAD LIMAMAYO DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA Au MUESTRAS DE CANAL

FIG N° 3

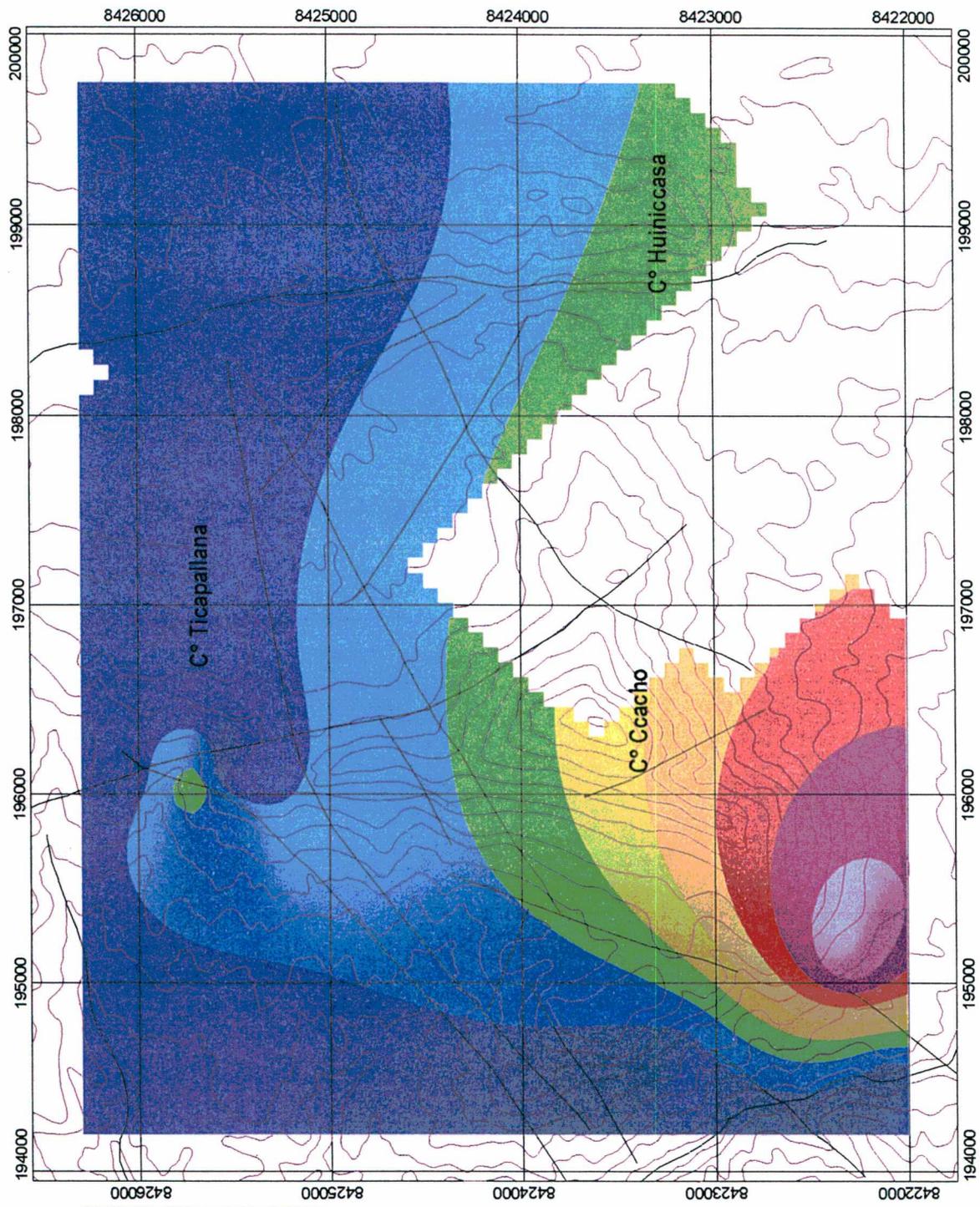
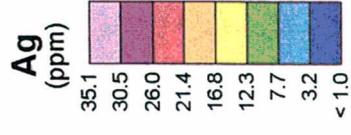
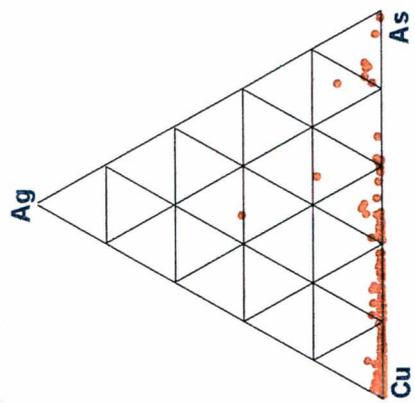


WGS 84 / UTM zone 18S

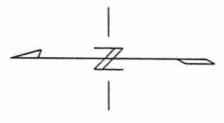
### HISTOGRAMA DE FRECUENCIA



### CORRELACIÓN TERNARIA

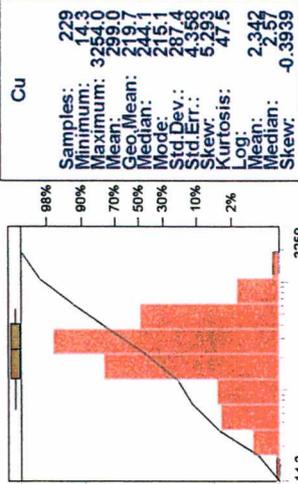


**ANAD LIMAMAYO**  
**DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA Ag**  
**MUESTRAS DE CANAL**  
**FIG N° 4**

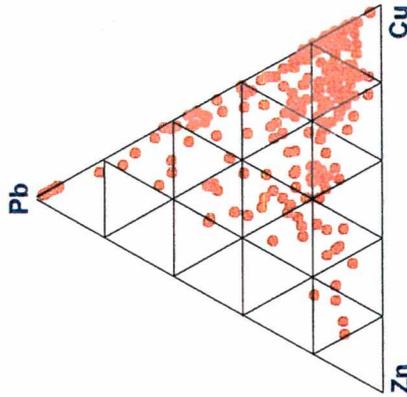


WGS 84 / UTM zone 18S

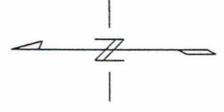
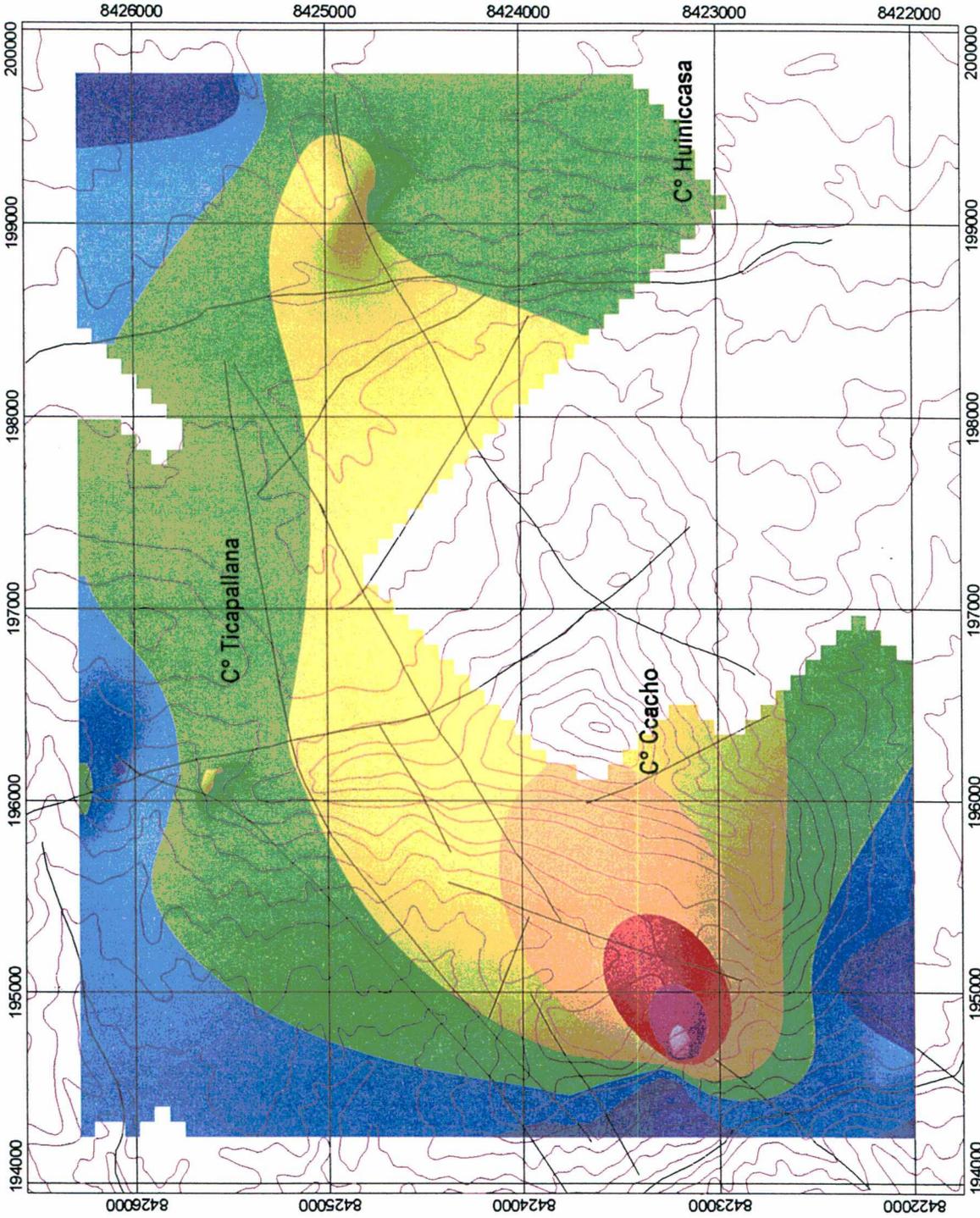
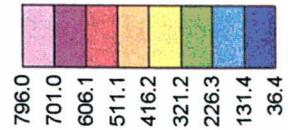
### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



### CORRELACIÓN TERNARIA



Cu (ppm)

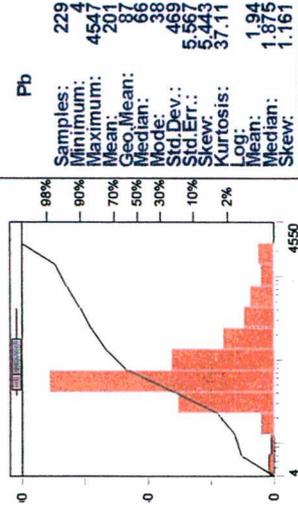


**ANAD LIMAMAYO**  
**DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA Cu**  
**MUESTRAS DE CANAL**  
**FIG N° 5**

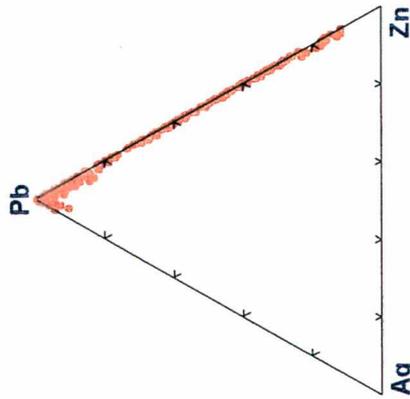


metres  
 WGS 84 / UTM zone 18S

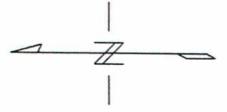
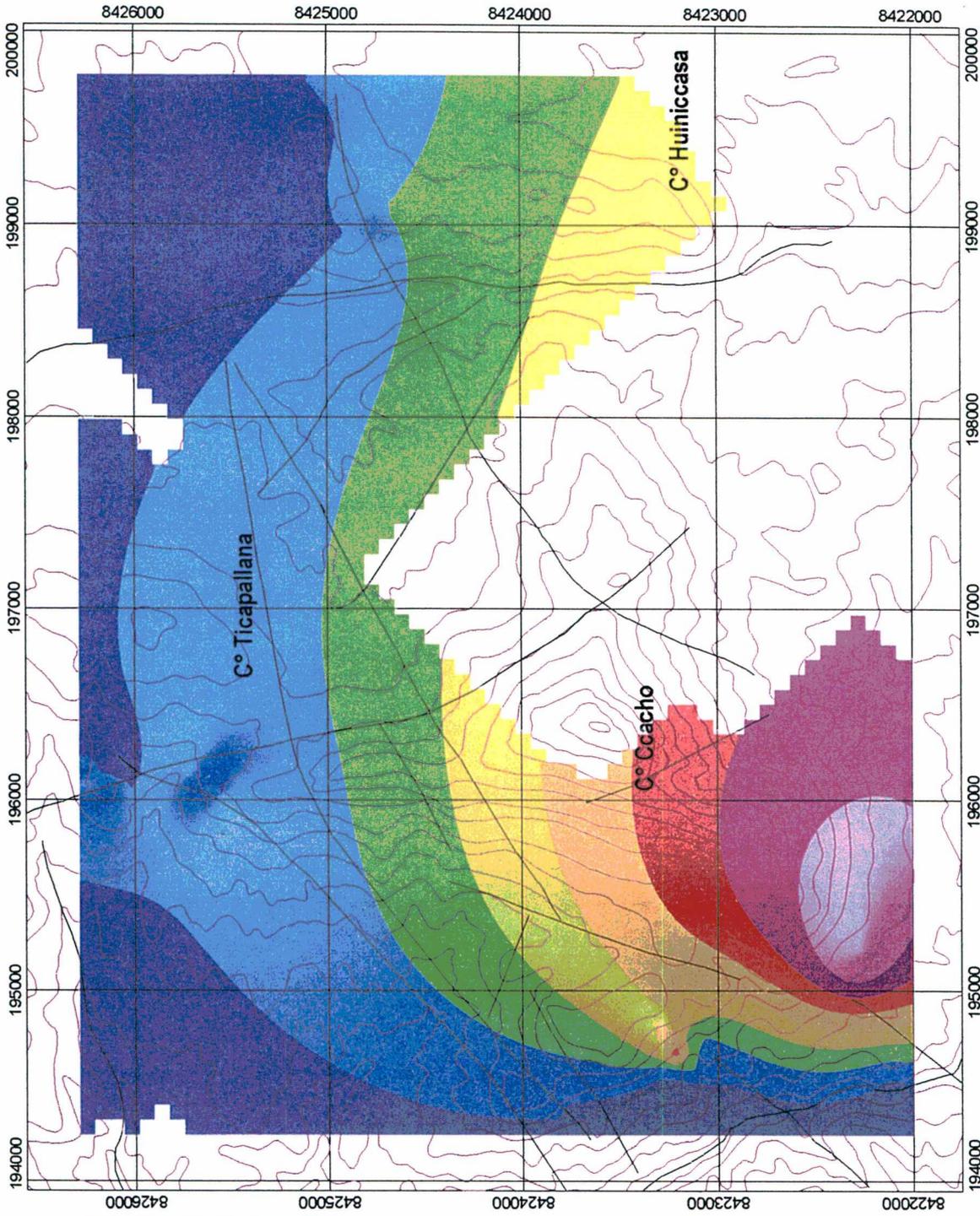
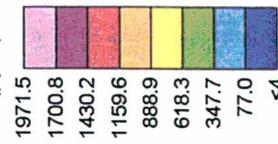
### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



### CORRELACIÓN TERNARIA



### Pb (ppm)



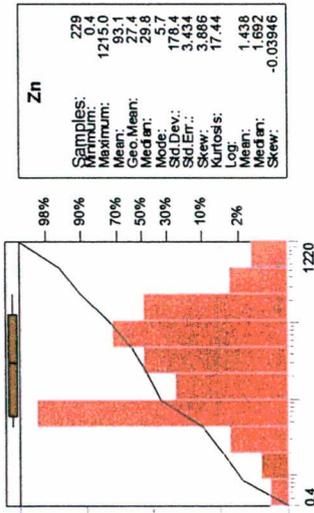
**ANAD LIMAMAYO**  
**DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA Pb**  
**MUESTRAS DE CANAL**

FIG N° 6

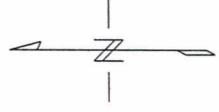
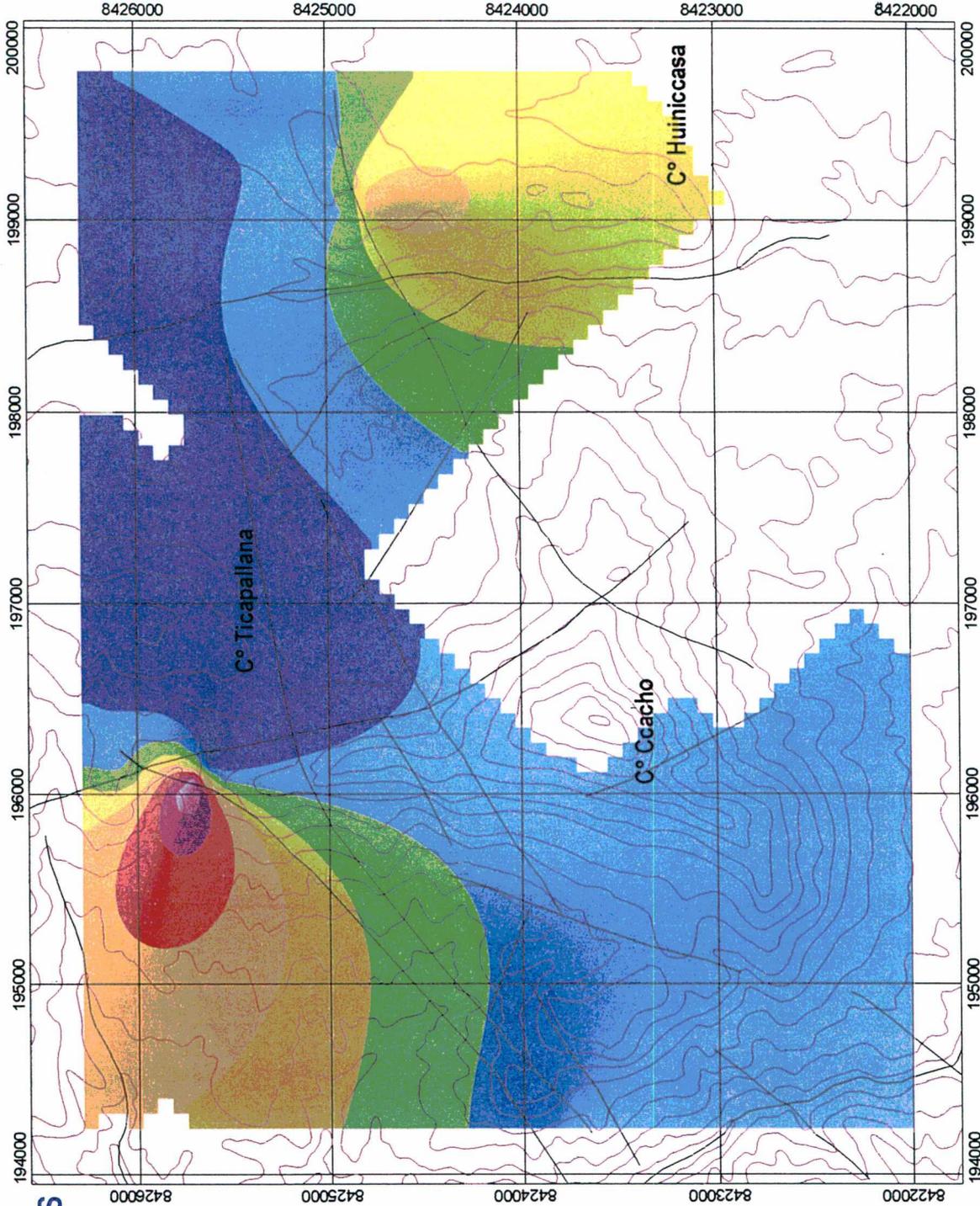
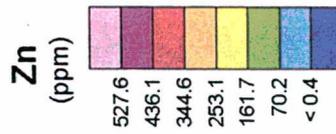
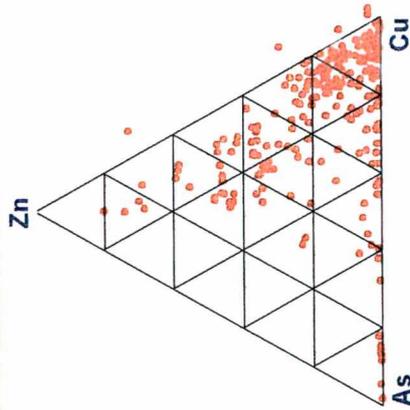


WGS 84 / UTM zone 18S

### HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS



### CORRELACIÓN TERNARIA



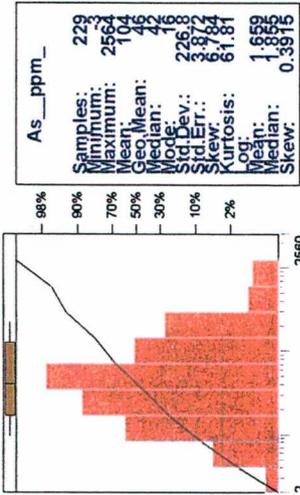
# ANAD LIMAMAYO DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA Zn MUESTRAS DE CANAL

FIG N° 7

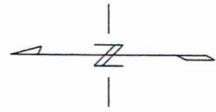
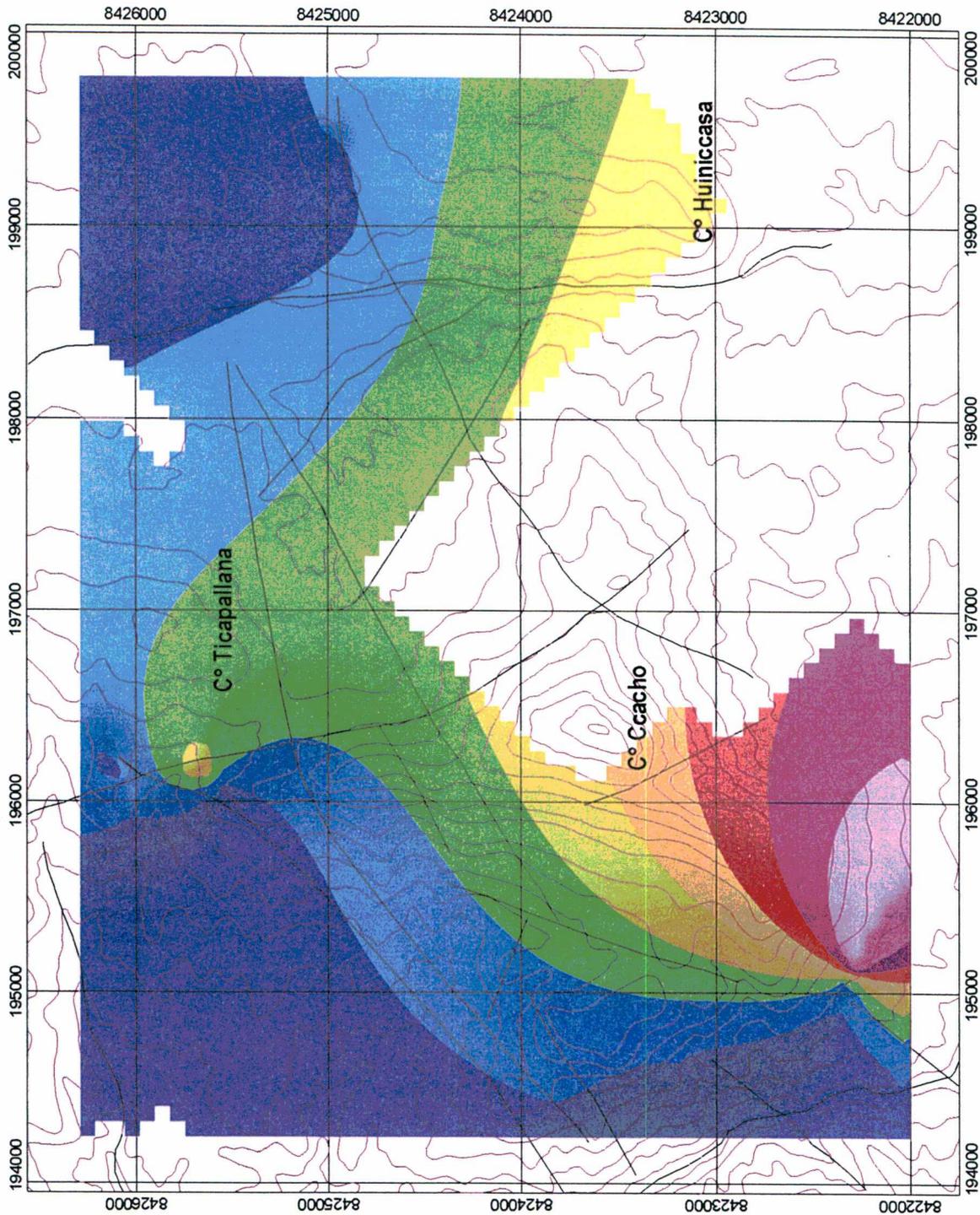
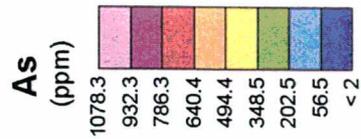
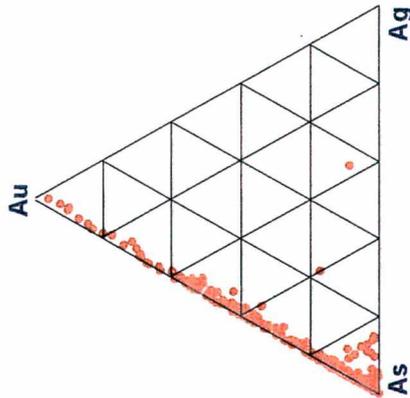


WGS 84 / UTM zone 18S

### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



### CORRELACIÓN TERNARIA

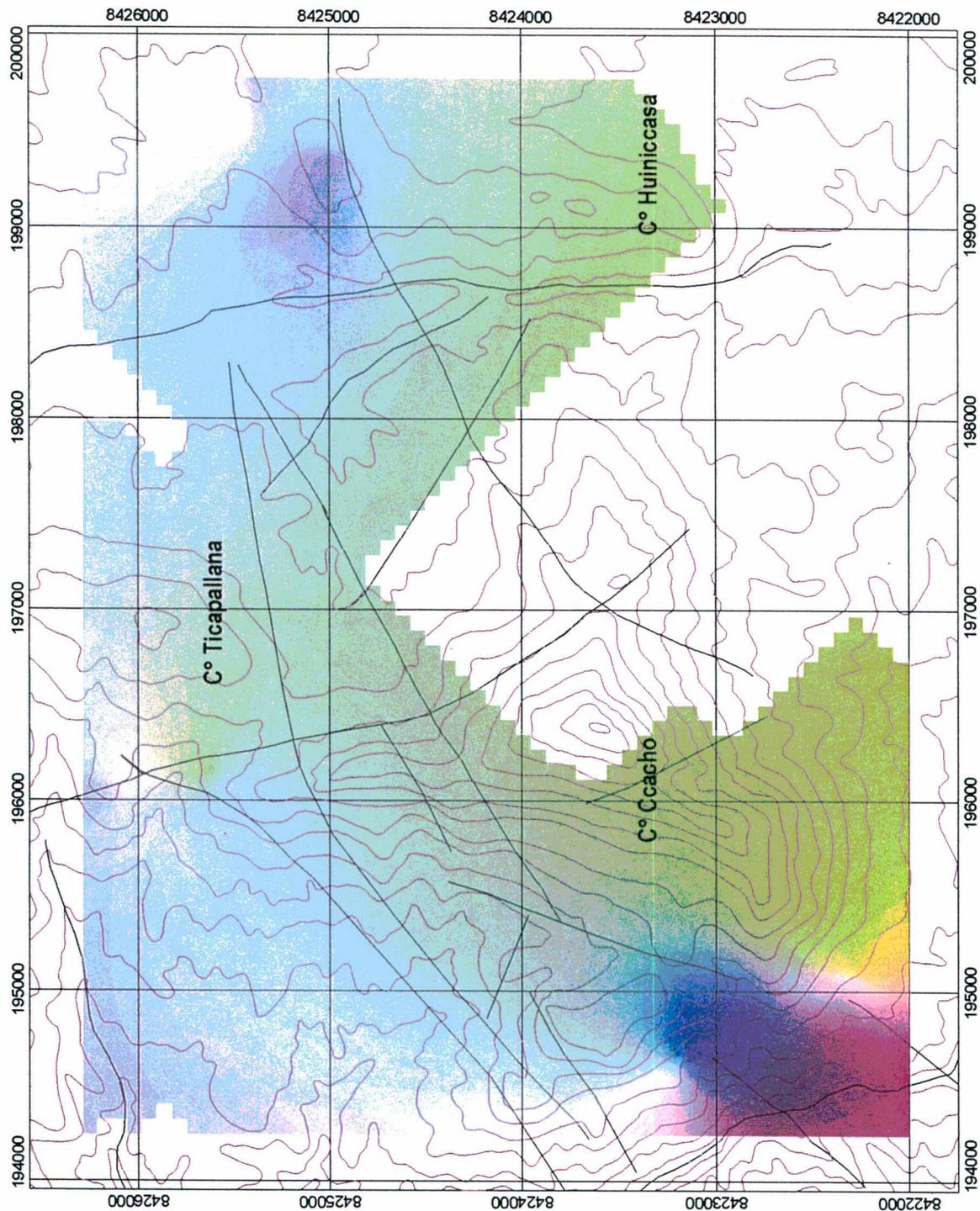


**ANAD LIMAMAYO**  
**DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA AS**  
**MUESTRAS DE CANAL**

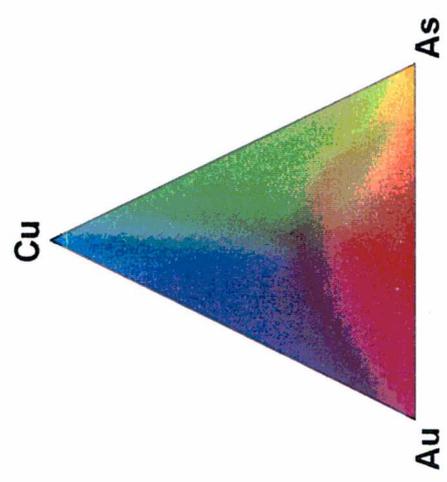
FIG N° 8



WGS 84 / UTM zone 18S

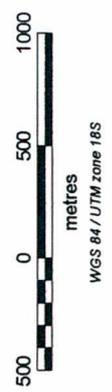


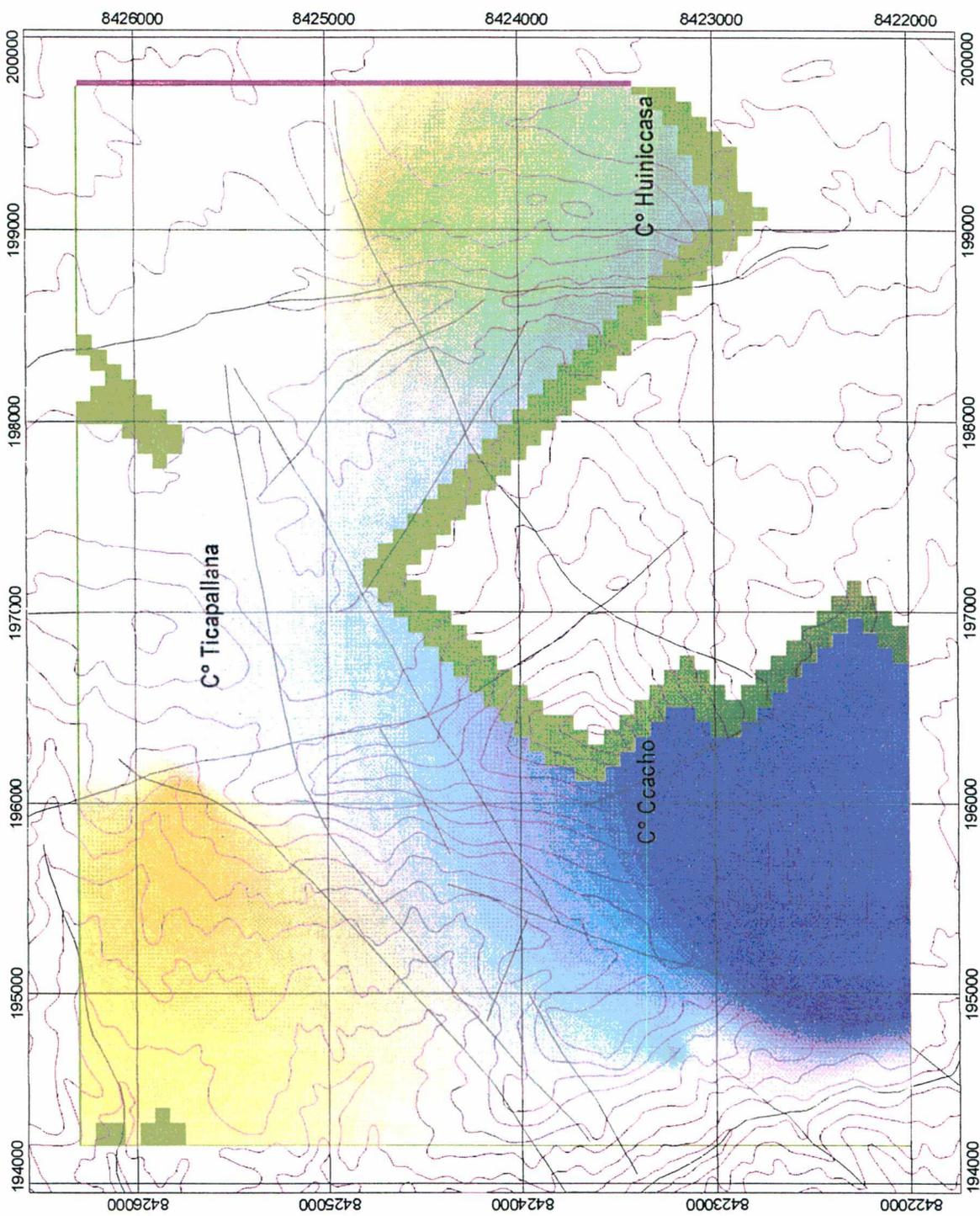
**LEYENDA TERNARIA**



**ANAD LIMAMAYO  
ASOCIACION GEOQUÍMICA Cu - Au - AS  
MUESTRAS DE CANAL**

FIG N° 9

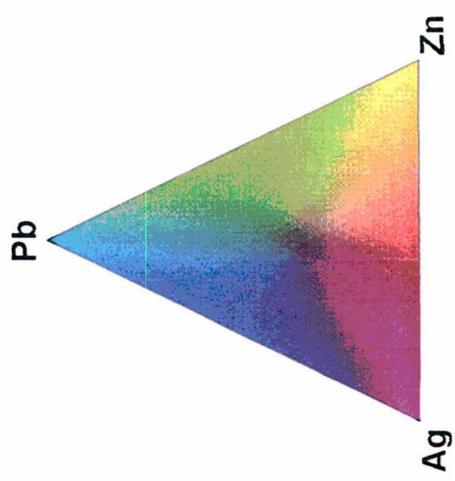




**ANAD LIMAMAYO**  
**ASOCIACION GEOQUÍMICA Pb - Ag - Zn**  
**MUESTRAS DE CANAL**

FIG N° 10

**LEYENDA TERNARIA**



WGS 84 / UTM zone 18S

## 8. - GEOFÍSICA

Con la finalidad de definir cuerpos magnéticos en profundidad, posiblemente asociados con mineralización de sulfuros, se efectuó un programa de magnetometría terrestre sobre el área de interés, se propuso inicialmente una malla de 92 Km lineales, la que posteriormente fue incrementada en 11.35 Km a fin de cubrir áreas magnéticas que no fueron cubiertas, haciendo un total de 103.35 Km, sobre un total de 38 líneas (Fig. N°11), con un espaciamiento de 100 m y lecturas cada 10 m.

VDG del Perú fue la encargada de ejecutar este estudio, que se desarrolló del 27 de agosto al 9 de setiembre del año 2003, siendo el objeto del mismo la detección y delimitación en profundidad de cuerpos magnéticos favorables a la ocurrencia de mineralización económica de sulfuros.

### Especificaciones Técnicas

#### Instrumentos

Magnetómetro móvil	2 x Gem GSM-19, serie # 44319, 44321
Magnetómetro base	Gem GSM-19, serie # 54416
Ciclo de lecturas de la base	10 segundos
Datum de la base (campo)	25,100 nT
Coord. de la base "mag".(PSAD56 Mean)	195 157 E - 8 421 592 N, 3814 m.s.n.m
Coord. del punto de control "mag".(PSAD56 Mean)	195 172 E - 8 421 593 N, 3817 m.s.n.m

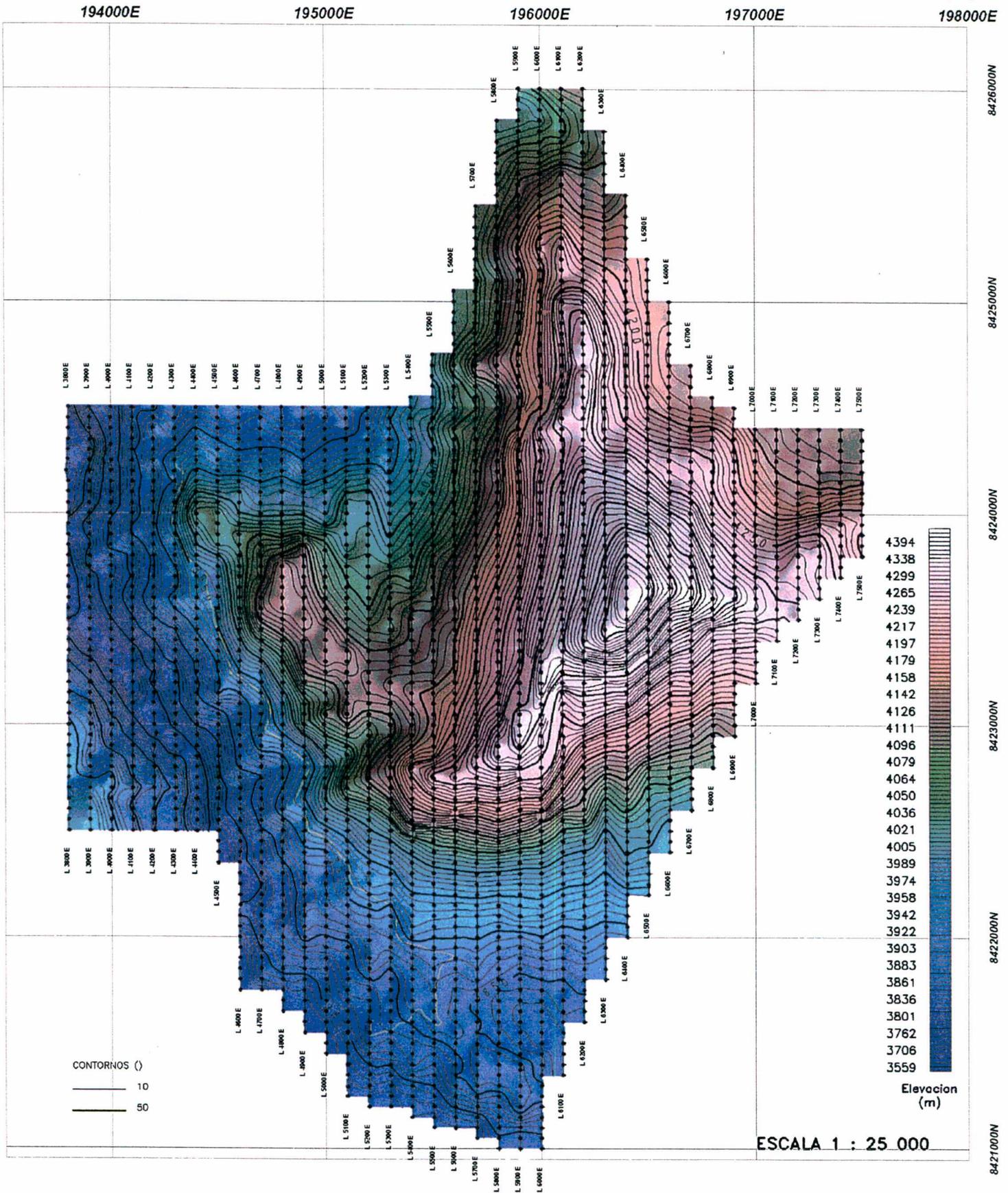
#### Disposición utilizada

- Medición de la intensidad de campo total: (nanoteslas)
- Lecturas del magnetómetro de base: cada 10 segundos
- Lecturas del magnetómetros móviles: cada 10 metros y detalles cada 5 metros
- Sincronización de los magnetómetros base-móvil = 0.002 segundos
- Nivel de referencia (Datum) del campo magnético: 25100 nT

En base a la interpretación de los mapas de Campo Magnético Total, Reducción al Polo, Señal Analítica (Figs. N°12 al N°14), VDG del Perú, determina 4 cuerpos magnéticos importantes denominados 1, 2, 3 y 4 con susceptibilidad magnética alta, así como 5 cuerpos menores con susceptibilidad magnética moderada denominados (a, b, c, d, y e); (Figs. N°15 al N°17), asociados posiblemente a cuerpos de skarn económicos.

# MAPA BASE TOPOGRAFIA Y LINEAS DE ESTUDIO

Sistema de Coordenadas: UTM - 19S  
Datum: PSAD56 (Mean)



**VAL D'OR GEOFISICA** VDG DEL PERU  
S.A.C.

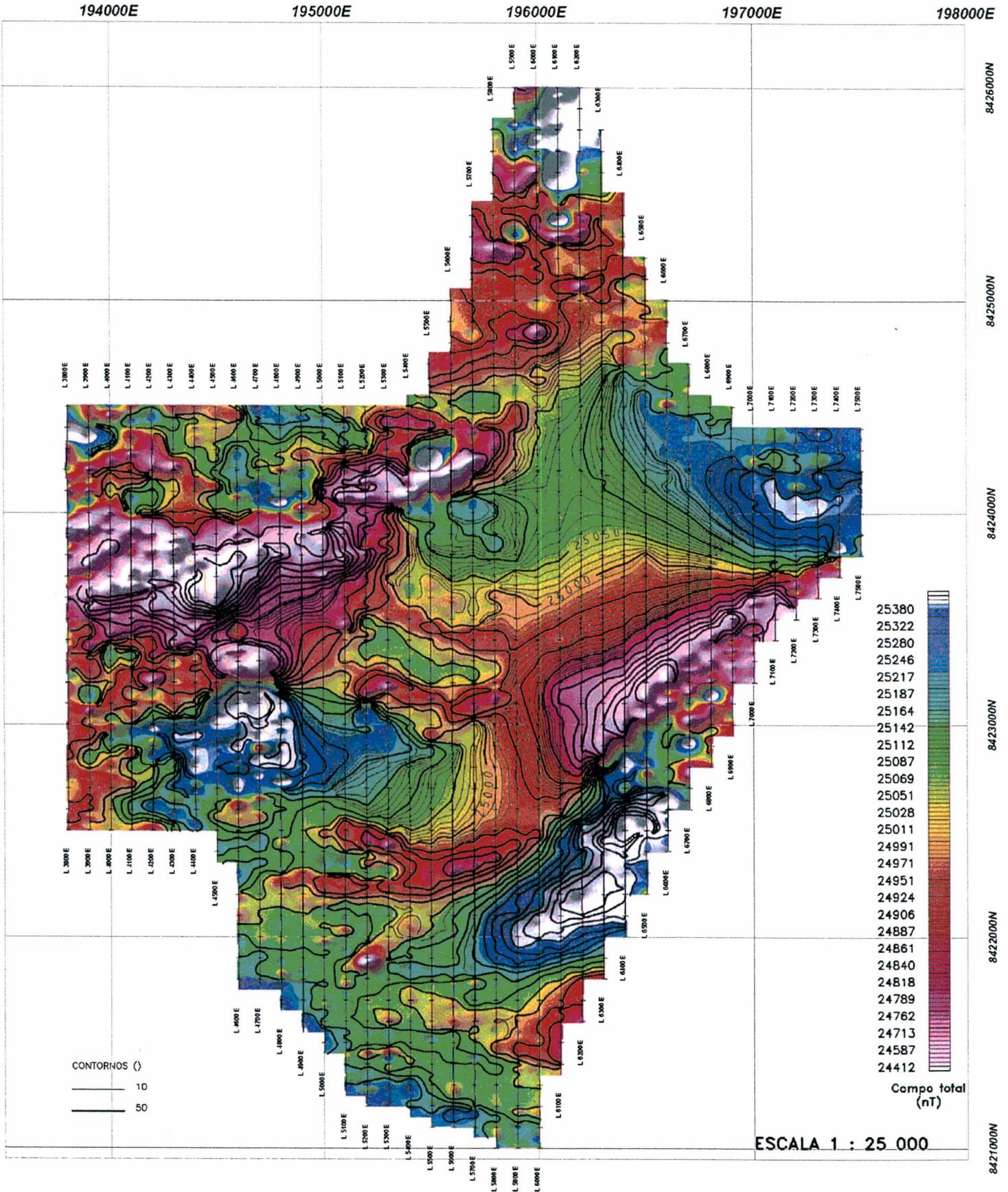
A.N.A.D "LIMAMAYO"  
Cusco - Peru  
Referencia: 03-P250  
Setiembre-2003

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO  
**INGEMMET**  
DIRECCION DE GEOLOGIA ECONOMICA Y PROSPECCION MINERA

Fig. N° 11

# ESTUDIO MAGNETICO CONTORNOS DEL CAMPO MAGNETICO TOTAL

  
 Sistema de Coordenadas: UTM - 19S  
 Datum: PSAD56 (Mean)



**VAL D'OR GEOFISICA**  
**VDG DEL PERU**  
**S.A.C.**

**A.N.A.D "LIMAMAYO"**  
 Cusco - Peru  
 Referencia: 03-P250  
 Setiembre-2003

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO  
  
 DIRECCION DE GEOLOGIA ECONOMICA Y PROSPECCION MINERA

Fig. N° 12

# ESTUDIO MAGNETICO REDUCCION AL POLO

Sistema de Coordenadas: UTM - 19S  
Datum: PSAD56 (Mean)

194000E

195000E

196000E

197000E

198000E

8425000N

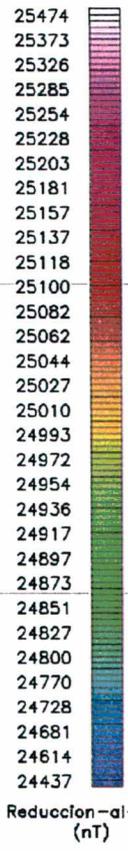
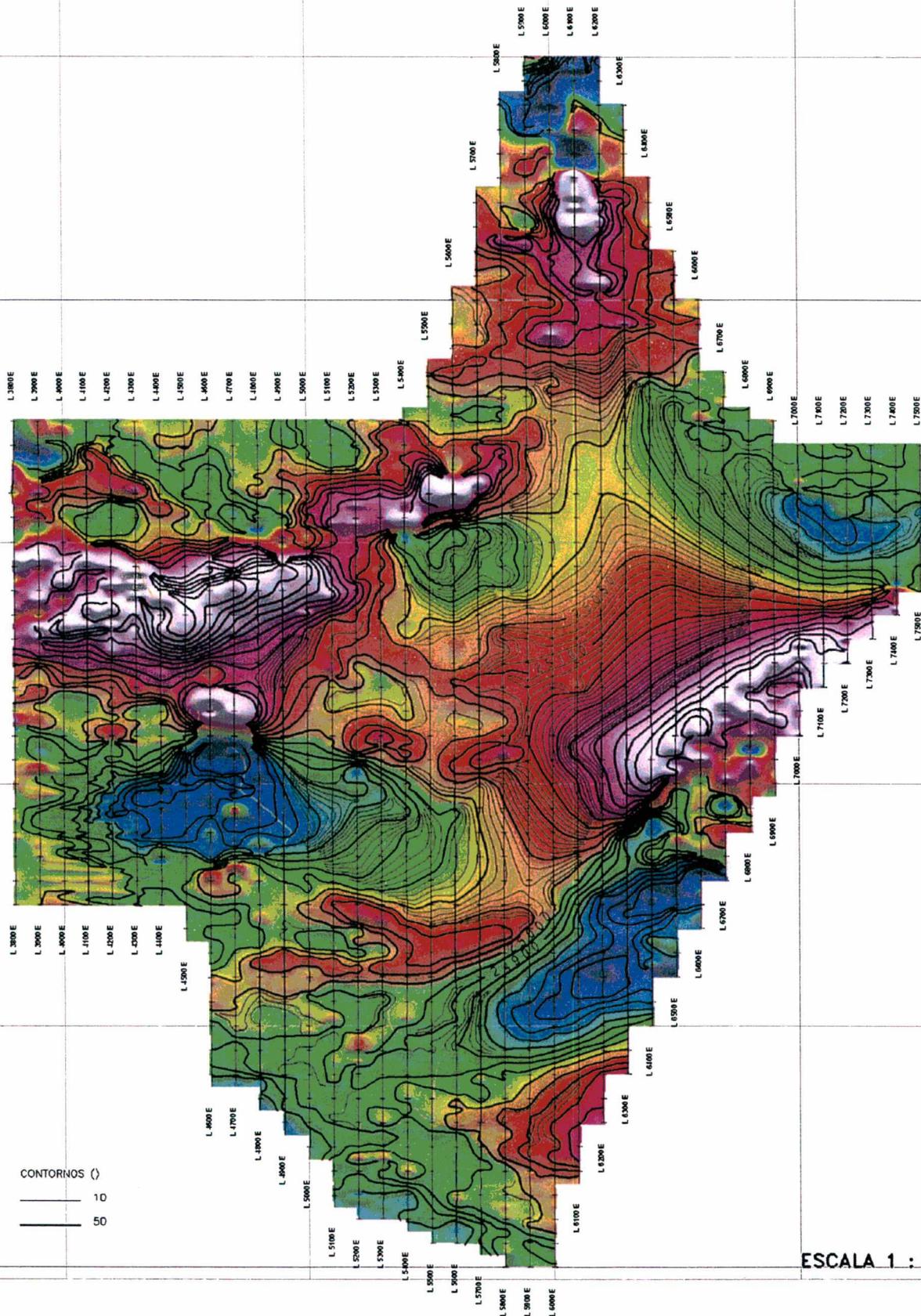
8425000N

8424000N

8423000N

8422000N

8421000N



Reduccion-al-polo  
(nT)

CONTORNOS ( )  
— 10  
— 50

ESCALA 1 : 25 000

VAL D'OR GEOFISICA VDG DEL PERU S.A.C.

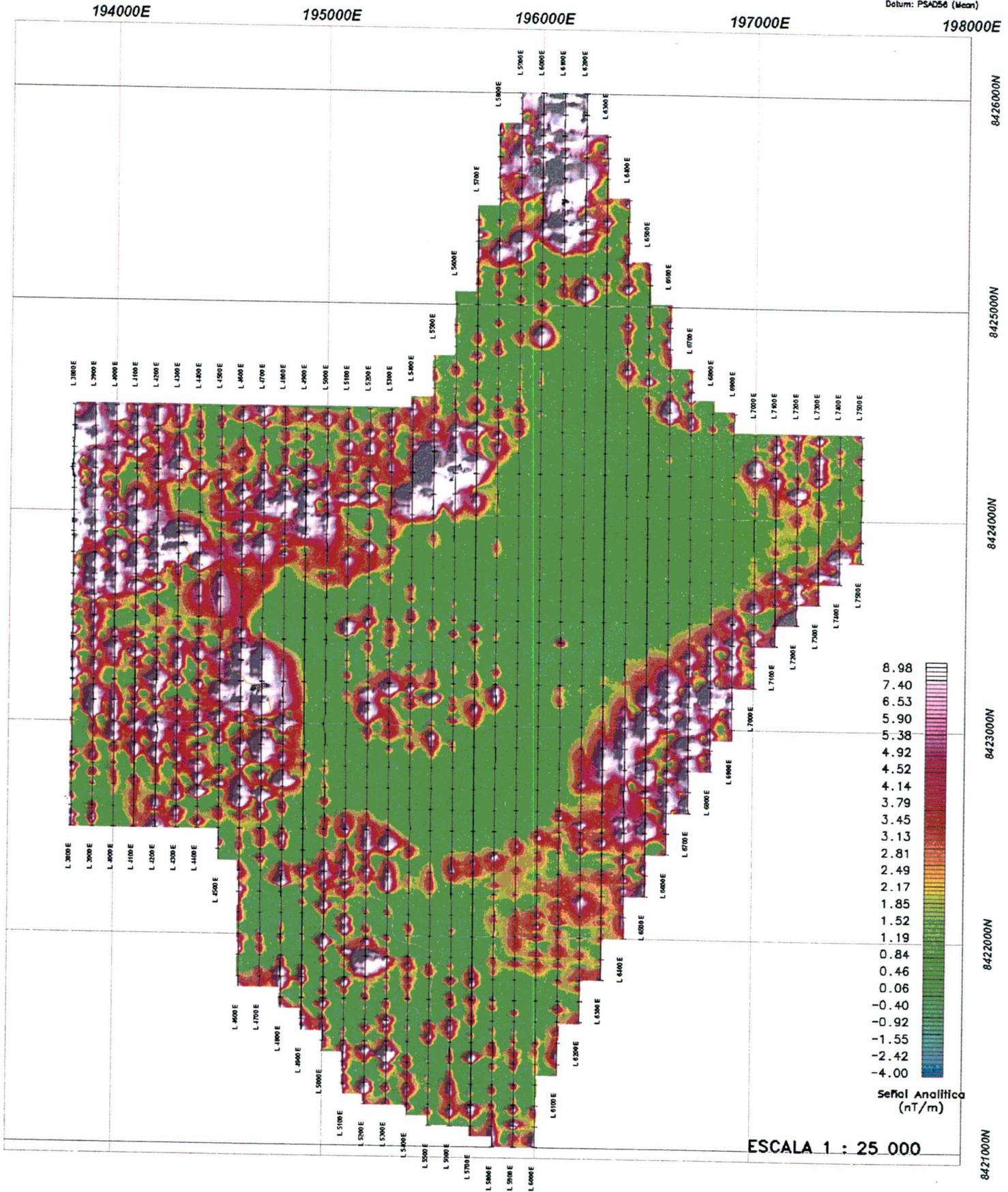
A.N.A.D "LIMAMAYO"  
Cusco - Peru  
Referencia: 03-P250  
Setiembre-2003

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO  
**INGEMMET**  
DIRECCION DE GEOLOGIA ECONOMICA Y PROSPECCION MINERA

Fig. N° 13

# ESTUDIO MAGNETICO SEÑAL ANALITICA

  
 Sistema de Coordenadas: UTM - 19S  
 Datum: PSAD56 (Mean)



**VAL D'OR GEOFISICA**  
**VDG DEL PERU**  
**S.A.C.**

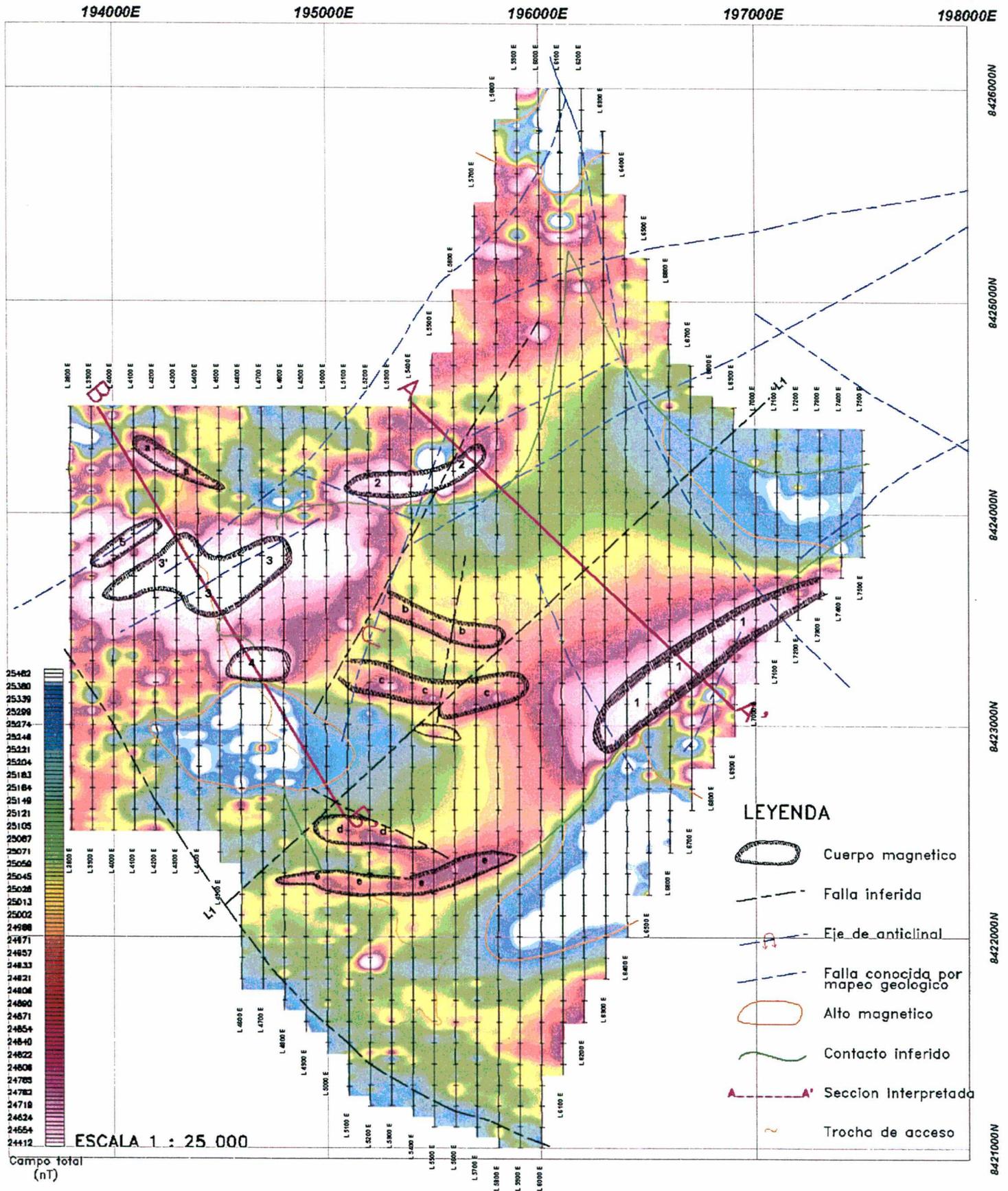
**A.N.A.D "LIMAMAYO"**  
 Cusco - Peru  
 Referencia: 03-P250  
 Setiembre-2003

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO  
  
 DIRECCION DE GEOLOGIA ECONOMICA Y PROSPECCION MINERA

Fig. N° 14

# ESTUDIO MAGNETICO INTERPRETACION SOBRE EL CAMPO MAGNETICO TOTAL

  
 Sistema de Coordenadas: UTM - 19S  
 Datum: PSAD56 (Mean)



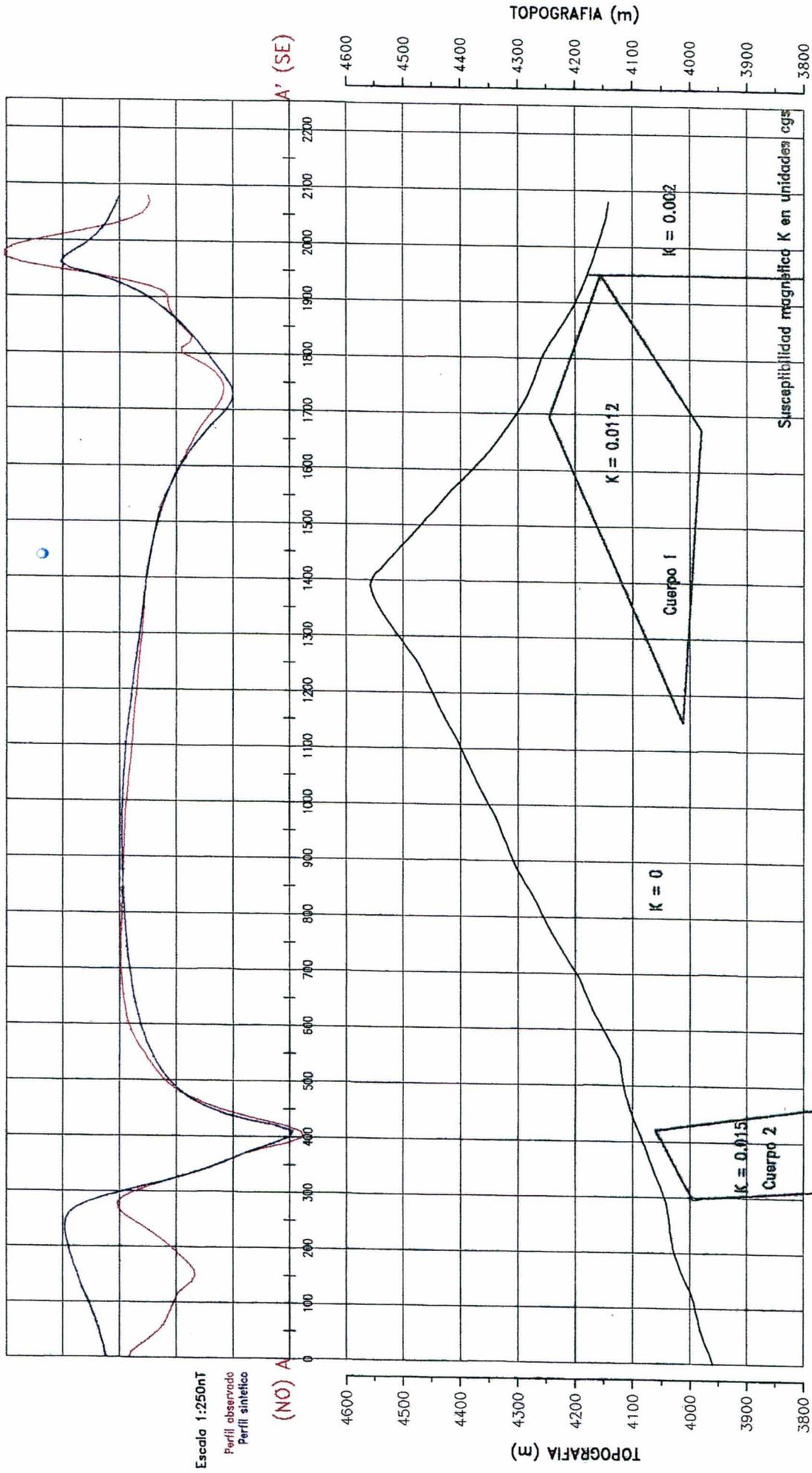
**VAL D'OR GEOFISICA VDG DEL PERU S.A.C.**

**A.N.A.D "LIMAMAYO"**  
 Cusco - Peru  
 Referencia: 03-P250  
 Setiembre-2003

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO  
**INGEMMET**  
 DIRECCION DE GEOLOGIA ECONOMICA Y PROSPECCION MINERA

Fig. N° 15

# PERFIL MAGNETICO SECCION A-A'

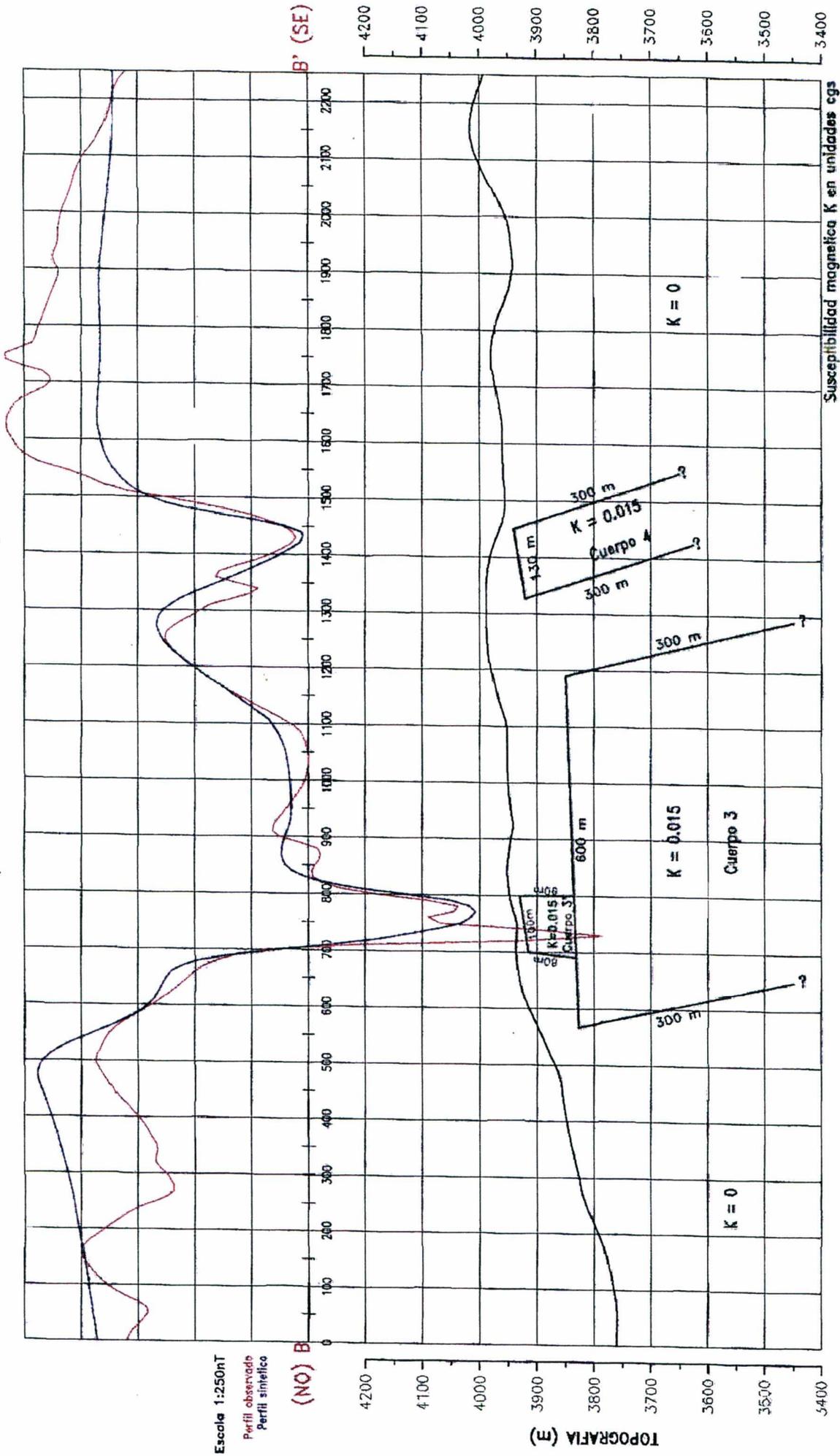


**VAL D'OR**  
GEOFISICA  
S.A.C.

INGEMMET  
PROYECTO LIMAMAYO  
Cusco, PERU

Fig. Nº 16  
Fecha: Setiembre 2003  
Referencia: 03-P250

# PERFIL MAGNETICO SECCION B-B' (mirando al Noreste)



Escola 1 : 10 000

Fig. Nº 17  
 Fecha: Setiembre 2003  
 Referencia: 03-P250

INGEMMET  
 PROYECTO A.N.A.D. LIMAMAYO  
 Cusco, PERU

**VAL D'OR**  
**GEOFISICA**  
**S.A.C.**

## 9.- DISCUSIÓN

Del análisis exhaustivo de las investigaciones geológicas realizadas, se infiere la presencia de un depósito mineral oculto del tipo skarn con contenido de Pb, Zn, Ag, Cu (Au), conforme a los siguientes criterios:

- En el área de estudio afloran intrusivos de composición intermedia granodiorita-monzonita derivados del batolito de Apurímac del Paleógeno en contacto con calizas Mesozoicas de la Formación Arcurquina, genéticamente asociados con la formación de yacimientos de skarn en la región, siendo los ejemplos más representativos los skarn de Tintaya y Las Bambas.
- Presencia de más de un sistema de fallas normales, posibles conductos de las soluciones hidro-mineralizantes, productos de un tectonismo distensivo local.
- Ocurrencias de vetas y cuerpos de skarn de magnetita (65% Fe), asociadas con un alto contenido de Mn hasta 7% (Hedenbergita) y cristales de Wollastonita en el skarn, estas evidencias son consideradas según Einaudi et al – 1981 y Meiner [www.wsu.edu:8080/~meiner/skarnHP.htm](http://www.wsu.edu:8080/~meiner/skarnHP.htm) como guía de exploración para este tipo de yacimiento. Evidencias de alteración retrógrada corroborada por la presencia de epidota, actinolita y clorita.
- De acuerdo a los estudios petromineralógicos efectuados en el laboratorio de Ingemmet, la posible secuencia de formación mineral sería:

Magnetita  
Pirita  
Pirrotita  
Esfalerita  
Tetraedrita? – Calcopirita – Bornita  
Galena?  
Hematita – Limonita

Lo que implicaría que estos minerales provendrían de estadios de diferenciación magmática (segregación) y posterior deposición en ambientes metasomáticos.

## 10.- COMENTARIOS

Como producto de la interpretación de las investigaciones geológicas realizadas en el ANAD Limamayo se ha llegado a identificar un área de 24 Km<sup>2</sup>, a la fecha estos trabajos son alentadores, indican la presencia de un yacimiento mineral oculto del tipo skarn con contenido de Pb, Zn,

Ag, Cu (Au), estrechamente ligada a cuerpos aledaños de magnetita, lo cual deberá ser comprobado con estudios adicionales.

Esta mineralización estaría emplazada en un área de 2 Km. x 1 Km (Fig. N°18), con valores geoquímicos de fragmentos de roca hasta 4547 ppm Pb, 1486 ppm Zn, 101 ppm Ag, 3254 ppm Cu y Au 127 ppb de Au en ambientes lixiviados.

## 11. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

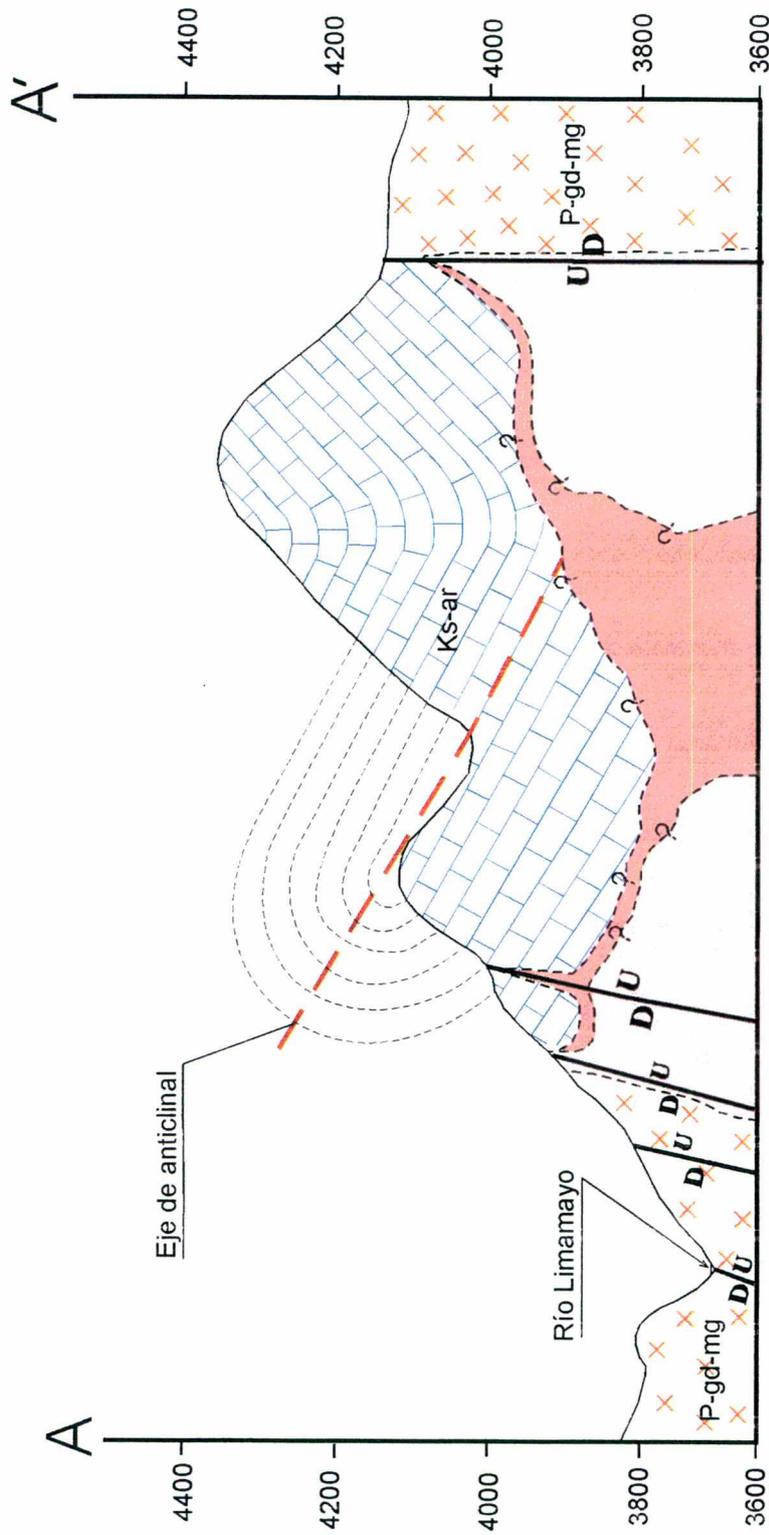
- En función de los indicios encontrados, se postula en el presente trabajo que la mineralización económica de sulfuros está asociada a un yacimiento de tipo skarn de Pb, Zn, Ag, Cu (Au), emplazada en un corredor de 2 Km. x 1 Km. de extensión aproximada, limitado por fallas con rumbo NE y cuerpos de magnetita aledaña, lo cual deberá ser comprobado con trabajos adicionales.
- Conforme con el muestreo geoquímico no sistemático de fragmentos de roca (47 muestras), se identificaron zonas anómalas que presentan hasta 2751 ppm Pb, 4708 ppm Zn, 94 ppm Ag, 936 ppm Cu y 127 ppb Au
- Un compósito de los trabajos de muestreo sistemático de canal realizado (C y D) arroja los siguientes valores:

Compósito	Metros	Pb ppm	Zn ppm	Ag ppm	Cu ppm	Au ppb
A	12	411	366	1.20	307	8
B	28	195	680	13.00	297	8
C	28	332	431	1.53	761	36
D	20	1937	184	45.00	86	8

- Cabe resaltar que el muestreo se ha efectuado en rocas lixiviadas (limonita-hematita) y conforme con el estudio petromineralógico sólo han quedado relictos de pirita, pirrotita, esfalerita, calcopirita; rellenando oquedades.
- Como resultado de los trabajos de Magnetometría efectuados se determinó 4 cuerpos magnéticos importantes con susceptibilidad magnética alta (1, 2, 3 y 4); y 5 cuerpos menores de susceptibilidad magnética moderada (a, b, c, d, y e); a los que probablemente se asocie la mineralización del skarn de Pb, Zn, Ag, Cu (Au), propuesto en el presente estudio.
- Por las evidencias presentadas, esta área representa un blanco de interés con posibilidades de albergar un depósito de mineral económico, por lo que se debe continuar investigando la presencia de sulfuros en

profundidad a través de un estudio de polarización inducida (35 Km. lineales) o perforaciones diamantinas.

- En base a la experiencia adquirida durante los trabajos del ANAD Limamayo, se recomienda elaborar un programa de prospección en la franja de skarn del sur del Perú a fin de determinar la presencia de otros yacimientos ocultos con condiciones geológicas similares al proyecto propuesto en el presente estudio.



**INGEMMET**

DIRECCION DE GEOLOGIA ECONOMICA Y PROSPECCION MINERA

A N A D " L I M A M A Y O "

SECCION GEOLOGICA A -A'

Escala Horizontal 1/100,000

Vertical 1/25,000

Por : Pedro A. Olivares B.  
Manuel Cossio De La V.

LEYENDA

-  Formación Arcurquina
-  Batolito de Apurimac
-  Skarn de magnetita
-  Posible Skarn de Pb-Zn-Ag (Cu-Au)
-  Fallas
-  --2--2--2-- Contacto inferido

Fig. N° 18

# ESTUDIO PETROMINERALÓGICO

## Muestra N° M-28 (03100301).-

La muestra corresponde a una roca alterada, la cual contiene escasos granos de minerales metálicos.

La **pirita** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales, diseminados en la roca. Miden menos de 0.025 mm. Se alteran a hematita en los bordes, estando ambos minerales asociados. Ocurren a nivel de trazas.

La **anatasa** se presenta en cristales anhedrales, diseminados en la ganga. Los granos miden menos de 0.04 mm. No se observa ninguna relación con los demás minerales. Están a nivel de trazas.

La **esfalerita** se presenta como trazas, en cristales anhedrales y diseminados en la ganga. Los granos miden menos de 0.02 mm. Ocurren como trazas.

Los óxidos de Hierro (**hematita – limonitas**) se presentan como relleno de intersticios, cavidades y tiñendo parcialmente sectores de la roca. De ellos la hematita altera a la pirita en los bordes.

**Textura.-** Diseminada

**Posible secuencia de formación mineral.-** Como los minerales están diseminados, la paragénesis es tentativa:

Anatasa  
Pirita  
Esfalerita  
Hematita – Limonitas

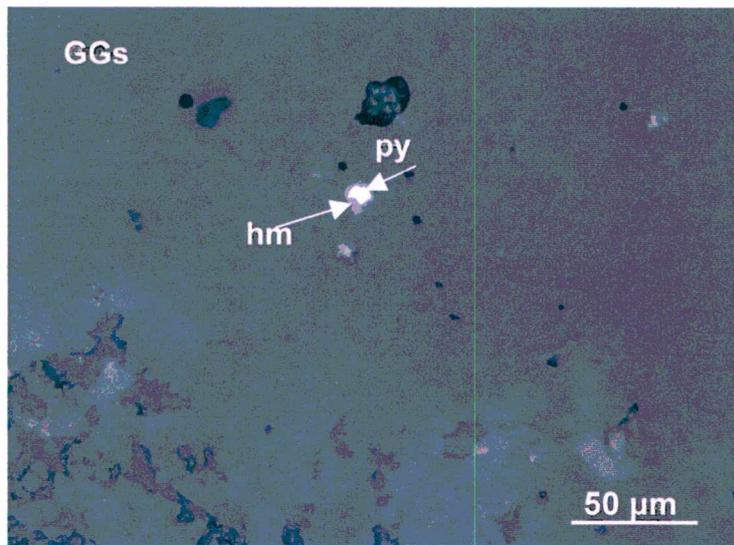


Foto N° 1.- Uno de los escasos granos de pirita (py). Se encuentra rodeado por la hematita (hm), mineral que lo altera casi completamente. Ambos minerales están diseminados en la ganga (GGs).

### Muestra 2761.- 03100303.-

La muestra corresponde a una mineralización masiva, en la cual se puede apreciar abundante magnetita y óxidos de Fe.

La **magnetita** es el mineral más abundante en la muestra y se presenta en forma masiva, Se le observa fracturada, lo que es aprovechado por la hematita y limonitas para alterarlo. Tiene porosidades, algunas de las cuales están rellenas por pirrotita y/o calcopirita, minerales a los cuales está asociado. Su porcentaje llega al 80 %.

La **pirrotita** se presenta en cristales anhedrales, tomando la forma de la porosidad que rellena, las cuales son diminutas, llegando a medir menos de 0,02 mm. Algunas veces junto a la calcopirita rellenan una de las porosidades, siendo posible que la calcopirita la reemplace. Ambos minerales están asociados. Ocurre como trazas.

La **calcopirita** se presenta como cristales anhedrales, menores a 0.01 mm. Rellena algunas de las escasas porosidades de la magnetita, ya sea en forma individual o asociada a la pirrotita y bornita. Parece reemplazar a la pirrotita. Ocurre como trazas. La bornita es muy escasa y solo a sido observada relleno algunas porosidades de la magnetita y asociada a la calcopirita. Está como trazas

Los óxidos de Fe (**hematita y limonitas**) se presentan como alteración de la magnetita, observándoseles en los bordes, fracturas y planos de clivaje. Está alteración es relativamente escasa, aunque en sectores se hace más intensa, debido a un incremento en las microfracturas. Su porcentaje llega al 5 %.

Textura.- Masiva y relleno de fracturas.

Posible secuencia de formación mineral:

Magnetita  
Pirrotita  
Calcopirita, Bornita  
Hematita, Limonitas

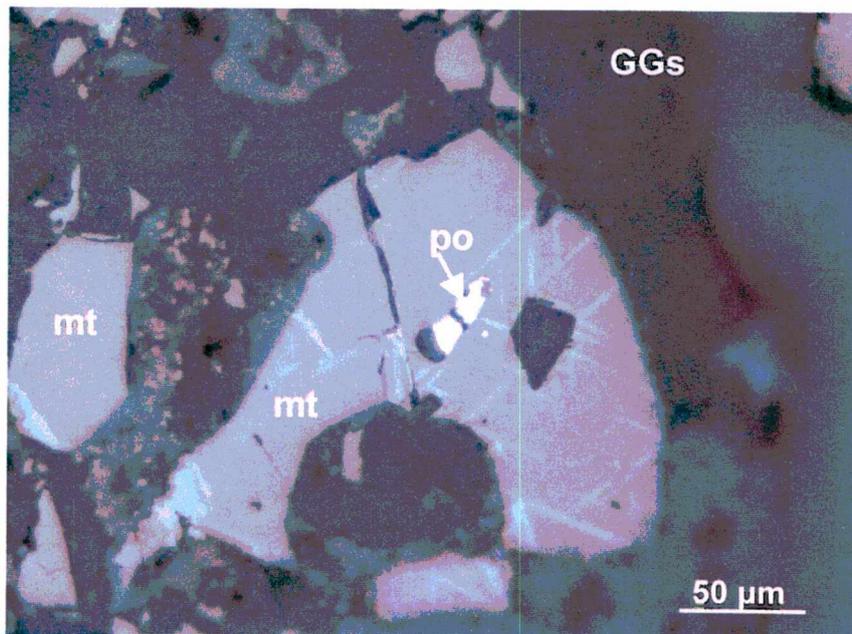


Foto N° 2.- Granos de pirrotita (po) relleno una porosidad en la magnetita (mt). Hematita (hm) alterando a la magnetita a través de los planos de clivaje. La parte oscura corresponde a la ganga (GGs).

**Muestra N° 2763 (03100304).**

La muestra se encuentra muy oxidada y no se observa a simple vista, ningún mineral metálico.

La **magnetita** se presenta como cristales anhedrales, residuales, con tamaños inferiores a 0.2 mm. Se encuentran completamente rodeados por la hematita, mineral que lo altera casi en su totalidad. El porcentaje es menor al 15 %.

Los óxidos de Fe (**hematita y limonitas**) se presentan en toda la muestra, especialmente rodeando a la magnetita y relleno de fracturas, porosidades y cavidades. De ellos, las limonitas son las que mayormente rellenan las cavidades y fracturas. El porcentaje de ambos llega al 75 %, el resto corresponde a la ganga.

Textura.- Masiva y relleno de fracturas.

Posible secuencia de formación mineral:

Magnetita  
Hematita, Limonitas

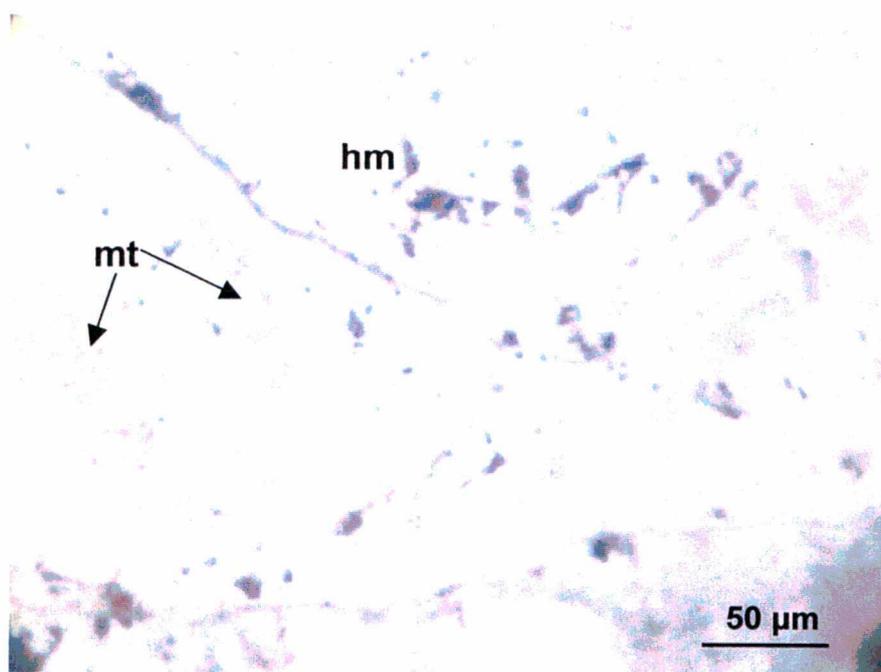


Foto N° 3.- Grano de magnetita (mt) alterado en los planos de clivaje por la hematita (hm). De la magnetita solo quedan relíctos.

### Muestra N° M-28 (03100301).-

Muestra de roca alterada, la cual presenta una costra de oxidación superficial. A simple vista no se observan minerales metálicos.

En la muestra se observa que ha sufrido una intensa silicificación, caracterizada por la presencia de cuarzo en granos anhedrales y diminutos (< 0.12 mm). Estos granos parecen haber reemplazado a minerales persistentes, posiblemente a feldespatos.

Rodeando a estos moldes silicificados, se observan abundantes granos de cuarzo, pero de menor tamaño (< 0.7 mm) que aparentan haber alterado a la matriz.

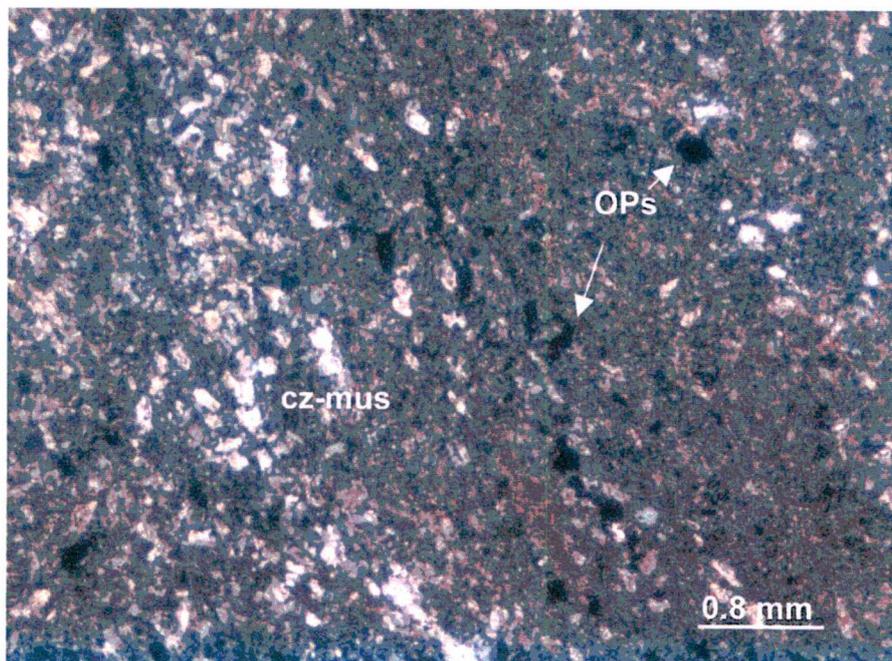
En sectores se pueden localizar agregados de micas (muscovita) las cuales aparentemente se encuentran siguiendo un trazo (¿textura?) curva la cual pudo haber correspondido anteriormente a una roca sedimentaria.

Los minerales opacos son escasos y se presentan como cristales anhedrales a subhedrales, con tamaños menores a 0.15 mm. Son escasos.

Textura.- Granoblástica.

Alteraciones.- Silicificación intensa, micácea débil a moderada.

Clasificación.- Roca silicificada.



**Foto N° 4.-** Agregado de granos de muscovita (mus) con cuarzo (cz). Escasos minerales opacos (OPs) diseminados.

### **Muestra N° M-24 (03100303.-**

La muestra corresponde a una roca ígnea, con textura microgranular, alterada débilmente.

El feldespato potásico es el mineral más abundante y se presenta en cristales anhedrales con tamaños hasta de 1.3mm. Se encuentran alterados parcialmente por arcillas. El porcentaje aproximado es de 40 %

Las plagioclasas se presentan en cristales de formas tabulares, con tamaños hasta de 1.8 mm. Se encuentran macladas y algunas de ellas zonadas. Están alteradas por arcillas, sericita, calcita y epidota. El porcentaje llega al 25 %.

El cuarzo se presenta en cristales anhedrales, en tamaños inferiores a 0.4 mm. Ocurren como relleno intersticial. El porcentaje llega al 15 % en promedio.

Los piroxenos se presentan en cristales subhedrales, con tamaños menores a 1.6 mm. Se encuentran dispersos en la roca. Se alteran a calcita. El porcentaje aproximado es de 12 %.

Los minerales opacos se presentan en cristales anhedrales a subhedrales, diseminados en la ganga. Los granos miden menos de 0.2 mm. Ocurren a nivel de trazas.

Los minerales secundarios proceden de la alteración de las plagioclasas (arcillas, sericita, calcita, epidota), feldespato potásico (arcillas), piroxenos (calcita y epidota). Todos los minerales de alteración suman el 8 %.

Textura.- Granular, Holocristalina.

Alteraciones.- Argilización, Sericitización, carbonatación, epidotización débiles.

Clasificación.- Cuarzo Monzonita.

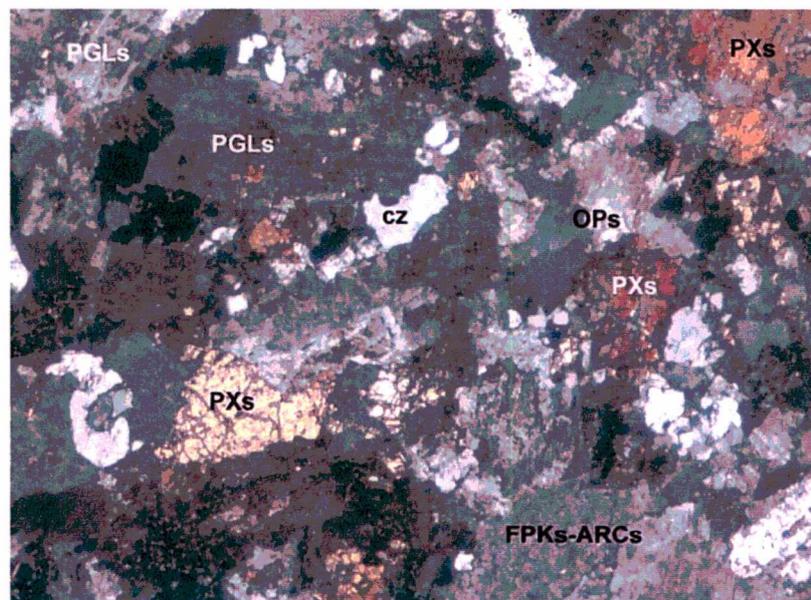


Foto N° 5.- Cristales de plagioclasas (PGLs), Feldespato potásico (FPKs) alterado superficialmente por las arcillas (ARCs), piroxenos (PXs) y granos de cuarzo (cz) relleno intersticial.

## ANEXOS

### MAPAS

- N°1 Mapa Geológico (escala 1:25 000)
- N°2 Mapa Tectónico y de Alteraciones (escala 1:25 000)
- N°3 Mapa de Muestreo Geoquímico (escala 1:25 000)