

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**



**ANALISIS GEOLOGICO DEL CUERPO DE CUARZO POD CASELI DEL  
IOCG DIVIMIN, USANDO COMO HERRAMIENTAS:  
MAGNETOMETRIA, ESPECTROMETRIA Y POLARIZACION  
INDUCIDA.  
ANCASH, LIMA – PERU.**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO GEOLOGO.**

**ELABORADO POR:  
ENRIQUE MARTIN GUILLERMO BIMINCHUMO SAGASTEGUI.**

**ASESOR:  
Ing. JORGE HUMBERTO PAREDES ANGELES.**

**LIMA - PERU  
2013**

## **DEDICATORIA.**

Quiero dedicar este trabajo a las personas más importantes, verdaderos motores de esta obra que hoy sale a la luz.

**A mi madre Sara Sagástegui:** por su comprensión, desvelo y sublime abnegación por ver colmadas mis metas trazadas.

**A mi padre Enrique Biminchumo:** por sus años de dedicación y amor al trabajo en apoyo a su familia, donde entregaste los mejores años de tu vida.

**A mis hermanos Liliana, Clariza, Melissa, Ronald:** por haber constituido un impulso y que la juventud se sienta dentro de nosotros y la vida rebose en el pecho.

**¡CON PASO FIRME! MIENTRAS EL ESPIRITU QUE NOS ANIMA SIGA CON NOSOTROS.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis agradecimientos a las instituciones y personas que han colaborado en la elaboración y culminación de la presente tesis.

Al grupo Brandt, representados por Raimond y Dagmar Brandt, que me dieron las facilidades para usar la información de su propiedad minera, debo resaltar el agradecimiento al Dr. Wolfgang Forker por su preocupación en la culminación de la presente tesis.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, que me dio la oportunidad de ser Ingeniero Geólogo "Generador de Bienestar y Riqueza", destaco el nombre de Cesar Pinto que con sus salidas de campo me mostró lo interesante de la geología, a mis asesores Jorge Paredes y David Rojas por su tiempo y buenos consejos.

## **RESUMEN.**

La presente tesis se desarrolla en la propiedad minera de S.M.R.L Divimín III. ubicada en el lado occidental de la Cordillera de los Andes, en el Batolito de la Costa, que aflora como parte de la Cordillera Negra, involucra a los complejos: Patap, Paccho, Santa Rosa, Puscao-San Jerónimo y a la Formación Fortaleza. Las rocas afloran en la parte occidental de la Cordillera Negra, las edades de estos afloramientos se registran en el Cretáceo Superior (Los Complejos) y el Mioceno (Formación Fortaleza).

En el sector norte de la propiedad minera de S.M.R.L. Divimín III, se cartografió un cuerpo de cuarzo pod, al que llamamos cuarzo pod Caseli, que tiene una relación geológica con cada uno de los eventos descritos.

La geología estructural nos indica que el prospecto minero Divimín se encuentra en una zona de actividad tectónica, en la cual podemos describir fallas de primer y segundo orden, aun activas; petrográficamente el cuarzo pod Caseli se relaciona a rocas calco-alcalinas.

Existen en la concesión alteraciones hidrotermales como: alteración por plagioclasas sódicas, alteración potásica, cloritización, epidotización, sericitización, silicificación; en eventos definidos, los cuales usamos para zonificar el yacimiento IOCG Divimín; se registra también una alteración magnética de los ferromagnesianos.

El cuarzo pod Caseli se ajusta a la textura stockwork, el afloramiento de este cuarzo es usado como punto de paso para la malla sobre la cual se ejecutan los análisis de: magnetometría, espectrometría y polarización inducida. Estos análisis nos indican que el cuerpo de cuarzo tiene una relación estrecha con el U, Th y K; muestran también, la relación que tiene este cuerpo con las ventanas hidrotermales, los cuerpos magnéticos, y las dimensiones de 600x400 m. del área de cargabilidad y de 900x700m. del área de resistividad, a 200 m. de profundidad en el cuarzo pod Caseli.

## **ABSTRACT.**

This thesis was developed on the mining property of S.M.R.L. Divimín III, located on the western side of the Andes Mountains, in the Coastal Batholith, that arises as part of the Cordillera Negra, involving the Complexes: Patap, Paccho, Santa Rosa, Puscao-San Jerónimo and the Fortaleza Formation. These rocks that crop out in the western part of the Cordillera Negra are of the Upper Cretaceous age (the Complexes) and Miocene age (the Fortaleza Formation).

In the northern sector of the mining property of Divimín III S.M.R.L., a quartz pod, that we named quartz pod Caseli, was charted and displays a geological relationship with each of the described events.

The structural geology indicates that the mining prospect Divimín is located in a zone of tectonic activity, in which one can describe first- and second-order faults that are still active; petrographically the quartz pod Caseli is related to calc-alkaline rocks.

Within the concession, hydrothermal alterations exist, such as: alteration of sodic plagioclase, potassic alteration, chloritization, epidotization, sericitization, silicification; in certain events, which we used for the zoning of the IOCG Divimín concession, a magnetic alteration of the ferromagnesian minerals was also recorded.

The quartz pod Caseli fits the stockwork texture, the outcrop of this quartz being used as crossing point for the mesh on which the following analyses were run: magnetometry, spectrometry and induced polarization. These analyses indicate that the quartz body has a close relationship with U, Th and K; also displaying the relationship of this body with hydrothermal vents, magnetic bodies, and the dimensions of a chargeable area of 600m x 400m and resistivity area of 900x700m. at a depth of 200m in the body of the quartz pod Caseli.

## INDICE

### **CAPITULO 1 GENERALIDADES**

1.1 Objetivos.....	12
1.2 Antecedentes.....	13
1.3 Ubicación y Accesibilidad.....	16

### **CAPITULO 2 GEOLOGIA REGIONAL**

2.1 Introducción.....	17
2.2 Evolución de la Cordillera Negra.....	17
2.3 Batolito Costanero.....	20
2.4 Vulcanismo Post-Batolito.....	41
2.5 Tectónica.....	44

### **CAPITULO 3 GEOLOGIA DISTRITAL.**

3.1 Geología estructural.....	52
3.2 Petrografía.....	57

### **CAPITULO 4 ALTERACIONES Y ZONIFICACION RELACIONADAS AL MODELO IOCG.**

4.1 Introducción.....	63
4.2 Alteraciones hidrotermales.....	63
4.3 Alteraciones magnéticas.....	70
4.4 Zonificación del IOCG Divimín.....	71

### **CAPITULO 5 ASPECTOS TEORICOS DEL CUARZO PODS.**

5.1 Introducción.....	74
5.2 Descripción de los cuarzos pods.....	74
5.3 Cuarzo pod y la mineralización en los IOCG.....	75

5.4 Textura de los cuarzos pods.....	76
5.5 Las hipótesis sobre el origen de los cuerpos de cuarzos pods.....	79
<b>CAPITULO 6 DESCRIPCION GEOLOGICA DELCUARZO POD CASELI USANDO COMO HERRAMIENTAS: MAGNETOMETRÍA, ESPECTROMETRÍA, Y POLARIZACION INDUCIDA</b>	
6.1 Descripción geológica del cuarzo pod Caseli.....	81
6.2 Justificación de los estudios de Espectrometría, Magnetometría y Polarización Inducida del Cuarzo Pod Caseli en cargado a VDG del Perú S.A.C. (Réjean Pineaul).....	87
6.3 Planteamiento previo para la toma de datos de Magnetometría Espectrometría y Polarización Inducida del cuarzo pod Caseli.....	88
6.4 Magnetometría del cuarzo pod Caseli.....	89
6.5 Espectrometría del cuarzo pod Caseli.....	90
6.6 Polarización Inducida del cuarzo pod Caseli.....	91
<b>CAPITULO 7 INTERPRETACION DE DATOS DE CAMPO</b>	
7.1 Introducción.....	95
7.2 Litológicos.....	95
7.3 Estructurales.....	97
7.4 Cuerpos magnéticos.....	97
7.5 Magnetometría.....	98
7.6 Espectrometría.....	99
7.7 Polarización inducida.....	100
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES.....	117

Referencias bibliográficas..... 119

**ANEXOS**

Anexo 1: Fotos de minerales y eventos relacionados al IOCG Divimín.

Anexo 2: Equipos usados en los estudios de magnetometría, espectrometría y polarización inducida.



## INDICE DE FIGURAS

Figura R-1	Plano regional del entorno de Divimín.....	47
Figura PER-1	Sección del entorno Divimín P-P° .....	48
Figura C-1	Columna estratigráfica.....	49
Figura P-2	Plano simplificado de las principales fallas y fracturas.....	50
Figura S-1	Sección geológica.....	51
Figura P-3	Influencia de fallas en la propiedad Divimín. ....	59
Figura P-4	Áreas en las cuales las fallas inciden.....	60
Figura P-5	Plano petrográfico.....	61
Figura PER-2	Sección petrográfica C-C°.....	62
Figura 4.1	Muestra de mano de alteración de plagioclasas sódicas.....	64
Figura 4.2	Muestra de mano de alteración potásica.....	65
Figura 4.3	Muestra de mano de cloritización.....	66
Figura 4.4	Muestra de mano de epidotización.....	67
Figura 4.5	Sericita en la brecha magmática.....	68
Figura 4.6	Muestra de mano de la brecha hidrotermal.....	69
Figura P-6	Zonificación con límites estimados e influencias de fallas.....	73
Figura 5.1	Cuarzo pod en stockwork 1.....	76
Figura 5.2	Cuarzo pod en stockwork 2.....	76
Figura 5.3	Cuarzo pod en stockwork 3.....	77
Figura 5.4	Cuarzo pod en stockwork 4.....	77
Figura 5.5	Cuarzo pod en brecha 1.....	77
Figura 5.6	Cuarzo pod en brecha 2.....	78
Figura 5.7	Cuarzo pod en vetas 1.....	78

Figura 5.8	Cuarzo pod en vetas 2.....	<b>78</b>
Figura 5.9	Cuarzo pod en vetas 3.....	<b>79</b>
Figura 6.1	Muestra de mano del apófisis de cuarzo pod stockwork en Divimín.....	<b>83</b>
Figura 6.2	Apófisis de cuarzo pod en el prospecto Divimín.....	<b>83</b>
Figura 6.3	Muestra de mano del cuarzo pod Caseli.....	<b>86</b>
Figura 6.4	Afloramiento del cuerpo de cuarzo pod Caseli.....	<b>86</b>
Figura 6.5	Configuración Polo-Dipolo.....	<b>93</b>
Figura P-7	Plano de registro geológico de las estructuras y rocas aflorantes.....	<b>94</b>
Figura 1A	Contornos topográficos y líneas de estudio.....	<b>100</b>
Figura 2A	Estudio de magnetometría Campo total magnético (Grid y PM).....	<b>101</b>
Figura 3A	Espectrometría de radiación gamma Uranio (PPM).....	<b>102</b>
Figura 3B	Espectrometría de radiación gamma Torio (PPM).....	<b>103</b>
Figura 3C	Espectrometría de radiación gamma Potasio (%).....	<b>104</b>
Figura 4A	Estudio de polarización inducida Contornos de cargabilidad (Prof. 50m)	<b>105</b>
Figura 4B	Estudio de polarización inducida Contornos de cargabilidad (Prof. 100m)	<b>106</b>
Figura 4C	Estudio de polarización inducida Contornos de cargabilidad (Prof. 150m)	<b>107</b>
Figura 4D	Estudio de polarización inducida Contornos de cargabilidad (Prof. 200m)	<b>108</b>
Figura 5A	Estudio de polarización inducida Contornos de resistividad (Prof. 50m)	<b>109</b>
Figura 5B	Estudio de polarización inducida Contornos de resistividad (Prof. 100m)	<b>110</b>
Figura 5C	Estudio de polarización inducida Contornos de resistividad (Prof. 150m)	<b>111</b>
Figura 5D	Estudio de polarización inducida Contornos de resistividad (Prof. 200m)	<b>112</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tabla de tramo, distancia y accesos.....	<b>16</b>
Tabla 6.1 Tabla de desviación estándar U, K, Th.....	<b>90</b>
Tabla 6.2 Tabla de posición para registros eléctricos.....	<b>92</b>

## **CAPITULO 1**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 Objetivos.**

Demostrar la importancia de los cuerpos de cuarzo pods como guías para exploración en yacimientos tipo IOCG y también como cuerpos atractivos para una explotación minera.

Verificar la utilidad de las herramientas: Espectrometría, Magnetometría y Polarización Inducida; en la exploración de yacimientos en los cuales las alteraciones hidrotermales no son muy notorias, como ocurre en yacimientos tipo IOCG.

Describir las características principales de los cuarzos pods y su relación con el yacimiento IOCG del cual son parte.

Determinar la existencia de uranio y de tierras raras (torio) usando como herramienta la espectrometría y verificar su presencia en el cuerpo de cuarzo pod Caseli que presentan mineralización metálica importante.

Obtener el título profesional de: Ingeniero Geólogo.

## 1.2 Antecedentes.

Yo, Enrique Biminchumo Sagástegui, participé en las etapas de prospección y exploración del prospecto Divimín como geólogo asistente en el 2007 y como geólogo encargado del proyecto desde el 2010, ubicando y diseñando la malla para los estudios de: magnetometría, espectrometría y polarización inducida, que se realizaron sobre el cuarzo pod Caseli ubicado dentro de la concesión, usando como equipo: una picota, una lupa de 10X, un navegador GPS GARMIN 60, un protáctor, una brújula Nishina tipo brunton, un plano topográfico escala 1/25000, lápices de diversos colores, borrador y libreta de apuntes.

En los inicios de la prospección de Divimín (inicios del año 2007) sólo se registraron algunas estructuras con leyes atractivas en oro y otras leyes se mostraban como anomalías en oro, las estructuras se identificaron en un área de 600 hectáreas en la zona oeste de la propiedad de Divimín III S.M.R.L. y se describieron como:

Oligisto micáceo:

Potencia: 0.70 m. longitud: 1.5 m. ley en oro: 14.96 gr/TM; argilización en su entorno, pirita lixiviada y abundante oligisto micáceo contenido en su estructura.

Media Barreta:

Potencia: 0.20 m. longitud: 1.7 m. ley en oro: 0.25 gr/TM; es una pequeña brecha con oxidación, presencia de arcillas, existe un trabajo de explotación artesanal en esta estructura.

Dique Abra:

Potencia: 1.5 m. longitud: 5 m. ley en oro: 0.14 gr/TM; es un dique andesítico que muestra una fuerte oxidación y argilización en su entorno.

Veta cuarzo:

Potencia: 1.2 m. longitud: 2 m. ley en oro: 0.20 gr/TM, (figura 6.2), se denominó como una estructura stockworks, con argilización en su entorno y presencia de óxido de hierro, jarosita?, jadeita?.

Boca mina:

Existe un trabajo artesanal con una cortada de más 60 m. de largo, 1.2 m. de alto y 0.8 m. de ancho; el paso hacia la estructura que fue explotada artesanalmente estaba obstruido, se muestrearon dos zonas: una era un lugar donde acumulaban material con abundante óxido de hierro, con leyes en oro de: 25.88; 17.5 y 13.94 gr/TM; y la otra zona fue la estructura que se encontraba expuesta en la parte superior en la falda del cerro, la estructura quedó expuesta por un trabajo de ventilación hecho por los artesanos, la potencia es de 5 cm. y ley en oro de 5.16 gr/TM.

La conclusión de esta campaña fue: el lugar sólo es atractivo para un trabajo de explotación minera artesanal, no se observan hasta este momento mayores evidencias de un yacimiento importante.

Mediados de agosto de 2007, se inicia una campaña de prospección de la zona centro y zona este de la propiedad de Divimín III S.M.R.L. se ubicó y detalló a los afloramientos compuestos de: epídota, cloritas, sericita, turmalinas; también se ubicó una brecha magmática que muestra una estrecha relación a los controles estructurales existentes en la zona, se tomaron muestras (figura 4.6) y arrojaron leyes en oro: 0.49 gr/TM.

La conclusión de esta campaña fue: en las 5000 hectáreas de Divimín III S.M.R.L. no existe nada importante para realizar un gran trabajo de exploración minera.

Año 2008, se descubre el pórfido cobre - molibdeno Copérnico, en el sector sur – este, a tres kilómetros de la propiedad minera de S.M.R.L Divimín III, las alteraciones hidrotermales que presenta este pórfido dibujan una forma de media luna con la parte central orientada hacia el nor – oeste, esta forma de media luna está alineada con un grupo de fallas regionales que ingresan al prospecto Divimín.

Año 2010, S.M.R.L Divimín III, reinterpreta la información antes obtenida en su propiedad, tomando en cuenta la información que se está generando en los denuncios de su entorno, la conclusión a la cual se llega es que en las 5000 hectáreas de su propiedad, existe un formidable yacimiento modelo IOCG, con características únicas en el mundo.

A finales del año 2010 e inicios de 2011, S.M.R.L. Divimín III encarga a VDG del Perú S.A.C. los estudios de: magnetometría, espectrometría y polarización inducida; en el sector norte de su propiedad sobre un afloramiento de cuarzo pod encontrado (figura 6.4), este cuarzo es un cuerpo de 15 m. de ancho por 30 m. de largo El afloramiento es usado como un punto de paso para el eje de la malla que se diseñó, sobre la cual se ejecutaron los estudios encargados. Los estudios hechos por VDG del Perú SAC ubicaron y modelaron un cuerpo de importantes dimensiones a profundidad el cual es motivo del presente estudio.

Este estudio muestra propuestas basadas en mi experiencia de campo, estas aun están por ser demostradas.

### 1.3 Ubicación y Accesibilidad.

El prospecto minero Divimín está ubicado en la parte occidental de la Cordillera Negra, en las provincias de Barranca, Bolognesi y Ocros en los departamentos de Lima y Ancash.

Se llega a esta concesión por la carretera asfaltada Lima – Pativilca – Chasquitambo, tomando la carretera Panamericana Norte y luego a la altura del kilómetro 207 se sigue el desvío a Huaraz, hasta el kilómetro 45, a partir de este kilómetro se continúa por un camino de herradura de 3 kilómetros de largo por la quebrada San Marcos, las cotas de la concesión están comprendidas entre 900 y 2000 m.s.n.m.

**Tabla 1.1:** Tabla de tramo, distancia y acceso.

<b>Tramo</b>	<b>Distancia km.</b>	<b>Tipo de acceso</b>
Lima – Pativilca.	207	Carretera asfaltada Panamericana Norte.
Pativilca – Chasquitambo.	50	Carretera asfaltada Pativilca – Huaraz.
Chasquitambo – Propiedad minera.	3	Camino de herradura.



## **CAPITULO 2**

### **GEOLOGIA REGIONAL**

#### **2.1 Introducción.**

Describimos los rasgos geológicos más importantes en este sector y su relación con los ambientes de mineralización del IOCG Divimín que detallamos a continuación.

#### **2.2 Evolución de la Cordillera Negra.**

Para comprender la evolución de la Cordillera Negra en este sector describiremos al Batolito Costanero, a los volcánicos Casma, a la secuencia Volcano–Sedimentaria del Cretáceo Superior-Paleoceno y al Grupo Calipuy.

La Cordillera Negra (como se grafica en la figura R-1), está situada al borde occidental del continente Americano, sobre la corteza siálica pre-cámbrica (Stewart, Evernden y Snelling 1974)\*, la que está cabalgando sobre la placa oceánica Nazca, como se esquematiza en la figura S-1.

El batolito intruyó a volcánicos y sedimentos principalmente marinos de edad cretácea inferior (Grupo Casma), secuencia Volcano-Sedimentaria del Cretáceo Superior-Paleoceno y a volcánicos sub-aéreos (Grupo Calipuy) tal como se esboza en la figura C-1. En esta región el Grupo Casma consiste de una sección de volcánicos andesíticos de 6600 m. de grosor erupcionados sobre un bloque en subsidencia de rocas pre-cretáceas y forma la facie occidental tras arco de la Cuenca Occidental Peruana.

Los volcánicos Casma fueron plegados a grandes pliegues abiertos, con los ejes ligeramente oblicuos a las márgenes del batolito y sufrieron un metamorfismo regional de bajo grado sintectónico antes de la intrusión de los complejos Paccho y Santa Rosa. Al mismo tiempo ellos fueron fuertemente deformados en dos franjas angostas en las cuales el metamorfismo alcanzó la facie de anfibolita (metamorfismo grado medio). La faja plegada Tapacocha, se considera como la expresión superficial de la zona de mayor cizallamiento y debilidad en el basamento precámbrico, el que estuvo activo durante el vulcanismo cretáceo y la sedimentación. La faja plegada de Tapacocha se desarrolló a lo largo de los límites entre cuenca Marginal tras Arco cretáceo y el Arco Volcánico de la Cuenca Occidental Peruana y refleja la continuidad de un eje tectónico más antiguo. Tal vez esta faja permaneció como línea de debilidad en la corteza y controló la localización del batolito el que intruyó principalmente entre ellas, luego que la deformación dúctil cesó.

Los volcánicos Casma pueden suprayacer a rocas pre-cretáceas tales como las expuestas en la región costera del Perú meridional que consisten de volcánicos triásicos-jurásicos, lutitas y areniscas paleozoicas y gneises pre-cambrianos (Bellido, 1969)\*. La potencia máxima de rocas paleozoicas y mesozoicas anotadas en esta región costera es de 8700 m. (Bellido y Guevara, 1963)\* y los gneises pre-cambrianos, probablemente constituyen la parte más potente de la corteza granítica hasta el borde del zócalo continental.

La secuencia Volcano-Sedimentaria del Cretáceo Superior-Paleoceno está constituida por afloramientos antes definidos como Casma (Albiano-Cenomaniano), en consecuencia los afloramientos del Grupo Casma del Norte son "Secuencia Volcano-Sedimentaria del Cretáceo Superior-Paleoceno".

Los volcánicos Calipuy (andesita, dacita y riolita) se consideran como del Cretáceo tardío a Terciario temprano, (Cossio, 1964, Cossio y Jaen 1967)\* y son así contemporáneos con parte del batolito y probablemente fueron erupcionados de los magmas que formaron a este

batolito. Al SE de esta región, los volcánicos Calipuy tienen un grosor de 2200 m. y posiblemente han tenido un grosor original de hasta 4000 m. (Cobbing y Garayar, 1974)\*.

Si los volcánicos Calipuy tuvieran la potencia original, en la región descrita aquí, entonces el batolito, el cual ascendió a una altitud de 4200 m, 1400 m. sobre la base de los volcánicos, estuvo cubierto por un techo de 2600 m. de grosor.

El batolito por lo tanto, parece haber ascendido a través de rocas pre-cámbricas y de una cubierta paleozoica y mesozoica delgada y penetrado su propio escombros volcánico hasta 3 kilómetros o menos de la superficie.

Se considera generalmente que la región Andina ofrece un ejemplo clásico y moderno de un encuentro de placas: oceánica y continental, en el cual la corteza oceánica se hunde debajo del continente y los magmas suben por fusión parcial de la costra oceánica hundida y del manto (Hamilton, 1969, Dewey y Bird, 1970, James 1971)\*. Dentro del Batolito Costanero casi todas las unidades ígneas se hallan a través de todo el ancho del batolito, independiente de su edad y así con el tiempo no hay migración hacia el este de la actividad intrusiva, tal como ocurrió en algunas partes de los batolitos mesozoicos y terciarios en California y Nevada (Kistler, Evernden y Shaw, 1971)\* y en Chile Septentrional (Farrar y otros 1971)\*. Por lo tanto, si los magmas que formaron el Batolito Costanero se originaron durante el movimiento hacia el este de la corteza oceánica y manto superior por debajo de los Andes, al nivel ahora expuesto, ellos fueron intruidos a la misma franja de 50 kilómetros de ancho en todo el tiempo que duró el emplazamiento del batolito, que parece ser de 90 millones de años (Stewart, Evernden y Snelling, 1974)\*.

Aunque la fusión parcial del manto superior y de la corteza oceánica puede haber dado origen a los magmas de las intrusiones más antiguas del batolito, su movimiento ascendente posiblemente puede considerarse como reacciones de fusión en la parte más baja de la corteza continental. Fyfe (1973)\* sugiere que donde la corteza tiene un grosor

adecuado es posible que ocurra fusión parcial de la parte inferior siempre y cuando exista agua disponible. La secuencia composicional de los complejos intrusivos del batolito está en relación con las fusiones que se generarían si se formasen por fusión parcial de la corteza inferior a temperaturas y presiones sucesivamente menores de acuerdo con la influencia, experimentalmente determinada, de la muscovita, biotita y hornblenda a las reacciones de fusión ( Brown y Fyfe, 1970, Fyfe, 1973)\*.

Fyfe (1970 y 1973)\* discutió la teoría antes indicada, Ramberg (1967 y 1970)\* la demostró experimentalmente y Gastill y otros (1973)\* cartografiaron ejemplos de cómo tales fusiones ascenderían diapíricamente a través de la corteza como masas globulares, abriendo camino entre las rocas de caja. El Batolito Costanero del Perú muestra en primer lugar, como los plutones de tonalita, granodiorita y granito ascendieron, a través de los kilómetros más superiores, mediante un proceso de socavamiento, por su superficie superior fluidizada y en segundo lugar cómo ellos desplazaron sucesivamente hacia abajo a las rocas de caja y a las fases magmáticas más básicas y antiguas, las que llegaron a descender a 2 ó 3 kilómetros de la superficie terrestre cuando la fase gaseosa se acabó. Representa un proceso de diferenciación en gran escala de la corteza terrestre, en un nivel muy alto de la misma.

### **2.3 Batolito Costanero.**

El Batolito Costanero forma un afloramiento continuo, a través de la región a manera de una franja paralela a la línea de costa y a la Cordillera de los Andes entre 10 a 60 Km. tierra adentro. Ambos márgenes el occidental y el oriental del batolito buzan o se inclinan hacia la parte occidental y oriental respectivamente, con ángulos altos, pero gran parte del sector nor-oriental del batolito está cubierto por volcánicos que yacen sobre un techo relativamente plano del batolito. Los componentes principales del batolito son los siguientes:

### **2.3.1 Complejo Patap.**

#### **2.3.1.1 Unidad de Gabro y Diorita.**

El complejo Patap se presenta como afloramientos dispersos que forman sólo el 5% del área total expuesta del batolito y han sido extensamente cortados y metamorfizados por complejos intrusivos más modernos. Se encuentran constituyendo parte del batolito y la mayoría de las veces forman tabiques entre las intrusiones más modernas y las rocas del país. Este complejo consiste de diorita a hornblenda que fueron emplazados por etapas. Ellos poseen una gran variedad en el tamaño de los granos y tienen texturas ígneas y metamórficas.

Los contactos con las rocas del país se ven en las partes bajas del valle Huayllapampa, en la parte alta de las quebradas Patap, Acuas y Contadera Grande, igualmente en las partes bajas del río Seco-Lupín, Río Seco Calli, quebrada Repartición y quebrada Pararín. También en la parte alta del río seco Calli y quebrada Jaupa. De la misma manera cerca de Parpaco y al norte de Copa, justo al este del cuadrángulo de Huayllapampa. Los contactos son definidos pero en muchos casos los rasgos originales han sido borrados por deformación ulterior que resulta del desarrollo de milonitas durante etapas tardías, de su emplazamiento y por deformación asociada con las fases iniciales de la intrusión del complejo Santa Rosa. Las milonitas se desarrollaron a lo largo de los contactos y en zonas angostas dentro de las rocas del país, sub-paralelas a sus contactos. En ciertos lugares donde los contactos no están deformados, las rocas Patap son aquí de grano más fino.

No se ha reconocido con certeza metamorfismo causado por la intrusión de las rocas Patap porque éstos sólo forman tabiques entre rocas del país y las intrusiones más jóvenes. El metamorfismo más evidente de las rocas del país pudo haber resultado del emplazamiento de las intrusiones más recientes ya que efectos metamórficos similares se notan en rocas del país que están en contacto directo con intrusivos recientes.

Las rocas Patap afloran como remanentes y como tabiques parados en el techo y en las paredes, respectivamente, de las intrusiones más jóvenes. La mayor parte se hallan entre los contactos de los intrusivos recientes con las rocas del país. En muchos lugares, tal como se observa, tanto entre los cerros Puca Punta como a través de los cerros Agua Salada, Yana Orcco y Chacuas, se hallan pequeños afloramientos de la roca Patap a través de todo el ancho del Batolito, lo que parece ser el techo del complejo Santa Rosa. Esta zona es seguida hacia arriba por otra que contiene remanentes de las rocas pre-batolíticas. Esto último descrito, junto con la amplia distribución de las rocas Patap en forma de tabiques en los techos y paredes de los intrusivos del Batolito, sugieren que las rocas Patap formaron, en una época, una masa más o menos continua de toda la zona, ahora ocupada por las unidades graníticas más recientes.

Muchas terrazas están constituidas, en gran parte, por rodados de gabro y dioritas Patap, especialmente al oeste del Río Seco Lupín, en la quebrada Tincoj y en el cerro Trinchera, al SO de Choque. Su relativa abundancia se debería a la resistencia que estos rodados ofrecen a la desintegración erosiva pero también podría ser el resultado de una mayor extensión de los afloramientos del gabro y la diorita, ya que en muchos lugares el volumen de estas rocas, en las terrazas, es mayor al volumen local de ellas in situ.

#### Composición y estructura interna.-

Los gabros y las dioritas del complejo Patap pueden dividirse, de acuerdo a sus texturas primarias en:

Gabros y dioritas de grano fino y textura ofítica.

Gabros y dioritas de grano grueso y textura ofítica.

Gabros y dioritas pegmatíticas.

Diorita hornbléndica laminada.

Diorita hornbléndica orbicular.

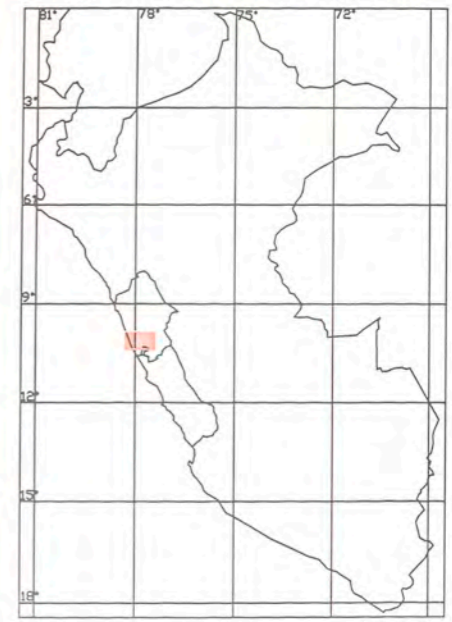
En la vecindad de Patap y en los cerros Gargar y Pucaranga así como en las partes altas de la quebrada Contadera Grande, el gran afloramiento del complejo Patap, que forma la cubierta del techo plano del plutón Chasquitambo de la unidad Puscao, consiste de diorita a hornblenda bandeada y diorita leucócrata pegmatítica. El bandeamiento consiste de una alternancia rica en máficos, de 15 mm. de grosor, con otras de plagioclasa principalmente, con menos de 15 mm. de grosor. Se puede ver así mismo ciertas estructuras parecidas a estratificaciones cruzadas. El bandeamiento y la estructura pegmatítica fueron cortadas por venas cuarzo feldespáticas, diques de diorita pegmatítica y venas de epidota; durante las últimas etapas del emplazamiento del complejo Patap.

Estos diques y venas fueron subsecuentemente cortadas por diques porfiríticos, de composición andesítica, color gris oscuro y metamorfizada por el plutón Chasquitambo, perteneciente a la unidad Puscao. En el cerro y quebrada Llama Rumi y cerro Shillquín, la parte más antigua del complejo Patap está bandeada en forma similar a los gabros y dioritas de la vecindad de Patap. El bandeamiento es sub-vertical y tiene un rumbo NNO-SSE. Estructuras que se asemejan a bandeamiento gradacional y a bandeamiento por corrientes, están bien desarrolladas, pero al presentarse invertidas, en algunos lugares, parecen no representar rasgos de diferenciación gravitacional. Estructuras orbiculares y estructuras tipo festón, también se pueden ver. Estas estructuras están cortadas por una diorita ofítica, de grano medio, que forma masas irregulares y cuerpos tabulares la cual, a su vez, es cortada por diques de microdioritas.

Las estructuras orbiculares se exponen mejor en el gabro y en la diorita que aflora al norte de la quebrada Pararín. Ellas también se observan en los fragmentos de las terrazas que se encuentran en la parte media del Río Seco-Lupín y alrededor de su unión con la quebrada Agua Salada. Las orbículas son sub-esféricas y consisten de zonas alternadas de plagioclasa, hornblenda y piroxeno. Al norte del camino, justo al oeste de Copa en el



PLANO DE UBICACION EN EL PERU



### LEYENDA

	Formación Fortaleza		Complejo Puscao San Jeronimo		Falla
	Formación Fortaleza?		Complejo Santa Rosa		Propiedad DIVIMIN
	Volcanicos Callpuy		Complejo Paccho		Poblados
	Volcanicos Cretaseo Superior-Paleoceno				
	Volcanicos Casma				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA			
PLANO REGIONAL DEL ENTORNO DE DIVIMIN			
INGENMET	ESCALA 1/400000	ANCASH - LDMA	LDMA 2013
			R-1

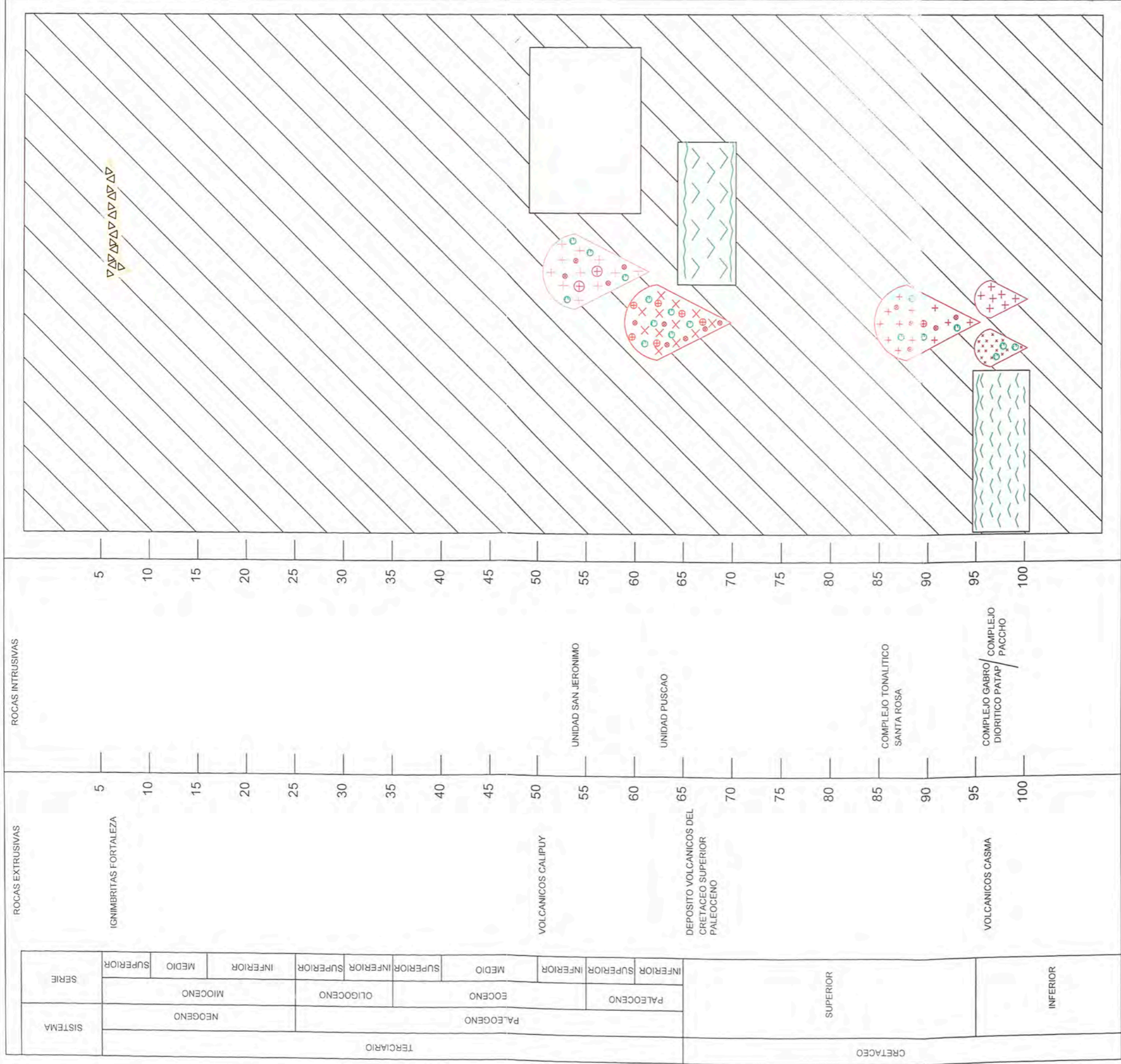


cuadrángulo de Chiquián, la intrusión más antigua de diorita fue acompañada de microgranito. El microgranito se caracteriza por los cristales prismáticos de hornblenda verde. En sección delgada la hornblenda es poiquilitica y está parcialmente alterada a clorita, esfena y minerales opacos. Se halla junto a cristales de plagioclasa y feldespato potásico, en forma de pertitas y de intercrecimientos gráficos. Este microgranito contiene lineamientos de cuarzo y feldespato, fue deformado, cortado por venillas de epidota, que fueron a su vez cortadas por diques de microdiorita de textura ofítica, algunos de los cuales contienen remanentes de diorita pegmatítica.

La diorita más antigua es típicamente de grano grueso y leucócrata. Contiene dos generaciones de hornblenda, (una cubriendo un núcleo más antiguo y otra secundaria que creció alrededor de núcleo de piroxeno). A 50 m. de su contacto con el microgranito, tiene grano fino y está parcialmente recristalizada, presenta textura afanítica y contiene remanentes de diorita pegmatítica, esto parece ser por efecto de contacto con el microgranito. Ambas texturas, la pegmatítica y la afanítica, de la diorita, están cortadas por vetas de epidota que a su vez son cortadas por diques de microdiorita. Los diques de microdiorita se hallan en la pegmatita diorítica ya sean en forma tabular o en forma almohadillada. En algunos lugares la diorita leucócrata, de grano grueso está vetada por pequeñas ocurrencias ácidas, las que se presentan variablemente deformadas y foliadas.

La secuencia de los eventos, dentro de esta parte del complejo Patap, entre Parapaco y Copa es:

Emplazamiento y cristalización de una diorita leucócrata de grano grueso y del cuerpo principal del microgranito. La facies afanítica de la diorita, en comparación con la del microgranito parece ser un efecto de reacción marginal en la diorita y la edad relativa de ambas no es clara. El microgranito fue deformado y junto con la diorita de grano grueso, fue cortado por venas de epidota.



LEYENDA

	IGIMBRITAS FORTALEZA		UNIDAD SAN JERONIMO
	VOLCANICOS CALIPUY		UNIDAD PUSCAO
	DEPOSITO VOLCANICOS DEL CRETACEO SUPERIOR PALEOCENO		COMPLEJO TONALITICO SANTA ROSA
	VOLCANICOS CASMA		COMPLEJO GABRO DIORITICO PATAP
			COMPLEJO PACCHO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

ENRIQUE BIMICHAND SAGASTEGUI

ANCASH - LIMA

LIMA 2013

C-1

Los diques microdioríticos fueron intruidos más o menos sincrónicamente con la inyección de material ácido de los complejos de venillas reticulares y la matriz de los diques almohadillados de microdiorita. Los complejos de vetas reticulares fueron deformados. Todos estos rasgos fueron cortados por diques de microdiorita de dirección andina antes del emplazamiento de los complejos Paccho y Santa Rosa.

El bandeamiento, de escala centimétrica, es el rango más extenso dentro del complejo Patap. En los grandes fragmentos de gabro que constituye el componente principal de una terraza erosionada, al oeste del cerro Trinchera, la plagioclasa y la hornblenda están alineadas dentro del bandeamiento, la que se halla súper impuesta por porfiroblastos poiquilíticos de 10-75 mm. de diámetro. Estos porfiroblastos son cortados por una delgada segregación de plagioclasas sub-paralelas a la primera foliación. En algunos fragmentos de gabro el bandeamiento y la primera foliación han sido fuertemente deformadas y cortadas por zonas de cizallamiento.

### **2.3.2 Complejo Paccho.**

Este complejo se halla en la parte este del batolito, entre altitudes de 1200 y 1400 m. En forma general es un complejo de meladiorita, diorita-cuarcífera y monzodiorita cuarcífera, de grano fino en los cuales los contactos gradacionales parecen ocurrir con más frecuencia que los contactos nítidos. No se han cartografiado las sub-divisiones del complejo Paccho en la misma forma que el complejo Santa Rosa por encontrarse en terreno poco accesible con laderas empinadas, parcialmente cubiertas por suelos y vegetación.

El contacto del complejo Paccho con las rocas del país se ven mejor justo al norte de la latitud 10°S, al oeste del río Cotaparaco. El contacto es sub-vertical y el complejo Paccho corta a lavas de la Formación Lupín incorporando grandes bloques de éstas. Al este de Chasquitambo, sobre los cerros Carapunco y Palermo, así como al NE de esta misma

localidad, sobre los cerros Capillanfa, la diorita Paccho está en contacto con el complejo Patap en forma de diques, incorporando bloques de este último. En algunas localidades la diorita Paccho está foliada cerca a su contacto con el complejo Patap.

La forma de los plutones Paccho ha sido modificada por la erosión. La mayor parte de los contactos originales son empinados pero un techo sub-horizontal del complejo Paccho puede verse en el cerro Mantamarca, cerca de Parapaco. Estos contactos sugieren que la forma del complejo Paccho puede haber sido similar a la tonalita Huaricanga, unidad perteneciente al complejo Santa Rosa.

Composición y estructura interna.-

El complejo Paccho consiste de dos tipos de rocas: una meladiorita homogénea de grano fino, que carece de xenolitos y una diorita leucócrata, de grano grueso con numerosos xenolitos pequeños y rodeados de meladiorita. Al este de Chasquitambo, en el cerro Carapunco, una de estas unidades grada hacia la otra, dentro de una distancia de 100 m. En otros lugares ambas unidades gradan, por incremento en la proporción de feldespato potásico respecto a la plagioclasa, a una monzodiorita y monzonita.

### **2.3.3 Complejo Santa Rosa.**

El complejo Santa Rosa es el componente principal del Batolito y se extiende, como un afloramiento continuo, a través de la parte occidental y central del Batolito. Su afloramiento tiene un ancho de 32 kilómetros, y consiste de tres unidades de las cuales la más antigua, (tonalita Huaricanga) fue precedida por el desarrollo de fajas angostas de milonita y esquisto cuarzo-hornbléndico llamado Milonita Puca Punta. Además dentro de este complejo se han distinguido pequeños afloramientos de dacita y cuarzo que constituyen la unidad Cuyhuay Chico, así como stocks de aplitas pertenecientes a la unidad denominada Aplita Pedregal.

Los plutones individuales son amplios en extensión y presentan variaciones y cambios gradacionales en su interior. Los plutones Santa Rosa cortan a los complejos Patap y Paccho siendo a su vez, cortados por el complejo Puscao-San Jerónimo. La tonalita Huaricanga es de grano medio, similar en textura y composición a la tonalita Santa Rosa, típica del área de Sayán que fue descrita y denominada así, por primera vez, por Cobbing y Pitcher (1972)\*, la cual es de grano grueso.

### **2.3.3.1 Unidad Tonalita Corralillo.**

La tonalita Corralillo, en tamaño, es la segunda unidad del complejo Santa Rosa. Los contactos con las rocas de caja son sub-verticales y buzan hacia afuera, pero en algunos lugares, donde se preserva el techo, son sub-horizontales.

En el lado sur del valle del río Huarmey, al sur de la hacienda Taica, el contacto con las lavas almohadilladas de la Formación Lupín buza 80° al SE como se observa en el fondo del valle, pero se torna sub-horizontal en las laderas a 150 m. más arriba, sugiriendo que hacia el este de la tonalita Corralillo está cubierta por volcánicos, sobre un techo plano, tal cubierta plana compuesta de lava de la Formación Lupín puede verse en el cerro Cruz Alta. El techo plano de la tonalita Corralillo puede también verse en las cabeceras del río Seco-Lupín y en los cerros Chupi Upuna y Corralillo, donde está cubierta por chert de la Formación Breas y por lavas de la Formación Lupín.

Los afloramientos más extensos de la tonalita Corralillo parecen formar plutones con paredes sub-verticales, las cuales buzán hacia afuera y su forma es semejante a la de la tonalita Huaricanga.

En las partes bajas de la quebradas Murpa y Shanán, la tonalita Corralillo se halla como cuerpos tabulares escarpados que parecen juntarse hacia abajo para formar un plutón más grande, estos cuerpos representan posiblemente apófisis sobre un techo generalmente

plano del plutón tonalítico principal. La tonalita en estos cuerpos es de grano más fino que el normal y sus contactos con la tonalita Huaricanga son definidos. La tonalita Corralillo tiene típicamente un margen de grano fino y se inyecta como diques en la roca de caja incorporando xenolitos de éstos. Donde la tonalita Corralillo corta a la zona plegada de Canoas en el valle del río Seco-Lupín, se observan grandes bloques de volcánicos, y pizarras de la Formación Lupín los que están dispuestos al azar dentro de la tonalita. En la parte más baja del techo de la tonalita Corralillo, en el cerro Chupi Upuna, se nota bloques angulares de chert de volcánicos, en el mismo contacto, pero en los siguientes 200 m. hacia adentro del plutón, los fragmentos angulares, en forma progresiva, se presentan en tamaños menores, redondeados y dispersos. En este mismo tramo, los xenolitos de volcánicos andesíticos y del complejo Patap fueron recrystalizados formando xenolitos de grano medio, de aspecto idéntico, con composición diorítica y textura apinítica. Algunos xenolitos redondeados de lavas andesíticas tienen bordes de hornblenda verde de grano fino, parcialmente alterada a clorita y epidota.

En la quebrada Gramadal cuerpos tabulares de tonalita Corralillo, de grano fino, fueron intruidos a lo largo de fracturas. Estos cuerpos contienen brechas de tonalita Huaricanga.

Cerca del margen occidental del Batolito, en la quebrada Pararín al lado norte del valle, la tonalita Corralillo tiene un margen amplio y contaminado entre gabro y la diorita hornblendica Patap. El contacto es definido y buza con alto ángulo hacia el SO. Dentro de los 50 m. del contacto, la tonalita Corralillo contiene más hornblenda pero de menos tamaño que lo usual, su grano es mediano hasta el mismo contacto. Más allá de los 50 m. del contacto adquiere su granulación normal (grano grueso). Al lado opuesto de esta localidad, es decir en el lado sur del valle, la tonalita Corralillo tiene una foliación bien marcada cerca al contacto con el gabro Patap y sus xenolitos están fuertemente achatados en forma de disco, y alineados paralelamente a la foliación. La foliación es oblicua al contacto y es paralela a una banda de milonitas que cruzan al gabro pero que es truncada por la tonalita

Corralillo. Los contactos con la tonalita Huaricanga son, en la mayoría de veces, bien definidos. Al oeste de la quebrada La Rinconada, cerca a la esquina SE del cuadrángulo Huayllapampa la tonalita Corralillo tiene un borde angosto de grano fino, en el contacto con la tonalita Huaricanga que tiene una franja angosta rica en biotita.

La tonalita Corralillo también se encuentra en la quebrada Casacajal, al SE de Huarmey, como un stock circular, con paredes verticales, más rico en cuarzo y epidota y más pobre en máficos que la típica tonalita Corralillo.

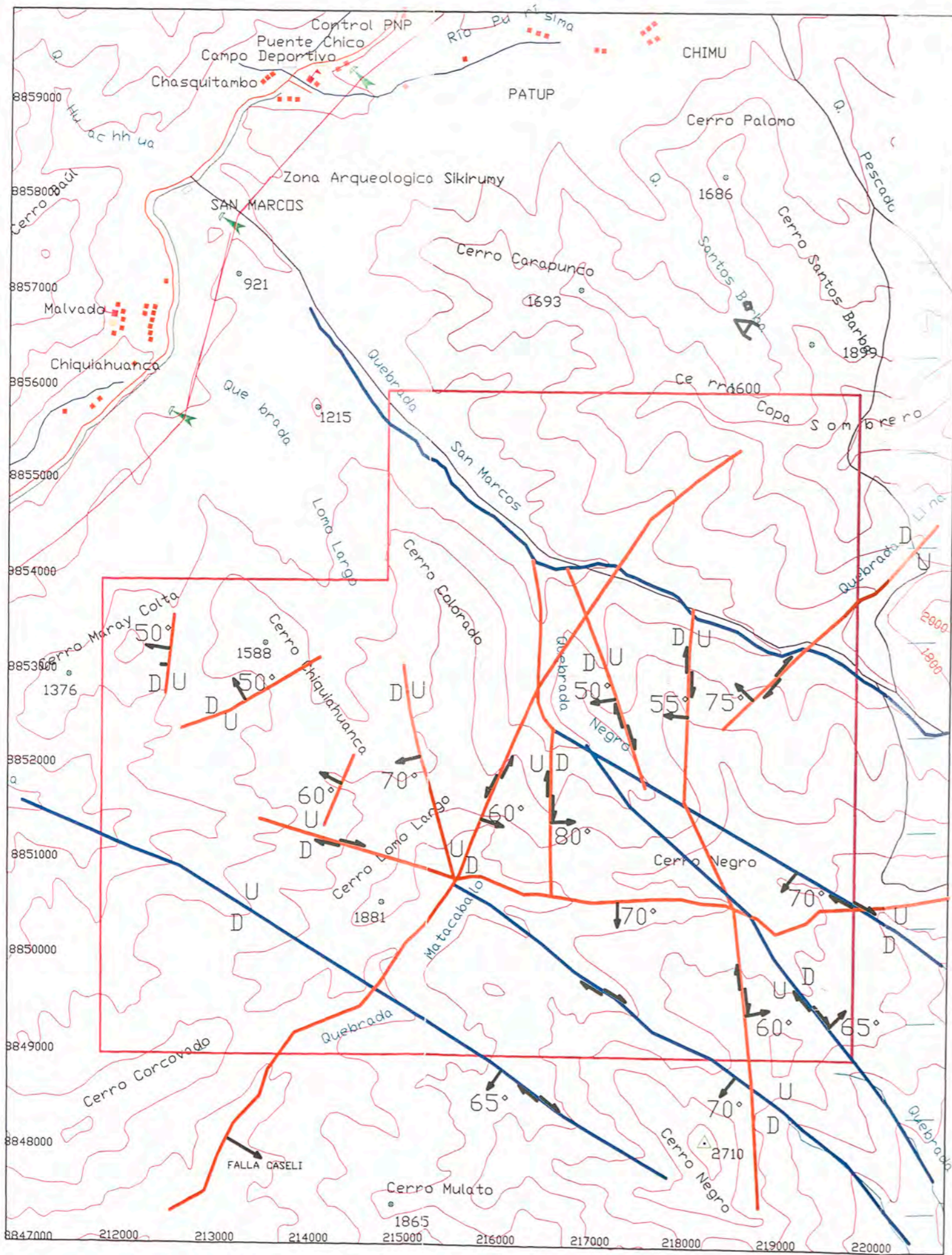
Composición y estructura interna.-

La tonalita Corralillo es una roca ácida, de grano grueso a medio, pero localmente grada a granodiorita, a monzogranito y a sienogranito, siendo más variable en composición que la tonalita Huaricanga.










La incorporación de los volcánicos del Grupo Casma y de las rocas del complejo Patap en la tonalita Corralillo y su transición de bloques angulares grandes a xenolitos apiniticos pequeños fueron descritos líneas arriba. Una transición similar de bloques variados de tonalita Huaricanga a xenolitos apiniticos pequeños pueden verse al este de la quebrada Cuta, en el cerro Santa Rosa, así como en el cerro Huaccha Huaranga y en la parte media de la quebrada Corralillo.

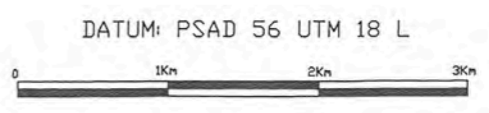
Las variaciones en el tamaño del grano de la tonalita Corralillo fueron mapeadas, así entre el río Fortaleza y el río Seco-Lupín es de grano medio, mientras que en la vecindad del río Huarmey en la quebrada Pararín y cerca a la quebrada Choque es de grano grueso.


En algunos lugares la tonalita Corralillo grada a un granito rosado, debido al feldespato potásico y cuarzo. Los afloramientos mayores de esta facie granítica observada dentro de la unidad Corralillo se halla en la parte baja de la quebrada Pararín, al norte del cerro Baranda,



LEYENDA

-  FALLA DE PRIMER ORDEN
-  FALLA DE SEGUNDO ORDEN
-  70° BUZAMIENTO
-  POSICION DE BLOQUES
-  DESPLAZAMIENTO
-  DENUNCIOS DIVIMIN
-  TORRE DE ALTA TENSION
-  POBLADOS
-  CARRETERA



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALUR			
INFLUENCIA DE FALLAS DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN			
ENRIQUE BDMICHUNG SAGASTEGUI	ESCALA 1/50000	ANCASH - LIMA	LIMA 2013



en la quebrada Huanchuy, al SE del cerro Corcovado y en la vecindad de Choque y quebrada del mismo nombre. En la quebrada Pararín, el granito es localmente muy rico en feldespatos potásicos y está asociado igualmente con aplitas ricas en feldespatos potásicos y cuarzo. En la quebrada Huanchuy el granito Corralillo es de grano grueso y uniforme, con cristales predominantes de hornblenda y feldespatos potásicos. La hornblenda forma pequeños cristales prismáticos y agregados de biotita en forma de manchas. Contiene escasos y pequeños xenolitos redondeados de dioritas. En la vecindad de Choque, el granito es relativamente uniforme con granos gruesos de feldespatos potásicos, cuarzo, biotita y xenolitos sub-redondeados de diorita.

#### **2.3.4 Complejo Puscao - San Jerónimo.**

Este complejo consiste de dos tipos de granito representados por las unidades Puscao y San Jerónimo, que fueron a grosso modo contemporáneas en estado de magma, aunque en esta región la unidad Puscao se emplazó antes que la unidad San Jerónimo, caso inverso ocurrió en la área de Sayán, en los cuadrángulos de Huacho-Huaral, según Cobbing y Pitcher \*.

##### **2.3.4.1 Unidad Puscao.**

Esta unidad representa el segundo componente principal del Batolito Costanero. La forma de las intrusiones Puscao y de sus pequeñas estructuras, que indican el mecanismo de intrusión, se exponen en forma más clara que los de cualquier otra unidad del batolito, debido a la erosión. Por lo tanto, la unidad Puscao se describe con más detalle que las otras unidades del batolito. Las formas menos expuestas y rasgos intrusivos de las unidades Santa Rosa y San Jerónimo parecen ser similares a los de la unidad Puscao que parecen demostrar así las formas y los mecanismos de intrusión de todas las principales unidades del batolito.



N.M.

### LEYENDA

#### VULCANISMO POST-BATOLITO

Formación Fortaleza?

#### UNIDAD SAN JERONIMO

Sienogranito

#### UNIDAD DE PUSCAO

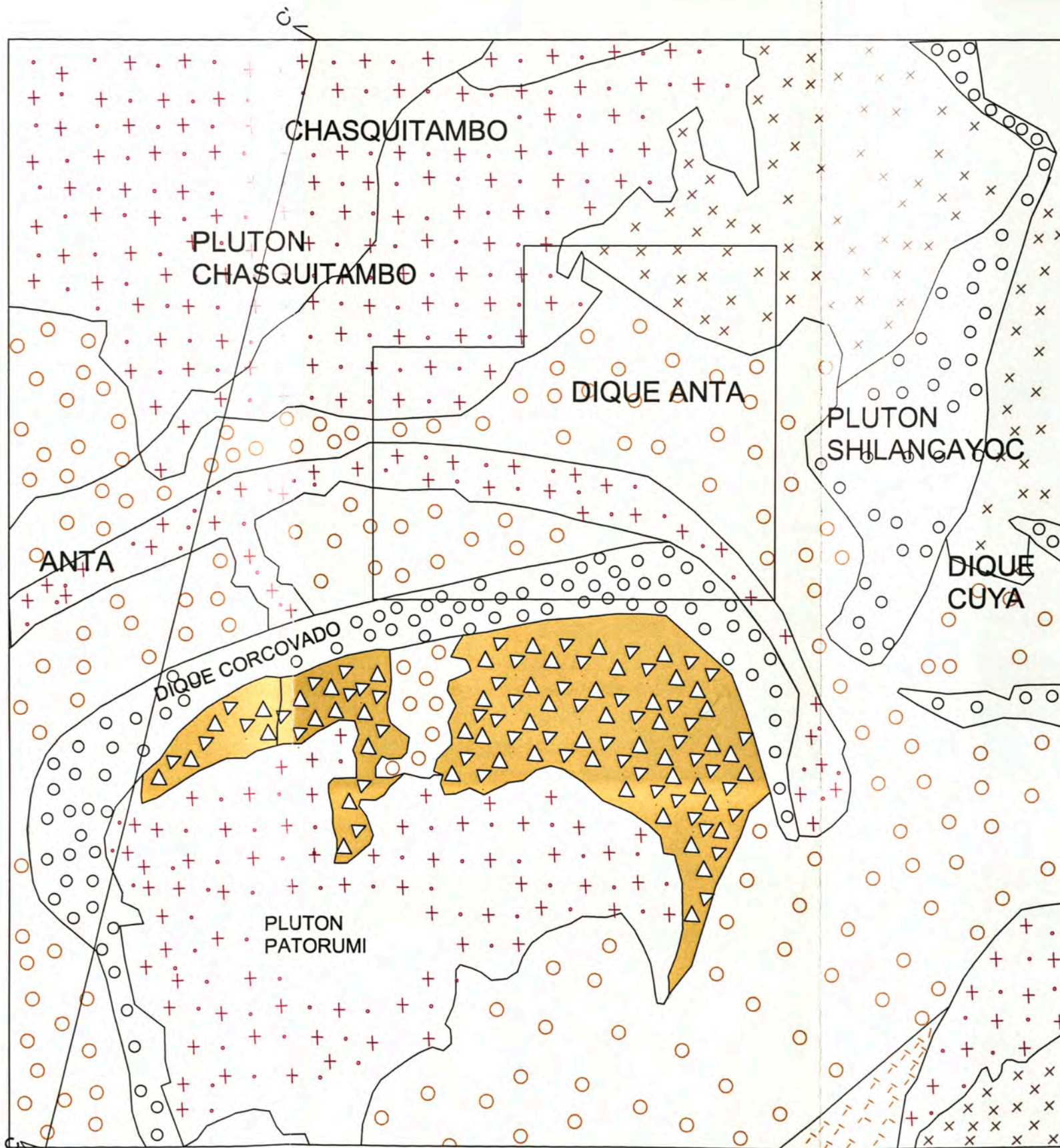
Monzogranito

#### COMPLEJO SANTA ROSA

Tonalita Corralillo

Tonalita Huaricanga

Propiedad DIVIMIN



10°30S

77°30 O

0 5Km



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

PLANO PETROGRAFICO

INGENMET - PERU

ESCALA: 1/100 000

ANCASH - LIMA

LIMA 2013

P-5

La unidad Puscao consiste de plutones de monzogranito (adamelita), diques de pórfidos gris y cuerpos granodioríticos denominados Granodiorita Baranda y sills de aplita granítica.

**a) Plutón Chasquitambo.**

Este es el plutón más grande de la unidad Puscao en la región y su estructura tridimensional es la mejor expuesta. Tiene un afloramiento casi circular en forma de domo y ocupa un área de 300 Kilómetros cuadrados, entre altitudes de 400 a 2400 m.s.n.m. En los niveles topográfico más altos su contacto buza menos de 10 grados hacia afuera, mientras que en niveles más bajos éste buza a ángulos altos. El techo plano del plutón está bien expuesto en el cerro Carapunco, cerro Palomo y cerro Botija Punta situado al este y al NE del pueblo Chasquitambo, de la misma forma al norte del río Fortaleza, en los cerros Peras, Pucaranga y Gargar y al oeste de Patap, en la base de las paredes del cerro Señal Llamoc Pampa. Estas paredes sub-verticales del plutón pueden verse en ambos lados del valle del río Fortaleza, debajo de Chasquitambo así como en el cerro Moray Colla, al sur y en el lado oeste de la quebrada Huáncar Alto.

Los márgenes del plutón Chasquitambo dan un buen ejemplo de reactivación de contactos por intrusiones sucesivas que es un rasgo típico de emplazamiento de plutones del batolito. A lo largo de su margen oriental, tres porciones del complejo Patap y uno de los volcánicos Casma, se encuentran entre el plutón y la diorita Paccho observados en los cerros Carapunco, Palomo, Llama Rumi-Shullquin y Botija Punta. Al sur del plutón lado oeste de Huáncar Alto, pequeños y numerosos fragmentos del complejo Patap se hallan a lo largo del contacto con la tonalita Corralillo, existiendo un alineamiento de xenolitos de rocas del complejo Patap y de las tonalitas Huaricanga y Corralillo que tienen una dirección hacia el NE. Otro alineamiento de xenolitos mezclados se extiende a través del plutón desde el cerro Capillanía hasta el cerro Numyac, al norte de la quebrada Acuas, pasando por Hornillos. Allí los xenolitos consisten de rocas de los complejos Patap y Paccho y el techo del plutón probablemente no estuvo lejos, sobre la actual superficie de erosión.

El contacto meridional del plutón Chasquitambo es nítido y en sus inmediaciones es de grano fino. La tonalita Corralillo adyacente está metamorfizada y localmente posee segregación de plagioclasas paralelas al contacto. Al este de Chasquitambo debajo del techo plano que infrayace el complejo Patap, en el cerro Carapunco y cerro Palomo, el plutón Chasquitambo es de grano grueso y más oscuro que lo usual, contiene numerosos xenolitos pequeños del complejo Patap y fragmentos de diques de microdiorita.

Cerca a los grandes xenolitos y a las zonas densamente concentradas de pequeños xenolitos, este plutón es de grano fino, más contaminado y más rico en hornblenda. En esta zona, el plutón se halla foliado acentuándose cerca de los cuerpos tabulares asociados con la deformación y la foliación.

La tonalita Corralillo está metamorfizada en 2 kilómetros, desde el plutón de Chasquitambo hacia el NE de Anta, en el valle del río Fortaleza. Su plagioclasa está densamente nublada y es de color morado. A 15 metros del contacto la tonalita Corralillo está intensamente metamorfizada, es de color gris y contiene hornblenda. Esta tonalita está oscurecida por el metamorfismo confundiendo de lejos con las rocas Patap. En el contacto, la tonalita está cortada por diques correspondientes a una facie de grano fino del plutón Chasquitambo las que a su vez, fueron cortadas por aplitas de feldespato potásico y cuarzo del mismo plutón. Fuera del contacto, el plutón Chasquitambo es típicamente de grano grueso, contiene numerosos y pequeños xenolitos redondeados de diorita así como grandes xenolitos de diorita y gabro del complejo Patap y de tonalita Corralillo metamorfizada.

#### Composición y estructura interna.-

El plutón Chasquitambo consiste de dos sub-unidades. La más antigua es una granodiorita caracterizada por la presencia de biotita y hornblenda que se hayan juntas en grandes

acumulaciones. Contiene un gran número de xenolitos de diorita, y donde existen grandes concentraciones de éstas, el plutón Chasquitambo se empobrece en cuarzo, gradando a una tonalita. Localmente, cerca a la parte alta del plutón, pueden verse algunos xenolitos similares como partes de los cuerpos intrusivos estrangulados. La sub-unidad esta foliada por la orientación de sus cristales de plagioclasa y de sus minerales máficos dispuestos en planos paralelos, esta foliación resalta por el achatamiento de los xenolitos. Tiene un margen de grano fino en el contacto con las rocas encajonantes.

La segunda sub-unidad es un monzogranito de color más claro y homogéneo que la primera. Además tiene menor proporción de xenolitos, todos de tamaño pequeño, es más rico en cuarzo y feldespatos potásicos y como mineral máfico principal presenta biotita la que se encuentra uniformemente distribuida como pequeñas hojuelas. Generalmente este monzogranito no tiene foliación y se halla como un domo dentro de la sub-unidad de granodiorita más antigua. En algunos lugares, el contacto entre las dos sub-unidades es nítido y entre ambas existe una delgada capa de pegmatita o aplita, el monzogranito encierra fragmentos angulares de granodiorita pero en otros lugares el contacto es gradacional.

El contacto entre las dos sub-unidades puede verse claramente en el lado este de la quebrada Acuas, debajo del ramal principal de la quebrada Contaderas Grande, allí es nítido y en él se encuentra una pegmatita delgada de feldespatos potásicos y cuarzo. También puede verse en el lado norte del valle del río Fortaleza, en los cerros Pucush y Baúl, debajo del pueblo de Chasquitambo y en la quebrada de Capillanía cerca de Hornillos.

Al este de Chasquitambo, en los cerros Carapunco y Palomo un cuerpo tabular de granodiorita Baranda de color gris yace entre las dos sub-unidades, contiene abundantes xenolitos de diorita y granodiorita perteneciente a la primera sub-unidad del plutón, en todas las etapas de asimilación. La foliación en el plutón granodiorítico (primera sub-unidad) es

localmente paralela a los cuerpos tabulares Baranda y está fuertemente marcada cerca a éstos. Localmente en la vecindad de Chasquitambo, numerosas diaclasas con cristales de hornblenda forman una lineación tipo estrías de falla.

La sub-unidad de monzogranito corta a la granodiorita Baranda y localmente encierra fragmentos de éstos. Localmente en su contacto el monzogranito es de grano más fino que el normal. El cuerpo tabular baranda parece haber ocupado la fractura inicial que iba a formar el techo de la sub-unidad monzogranítica a medida que las rocas se iban hundiendo por subsidencia.

Cuerpos tabulares de granito gráfico se hallan dentro de la parte más alta de las sub-unidades pero son más abundantes que la granodiorita. Ellos cortan a los cuerpos tabulares Baranda y a la sub-unidad de monzogranito e indican una subsidencia ulterior dentro del techo del plutón después del emplazamiento de la sub-unidad monzogranítica. Este granito gráfico y las aplitas están cortados por diques de andesita sub-verticales, que tiene rumbo NS. Estos a su vez son cortados por aplitas de feldespatos potásico y cuarzo. Una mineralización de hematita-cuarzo-calcita y molibdenita asociada con las vetas de cuarzo-calcita y con el greisen de clorita-muscovita son también rasgos tardíos del plutón y puede verse en el cerro Baúl al sur de Chasquitambo.

#### **b) Dique Anular Anta.**

El dique anular Anta aflora como un anillo sub-elíptico incompleto, de 1 kilómetro de grosor, con ejes de 10 y 19 kilómetros de longitud, su parte sur ha sido cortada por el dique Corcovado y por la subsidencia asociada con la unidad San Jerónimo y su contacto exterior es muy parado y buza hacia afuera mientras que el contacto exterior es sub-vertical. Al este del pueblo de Anta, truncándose contra el dique Corcovado. Los contactos de esta lengua del dique son sub-horizontales e indican que sobreyace a la tonalita Corralillo.

El contacto externo del dique anular Anta es generalmente nítido y no hay reducción de tamaño del grano dentro de él, ni metamorfismo de la roca encajonante adyacente. Localmente la tonalita Corralillo está cortada por vetillas de la roca del dique. Existen en el contacto externo desprendimientos en gran escala de bloques del complejo Patap y de la tonalita Huaricanga, lo que se observa en el cerro Toro, al norte del villorrio de Huaricanga.

#### Composición y Estructura Interna.-

El dique anular Anta es un monzogranito parecido a la sub-unidad más reciente del plutón Chasquitambo. La biotita, principal mineral máfico, se halla deformada uniformemente en toda la roca. Pequeños xenolitos redondeados y no muy numerosos se encuentran en él en la misma cantidad que en la sub-unidad más reciente del plutón Chasquitambo, excepto en una faja angosta donde son abundantes. Esta faja es un alineamiento de xenolitos que se extiende por todo lo largo del dique anular. Xenolitos redondeados y angulosos de diorita se hallan en estos alineamientos y la mayor parte son fragmentos elipsoidales de menos de un metro de largo, individualmente los fragmentos buzan en ángulo más bajo que el alineamiento de xenolitos vistos como un todo, el que es paralelo a los márgenes sub-verticales del dique.

Al SO en la quebrada Huancabamba, el dique anular Anta tiene sólo 100 m. de ancho, estrechándose hacia el este, precisamente en el punto donde se trunca contra el dique Corcovado. Allí el dique es más máfico de lo normal y localmente contiene zonas ricas en hornblenda prismática. La textura y la composición se tornan variables, observándose sectores donde el dique se angosta en los que la foliación se torna intensa y subparalela a sus márgenes, a la vez que el tamaño del grano se reduce este dique se convierte a milonítico localmente. Donde el dique es angosto se parece a un cuerpo tabular tipo Baranda.

La textura y composición del dique son también variables en su extremo SE y contiene un número pequeño de xenolitos que varían de volcánicos a microdioritas y a tonalitas de la unidad Corralillo, con una variedad de formas que van de redondeados a angulares, tienen orientación variables y parecen haber sido movidos en forma violenta y desgastadas mecánicamente. El dique varía en composición de monzogranito a granodiorita y la textura varía de grano grueso sin deformación, a grano fino fuertemente deformado, foliado y milonitizado. Los xenolitos están también variablemente deformados. En el extremo SE del dique circular, el monzogranito de grano grueso pasa hacia sus lados y a lo largo de su longitud, a una granodiorita Baranda foliada y milonitizada y a una tufisita brechada. Una sección del lado oeste del dique anular Anta, en la quebrada Muertos, presenta una complejidad del extremo SO del dique causados por intrusión múltiple.

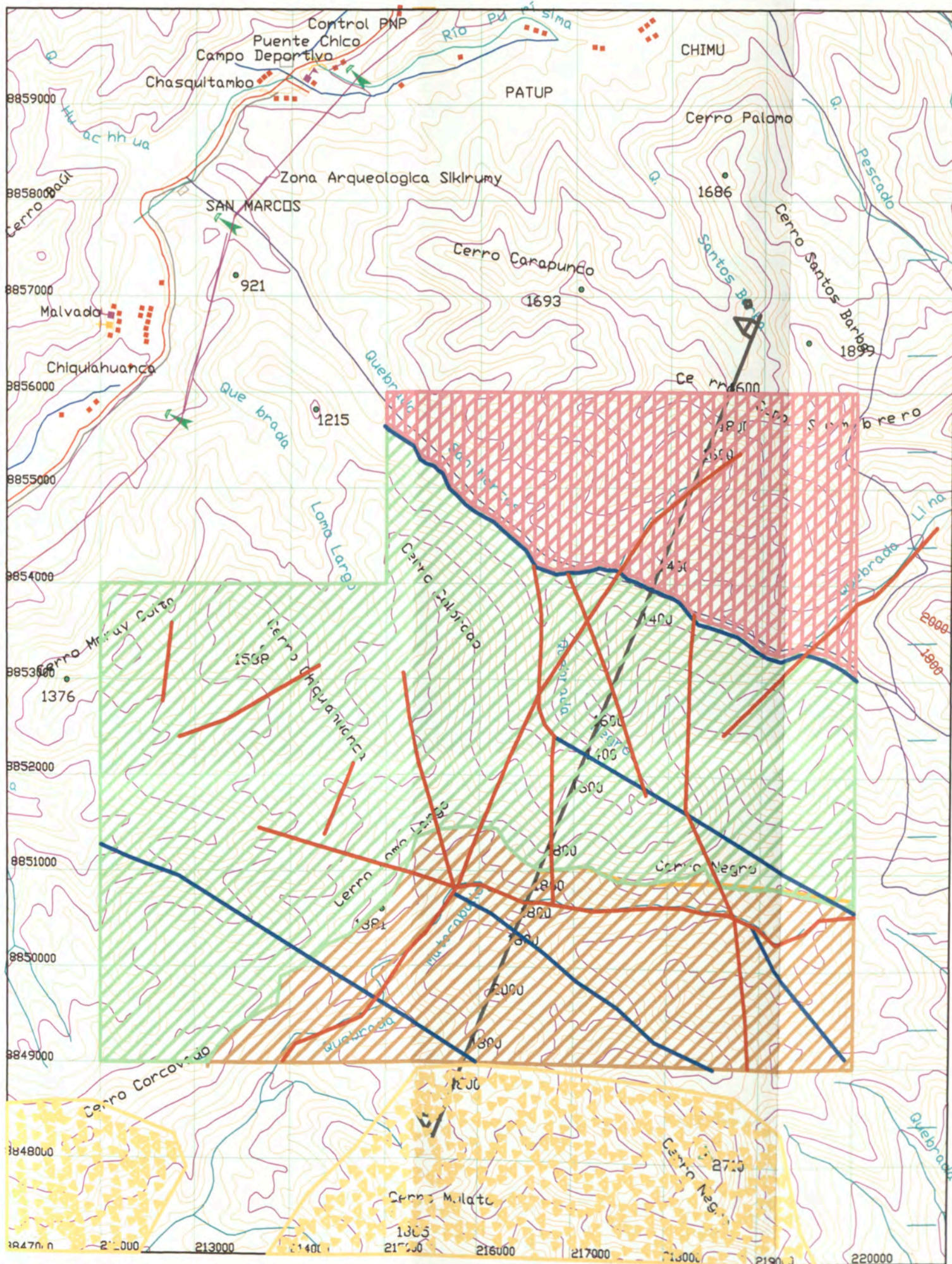
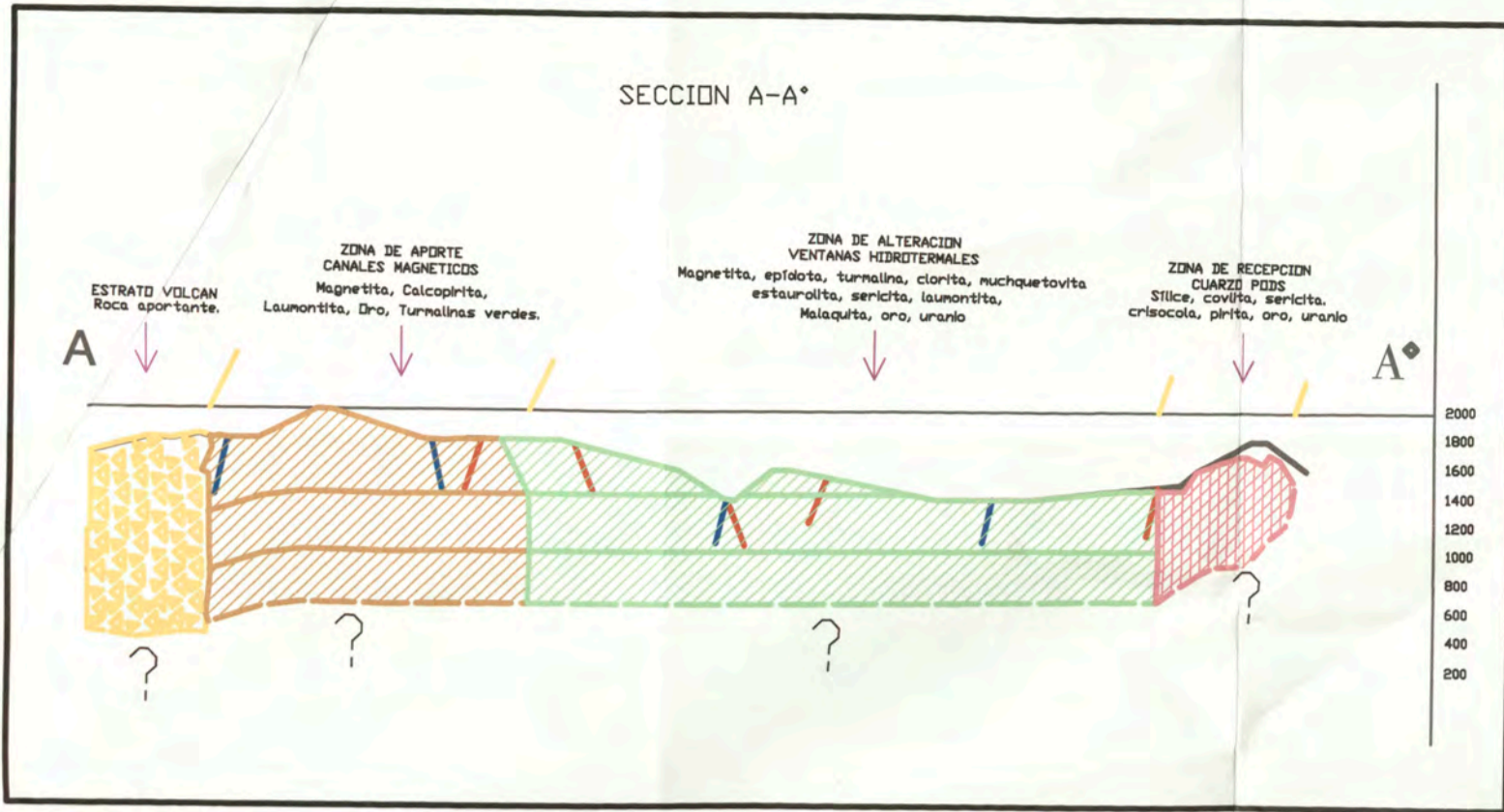
#### **2.3.4.2 Unidad San Jerónimo.**

La unidad San Jerónimo se encuentra en la parte este del Batolito entre las cotas de 1400 y 4200 m. Consiste principalmente entre plutones angostos y rectangulares (Carapún, Vindoc y Shilancayoc), de hasta 30 kilómetros de largo y 5 kilómetros de ancho, con paredes sub-verticales orientadas entre NNO-SSE y NNE-SSO y dos diques anulares verticales, sub-rectangulares (Corcovado y Cuya), de hasta 1 kilómetro de grosor y de hasta 15 kilómetros de largo. Secciones profundas se exponen hasta los 2800 metros a través del plutón Carapún, pero todos los plutones son sin techo. Los plutones afloran en laderas altas y empinadas, cubiertos parcialmente por suelos, cactus y arbustos, por lo que no se puede observar con el mismo detalle como a los plutones de la unidad Puscao.

Los contactos de los plutones son generalmente nítidos y cortantes. El contacto sur del plutón Carapún con el plutón Chasquitambo puede verse en la quebrada Rari, 3 kilómetros al norte de Chaucayán. En el contacto, la unidad San Jerónimo tiene grano fino, está deformada y fuertemente tallada dentro de una franja de varios metros de ancho, la que contiene fragmentos rotos y lenticulares de monzogranito de grano medio perteneciente al



SECCION A-A\*



LEYENDA



DATUM PSAD 56 UTM 18 L



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

ZONIFICACION CON LIMITES ESTIMADOS E INFLUENCIA DE FALLAS

ENRIQUE EDUARDO SAGASTEGUI

ESCALA 1/5000

ANCASH - LIMA

LIMA 2013

plutón Chasquitambo, con deformación interna muy ligera. Localmente, existe una franja de biotita alrededor de los fragmentos de monzogranito. La facies marginal deformada del plutón Carapún tiene su contacto nítido con un sienogranito de grano grueso a porfirítico el cual forma la mayor parte del plutón Carapún.

El contacto sur del plutón Vindoc con los volcánicos del Grupo Casma puede verse en la quebrada Corotanca, al SE de Colquioc. Donde el camino cruza al río, el plutón Vindoc tiene un margen de grano fino de 1 cm. de grosor. Justo al norte, en el fondo de un arroyo tributario, las rocas de la Formación La Zorra están recristalizadas a hornfels y cortadas por vetillas del plutón Vindoc. Cerca al contacto, el plutón contiene un gran número de xenolitos volcánicos, parcialmente asimilados, siendo éste más oscuro y con menos feldespato potásico que lo normal.

#### Composición y Estructura Interna.-

La unidad sienogranítica San Jerónimo puede dividirse en una facie porfirítica y en otra no porfirítica. La facie porfirítica contiene igual número de fenocristales corroídos de cuarzo sub-hexagonal y de plagioclasa zonada y sericitizada, de hasta 5 mm. de diámetro, con grandes cantidades de biotita e ilmenita. Estos fenocristales yacen en una matriz granofírica de grano uniforme que consiste de cuarzo y feldespato potásico peritítico. La matriz de la facie no porfirítica es similar a la de la facie porfirítica. En algunos lugares las dos facies gradan entre sí, mientras que en otros tienen contactos nítidos. Xenolitos dioríticos redondeados y pequeños, se encuentran en ambas facies pero no son abundantes.

Los 1800 m. inferiores del plutón Carapún consiste de una facie porfirítica de grano grueso. La parte intermedia es de grano más fino que la facie porfirítica, con fenocristales más pequeños, en donde el cuarzo es dos veces más abundante que la plagioclasa. La parte superior, no porfirítica, que representa los 900 m. superiores del plutón, es rica en cuarzo y sus plagioclasas están extensamente alteradas a sericita.

La mayor parte del plutón Vindoc consiste de una facie porfirítica, excepto al norte de la quebrada de Corotanca, en el extremo sur del área, que consiste de una facie no porfirítica. La mayor parte del plutón Shilancayoc consiste de la facies porfirítica.

Los plutones Carapún contienen cuerpos tabulares y vetas de granito gráfico, similares a los existentes en el plutón Puscao. Ellos son similarmente muy abundantes en los afloramientos más altos de los plutones y están mejor expuestos en los cerros Carapún y Yana Llama.

En algunos lugares los diques de microdiorita intruyeron a los plutones San Jerónimo antes que éstos se consolidaran y cristalizaran así como antes que los diques se rompieran en almohadas las cuales se encuentran alineadas. Este rasgo está bien expuesto en los afloramiento de una pequeña quebrada ubicada en la ladera norte del cerro Copan, al sur de Vindoc. Allí, las aplitas de feldespató potásico y cuarzo así como los cuerpos tabulares de granodiorita horblenda del plutón Vindoc, que cortan a la diorita Paccho, están intruidos por cuerpos tabulares de microdiorita que se rompieron en segmentos alineados.

Los diques anulares Corcovado y Cuya tienen contactos nítidos y sub-verticales. Su textura y estructura interna es más variable que en los plutones principales y gradan en forma similar a la sub-unidad porfídica de los cuerpos tabulares Baranda, hasta llegar a milonitas y blastomilonitas protoclásticas. En algunos lugares sus cajas inmediatas están cruzadas por zonas de cizalla y de microbrecha, en otros los diques anulares encierran inclusiones redondeadas y alineadas de la caja inmediata y rocas exóticas que localmente gradan a brecha tufisita. Esto último se expone bien al oeste de Choque, en el dique anular Cuya. En ciertos casos donde la roca es de grano fino y está fuertemente bandeada, el bandeamiento está contorsionado. Por la similitud de las texturas internas de los diques anulares Corcovado y Cuya con las de los cuerpos tabulares Baranda, se considera que las condiciones de emplazamiento son similares, pero además, es casi seguro que el dique

anular Corcovado llegó a la superficie dando como resultado la formación de una caldera y erupciones de ignimbrita.

Un número de cuerpos tabulares verticales, de la unidad San Jerónimo, de hasta 7 kilómetros de largo y 10 m. de grosor, se hallan en la quebrada Rinconada y tienen rumbo NE-SO. Ellos generalmente consisten de una facie de grano fino, no porfíricas y están localmente foliados y gradan a una milonita protoclásticas. Son ricos en pirita y cortan a través del espacio existente entre los afloramientos septentrionales y meridionales del dique anular Corcovado. Knox (1974)\*, cartografió la parte sur del dique anular que se halla justo al sur del cuadrángulo de Huayllapampa y considera que diques paralelos se intruyeron a lo largo de una bisagra que permitió una subsidencia diferencial de las dos partes del bloque central de rocas más antiguas dentro del dique Corcovado.

Los plutones San Jerónimo están cortados por diques de microgranito porfírico, de color verde claro, que parece ser una fase tardía de la unidad San Jerónimo. Ellos son especialmente abundantes en la parte NE del plutón Chasquitambo, en el cerro Ñumyac y en los cerros Guemish Cunca y Uchupacu, a su vez son cortados por un número menor de diques de microdiorita. Ambos grupos de diques son sub-verticales y paralelos.

#### **a) Diques de Microdiorita.**

Los diques de microdiorita se intruyeron durante y entre los episodios de las intrusiones plutónicas. La mayoría de los diques son sub-verticales y con distribución irregular, siendo la mayoría paralelos al batolito, un número más reducido tiene rumbos normales al eje mayor del batolito y otros forman conjunto radiales. En la quebrada Gramadal, diques de microdiorita porfírica ricos en cuarzo tienen una dirección N135°E y están cortados por diques de microdiorita porfírica con abundante plagioclasa, con rumbo N70°E. Los diques se emplazaron por dilatación pero en conjunto representan sólo una pequeña fracción del

volumen del batolito, se concentran dentro de él o dentro de sus cajas occidentales y unos cuantos se hallan en las rocas que lo cubren.

Esta distribución sugiere que estos diques se estrangularon hacia arriba y que no fueron conductos importantes para el transporte del material hacia la superficie. La mayoría de los diques son porfiríticos con fenocristales de andesina, cristales prismáticos cortos de hornblenda verde y clinopiroxeno maclado. Estos fenocristales se encuentran dentro de una masa holocristalina de textura sub-óptica, de andesina con hornblenda verde, clinopiroxeno y pequeñas cantidades de cuarzo, esfena y minerales opacos.

Los principales episodios de intrusión de los diques son:

Post-complejo Patap.

Contemporáneo con el complejo Santa Rosa.

Post-complejo Santa Rosa.

Contemporáneo con la unidad Puscao.

Post-unidad Puscao.

Los diques de los episodios 2 y 4 forman alineamientos segmentados en los plutones Santa Rosa y Puscao respectivamente, donde la mayoría de las almohadas cristalizaron con textura idénticas a la de los xenolitos recrystalizados de material volcánico de las cajas y de las rocas Patap. Aunque los diques del episodio 3 forman el sistema principal del batolito en el área de Sayán (Gobbing y Pitcher, 1972)\*, ellos son menos abundantes en esta región. Algunos diques del episodio 5 forman cuerpos tabulares continuos que cortan al plutón Contaderas, poseen márgenes angostos con esquistosidad que contienen granates de color rosado claro. Márgenes similares existen en las doleritas pre-cámbricas de Escocia consideradas como intruidas en rocas calientes de caja en un nivel profundo de la corteza (O HARA 1961)\*. En el batolito costanero los márgenes esquistosos con granate pueden indicar que los diques fueron intruidos mientras el plutón Contaderas estaba aún caliente y

que su intrusión se asoció con la deformación concentrada a lo largo de los márgenes del dique, pero éstos se intruyeron en un nivel muy alto de la corteza.

Aunque los diques de microdiorita cortan a los plutones sucesivamente más ácidos su composición es bastante similar, independientemente de su edad. Esto indica la presencia continua de magma diorítico uniforme debajo de los plutones de tonalita y granito durante su emplazamiento o la regeneración intermitente de magma diorítico.

## **2.4 Vulcanismo Post-Batolítico.**

Por las diversas alteraciones hidrotermales que se observan en las rocas del Batolito de la Costa que están dentro de la propiedad minera de S.M.R.L. Divimín III, se sustenta que los fluidos hidrotermales que las causaron son posteriores a la formación de tales rocas. Las referencias revisadas indican que los yacimiento tipo IOCG se forman por el emplazamiento de rocas calco-alcalinas que entregan la mineralización a las rocas cajas, por lo tanto planteo que las rocas que produjeron la mineralización en el prospecto Divimín son las cartografiadas al sur de la propiedad, proponiendo que dichas rocas no son rocas del Grupo Casma como se indica en el Boletín 33 Seria A. Carta Geológica Nacional, estas rocas ubicadas al sur son más jóvenes siendo rocas de la Formación Fortaleza?.

### **2.4.1 Formación Fortaleza.**

La Formación Fortaleza? aflora al sur de la propiedad minera y se encuentra fallada, dentro del dique anular Corcovado en el centro del Batolito Costanero, al afloramiento se le conoce como Señal Cerro Negro.

El estrato volcán Señal Cerro Negro consiste de intercalaciones de aglomerados morados y rosados; ignimbritas y lavas de andesitas porfíricas color verde. La parte más baja de la secuencia es una gruesa unidad de andesita porfírica, con fenocristales de plagioclasa de 1 a 2 cm. de largo, que bien puede tratarse de un flujo de lava o de un sill.

La ignimbrita de la Formación Fortaleza yace dentro de un sistema de valles que fueron profundidades durante la erosión de la superficie Puna la cual es posterior al Batolito Costanero y a los volcánicos del Calipuy. Yacen en el fondo del valle antiguo profundizado durante la erosión Matacaballo, la que fue aún más profundizada durante la etapa de erosión Cañón. La ignimbrita descansa sobre un horizonte de conglomerado y suelo equivalente al conglomerado Chasquitambo. Se puede ver que al momento de la erupción de la ignimbrita el valle del río Fortaleza era más amplio que en el presente. El tope de la formación ha sido un tanto erosionado y su máximo espesor, observado en el cerro Huana Cayán dentro del cuadrángulo de Huayllapampa, es de 750 m. El grosor decrece valle abajo a 500 m. en el cerro Uchco Uchco, sobre Chaucayán. Columnas verticales individuales se extienden a través de todo el grosor de esta unidad sugiriendo que ella es un solo flujo.

La base del flujo de ignimbrita está bien expuesta en el flanco norte del río Fortaleza, en el sector oriental del límite del cuadrángulo de Huayllapampa, debajo del ramal de Cajacay. Allá yace sobre la superficie irregular de un horizonte de suelo grueso y aglomerádico que contiene muchos fragmentos angulares de cuarcita blanca y granito San Jerónimo, localmente derivado del Batolito Costanero. El suelo es gris y está relativamente poco afectado pero una delgada franja de la parte superior de este suelo fue quemado por el flujo ignimbrítico presentando un color rojo. Los 2 m. más inferiores de la Formación Fortaleza consisten de capas delgadas de tufo con clasificación granulométrica, compuesto de fragmentos de cristales de cuarzo y plagioclasa alterada y de biotita en hojuelas. Hacia arriba existe una unidad considerada como la principal y se trata de un flujo no estratificado de ignimbrita con fragmentos angulares y parcialmente redondeados de andesita y de granito San Jerónimo. Posee diaclasamiento columnar bien desarrollado que se curva sobre irregularidades en la superficie infrayacente. La composición de la ignimbrita y el contenido de fragmentos rocosos son similares en toda la potencia del flujo.

Los fragmentos mayores en el flujo ignimbrítico parecen tener origen local pero pequeños fragmentos de cuarcita se hallan a través de todo el flujo, desde las partes más altas, cerca a Conococha, hasta Chaucayán. Dentro del cuadrángulo de Huayllapampa, río abajo de Chaucayán, los fragmentos de cuarcita rápidamente disminuyen en cantidad desapareciendo casi por completo en la parte inferior del flujo, mucho más abajo de Chaucayán.

En los cerros Huana Cayán y Uchco Uchco, fragmentos de cuarcitas angulares a parcialmente redondeados constituyen gran parte del flujo. Cerca a la base de la unidad ignimbrítica principal ellos están algo achatados, paralelos a la base del flujo. Un número menor de fragmentos de una roca plutónica, de grano grueso, rica en cuarzo y hornblenda, también están presentes. Sobre el villorrio de Chaucayán los fragmentos de cuarcita, son menos abundantes predominando los de andesita y granito de grano grueso parcialmente descompuesto. Cerca a la base del flujo los fragmentos están parcialmente achatados y son más pequeños que los de arriba. En general los fragmentos son angulares y mal clasificados.

En un afloramiento de la Formación Fortaleza, en el lado norte de la quebrada Rari, los fragmentos de cuarcita están ausentes. La ignimbrita no está bien clasificada, es rica en fragmentos de cristal de cuarzo y contiene fragmentos achatados de granito grueso y algo de diorita y gabro, todos de origen relativamente local.

En los cerros Pacar y Picón, la Formación Fortaleza descansa directamente sobre la Formación Cochapunta la cual está formando pliegues isoclinales parados y estrechos, la superficie de la roca base es irregular y en el sur del cerro Pacar se nota un pequeño afloramiento de aquella. A un lado del mencionado montículo un tufo bien estratificado y bien gradado infrayace a otro que contiene muchos bloques angulares de roca de origen local. A su vez infrayace a la unidad ignimbrítica principal con fragmentos parcialmente



redondeados con cuarcita blanca y del granito San Jerónimo. Los dos metros más bajos de esta unidad contienen fragmentos pequeños, parcialmente redondeados, mientras que el resto, hacia arriba, contiene fragmentos mayores distribuidos más uniformemente.

El tufo sub-aéreo, gradado y laminado que precedió a la deposición del flujo principal de ignimbrita, pudo haberse originado ya sea por erupciones secundarias que antecedieron a la erupción principal del flujo o haberse formado por fragmentos de cristal, que cayeron al fondo del flujo durante su movimiento valle abajo y que se depositaron a través del colchón, de aire sobre el cual el flujo se desplazó.

En la base del tufo que aflora en el cerro Pacar, capas de tufo ocurren sólo a sotavento en un pequeño afloramiento sobre la roca infrayacente. Esto sugiere que si las capas de tufo resultaron de las fases tempranas de la erupción y fueron depositadas por caída al aire libre sobre la región cuando el flujo principal de erupción se deslizó hacia abajo sobre el valle del río Fortaleza, barrió el tufo excepto aquel protegido por montículos en la roca base. Si el tufo fue depositado por decantamiento desde el flujo principal a través del colchón de aire infrayacente, entonces pudo haber sido barrido de la misma forma cuando el cuerpo principal de ignimbrita se depositó sobre la superficie ya que en ese momento continuaba desplazándose hacia abajo, alternativamente los tufos pudieron haberse depositado como remolinos alrededor de montículos de la roca base con el colchón de aire debajo del cuerpo principal de ignimbrita.

## **2.5 Tectónica.**

Los eventos tectónicos que se han dado modelaron los drenajes y han controlado la línea de costa. La mayor parte de las fracturas son sub-verticales y tienen rumbos: NO-SE, NE-SO, N-S, E-O. Un número menor son sub-horizontales.

Las fracturas con estas orientaciones son posteriores a los intrusivos más recientes del Batolito Costanero, pero muchas de ellas son más antiguas y reflejan por lo tanto, sistemas de esfuerzos más antiguos. Estos últimos sistemas de esfuerzos anteceden a la intrusión del Batolito Costanero ya que estas juntas son paralelas a los contactos de los plutones del batolito los que a su vez son paralelos en otra línea de ruptura. Muchas fracturas principales son zonas de caolinización, las que probablemente son rasgos tardíos del Batolito Costanero e indican que estas fracturas se formaron durante una etapa tardía de la consolidación del batolito.

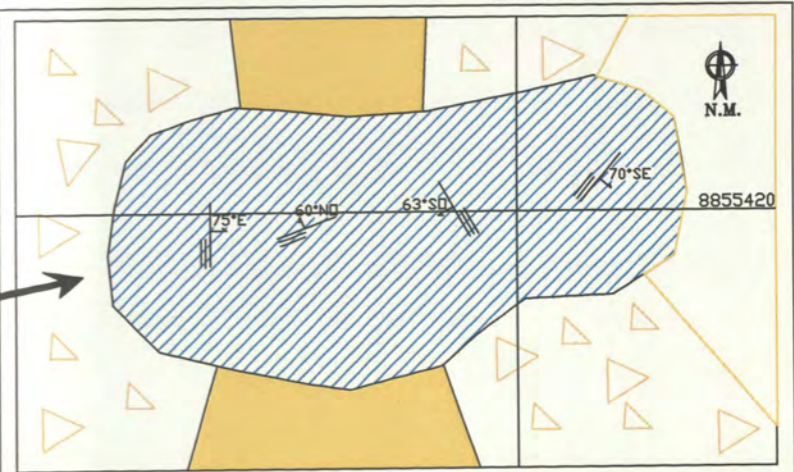
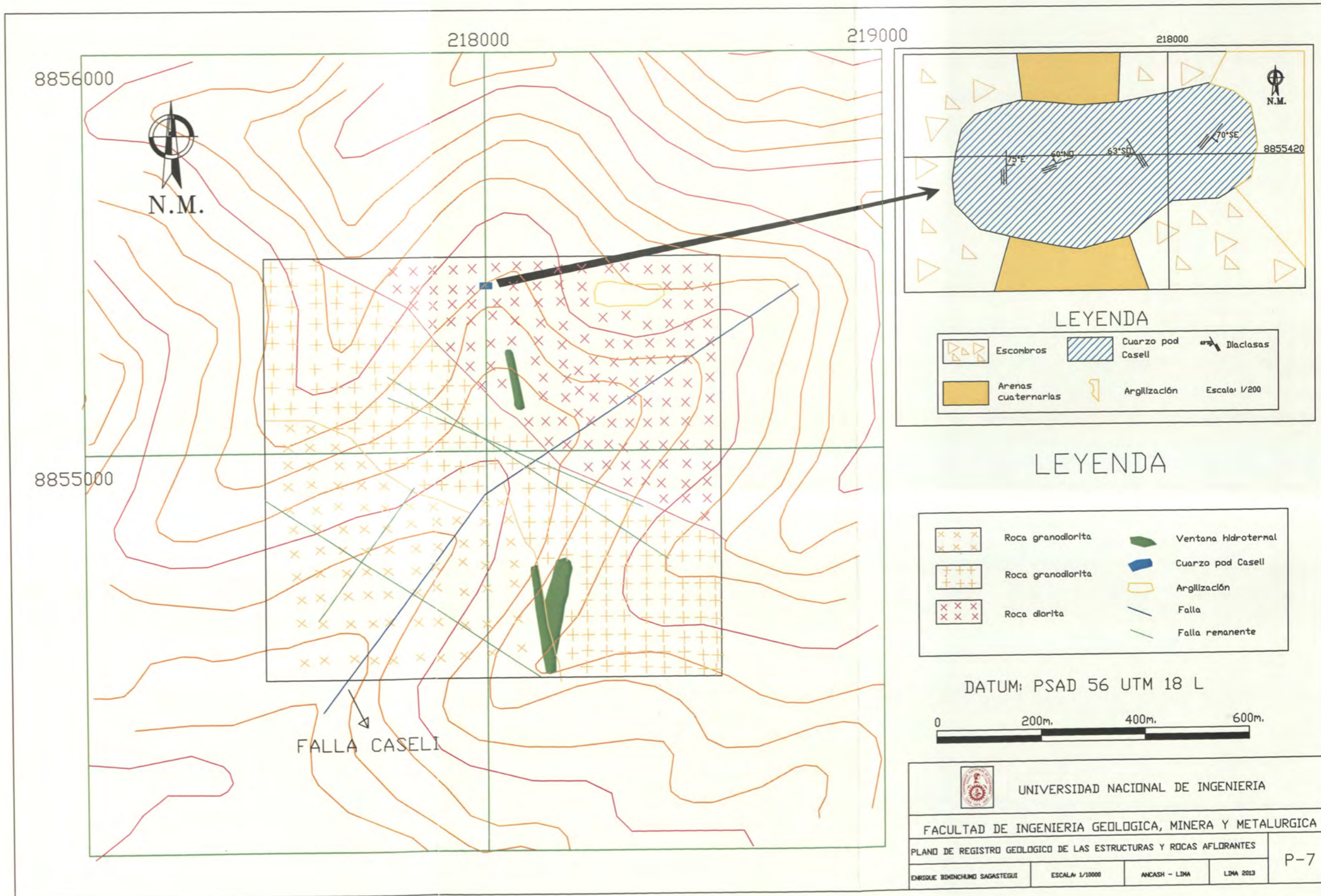
Solamente un número pequeño de fallas se encuentran en la región y estas se localizan en la esquina SE del cuadrángulo de Huayllapampa. La quebrada Corotanca, al SE de Colquioc, se encuentra a lo largo de una falla transcurrente vertical con rumbo NO-SE. La falla es de sentido sinextral, y ha desplazado a los plutones Vindoc y Shillancayoc de la unidad San Jerónimo por una distancia horizontal de 3 kilómetros. Dos fallas subsidiarias se hallan en su lado NE. El movimiento de la falla se extinguió al NO de Colquioc convirtiéndose en una zona de fractura marcada por caolinización, que se extiende a través del río Fortaleza, pasando por Hornillos y por la parte superior de la quebrada Acuas.

Una falla normal sub-vertical al norte de Parapaco y Copa, tiene un salto vertical grande y pone en contacto a volcánicos en el lado norte contra el complejo Patap al lado sur, se extiende hacia el este, al cuadrángulo de Chiquián, donde se une con la falla que corre por la quebrada Corotanca, con la cual puede estar asociada como una falla subsidiaria.

La tercera falla de la región se extiende a lo largo de la quebrada La Rinconada. Es una falla transcurrente (de rumbo), sub-vertical, con desplazamiento horizontal dextral de 1.7 kilómetros y muestra una zona de caolinización. Se extiende al SO, al cuadrángulo de Barranca, donde fallas paralelas y similares son muy numerosas.

En la figura P-2 se han graficado los rasgos estructurales más notorios y la relación con los ríos y quebradas que estos presentan.

(\*) Texto tomado de: Johns S. Myers. 1980; Geología de los Cuadrángulos de Huarmey y Huayllapampa, Hojas 21-g y 21-h, Boletín 33, Serie A, Carta Geológica Nacional Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.



LEYENDA

	Escombros		Cuarzo pod Casell		Diaclasas
	Arenas cuaternarias		Argillización	Escala: 1/200	

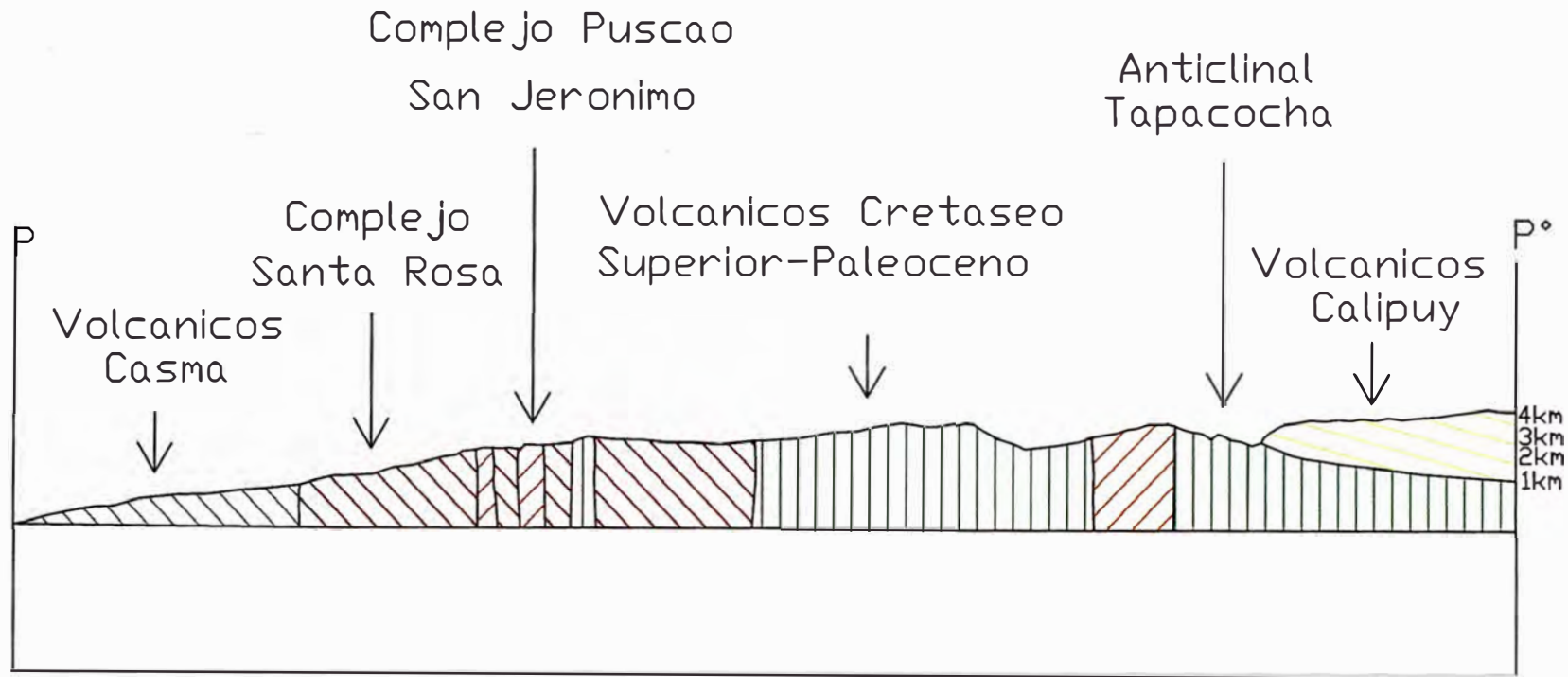
LEYENDA

	Roca granodiorita		Ventana hidrotermal
	Roca granodiorita		Cuarzo pod Casell
	Roca diorita		Argillización
			Falla
			Falla remanente






DATUM: PSAD 56 UTM 18 L



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**  
 PLANO DE REGISTRO GEOLOGICO DE LAS ESTRUCTURAS Y ROCAS AFLORANTES  
 ENRIQUE BIMENCHIMO SAGASTEGUI    ESCALA: 1/10000    ANCASH - LIMA    LIMA 2013    P-7



## LEYENDA

	Volcanicos Calipuy		Complejo Puscao San Jeronimo
	Volcanicos Cretaseo Superior-Paleoceno		Complejo Santa Rosa
	Volcanicos Casma		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

SECCION DEL ENTORNO DIVIMIN P-P°

ENRIQUE BOMBACHINO SAGASTEGUI

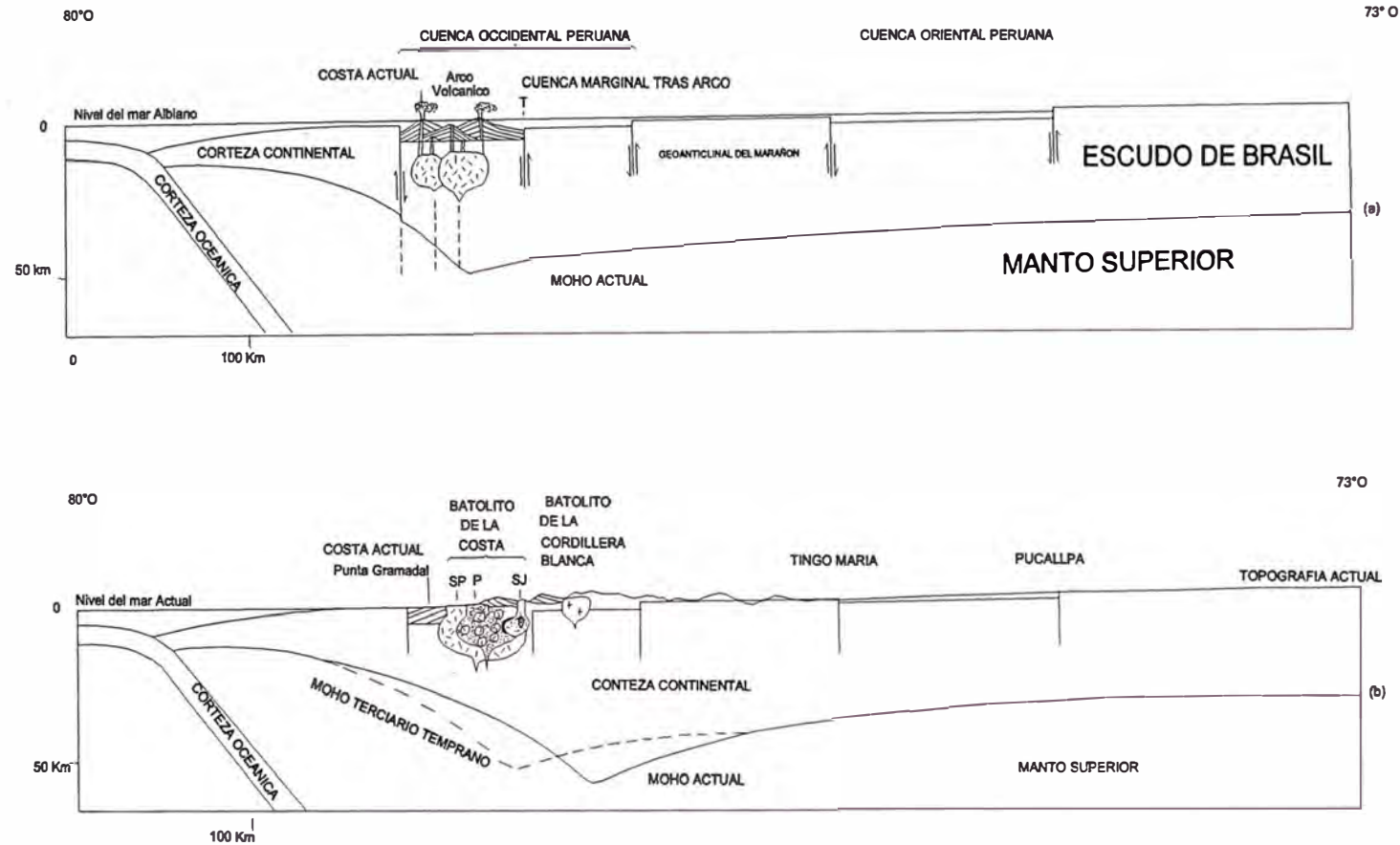
ESCALA 1/40000

ANCASH - LIMA

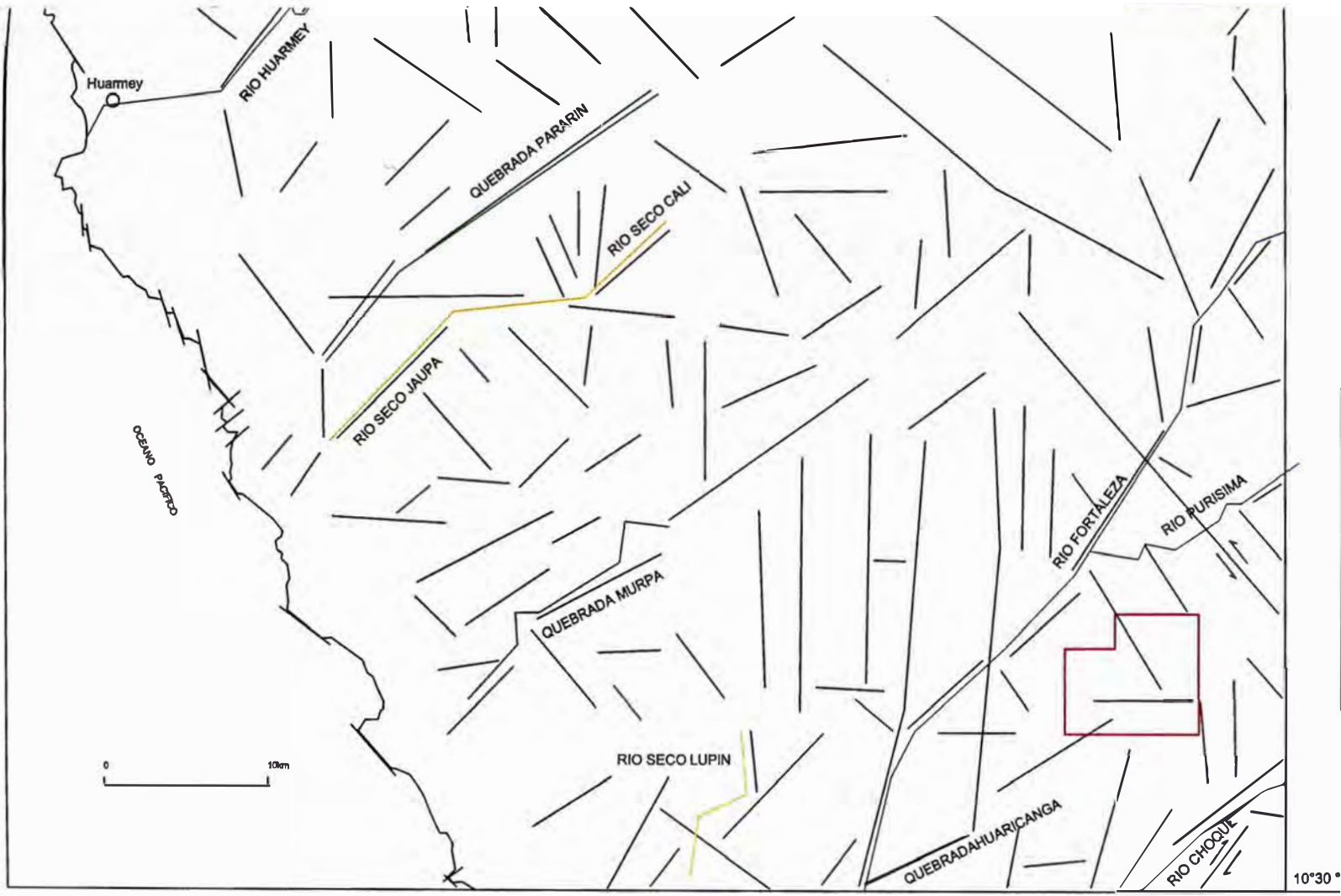
LIMA 2013

PER-1

## SECCION GEOLOGICA S-1



Secciones geológicas a través del Perú pasando por los cuadrángulos de Huarmey y Huayllapampa y que muestran las estructuras principales ocurridas desde el Cretaceo medio al presente. La sección (a) muestra los movimientos de bloques, desde el Valanginiano hasta el Senoniano así como la erupción de los volcánicos del Grupo Casma sobre el Batolito Costanero ascendente. Las divisiones de la Cuenca Occidental Peruana son las facies Arco volcánico y cuenca marginal Tras Arco, con el eje del sistema Tapacocha (T). En la sección (b) las divisiones del Batolito Costanero son: SR= complejo tonalítico Santa Rosa, P= unidad granítica Puscao y SJ= unidad granítica San Jerónimo. EL grosor de la corteza actual es según James (1971)\* y la geología superficial de la sección (a) es según Wilson (1963)\* y Myers (1974)\*



LEYENDA

	RIO
	QUEBRADA
	RIO SECO
	FRACTURAS Y FALLAS
	LIMITE DIVIMIN



10°30'

77°30'



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

PLANO SIMPLIFICADO DE LAS PRINCIPALES FALLAS Y FRACTURAS

PLANO TOMADO DEL BOLETIN 23 CUADRIANGULO HUARMAY HUAYLLAPAMA, INDEMET

ANCASH - LIMA

LIMA 2013

## **CAPITULO 3**

### **GEOLOGIA DISTRITAL**

#### **3.1 Geología estructural.**

##### **3.1.1 Geología estructural de la concesión de S.M.R.L. Divimín III.**

Encontramos a nivel distrital estructuras mayores y menores, las orientaciones de rumbo de estas estructuras son: NS, NO, NE, NNO, NNE; ambas estructuras mayores y menores han sido usadas en distinto grado por los fluidos hidrotermales para su emplazamiento.

#### **a) Estructuras Mayores.**

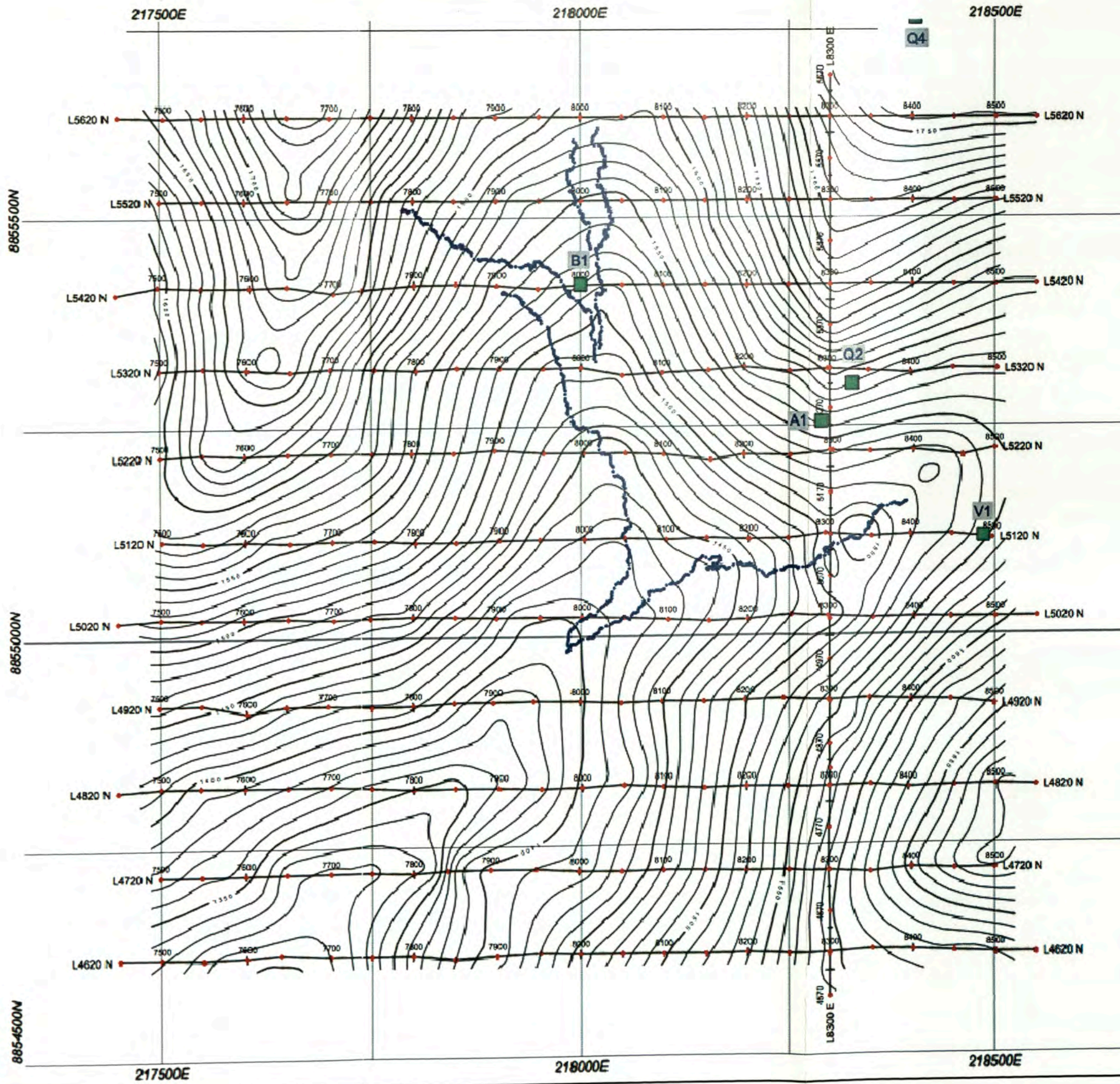
Existen fallas de primer y segundo orden, son fallas normales, la presencia de gran bolonería y abundante material cuaternario hace difícil una descripción detallada, pero las evidencias que se pueden observar son suficientes para registrarlas y describirlas como fallas normales, algunas de estas fallas se encuentran activas, en la figura P-3 se grafican sus ubicaciones.

#### **Fallas de primer orden.**

Sus rumbos son NO, para nuestro caso son de kilómetros de longitud y en gran número atraviesan la concesión, algunas sólo llegan a la parte central, estas fallas de primer orden son paralelas a sub-paralelas entre ellas y están descritas a continuación.




MAPA BASE  
CONTORNOS TOPOGRAFICOS Y LINEAS DE ESTUDIO



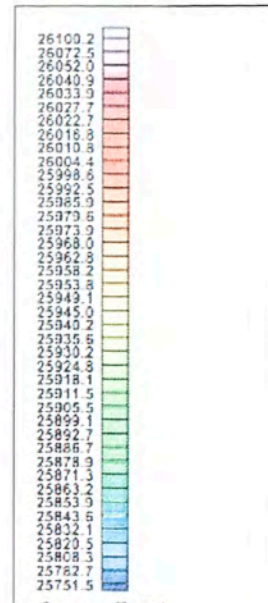
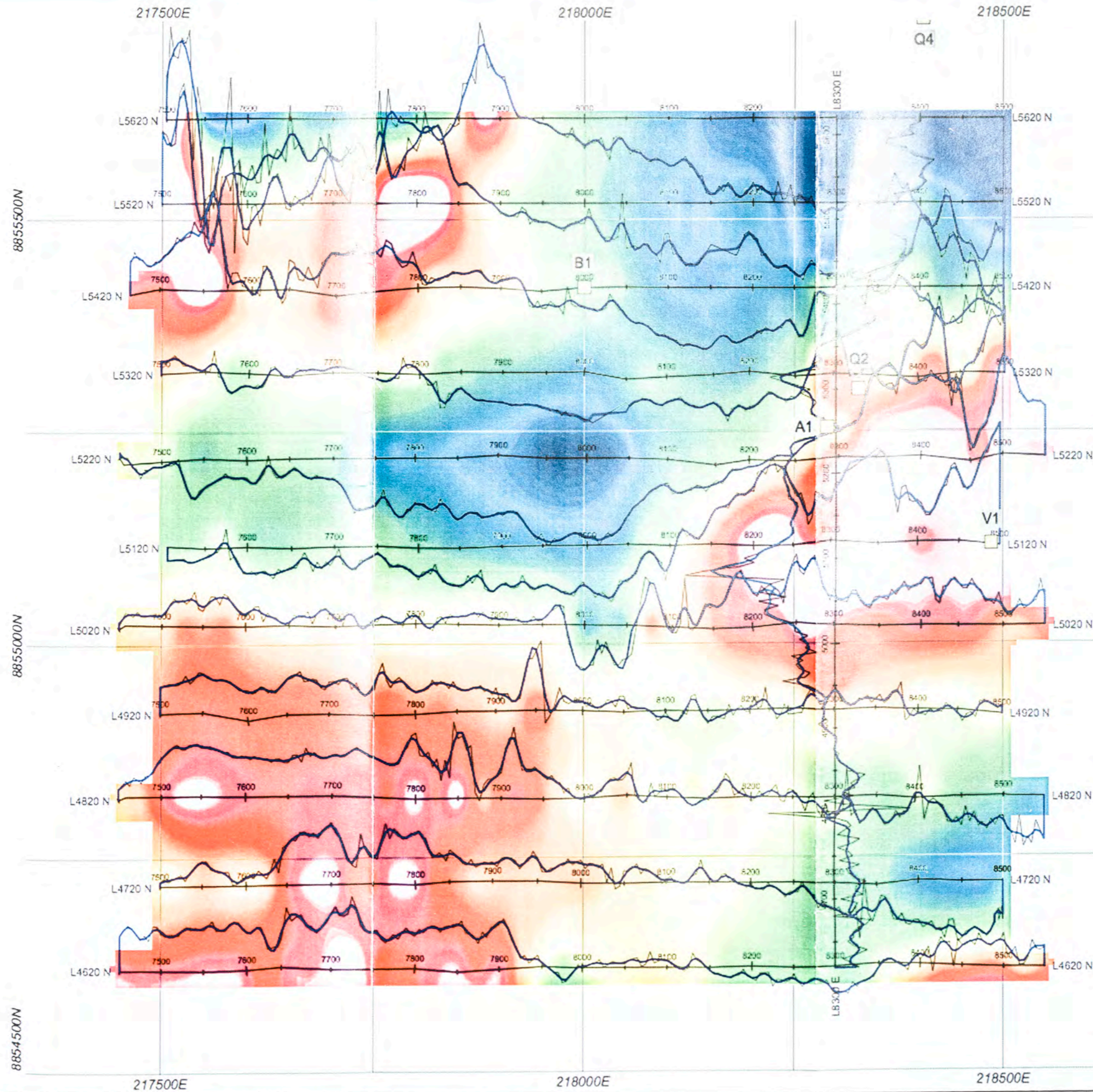
INTERVALOS CONTORNO (m)  
 — 25m  
 — 100m

LEYENDA  
 — Quebradas  
 ● Estacion Gps  
 ■ Muestras

DATUM PSAD 56 UTM 18 L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		FIGURA 1A
	MAPA BASE PROYECTO DIVIMIN II		LIMA 2013
VIG DEL PERU SAC	ESCALA 1/2500	ANKASHI - LIMA	LIMA 2013

ESTUDIO DE MAGNETOMETRIA  
CAMPO TOTAL MAGNETICO (GRID Y PERFILES MAGNETICOS)



Campo Total  
(nanoTesla)

PERFILES  
Base: 25,938nT  
Escala: 100nT/cm  
Filtro: Low-pass (fid.:5)

MODELO IGRF  
Declinacion: -0.55°  
Inclinacion: 3.62°  
Intensidad: 26017.87 nT

■ Muestras

DATUM PSAD 56 UTM 18 L

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA	FIGURA 2A
		LIMA 2013
VSG DEL PERU SAC	ESCALA 1/5000	ANCASH - LIMA

Estas fallas regionales son:

En el extremo NE de la propiedad minera tenemos a la falla que da origen a la quebrada San Marcos, que es usada como acceso a la concesión, el movimiento que registra es dextral, aun está activa, la evidencia de esta actividad la vemos en las fallas remanentes que generan en su entorno, estas fallas remanentes presentan material cuaternario alineado paralelamente a la falla regional.

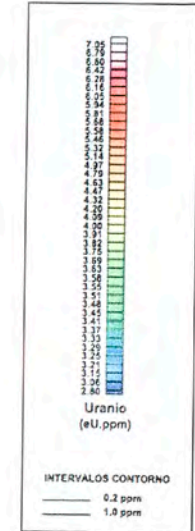
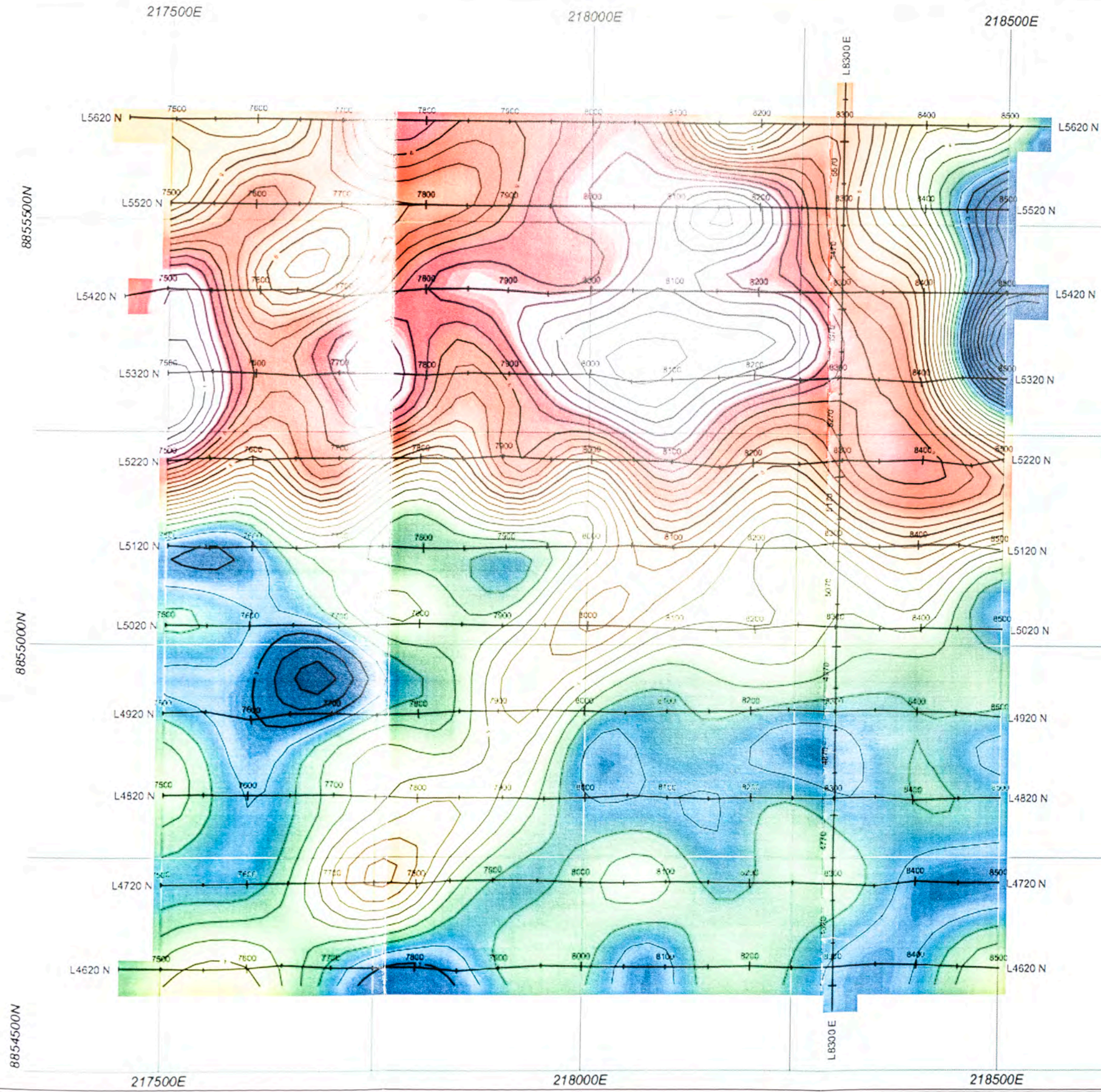
Al ubicarnos en el extremo SE de la concesión, tenemos fallas que ingresan al terreno del prospecto Divimín, que unen al pórfido Cu-Mo Copérnico con el IOCG Divimín. Estas tres fallas que también son de varios kilómetros de longitud, llegan hasta la parte central de la concesión, las estructuras presentan movimientos dextrales con un bloque hundido de coordenadas referenciales: E: 220000; N: 8849500; en Datum Psad 56, UTM Zona 18 L.

Hacia el extremo SO del área en estudio se encuentra la falla que da origen a la quebrada Dos Corazones, esta falla relaciona estructuralmente al estrato volcán Señal Cerro Negro con la propiedad minera, el movimiento de esta falla es dextral.


#### **Fallas de segundo orden.**

Son fallas de rumbo diverso NNO, NNE, NE, NO, NS, EO; estas fallas tienen longitudes de centenares de metros y la mayor parte llegan a medir kilómetros, las ventanas hidrotermales que existen están alineadas a las orientaciones que presentan estas fallas, si bien las 5000 hectáreas de Divimín están influenciadas por estas fallas, podemos según la forma como estas han sido aprovechadas para que los fluidos hidrotermales se emplacen, dividir en dos sectores el prospecto minero Divimín: Sector 1 y Sector 2; en la figura P-4 esbozamos las áreas de influencia.

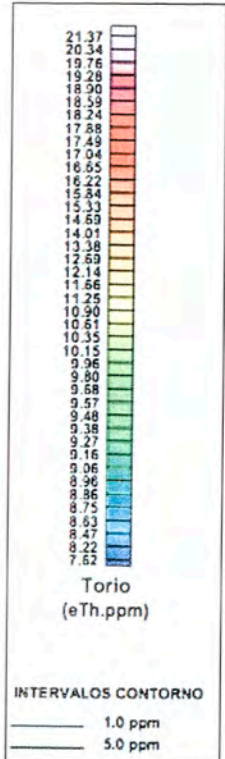
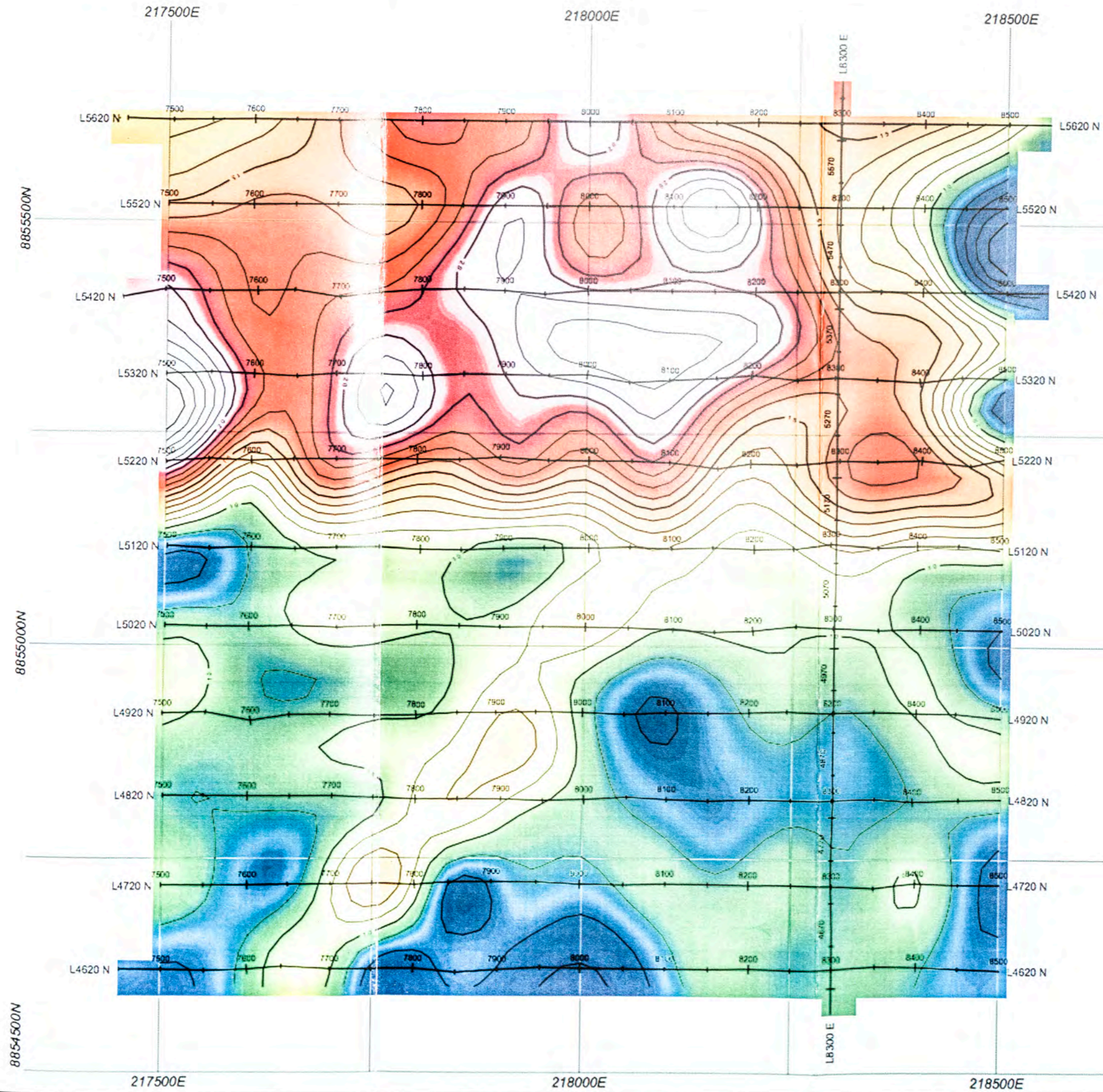
ESPECTROMETRIA DE RADIACION GAMMA  
URANIO (PPM)



DATUM PSAD 56 UTM 18 L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		FIGURA 3A
	ESPECTROMETRIA PROYECTO DIVIMIN II		LIMA 2013
	VIG DEL PERU SAC	ESCALA: 1/5000	ANCASH - LIMA

ESPECTROMETRIA DE RADIACION GAMMA  
TORIO (PPM)



DATUM PSAD 56 UTM 18 L

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FIGURA 3B LIMA 2013
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA	
	ESPECTROMETRIA PROYECTO DIVIMIN II	
VIG DEL PERU SAC	ESCALA 1/2000	ANKASH - LIMA

**Sector 1.**

En el Sector 1 tenemos a las concesiones: Divimín, el sector nor-oeste de Divimín IV y Divimín V; este sector 1 respecto al Sector 2, es un sector de pocas evidencias de movimientos tectónicos y emplazamiento de fluidos hidrotermales, podemos identificar hasta 5 fallas importantes con rumbos NS, NNO y NE; notamos que en este sector tenemos una falla activa en la cual se puede apreciar material cuaternario alineado a su rumbo, las coordenadas referenciales de la falla son: E: 215100; N: 8853000, en Datum Psad 56, UTM zona 18 L.

**Sector 2.**

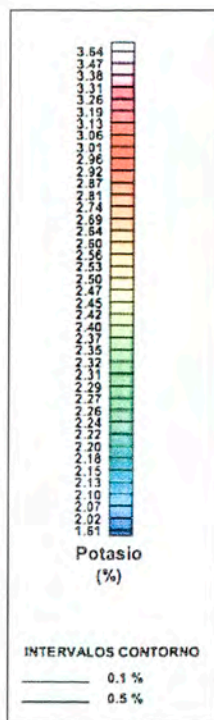
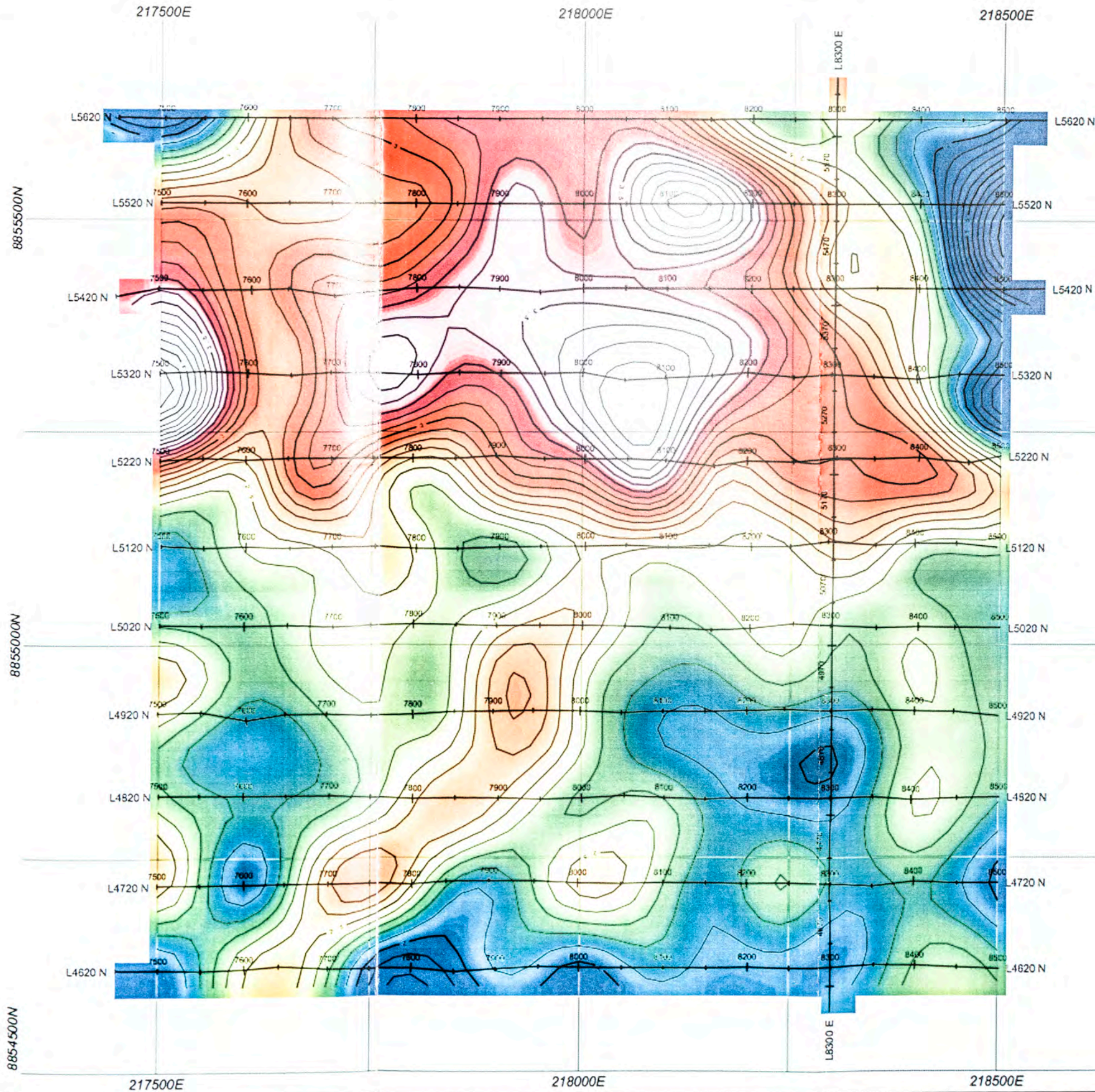
El Sector 2 en el que se encuentran: Divimín I, Divimín II, Divimín III y parte de Divimín IV; es un sector en el que podemos ver una actividad tectónica muy intensa, vemos que las estructuras tienen rumbos NS, NNE, NNO, NE, NO, EO.

En este sector se presenta la confluencia de muchas fallas, así como también de muchas ventanas hidrotermales, el movimiento tectónico es tan intenso que el bloque ubicado en la parte central de esta área muestra un desplazamiento hacia el norte dejando una hondonada en su lado sur, hacia la zona NNE del bloque movido que indicamos y relacionado a la falla Caseli de rumbo NNE que cruza en este sector, se encuentra el cuarzo pod Caseli, la falla Caseli atraviesa toda la concesión uniéndolo el afloramiento que propongo como rocas de la Formación Fortaleza? que están al sur y fuera de la propiedad minera de S.M.R.L. Divimín III, con las rocas del Batolito de la Costa que están en la propiedad minera de S.M.R.L. Divimín III, las coordenadas referenciales de la falla Caseli son: E: 217000; N: 8853500; en Datum Psad 56, UTM zona 18 L.

**b) Estructuras menores.**

Tenemos diaclasas, que contienen alteraciones hidrotermales como argilización (por lo general laumontita), epidotización, silicificación; estas son las alteraciones más abundantes.

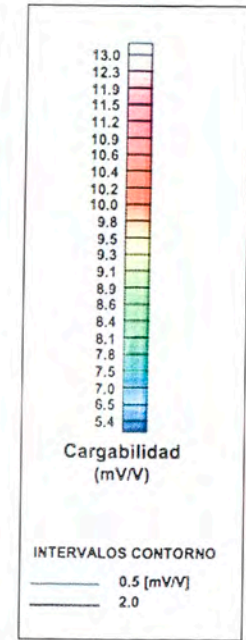
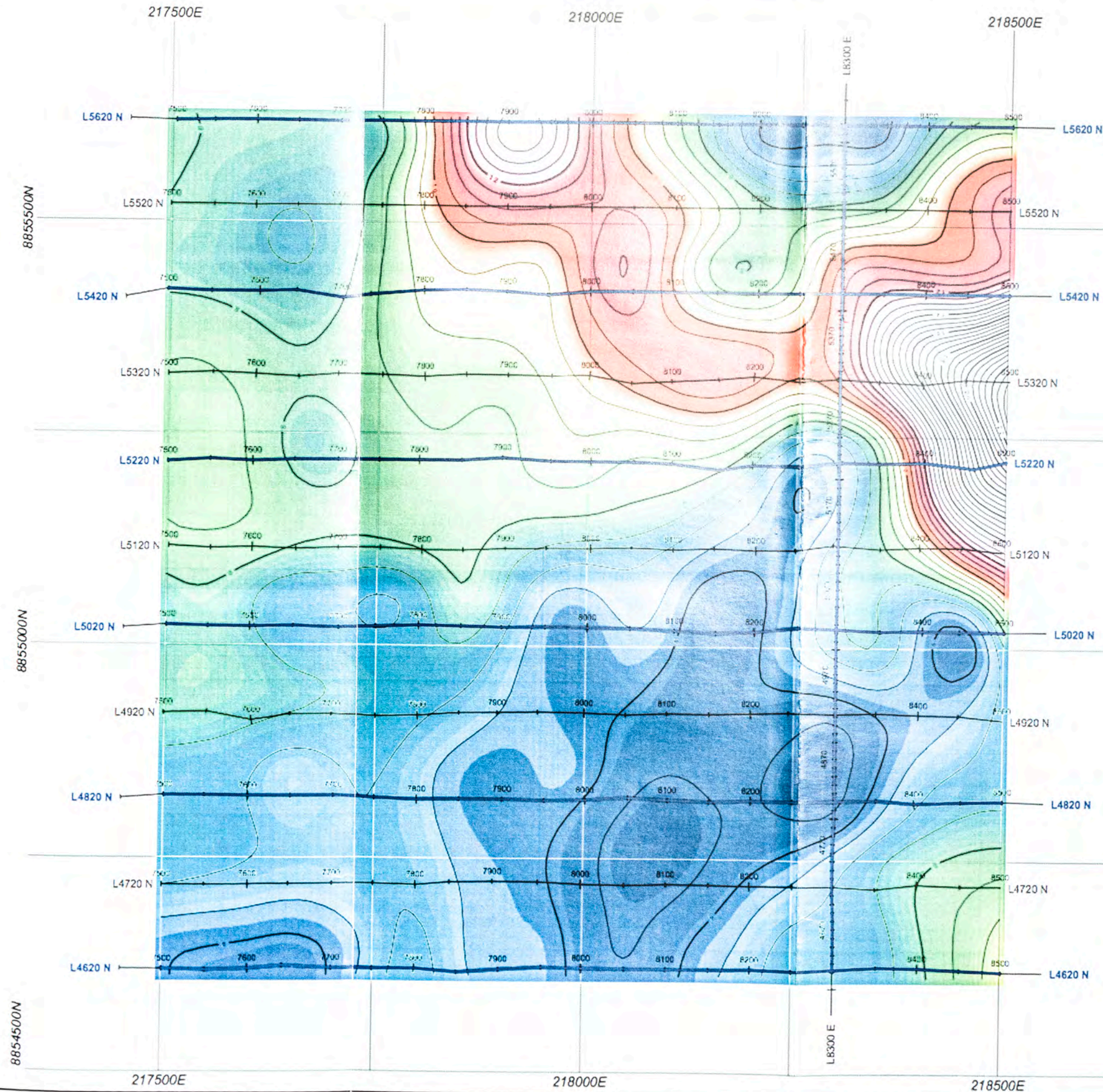
ESPECTROMETRIA DE RADIAACION GAMMA  
POTASIO (%)



DATUM PSAD 56 UTM 18 L

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA	FIGURA 3C
VIA DEL PERU SAC	ESCALA 1/5000	ANKASH - LIMA
		LIMA 2013

ESTUDIO DE POLARIZACION INDUCIDA  
CONTORNOS DE CARGABILIDAD (Prof. 50 m.)

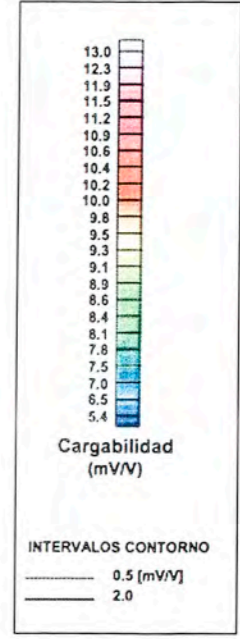
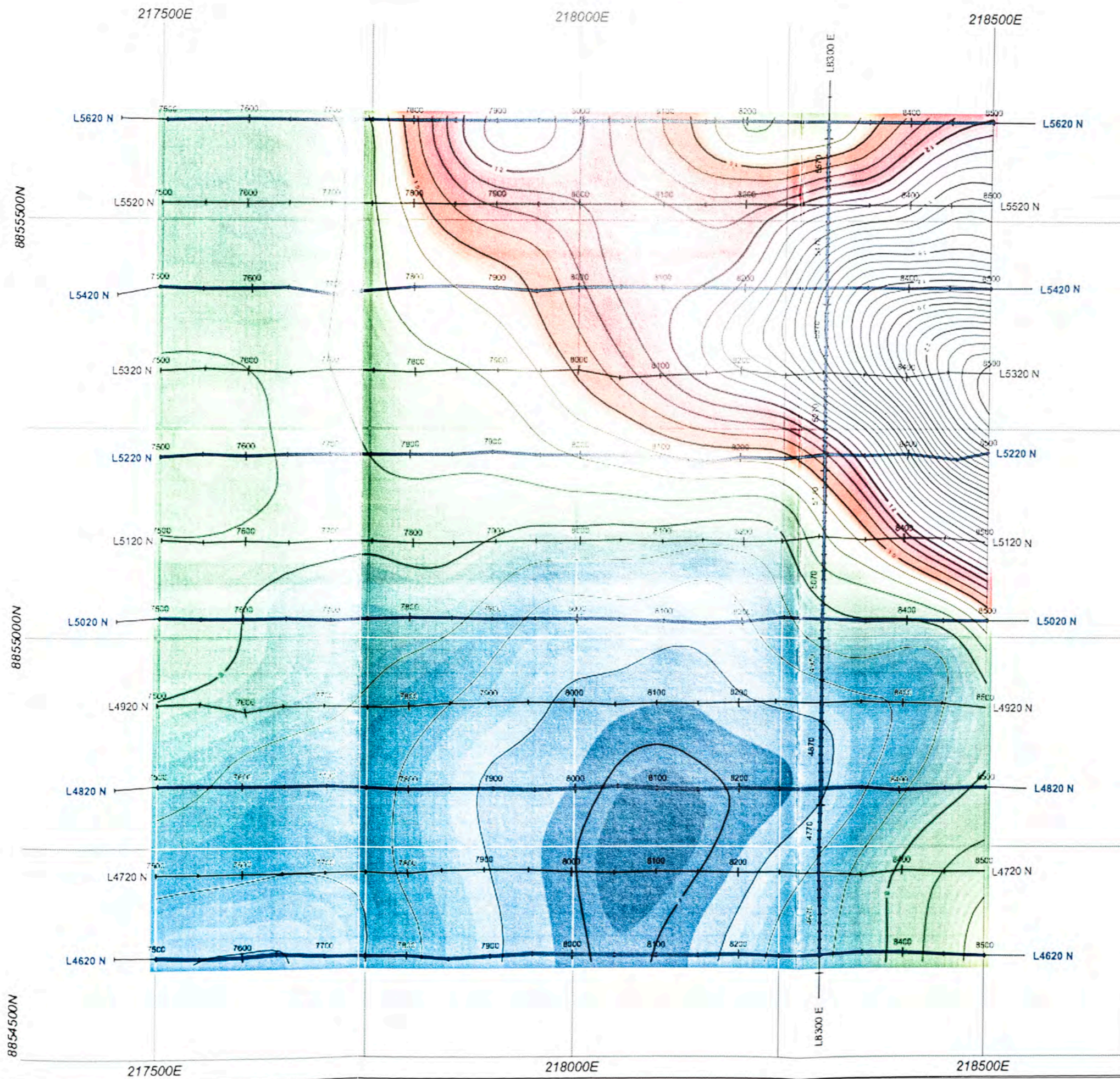


DATUM PSAD 56 UTM ZONA 18 L


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FIGURA 4A
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA	LIMA 2013
	POLARIZACION INDUCIDA PROYECTO DIVIMIN II	ANCASH - LIMA
	ESCALA 1/5000	
	VIG DEL PERU SAC	



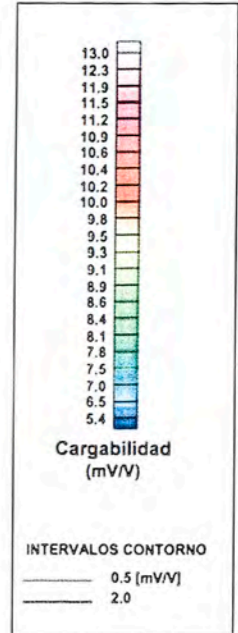
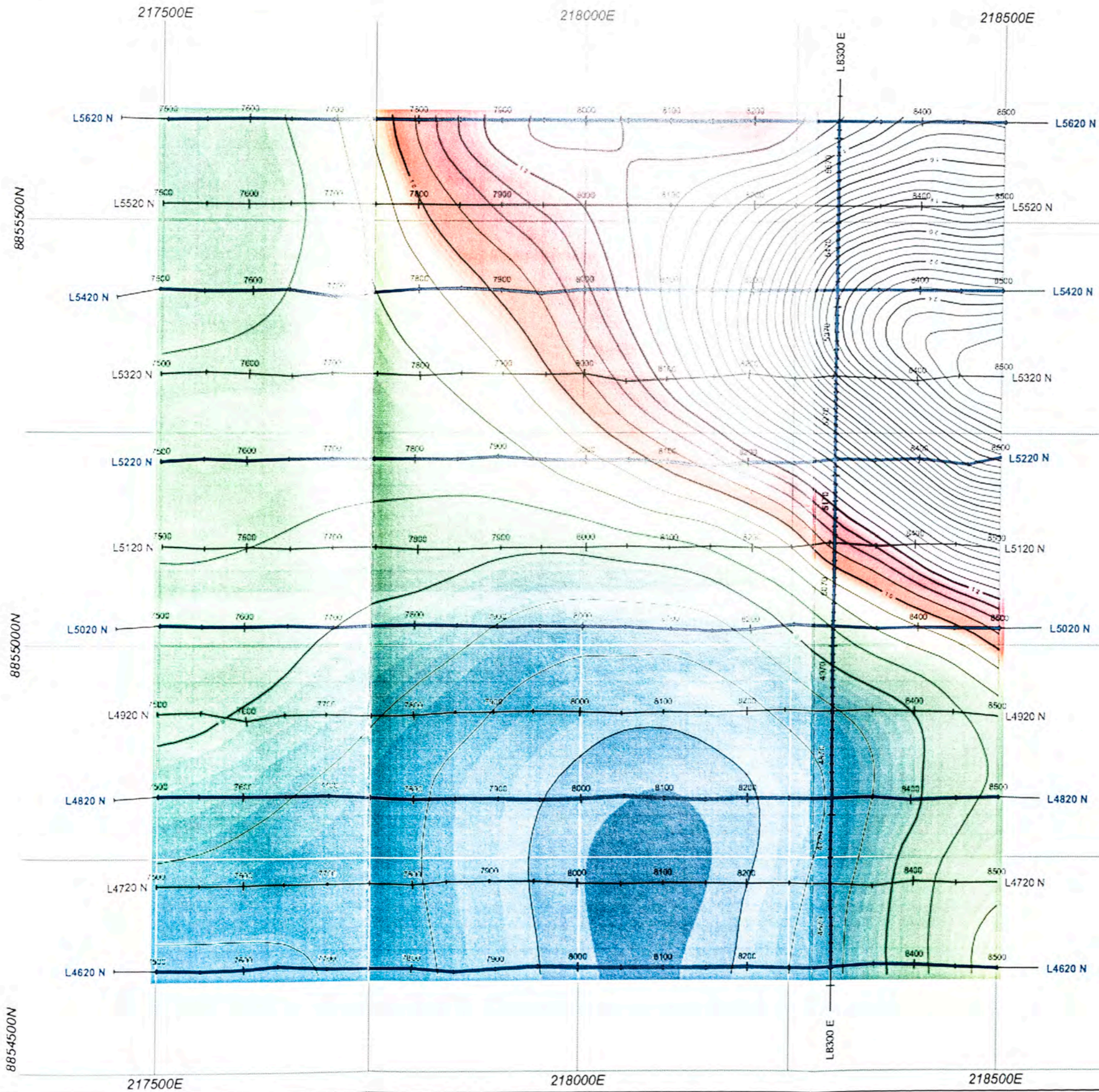
ESTUDIO DE POLARIZACION INDUCIDA  
CONTORNOS DE CARGABILIDAD (Prof. 100 m.)




DATUM PSAD 56 UTM 18 L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		FIGURA 4B
	POLARIZACION INDUCIDA PROYECTO DIVIMIN II		LIMA 2013
	VIRE DEL PERU SAC	ESCALA 1/5000	ANCASH - LIMA

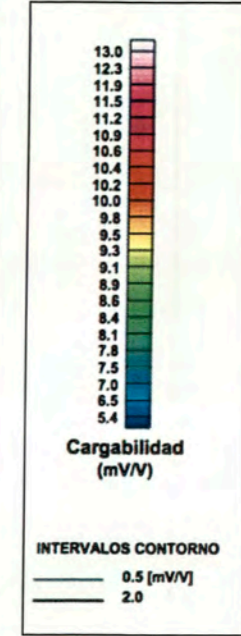
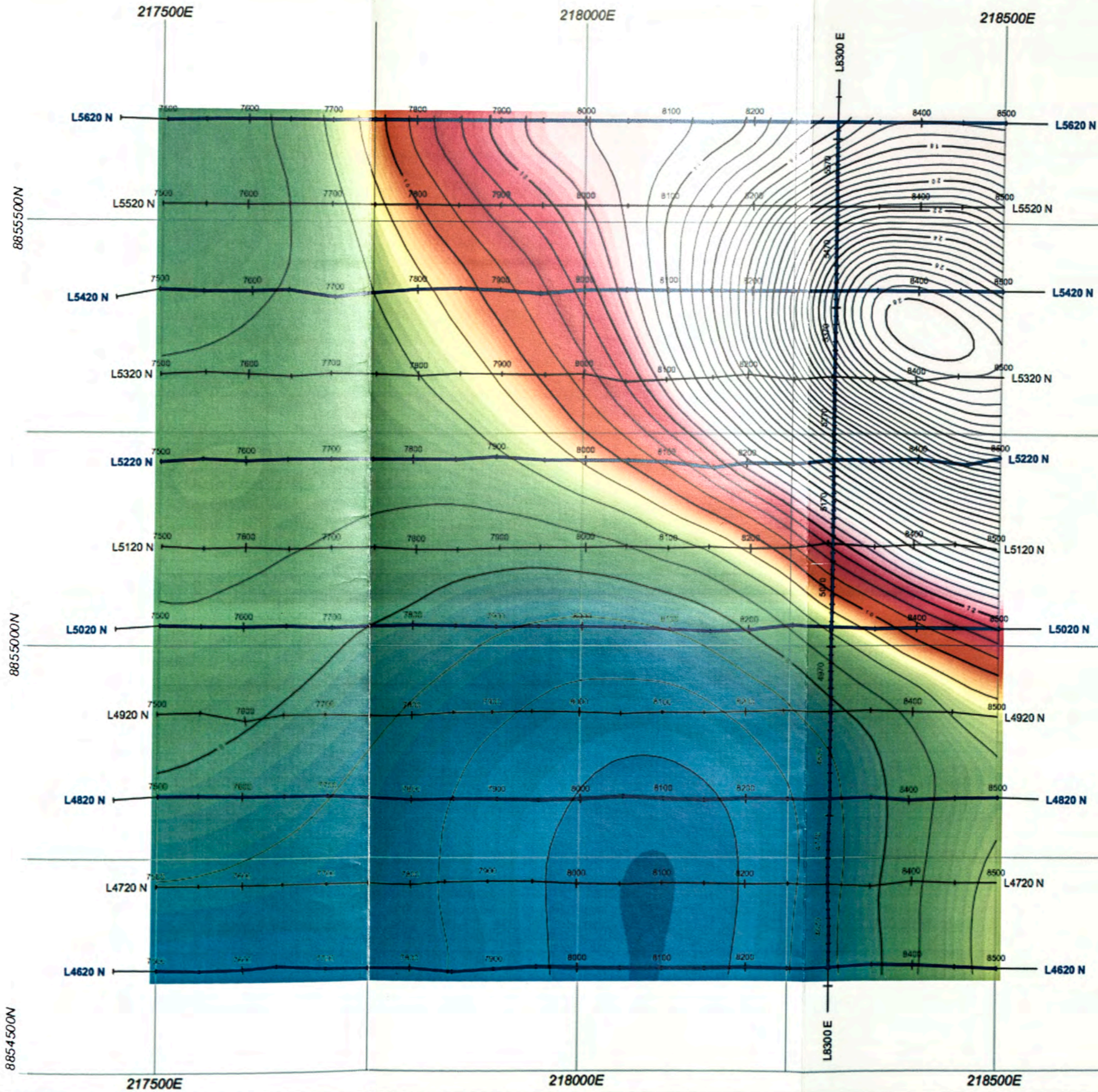
ESTUDIO DE POLARIZACION INDUCIDA  
CONTORNOS DE CARGABILIDAD (Prof. 150 m.)




DATUM PSAD 56 UTM 18 L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		FIGURA 4C
	POLARIZACION INDUCIDA PROYECTO DIVIMIN II		LIMA 2013
VIG DEL PERU SAC	ESCALA: 1/5000	ANCASH - LIMA	

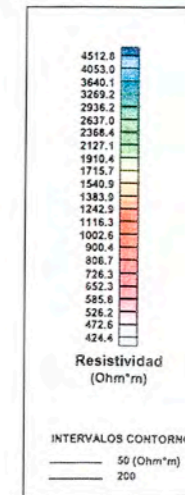
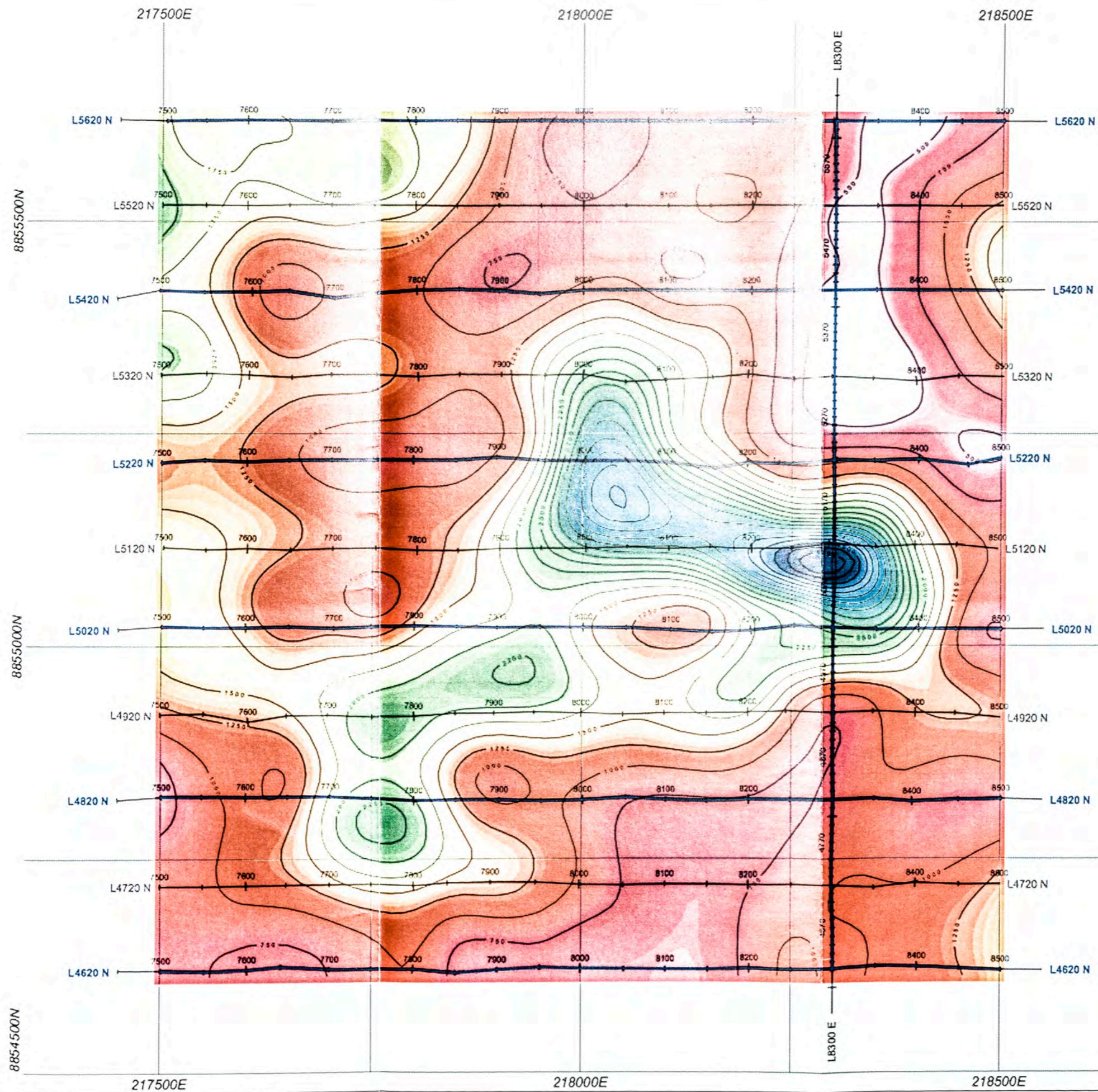
ESTUDIO DE POLARIZACION INDUCIDA  
CONTORNOS DE CARGABILIDAD (Prof. 200 m.)




DATUM PSAD 56 UTM 18 L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		FIGURA 4D
	POLARIZACION INDUCIDA PROYECTO DIVIMIN II		LIMA 2013
VIGI DEL PDSU SAC	ESCALA 1/3000	ANCASH - LIMA	

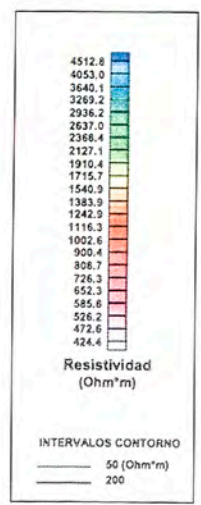
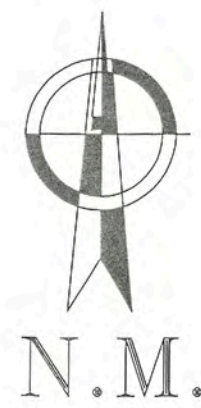
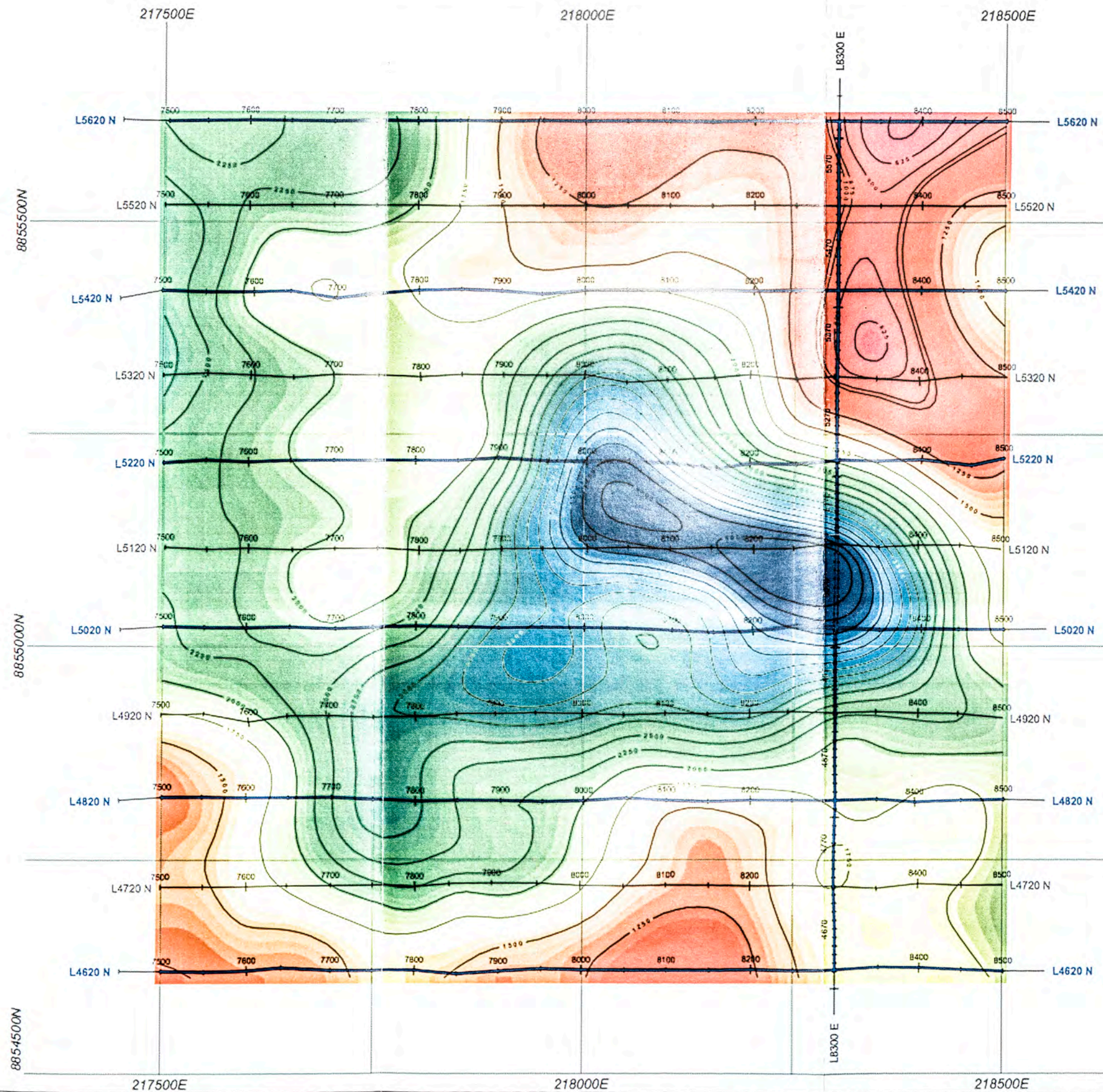
**ESTUDIO DE POLARIZACION INDUCIDA  
CONTORNOS DE RESISTIVIDAD (Prof. 50 m.)**




DATUM PSAD 56 UTM 18 L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		FIGURA 5A
	POLARIZACION INDUCIDA PROYECTO DIVIMIN II		LIMA 2013
VIG DEL PERU SAC	ESCALA: 1/5000	ANCASH - LIMA	LIMA 2013

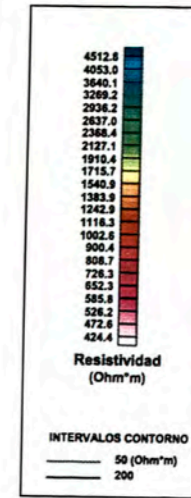
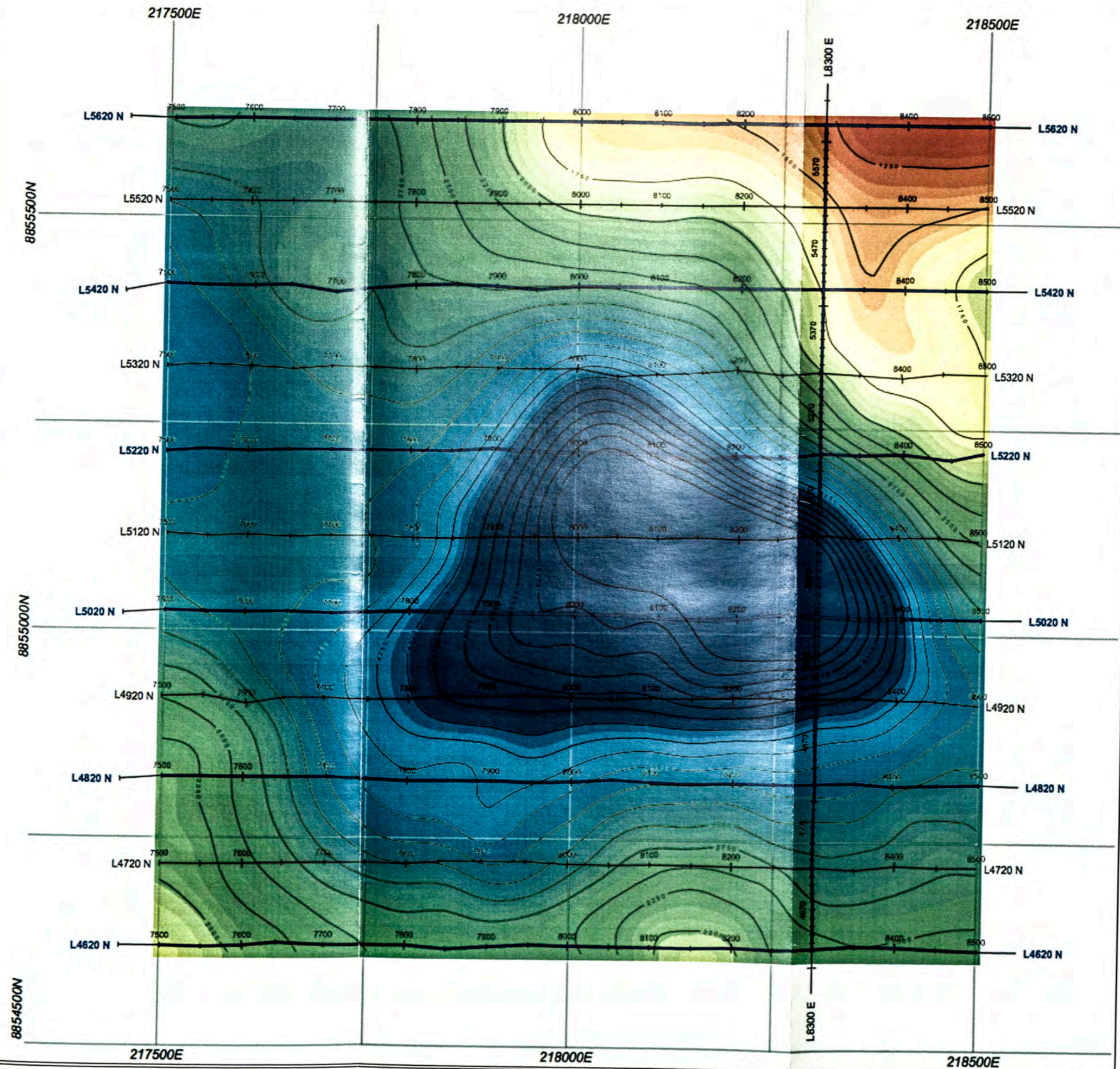
ESTUDIO DE POLARIZACION INDUCIDA  
CONTORNOS DE RESISTIVIDAD (Prof. 100 m.)



DATUM PSAD 56 UTM 18 L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		FIGURA 5B
	POLARIZACION INDUCIDA PROYECTO DIVIMIN II		LIMA 2013
VIG DEL PERU SAC	ESCALA 1/5000	ANKASH - LIMA	LIMA 2013

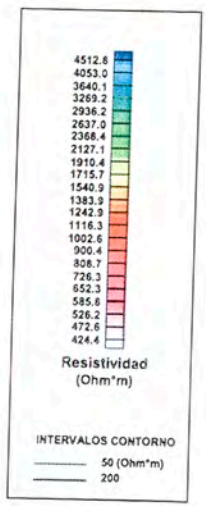
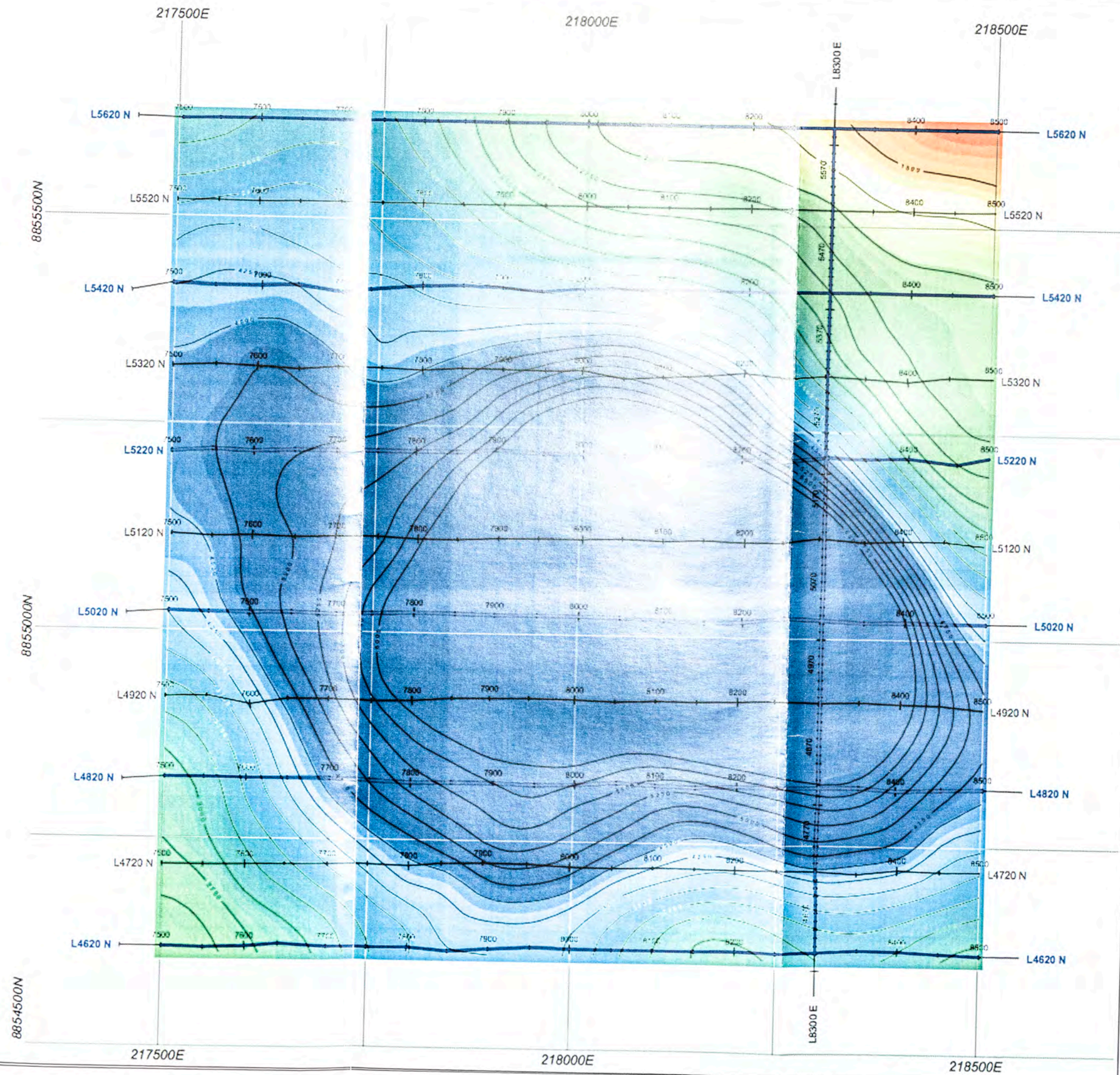
**ESTUDIO DE POLARIZACION INDUCIDA  
CONTORNOS DE RESISTIVIDAD (Prof. 150 m.)**



DATUM PSAD 56 UTM 18 L

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA	
VRS DEL PERU SAC	ESCALA 1/5000	ANCAASH - LIMA	FIGURA 5C
		LIMA 2013	

ESTUDIO DE POLARIZACION INDUCIDA  
CONTORNOS DE RESISTIVIDAD (Prof. 200 m.)



DATUM PSAD 56 UTM 18 L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA POLARIZACION INDUCIDA PROYECTO DIVIMIN II	FIGURA 5D
		LIMA 2013
VIG DEL PERU SAC	ESCALA 1/5000	ANKASH - LIMA

Las orientaciones que presentan son NS, EO; por la cobertura del material cuaternario que existe en el terreno no es posible un detalle mayor de las orientaciones de estas diaclasas.

### **3.1.2 Geología estructural del cuarzo pod Caseli y de zona de influencia.**

El cuarzo pod Caseli está ubicado en el sector 2, yo seleccioné un kilómetro cuadrado como zona de influencia de este cuarzo, la geología de este kilómetro cuadrado se ha graficado en el plano figura P-7, en esta área tenemos: fallas de segundo orden, fallas remanentes y diaclasamiento del cuarzo pod Caseli.

#### **a) Falla de segundo orden.**

Esta es la falla Caseli graficada en las figuras: P-3 y P-7, esta es una falla normal, sinextral, actualmente se encuentra activa, en el kilómetro cuadrado seleccionado la falla cambia de rumbo, presentando dos rumbos distintos relacionados al tipo de roca y a la presencia de mineralización en el cuarzo pod.

Los rumbos de esta falla son:

Rumbo: N38°E, ingresa con este rumbo al área de estudio desde la coordenada referencial E: 217450; N: 8854200; y mantiene la dirección de su rumbo hasta la coordenada referencial E: 218000; N: 8854900; el cambio de rumbo de esta falla se produce en el cambio litológico del afloramiento y también cerca al cambio de la cargabilidad del cuarzo pod Caseli, siendo las granodioritas ubicadas entre estas coordenadas rocas con menor contenido de ferromagnesianos y cristales de cuarzo de mayor tamaño respecto a las granodioritas ubicadas al norte de la coordenada referencial E: 218000; N: 8854900, coordenadas en Datum Psad 56, UTM zona 18 L.

Rumbo N57°E, desde la coordenada referencial E: 218000; N: 8854900 mantiene su rumbo hasta la coordenada referencial E: 218600; N: 8855300, en este sector la falla cruza los



afloramientos de granodiorita oscura y diorita, y está relacionada a la alta cargabilidad del cuarzo pod Caseli, las coordenadas están en Datum Psad 56, UTM zona 18 L.

#### **b) Fallas remanentes.**

Tenemos fallas remanentes relacionadas a fallas de primer orden y a la falla de segundo orden, estas fallas están dibujadas en la figura P-7.

#### **Fallas remanentes a las fallas de primer orden.**

Son fallas remanentes relacionadas a las fallas que dan origen a la quebrada San Marcos.

Los rumbos que presentan son:

Rumbo: N56°O, son fallas que van a lo largo de los afloramiento de las granodioritas, estas fallas remanentes se ubican en las coordenadas referenciales E: 218000; N: 8854400 (granodioritas claras) y E: 218000; N: 8855000 (granodioritas con mayor contenido de ferromagnesianos), las coordenadas están en Datum Psad 56; zona 18 L.

Rumbo: N67°O, esta falla atraviesa el afloramiento de granodioritas oscuras de coordenada referencial E: 218000; N: 8855000 en Datum Psad 56, UTM zona 18 L. Este afloramiento tiene forma de un gran dique con orientación aproximada N45°O, podemos ver que el afloramiento es de granodioritas ricas en ferromagnesianos.

#### **Fallas remanente a las fallas de segundo orden.**

Son fallas que están asociadas a la falla Caseli, van en paralelo al rumbo N37°E y sólo se les ve en las rocas granodioríticas.

#### **c) Diaclasamiento de cuarzo pod Caseli.**

El diaclasamiento se ve sólo en el cuarzo pod Caseli, el resto del sector analizado tiene abundante cobertura de material cuaternario.

Las orientaciones de las diaclasas son:

Rumbo: NS, buza: 75°E; rumbo N80°E, buza 60°NO; rumbo N30°O, buza 63°SO; rumbo: N40°E, buza 70°SE; son diaclasas cerradas en su mayor parte.

### **3.2 Petrografía.**

#### **3.2.1 Tonalita Corralillo. (\*)**

La típica tonalita Corralillo contiene de 6-12% de minerales máficos. La biotita forma grandes cristales poiquilíticos o agregados de pequeños cristales que en el campo tienen coloración marrón-dorado y que en algunos casos está parcialmente alterada a clorita, la ilmenita se concentró alrededor o dentro de ella. La hornblenda verdosa se halla, más o menos, en la mismas cantidades que la biotita y forma cristales poiquilíticos y prismáticos que se encuentran generalmente maclados. En algunos casos la hornblenda está reemplazada por biotita. La plagioclasa (An. 35-40) se halla ya sea como cristales corroídos y zonados con un sobrecrecimiento secundario o como cristales menos corroídos sin zonación. El feldespato potásico puede constituir hasta el 5% de la roca y se halla tanto en los intersticios como reemplazando parcialmente a la plagioclasa. El cuarzo se halla en cantidad variable, pero en la mayoría de los casos, representa el 25-35% de la parte leucócrata.

#### **3.2.2 Plutón Chasquitambo. (\*)**

La sub-unidad granodiorítica del plutón Chasquitambo generalmente contiene 6-8% de minerales máficos. La hornblenda verde forma cristales poiquilíticos maclados. La plagioclasa se halla como cristales largos y corroídos dentro de una matriz de feldespato potásico perfitico y cuarzo. Los accesorios incluyen minerales opacos.

La sub-unidad más joven (monzogranito) contiene típicamente 3% de máficos, los que generalmente constan de biotita, con algo de minerales opacos. También se encuentran en algunos lugares, pequeñas cantidades de cristales de hornblenda. La biotita forma grandes

hojuelas poiquilíticas. La plagioclasa se encuentra como grandes cristales zonados que están, por lo general, parcialmente reemplazados por feldespato potásico, éste último es frecuentemente perfitico y se encuentra entrecruzado con cuarzo.

### **3.2.3 Dique Anular Anta. (\*)**

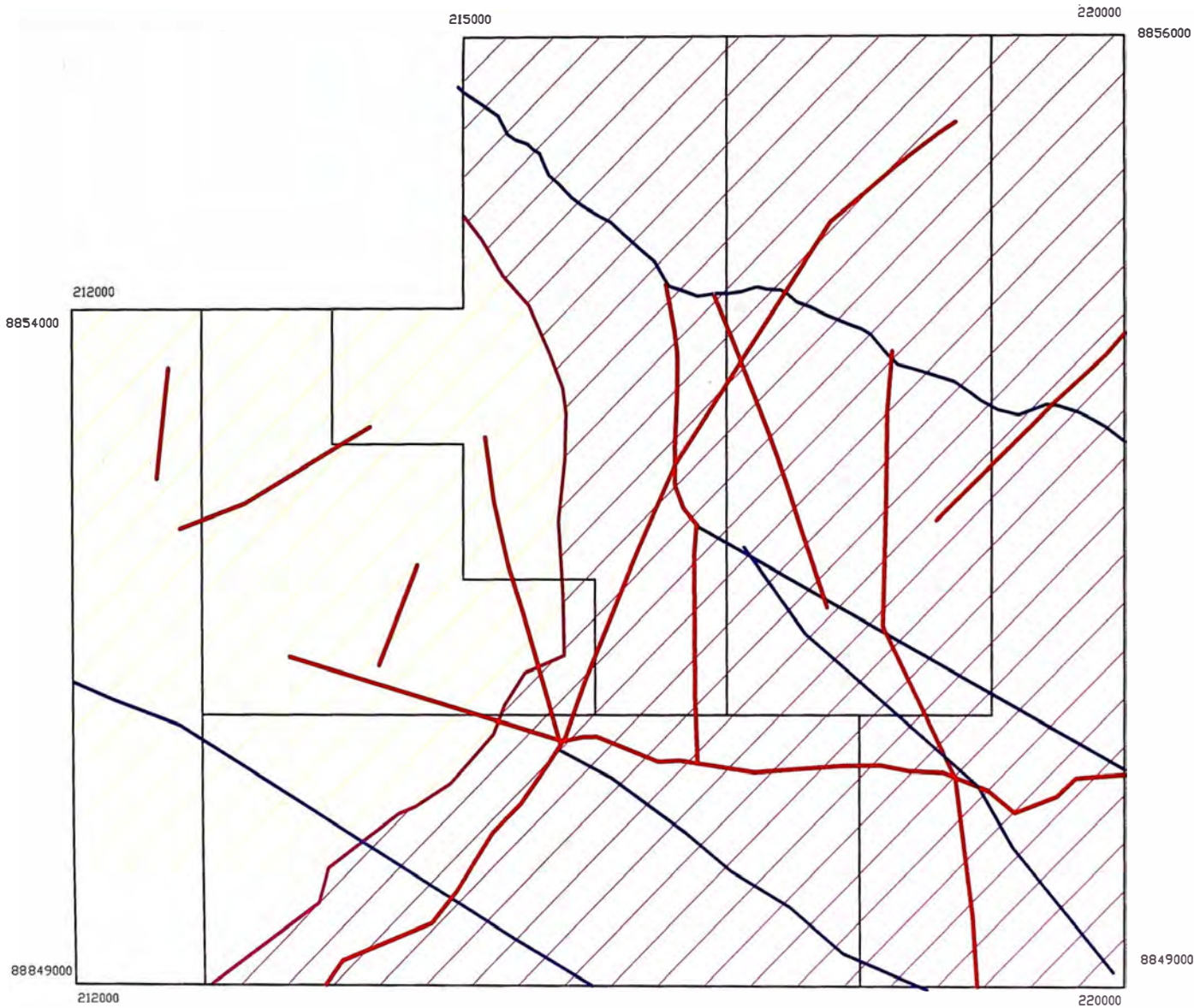
La petrografía de la mayor parte del dique anular Anta es similar a la sub-unidad más joven, monzogranítica del plutón Chasquitambo.

### **3.2.4 Dique Anular Corcovado. (\*)**

Las facies porfíricas consisten típicamente de fenocristales corroídos de cuarzo sub-hexagonal y cantidades iguales de plagioclasa sericitizada. Algunos de los cristales de plagioclasa muestran zonación normal (An. 30-10) y la mayoría están corroídos y muestran coronas de reacción con sus matrices. La matriz consiste de intercrecimientos gráficos de cuarzo y feldespato potásico perfitico.

En la figura P-5 podemos ver graficada la ubicación espacial de las rocas que dan origen al prospecto minero Divimín.

(\*) Texto tomado de: Johns S. Myers. 1980; Geología de los Cuadrángulos de Huarmey y Huayllapampa, Hojas 21-g y 21-h, Boletín 33, Serie A, Carta Geológica Nacional Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.



LEYENDA

	FALLA DE PRIMER ORDEN
	FALLA DE SEGUNDO ORDEN
	SECTOR 1
	SECTOR 2
	DIVIMIN
	DIVIMIN I
	DIVIMIN II
	DIVIMIN III
	DIVIMIN IV
	DIVIMIN V

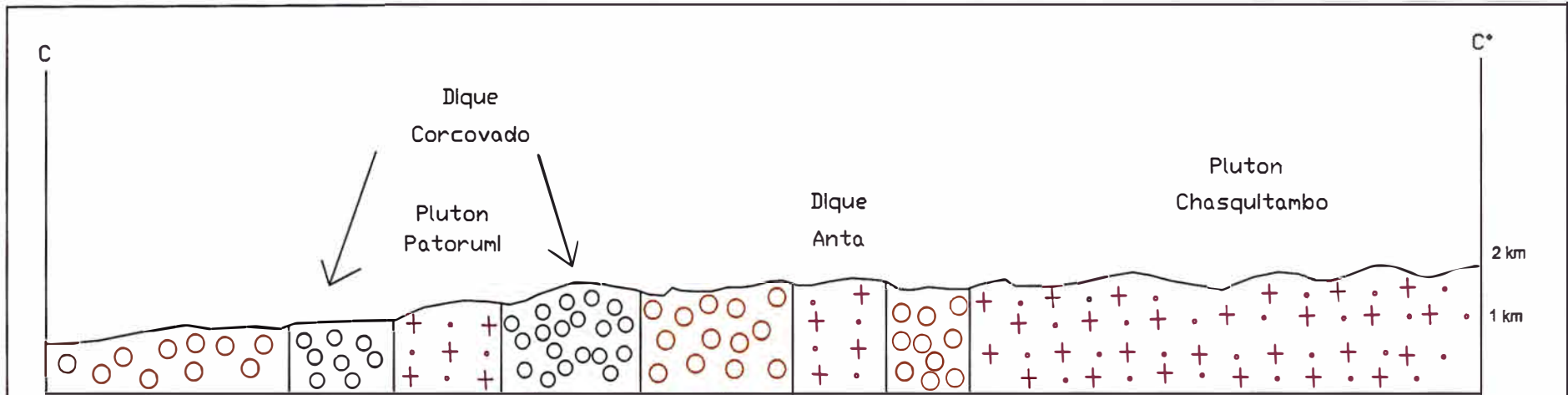
DATUM: PSAD 56 UTM 18 L



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

AREAS EN LAS CUALES LAS FALLAS INCIDEN



LEYENDA

UNIDAD SAN JERONIMO	
	Sienogranito
UNIDAD DE PUSCAO	
	Monzogranito
COMPLEJO SANTA ROSA	
	Tonalita Corralillo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

SECCION PETROGRAFICA C-C\*

INGEOMET - PERU

ESCALA 1/100 000

ANCASH - LDMA

LDMA 2013

PER-2

## CAPITULO 4

### ALTERACIONES Y ZONIFICACION RELACIONADAS AL MODELO IOCG

#### 4.1 Introducción.

Las alteraciones encontradas son de dos tipos: hidrotermal y magnética, las alteraciones hidrotermales son muy variables, por la poca temperatura de formación del yacimiento, las características fisicoquímicas del entorno y las condiciones ambientales; son poco notorias en superficie, la alteración magnética se aprecia en los ferromagnesianos.

#### 4.2 Alteraciones hidrotermales.

Las alteraciones hidrotermales están registradas en dos eventos muy notorios, rellenando zonas de debilidad (fallas y fracturas) ó están formando ventanas hidrotermales; en fallas y fracturas encontramos alteración de plagioclasa sódica, en fallas a la alteración potásica, en las ventanas hidrotermales encontramos: cloritización, epidotización, sericitización; existe un grado de disgregación entre ellos, encontrándose: cloritas, epidotas y sericita; formando bandas dentro de las ventanas hidrotermales e incluso hay ventanas hidrotermales formadas sólo por epidotas ó sericitas.

**Alteración de plagioclasas sódicas:** Observamos a esta alteración relacionada al control estructural dominante en el terreno (NS), rellenando fallas y fracturas, como se aprecia en la figura 4.1, la plagioclasa sódica está alterada a laumontita, siendo posible en algunos casos identificar minerales de plagioclasa sódica que conservan aun su forma inicial dentro de la acumulación de cristales de laumontita.

La plagioclasa sódica forma parte de la brecha magmática y se le encuentra también como un mineral formador de las ventanas hidrotermales.



**Figura 4.1:** Muestra de mano de alteración de plagioclasas sódicas.

En esta muestra podemos ver a la plagioclasa sódica alterada a laumontita que se encuentra adherida a la cara de la fractura, a las biotitas oxidadas; vemos además que la roca está muy argilizada y se muestra frágil en el terreno.

**Alteración Potásica:** ubicada alrededor de la brecha magmática, la alteración potásica está compuesta de biotitas y ortosas finas, en este lugar se presenta como una aureola de aproximados 10 metros de ancho, circundando al cuerpo mencionado, tiene granito como roca caja, esta se encuentra en la parte sur – oeste de la concesión, además tenemos a la alteración potásica sin biotita siguiendo el control estructural típico del área prospectada que es de NS e incluso a esta alteración se le puede encontrar rellenando fallas fuera de la propiedad minera, los minerales que componen la alteración potásica se observan argilizados y podemos notar una ligera oxidación en las biotitas como se observa en la figura 4.2.

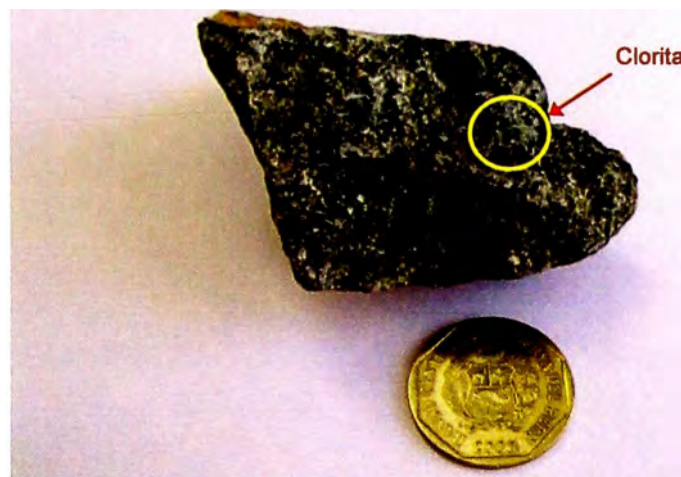


**Figura 4.2:** Muestra de mano de alteración potásica.

Muestra argilizada de alteración potásica, aún podemos notar la textura de los feldespatos potásicos, encontramos junto a estos, biotitas que están oxidadas en los extremos, estos dos minerales están asociados al cuarzo.



**Cloritización:** este evento se puede identificar fácilmente en la propiedad minera, a las cloritas que lo forman las encontramos como mineral de alteración en las ventanas hidrotermales, asociada casi siempre a epídotas y turmalinas finas como se aprecia en la figura 4.3, las cloritas forman franjas dentro de las ventanas, a las cloritas las podemos ver también como una alteración incipiente en los minerales máficos de las dioritas y granodioritas que existen en la propiedad minera.



**Figura 4.3:** Muestra de mano de cloritización.

En esta muestra tomada de una ventana hidrotermal podemos observar a las cloritas asociadas a finos cristales de turmalinas en un arreglo radial y a epídotas, que forman la ventana hidrotermal.

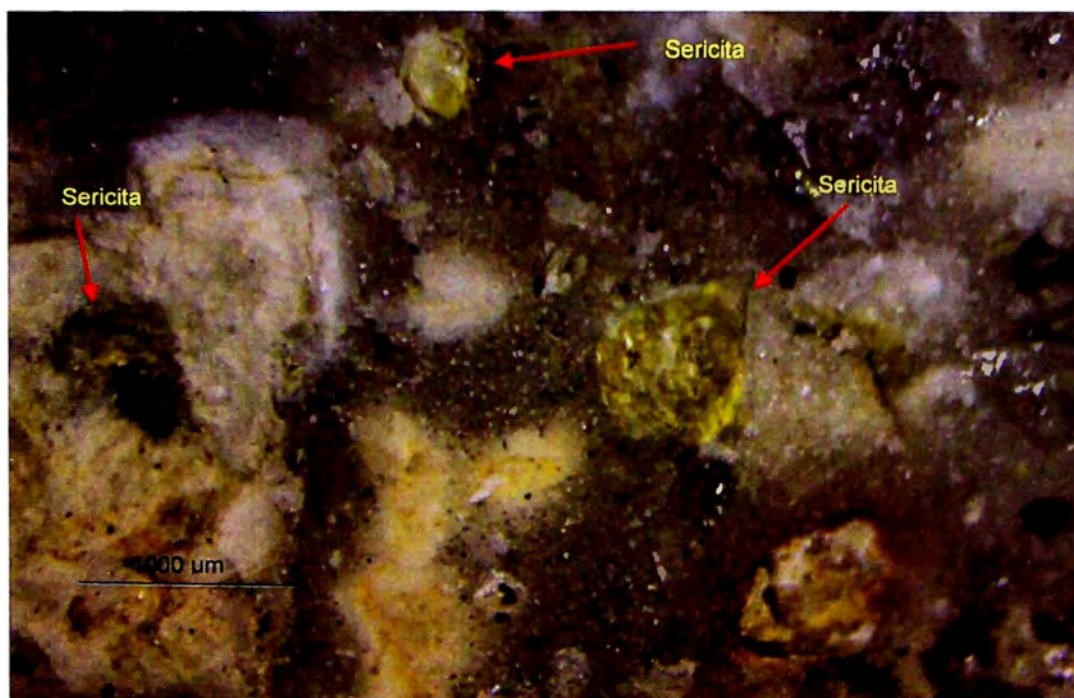
**Epidotización:** la encontramos aflorando como diques que contienen piritas lixiviadas como se muestra en la figura 4.4 y formando parte de las ventanas hidrotermales, las epidotas también están presentes en los vetilleos acompañando al cuarzo, estos vetilleos de cuarzo con epidota han arrastrado magnetita y minerales de cobre hacia la superficie, el rumbo de estas estructuras está siguiendo el control estructural norte-sur.



**Figura 4.4:** Muestra de mano de epidotización.

Se indica en esta muestra la presencia de pirita lixiviada, la muestra está formada por epidota fina y cuarzo con posible clorita.

**Sericitización:** esta alteración es parte de las ventanas hidrotermales, las sericitas se presentan formando franjas dentro de las ventanas, en los cuerpos formados de sílice (cuarzo pod Caseli y brecha magmática) se les observa en una proporción menor al 10%, la coloración que presentan es verde amarillento como podemos ver en la figura 4.5.



**Figura 4.5:** Sericitas en la brecha magmática.

Se señalan en la microfotografía las sericitas de tono verde amarillento que están contenidas dentro de una matriz de sílice gris, este cuerpo de sílice (brecha magmática) arroja anomalías en oro.

**Silicificación:** hasta el momento se tienen identificados dos eventos de silicificación, estos son: el cuarzo pod y la brecha magmática, ambos con características distintas y con concentraciones de mineralización metálica importante, el cuarzo pod Caseli es el mayor cuerpo de sílice que yace dentro de la propiedad minera y se le describe en el capítulo 6, a la brecha magmática la describimos a continuación.

**Brecha magmática:** identificada como un cuerpo de 20 m. de ancho por 50 m. de largo, está compuesta por fenos de plagioclasas cálcicas retrabajadas, los fenos están contenidos en una matriz de sílice gris, de plagioclasas sódicas y sericitas que se señalan en la figura 4.6, este cuerpo presenta hematita magnética masiva, en muestra de inspección arrojó leyes en oro de 0.49 gr/TM. rodeando a este cuerpo encontramos alteración potásica.



**Figura 4.6:** Muestra de mano de la brecha magmática.

En esta muestra de mano tomada de la brecha mencionada, vemos una matriz formada por cuarzo gris y plagioclasas sódicas que engloban a las plagioclasas cálcicas, en este caso estas plagioclasas se ven blanquecinas, redondeadas y alcanzan tamaños distintivos en la muestra, también vemos sericita y goethita.

### **4.3 Alteración magnética.**

Podemos observar que en la concesión no sólo existen alteraciones hidrotermales, sino también existe una alteración magnética producida por un campo magnético existente en el terreno, esta alteración es de los minerales ferromagnesianos formadores de rocas, el área de influencia de los ferromagnesianos alterados es mucho más amplia que el área de las alteraciones hidrotermales.

En nuestro caso el campo magnético que es generado por un cuerpo compuesto de magnetita actúa sobre los minerales ferromagnesianos, alterando las propiedades físicas de estos minerales y produciendo en ellos una polarización y un comportamiento magnético bastante diferenciado.

Tenemos al magnetismo existente en el terreno tan intenso que las propiedades tales como: brillo, dureza, clivaje, color y raya; de los minerales ferromagnesianos, especialmente de los que están expuestos en la superficie han sido alterados, conservando las cavidades que contienen a estos minerales sólo su morfología inicial, gracias a esta morfología podemos decir si se trataba de una mica ó un anfíbol el mineral que observamos.

La alteración magnética se nota más intensa en la parte central de las 5000 hectáreas que conforman la propiedad minera, hacia el entorno del terreno podemos encontrar a los ferromagnesianos con presencia de un carácter magnético, este no es muy intenso pero si es notorio, además sus propiedades de brillo, dureza, clivaje, color y raya; en algunos de estos minerales se conservan, notamos también que algunas obras civiles como hitos o carteles de concreto construidos cerca a la concesión también presentan propiedades magnéticas.

La existencia de los cuerpos magnéticos en este lugar es explicable cuando analizamos la genética de los yacimientos de modelo IOCG que existen en el mundo.

#### **4.4 Zonificación del IOCG Divimín.**

La distribución de las zonas de influencia del IOCG Divimín se ha dado de acuerdo a las asociaciones de minerales y características propias encontradas en el área total del yacimiento. Las áreas resaltadas en la figura P-6 son referenciales.

##### **Roca Aportante (estrato volcán).**

Las rocas identificadas como las aportantes, son las rocas de la Formación Fortaleza? que forman el estrato volcán Señal Cerro Negro, ubicadas al sur y fuera de la propiedad minera, este afloramiento en su columna estratigráfica presenta ignimbritas y andesitas, las andesitas tienen características magnéticas y son de textura porfídica, los fenos son de plagioclasa cálcicas con dimensiones de 1-2 centímetros de tonos verdosos.

##### **Zona de Aporte (canales magnéticos).**

Tiene un área de influencia de 1600 ha., uno de sus límites está ubicado en el contacto entre el estrato volcán y las rocas plutónicas, el siguiente límite es el inicio de los afloramientos de las ventanas hidrotermales encontradas al norte del estrato volcán.

La permeabilidad producida por el fallamiento en las rocas del batolito, permite que los fluidos hidrotermales que traen las rocas de la Formación Fortaleza?, fluyan a través del batolito, la mineralización que ha ocurrido en este yacimiento es en eventos diferenciados, primero los fluidos ricos en FeOx y luego los fluidos ricos en minerales económicos (fluidos ricos en Au y Cu), el FeOx es usado como un medio, por dentro del cual fluye la mineralización económica. En este sector vemos tres alteraciones: alteración potásica, alteración potásica sin biotita y alteración de plagioclasas sódicas, relacionadas a fallas y diaclasas, la zona no presenta ventanas hidrotermales, pero si una alteración silíceas descrita como: "brecha magmática" esta silicificación se presenta como una chimenea.

**Zona de Alteración (ventanas hidrotermales).**

Es un área de 2900 ha., toda ubicada dentro de las rocas intrusivas del Batolito de la Costa, en la parte central de la concesión, en este sector podemos registrar una gran variedad de alteraciones, estas alteraciones están relacionadas a las ventanas hidrotermales, a las fallas, a las fracturas y a los diques que existen en el terreno, las ventanas hidrotermales, y los diques presentan anomalías en oro y cobre.

Alteraciones relacionadas a las ventanas hidrotermales tenemos: epidotización, cloritización, sericitización, silicificación.

Alteraciones relacionadas a fallas y fracturas: argilización (laumontita), alteración potásica sin biotita, epidotización, silicificación, alteración de plagioclasa sódica.

Alteración relacionada a los diques: La alteración del entorno de los diques es argílica solamente, pero estos diques también presentan alteración magnética por presencia de hematita magnética en su estructura.

**Zona de Recepción (cuarzo pod).**

En las cinco mil hectáreas de la concesión existe silicificación, pero de manera predominante sólo la podemos encontrar en la zona norte de la propiedad, en un área de 500 ha., en esta zona ubicamos al cuerpo de cuarzo pod Caseli y otros cuerpos menores de cuarzos pods por describir, al observar y describir el terreno ubicado al norte y fuera de la concesión no se encuentran evidencias de algún tipo de mineralización importante. Los cuerpos de cuarzos pods están vinculados a las otras zonas de la propiedad minera por las fallas que recorren este yacimiento.

Hacia esta zona están orientadas las ventanas hidrotermales, en su estructura tienen pequeños lentes de magnetita alargados y orientados hacia el cuarzo pod Caseli.

## **CAPITULO 5**

### **ASPECTOS TEORICOS DE LOS CUARZOS PODS**

#### **5.1 Introducción.**

Los cuerpos de cuarzos pods son una característica particular que han sido identificados en gran parte del Arco Lufilian región de Zambia y Namibia, como un resultado de una investigación de doctorado en rocas granitoides.

El término cuarzo pod es un nombre informal acuñado por investigadores para la textura masiva azucarada y dimensiones variables de los cuerpos de cuarzo encontrados.

#### **5.2 Descripción de los cuarzos pods.**

Los cuarzos pods son muy diferentes de los cuarzos pegmatíticos y de los cuarzos en vetas, la mayor diferencia es en su geometría. La forma de los cuarzos pods parece ser más o menos cilíndricas, los afloramientos no deformados de estos cuerpos son redondos, su diámetro varía desde algunos metros a varios cientos de metros, algunos de estos cuerpos de cuarzo tienen diámetros superiores a los 4 kilómetros, ocurren a menudo cerca de los cuerpos intrusivos y alrededor del sistema mineralizado IOCG.

La mayor parte de cuarzos pods son de cuarzo blanco, pero los colores son variables. Los cuarzos muestran el cambio de blanco lechoso a tonos gris oscuro y matices rosa o amarillo. Ambas variedades translúcidos y lechosos de cuarzo se presentan juntas. Diferentes partes de un solo cuerpo suelen ser sacaroides y masivos.



Los cuerpos de cuarzos pods parecen ser una característica particular del Arco Lufilian, y de alguna manera pueden ser relacionados a los ambientes de rift. Se encuentran en muchos tipos diferentes de rocas como las calizas, dolomías, incluyendo granitoides, esquistos y gneises diferentes. Se ha registrado la ocurrencia en una región extensa, de 2000 km. por 300 km. de cuarzos pods, también se espera que se encuentren en el sureste de Angola, en la provincia de Katanga de la República Democrática del Congo, y Botswana NW, en Perú no están registradas las evidencias de este tipo de estructuras. Algunos de los cuerpos de cuarzos pods se muestrearon con la intención de encontrar productos químicos o las características físicas de su uso en la exploración de yacimientos modelo IOCG.

### **5.3 Cuarzo pod y la mineralización en los IOCG.**

En muchos lugares los cuarzos pods albergan mineralización de IOCG. El carácter frágil del cuarzo le permite albergar a los óxidos de hierro macizo con sulfuros adjuntos, se les puede ver en sistema de vetas trenzados paralelos o sub paralelos y en stockworks, numerosos ejemplos de campo muestran brechas hidrotermales donde el cuarzo es tanto roca caja y única componente de clastos los vemos a detalle en las figuras: 5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 5.5; 5.6; 5.7; 5.8 y 5.9.

Un cuarzo pod masivo de 500 metros de diámetro ubicado en Otjiwarongo, Namibia, en las inmediaciones del IOCG de oro Otjikoto presentó pirita diseminada en una perforación de 325 metros.

En ocasiones la roca que está en el entorno de los cuarzos pods se deforma dando la impresión de un efecto de diapirismo. En algunos lugares los cuarzos pods contienen magnetita o inclusiones de hematita, que varían en tamaño de diámetro 10 a 1,5 cm; en raras ocasiones xenolitos de cualquier tipo de roca están incluidos.

#### 5.4 Textura de los cuarzos pods del gran Arco Lufilian.

Los cuarzos pods que a continuación muestro han sido observados en Zambia y Namibia.

##### Cuarzos pods mineralizado en stockworks.



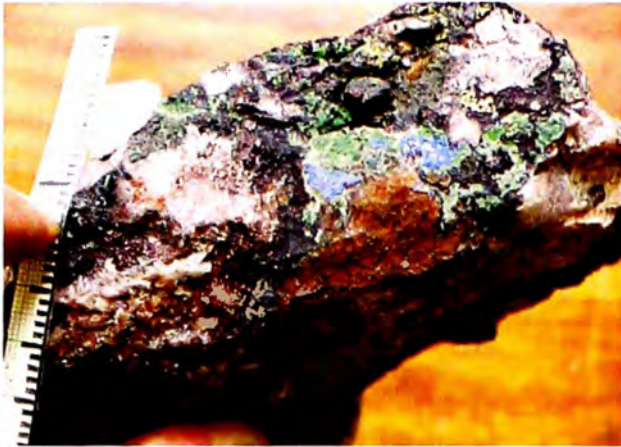
**Figura 5.1:** Cuarzo pod en stockwok 1.

Densa red de vetillas de magnetita, pirita y calcopirita en cuarzo pod, este afloramiento tiene 150 m. de diámetro, y contiene mineralización de cobre significativa, oro también puede estar presente en concentraciones económicas, escala marcada cada milímetro. (\*\*)



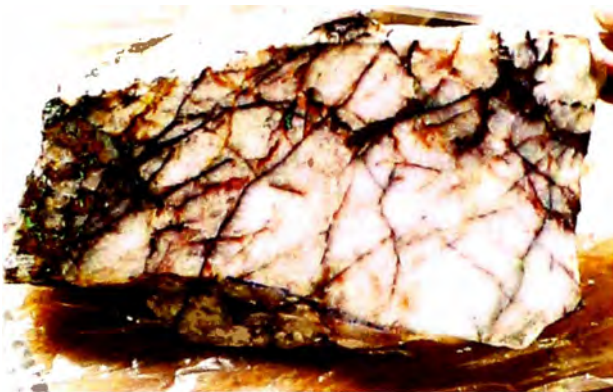
**Figura 5.2:** Cuarzo pod en stockwok 2.

Stockwork en cuarzo pod, se aprecia calcopirita, pirita, magnetita relleno algunas cavidades, escala marcada cada 2 mm. (\*\*)



**Figura 5.3:** Cuarzo pod en stockwok 3.

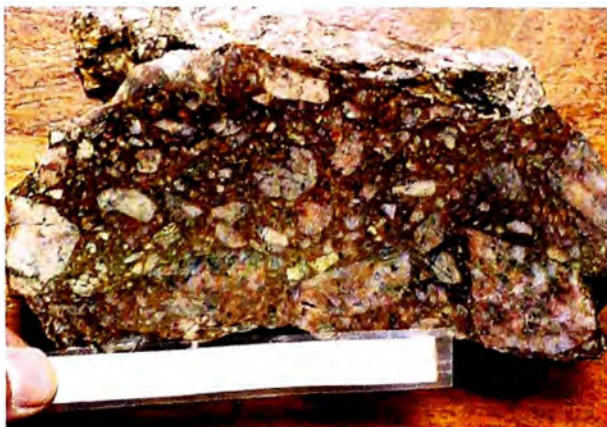
Se aprecia bornita calcopirita, magnetita enriqueciendo el stockwork del cuarzo pod. Nótese los abundantes sulfuros secundarios (oscuros) y carbonatos (verde azules) que coexisten con la magnetita. Escala en milímetros. (\*\*)



**Figura 5.4:** Cuarzo pod en stockwok 4.

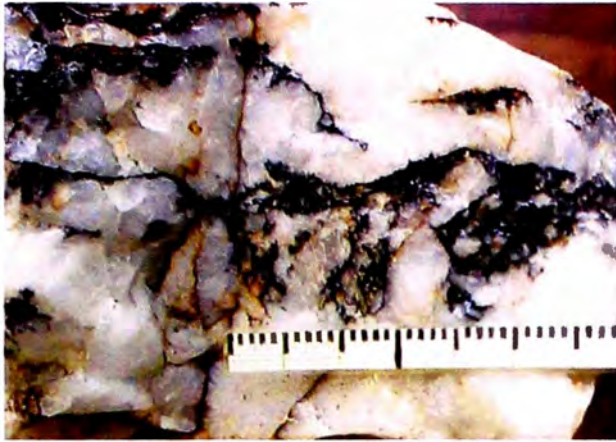
Stockwork en cuarzo pod que contiene sulfuros de cobre, magnetita. En el campo podemos ver carbonatos de cobre con bornita y calcopirita. Las manchas oscuras son de hematita, con mineralización de pirita en las venillas. (\*\*)

#### Cuarzos pods mineralizado en brechas.



**Figura 5.5:** Cuarzo pod en brecha 1.

Brecha hidrotermal monomictica de Tevrede rica en Cu-Au, proyecto Northwestem IOCG Kamanjab Batolito, Namibia. Los fragmentos son angulosos a sub angulosos, el cuarzo pod funciona como roca encajonante en esta brecha, escala marcada cada 2 mm. (\*\*)



**Figura 5.6:** Cuarzo pod en brecha 2.

Brecha hidrotermal con fragmentos angulares cementada con magnetita, esta hospedada en cuarzo pod, los clastos son fragmentos de cuarzos pods. Esta misma característica se observó a gran escala. (\*\*)

#### Cuarzos pods en sistema de vetas sub-paralelas y trenzadas.



**Figura 5.7:** Cuarzo pod en vetas 1.

Venilleo de hematita y sulfuros oxidados que están alojados en un cuarzo pod. Se ven más de tres tipos diversos de fracturas. (\*\*)



**Figura 5.8:** Cuarzo pod en vetas 2.

En la muestra se aprecia un trenzado de vetillas de óxido de hierro y sulfuros, enriquecidas con oro, es una muestra muy frágil por tal motivo está recubierta con cemento. (\*\*)



**Figura 5.9:** Cuarzo pod en vetas 3.

Muestra en la que se ve un estrecho empaquetamiento de vetillas sub paralelas llenos de magnetita y sulfuros, en algunas partes de la muestra se observa goethita. El cuarzo pod es el encajonante. (\*\*)

**(\*\*)** Alberto Lobo-Guerrero, M.Sc., Min. Ex., 2004, Quartz pods: an exploration guide to iron oxide-copper-gold mineralization?

### **5.5 Las hipótesis sobre el origen de los cuerpos de cuarzos pods.**

El origen de los cuerpos de cuarzo pods es un misterio sin resolver. Se han propuesto muchas hipótesis de su origen.

**a)** Puede ser un tipo de alteración silíceica que todavía no está bien documentada en la literatura especializada.

**b)** Tal vez líquidos hiper-alcalinos podrían haber disuelto sílice y produjo los cuerpos de cuarzo. Esta idea se propuso brevemente por Behr et al, (1983). Pero, ¿cómo se puede generar el espacio para que los cuerpos llegaran a ese lugar? ¿Cómo llega la sílice a ese lugar?

c) Tal vez el cuarzo pods es producido por fluidos alcalinos extremadamente rico en HF que disuelve la sílice de las rocas y lo sustituye por sulfuros de hierro. La sílice migra más lejos y precipita cuerpos de cuarzo. Pero, de nuevo, la pregunta es ¿cómo puede generarse el espacio para que los cuerpos de cuarzo pods se aniden? ¿Cómo se podría detectar flúor en inclusiones fluidas si la forma de disolver los silicatos implica HF?

d) La evidencia de los "intrusos" cuerpos de cuarzo es clara. ¿Podrían los cuerpos de cuarzo pods ser restos de un magma de cuarzo solamente? ¿Son estos cuerpos rocas con presencia de cuarzo mayor o igual a 90% y feldespatos menor o igual a 10%? En algunos lugares, las rocas preexistentes han mostrado plegamiento alrededor de los cuerpos de cuarzo, y que puede ser una prueba de intrusión.

Las hipótesis sobre la formación de los cuarzoes pods que se indican son diversas, por eso en este trabajo vamos a describir los eventos geológicos que se registran en el entorno de estos, tratando de responder algunas de las interrogantes planteadas sobre el origen de estos cuarzoes tan particulares.

## CAPITULO 6

### DESCRIPCION GEOLOGICA DEL CUARZO POD CASELI USANDO COMO HERRAMIENTAS: MAGNETOMETRIA, ESPECTROMETRIA Y POLARIZACION INDUCIDA

#### 6.1 Descripción Geológica Macroscópica del Cuarzo Pod Caseli.

##### Los Cuarzos Pods.

Se han identificado hasta ahora algunos cuerpos de estos cuarzos dentro de la propiedad minera de S.M.R.L. Divimín III, en los que se pueden diferenciar dos tipos de cuerpos, que se ven muy distintos uno (de pequeñas dimensiones) brilla como típicamente brilla un cuarzo y el otro (de dimensiones mayores) es opaco, por las características observadas en el campo, se propone que estos dos tipos de cuarzos pods tienen temperaturas de formación distintas, estos cuarzos se han formado por un líquido hiperalcalino rico en HF?, que ha fluido por la permeabilidad que tiene la roca fallada, reaccionando el fluido con las rocas con las cuales entraba en contacto, siendo los granitos y granodioritas menos reactivos que las dioritas, en el área relacionada a cada una de las rocas y según las características fisicoquímicas del fluido, ha precipitado un tipo determinado de cuarzo, el cuarzo más brillante en el entorno del granito y granodiorita, y el más opaco en el entorno de la diorita.

Las formas comunes de cuarzo pod encontradas para este yacimiento son las formas elípticas, de las que sólo se aprecia una pequeña parte aflorante, a continuación detallaremos las características de estos cuerpos de cuarzos pods.

**Cuarzo Pod de mayor temperatura?:** es un cuarzo de brillo vítreo, el conjunto de la muestra tiene dureza 7, con dimensiones métricas a sub-métricas y muy relacionados a las ventanas hidrotermales, encontrándose algunos incluso dentro de las ventanas y siguiendo la orientación de estas, los cuarzos pods con estas características que no están dentro de las ventanas hidrotermales, están muy próximos a ellas (entre 10 a 50 metros), estos cuarzos están relacionado a granitos y granodioritas.

La ubicación de un cuerpo de cuarzo pod es un indicativo más que en el terreno tenemos un yacimiento modelo IOCG, este cuarzo está asociado a fluidos hidrotermales ricos en flúor, la presencia de flúor está comprobada en el terreno, pues el ácido fluorhídrico altera a la plagioclasa sódica, en este caso el mineral de alteración de la plagioclasa sódica encontrado es la laumontita (arcilla), además encontramos fluorita formando parte de las ventanas hidrotermales.

Este tipo de cuarzo pod permite el paso de fluidos con mineralización de interés económico sólo a lo largo de las fracturas que presenta, en estas fracturas vemos depositados minerales tales como: hematita, goethita, malaquita, crisocola, oro; en el entorno de estos cuerpos y también en las fracturas tenemos al psilomelano, los cuerpos encontrados de este cuarzo tienen orientaciones norte – sur, las fracturas más notorias y predominantes del cuarzo también tienen esta orientación.

Las imágenes figura 6.1 y 6.2; que a continuación se muestran nos dan una idea de las características de estos cuerpos de cuarzo pod en una muestra de mano y en el campo respectivamente.





**Figura 6.1:** Muestra de mano del apófisis de cuarzo pod stockwork en Divimín.

Vemos en esta muestra de mano al cuarzo pod con un brillo típico de cuarzo, con el venilleo que distingue a estas estructuras.



**Figura 6.2:** Apófisis de cuarzo pod en el prospecto Divimín.

El apófisis que se ve en esta imagen indica las características del cuerpo de cuarzo pod, nótese el alineamiento de las fracturas en este cuerpo, estas fracturas tienen rumbo NS y buzamiento  $85^{\circ}$ E, foto tomada mirando al norte.

**Cuarzo Pod de menor temperatura? (Cuarzo pod Caseli):** el cuerpo de cuarzo pod tiene brillo mate, dureza 5, con textura granular semejante a la arenisca, este cuarzo está relacionado a la diorita.

El cuarzo pod al que ahora hacemos referencia, tiene dimensiones de afloramiento de algunas decenas de metros cuadrados (15x30) m. lo distinguimos en la figura 6.4, está ubicado en la parte norte del proyecto, luego de efectuada la geofísica podemos decir que se extiende en la parte norte, siendo probable que este cuerpo sea parte de un tren de mineralización con una orientación aproximada E-O. Se propone a este cuarzo como la evidencia de un primer evento de mineralización ocurrido en el terreno, este sólo fue un evento de preparación de las condiciones geológicas, para que posteriormente este cuarzo pod por sus características físico-químicas y el control estructural del entorno actúe como una esponja que absorbe y concentra la mineralización de interés económico. En superficie podemos ver a las ventanas hidrotermales orientadas hacia este cuerpo de cuarzo, siendo probablemente estas ventanas la evidencia del movimiento de fluidos mineralizantes hacia la zona norte donde se encuentra ubicado, en la figura P-7 podemos ver la disposición de las ventanas hidrotermales en el terreno y su relación con el cuarzo pod Caseli. El cuerpo de cuarzo está rodeado de una ligera argilización.

Existe una dispersión de sulfuros en el cuarzo pod Caseli, propongo que se produce por las condiciones geoquímicas favorables de los fluidos hidrotermales que migran por el cuarzo; estas condiciones favorables de los fluidos han logrado permeabilizar el cuerpo de cuarzo, produciéndose la dispersión de sulfuros a través del cuarzo pod Caseli sin ninguna restricción estructural como se aprecia en la figura 6.3.

Las fracturas del cuarzo pod tienen orientaciones: NS, N80°E, N30°O y N40°E.

Por la lejanía de la fuente de origen y las características físicas observadas, propongo que se trata de un cuerpo formado a una baja temperatura.

Los minerales encontrados en este cuarzo pod son: oro, covelita, calcocita, bornita, pirita, sericita; el registro del espectrómetro de masas sobre este cuerpo identificó algunos valores de: uranio, torio y potasio por encima del background de la roca caja

La geomorfología del entorno de este cuarzo se asemeja a un cráter volcánico, en el cual en su parte central encontramos el crestón aflorante del cuarzo pod Caseli, la topografía nos muestra mayores detalles de la disposición de los taludes que rodean al cuarzo y la vemos graficada en la figura 1A.



**Figura 6.3:** Muestra de mano del cuarzo pod Caseli.

En esta muestra se ve que el cuarzo pod presenta diseminación de sulfuros, como covelita en mayor proporción, se aprecia su brillo mate y la forma de romperse controlada por las fracturas.



**Figura 6.4:** Afloramiento del cuerpo de cuarzo pod Caseli

Mostramos un crestón del cuarzo pod Caseli de dimensiones 15x30 metros orientado de este a oeste, foto tomada mirando al norte.

## **6.2 Justificación de los estudios de Magnetometría, Espectrometría y Polarización Inducida del Cuarzo Pod Caseli, encargado a VDG del Perú S.A.C. (Réjean Pineaul).**

VDG del Perú S.A.C. es una empresa del sector minero, líder en aplicación de estudios de magnetometría, espectrometría y polarización inducida; con trayectoria nacional y regional; con más de 550 proyectos ejecutados con éxito, por tal motivo recibió el encargo por parte de S.M.R.L. Divimín III de desarrollar los estudios propuestos.

### **Magnetometría.**

Los yacimientos IOCG están formados por óxidos de hierro con propiedades magnéticas, la magnetometría detecta cuerpos magnéticos presentes en el área de estudio e identifica los contrastes entre los cuerpos existentes en el terreno.

### **Espectrometría.**

Los fluidos formadores de los yacimientos IOCG, son fluidos ricos en una variedad de tierras raras y uranio, estos elementos son registrados en el terreno con el espectrómetro de masas, en muestra de mano se identificó a la Autunita (fosfato uranil cálcico hidratado) asociada a afloramientos de vetas de ortosas y aplitas, en esta primera etapa se propone identificar la presencia de: uranio, torio y potasio; asociados al cuerpo de cuarzo pod Caseli.

### **Polarización Inducida.**

#### **Cargabilidad.**

En el interior de los cuarzopods se presume están anidados sulfuros, el indicio de su presencia nos la da la cargabilidad que se puede encontrar dentro de este cuerpo.

#### **Resistividad.**

La resistividad es una propiedad típica del cuarzo por tal motivo la usamos para modelar el cuerpo de cuarzo pod Caseli.

### **6.3 Planteamiento previo para la toma de datos de Magnetometría, Espectrometría y Polarización Inducida del cuarzo pod Caseli.**

Para tomar los datos de magnetometría, espectrometría y polarización inducida; propuestos se diseñó una "malla" con líneas paralelas orientadas en dirección EO, con un espacio variable entre líneas según el método de exploración a usar, se toma esta orientación para poder registrar los datos atravesando las ventanas hidrotermales que siguen una orientación típica en el terreno que es de norte a sur (como se muestra en el figura P-7), y así poder registrar una relación entre las ventanas hidrotermales que se muestran en el plano geológico y el cuerpo de cuarzo pod Caseli descrito en la prospección, las líneas son de 1 Kilómetro de longitud.

Tomamos como eje de la cuadrícula a analizar, la línea imaginaria norte-sur que pasa sobre el afloramiento descrito del cuarzo pod Caseli, usamos esta línea como eje y al cuerpo de cuarzo como punto de referencia para tener un contraste entre el cuerpo de cuarzo y la roca de su entorno.

Adicional a las líneas establecidas se trazó una nueva línea perpendicular a las anteriores, fue orientada de norte a sur, esta línea registró con más detalle las características de los cuerpos del entorno del cuarzo pod.

Los equipos con los cuales se registraron cada una de las mediciones, son equipos portátiles de alta precisión, estos equipos fueron debidamente calibrados y están detallados en el anexo 2, en este anexo también se detallan los equipos que generaron la energía necesaria para tomar los datos en el terreno.

#### **6.4 Magnetometría del cuarzo pod Caseli.**

El estudio magnético fue realizado sobre 12 líneas de 1 kilómetro de longitud, con orientación EO (11 líneas) y NS (1 línea), con una separación de 100 metros entre líneas paralelas, se emplearon dos equipos: móvil y base. El equipo base se empleo para registrar la variación diurna del campo magnético local y el móvil para la toma de datos a lo largo de las líneas de estudio con mediciones cada 5 metros.

#### **Control de calidad.**

El reloj interno de los magnetómetros base y móvil fueron sincronizados con la hora local (GMT-05:00), antes de empezar el trabajo diario. Se estableció una estación base magnética en una zona de bajo gradiente, considerando la baja susceptibilidad magnética de la roca, libre de influencias electro-magnéticas y de materiales que pudiesen ocasionar ruido la gradiente local fue medida por medio de dos líneas perpendiculares transversales entre si de un metro de longitud en las direcciones este - oeste y norte - sur, centrados en la estación base magnética. El valor obtenido en la estación base es: +0.61 nT/m, 213.09 N.

La actividad solar y/u otros ruidos culturales y naturales fueron permanentemente monitoreados a través de la base magnética al final del día, para obtener actividades normales del campo magnético terrestre. El límite máximo del rango de medición del gradiente fue de 8.3 nT/min, el cual es un valor normal.

Se estableció un punto de control (PC-1), próximo a la base magnética para verificar la repetibilidad de las mediciones de las lecturas magnéticas y el buen funcionamiento de los equipos. Estos fueron tomados al inicio y al final de cada día de levantamiento, las discrepancias entre las repeticiones de las lecturas no exceden de  $\pm 5$  nT.

### 6.5 Espectrometría del cuarzo pod Caseli.

El equipo de medición de rayos gamma portátil está incorporado con un sistema diferencial GPS, el cual registra los datos con sus respectivas coordenadas UTM. Los datos fueron adquiridos en modo continuo con mediciones cada segundo a lo largo de las 12 líneas de medición de 1 kilómetro de longitud, 11 líneas con orientación EO y 1 línea con orientación NS, con una separación de 100 metros entre las líneas paralelas.

#### Control de calidad.

Se estableció el punto de control (PC-1) que fue tomado al inicio y al final de cada día de levantamiento. La precisión de la medición fue controlada con la repetibilidad de las mediciones espectrométricas. Los resultados son mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 6.1:** Tabla de desviación estándar de U, K, Th.

Nom. Punt	Potasio K(%)	Uranio eU(ppm)	Torio eTh(ppm)	Desviación Estándar K	Desviación Estándar eU	Desviación Estándar eTh
PC-1	12	2.2	1.8	0.3	0.26	0.24

Se emplearon dos fuentes radioactivas: Torio (Th) y Cesio (Cs); de tal manera que se asegure el buen funcionamiento del equipo y dentro del rango correcto, de las ventanas de energía. Estos dos elemento son representativos de las ventanas de más baja energía (Cs) y la más alta energía (Th), las mediciones de estas fuentes fueron realizadas a 30 cm. del equipo.

El máximo valor del Th se ha tomado como un regulador de canal, el que permitió detectar cualquier desviación de temperatura en los canales de energía. Los datos recibidos en la



oficina de VDG fueron constantemente revisados para verificar que el pico Th se encuentre entre 0.72 y 0.95, de acuerdo con especificaciones del fabricante.

Todos los datos recibidos en la oficina de VDG, fueron revisados para verificar que el estado del espectrómetro fue ajustado a TO (estabilizador de configuración del torio). Caso contrario las mediciones se descartaron o fueron repetidas.

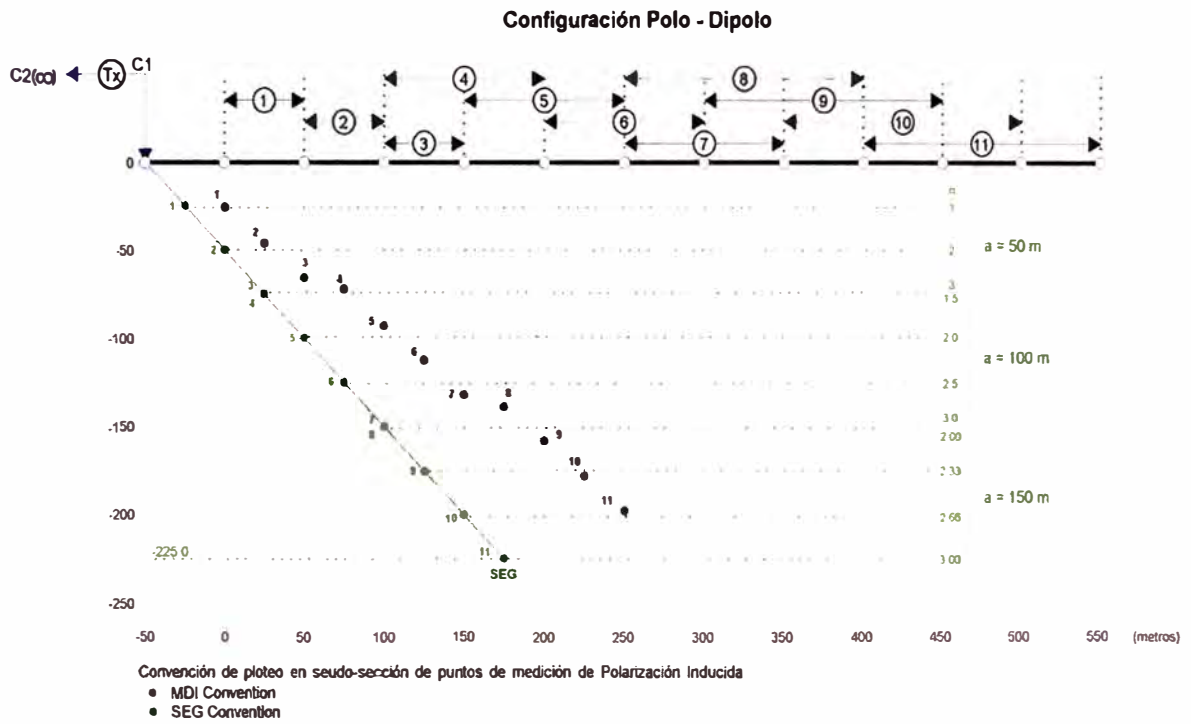
### **6.6 Polarización Inducida del cuarzo pod Caseli.**

El estudio de polarización inducida (IP) fue ejecutado sobre 7 líneas con orientación EO 6 líneas y NS 1 línea, con una separación de 200 metros entre líneas paralelas, cada línea fue de 1 kilómetro de longitud. Se usó la configuración polo-dipolo con una secuencia de adquisición de 11 puntos cada 50 metros y apertura máxima de 550 metros. El alcance de la investigación fue desde 25 metros hasta un máximo de 225 metros de profundidad (de acuerdo a la convención SEG) gráficamente lo podemos apreciar en la figura 6.5.

Las lecturas fueron buenas en su mayoría, teniendo pequeños problemas de ruido al inicio que fueron arreglados al momento sin mayor dificultad. Los contactos de corriente fueron buenos, llegando a utilizar sólo 2 láminas de zinc por estación de corriente.

**Tabla 6.2:** Tabla de posición para registros eléctricos.

<b>N Pto.</b>	<b>Posición del electrodo Tx2</b>	<b>Posición del electrodo Tx1</b>	<b>Posición del electrodo P1</b>	<b>Posición del electrodo P2</b>	<b>Dipolo (m)</b>	<b>n</b>	<b>Prof. MDI (m)</b>	<b>Prof. SEG (m)</b>
1	∞	0	0	50	50	1	-26	-25
2	∞	0	50	100	50	2	-46.14	-50
3	∞	0	100	150	50	3	-65.9	-75
4	∞	0	100	200	100	1.5	-72.25	-75
5	∞	0	150	250	100	2	-92.28	-100
6	∞	0	200	300	100	2.5	-112.13	-125
7	∞	0	250	350	100	3	-131.81	-150
8	∞	0	250	400	150	2	-138.42	-150
9	∞	0	300	450	150	2.333	-158.3	-175
10	∞	0	350	500	150	2.667	-178.06	-200
11	∞	0	400	550	150	3	-197.71	-225



**Figura 6.5:** Configuración Polo – Dipolo.

Se muestra la convención de ploteo en seudo-secciones de puntos de medición de Polarización Inducida, según MDI y SEG.

## **CAPITULO 7**

### **INTERPRETACION DE DATOS**

#### **7.1 Introducción.**

La interpretación de la geología y de los diferentes estudios que se han realizado en la concesión de S.M.R.L. Divimín III, define las características del cuarzo pod Caseli y su relación con el yacimiento modelo IOCG Divimín.

#### **7.2 Litológicos.**

Tenemos en el área de interés de Divimín dos tipos de rocas magmáticas: las afaníticas y las faneríticas; volcánicas (Fm. Fortaleza?) e intrusivas (Batolito de la Costa) ambas rocas calco – alcalinas.

La literatura revisada determina a las rocas volcánicas como rocas del Grupo Casma, pero al analizar las características geológicas encontradas en el terreno podemos concluir que este afloramiento rocoso no es del Grupo Casma, el Grupo Casma es más antiguo que las rocas faneríticas que existen en el terreno, por lo tanto no pudieron estos volcánicos alterar a las rocas faneríticas y entregar la mineralización siguiendo los controles estructurales.

El afloramiento de roca volcánica es un estrato volcán formado por andesitas porfíricas e ignimbritas, las andesitas tienen fenocristales de plagioclasas cálcicas de 1-2 centímetros

de longitud de coloraciones verdosas, estas rocas presentan carácter magnético y están ubicadas al sur de la propiedad minera, propongo que son rocas del Mioceno Superior.

Las rocas faneríticas son roca caja, a través de las fallas que las recorren estas rocas permitieron el emplazamiento de los fluidos hidrotermales que han formado el yacimiento Divimín, estas rocas presentan disgregación magmática y están compuestas por cristales gruesos, sus edades están registradas entre el Cretáceo Superior y Terciario Inferior.

### **Diques y vetillas.**

Podemos registrar diques y vetillas en toda la concesión, los rumbos que estos presentan son diversos: NS, NO, NE, NNE, NNO, EO; estos diques encontrados son de tres tipos: diques aplíticos, diques andesíticos, diques dioríticos; las vetillas que son de cuarzo con epidotas, están orientadas en un rumbo NS, se les observa muy abundantes en la parte norte y central de la propiedad minera, y las vetillas de feldespato potásico con magnetita están orientadas NS y EO, estas están ubicadas en la parte central, las vetillas y los diques muestreados en la parte central del sector 2 dieron leyes en oro mayores a 0.2 gr/TM.

Entre los diques y vetillas, las características comunes son: el magnetismo por presencia de hematita magnética y la alta concentración de cobre, en algunos casos minerales de cobre como calcopirita o malaquita y en otros cuerpos de estos, en los que no se observan los minerales de cobre, tenemos leyes anómalas en cobre de 300 a 200 ppm. siendo el background de la Cordillera Negra 100 ppm. Esta característica magnética y la asociación a las leyes atractivas en cobre evidencian la presencia de un cuerpo de mineralización importante en la parte inferior del prospecto Divimín.

### **7.3 Estructurales.**

La interpretación de las estructuras en el terreno es muy importante, estas estructuras muestran las evidencias de los emplazamientos de los fluidos mineralizantes y la presencia de mineralización a profundidad. Las fallas han servido como canales de flujo a los fluidos hidrotermales, siendo aprovechadas para el desplazamiento de estos, la permeabilidad que existe en la concesión debido a las fallas se evidencian en la superficie, pues los fluidos hidrotermales que se emplazaron a lo largo de ellas han generado ventanas hidrotermales paralelas a sub-paralelas a las fallas existentes, en el terreno podemos encontrar: fallas mineralizadas, fallas activas y fallas remanentes, como se les grafica en la figura P-7.

### **7.4 Cuerpos magnéticos.**

La genética de un yacimiento modelo IOCG nos describe la inyección inicial de un fluido rico en FeOx, que luego al precipitar forma cuerpos de magnetita, estos cuerpos son aprovechados por los fluidos económicos para trasladarse a través de ellos, desde la roca aportante hasta el lugar en el cual llegan a su estabilidad y precipitan según las características físico-químicas favorables que se encuentren en su entorno.

Estos cuerpos magnéticos hacen variar las propiedades magnéticas de los minerales ferromagnesianos que están dentro de la concesión y de los que se encuentran en los alrededores.

Tenemos evidencias de la existencia de estos cuerpos en las cinco mil hectáreas analizadas del prospecto minero Divimín, se les encuentran en la zona sur como rodados en los que se pueden ver que están siendo alterados por efectos de reemplazamiento de sulfuros de cobre (calcopirita), como parte de las ventanas hidrotermales ubicadas en la parte central del sistema IOCG, en cuerpos continuos de varias decenas de metros, forman parte de la ventanas hidrotermales en la parte norte pero se les ve en este lugar sólo como pequeños

lentes de algunas decenas de centímetros, los diques y vetillas contienen en su estructura hematitas magnéticas que le dan propiedades magnéticas a estas estructuras.

### **7.5 Magnetometría.**

La exploración geofísica realizada en el terreno hace un registro exacto de los elementos que existen en el kilómetro cuadrado (la topografía está graficada en la FIGURA 1A), el registro es de las estructuras, de la relación entre los cuerpos mineralizados y de la roca; a continuación se describe la relación que se muestran en el plano FIGURA 2A

Ventanas hidrotermales - Cuarzo pod Caseli.

En las áreas que tienen residuales de 25751.5 a 25953.8 nT mostradas en el plano FIGURA 2A, encontramos ventanas hidrotermales ubicadas en las coordenadas referenciales E: 218100; N: 8854920; en el sur-este de la malla, estas presentan una orientación norte-sur aproximadamente y una relación magnética con el cuerpo pod Caseli ubicado en la zona norte, estas ventanas también están relacionadas magnéticamente a un cuerpo ubicado más al este y a profundidad, las ventanas hidrotermales están compuestas de: epidota, clorita, sericita, sílice, magnetita en lentes de algunos centímetros de largo; el cuarzo pod Caseli es un cuerpo formado de sílice, sus espacios han sido rellenados de covelita, oro, calcocita, bornita, pirita, óxidos de hierro; está ubicado referencialmente en: E: 218200; N: 8855500; las coordenadas están referenciadas en Datum Psad 56, UTM Zona 18 L.

Diques de andesita - Anomalías de Cobre.

En las zonas que registran residuales de 25953.8 a 26100.2 nT, se tomaron muestras de los diques que atraviesan de este a oeste estas áreas, la potencia de los diques son de 2 a 4 m. y su buzamiento es vertical, al ser analizados geoquímicamente se encontraron valores anómalos en Cu, los valores a los que hacemos referencia son entre 200 a 300 ppm. Estas áreas están relacionadas directamente con la falla Caseli que cruza toda la concesión.

## 7.6 Espectrometría.

El estudio de espectrometría de radiación gamma relacionado al cuarzo pod Caseli permitió medir el conteo total de emisión de rayos gamma y obtener las concentraciones equivalentes de los elementos: potasio (K%), uranio (U, ppm.), torio (Th, ppm.). Cada elemento tiene un nivel energético distinto y las concentraciones calculadas son proporcionales a la cantidad de rayos emitidos dentro de un rango específico. A pesar que las mediciones son repetibles y válidas, los resultados no representan la concentración absoluta de los tres elementos radiactivos: K, U, Th; por ejemplo, el Torio posee el más alto nivel energético y su cadena de desintegración afecta el espectro de Uranio. El modelo matemático considera únicamente el conteo dentro de la ventana energética y aplica una relación directamente proporcional para el cálculo de la concentración respectiva para los tres elementos. Por consiguiente podemos decir que los valores son principalmente referenciales.

Debemos considerar que las radiaciones gamma ocurren en la parte superficial del suelo, ya que la roca y la humedad de ésta, absorben casi toda la energía a pocos metros de profundidad.

En la malla estudiada se observa un nivel anómalo de emisión de radiactividad en la parte norte, y a lo largo de la quebrada que baja por la parte central de la malla hacia el sur-oeste. El tamaño y la forma de la anomalía son muy parecidos tanto para el conteo total como para cada uno de los tres elementos. Dentro de este nivel alto resaltan los valores más fuertes también del conteo total y de los elementos formando una anomalía de 500 metros de ancho. Las coordenadas referenciales son: E: 218100; N: 8855420. (Datum Psad 56, UTM Zona 18 L) en los planos: ESPECTROMETRIA DE RADIACION GAMMA URANIO (PPM), FIGURA 3A; ESPECTROMETRIA DE RADIACION GAMMA TORIO (PPM), FIGURA 3B; ESPECTROMETRIA DE RADIACION GAMMA POTASIO (%), FIGURA 3C.



### **7.7 Polarización Inducida.**

En este estudio notamos una ubicación no concordante entre la cargabilidad y la resistividad, la resistividad está ubicada al sur de la cargabilidad, la cargabilidad sigue una relación con la falla Caseli existente, por este motivo se propone que el cuerpo de cuarzo es un receptor de los fluidos mineralizantes.

#### **Cargabilidad.**

Se definen una zona anómala en cargabilidad denominada Anomalía IP1, de intensidad entre 10.0 – 13.0 mV/V, que resalta sobre el background de 6-8 mV/m. Esta anomalía ocupa toda la parte nor-este de la malla en estudio, con una longitud de 600 metros, quedando abierta hacia el extremo este de la malla geofísica. La anomalía sólo aflora en el crestón del cuarzo pod Caseli, en el resto de la malla, la anomalía no aflora a pesar que se encuentra a menos de 25 m. de profundidad. La respuesta a la cargabilidad es consistente entre las tres primeras líneas, las cuales han detectado esta anomalía de cargabilidad.

El origen de la anomalía es una mayor concentración de sulfuros diseminados (pirita, covelita, calcopirita). La cargabilidad se registra a diferentes profundidades; 50 m: FIGURA 4A; 100 m: FIGURA 4B; 150 m: FIGURA 4C y 200 m: FIGURA 4D.

#### **Resistividad Eléctrica.**

La resistividad eléctrica indica un background alto en casi toda la malla geofísica, reflejando el alto contenido en sílice en la roca intrusiva. A profundidad los valores de resistividad son aun más altos ya que la roca superficial está generalmente sujeta a meteorización.

Se observa una anomalía de resistividad alta entre 1715.7 ohm-m a 4512.8 ohm-m, localizada en el centro de la malla de estudio. La resistividad se registra a diferentes profundidades; 50 m: FIGURA 5A; 100 m: FIGURA 5B; 150 m: FIGURA 5C y 200 m: FIGURA 5D.

## CONCLUSIONES

- 1) La ubicación geográfica del IOCG Divimín hace que la acción del agua meteórica sobre el yacimiento sea poco notoria, por tal motivo a pesar de los cuerpos de óxido de hierro que existen en la propiedad minera no se aprecian grandes contrastes de colores en la propiedad minera de S.M.R.L. Divimín.
  
- 2) Analizando la geología regional, es muy importante para la exploración minera evaluar el Batolito de la Costa en la costa central del Perú, pues no sólo existen yacimientos modelo IOCG relacionado a rocas antiguas, sino también existe una relación en rocas jóvenes como en las rocas de la Formación Fortaleza?, del Messiniense, que son rocas datadas en 6 millones de años.
  
- 3) Concluyo que es muy importante hacer un adecuado análisis estructural del entorno de los cuarzos pods, para poder entender cuáles fueron los probables caminos usados por los fluidos hidrotermales formadores de cuerpos mineralizados con atractivo económico.
  
- 4) La mayor actividad tectónica en el sector 2 está relacionada a los abundantes afloramientos de diversos tipos de cuerpos, estos cuerpos son: vetas de ortosas con magnetita, de sílice con epidotas; diques aplíticos con potencias mayores a la potencia promedio de los diques aplíticos registrados en las 5000 hectáreas de la propiedad, vetillas de cuarzo con epidotas asociada a malaquita y calcopirita; el registro de estos cuerpos nos hace concluir que la permeabilidad que la roca tenía en este lugar ha sido muy bien

aprovechada por los fluidos hidrotermales. Las leyes en oro de estos cuerpos son mayores a 0.2 gr/TM.

5) Es importante no restringir las exploraciones por yacimientos IOCG a rocas de origen lávico como las andesitas. Para el caso de Divimín las andesitas son las que aportan la mineralización y las rocas caja son intrusivas; pudiendo ser la roca caja cualquier tipo de roca que presente las condiciones adecuadas para la formación de estos yacimientos.

6) El análisis de la geomorfología, de las fallas y de las estructuras del entorno de los cuerpos de cuarzo pod; es muy importante para poder definir la ubicación, forma y dirección de la malla geofísica que se tiene que instalar en el terreno para poder tener un registro adecuado de los cuerpos que se quieren analizar.

7) Concluyo que los cuerpos de cuarzos pods encontrados en Divimín se ajustan a la textura de los cuarzos pods stockworks.

8) El cuarzo pod Caseli está relacionado con los eventos geológicos registrados en el terreno, por tal motivo concluyo, es una parte importante dentro del sistema IOCG debido a que funciona como un receptor en el que precipitan minerales de interés económico.

9) Al describir la forma de la mineralización económica presente en cada cuerpo de cuarzo pod descrito en el capítulo 6, podemos concluir que según las condiciones geológicas en las que precipitó presenta una forma de mineralización de interés económico típico, siendo esta en: diseminado en el cuarzo pod opaco (cuarzo pod Caseli) y en venillas en el cuarzo pod de brillo vítreo.

10) Luego del análisis geológico y de literatura relacionada a los sistemas IOCG existentes en el mundo, puedo concluir que en las cinco mil hectáreas del terreno de propiedad de

Divimín III SMRL, se encuentra emplazado un importante yacimiento con potencial económico muy atractivo.

11) En el desarrollo de esta tesis uso el término "alteración potásica" y también uso el término "alteración potásica sin biotita", la existencia de estas alteraciones pueden estar relacionadas, ser del mismo origen ó pueden ser alteraciones de distinto origen; asumo que proceden del mismo fluido por la abundante presencia de feldespatos potásicos en ambas zonas y las mismas propiedades que tienen los feldespatos potásicos en cada lugar.

12) Es importante poder usar métodos geofísicos de alta precisión para determinar las características del entorno del cuarzo pod Caseli, ya que estos métodos nos ayudan a entender las características a profundidad de los cuerpos y a concluir de manera acertada la posibilidad de futuros trabajos.

13) Luego del análisis de los eventos de mineralización ocurridos en la propiedad minera propongo al cuarzo pod Caseli como uno de los límites del sistema IOCG, el otro límite es el estrato volcán llamado Señal Cerro Negro, ubicado al sur de la propiedad minera, para nuestro caso las rocas que forman el estrato volcán fueron las que aportaron la mineralización económica en el yacimiento, aprovechando el control estructural.

## RECOMENDACIONES.

1) La principal recomendación a la que llego luego de desarrollar este trabajo y de ponerme en contacto con geólogos de mucha experiencia en la investigación de los cuarzos pods, es que se tiene que investigar con mucho detalle y cuidado, pues el origen y los potenciales económicos de los cuarzos pods aún no son conocidos ampliamente y cito textualmente el correo electrónico que me dirigió Alberto Lobo-Guerrero el 18 de mayo de 2013: ***“Le cuento que la existencia de la fuerza de gravedad es bien conocida, pero aún no se sabe qué la produce. Lo mismo sucede con muchos de los fenómenos naturales. Tengo ideas sobre el origen de los cuerpos de cuarzo en los sistemas mineralizados tipo IOCG. Parecen bastante soportadas con base en cartografía geológica, evaluaciones geoquímicas e intuición. Probar en detalle eso, implicaría (por ejemplo) poder datar cada parte del proceso. Para esa clase de investigaciones no hay dinero. De hecho, editores de revistas técnicas internacionales ni siquiera han querido publicar artículos sobre los cuerpos de cuarzo...Hemos desarrollado algunas técnicas para cartografiar ciertos aspectos de los yacimientos usando imágenes satelitales espectrales de alta resolución. Eso es algo novedoso, que se puede aplicar en algunos casos. Dada la enorme variabilidad en las características de los depósitos, explorar este tipo de yacimientos siempre es un proceso de ensayo y error”***.

2) Se recomienda poder definir con las características geológicas encontradas en superficie si es adecuado desarrollar un plan de exploración geofísica en el terreno, estas

características geológicas como: la geología estructural, geomorfología, geoquímica, alteraciones hidrotermales; deben ser interpretadas en conjunto para poder tener un diseño adecuado de las mallas geofísicas que se usará en el terreno.

3) Recomiendo que la toma de muestras debe ser definida de acuerdo a cada uno de los cuerpos que se han encontrado en el terreno y a la forma de mineralización que se puede observar para poder tener un registro fiel de lo que representa cada cuerpo, para nuestro caso en canales perpendiculares a las vetillas o pseudovetillas en el cuarzo pod Caseli y en esquirlas de rocas en la brecha magmática descrita en el capítulo 4.

4) Se recomienda el estudio de inclusiones fluidas para determinar mayores características físico-químicas de la formación del cuarzo pod Caseli, ya que ayudaría a resolver la incógnita del origen de los cuarzo pods existentes en el mundo.

5) Recomiendo se haga un estudio detallado sobre las alteraciones encontradas en la propiedad minera de S.R.M.L. Divimín III para poder tener una interpretación correcta de los yacimientos IOCG y su relación con los cuarzo pods.

6) Recomiendo perforar en la coordenada E: 218250; N: 8855250 con una orientación N45°E y un ángulo de inclinación de 75°, por los datos tomados de la geofísica al cuerpo de interés económico lo encontraremos a 25 metros de profundidad y se prolonga a más de 200 metros de profundidad, los estudios realizados hasta ahora de geoquímica en superficie, que no son parte de este trabajo, nos indican que en la superficie de este punto se registran leyes atractivas en oro, las coordenadas en Datum Psad 56, UTM zona 18 L.

### Referencias bibliográficas.

Antoine de Haller & Lluís Fontbote, 2006. Raul Condestable: a 115 MA old subvolcanic intrusion - Centered IOCG Deposit. Universidad of Geneva, Mineralogy department, Rue des Maraichers 13, CH-1205 Geneve, Switzerland.

Alessandro Sandrin, Robert Berggren, Sten-Ake Elming, 2006. Geophysical targeting of Fe-oxide Cu-(Au) deposits west of Kiruna, Sweden, *Journal of Applied Geophysics*, Elsevier.

Baxter Robert, Meder Robert, Cinist Robert, Berezowski Miron, Chariot Resources Limited, 2006. The Marcona Copper Prospect – Mina Justa Prospect Geology and Mineralisation Lima, Perú. AMEC (Perú) S.A., Lima, Perú. ,XIII Congreso Peruano de Geología.

Biminchumo Sagástegui Guillermo, 2010. Memoria del Prospecto Divimín. Ancash – Lima, Perú.

Cheng Huayong, 2013. External sulphur in IOCG mineralization: Implications on definition and classification of the IOCG clan. *Ore Geology Reviews*, Elsevier.

Cobing John, Sanchez F Agapito, Martinez V William, Zárate Hector, 1996. Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca. Hojas 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j, Boletín N° 76 Serie A. Carta Geológica Nacional Instituto Geológico Minero Metalúrgico.

Dold Bernhard, Fontboté Luis, 2002. A mineralogical geochemical study of element mobility in sulfide mine tailing of Fe oxide Cu-Au deposits from the Punta del Cobre belt, northern Chile, Elsevier.

Ge Rongfeng, Zhu Wanbin, Wu Hailin, Zheng Bihai, He Jingwen, 2013. Timing and mechanisms of multiple episodes of migmatization in the Korla Complex, northern Tarim Craton, NW China: Constraints from zircon U-Pb-Lu-Hf isotopes and implications for crustal growth, Elsevier.

Hunt Julie, Dee Bradshaw Ron Berry, 2011. Characterising chalcopyrite liberation and flotation potential: Example from an IOCG deposit. *Minerals Engineering*, Elsevier.

Lena Virgínia Soares Monteiro, Roberto Perez Xavier, Murray W. Hitzman, Caetano Juliani, Carlos Roberto de Souza Filho, Emerson de R. Carvalho, 2008, Mineral chemistry of ore and hydrothermal alteration at the Sossego Iron oxide-copper-gold deposit, Carajás Mineral Province, Brazil, *Ore Geology Reviews*, Elsevier.

Lobo-Guerrero Alberto, 2004. Quartz pods: an exploration guide to iron oxide-copper-gold mineralization? Presented at Geocongress Africa, 2004, South African Geological Society, Johannesburg South Africa

Michelle C. Tappert, Benoit Rivard, David Giles, Ralf Tappert, Alan Mauger, 2012. The mineral chemistry, near-infrared, and mid-infrared reflectance spectroscopy of phengite from the Olympic Dam IOCG deposit, South Australia, *Ore Geology Reviews*, Elsevier.

Myers John S, 1980. Geología de los cuadrángulos de Huarmey y Huayllapampa Serie A Hojas 21-g y 21-h, Boletín N° 33 Serie A. Carta Geológica Nacional Instituto Geológico Minero Metalúrgico.

Nicholas H.S. Oliver, Michael J. Rubenach, Jaiby-Ann Jacob, Brian G. Rusk, Martina Bertelli, James S. Cleverley, Thomas G. Blenkinsop, David R Cooke, Timothy Baker, Damien Jungman, Bruce W.D. Yardley, Timothy Laneyrie. 2009. Very rapid subsurface hydrothermal

ore deposition mechanisms and the origin of breccias-hosted iron-oxide copper-gold deposits, *Journal of Geochemical Exploration*, Elsevier.

Oliver Nicholas H.S., Rubenach Michel J., Jacob Jaiby-Ann, Rusk Brian G., Bertelli Martina, Cleverley James S., Blenkinsop Thomas G, Cooke David R, Baker Timothy, Jungman Damien, Yardley Bruce W.D, Laneyrie Timothy, 2009. Very rapid subsurface hydrothermal ore deposition mechanisms and the origin of breccias-hosted iron-oxide copper-gold deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, Elsevier.

Romero Fernández Darwin, 2007. Tesis de Maestría "La Cuenca Cretácico Superior-Paleoceno del Perú Central: Un Metalotecto para la exploración de SMV, Ejemplo Mina María Teresa"

Rongfeng Ge, Wenbin Zhu, Hailin Wu, Bihai Zheng, Jingwen He, 2013. Timing and mechanisms of multiple episodes of migmatization in the Korla Complex, northern Tarim Craton, NW China: Constraints from zircon U-Pb-Lu-Hf isotopes and implications for crustal growth. *Precambrian Research*, Elsevier.

Tappert Michelle, Rivard Benoit, Giles David, Tappert Ralf, Mauger Alan, 2013. The mineral chemistry, near-infrared, and mid-infrared reflectance spectroscopy of phengite the Olympic Dam IOCG deposit, South Australia. *Ore Geology Reviews*, Elsevier.

VDG del Perú SAC. 2011. Reporte Geofísico: Magnetometría, Espectrometría y Polarización Inducida. Proyecto Divimin II, Ancash, Perú.



## **ANEXOS**

**ANEXO1:**

**FOTOS DE MINERALES Y EVENTOS RELACIONADOS AL IOCG DIVIMIN.**

1) Una de las características de los IOCG es el reemplazo de la magnetita por los sulfuros.



En esta muestra señalamos parches de calcopirita, está reemplazando la calcopirita a la magnetita, a la magnetita en esta muestra la encontramos muy fina.

2) El manganeso es un elemento asociado a los yacimientos tipo IOCG, en el terreno lo encontramos asociado por lo general a estructuras minerales metálicos, lo tenemos ubicado en el entorno de los cuerpos de cuarzo pods, también dentro de labores artesanales asociado a leyes de oro altas y en otro lugar relleno las aberturas que presentan las rocas producidas por la meteorización esferoidal.



La muestra de la fotografía superior es extrajo de un socavón, en ella se aprecia al psilomelano asociado a una andesita.



El psilomelano que mostramos en foto inferior está relleno los espacios dejados por la meteorización esferoidal, está ubicado a 1 km al este de donde se tomó la muestra que se indica en la figura superior.

3) Otro de los minerales asociados a yacimientos tipo IOCG es la actinolita que aunque no fue encontrada in situ la podemos ubicar como rodados dentro de la concesión, la tenemos asociada a psilomelano, este psilomelano está intercrecido con los minerales de actinolita.



Tenemos a la actinolita con sus típicos cristales verdes aciculares.

4) Existe en el terreno vetilleos de cuarzo que ha arrastrado a superficie minerales de cobre como calcopirita, además de minerales como hematita de carácter magnético, este vetileo es acompañado de minerales de alteración como epídotas, al parecer el fluido formado por sílice atravesó un cuerpo rico en minerales de cobre y de magnetita y lo llevo a superficie, siendo este rodado la evidencia del movimiento que describimos.



La muestra de mano muestra una vetilla de cuarzo con minerales de calcopirita, malaquita y magnetita.

## **ANEXO 2**

**EQUIPOS USADOS EN LOS ESTUDIOS DE MAGNETOMETRIA, ESPECTROMETRIA Y  
POLARIZACIÓN INDUCIDA.**



# OVERHAUSER

MAGNETOMETER / GRADIOMETER / VLF (GSM - 19W V4.0)

## Specifications

### Magnetometer / Gradiometer

Resolution: 0.01 nT (gamma), magnetic field and gradient.

Accuracy: 0.2 nT over operating range.

Range: 20,000 to 120,000 nT, automatic tuning requiring initial set-up.

Gradient Tolerance: Over 10,000 nT/m

Operating Interval: 3 seconds minimum, faster optional. Readings initiated from keyboard, external trigger, or carriage return via RS-232C.

Input/Output: 6 pin weatherproof connector, RS-232C, and (optional) analog output.

Power Requirements: 12V, 200 mA peak (during polarization), 30 mA standby, 300 mA peak in gradiometer mode.

Power Source: Internal 12V, 1.3 Ah sealed lead-acid battery standard, others optional. An external 12V power source can also be used.

#### Battery Charger:

Input: 110/220 VAC, 50/60 Hz and/or 12 VDC  
Output: 12V dual level charging.

#### Operating Ranges:

Temperature: -40°C to +60°C.  
Battery Voltage: 10.0 V minimum to 15 V maximum.  
Humidity: up to 90% relative, non condensing.

Storage Temperature: -50°C to +65°C

#### Dimensions:

Console: 223 x 69 x 240 mm.  
Sensor staff: 4 x 450mm sections.  
Sensor: 170 x 71mm dia.  
Weight: Console 2.1kg, Staff 0.9kg, Sensors 1.1kg each.

### VLF

Frequency Range: 15 - 30.0 kHz

#### Parameters Measured:

Vertical In-phase and Out-of-phase components as percentage of total field.  
2 components of horizontal field.  
Absolute amplitude of total field.

Resolution: 0.1%

Number of Stations: Up to 3 at a time.

Storage: Automatic with time, coordinates, magnetic field/gradient, slope, EM field, frequency, in- and out-of-phase vertical, and both horizontal components for each selected station.

Terrain Slope Range: 0° - 90° (entered manually).

Sensor Dimensions: 14x15x9 cm. (5.5x6x3 inches).

Sensor Weight: 1.0kg (2.2 lb).

Release 4.0



GSM - 19W Overhauser console with sensor and cable. Can also be configured with additional readings sensor for gradiometer (simultaneous) readings and VLF system

## INSTRUMENT DESCRIPTION

### Software Version 4.0

### Physical Overview

The parts of the GSM-19 magnetometer/gradiometer are as follows.

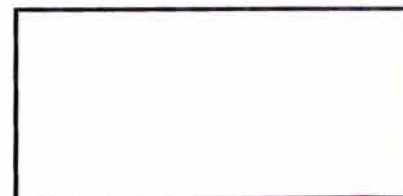
- The sensor is a dual coil type designed to reduce noise and improve gradient tolerance. The coils are electrostatically shielded and contain a proton rich liquid in a pyrex bottle, which also acts as an RF resonator.
- The sensor cable is coaxial, typically RG-58/U, up to 100m long.
- The staff is made of strong aluminum tubing sections (plastic staff optional). This construction allows for a selection of sensor elevations above ground during surveys. For best precision the full staff length should be used. Recommended sensor separation in gradiometer mode is one staff section (56cm from sensor axis to sensor axis), although two or more sections are sometimes used for maximum sensitivity.
- The console contains all the electronic circuitry. It has a 16 key keyboard, a 4x20 character alphanumeric display, and sensor and power/input/output connectors. The keyboard also serves as an ON-OFF switch.
- The power/input/output connector also serves as RS232C input/output and optionally as analog output and/or contact closure triggering input.
- The keyboard, front panel, and connectors are sealed i.e. the instrument can operate under rainy conditions.
- The charger has 2 levels of charging, full and trickle, switching automatically from one to another. Input is normally 110V 50/60Hz. Optionally, 12VDC input can be provided.
- The all-metal housing of the console guarantees excellent EMI protection.

There are several major versions of software for the GSM-19. As of August 92, GEM Systems added a major software upgrade to its GSM-19 family, enhancing its capabilities. This new generation of software (version 4.0) has the following advantages.

1. Diurnal correction (reduction) with interpolation can be used in conjunction with other GSM-19 models with software version 4.0. This allows the base mag to run with longer cycle time. Previous software could do interpolation only with fast GSM-19 types.
2. Memory filing system. Now 50 files can be stored in a directory, and mode of operation can be changed without erasing memory. With the software previous to version 4.0, only 1 file could be retained in memory, and this would be lost when modes of operation were switched.
3. Line and station numbers have been enlarged. Lines can now be 5 digits as opposed to 4 digits in previous software. Station numbers are now 7 digits as opposed to 6 in the previous software.
4. Transmission time has been significantly shortened.



GEM Systems, Inc.  
135 Spy Court  
Markam, ON  
Canada L3R 5H6  
Phone: 905-752-2202  
Fax: 905-752-2205  
Email: info@gemsys.ca  
Web: www.gemsys.ca







## Portable Proton Magnetometer Model G-856AX

- # 0.1 nT resolution and sensitivity
- # Designed for ease of use by non-skilled personnel
- # Digital memory - 12,500 readings
- # Manual data recall, or down load to a PC
- # Versatile, total field, gradiometer or base station use.
- # Rugged weatherproof construction.

The G-856 provides a reliable, low cost solution for a variety of magnetic search and mapping applications. Single key stroke operation means the G-856AX can be operated by non-technical field personnel or used in teaching environments. The G-856AX uses the established proton precession method, allowing accurate measurements to be made with virtually no dependence upon variables such as sensor orientation, temperature, or location. The



G-856AX Arctic Survey



G-856AX Electronic/Battery Console

unit provides a repeatable absolute total field magnetic reading, traceable to the National Bureau of Standards, unlike other magnetic field measurement processes which measure only a single component of the field.

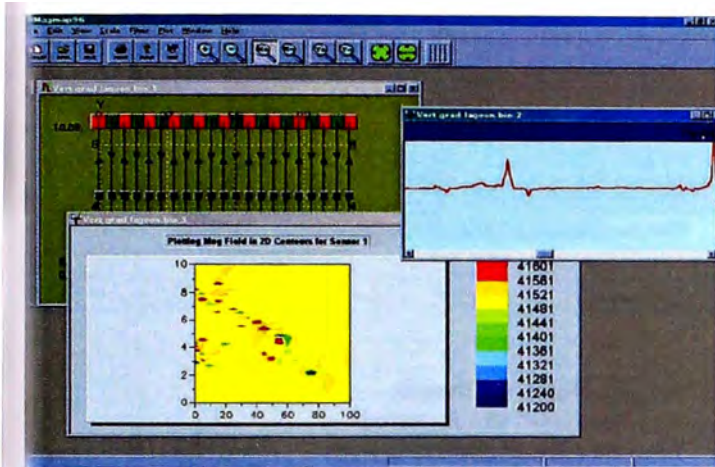
### Applications:

The G-856AX is ideal for mapping geological structures, for mineral exploration, magnetic search for industrial, environmental or archaeological targets. The optional gradiometer attachment gives greater resolution and noise immunity for conducting searches in industrial or high cultural noise environments. Simple operation, large digital data storage capability, and the inclusion of MagMap 96 data transfer and editing software provides a system well suited for both teaching and survey applications.

The automated cycling option with long sensor cable and external power connection allows use of the G-856AX as a Basestation unit for the measurement of diurnal changes in the earth's magnetic field. Diurnal correction data is then downloaded by MagMap96 and can be applied to other 856, 858 or Airborne data.

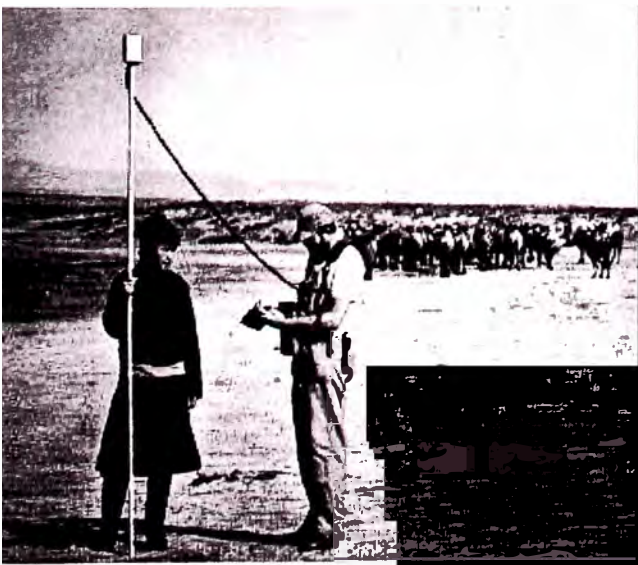
## Superior Data Editing Software.

MagMap 96 allows rapid download of the data from the G-856AX to a PC. Data can be diurnally corrected, profile lines and positions displayed and edited, noisy readings filtered and QC plots of profiles, 2D contour and 3D surface plots made. Data can be exported to Surfer or Geosoft for more sophisticated final maps and analysis. The software requires Windows 95, 98 or NT operating systems.



MagMap96 Display Screen

A thoroughly well proven design (over 2,000 units sold), excellent performance and the lowest price professional system are key features of the G-856AX. Combined with the ease of use, user friendly download/editing software, and readily available commercial contouring programs, the G-856AX represents a complete magnetic surveying package generating high quality data for budget conscious users.



G-856AX Desert Survey in Tibet

## Specifications:

- Resolution:** 0.1 nT
- Accuracy :** 0.5 nT
- Clock:** Julian date, accuracy 5 sec per month.
- Tuning:** Auto or manual, range 20,000 to 90,000 nT
- Gradient Tolerance:** 1000 nT/meter
- Cycle time:** 3 sec to 999 sec standard , can be manually selected as fast as 1.5 sec cycle time.
- Read:** Manual, or auto cycle for base station use.
- Memory:** 5700 field or 12500 base station readings
- Display:** Six digit display of field/time, three digit auxiliary display of line number, day
- Digital Output:** RS-232, 9600 baud.
- Input:** Will accept external cycle command.
- Physical:** Console: 7 x 10.5 x 3.5 inches, (18 x 27 x 9 cm) 6 lbs (2.7 kg)  
Sensor: 3.5 x 5 inches ( 9 x 13 cm) 4 lbs (1.8 kg)
- Environmental:** Meets specifications within 0° to 40°C (32° to 105°F)  
Will operate satisfactorily from -20° to 50°C (-4° to 122°F)
- Power:** 9 each 1.5 "D" Cells
- Standard Accessories:** Sensor, Staff, Chest Harness, Two sets of batteries, RS-232 cable, Operations manual, Applications manual, MagMap96 software
- Options:** Gradiometer attachment. External Power/sensor cable, External power/RS-232/sensor cable, rechargeable battery and charger set.

For More information contact:

## Geometrics, Inc.

2190 Fortune Drive  
San Jose, CA 95131

Tel:408-954-0522

Fax:408-954-0902

[sales@mail.geometrics.com](mailto:sales@mail.geometrics.com)



## MG-12

### Output

120 / 220V AC  
400 Hz / 3 phase

### Generator

Bendix Aircraft Type  
Very durable  
Forced Air Cooled

### Engine

24 HP Honda  
Twin Cylinder

### Size

75cm. x 70cm. x 25cm.

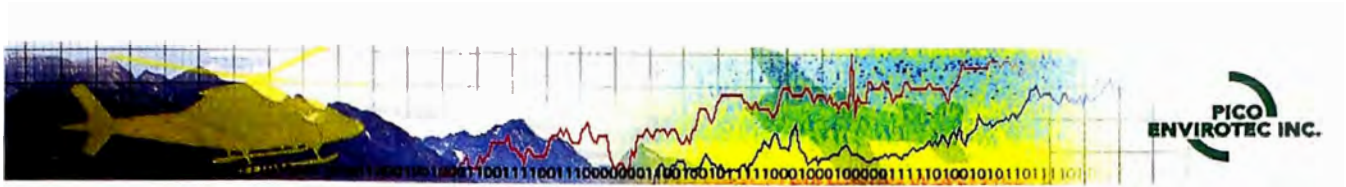
### Weight

125 kg.

### Gasoline Tank

External - to minimize  
shipping problems with airlines

-----  
Above shown with optional voltage regulator



**PGIS-GAMMA RAY SPECTROMETER**

The Real Time Data Acquisition **PGIS - SP** is controlled by a Hand Held Computer (HHC), equipped with a Global Positioning System Receiver (GPS) and all necessary navigation guidance software and designed to operate portable gamma ray spectrometer GRS-2.



The PGIS-SP is designed for fast and reliable ground surveys or monitoring of larger areas where radioactive materials may be buried.

Smart battery charging systems keeps the spectrometer calibrated during battery charging, making it instantly ready for normal operation. The same battery is used for the detector and the HHC.

Small detector (0;76;76) is usually mounted together with the battery and hand carried or fastened on a backpack together with the GPS receiver. Larger detector volumes of up to 4 liter or larger are carried on a backpack or placed on a push-pull cart with or without a motorized drive. The size of the detector should be selected for efficient and reliable data collection.

**PGIS-SP Features:**

- User friendly interface; built in Help system
- Easy to switch between different views: navigation, data charts, spectrum, ets
- Quick start
- Touch screen display 320x240 pixels; customized key pad
- Data sampling: once per second
- Data synchronization to GPS position
- Data file: PEI Binary data format. It is easily converted into ASCII and Geosoft format by a supplied conversion program (PEIView)
- Operator guidance
- High capacity data storage (flash card)
- Operating temperature -10 to 55C

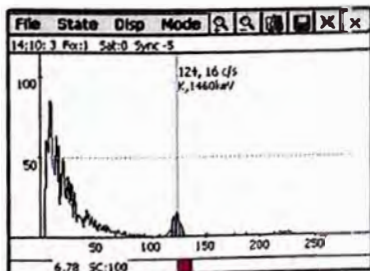


**Supplied software:**

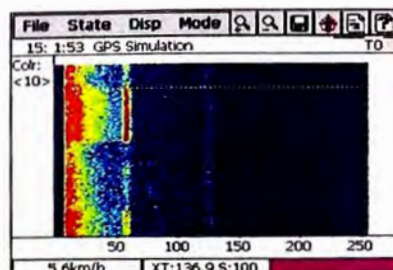
Standard support software (running on PC) supplied with the unit allows fast data QC (PEIView) as well as data format adjustment (Geosoft GBN format and ASCII output). For survey preparation and survey plot after data acquisition (PEIcnv) program is supplied.



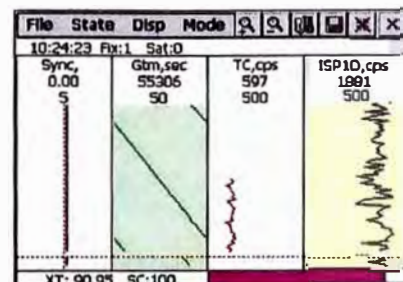
When larger detector volume is needed, motorized cart can be used



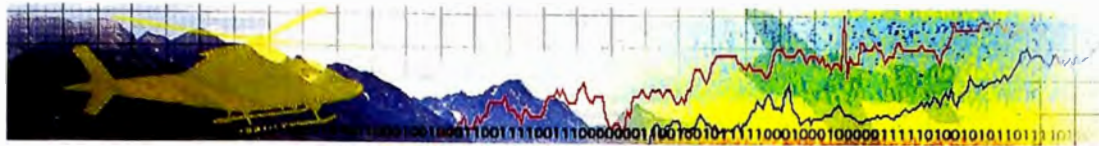
Collected spectra display with navigation guidance cross track bar



Color representation of collected spectra



Channel charts, guiding cross track



Home > Instrumentation > Gamma Spectrometers > Portable Spectrometer

**PORTABLE GAMMA RAY SPECTROMETER GRS-2**

The GRS-2 is an intelligent portable Gamma Ray Spectrometer designed to process and store data from up to two Gamma Ray Detectors.

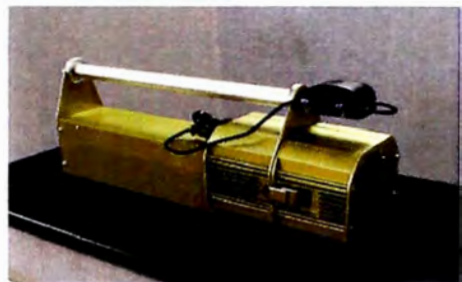
The Intelligent Gamma Detector (IGD) supplies gamma spectra on request. Spectral gain control is completely automated. It is based on natural radio nuclei, greatly simplifying operation and increasing collected data reliability. All spectrometer electronics are placed within the detection sensor. The instrument can be equipped with different radiometric sensors and if required, each of the sensors can be measured and recorded simultaneously.

The smallest detector used is a NaI(Tl) 3in (76mm) in length and 3in (76mm) in diameter. Such a detector is usually mounted together with the battery and hand carried or fastened on a backpack. Larger detector volumes of up to 4 liter or larger are carried on a backpack or placed on a push-pull cart with or without a motorized drive. The GRS-2 is designed for fast and reliable ground surveys or monitoring of larger areas where radioactive materials may be buried.

Smart battery charging systems keeps the gamma spectrometer calibrated during battery charging, making it instantly ready for normal operation.

Larger detector volumes allow continuous measurements (on the go) rather than taking measurements as individual stationary readings for a specified measuring time. The size of the detector should be selected for efficient and reliable data collection.

A library of collected and calculated elements is user definable and can contain up to 50 different channels.



**Data Acquisition:** GRS-2 gamma ray spectrometer integrated into Portable Geophysical Information System PGIS-SP. It is controlled by a Hand Held Computer (HHC), equipped with a Global Positioning System Receiver (GPS) and all necessary navigation guidance software.

**Technical Specifications**

- High voltage controlled remotely via software
- Digital peak detector
- Elimination of Dead Time
- Elimination of pulse pile up
- Count rates of up to 60,000 pps per detector
- Count capacity per channel 65535
- Energy detection range: 36 KeV to 3 MeV
- Cosmic channel above 3 MeV
- Collected spectrum 256 / 512 channels
- Internal spectra resolution 1024
- Includes up to 2 detectors
- Real time automatic corrections: Gain, Linearity
- **Software:**
  - Calibration:
    - High voltage adjustment
    - Linearity correction coefficients calculation
    - Communication test support
  - Real Time Data Collection:
    - Automatic Gain real time control on natural isotopes
  - PC based test and calibration software suite
- Power Requirements: Battery 12VDC

Spectra stabilization:	Real time automatic corrections on radio nuclei: Th, Ur, K. No implanted sources.
Time to stabilization:	Usually less than 3 minutes. (Based on 76mmx76mm detector volume, from cold start.) Smart charger secures gain stabilization during the charge time. Detector stabilization parameters are stored every 15 minutes (almanac) and are used in case till new stabilization parameters are acquired.
Gamma Detector:	NaI(Tl) detector min. volume 0.35 L (approx 21 ci). Other detectors on request.
Resolution:	Detector dependant - better than 9% @Cs <sup>137</sup>
Library:	Up to 50 channels, user or factory defined
Detector carrier:	Hand carried, Back-pack, Staff, Pushpull cart, Motorized Push-pull or Vehicle mounted cart.
Temperature:	operating: -10 to +55 deg C; storage: -20 to +70 deg C
Weight of the sensor:	with battery and 0;3;3; in detector approx 8kg.
Operating time:	Approx. 5 hours @ 20deg C

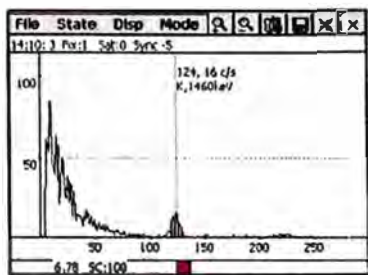
**Mechanical**

**dimensions: w;d;l;**  
 Detector size is defined by:  
 w: is the width, d: is the depth or the diameter and l: is the length of the detector

Detector examples:  
 0;3;3; 16 inch: is a cylindrical detector 3 inches in diameter and 3 inches long  
 2.5;2.5; 16 inch: is a detector 2.5x2.5x16 Inches  
 100;100;400; mm: is a 4 litre detector



TO ^



Collected spectra display with navigation guidance cross track bar



When larger detector volume is needed, motorized cart can be used

# AgGPS 114 DGPS

## Real-time DGPS Smart Antenna

Features and  
Benefits

AgGPS receivers  
and antennas in one  
compact package

meter accurate, real-  
time DGPS operation

magnetic mounting

Control from either  
AgGPS 70 RDL or  
Windows 95/98  
computer

The AgGPS® 114 DGPS Smart Antenna is intended for agricultural users requiring the highest level of convenience in an L-band differential GPS (DGPS) receiver. The unit integrates a high-performance GPS receiver and L-band satellite differential correction receiver with a combined GPS/L-band DGPS antenna in a single, compact, waterproof housing.

### The DGPS Receiver for System Integration

The AgGPS 114 outputs submeter-accurate DGPS positions using NMEA or TSIP data messages to precision agricultural equipment, such as yield monitors and field mapping computers. It is fully compatible with all components of the AgGPS Field Management System.

The AgGPS 114 receiver operates in real-time DGPS using a subscription from either the Omnistar or Racal-Landstar satellite DGPS correction service. Both of these services provide corrections that do not degrade with distance from a base station. In addition, the receiver can use an external source of differential correction in RTCM-104 format. The unit can be upgraded to receive the FAA WAAS and European EGNOS corrections when these services become operational.

The receiver operating parameters are controlled with either the AgGPS 70 Remote Display and Logger (RDL) or the Remote Display Interface (RDI) program running on a Windows 95/98 computer. The user can set all



The AgGPS 114 DGPS Smart Antenna

receiver operating parameters as well as configure and control swathing operations, including setting swath patterns, swath width, start points and end points.

### Accurate Field Guidance with the AgGPS Parallel Swathing Option

The AgGPS 114 receiver and the AgGPS Parallel Swathing Option (PSO) work together to provide accurate field guidance, pass after pass, and can eliminate the need for conventional foam markers. The AgGPS 114 receiver controls the display on the AgGPS PSO lightbar, providing guidance over the field, and minimizing overlap and skip. It also enables operation beyond normal daylight hours so that jobs can be finished in a single day.

### As-Applied Mapping with the AgGPS 170

Using the AgGPS 114 receiver with the AgGPS 170 Field Computer

enables you to control and log the actual application rate of the fertilizer or crop protection material. The AgGPS 170 Field Computer uses an agricultural prescription map to control the application rate. As the material is being applied, the AgGPS 170 Field Computer records both the GPS position and the applied rate in a data file. Meanwhile, the daylight-readable color display shows the vehicle's drive path.

The user also can create permanent vehicle drive paths, reducing the effects of soil compaction caused by uncontrolled vehicle traffic over the field. These permanent vehicle drive paths can be used, for example, to minimize damage to underground drip tape of a drip irrigation system.

Trimble

# AgGPS 114

## Real-time DGPS Smart Antenna

### STANDARD FEATURES

- Completely self-contained in a tough plastic housing
- 12-channel DGPS receiver
- Positioning based on high-performance GPS engine design
- Internal L-band satellite differential receiver
- World-wide operation with both Omnistar and Racal subscriptions
- External RTCM correction input
- Sub-meter differential accuracy
- Two programmable RS-232 serial ports
- CAN bus J1939 compatible
- 1-PPS output
- Outputs GPS position in either NMEA or TSIP data messages
- Configuration software
- Magnetic mount
- Remote Display Interface (RDI) software for Windows 95/98
- WAAS/EGNOS upgradable
- AgGPS 170 Field Computer compatible
- AgGPS 70 Remote Display and Logger compatible

### OPTIONS

- 10-Hz positioning
- Everest multipath reduction
- Parallel Swathing Option

### PHYSICAL CHARACTERISTICS

#### AgGPS 114 Receiver

<b>Weight:</b>	22 oz. (0.52 kg)
<b>Power:</b>	3.1 W, 9 to 32 volts
<b>Operating Temp:</b>	-30°C to +60°C (-22F to +140F)
<b>Storage Temp:</b>	-40°C to +80°C (-40F to +176F)
<b>Humidity:</b>	100% condensing
<b>Casing:</b>	UV-resistant Plastic 6 in. D X 5 in. H (152 mm D X 127 mm H)
<b>Compliance:</b>	FCC Class B, CE, EP 455

### PERFORMANCE CHARACTERISTICS

#### GPS Receiver

<b>General:</b>	12 channel L1 code phase receiver
<b>Update Rate:</b>	1 Hz Standard; 10 Hz Optional
<b>Position Accuracy:</b>	sub-meter differential
<b>Time to First Fix:</b>	<30 sec, typical
<b>NMEA Messages:</b>	GGA, GLL, GRS, GST, VTG, RMC, GSA, GSV, XTE, ZDA, ALM, MSS
<b>Communication ports:</b>	2 ea. RS-232, 1 ea. J1939 (CAN 2.0B)

### RECOMMENDED AgGPS 114 SYSTEM CONFIGURATIONS

- AgGPS 114 used with customer supplied Precision Agriculture Equipment: Order 38200-00
- AgGPS 114 with AgGPS 70 RDL for adding logging and user display I/O: Order 38200-00 and 39600-00
- AgGPS 114 with AgGPS PSO Plus for guidance and logging: Order 38200-00, 34623-40
- AgGPS 114 with AgGPS 170 Field Computer with Guidance: Order 38200-00, 38381-00, and 34623-00

### ORDERING INFORMATION

38200-00	AgGPS 114 receiver complete
33176-10	10 Hz positioning upgrade for AgGPS114
33176-40	Everest Multi-path reduction for AgGPS 114

### ORDERING INFORMATION FOR OTHER AgGPS COMPONENTS/SYSTEMS

<b>34623-20</b>	<b>AgGPS PSO for AgGPS 114 and AgGPS 70 (new model)</b> Includes AgGPS 21 LightBar and cable 39350 for direct connection to AgGPS 114 and AgGPS 70. This model is intended for users who wish to add guidance to the AgGPS 114 with the AgGPS 70 RDL.
<b>34623-40</b>	<b>AgGPS PSO Plus</b> The AgGPS 114 PSO Plus includes the AgGPS 21 LightBar, the AgGPS 70 RDL, and cable 39350. This option is configured for the AgGPS 114. Order 34623-30 for the AgGPS PSO Plus for the AgGPS 124/132 users who wish to add guidance and logging.
<b>38381-00</b>	<b>AgGPS 170 Field Computer</b>
<b>39600-00</b>	<b>AgGPS 70 Remote Display and Logger</b>

Specifications and descriptions are subject to change without notice



Trimble Navigation Limited  
Corporate Headquarters  
645 North Mary Avenue  
Sunnyvale, CA 94086  
+1-408-481-8940  
+1-408-481-7744 Fax  
www.trimble.com

Trimble Navigation  
Singapore PTE Limited  
79 Anson Road  
#05-02  
Singapore 079906  
+65-325-5668  
+65-225-9989 Fax

Trimble Navigation Europe Limited  
Trimble House  
Meridian Office Park  
Osborne Way  
Hook, Hampshire RG27 9HX U.K.  
+44-1256-746-200  
+44-1256-760-148 Fax

Trimble Navigation  
Australia Pty Limited  
Level 1/123 Gotha Street  
Brisbane, QLD 4006  
+61-7-3216-0044  
+61-7-3216-0088 Fax





Transmisor 9000W

## Walcer Model TX 9000



**Power Input**  
125V line to neutral  
400 Hz / 3 phase  
Powered by MG-12

**Output**  
100 - 3200V in 10 steps  
0.05 - 20 Amps  
Tested to 9.25 kVA

**Switching**  
1 sec., 2 sec., 4 sec., 8 sec.

**Metering**  
LED for line voltage  
and output current

**Size**  
63cm. x 54cm. x 25cm.

**Weight**  
44 kg.



# Receiver Model GRX8-32 with PDA



## Features :

- 8 channels expandable to 16, 24 or 32
- Reads up to 32 ch. simultaneously in poles or dipoles
- PDA menu-driven software / simple to use
- 32 channels configuration allows 3D Survey:  
4 lines X 8 channels - 2 lines X 16 channels or  
1 line X 32 channels
- Link to a PDA by Bluetooth or RS-232 port
- Real-time data and automatic data stacking
- Screen-graphics: decay curves, resistivity, chargeability
- Automatic SP compensation and gain setting
- 20 programmable chargeability windows
- Survey capabilities: Resistivity and Time domain IP
- One 24 bit A/D converter per channel
- Gain from 1 to 1,000,000,000 ( $10^8$ )
- Shock resistant, portable and environmentally sealed

**GRX8-32:** This new receiver is a compact and low consumption unit designed for high productivity Resistivity and Induced Polarization surveys. It features high ruggedness allowing to work in any field conditions

**Reception poles/dipoles:** 8 simultaneous channels expandable to 16, 24 or 32, for dipole-dipole, pole-dipole or pole-pole arrays.

**Programmable windows:** The GRX8-32 offers twenty fully programmable windows for a higher flexibility in the definition of the IP decay curve.

**User modes available:** Arithmetic, logarithmic, semi-logarithmic, Cole-Cole and user define.

**IP display:** Chargeability values, Resistivity values and IP decay curves can be displayed in real time. The GRX8-32 can be used for monitoring the noise level and checking the primary voltage waveform.

**Internal memory:** The memory of 64 megabytes can store 64,000 readings. Each reading totalizes one kilobyte and includes the full set of parameters characterizing the measurements on 8 channels. The data is stored in flash memories not requiring any lithium battery for safeguard. The memory can hold many days worth of data.

## PECIFICATIONS

**umber of channels:** 8, expandable to 16, 24 or 32  
**urvey capabilities:** Resistivity and Time domain IP  
**venty chargeability windows:** Arithmetic, logarithmic, semi-logarithmic and user defined  
**nchronization:** Automatic re-synchronization process on primary voltage signal  
**oise reduction:** Automatic stacking number  
**omputation:** Apparent resistivity, chargeability and standard deviation  
**ize:** 41 X 33 X 18 cm (16 X 13 X 7 in)  
**eight:** 7.3 kg (16.2 lb)  
**nclosure:** Heavy-duty Pelican case, environmentally sealed  
**erial ports:** RS-232 and Bluetooth to communicate with a PDA  
**emperature range:** -35 to +60°C (-30 to +140°F)  
**umidity range:** Waterproof, operable in direct rain

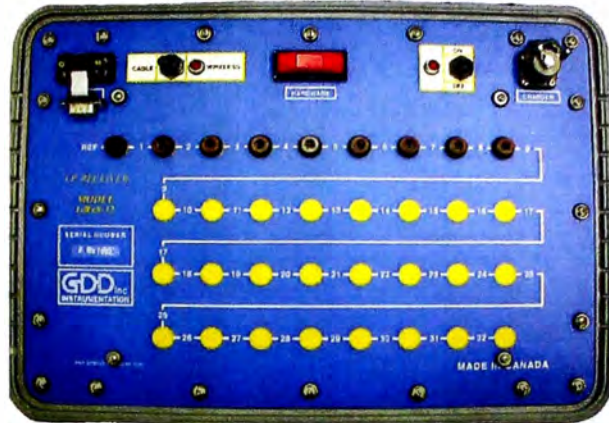
## OWER

**ower:** -12 V rechargeable batteries.  
-Standard plug for external battery.  
-Customers reported to have worked a minimum of 8 hours per day for several weeks at -40°C.

## LECTRICAL CHARACTERISTICS

**round Resistance:** Up to 1.2 M $\Omega$   
**gnal waveform:** Time domain (ON+, OFF, ON-, OFF)  
**me base:** 0.5, 1, 2, 4 and 8 seconds  
**out impedance:** 10<sup>3</sup> G $\Omega$  primary voltage less than 5 V  
5 M $\Omega$  primary voltage more than 5 V  
**imum detectable signal:** 5 nV  
**imary voltage:**  $\pm 10$   $\mu$ V to  $\pm 40$  V for any channel  
**out:** True differential for common-mode rejection in dipole configuration  
**ltage measurement:** Resolution 1  $\mu$ V  
**ffset adjustment:**  $\pm 5$  V, automatic compensation through linear drift correction per steps of 150  $\mu$ V  
**ter:** Eight-pole Bessel low-pass 10 Hz, Four-pole notch 50/60 Hz

## GDD IP Receiver Model GRX8-32



## PDA included with GRX8-32

Standard Juniper - Allegro CX mobile PDA computer provided with the GDD receiver with all accessories.

**Operating system:** Windows CE

Comes with Bluetooth and RS-232



## RCHASE

can be shipped anywhere in the world.

**RENTAL** – available in Canada and USA only

starts on the day the instrument leaves GDD office in Quebec to the day of its return

to GDD office. 50% of the rental fees up to a maximum of 4 months can be credited

towards the purchased of the rented instrument.

## WARRANTY

All GDD instruments are covered by a one-year warranty. All repairs will be

done free of charge at our office in Quebec, Quebec, Canada.

## SERVICE

If an instrument manufactured by GDD breaks down while under warranty or service contract, it will be replaced free of charge during repairs (upon request and subject to instruments availability).

## OTHER COSTS

Shipping, insurances, customs and taxes are extra if applicable.

## PAYMENT

Checks, credit cards, bank transfer, etc.



3700, boul. de la Chaudière, suite 200  
Québec (Québec)  
Canada G1X 4B7  
Phone: +1 (418) 877-4249  
Fax: +1 (418) 877-4054  
E-Mail: [gdd@gddinstrumentation.com](mailto:gdd@gddinstrumentation.com)  
Web Site: [www.gddinstrumentation.com](http://www.gddinstrumentation.com)

Specifications are subject to change without notice  
Printed in Quebec, Canada, 2008