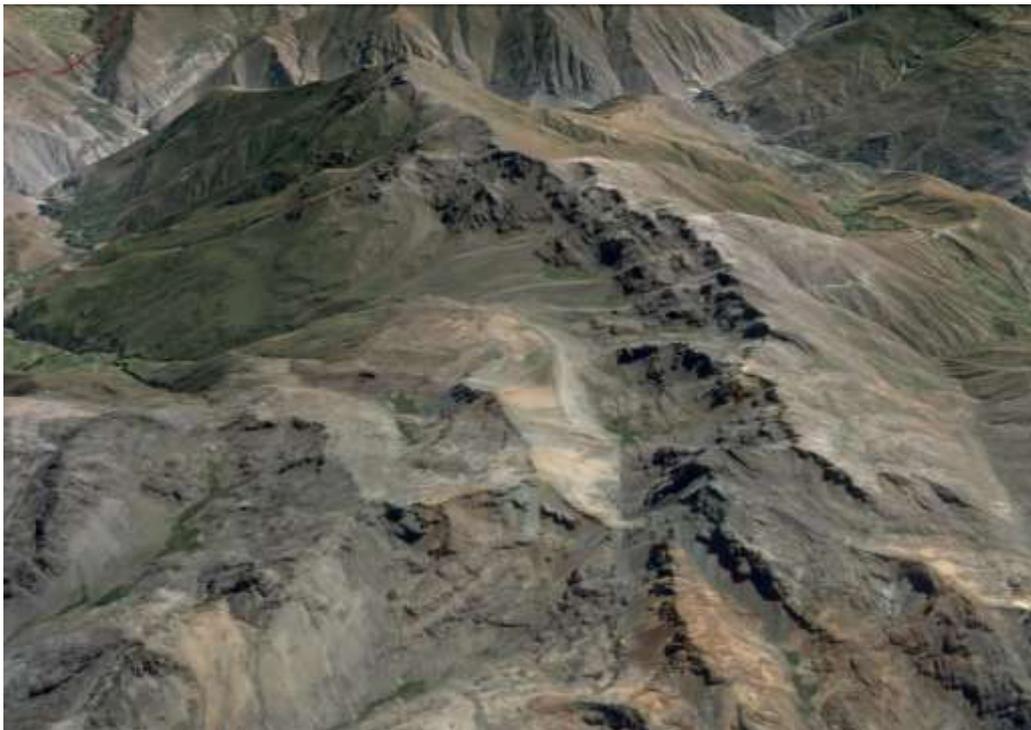




**INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO**

**DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS**

**ACTIVIDAD ANAP's**



**INFORME DE PROSPECCIÓN GEOLÓGICA MINERA  
DEL ANAP ZONA 2 BLOQUE 1 (Lima)**

Geología:

Andrés, ZULOAGA & Elmer H. GÓMEZ.

Geofísica:

Ronald, YUPA & Darwin, CALLA

Febrero, 2018

**INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO**  
**DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS**

**ACTIVIDAD ANAP's**

**INFORME DE PROSPECCIÓN GEOLÓGICA MINERA**  
**DEL ANAP ZONA 2 BLOQUE 1 (Lima)**

Geología:

Andrés ZULOAGA & Elmer H. GÓMEZ.

Geofísica:

Ronald YUPA & Darwin CALLA

**Febrero, 2018**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
1.1. UBICACIÓN Y ACCESOS .....	3
1.2. ESTUDIOS PREVIOS.....	3
1.3. CLIMA Y FISIOGRAFÍA .....	4
1.4. INFRAESTRUCTURA Y RECURSOS .....	4
1.5. CONCESIONES Y PROPIEDAD MINERA .....	6
1.6. TRABAJOS REALIZADOS .....	8
1.6.1. Geoquímica de rocas.....	8
1.6.2. Análisis espectral.....	8
1.6.3. Cartografiado geológico .....	8
1.6.4. Geofísica terrestre .....	8
1.6.5. Trabajo social y seguridad .....	8
1.7. OBJETIVO.....	8
1.8. PARTICIPANTES .....	9
<b>II. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL</b> .....	10
2.1. GEOLOGÍA REGIONAL .....	10
2.1.1. Unidades Lito-estratigráficas .....	10
2.1.1.1. Mesozoico.....	10
2.1.1.2. Cenozoico.....	11
2.1.2. Rocas Intrusivas .....	11
2.2. ASPECTOS METALOGENÉTICOS REGIONALES .....	12
2.2.1. Proyectos mineros y ocurrencias minerales circundantes al ANAP .....	14
2.2.1.1. Mina Invicta.....	14
2.2.1.1.1. Ubicación.....	14
2.2.1.1.2. Geología, alteración y mineralización.....	14
2.2.1.1.3. Recursos minerales .....	14
2.2.1.2. Mina Palma.....	15
2.2.1.2.1. Ubicación.....	15
2.2.1.2.2. Geología, alteración y mineralización.....	15
2.2.1.2.3. Recursos minerales .....	16
2.2.1.3. Aurora Augusta .....	16
2.2.1.3.1. Ubicación.....	16

2.2.1.3.2	Geología, alteración y mineralización.....	16
<b>III.</b>	<b>CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL.....</b>	<b>17</b>
3.1	LITOLOGÍA.....	17
3.1.1	Formación Chicama.....	17
3.1.2	Grupo Casma.....	18
3.1.3	Grupo Calipuy.....	18
3.1.4	Rocas Intrusivas.....	20
3.2	ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN.....	23
3.2.1	Sector Qulash.....	23
3.2.2	Sector Chinchipuquio.....	24
3.2.3	Sector Ayaranga.....	26
<b>IV.</b>	<b>MARCO ESTRUCTURAL LOCAL.....</b>	<b>31</b>
4.1	FALLAS TULPAY – MARAY.....	31
4.2	FALLAS TONGOS – PUÑÚN.....	31
4.3	FALLAS QULASH – CHINCHIPUQUIO.....	32
4.4	PLIEGUE SAN CRITÓBAL.....	32
<b>V.</b>	<b>PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA.....</b>	<b>34</b>
5.1	PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA DE ROCAS.....	34
5.1.1	Recolección de muestras o método de muestreo y enfoque.....	35
5.1.2	Aseguramiento y control de calidad.....	35
5.1.2.1	Análisis de blancos finos y gruesos.....	35
5.1.2.2	Análisis de estándares.....	39
5.1.2.3	Análisis de duplicados campo.....	46
5.1.3	Procesamiento de datos geoquímicos.....	48
5.1.3.1	Coefficiente de correlación.....	48
5.1.4	Interpretación geoquímica.....	52
5.1.4.1	Población Casma.....	52
5.1.4.2	Población Calipuy.....	53
5.1.4.3	Población Intrusivo.....	53
5.1.4.4	Población de Ocurrencias Minerales.....	53
<b>VI</b>	<b>PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....</b>	<b>58</b>
6.1	MÉTODOS GEOFÍSICOS.....	58
6.1.1	Método Magnético.....	58
6.1.2	Método Gravimétrico.....	59

6.1.3	Método de Polarización Inducida (IP) .....	59
6.2	TRABAJO DE CAMPO E INSTRUMENTACIÓN .....	60
6.2.1	Estudios de magnetometría terrestre .....	61
6.2.2	Estudios de Gravimetría .....	63
6.2.3	Levantamiento Topográfico .....	66
6.2.4	Estudios de Polarización Inducida .....	66
6.3	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	70
6.3.1	Procesamiento de Datos Magnéticos Terrestres .....	70
6.3.1.1	Corrección Diurna.....	70
6.3.1.2	Corrección Campo Geomagnética de Referencia Internacional– IGRF 71	
6.3.1.3	Reducción al Polo.....	71
6.3.1.4	Primera Derivada Vertical .....	72
6.3.1.5	Señal Analítica .....	72
6.3.1.6	Inversión de datos de Gravedad .....	73
6.3.2	Procesamiento de Datos Gravimétricos .....	74
6.3.3	Procesamiento de datos Topográficos.....	74
6.3.4	Procesamiento de datos de Polarización Inducida 2D .....	75
6.4	INTERPRETACIÓN.....	75
6.4.2	Interpretación de Polarización Inducida (IP2D) .....	76
6.4.3	Interpretación de Datos de Gravedad .....	77
<b>VII</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>84</b>
<b>VIII</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>86</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>87</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>89</b>

## RESUMEN

El Área de No Admisión de Petitorio (ANAP) Zona 2 Bloque 1 se ubica aproximadamente 130 kilómetros al noreste de la ciudad de Lima, distritos de Pachó, Checras y Andajes provincias de Huaura y Oyón, región Lima. Abarca una extensión de 11,000 hectáreas a una altitud promedio de 4450 m.s.n.m. e involucra terrenos de 6 comunidades que en orden de mayor extensión son: San Pedro de Tongos, Ayaranga, Puñún, Paccho, San Benito y Tulpay, respectivamente.

Las unidades litológicas se caracterizan por presentar cuatro dominios, un dominio sedimentario marino constituido a la base por limo arcillas, areniscas con intercalaciones de estratos delgados calcáreos pertenecientes a la **Formación Chicama** de edad Jurásico, subrayando se tiene al segundo dominio, constituida por rocas volcánico sedimentarias de composición andesítica, piroclásticas, areniscas finas, conglomerados asociados al **Grupo Casma** del Cretáceo inferior. El tercer dominio litológico está constituido por rocas volcánicas-piroclásticas cenozoicas pertenecientes al Grupo Calipuy conformado por andesitas y tobas. Finalmente, el cuarto dominio está conformado por dos stocks de rocas de intrusivas diorita-tonalita y diorita correspondientes al Plutón Colcabamba y Tongos del Batolito de la Costa. Algunos cuerpos de rocas intrusivas del tipo diorita-tonalita pueden también ser mapeadas en especial al norte del ANAP fondo del río Huaura y carretera a Churín.

Estructuralmente el área se encuentra afectada por plegamientos marcados y fallas regionales inversas de rumbo andino como; Tulpay – Maray y Tongos – Puñún, así como fallas menores como Qulash y Chinchipuquio que ponen en evidencia los sectores afectados hidrotermalmente.

Fueron identificados tres sectores prospectivos, con estilo de mineralización del tipo sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) emplazados en rocas del Grupo Casma denominados como; Qulash, Chinchipuquio y Ayaranga, los dos primero con alteración silíceo, diseminación fina de pirita, pirrotina, trazas de calcopirita, cuerpos oxidados goethita<<hematita tipo gossan y jarosita, con valores anómalos de bario. El tercero muy similar a las anteriores, sobre todo en las zonas de Chilgante, Condorccayan y Jaraccoto. Otras zonas con estructuras vetiformes se ubican al norte y sur del este sector.

Los efectos hidrotermales se reflejan en la alteración de tipo sílice-argílica y al borde propílico, asociada a una mineralización de pirita y pirrotita de forma diseminada y semi masiva, y calcita quedando expuestos en los fondos y bordes de quebrada dada la fuerte erosión generada por una topografía muy agreste, asimismo, se aprecia óxidos de hierro

en fracturas o acompañadas con arcillas. De manera puntual y hacia las periferias se manifiesta baritina y calcita sobre todo en el Sector Qulash, es posible observar también zonas con metamorfismo de contacto producto de las intrusiones pertenecientes al Batolito de la Costa.

Fueron recolectadas en total de 207 muestras de roca de las cuales el 60% corresponden a las zonas Tongos y Tulpay, donde, se expone superficialmente dos sectores de alteración-mineralización y con estudios de prospección geofísica se confirman en profundidad importantes anomalías de magnetometría y cargabilidad. Los resultados geoquímicos de las muestras tomadas tienen algunos valores anómalos puntuales para el zinc, plomo, plata, cobre, cadmio, antimonio, bario y manganeso, estos dos últimos son elementos guía para la prospección de mineralización del tipo sulfuros masivos volcanogénicos (SMV).

En el sector Qulash se confirmó en profundidad anomalías de bajo magnético, cargabilidad y resistividades típicas de un sistema del tipo SVM, en superficie se tenía anomalías para Zn, Cu, Ba, Sb, Cd y Mn. La anomalía de cargabilidad que va desde 14 a 26.4 mV/V es notoria desde los 50 metros y persiste hasta los 500 metros. Mientras que en el sector de Chinchipuquio, la prospección geofísica se realizó hacia el sector suroeste y noreste, confirmándose de igual forma anomalías de bajo magnético, cargabilidad y resistividad, muy similares al sector anteriormente descrito, se tenía también valores anómalos para el Zn, Cu, Ba y Sb. De igual forma la cargabilidad de 15 a 30.1 mV/V es notoria desde los 50 metros y persiste hasta los 500 metros en profundidad.

El marco social de las localidades que colindan con el ANAP es bueno, los comuneros conocen los beneficios de la minería y están prestos para apoyar en los trabajos de prospección y exploración.

**Por lo expuesto y resultados obtenidos se considera que esta es un área de interés que deberá de ser promovida a la inversión privada para su exploración.**

## I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET, en cumplimiento a lo dispuesto por el Ministerio de Energía y Minas en el año 2013, dispone la otorgación de un Área de No Admisión de Petitorios (ANAP's), que consta de 11,100 hectáreas denominada como "Zona 2 Bloque 1", mediante Decreto Supremo 007-2013-EM (01 de marzo del 2013).

### 1.1. UBICACIÓN Y ACCESOS

El ANAP Zona 2 Bloque 1 se encuentra ubicada al noreste y aproximadamente a 130 kilómetros de la ciudad de Lima. En los distritos de Pacho, Checra y Andajes que corresponden a las provincias de Huaura y Oyón. El ANAP ocupa terrenos de 6 principales comunidades, estas se mencionan según orden de mayor extensión; San Pedro de Tongos, Ayaranga, Puñún, Pacho, San Benito y Tulpay respectivamente. Asimismo, se sitúa al extremo suroeste de la hoja topográfica Oyón (22-j) con las coordenadas centrales UTM-WGS 84 Zona 18 sur; 291,680 E, 8'792,980 N con altitud máxima de 4715 m.s.n.m. (ver Fig. 1.1).

Para acceder al área central del ANAP se explica en la siguiente tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Ruta de acceso al ANAP.

Ruta	Tipo de vía	Tiempo
Lima – Huacho	Terrestre / Carretera asfaltada	2h.
Huacho – Sayán	Terrestre / Carretera asfaltada	45 min.
Sayán – Poblado de San Pedro de Tongos – ANAP	Terrestre / Carretera afirmada y trocha carrozable	3h.

### 1.2. ESTUDIOS PREVIOS

Se realizaron trabajos de campo dentro del Proyecto GR-12 en el año 2007 (INGEMMET), lo cuales permitieron reconocer un área altamente prospectiva en la región Lima, considerando esta zona con rasgos geológicos, metalogenéticos y geoquímicos favorables para la mineralización. Por tal motivo se recomendó declarar como Área de No Admisión de Petitorios (ANAPs) para el estudio a detalle (tomado de Informe Técnico Interno 2012-DRME).

### 1.3. CLIMA Y FISIOGRAFÍA

En ANAP Zona 2 bloque 1 se ubica en la Cordillera Occidental con altitudes que varía desde 1800 a 4780 m.s.n.m., producto de los procesos endógenos y exógenos ocurridos durante la orogenia andina, en la que se han plegado y levantado rocas de edad cretácica a paleógeno. El clima es frío y seco (boreal), con temperaturas promedio en cuatro meses de 10°C. Entre los meses de octubre y abril ha lluvias y nubosidades, y entre los meses de julio a octubre se observan una época rigurosamente seca con algunas bajas de temperatura, apareciendo finalmente la línea de nieve alrededor de los 5000 m.s.n.m. su principal recurso económico es la agricultura en todo el año. Cuenta con abundante agua en relación con los anexos y comunidades de Lacsanga, Musga, Huácar y Ayaranga.

Por otra parte, los suelos de Checras son propios de páramos y tundras andinas, originados a partir de materiales residuales de naturaleza volcánica (tobas y piroclastos). Son generalmente suelos superficiales, limitados por abundante gravosidad (Chaja) en los horizontes inferiores; sin desarrollo genético.

### 1.4. INFRAESTRUCTURA Y RECURSOS

En los distritos de Paccho y Checras, donde involucra el ANAP, su principal recurso económico es la agricultura, seguida de la ganadería. Sus cultivos corresponden a melocotón, alfalfa, manzanas, paltas, maíz y papa respectivamente, donde, se abastecen con aguas provenientes de 5 microcuencas para cada comunidad. Otro gran potencial del distrito los distritos referidos, es la ganadería para la producción de leche y producción de quesos que son de bastante demanda por la población y visitantes que llegan a Churín.

Se tienen puestos de salud en Puñún y Maray pero con limitaciones en los servicios por falta de personal y medicamentos.

En el tema educativo, la infraestructura es antigua de material noble que merece una atención para indicar un proceso de mejoramiento, pero también tiene limitaciones por la carencia de materiales educativos básicos, pero un asunto pendiente que no se puede superar es que los niños (educandos) tienen que caminar horas para llegar a sus centros escolares y viceversa para regresar. Las carreteras se encuentran en pésimo estado de mantenimiento y una falta de preocupación de las actuales.

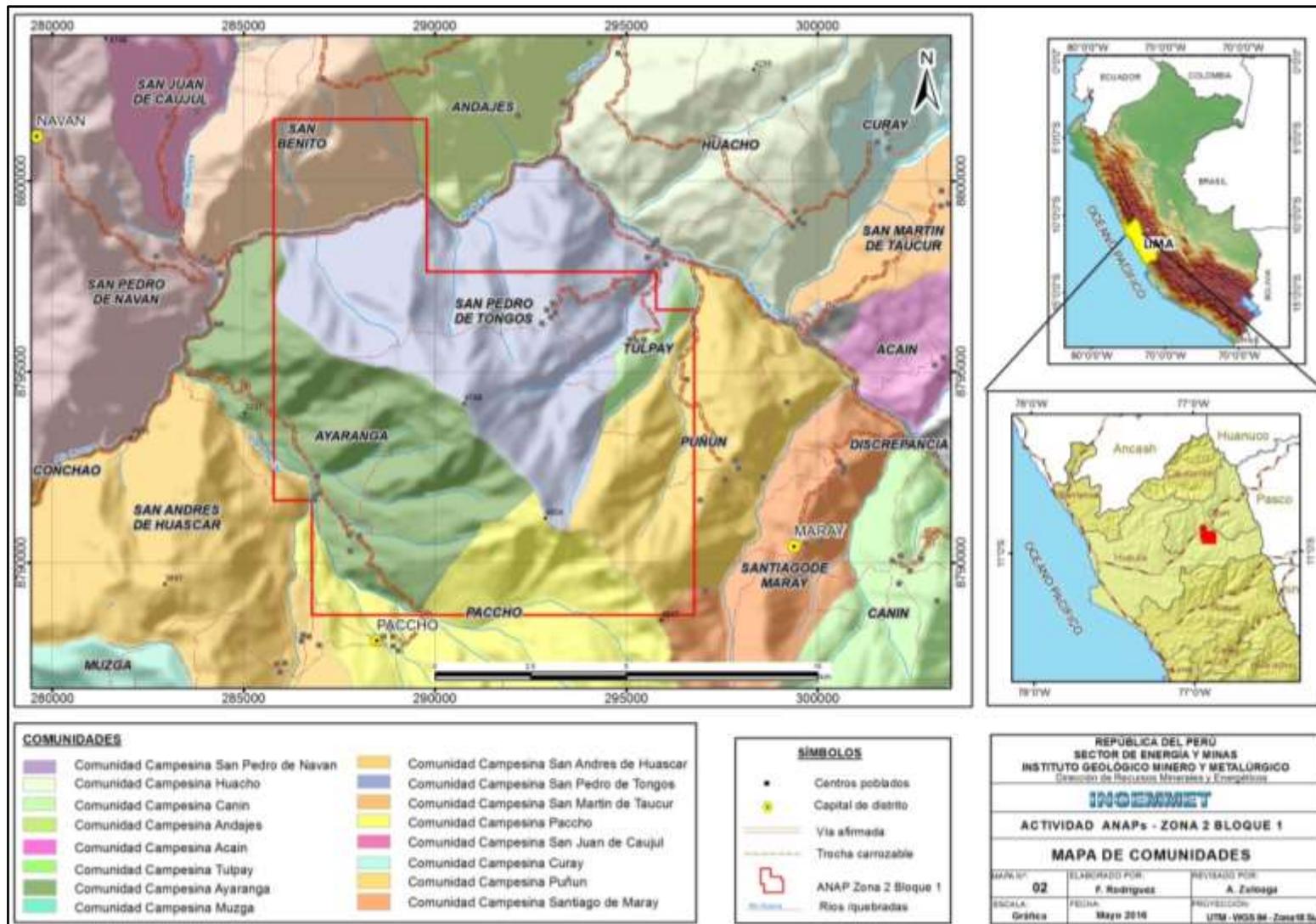


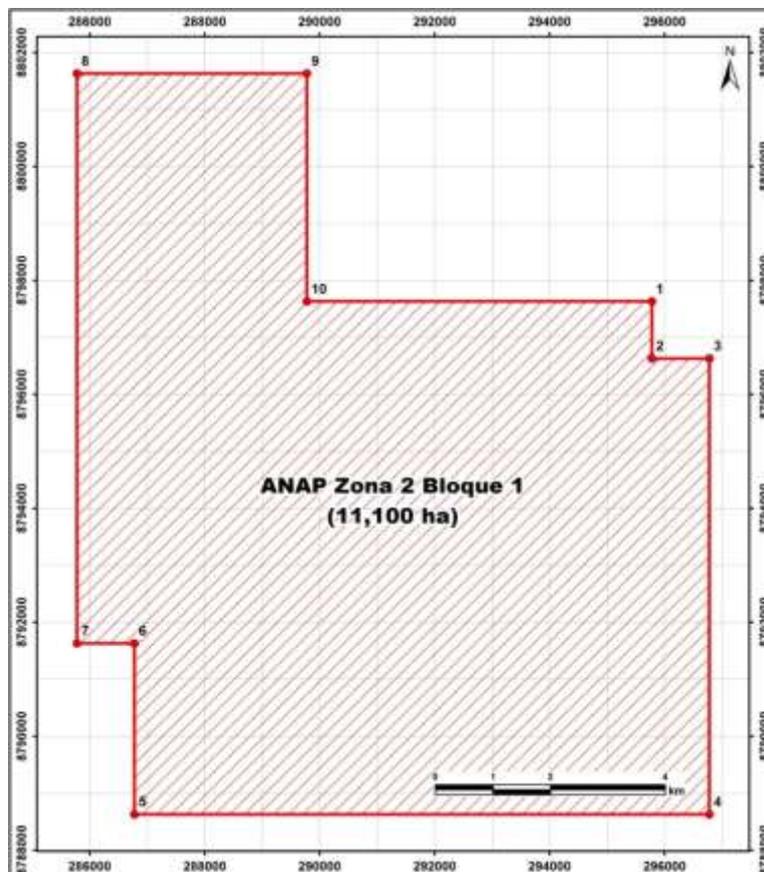
Fig. 1.1. Mapa de Comunidades ANAP Zona 2 Bloque 1.

### 1.5. CONCESIONES Y PROPIEDAD MINERA

El ANAP Zona 2 Bloque 1, involucra 11,100 hectáreas de área superficial, cuyas coordenadas con sus 10 vértices se pueden apreciar en la Tabla 1.2 y Fig. 1.2. El área limita principalmente con tres empresas mineras: por el sur y suroeste con las concesiones mineras de Invicta Mining Corp S.A.C., Newmont Perú S.R.L., y Vale Exploration Perú S.A.C específicamente. Cabe señalar que otras empresas mineras como; Los Quenuales S.A y Pan American Silver Perú S.A.C se ubican lejanamente hacia noreste y norte respectivamente (Fig. 1.3).

**Tabla 1.2.** Vértices UTM-WGS84 del ANAP Zona 2 Bloque 1.

Vértice	Este	Norte
1	295774.76	8797633.20
2	295774.77	8796633.19
3	296774.77	8796633.19
4	296774.85	8788633.15
5	286774.88	8788633.11
6	286774.85	8791633.13
7	285774.86	8791633.13
8	285774.76	8801633.19
9	289774.74	8801633.20
10	289774.78	8797633.18



**Fig. 1.2.** Mapa de ubicación de vértices WGS84 del ANAP Zona 2 Bloque 1.

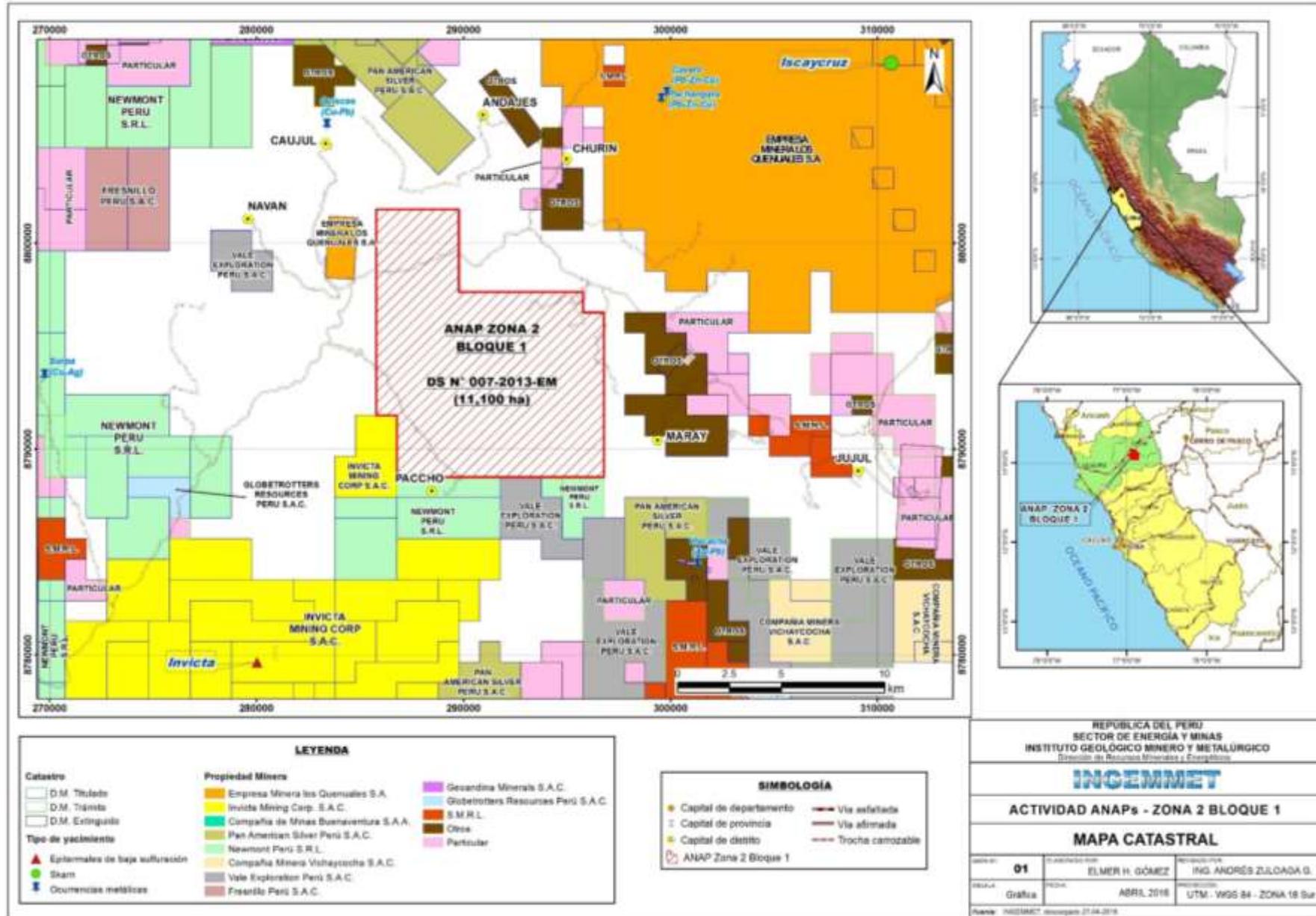


Fig. 1.3. Mapa catastral del ANAP Zona 2 Bloque 1.

## 1.6. TRABAJOS REALIZADOS

### 1.6.1. Geoquímica de rocas

Mediante trabajos de prospección geoquímica local, empleando el método de muestreo tipo aleatorio simple, se tiene 207 muestras de esquirlas (*rock chip*) y canales recolectadas en los años 2016

### 1.6.2. Análisis espectral

Se realizó el procesamiento y determinación de anomalías espectrales de alteraciones hidrotermales como; propilítica, argílica y zona de óxidos, utilizando imágenes ASTER. Elaborado por el Laboratorio de Teledetección (INGEMMET) en el año 2016.

### 1.6.3. Cartografiado geológico

Se llegó a cartografiar los distintos tipos de rocas, controles estructurales, alteración y mineralización a escala 1:25000 y 1:10000, cubriendo las 11000 hectáreas que conforman el ANAP.

### 1.6.4. Geofísica terrestre

En el año 2016 y 2017 se ejecutaron campañas de geofísica para realizar métodos de estudio como; magnetometría, IP/Resistividad y gravimetría, en los sectores mineralizados Qulash y Chinchipuquio.

### 1.6.5. Trabajo social y seguridad

Se realizaron campañas de sensibilización social en los poblados de Tongos, Tulpas, Puñún, Paccho y Ayaranga, con el fin de obtener permisos necesarios para ejecutar estudios de prospección, de las cuales todas salieron satisfactoriamente.

## 1.7. OBJETIVO

Ubicar zonas de interés prospectivo relacionados a depósitos tipo skarn de Zn-Cu-Pb-Ag, depósitos polimetálicos de Pb-Zn-Cu y depósitos tipo sulfuro masivo volcanogénico (SMV).

## 1.8. PARTICIPANTES

Para el desarrollo del este estudio y elaboración del presente informe se tiene a los profesionales Andrés David Zuloaga Gastiaturú y Elmer Hugo Gómez Cahuaya.

El Laboratorio de Petromineralogía (INGEMMET) colaboró con los estudios de petrografía, mineragrafía y petromineragrafía.

El Laboratorio de Teledetección (INGEMMET) colaboró con el procesamiento de imágenes satelitales y definir anomalías espectrales dentro del ANAP.

## II. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

### 2.1. GEOLOGÍA REGIONAL

El ANAP se caracteriza por presentar tres dominios litológicos. Hacia su lado oriental existe un dominio sedimentario marino continental del Grupo Goyllarisquisga del Cretáceo inferior, conformado por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. El Grupo Goyllarisquisga está conformada por intercalaciones de areniscas y lutitas (Fm. Chimú) en la base y hacia el tope aparecen algunos niveles de calizas intercaladas con lutitas y areniscas (formaciones Santa, Carhuaz y Farrat). El segundo dominio litológico está constituido por rocas volcánicas cenozoicas pertenecientes al Grupo Calipuy compuesto por rocas andesíticas. Finalmente, el tercer dominio está conformada por dos stocks de rocas de intrusivas diorita-tonalita y diorita correspondientes al Plutón Colcabamba y Tongos respectivamente.

El ANAP presenta cuatro estructuras regionales que marcan una zona deformada con dirección NO-SE, estos son; Sistema de Fallas Tulpay-Maray, Falla San Cristóbal, Falla Cajacoto y el Pliegue Pucamachay.

Las unidades lito-estratigráficas y rocas intrusivas que se describen líneas abajo han sido tomados de Romero, D., Latorre, O., 2003 (Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón (22-j) cuadrante III, Escala 1:50,000.

#### 2.1.1. Unidades Lito-estratigráficas

##### 2.1.1.1. Mesozoico

**Formación Chicama.-** Corresponde al Jurásico medio-superior, aflora en el extremo noreste del ANAP ocupando un área pequeña (5%). En su litología se distinguen dos miembros; Cabracancha y Churín, la primera corresponde a la parte inferior de la Formación Chicama y está constituida por areniscas cuarzosas rosadas, blancas y grises, intercaladas con limoarcillitas gris oscurar a negras conteniendo lentes y delgados estratos de areniscas Limosas. Mientras que la segunda, corresponde a la parte superior de la Formación Chicama y está conformada por una secuencia compuesta mayormente por limoarcillitas grises a negras, donde se intercalan calizas grises en estratos de 2 a 4 m, así como areniscas grises en estratos delgados y yeso en capas delgadas a manera de lentes de hasta 20 m de espesor.

Respecto a la edad de la Formación Chicama, se debe a los fósiles encontrados en limoarcillitas del Miembro Churín en los alrededores del poblado de Tulpay, siendo estos: *Reineckeia Broncoi STEINMANN* y *Reineckeites*, *Lucina sp* y *Posidonia sp*.

**Grupo Casma.-** Del Cretáceo inferior, aflora en gran parte del área ocupando el 30% del ANAP. Se caracteriza por constituir una secuencia volcánica y sedimentaria, que ha hecho posible distinguir este grupo en dos miembros; Miembro inferior Volcánico y Miembro superior volcano-sedimentario. El Miembro inferior, comienza por una secuencia de conglomerados con clastos de cuarcitas principalmente, seguido de tobas alteradas y hacia la parte media a superior se observan tobas de cristales, tobas cristalolíticas y andesíticas. El Miembro superior, se compone de limoarcillitas negras con intercalada con areniscas finas, calizas y estratos delgados de sílex. En otros sectores se reconocen limoarcillitas negras con laminación horizontal, intercaladas con delgadas con delgados estratos de areniscas, calizas, tobas y coladas volcánicas que pueden alcanzar hasta 300 m de grosor (Mirahuay-Quebrada Paccho).

#### 2.1.1.2. Cenozoico

**Grupo Calipuy.-** Del Paleógeno, aflora en la parte central hacia el sureste del ANAP con tendencia NO-SE y ocupa un 35% del área. Su litología consta de una secuencia compuesta por tobas de cristales, cristalolíticas y coladas volcánicas con brechas y conglomerados con clastos volcánicos. No se tiene datación alguna en esta secuencia volcánica; pero evidenciando que el Plutón de Colcabamba datado entre 20 y 30 Ma, intruye a esta secuencia y tentativamente se asigna a este grupo al Eoceno medio – Oligoceno inferior.

**Depósitos cuaternarios.-** Se tienen depósitos cuaternarios como; morrénicos, aluviales, coluviales y de deslizamiento.

#### 2.1.2. Rocas Intrusivas

A todas estas secuencias sedimentarias y volcánicas descritas anteriormente son intruidas por rocas intrusivas del Paleógeno que se atribuirían a un post Batolito de la Costa?.

**Plutón Colcabamba (PN-co/di,to).-** Aflora en flanco oeste elongado hacia el norte del ANAP y ocupa el 35% del área. Está constituido por una composición que varía de diorita a tonalita. En este Plutón ha sido datado por Cobbing y Pitcher et al., 1981 en: K/Ar sobre hornblenda  $30.2 \pm 1$  Ma, K/Ar sobre biotitas  $20.3 \pm 0.6$  Ma y K/Ar sobre hornblenda  $19.3 \pm 0.3$  Ma. Con estos reportes se le asigna al Oligoceno superior – Mioceno inferior.

**Stock Tongos (Nm-to/di).**- Se ubica en la parte central norte y ocupa un área de 5% del ANAP. Consiste de un cuerpo elongado en dirección NNO-SSE con 1 km de ancho por 2.5 km de longitud aproximadamente y se halla intruyendo al Grupo Casma.

## 2.2. ASPECTOS METALOGENÉTICOS REGIONALES

En el Perú se han definido 23 franjas metalogenéticas (Acosta et al., 2010). Estas franjas representan épocas de mineralización que se extienden a lo largo de sistemas de fallas regionales y litologías que han favorecido la mineralización de depósitos minerales.

El ANAP Zona 2 Bloque 1 se encuentra dentro de la franja metalogenética XXI definido como epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas cenozoicas, que se distribuye ampliamente en el dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental. Según Acosta et al., 2009, esta franja, por el sector centro-norte (10°-13°30') sus principales controles son fallas de rumbo NO-SE de los sistemas Conchao-Cacachacra y Chonta. Asimismo, agrupa a depósitos de Au-Ag (Pb-Zn-Cu) tipo alta, baja e intermedia sulfuración. Según sus edades de mineralización, se les puede subdividir en dos épocas metalogenéticas de 18-13 Ma y 12-8 Ma (*en Acosta et al., 2009: Memoria descriptiva del mapa metalogenético del Perú*).

Como proyectos mineros más cercano al ANAP se tiene a la Mina Invicta, Mina Palma y Mina antigua Aurora Augusta que, se detallarán a continuación. Asimismo, se tiene otras ocurrencias minerales que se ubican alrededor del ANAP, estos son; Caverro (Pb-Zn-Cu), Pachangara (Pb-Zn-Cu), Quiscas (Cu-Pb), Surpa (Cu-Ag) y Vizcacha (Ag-Pb) (*en Geotcamin-INGEMMET 2016*).

Se puede observar el mapa de Franjas Metalogenéticas en la Fig. 2.1

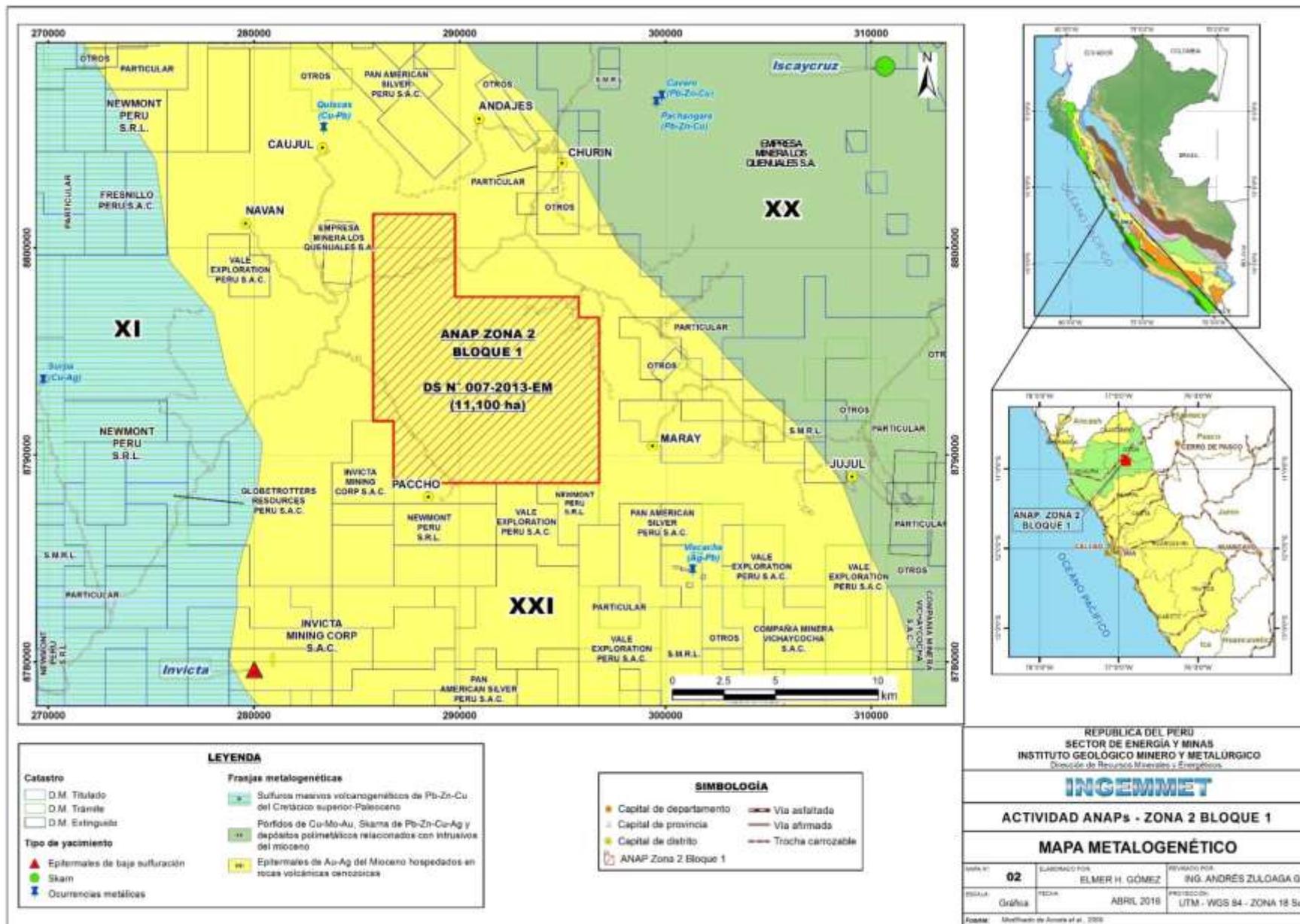


Fig. 2.1. Mapa de franjas metalogenéticas del ANAP Zona 2 Bloque 1.

## 2.2.1. Proyectos mineros y ocurrencias minerales circundantes al ANAP

### 2.2.1.1. Mina Invicta

Tomado de Andean American Mining (2009) y Mejía, R., 2009.

#### 2.2.1.1.1. Ubicación

Se ubica en el distrito de Santa Cruz, provincia de Huaura y departamento de Lima y se encuentra a una distancia de 250 km desde la ciudad de Lima, siguiendo la carretera panamericana norte, el tramo dura un promedio de 4 horas. Cabe señalar que esta mina se ubica al suroeste del ANAP y a una distancia de 17 km en línea recta.

#### 2.2.1.1.2. Geología, alteración y mineralización

El proyecto Invicta es un yacimiento polimetálico de Au, Ag, Cu, Pb y Zn ubicado en la parte central y occidental del territorio peruano.

En los trabajos de exploración permitieron identificar 7 zonas mineralizadas: Atenea, Pucamina, Ydalia, Dany, Zona 3, Zona 5 y Zona 7; solo en Atenea se han ejecutado labores subterráneas.

El área mineralizada está asociada a intrusiones de pórfidos dioríticos del Terciario inferior a medio, que se emplazan en el contacto del volcánico Calipuy y el Batolito de la Costa; esta mineralización es del tipo epitermal – mesotermal relacionada a un ambiente epitermal de baja sulfuración.

El ambiente epitermal se evidencia por la presencia de minerales como cuarzo, galena y esfalerita, mientras en el mesotermal se presentan cuarzo, pirita y calcopirita; es frecuente encontrar una superposición de ambos ambientes.

#### 2.2.1.1.3. Recursos minerales

Se identificaron 5 sistemas mineralizados, donde, solo uno (Atenea) ha sido perforado con 26000 metros. Los recursos minerales suman 1.0 M oz Au más 750000 oz Au equiv. (Como cobre, plata y plus en plomo-zinc).

### 2.2.1.2 Mina Palma

Palma es un proyecto de exploración avanzada con mineralización polimetálica de Zn, Pb, Ag y  $\pm$ Cu de tipo VMS (sulfuros masivos vulcanogénicos). La mineralización está emplazada en rocas vulcano-sedimentarias del grupo Casma (Cretáceo Inferior), Tomado de <http://www.volcan.com.pe/crecimiento/proyectos-exploracion.php>.

#### 2.2.1.2.1 Ubicación

Se ubica a 60 km al sureste de la ciudad de Lima, en el centro poblado de Palma, distrito de Antioquia, Provincia de Huarochirí, departamento de Lima, a una cota de 1,700 msnm. Cuenta con 24,900 hectáreas disponibles de concesiones mineras 100% de la empresa Volcan.

#### 2.2.1.2.2 Geología, alteración y mineralización

Las unidades geológicas están constituidas por lavas y piroclásticos andesíticos con intercalaciones de calizas y margas de la Fm. Quilmaná del Cretáceo medio (Grupo Casma). Al oeste afloran unidades del Batolito de la Costa, ambas unidades son cubiertas, en discordancia angular, por secuencias félsicas del Grupo Calipuy (Paleógeno-Neógeno); los diques microdioríticos y aplitas cortan las rocas antes descritas. Las estructuras regionales tienen rumbo NNE-SSO, las que controlan el fallamiento en bloques, que a su vez es interrumpido por fallas transversales de carácter local. El graben de Palma consiste de un paquete potente de calizas, margas y lutitas que se intercalan con lavas andesíticas y volcanoclásticas, ésta secuencia se adelgaza bruscamente al E y O. La sedimentación y el vulcanismo son controlados por las fallas que limitan al graben.

Parte de la secuencia de la Fm. Quilmaná está metamorfozada por efectos del Batolito de la costa y se han formado hornfels y skarns en los niveles de calizas. Las alteraciones relacionadas con una mineralización del tipo VMS se manifiestan por la presencia de ventanas exhalativas en los bordes del graben, con sulfuros masivos (esfalerita, pirita, calcopirita, galena) con baritina en forma de mantos estratiformes.

La mineralización es generalmente estratiforme y está compuesta por esfalerita-pirita-galena; pirita-pirrotita; calcopirita-pirita. Los niveles superiores y más distales contienen baritina; edad Albiano-Cenomaniano.

### 2.2.1.2.3 Recursos minerales

Se practicó un programa de perforación diamantina de 7,486 metros en 10 taladros, los que confirmaron exitosamente la presencia y persistencia de sulfuros masivos a lo largo de los 2.5 kilómetros, por sectores desplazados por fallas, así como también confirmaron la continuidad en profundidad de los mantos mineralizados. En 2015, mediante la técnica de perforación diamantina, se halló porcentajes de 1.18% Zn, 0.26% Pb, 1.17 Ag oz/Tm y 1.30% Cu.

Estos resultados han generado una gran expectativa por hallar importantes contenidos de cobre en profundidad y refuerza el modelo geológico conceptual con el cual se viene explorando. Según dicho modelo estaríamos acercándonos a la zona de un posible canal alimentador del sistema (feeder) en el cual podría ocurrir un recurso importante de Cu, similar a Cerro Lindo.

### 2.2.1.3 Aurora Augusta

#### 2.2.1.3.1 Ubicación

Se ubica 20 km al NO de la confluencia de la quebrada de Jicamarca con el río Rimac.

#### 2.2.1.3.2 Geología, alteración y mineralización

Las unidades geológicas están constituidas por rocas volcánicas silicificadas del Grupo Casma del Cretáceo medio, las cuales buzanan al SO.

La alteración de sericita y clorita en masa silicificada con sulfuros; las zonas ricas en sulfuros están asociadas a una intensa silicificación, esfalerita y pirita son reemplazadas por calcopirita-cuarzo-sericita.

La zona mineralizada es groseramente concordante y abrupta con los pseudoestratos volcánicos; como evento posterior presenta cuarzo-epidota en forma de vetillas que cortan a las rocas silicificadas.

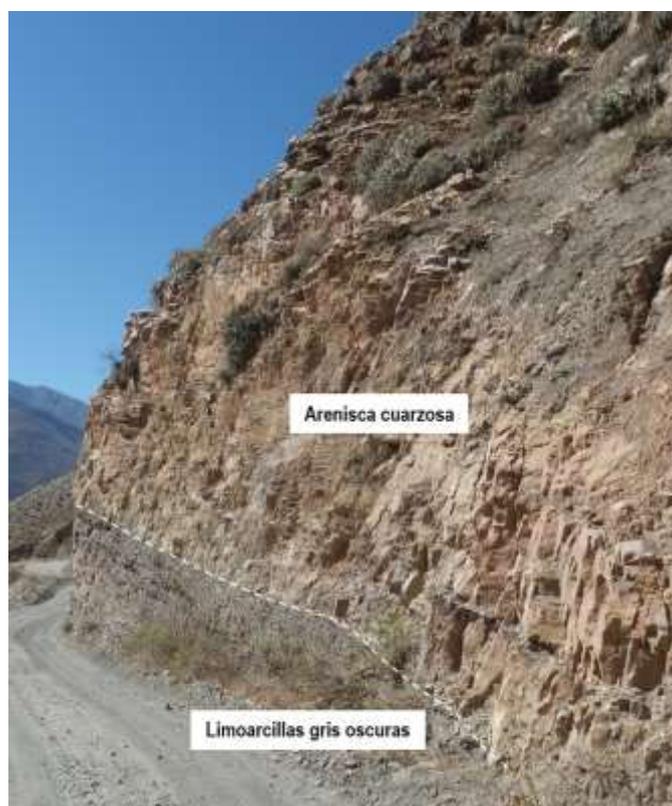
### III. CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

#### 3.1 LITOLOGÍA

La geología local del ANAP Zona 2 Bloque 1 lo conforman principalmente los dominios volcánico sedimentario del Grupo Casma, rocas volcánicas del Grupo Calipuy, rocas sedimentarias del Grupo Chicama y las rocas intrusivas del Batolito de la Costa, el primero de mayor importancia por la identificación de ocurrencias minerales asociadas a la alteración. Estas se pueden observar en la Fig. 3.1 y se describen líneas abajo.

##### 3.1.1 Formación Chicama

La Formación Chicama tiene una edad Jurásico medio-superior y afloran en menor magnitud en la parte oriental del ANAP. A la base se constituye por areniscas cuarzosas rosadas, bancas y grises con intercalación de limoarcillitas gris oscuras a negras. Mientras que hacia el tope se manifiesta una secuencia de limoarcillitas grises a negras, donde se intercalan con calizas grises en estratos de 2 a 4 m de espesor. Estos afloramientos han sido reconocidos en los tramos a los desvíos para los poblados de Tongos y Tulpay. Tiene una estratificación de orientación promedio N55°O y buza entre 20° y 30° al suroeste (Foto 3.1.).



**Foto 3.1:** Afloramiento de la secuencia limoarcillas gris oscura hacia la base y arenisca cuarzosa hacia el tope de la Fm. Chicama. Vista mirando al este.

### 3.1.2 Grupo Casma

El Grupo Casma de edad Cretáceo inferior, corresponde a una litología volcano-sedimentaria, en las que se identificaron tres miembros; inferior, medio y superior.

En el miembro inferior se distinguen de la base al tope conglomerados polimícticos con clastos de arenisca cuarzosa y rocas intrusivas seguidas de andesitas verdes afaníticas con intercalación de lutitas-limolitas tobáceas de color gris marrón y niveles de tobas de color marrón a pardas. Se presentan con una estratificación gruesa y delgada de orientación N35°O y buzamiento variable entre 30° y 50° al suroeste. Se identifican en las partes bajas de los Sectores Qulash y Chinchipuquio.

El miembro medio se constituye principalmente por andesita gris verde de textura afanítica con niveles de tobas violáceas y gris marrones con espesor de 20 cm. En este miembro se identificaron zonas de mayor fracturamiento relacionados a la mineralización de los sectores Qulash y Chinchipuquio, y en las partes cercanas y distales se manifiestan cuerpos de baritina-calcita como parte de la alteración. La estratificación de estas tienen una orientación variable entre N 20° a 55°O con buzamiento de 40° y 50° al SO.

### 3.1.3 Grupo Calipuy

El Grupo Calipuy subyace en discordancia angular al volcano sedimentario Casma, el contacto se da por fallas inversas. Y se reconocieron dos miembros; Inferior y Superior que afloran en la parte central y suroeste del ANAP, respectivamente.

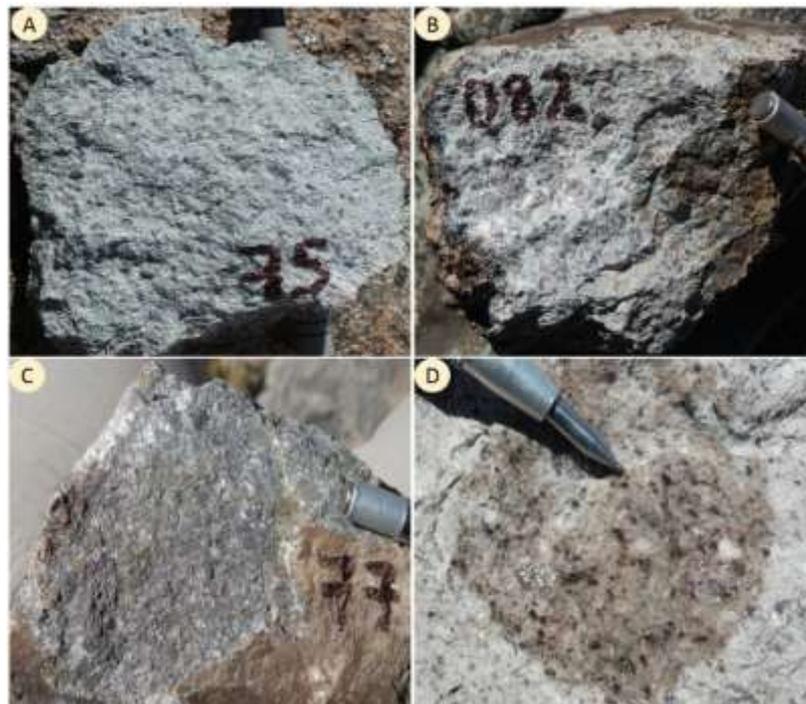
El miembro inferior constituye una secuencia de lavas andesíticas que varía de texturas afaníticas a porfíricas seguida de areniscas tobáceas hacia la base y brechas con aglomerados hacia el tope. Tienen una orientación preferencia N40°O y buzamiento entre 45° a 55° al noreste. Afloran a lo largo del cerro Quichunque (Foto 3.2).



**Foto 3.2:** Afloramiento del miembro inferior del Grupo Calipuy, andesitas porfíricas y brechas-aglomerados volcánicos. Vista mirando al noroeste.

Actividad ANAP's

Mientras que, el miembro superior se caracteriza principalmente por rocas piroclásticas, donde, se tiene andesitas afaníticas de color gris oscuro con intercalación de tobas finas de grano fino y tobas líticas, ambas de color marrón a pardo. Hacia el tope netamente tobas de cristales, semi compactas y compactas con variación de colores; gris blanquecino, gris rosáceo y pardo (Foto 3.3), así mismo se observan orientación de flujo piroclástico (Foto 3.4). La secuencia se muestran bien estratificadas con orientación N30°O y buzan 30-50° al noreste. Afloran a lo largo de los cerros Morada Punta, Mancacuta, Caracoto y Carabina Punta. En campo es de muy fácil la distinción de estas dos categorías del miembro superior y se pueden observar en la Foto 3.5.



**Foto 3.3. A, B, C y D)** Tobas de composición cristalovítrica, compuestas por cristales de cuarzo, plagioclasas, biotitas, feldespato potásico y vidrio volcánico. Se encuentran compactas y semcompactas.



**Foto 3.4.** Hacia el sector izquierdo la secuencia del miembro inferior de lavas andesíticas con intercalación de tobas líticas y hacia el sector derecho el miembro superior del Grupo Calipuy, las tobas de cristales y vidrio. Vista mirando al norte.



**Foto 3.5:** Hacia el sector derecho se muestra la misma secuencia de andesita-toba lítica y hacia el sector izquierdo tobas de cristales. La secuencia corresponde al Grupo Calipuy. Vista mirando al sureste.

#### 3.1.4 Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas expuestas en el ANAP son la diorita, pórfido granodiorítico y diques, y que pertenecen al Batolito de la Costa. Estos intrusivos cortan a las rocas volcano sedimentarias del Grupo Casma, las mismas que se observan en Foto 3.6 y Foto 3.7.

- La diorita de color gris claro a gris verde aflora con tendencia NO-SE y tiene mayor magnitud en el Sector Ayaranga. Cercanos al poblado de Tongos y al Sector Qulash se exponen en pequeños stocks y presentan alteración propilítica débil.
- Apófisis de pórfido granodiorítico y pórfido dacítico, el primero en el Sector Qulash distinguiéndose por fenos de plagioclasas y matriz fuertemente silicificada, así como, diseminación de pirita y trazas de calcopirita. El segundo se evidencia en el Sector Ayaranga cortando a la diorita, con leve alteración argílica.
- Dique de composición microdiorítico cortando a las andesitas del miembro medio del Grupo Casma, presenta alteración propilítica moderada y pirita±calcopirita fina diseminada.
- Dique andesítico de textura porfídica de color verde oscuro cortando a la secuencia de lavas andesíticas y toba líticas del Grupo Calipuy. Tiene un ancho de 8 metros y longitud mayor a 100 metros, con orientación N80°E y buza 70° al noroeste.



**Foto 3.6.** A) Diorita mesócrata de grano medio a fino, fanerítica hipidiomórfica, Sector Qulash. B) Diorita leucócrata inequigranular de grano medio a fino, al norte del Sector Ayaranga. C.) Dique andesítico gris verde de textura porfídica con alteración propilítica, al sur del Sector Ayaranga. D) Pórfido granodiorítico con silicificación fuerte en la mariz microgranuda y pirita-calcopirita diseminada, Sector Chinchipuerto.



**Foto 3.7.** Se observa una vista panorámica mostrando los contactos de rocas intrusivas del Batolito de la Costa con el Grupo Casma y el Grupo Calpuy. Vista mirando sureste.

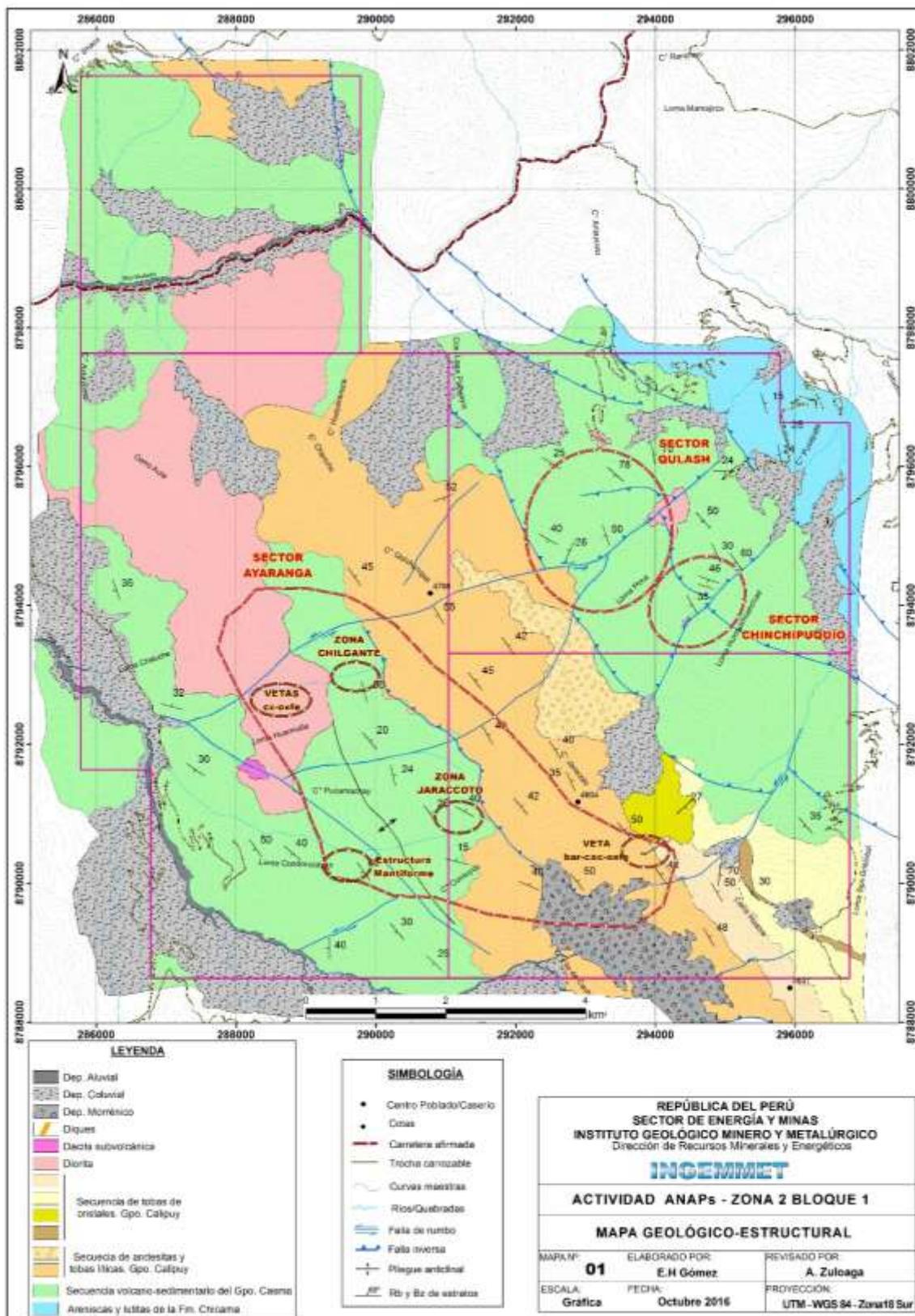


Fig. 3.1. Mapa geológico-estructural del ANAP Zona 2 Bloque 1.

## 3.2 ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

En el Anap Zona 2 Bloque 1 se reconocieron tres sectores con evidencias alteración hidrotermal y tipos de mineralización que sugieren probablemente a un depósito de Sulfuro Masivo (VMS) en profundidad y hospedado en zona intermedia del Grupo Casma. Estos sectores se denominan: Qulash, Chinchipuquio y Ayaranga, los dos primeros me mayor importancia. Los tipos de alteración asociadas a la mineralización corresponden a silicificación-diseminación, argílica-oxidación y propilítica identificadas en estos sectores, las mismas que se observan en la Fig. 3.2 y se detallan líneas abajo.

### 3.2.1 Sector Qulash

En **Qulash**, las andesitas gris verdes sufren fuerte silicificación destruyendo la matriz y se encuentran con mineralización de diseminación fina de pirita-pirrotita con trazas de calcopirita, acompañadas débilmente de baritina y calcita, la roca caja se encuentra fuertemente silicificada, asimismo, se nota óxidos de hierro como hematita-jarosita en fracturas y en pátinas superficiales de la roca. Por partes, se observa pequeños cuerpos de baritina-calcita, tanto en el sector mineralizado y distalmente. La diseminación persiste lo largo de ~ 800 m y mantiene un rumbo NE-SO con una estratificación de N30°O/35-50° SO (Foto 3.8).

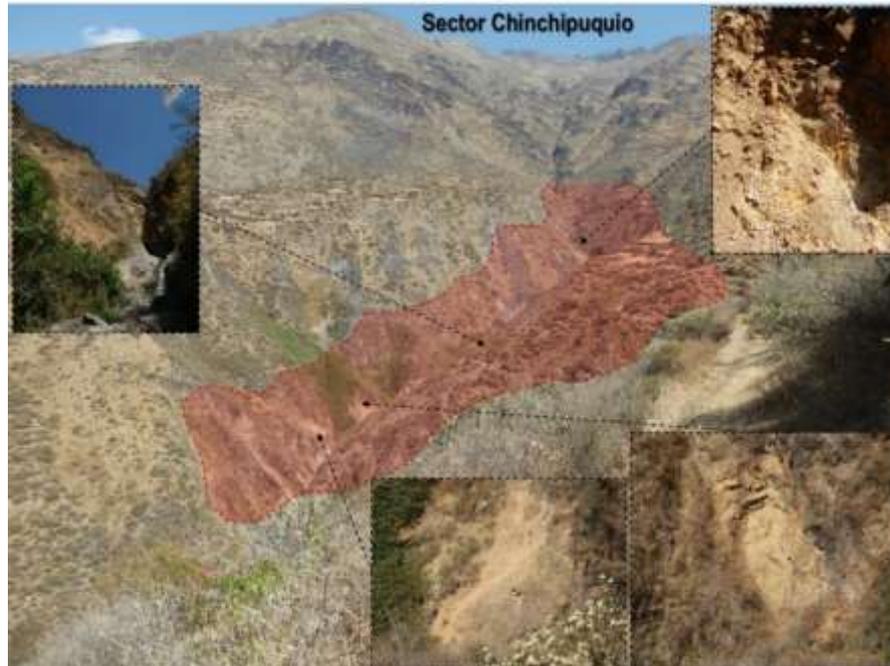


**Foto 3.8.** A) Sector Qulash. Mineralización diseminada de pirita-pirrotita±calcopirita en andesitas del Grupo Casma fuertemente silicificadas con presencia de baritina y calcita. La andesita tiene estratificación de orientación Az 340°/40-50°NO, y la alteración y mineralización persiste en un tramo de ~800 m, quedado abierta hacia la parte superior e inferior que se encuentra cubierta por material cuaternario y vegetación. B-E) Presencia de óxidos de hierro tipo *gossan* (restringidas). C) Hacia la parte superior se muestra la andesita fuertemente alterada a sílice-argílica. D-F) Se nota una alteración de fuerte silicificación con diseminado de pirita-pirrotita. G) Zonas de baritina-calcita.

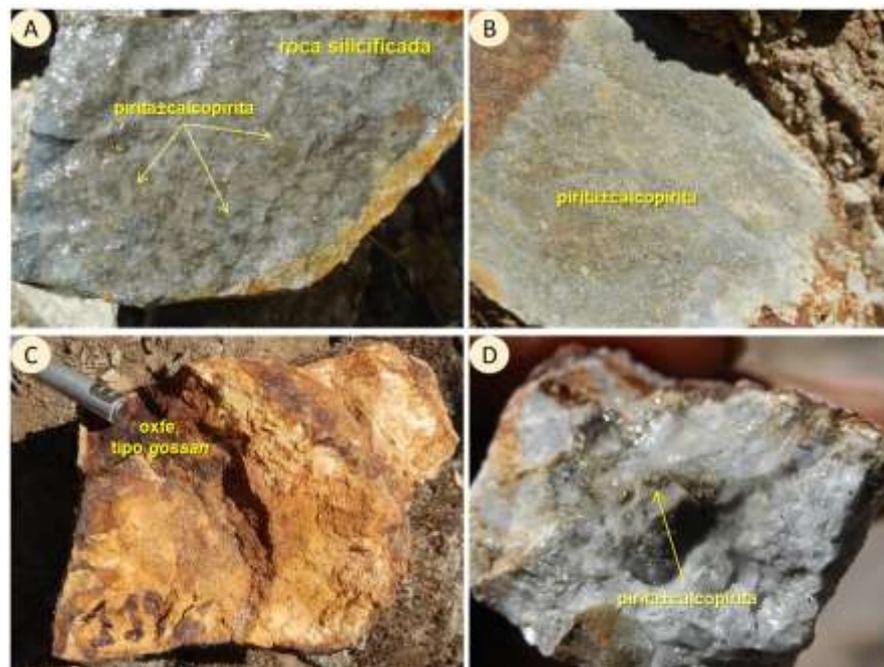
### 3.2.2 Sector Chinchipuquio

En **Chinchipuquio** se observa pirita-pirrotita±calcopirita de forma diseminada, así como en venillas con pequeñas estructuras de stockwork en andesitas fuertemente silicificadas, lo resaltante en este sector es que existe zona de óxidos (*tipo gossan*) hacia la parte superior que se pueden observar en ambas márgenes del río Pocopao, muy restringidas. Puntualmente, se observa una veta de baritina con pirita-pirrotita de rumbo N35°O/35°SO. Asimismo, se identificó un pórfido granodiorítico a manera de apófisis y un dique microdiorítico que cortan al volcánico Casma, ambas con diseminación de pirita-pirrotita, pero el pórfido granodiorítico presenta alteración de sílice en su matriz y mientras que la microdiorita una propilitización moderada. Este sector la alteración y mineralización

persiste en una dimensión de ~500 metros y abierta hacia las márgenes del río Pocpao por estar cubiertas por material cuaternario (Foto 3.9, Foto 3.10 Foto 3.11).



**Foto 3.9:** En el Sector Chinchipuquio se observa ocurrencias de óxidos de hierro con arcillas de manera irregular, la mineralización primaria consiste de pirita-pirrotita±calcopirita de forma diseminada y en fracturas. Ocurre en andesitas fuertemente silicificadas, por partes se aprecia baritina y calcita. Esta ocurrencia tiene una dimensión de ~500 m y queda abierta hacia la margen izquierda de la quebrada Pocpao mirando aguas arriba, es muy parecido a la sector Qulash, con orientación N45°E/35-45°NO.



**Foto 3.10:** Detalle de la mineralización en el Sector Chinchipuquio. A-B) Detalle de py-py diseminada en andesitas silicificadas. C) Evidencia de óxidos de hierro como hematita y jarosita, formando tipo gossan muy restringidas. D) Mineralización de pirita y calcopirita en veta de baritina con calcita, que corta a las andesitas del Casma.



**Foto 3.11.** A y B). Alteración y mineralización en los Sector Chinchipuquio. Fuerte silicificación y mineralización de pirita-pirrotita de forma diseminada y semimasiva. Roca hospedante a andesitas del Grupo Casma. C) Detalle de la mineralización de pirita de tipo semimasivo y en venillas.

### 3.2.3 Sector Ayaranga

En **Ayaranga**, se identificaron 4 ocurrencias minerales y se manifiestan esporádicamente en el volcánico Casma e intrusivos del Batolito de la Costa.

El primero se ubica en el cerro Jaraccoto, donde se aprecia la andesita fuertemente silicificada con fina diseminación de pirita-pirrotita y óxidos de hierro en fracturas, esta ocurrencia es notoria por la anomalía de color amarillento-rojizo en las coordenadas 291,370E y 8'790,960N (Foto 3.12).

El segundo denominado como zona Chilcane se ubica en las coordenadas 259,631E; 8'7902,65N, consta de una nivel de óxidos de hierro como hematita y jarosita con alteración argílica, se encuentra concordante a la estratificación de las andesitas con orientación N75°E y buza 25°SE, tiene un grosor de 20-30 cm y 5 m de largo que se pierde por la cobertura de material coluvial (Foto 3.13).

El tercero muy similar a Chinchipuquio, se ubica en las coordenadas 289,702E; 8'793,025N y se observa silicificación con diseminación de pirita y oxidación en fracturas, superficialmente muestra fuerte anomalía de color amarillento-rojizo (Foto 3.14).

Actividad ANAP's

El cuarto se ubica en las coordenadas 288,619E; 8°792,641N son vetas de cuarzo lechoso con óxidos de hierro dentro del intrusivo diorítico, se manifiestan subparalelas entre sí generando halos de alteración argílica en la caja, tienen ancho promedio de 0.30 m de orientación N50°E y buza 58°NO (Foto 3.15).

Por otra parte, por los territorios de Puñún, se ha identificado una pequeña veta de baritina-calcita con óxidos de hierro, su espesor es de 25 cm y se ubica en la caja techo del dique andesítico de textura porfídica que corta a la secuencia del Grupo Calipuy. Este dique tiene una longitud de ~ 300 m y de 8 m de ancho, se pierde a lo largo de depósitos glaciofluviales (Foto 3.16).



**Foto 3.12.** Zona Jaraccoto. Silicificación fuerte y diseminado de py-po fina, así como óxidos en fracturas. Roca caja, andesitas del Volcánico Casma. Vista mirando al noreste.



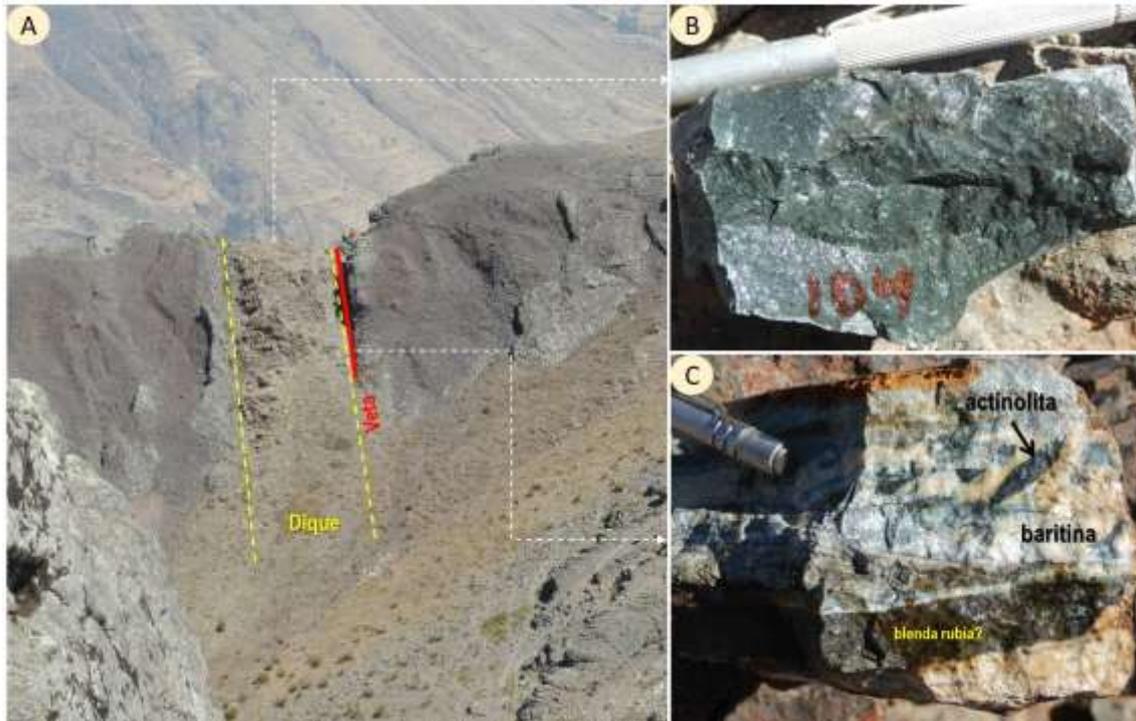
**Foto 3.13.** A) Zona Chilcane mostrando la alteración y mineralización en potentes cuerpos entre 3-6 metros de grosor concordantes a la estratificación y en forma de escalonada en las andesitas del Grupo Casma, vista mirando al este. B y C) Detalle de los cuerpos lenticulares.



**Foto 3.14.** Estructura concordante a la estratificación, presencia de óxidos de hierro con halos argilizados. Ancho de 20-30 cm con orientación Az N75° y buza 25°SE. Roca caja, andesita del Grupo Casma. Vista mirando al sur.



**Foto 3.15.** A) Veta de cuarzo lechoso con presencia de óxidos de hierro, tiene 0.30 m de ancho y orientación N50°E y buza 58°NO. B) Detalle de la veta. C) Roca caja, diorita leucócrata del Batolito de la Costa.



**Foto 3.16:** A) Dique de andesita pórfídica color verde oscuro que corta a las tobas-lavas del Grupo Calipuy, en la caja de techo se emplaza una veta epitermal de 25cm de ancho y tiene una orientación N80°E y buza 70°NO. Vista mirando al oeste. B) Detalle de la andesita con fenos de plagioclasa alterados a clorita débilmente, matriz silicificada. C) Detalle de la veta de baritina-calcita con óxidos y blenda rubia?, presenta clorita y actinolita? como alteración.

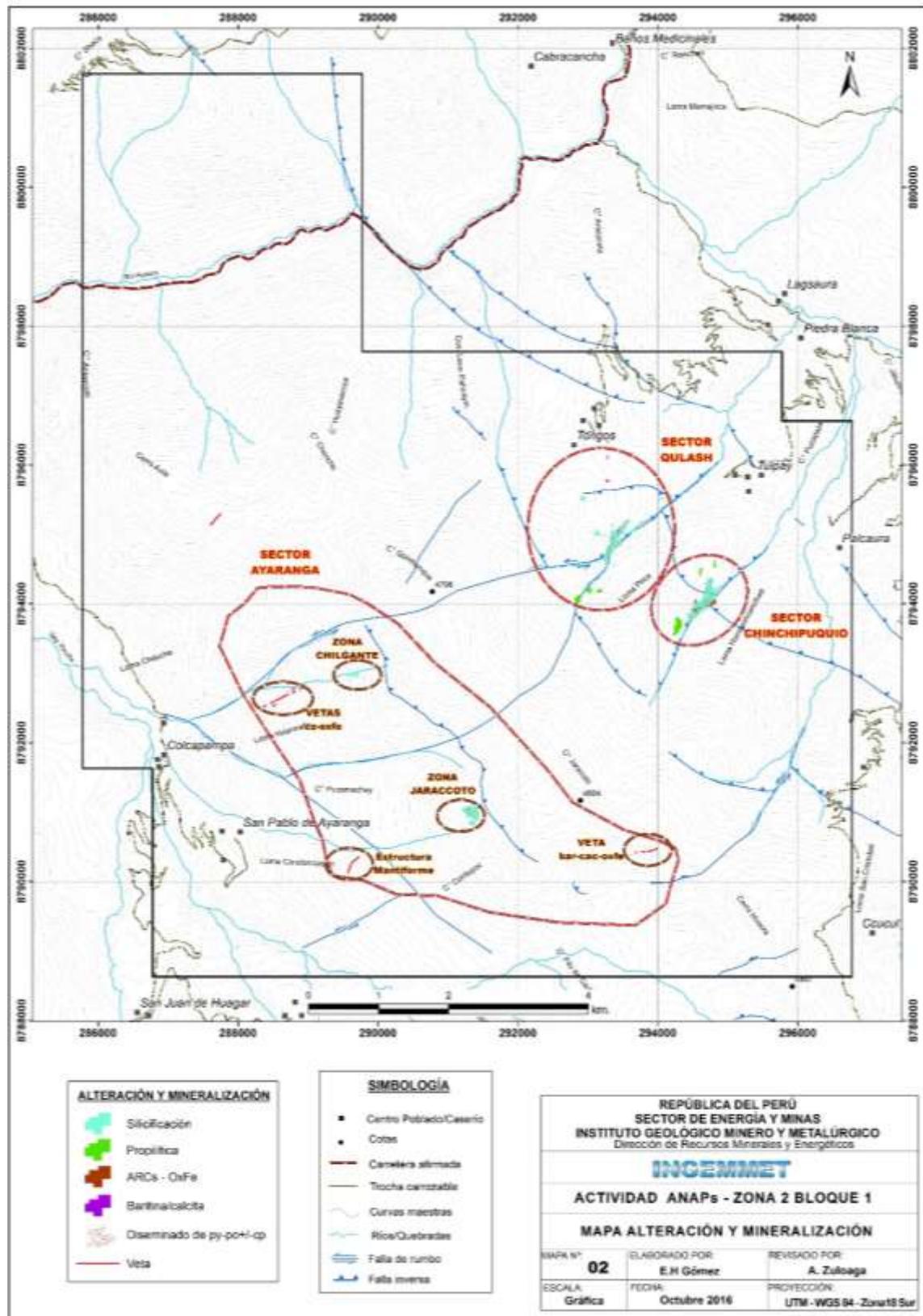


Fig. 3.2. Mapa de alteración y mineralización del ANAP Zona 2 Bloque 1, mostrando los sectores Qulash, Chinchipuquio y Ayaranga.

#### IV. MARCO ESTRUCTURAL LOCAL

El control estructural en el ANAP es importante porque se tienen fallas inversas como Tulpa – Maray, Tongos – Puñún y fallas de rumbo como Qulash y Chinchipuquio que ponen en evidencia los cuerpos mineralizados de Qulash y Chinchipuquio. También se tienen pliegues anticlinales, las mismas que se observan en la Fig. 4.1 y se detallan a continuación.

##### 4.1 FALLAS TULPAY – MARAY

Estas fallas son inversas y se ubican en el flanco oriental del área, hace cabalgar a rocas de la Formación Chicama sobre el Grupo Casma, tiene un alcance variable entre 8 y 10 con orientación NO-SE y buzamiento promedio a 50° al noreste.

Se sugiere que las fallas Tulpay – Maray serían los ramales del Sistema de Churín – San Mateo con la misma tendencia NO-SE, por lo que las fallas Tulpay – Maray serían ramales de este sistema regional.

##### 4.2 FALLAS TONGOS – PUÑÚN

Estas fallas son inversas y se ubican en la zona central del Anap, hace cabalgar las rocas volcano-sedimentarias del Grupo Casma sobre el Grupo Calipuy. Tiene un alcance de 17 km sobre el área con orientación NO-SE (Foto 4.1).

Estas Fallas Tongos - Puñún son parte del Sistema Carac y ramales del Sistema Regional Conchao – Cocachacra también de componente inverso. Habrían actuado como falla normal durante la sedimentación en el Cretáceo superior – Paleoceno. En efecto esto se evidencia por los cambios de espesor, la presencia de mega bloques próximos a la falla y los *slups* (Carlotto et al, 2009).



**Foto 4.1** Vista panorámica, donde se observa el contacto de falla entre el volcansedimentario del Grupo Casma con el Grupo Calipuy.

#### 4.3 FALLAS QULASH – CHINCHIPUQUIO

La falla Qulash de tendencia NE-SO corta al Sistema Tongos – Puñún y tiene un componente inverso buzando al noroeste en el sector mineralizado Qulash en el Grupo Casma, sin embargo hacia el sector Ayaranga se comporta como una falla de rumbo sinistral cortando al Grupo Calipuy y Casma. Tiene un alcance de 10 km aproximadamente.

La falla Chinchipuquio de componente inverso con orientación NE-SO corta al Grupo Casma y tiene menor alcance de 6 km. Se manifiesta en el sector mineralizado Chinchipuquio.

#### 4.4 PLIEGUE SAN CRISTÓBAL

Este pliegue es amplio y de tendencia NO-SE con flancos suaves que afecta al Grupo Casma, se observa en el Sector Ayaranga

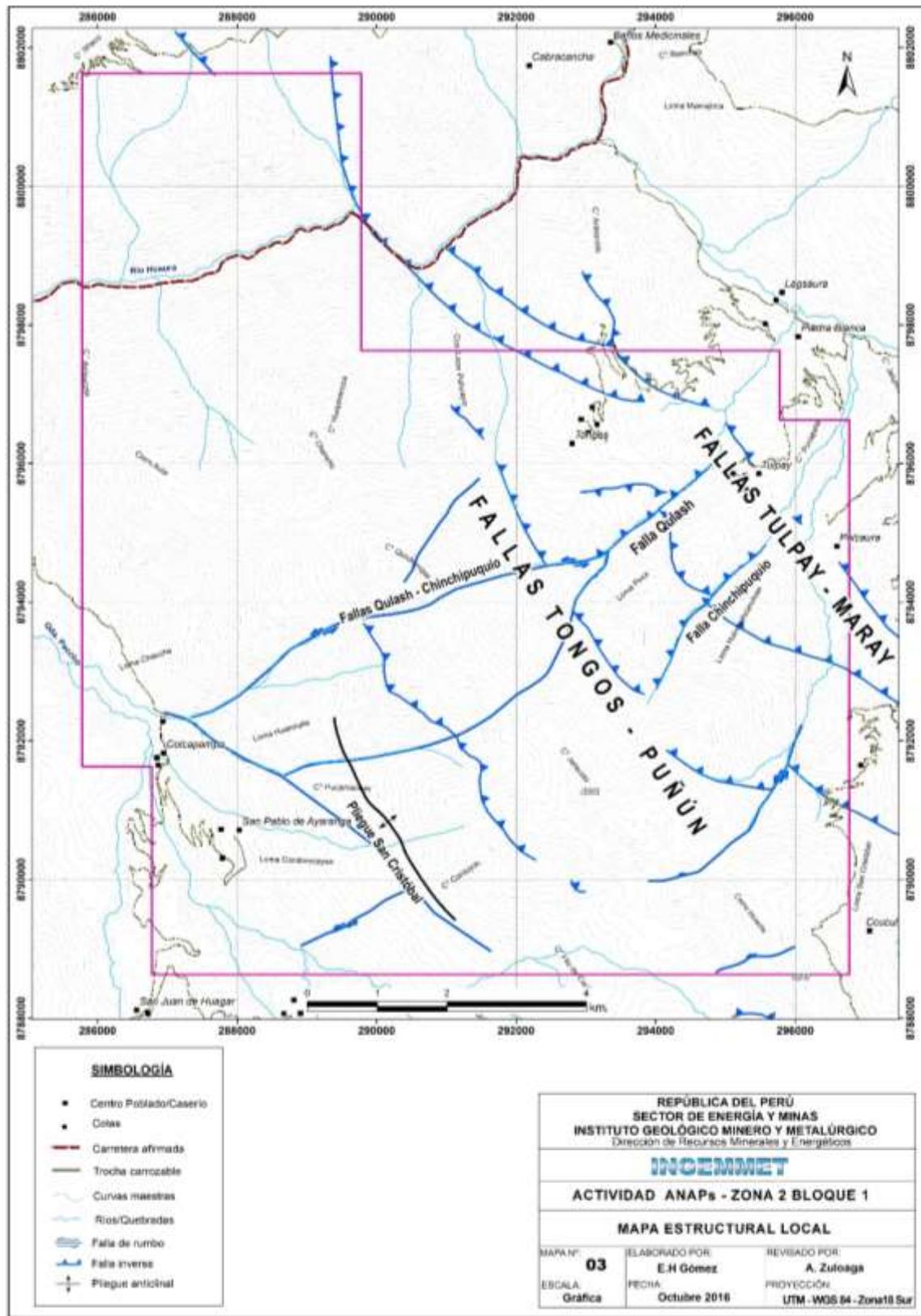


Fig. 4.1. Mapa estructural local del ANAP Zona2 Bloque 1.

## V. PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

### 5.1 PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA DE ROCAS

Durante las campañas de campo ejecutadas en los meses de julio y octubre del año 2016 en el ANAP Zona 2 Bloque 1, se han analizado geoquímicamente 229 muestras, distribuidas de la siguiente manera: 207 muestras de rocas-menas y 22 muestras de control analítico (blancos, estándares y duplicados). Las características de éstas, así como los resultados analíticos se adjuntan en el Anexo I (I.1 y I.2).

El total de muestras fueron analizadas en el Laboratorio de SGS, para el caso de las rocas-menas se empleó los análisis por ICP-MS Digestión Multiácida 50 elementos y ensayo al fuego 50 gr para el Au.

Los límites de detección para cada elemento se muestran en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1.** Límites de detección mínimos y máximos de los elementos reportados por Laboratorio SGS.

Elemento	Lím. Det. Mínima	Lím. Det. Máxima
Au	5 ppb	5 ppm
Al	0.01%	15%
Ba	5 ppm	1%
Ca	0.01%	15%
Cr	1 ppm	1%
Cu	0.5 ppm	1%
Fe	0.01%	15%
K	0.01%	15%
Li	1 ppm	5%
Mg	0.01%	15%
Mn	5 ppm	1%
Na	0.01%	15%
P	50 ppm	1%
S	0.01%	5%
Sr	0.5 ppm	1%
Ti	0.01%	15%
V	1 ppm	1%
Zn	1 ppm	1%
Zr	0.5 ppm	1%
Ag	0.02 ppm	10 ppm
As	1 ppm	1%
Be	0.1 ppm	100 ppm
Bi	0.04 ppm	1%
Cd	0.02 ppm	1%
Ce	0.05 ppm	0.10%

Elemento	Lím. Det. Mínima	Lím. Det. Máxima
Co	0.1 ppm	1%
Cs	0.05 ppm	0.10%
Ga	0.1 ppm	500 ppm
Ge	0.1 ppm	1%
Hf	0.02 ppm	500 ppm
In	0.02 ppm	500 ppm
La	0.1 ppm	1%
Lu	0.01 ppm	0.10%
Mo	0.05 ppm	1%
Nb	0.1 ppm	0.10%
Ni	0.5 ppm	1%
Pb	0.5 ppm	1%
Rb	0.2 ppm	1%
Sb	0.05 ppm	1%
Sc	0.1 ppm	1%
Se	2 ppm	0.10%
Sn	3 ppm	0.10%
Ta	0.05 ppm	1%
Tb	0.05 ppm	1%
Te	0.05 ppm	500 ppm
Th	0.2 ppm	1%
U	0.1 ppm	1%
W	0.1 ppm	1%
Y	0.1 ppm	1%
Yb	0.1 ppm	1%

### 5.1.1 Recolección de muestras o método de muestreo y enfoque

Las 207 muestras de rocas y menas fueron recolectadas por el método sistemático simple a fin de cubrir el área total y ubicar ocurrencias minerales. Para las rocas alteradas, inalteradas y mineralizadas el muestreo es de tipo esquirlas (*rocks chip*) de ~1 pulgada de tamaño y el material acumulado corresponde a 3 kg en un radio promedio a 5 metros. Mientras, que para las estructuras vetiformes y/o mantiformes se empleó el muestreo tipo canal perpendicular al buzamiento.

### 5.1.2 Aseguramiento y control de calidad

Se implementó un riguroso protocolo de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) en el pre y post análisis geoquímico. Se insertaron 22 muestras de control que representan el 9.61%, las mismas que corresponden a 5 blancos gruesos, 4 blancos finos, 5 duplicados de campo, 4 estándares de Au y 4 estándares de Cu, tal como se observan en la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Distribución de muestras de control en los reportes analíticos.

N° Reporte Analítico	Total Muestras	Muestras Roca	Muestras Control	Tipo Control	Detalle	N°	Total
GQ1602094	125	113	12	Blancos	Blanco Fino: Arena sílicea (~0.5mm)	2	2
					Blanco grueso: Cuarzo (1cm)	3	3
				Estándares	*SRM Cu GBM900-2	1	1
					SRM Cu GBM305-3	1	1
					SRM Au GLG901-1	1	1
					SRM Au GLG902-2	1	1
				Duplicados	Campo	3	3
GQ1603514	104	94	10	Blancos	Blanco Fino: Arena sílicea (~0.5mm)	2	2
					Blanco grueso cuarzo (1 cm)	2	2
				Estándares	*SRM Cu GBM900-2	1	1
					SRM Cu GBM912-4	1	1
					SRM Au GLG901-1	1	1
					SRM Au G313-3	1	1
				Duplicados	Campo	2	2
<b>Total</b>	<b>229</b>	<b>207</b>	<b>22</b>			<b>22</b>	<b>22</b>

#### 5.1.2.1 Análisis de blancos finos y gruesos

Los blancos finos corresponden a arena sílicea y los gruesos a esquirlas de cuarzo de ½" de diámetro. Estos blancos se encuentran certificados por el proveedor ACTLAB SKYLINE

PERU S.A.C, las mismas que ubican en el Anexo II.1. Los resultados de estos blancos se muestran en la tabla 5.3 y Figuras de 5.1 al 5.6.

Tabla 5.3. Resultados analíticos de blancos finos y gruesos.

N°	Código	Tipo muestra	Au	Ag	Cu	Pb	Zn
			ppb	ppm	ppm	ppm	ppm
1	Z2B1-16-r-010	BLK Grueso 1cm	<5	0.08	9.8	2.5	11
2	Z2B1-16-r-050	BLK Grueso 1cm	<5	0.07	10.4	3	8
3	Z2B1-16-r-070	BLK Fino 0.5mm	<5	0.04	0.8	1	1
4	Z2B1-16-r-100	BLK Fino 0.5mm	<5	0.05	0.8	1.1	1
5	Z2B1-16-r-110	BLK Grueso 1cm	<5	0.08	11.6	1.8	7
6	Z2B1-16-r-130	BLK Fino 0.5mm	8	0.05	3.3	3.3	13
7	Z2B1-16-r-160	BLK Grueso 1cm	6	0.05	10.8	8.4	8
8	Z2B1-16-r-190	BLK Fino 0.5mm	<5	0.03	0.8	1.8	2
9	Z2B1-16-r-210	BLK Grueso 1cm	7	0.03	7.8	7.3	4

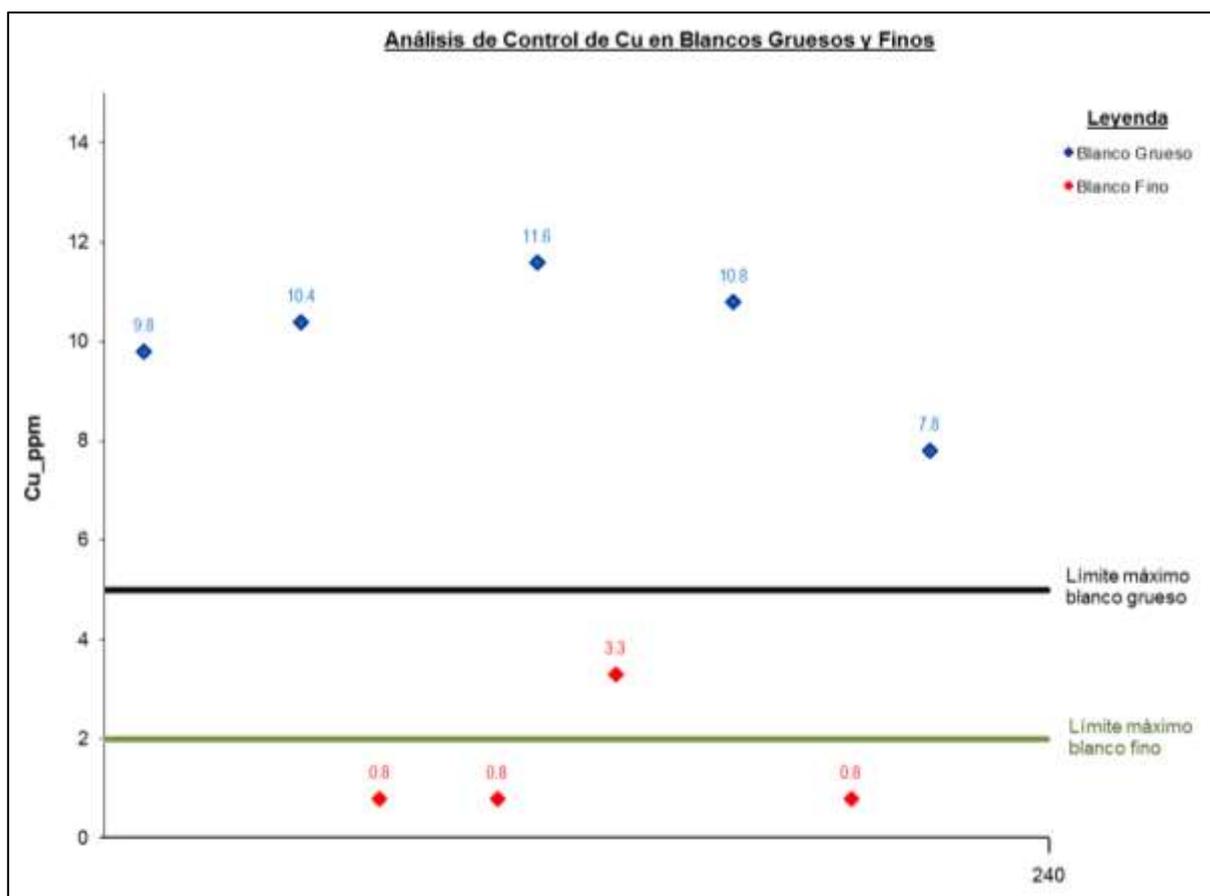


Fig. 5.1. Análisis de control de Cu en blancos finos y gruesos.

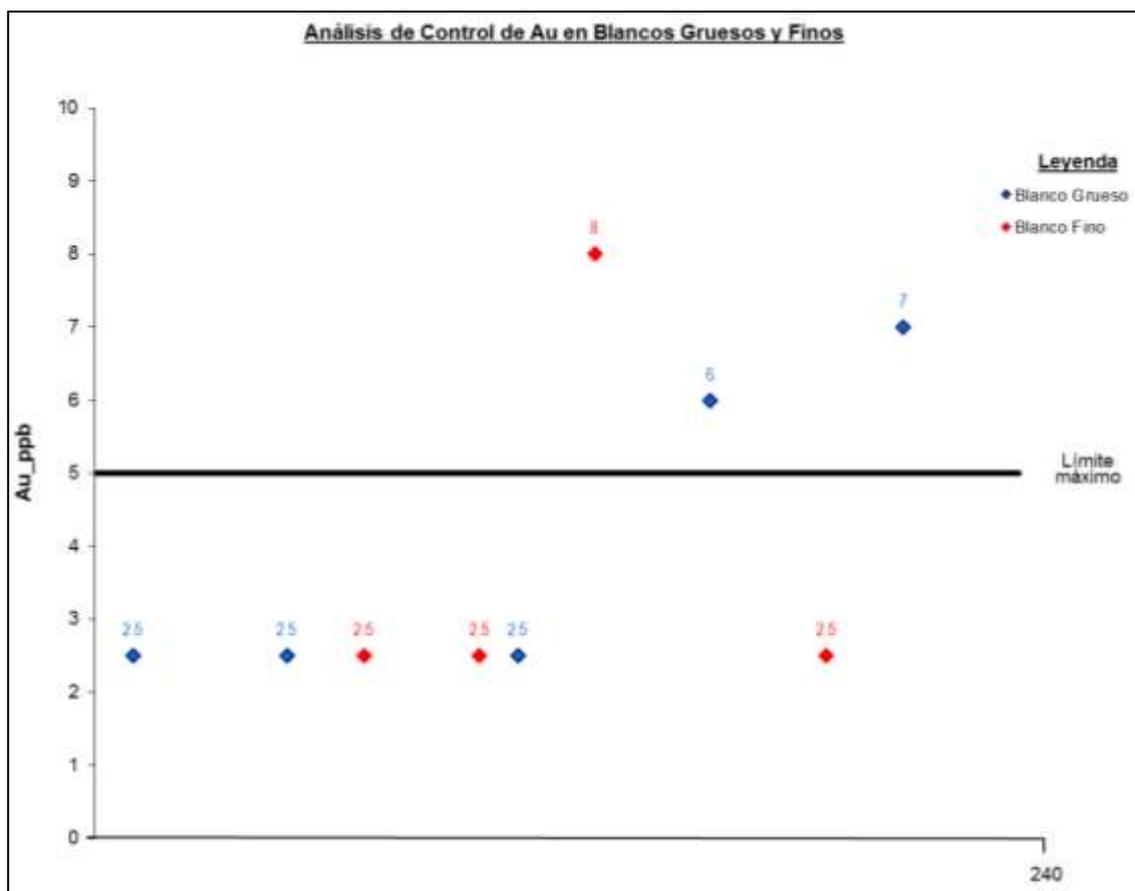


Fig. 5.2. Análisis de control de Au en blancos finos y gruesos.

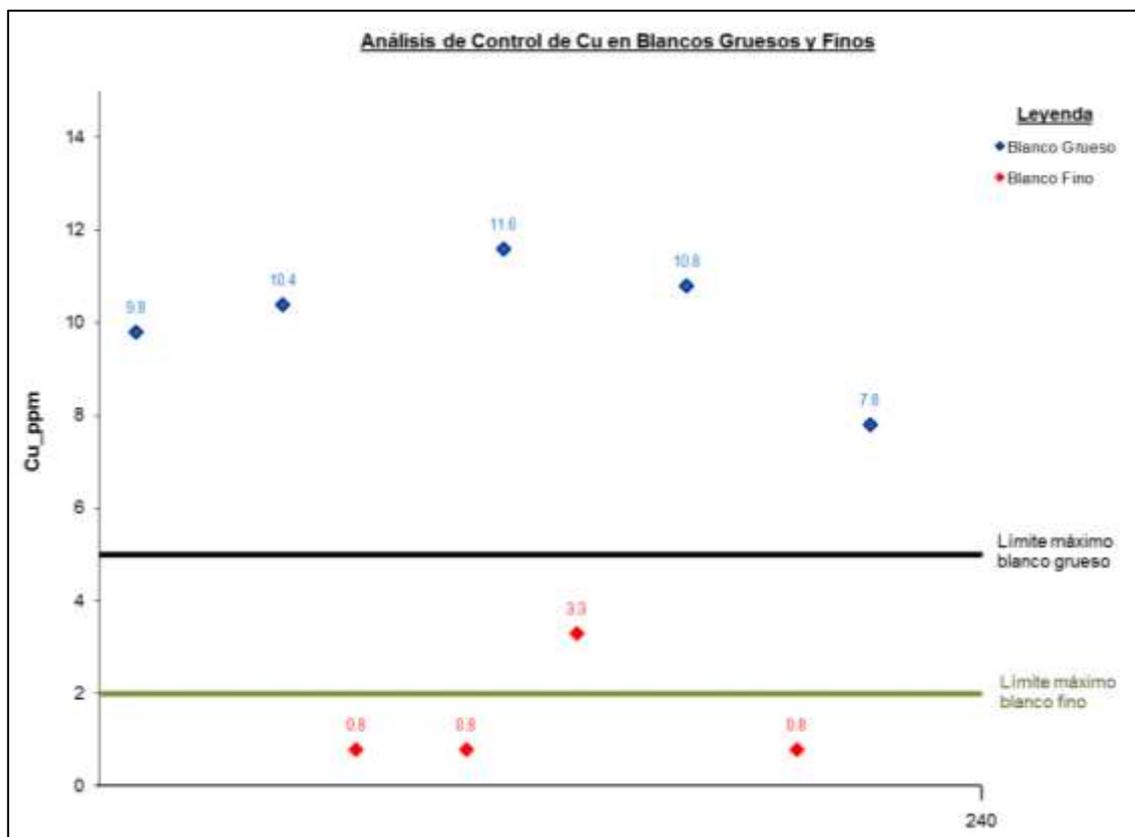


Fig. 5.3. Análisis de control de Cu en blancos finos y gruesos.

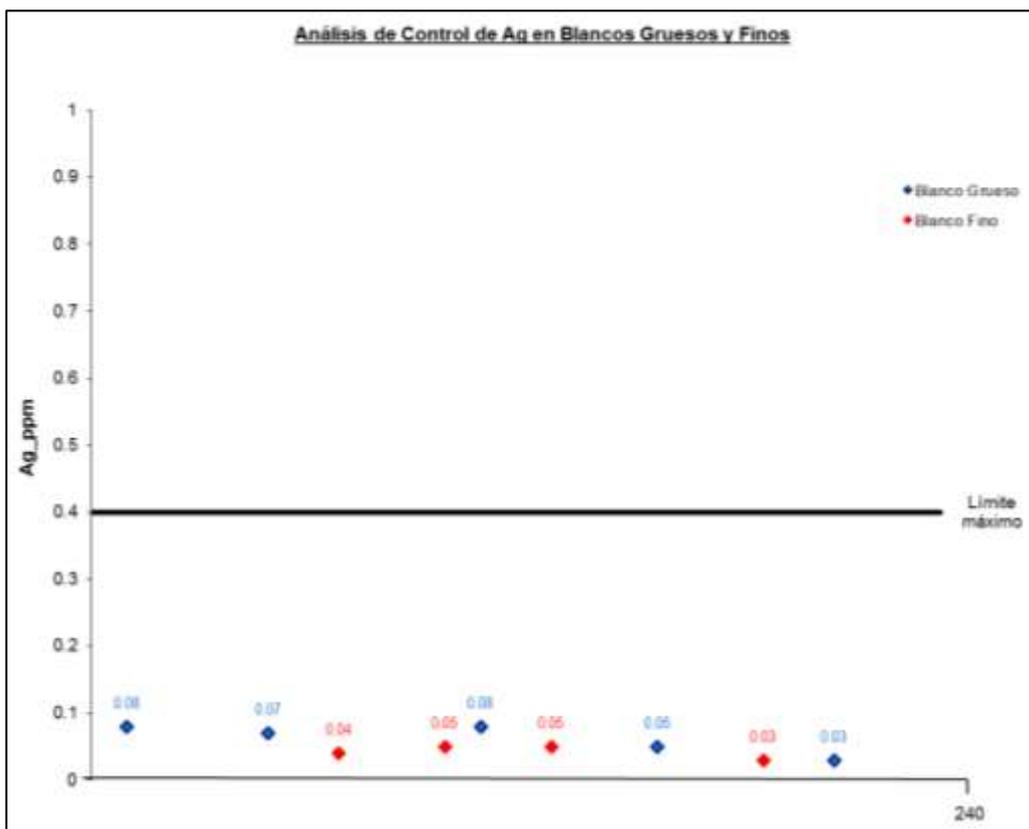


Fig. 5.4. Análisis de control de Ag en blancos finos y gruesos.

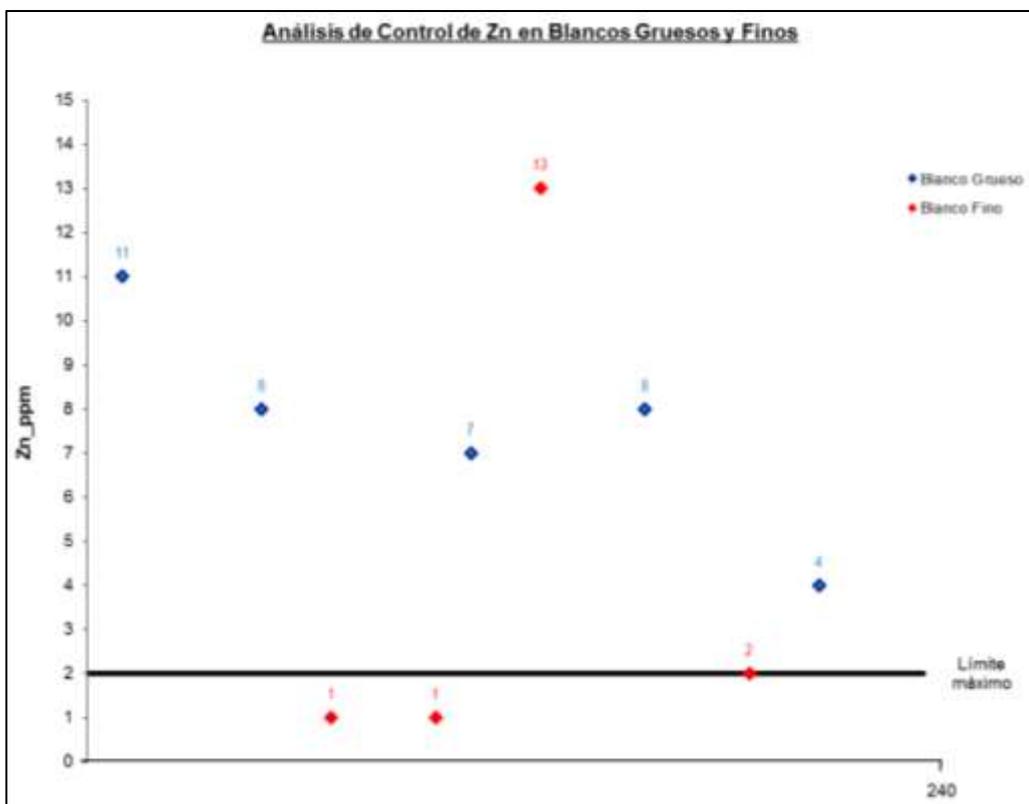


Fig. 5.5. Análisis de control de Zn en blancos finos y gruesos.

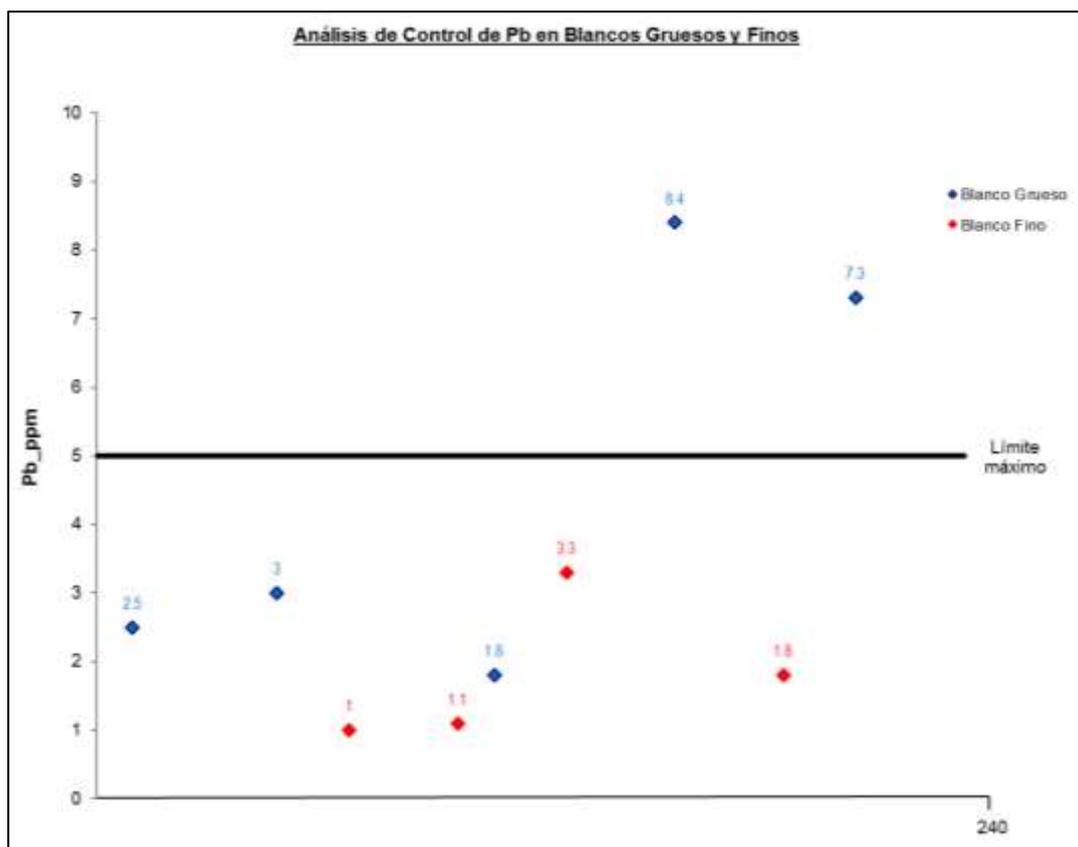


Fig. 5.6. Análisis de control de Pb en blancos finos y gruesos.

5.1.2.2 Análisis de estándares

Los estándares certificados que se utilizaron proceden del laboratorio GEOESTATS PTLY LTD de Australia (ver Anexo II.2). Los límites mínimos y máximos de tolerancia, han sido calculados considerando el promedio certificado  $\pm 2$  desviación estándar, las mismas que se pueden visualizar en la tabla 5.4, así como las Figuras del 5.7 al 5.18, donde se pueden observar los valores referenciados de los estándares para Au, Cu, Ag, Pb y Zn.

Tabla 5.4. Resumen de valores certificados de los estándares Au, Cu, Ag, Pb y Zn.

Código Estándar	Elemento	Promedio	Desviación Estándar	Límite Mínimo	Límite Máximo
Au G913-3	Au (ppb)	510	30	450	570
Au GLG901-1	Au (ppb)	18.89	3.8	11.29	26.49
Au GLG902-2	Au (ppb)	10.66	3.04	4.58	16.74
Cu GBM900-2	Cu (ppm)	859	41	777	941
Cu GBM305-3	Cu (ppm)	451	21	409	493
Cu GBM912-4	Cu (ppm)	54	6	42	66
Ag GBM900-2	Ag (ppm)	1.3	0.8	-0.3	2.9
Ag GBM305-3	Ag (ppm)	1.7	0.3	1.1	2.3

Ag GBM912-4	Ag (ppm)	0.4	0.4	-0.4	1.2
Pb GBM900-2	Pb (ppm)	464	24	416	512
Pb GBM305-3	Pb (ppm)	135	10	115	155
Pb GBM912-4	Pb (ppm)	81	31	19	143
Zn GBM900-2	Zn (ppm)	334	19	296	372
Zn GBM305-3	Zn (ppm)	372	21	330	414
Pb GBM912-4	Zn (ppm)	5	2	1	9

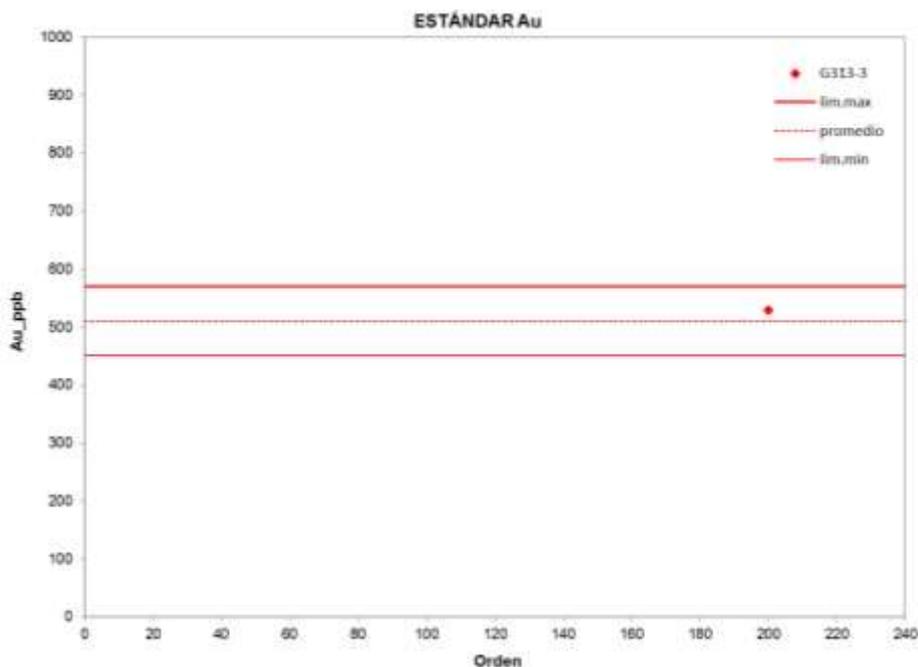


Fig. 5.7. Análisis de control en estándares de Au G313-3.

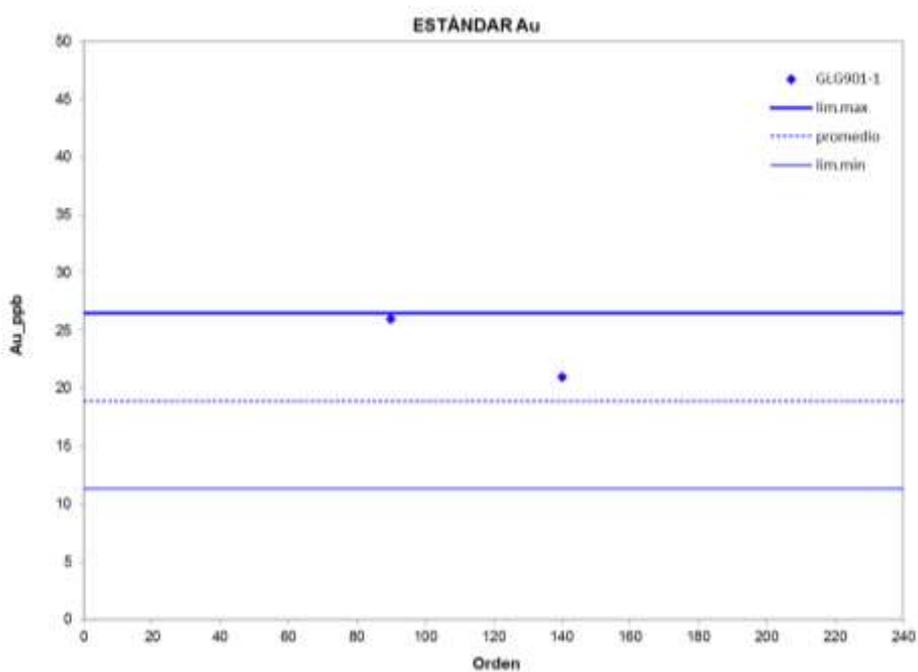


Fig. 5.8. Análisis de control en estándares de Au (GLG901-1).

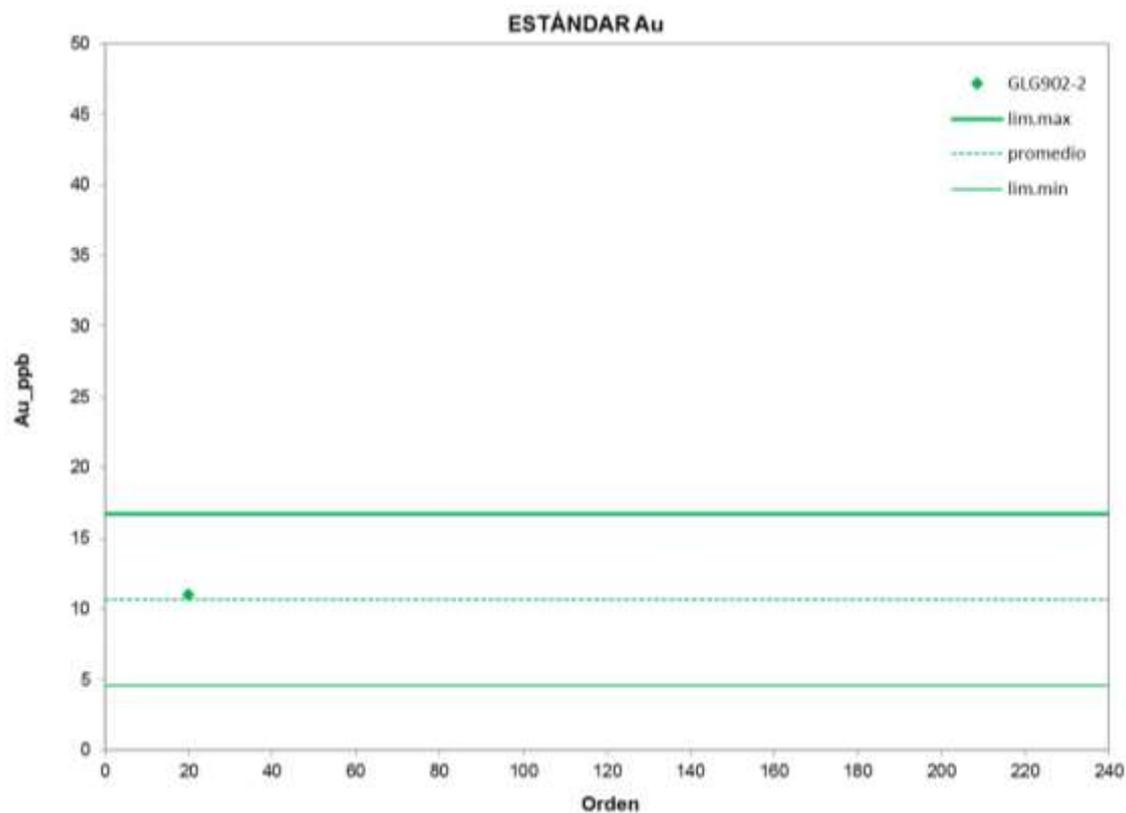


Fig. 5.9. Análisis de control en estándares de Au (GLG902-2).

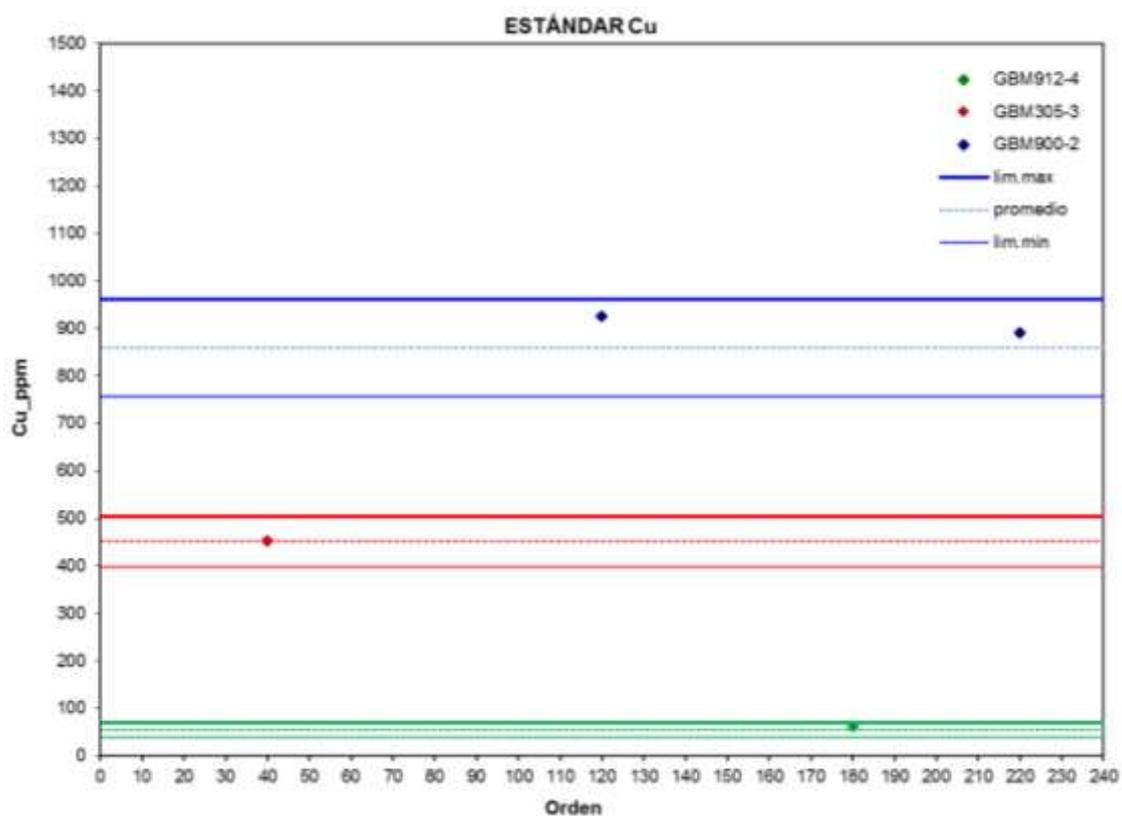


Fig. 5.10. Análisis de control en estándares de Cu (GBM912-4, GBM305-3, GBM900-2).

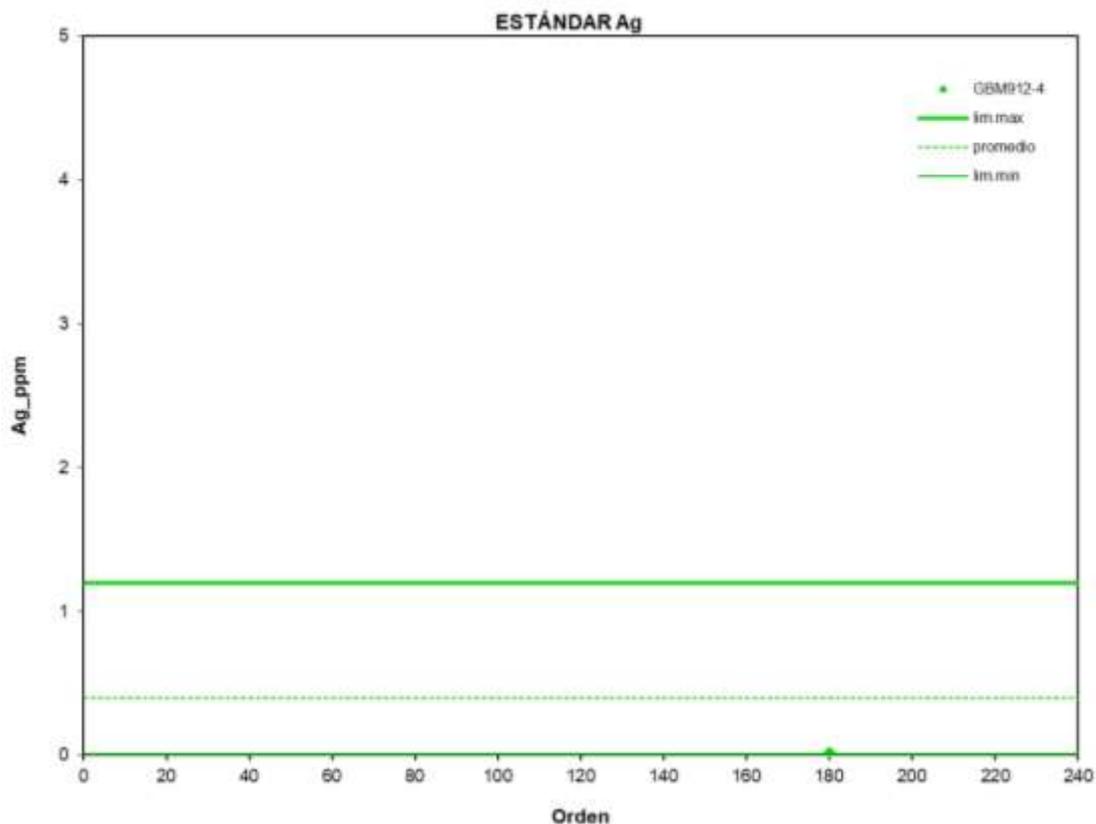


Fig. 5.11. Análisis de control en estándares de Ag (GBM912-4).

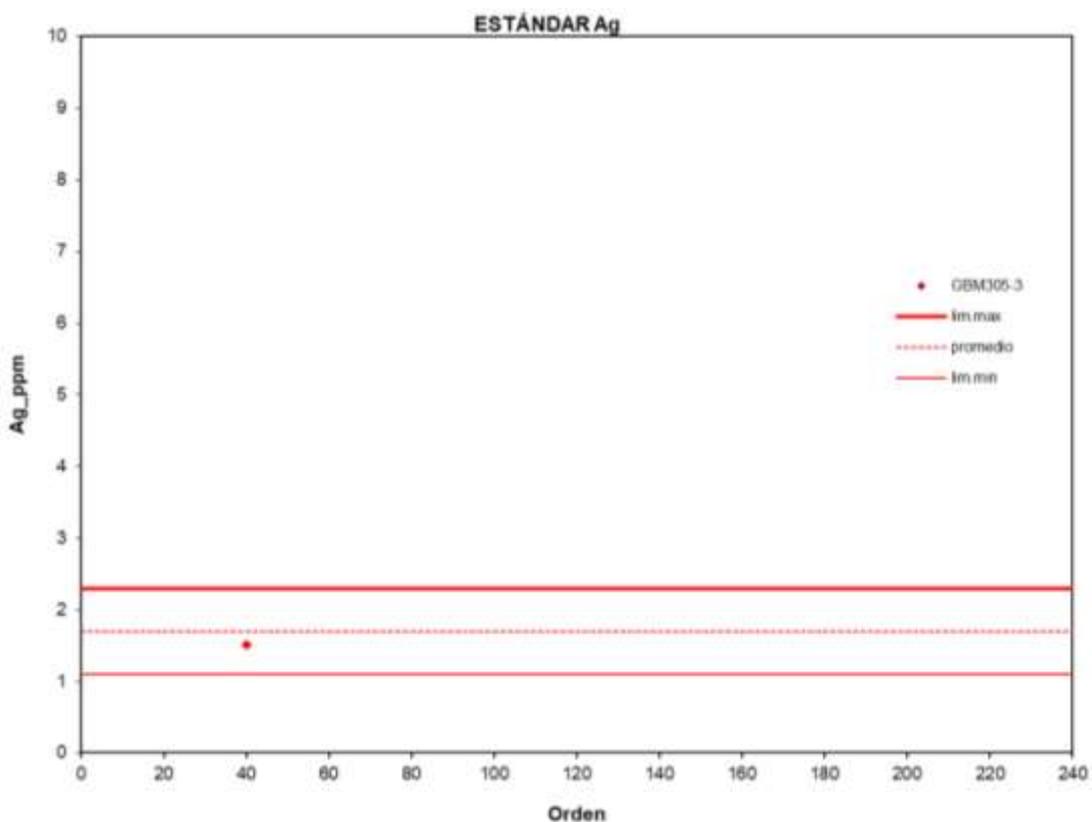


Fig. 5.12. Análisis de control en estándares de Ag (GBM305-3).

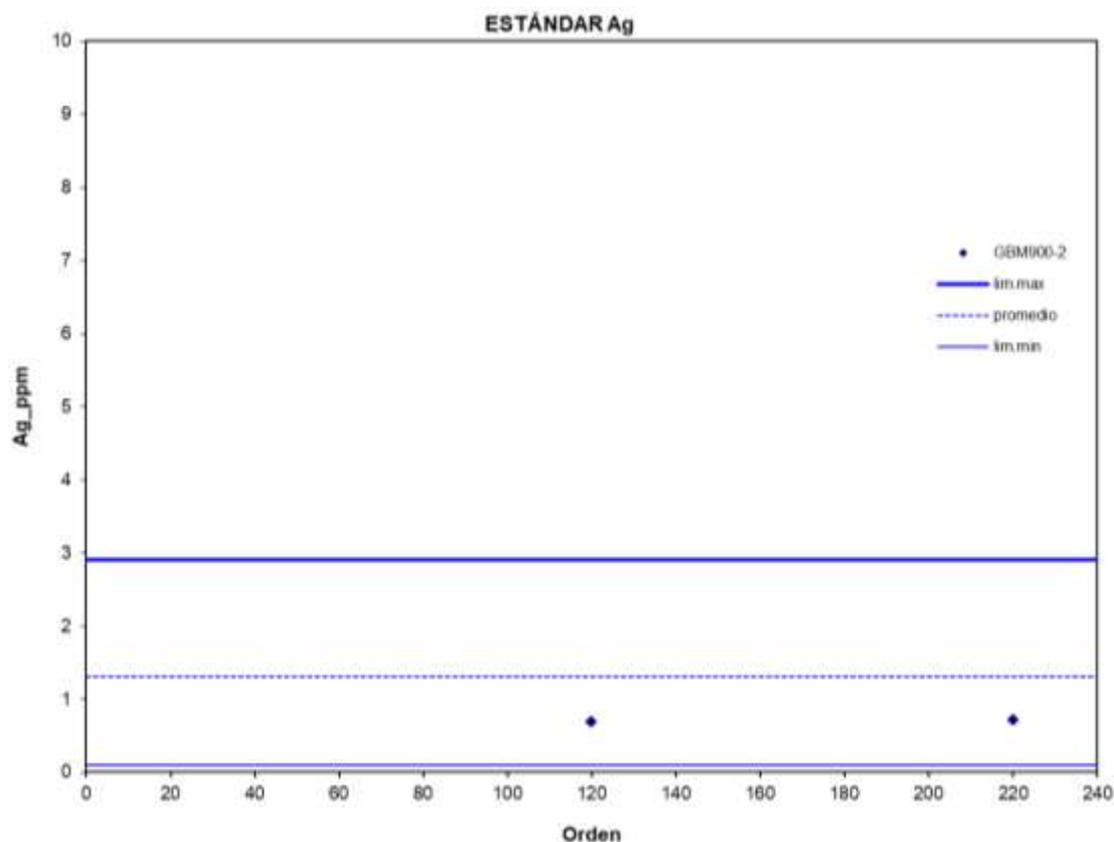


Fig. 5.13. Análisis de control en estándares de Ag (GBM900-2).

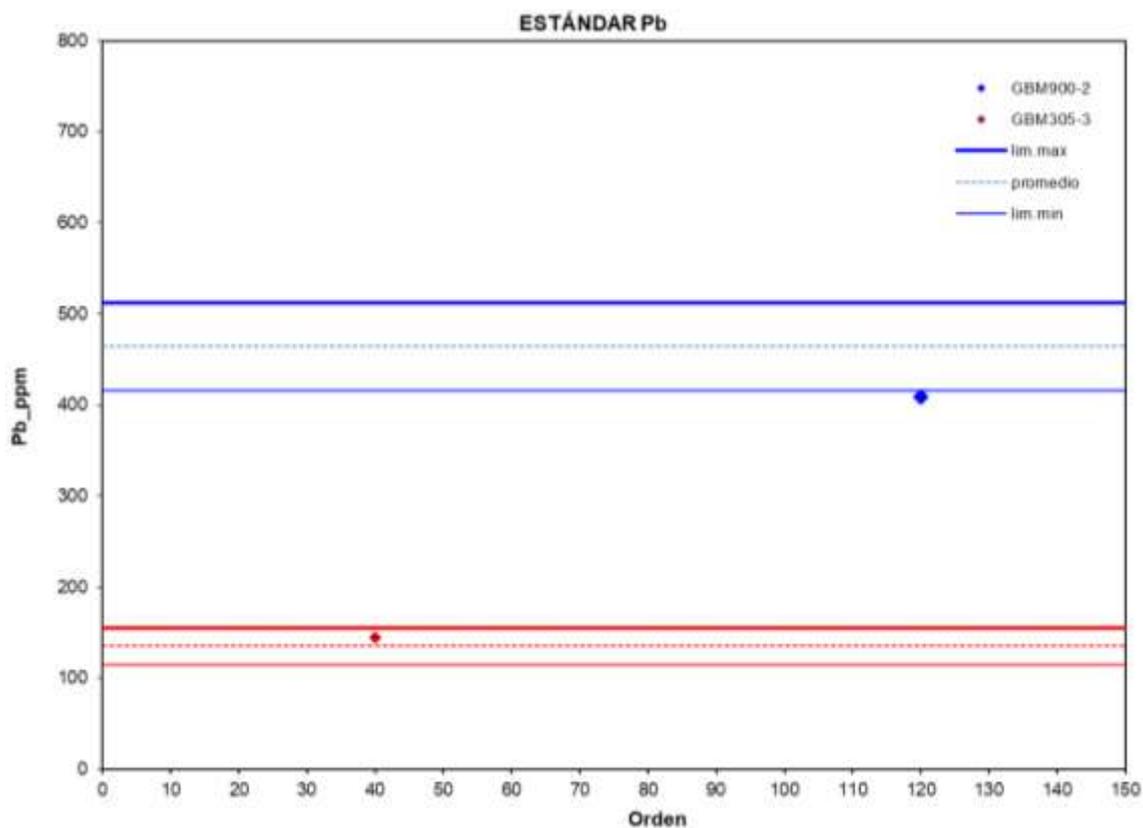


Fig. 5.14. Análisis de control en estándares de Pb (GBM900-2 y GBM305-3).

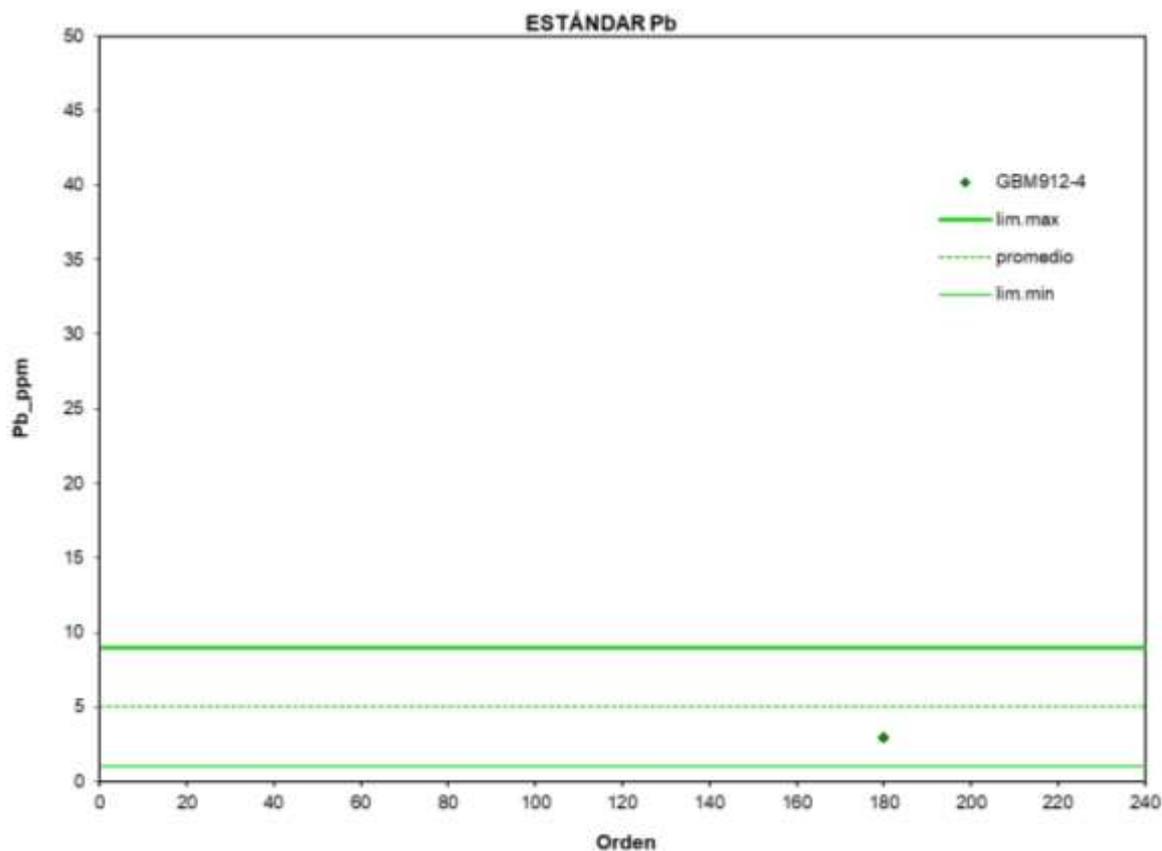


Fig. 5.15. Análisis de control en estándares de Pb (GBM912-4).

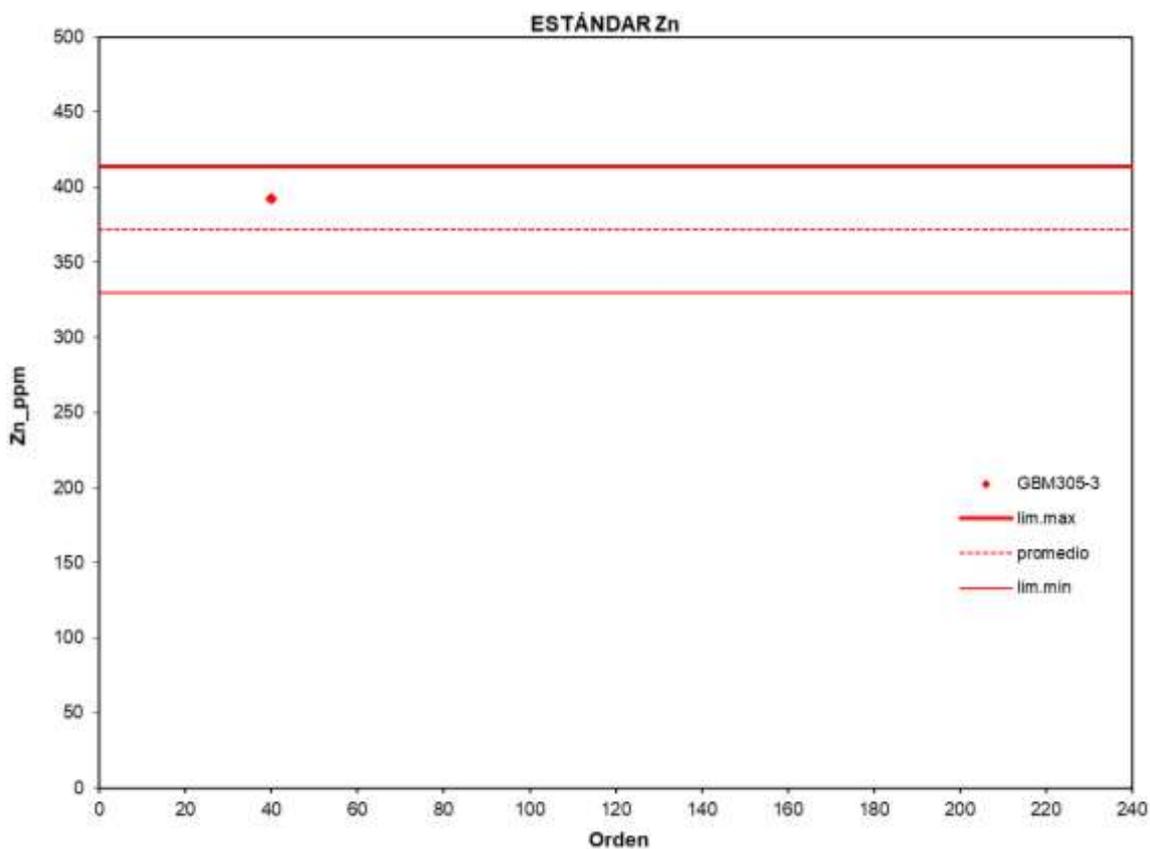


Fig. 5.16. Análisis de control en estándares de Zn (GBM305-3).

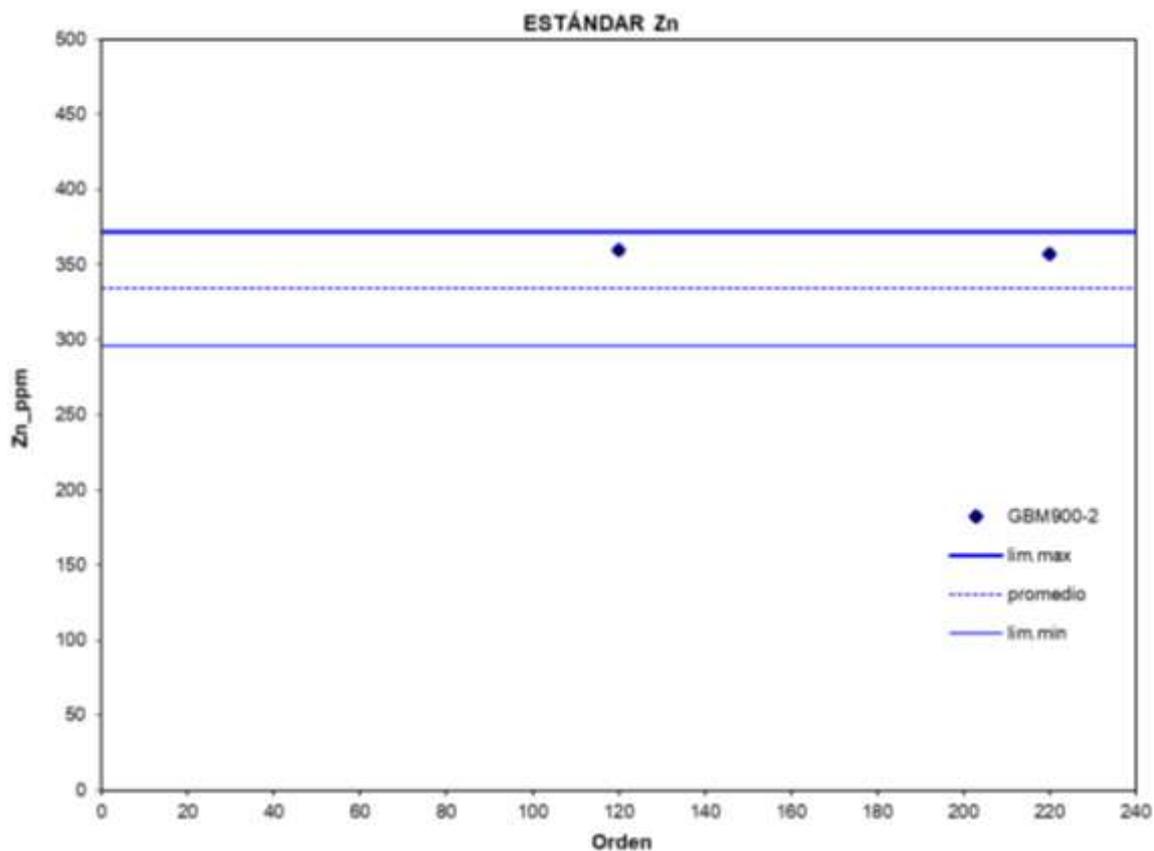


Fig. 5.17. Análisis de control en estándares de Zn (GBM900-2).

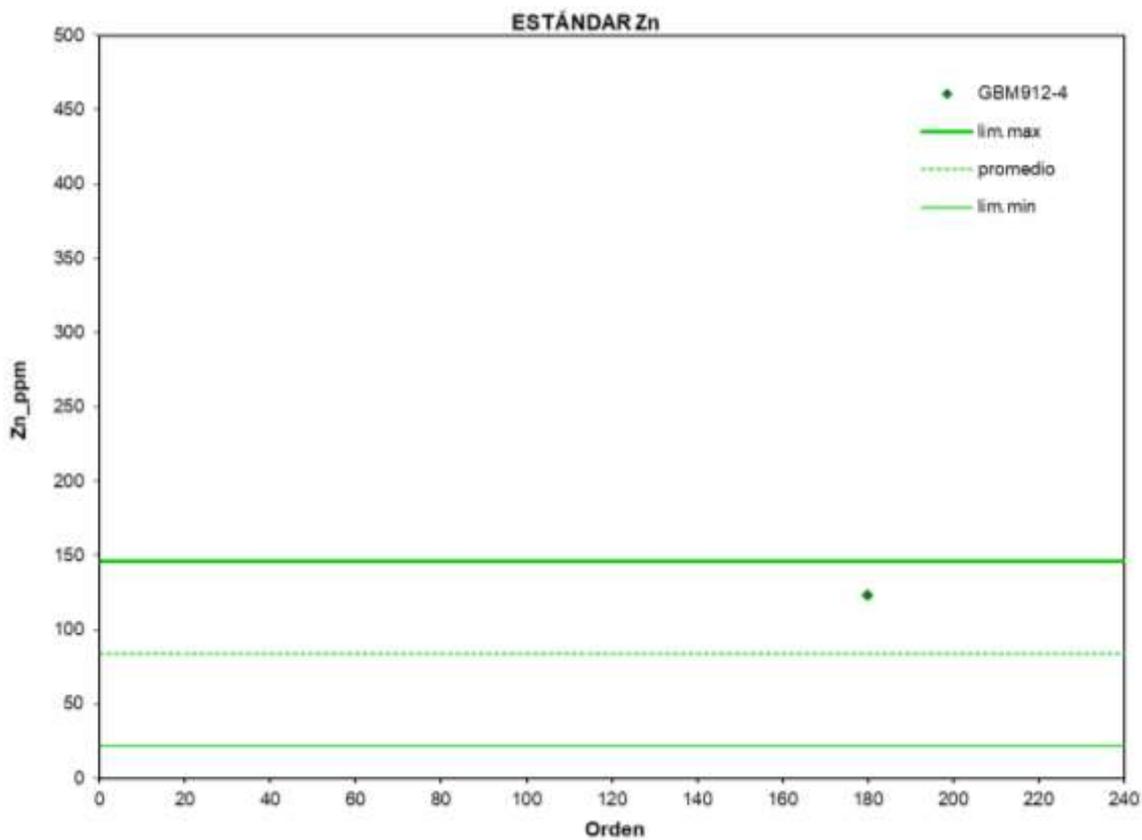


Fig. 5.18. Análisis de control en estándares de Zn (GBM912-4).

### 5.1.2.3 Análisis de duplicados campo

Los resultados analíticos de las muestras originales y sus duplicados, así como los valores de RPD (Diferencia Relativa Porcentual) se muestran en la tabla 5.5. Los análisis duplicados de Au, Cu, Pb y Zn se aprecian en las Figuras 5.19 al 5.22.

Aplicado la siguiente fórmula, podemos calcular y comparar si los resultados son confiables.

$$RPD = \frac{\bar{x} - x_1}{\bar{x}} \times 100\%$$

Dónde:

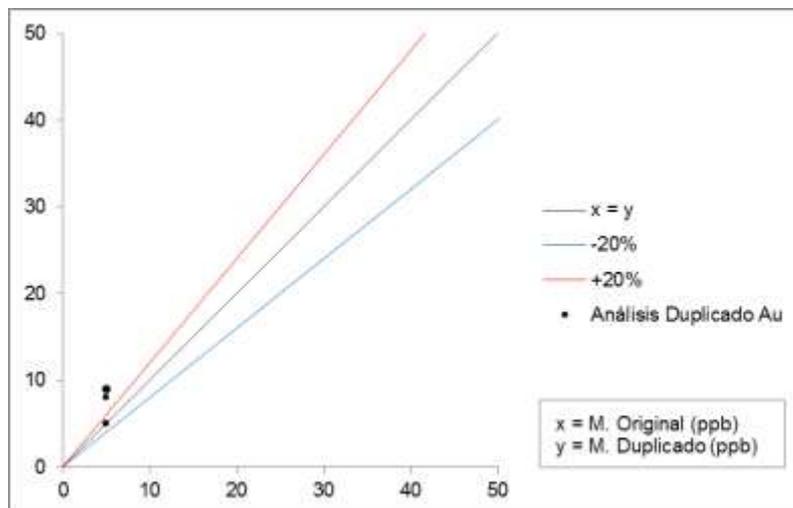
$\bar{x}$  = (Valor original + Valor duplicado)/2.

$x_1$  = Valor original.

**Tabla 5.5.** Resultados originales y duplicados de campo.

Orden	Muestras	Control	Au	RPD Au	Cu	RPD Cu	Pb	RPD Pb	Zn	RPD Zn
1	Z2B1-16-r-029	Original	2.5	0.57	28.3	0.01	12.3	-0.01	139	-0.03
1	Z2B1-16-r-030	Dup. Campo	9		28.9		12		132	
2	Z2B1-16-r-059	Original	2.5	0	7.1	0.03	2.7	-0.04	19	-0.03
2	Z2B1-16-r-060	Dup. Campo	2.5		7.6		2.5		18	
3	Z2B1-16-r-079	Original	2.5	0	6	-0.14	18.9	0.05	41	0.06
3	Z2B1-16-r-080	Dup. Campo	2.5		4.5		20.7		46	
4	Z2B1-16-r-149	Original	2.5	0	14.1	-0.03	14.8	-0.02	32	-0.07
4	Z2B1-16-r-150	Dup. Campo	2.5		13.4		14.1		28	
5	Z2B1-16-r-169	Original	2.5	0.52	19.2	0.04	6.1	0.67	67	0.01
5	Z2B1-16-r-170	Dup. Campo	8		20.6		31.3		68	

Se puede concluir que los resultados obtenidos de las muestras duplicadas de campo cumplen con una representatividad de muestreo aceptable.



**Fig. 5.19.** Análisis de duplicado campo en Au.

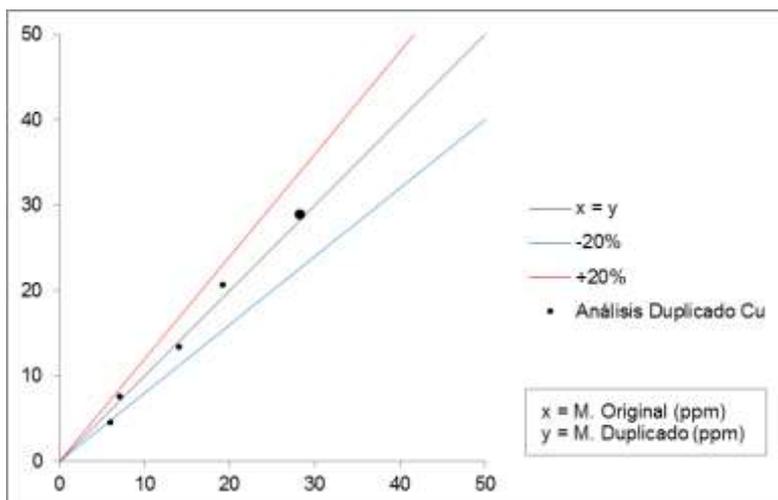


Fig. 5.20. Análisis de duplicado campo en Cu.

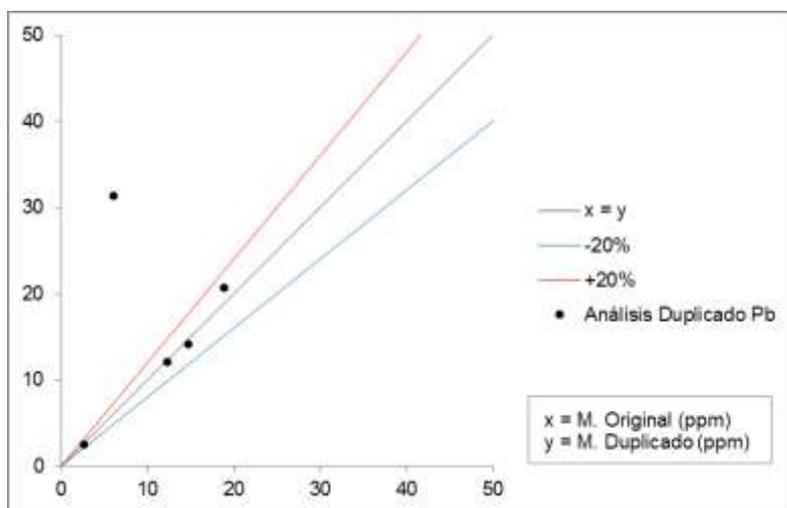


Fig. 5.21. Análisis de duplicado campo en Pb.

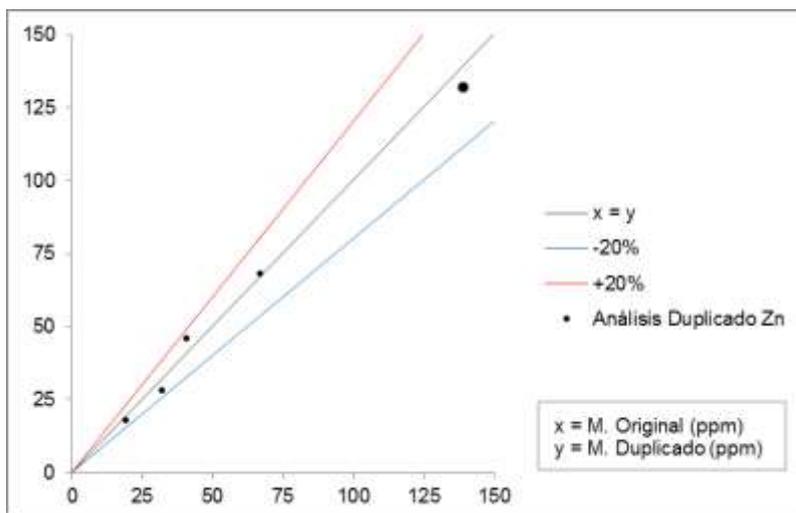


Fig. 5.22. Análisis de duplicado campo en Zn.

### 5.1.3 Procesamiento de datos geoquímicos

Para desarrollar el procesamiento estadístico de manera eficaz, se ha utilizado 207 datos analíticos, para lo cual, considerando el criterio litológico-estratigráfico y mineralización se agrupó en 5 poblaciones, las mismas que se especifican en; Población Casma (103), Población Calipuy (75), Población Chicama (4), Población Intrusiva (18), Población de Ocurrencias Minerales (7). Estas sirvieron para la determinación de anomalías, coeficiente de correlación e interpretación geoquímica. En la Fig. 5.23 se puede observar la distribución de muestras con poblaciones.

#### 5.1.3.1 Coeficiente de correlación

Se realizaron los coeficientes de correlación entre los elementos guías. Estos datos fueron transformados a logaritmo y luego es calculada la Matriz de Correlación de Pearson en las 5 poblaciones geoestadísticas.

Por lo tanto, para los rangos de correlación se tomaron en consideración los de Suni, R (1998), los cuales se definen como; correlaciones regulares entre 0.2 y 0.4, correlaciones buenas entre 0.4 y 0.6 y correlaciones altas mayores a 0.6.

Para la **Población Casma** los elementos de correlación alta son; Fe-V-Co, Zn-Ag-Cd-Sb-(Pb), los de correlación buena son: Cu-Co, Ag-Pb-Zn y los de correlación irregular son; Au-Cd-Pb-As-S-Sb, Cr-Mg-V-Cu-Co-Mo-Fe-Cd, Fe-Mn, Mg-S, Mn-Co-V-Zn, S-Se, As-Te-Pb-Cd. Estos se pueden apreciar en la tabla 5.6.

Para la **Población Calipuy** los elementos de correlación alta son; Fe-Mg-Mn-Co, Fe-V-Mg-Mn-Zn (Co) y S-As-Se-Te-Sb, los de correlación buena son; Ba-Mo y Cr-Mg, y los de correlación regular son; Au-Pb-Zn-Ag-Sb, Cu-Co-Zn-V-Cd-Mn-Mg-Fe, Fe-As, Zn-Cd-Ag, Ag-Pb-As y Mo-Pb-Sb. Estos se pueden apreciar en la tabla 5.7.

Para la **Población Chicama** los elementos de correlación alta son; Au-Cr-Cu-S-As-Pb-Te, Ba-Mg-Mn-Zn-As-Cd-Co-Pb-Sb, Cr-Cu-S-V-As-Pb-Te, Fe-V-Zn-Mn-Mg-Pb-(Cd-Co) y Ag-Mo, los de correlación buena son; Au-Cr-Cu-S-As-Pb-Te, Ba-Mg-Mn-Zn-As-Cd-Co-Pb-Sb-Cr-Cu-S-V-As-Pb-Te, Fe-V- , y los de correlación regular son; . Estos se pueden apreciar en la tabla 5.8.

Para la **Población Intrusiva** los elementos de correlación alta son; Au-Ag-Cd-As-Sb-W, Ba-Zn, Cr-Te, Fe-Mn-Co, los de correlación buena son; Cr-Mg-Co-Cu-Mn-V-Fe, Mn-Zn, Cd-Mo-(W), y los de correlación regular son; Au-Mo, Ba-Fe-Mn-Mo-Pb, Cr-Cu-Fe-V, Cu-

Actividad ANAP's

Ag-Cd-As-Sb-W, Fe-Zn, Mg-S-Sn-Te. S-V-Co, Zn-Pb-Ag, Co-Te, Mo-Pb-Sb-Te, Pb-W.  
 Estos se pueden apreciar en la tabla 5.9.

Para la **Población Ocurrencias Minerales** los de correlación alta son; Au-Cu-Zn-Ag-As-Cd-Mo-Pb-Sb-P, Mg-Bi-(V), los de correlación buena son; Cr-V-P, Mg-V-Te, P-Cd y los de correlación irregular son; Ba-Mn-Co, Cr-Bi, Fe-P-V-(Co-Mg), Mn-S, P-V, Bi-Co. Se puede observar en la tabla 5.10.

**Tabla 5.6.** Matriz de correlación de la Población Casma.

	Au	Ba	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	S	V	Zn	Ag	As	Cd	Co	Mo	Pb	Sb	Se	Te
Au	1																		
Ba	-0.03	1																	
Cr	0.05	-0.22	1																
Cu	0.02	-0.23	0.10	1															
Fe	-0.15	-0.22	0.22	0.32	1														
Mg	-0.02	-0.44	0.36	0.29	0.63	1													
Mn	-0.13	0.08	0.08	0.10	0.39	0.16	1												
S	0.23	-0.01	0.17	0.08	0.16	0.27	-0.21	1											
V	-0.13	-0.38	0.29	0.36	0.75	0.71	0.35	0.08	1										
Zn	0.11	0.11	0.05	0.06	0.09	-0.07	0.29	-0.12	0.12	1									
Ag	0.19	-0.02	0.17	0.06	-0.27	-0.17	-0.10	-0.06	-0.14	0.43	1								
As	0.25	-0.10	-0.14	0.08	-0.05	-0.09	-0.22	-0.04	-0.13	-0.03	0.15	1							
Cd	0.29	0.01	0.07	0.23	-0.14	-0.13	0.05	-0.01	-0.11	0.61	0.75	0.20	1						
Co	-0.01	-0.30	0.28	0.56	0.72	0.66	0.39	0.13	0.72	0.17	-0.14	-0.21	-0.02	1					
Mo	0.04	0.10	0.24	0.03	-0.25	-0.26	-0.23	0.14	-0.41	-0.10	0.13	0.06	0.06	-0.21	1				
Pb	0.28	0.07	-0.07	0.18	-0.25	-0.18	-0.11	-0.05	-0.22	0.18	0.44	0.30	0.65	-0.17	0.05	1			
Sb	0.23	-0.05	0.14	0.04	-0.16	-0.10	-0.07	0.08	-0.11	0.70	0.69	0.10	0.65	0.00	0.19	0.11	1		
Se	-0.08	-0.05	0.12	0.18	0.06	0.13	-0.05	0.27	0.07	-0.05	-0.02	-0.02	0.02	0.13	0.11	-0.01	-0.03	1	
Te	0.03	-0.19	-0.04	-0.07	-0.04	0.24	-0.22	-0.01	-0.03	-0.14	-0.03	0.38	-0.08	-0.05	0.11	-0.03	-0.02	0.03	1

**RANGOS**

Regular 0.2 - 0.4

Buena 0.4 - 0.6

Alta > 0.6

**Tabla 5.7.** Matriz de correlación de la Población Calipuy.

	Au	Ba	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	S	V	Zn	Ag	As	Cd	Co	Mo	Pb	Sb	Se	Te
Au	1																		
Ba	0.02	1																	
Cr	0.15	-0.19	1																
Cu	0.09	-0.14	0.14	1															
Fe	0.01	-0.39	0.29	0.30	1														
Mg	0.07	-0.47	0.51	0.31	0.88	1													
Mn	0.10	-0.23	0.33	0.21	0.73	0.72	1												
S	0.00	-0.17	0.06	0.01	0.11	0.06	-0.15	1											
V	0.06	-0.48	0.32	0.36	0.91	0.84	0.71	0.03	1										
Zn	0.23	-0.26	0.28	0.34	0.69	0.69	0.76	-0.07	0.68	1									
Ag	0.21	-0.01	0.01	0.65	0.00	-0.04	0.03	0.00	0.03	0.17	1								
As	0.09	-0.18	0.11	0.08	0.21	0.16	-0.06	0.87	0.14	0.05	0.09	1							
Cd	0.18	0.00	0.05	0.31	0.18	0.21	0.35	-0.07	0.10	0.35	0.33	-0.06	1						
Co	0.02	-0.41	0.39	0.36	0.94	0.93	0.79	0.00	0.91	0.71	0.05	0.12	0.22	1					
Mo	-0.05	0.45	-0.11	-0.24	-0.56	-0.63	-0.49	0.16	-0.60	-0.45	-0.02	0.07	-0.10	-0.65	1				
Pb	0.26	0.15	-0.09	0.17	-0.14	-0.17	-0.08	0.10	-0.13	0.12	0.27	0.31	0.19	-0.13	0.24	1			
Sb	0.22	-0.06	0.04	0.04	-0.05	-0.05	-0.14	0.77	-0.09	-0.04	0.17	0.79	0.01	-0.12	0.20	0.16	1		
Se	-0.05	-0.16	0.06	0.01	0.09	0.03	-0.18	0.99	0.01	-0.10	-0.01	0.85	-0.10	-0.02	0.16	0.09	0.73	1	
Te	-0.05	-0.16	0.05	0.03	0.11	0.05	-0.17	0.99	0.03	-0.08	-0.01	0.86	-0.11	0.00	0.14	0.08	0.75	0.99	1

**RANGOS**

Regular 0.2 - 0.4

Buena 0.4 - 0.6

Alta > 0.6

Tabla 5.8. Matriz de correlación de la Población Chicama.

	Au	Ba	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	S	V	Zn	Ag	As	Cd	Co	Mo	Pb	Sb	Te
Au	1																	
Ba	0.17	1																
Cr	0.91	0.52	1															
Cu	0.89	-0.02	0.83	1														
Fe	0.23	0.57	0.58	0.46	1													
Mg	-0.06	0.97	0.29	-0.26	0.46	1												
Mn	-0.21	0.93	0.16	-0.38	0.44	0.99	1											
S	1.00	0.15	0.90	0.90	0.24	-0.09	-0.24	1										
V	0.30	0.99	0.64	0.13	0.63	0.92	0.86	0.28	1									
Zn	-0.16	0.66	0.26	0.03	0.90	0.66	0.69	-0.16	0.66	1								
Ag	-0.63	-0.69	-0.68	-0.24	-0.06	-0.59	-0.46	-0.60	-0.73	0.03	1							
As	0.76	0.76	0.94	0.59	0.56	0.59	0.46	0.75	0.85	0.36	-0.84	1						
Cd	-0.28	0.90	0.09	-0.44	0.40	0.98	1.00	-0.30	0.82	0.68	-0.42	0.40	1					
Co	-0.25	0.91	0.15	-0.34	0.55	0.97	0.99	-0.27	0.85	0.79	-0.36	0.43	0.99	1				
Mo	-0.18	-1.00	-0.53	-0.01	-0.61	-0.96	-0.92	-0.15	-0.99	-0.69	0.67	-0.77	-0.89	-0.91	1			
Pb	0.76	0.71	0.96	0.69	0.72	0.52	0.40	0.75	0.81	0.48	-0.69	0.97	0.34	0.41	-0.73	1		
Sb	-0.31	0.88	0.06	-0.45	0.43	0.97	0.99	-0.34	0.81	0.71	-0.37	0.37	1.00	0.99	-0.88	0.32	1	
Te	0.77	-0.39	0.58	0.93	0.18	-0.60	-0.69	0.79	-0.25	-0.25	0.00	0.27	-0.74	-0.66	0.37	0.37	-0.75	1

**RANGOS**

Regular  0.2 - 0.4

Buena  0.4 - 0.6

Alta  > 0.6

Tabla 5.9. Matriz de correlación de la Población Intrusiva.

	Au	Ba	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	S	V	Zn	Ag	As	Cd	Co	Mo	Pb	Sb	Sn	Te	W
Au	1																			
Ba	0.09	1																		
Cr	0.01	-0.22	1																	
Cu	0.15	-0.06	0.23	1																
Fe	-0.25	0.21	0.28	0.10	1															
Mg	-0.39	-0.45	0.56	0.11	0.51	1														
Mn	-0.26	0.31	0.04	0.17	0.61	0.12	1													
S	0.08	0.14	-0.06	0.10	0.46	0.20	0.19	1												
V	-0.17	-0.35	0.34	-0.12	0.56	0.79	0.22	0.29	1											
Zn	-0.08	0.61	-0.43	-0.05	0.21	-0.48	0.55	-0.02	-0.33	1										
Ag	0.70	-0.03	-0.17	0.30	-0.33	-0.43	-0.16	-0.15	-0.18	0.02	1									
As	0.68	-0.19	-0.05	0.23	-0.38	-0.33	-0.26	-0.18	-0.09	-0.16	0.96	1								
Cd	0.77	0.05	-0.19	0.26	-0.42	-0.64	-0.13	-0.23	-0.49	0.17	0.89	0.82	1							
Co	-0.09	0.07	0.52	0.49	0.82	0.58	0.60	0.36	0.51	0.10	-0.14	-0.17	-0.23	1						
Mo	0.35	0.28	-0.28	0.12	-0.59	-0.62	-0.28	-0.04	-0.61	0.03	0.41	0.37	0.48	-0.42	1					
Pb	0.09	0.25	-0.22	0.05	-0.30	-0.47	-0.16	-0.23	-0.39	0.25	0.25	0.17	0.35	-0.17	0.20	1				
Sb	0.60	0.03	-0.12	0.23	-0.15	-0.27	-0.04	-0.12	-0.07	-0.14	0.87	0.83	0.72	-0.04	0.29	0.07	1			
Sn	-0.10	-0.55	-0.06	-0.16	-0.43	0.38	-0.51	-0.14	0.28	-0.50	-0.04	0.01	-0.20	-0.37	-0.08	-0.14	-0.09	1		
Te	-0.12	-0.29	0.76	-0.06	0.14	0.34	0.02	-0.09	0.21	-0.24	-0.05	0.11	-0.08	0.22	-0.24	-0.11	-0.11	-0.10	1	
W	0.73	0.13	-0.25	0.25	-0.34	-0.54	-0.13	-0.20	-0.29	0.12	0.97	0.91	0.91	-0.21	0.43	0.27	0.86	-0.13	-0.12	1

**RANGOS**

Regular  0.2 - 0.4

Buena  0.4 - 0.6

Alta  > 0.6

Tabla 5.10. Matriz de correlación de la Población Ocurrencias Minerales.

	Au	Ba	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	P	S	V	Zn	Ag	As	Bi	Cd	Co	Mo	Pb	Sb	Te
Au	1																			
Ba	-0.23	1																		
Cr	0.19	-0.61	1																	
Cu	1.00	-0.23	0.18	1																
Fe	0.02	0.14	0.17	0.03	1															
Mg	-0.44	0.05	0.17	-0.43	-0.30	1														
Mn	0.06	0.30	-0.79	0.06	-0.49	-0.38	1													
P	0.64	-0.47	0.47	0.63	0.39	-0.35	-0.51	1												
S	-0.24	-0.09	-0.10	-0.27	-0.38	-0.34	0.24	0.03	1											
V	-0.47	-0.41	0.58	-0.47	0.24	0.48	-0.83	0.28	0.09	1										
Zn	1.00	-0.21	0.16	1.00	0.02	-0.44	0.08	0.62	-0.26	-0.49	1									
Ag	1.00	-0.24	0.17	1.00	0.03	-0.45	0.08	0.62	-0.26	-0.49	1.00	1								
As	1.00	-0.24	0.18	1.00	0.03	-0.43	0.06	0.63	-0.27	-0.47	1.00	1.00	1							
Bi	-0.25	-0.47	0.32	-0.24	-0.14	0.79	-0.49	0.02	-0.39	0.65	-0.26	-0.25	-0.24	1						
Cd	1.00	-0.22	0.17	1.00	0.02	-0.43	0.07	0.62	-0.27	-0.48	1.00	1.00	1.00	-0.25	1					
Co	0.00	0.24	-0.27	0.00	0.31	0.21	-0.30	0.41	-0.13	0.32	0.00	-0.01	0.00	0.28	0.00	1				
Mo	0.99	-0.25	0.19	0.99	0.10	-0.50	0.06	0.64	-0.27	-0.47	0.99	1.00	0.99	-0.27	0.99	-0.03	1			
Pb	1.00	-0.23	0.18	1.00	0.03	-0.44	0.07	0.63	-0.26	-0.48	1.00	1.00	1.00	-0.25	1.00	-0.01	0.99	1		
Sb	1.00	-0.24	0.17	1.00	0.01	-0.46	0.09	0.63	-0.23	-0.49	1.00	1.00	1.00	-0.27	1.00	-0.02	0.99	1.00	1	
Te	-0.18	-0.37	0.00	-0.17	-0.06	0.57	-0.32	0.19	-0.25	0.55	-0.18	-0.18	-0.17	0.87	-0.17	0.63	-0.19	-0.17	-0.18	1

**RANGOS**

Regular  0.2 - 0.4

Buena  0.4 - 0.6

Alta  > 0.6

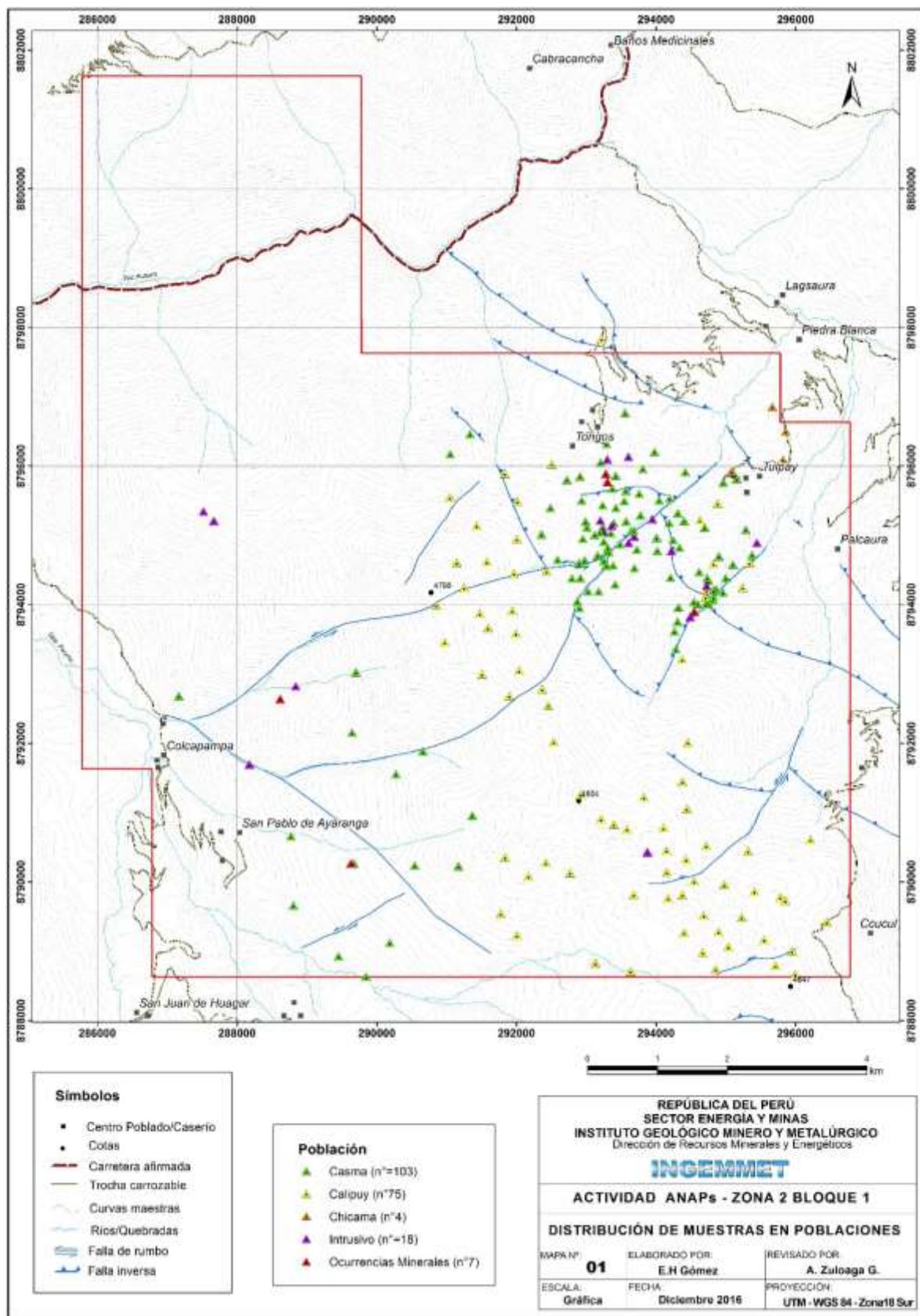


Fig. 5.23. Distribución de muestras en 5 poblaciones del ANAP Zona 2 Bloque 1.

#### 5.1.4 Interpretación geoquímica

Para la determinación de anomalías no se procedió con el cálculo de valor de fondo (*background*) y el valor umbral (*threshold*), debido a que los valores considerables son muy puntuales, a pesar que las poblaciones Casma con 103 muestras y Calipuy con 75 muestras son necesarias para el cálculo. Mientras, las poblaciones Chicama con 4 muestras, Intrusivo con 18 muestras y Ocurrencias Minerales con 7 muestras también presentan valores puntuales.

##### 5.1.4.1 Población Casma.

Las muestras analizadas de esta población demuestran que existen valores puntuales relacionados al tipo de alteración y su intensidad en la roca caja del Grupo Casma, ya conocida como metalotecto para depósitos de sulfuros volcanogénicos. Se tiene 7 importantes asociaciones de elementos que demostrarían que la zona de Qulash se encontraría en un nivel superficial o distal a una zona mineralizada (Fig. 5.24).

1. En la muestra Z2B1-16-r-023 se tiene valores de 163 ppm Zn y 1103 ppm Mn.
2. En la muestra Z2B1-16-r-039 se tiene 153 ppm Cu y coincide con 154 ppm V y >1000 ppm Mn. La muestra corresponde a una andesita con alteración argílica y piritita de forma diseminada y en venillas en el Sector Qulash.
3. En la muestra Z2B1-16-r-173 se tiene 179 ppm Zn, 1007 ppm Mn y 217 ppm V.
4. La muestra Z2B1-16-r-164 presenta una anomalía en Zn con 575 ppm y 73.5 ppm Sb.
5. La muestra Z2B1-16-r-174 presenta 379 ppm Zn, 146.8 ppm Pb, 9.88 ppm Ag, 1.89 ppm Cd y 104.2 ppm Sb.
6. La muestra Z2B1-16-r-186 presenta 345 ppm Zn, 1.49 ppm Cd, 55.1 ppm Sb y 1594 ppm Mn.
7. La muestra Z2B1-16-r-225 presenta 179 ppm Zn, 4.14 ppm Ag, 1831 ppm Pb, 306 ppm As y 2.06 ppm Cd.

Puntualmente se tiene anomalías de telurio en tres muestras; 14 ppm Te en la muestra Z2B1-16-r-038, 4.52 ppm Te en la muestra Z2B1-16-r-156 y 1.23 ppm Te en la muestra Z2B1-16-r-119.

Actividad ANAP's

En barío son cinco muestras que son mayores a 1000 ppm, estos son; 1722 ppm Ba en la muestra Z2B1-16-r-195, 1363 ppm Ba (Z2B1-16-r-226), 1349 ppm Ba (Z2B1-16-r-193), 1171 ppm Ba (Z2B1-16-r-189) y 1054 ppm Ba (Z2B1-16-r-216).

#### 5.1.4.2 Población Calipuy

En esta población no se tienen registros o evidencias de alteraciones hidrotermales importantes en las rocas del Grupo Calipuy. De modo que los valores en Au, Ag, Pb, As, Zn, Cd, Sb y (Cu) no representan anomalías de elementos grúas para depósitos epitermales.

#### 5.1.4.3 Población Intrusivo

En esta población los elementos puntuales se relacionan con los intrusivos de composición que cortan a la secuencia del Grupo Casma, principalmente identificados en los sectores Qulash y Chinchipuquio (Fig. 5.25).

El intrusivo pórfido granodiorítico (muestra Z2B1-16-r-125) es la única en esta población que tiene un valor alto de 855 ppm de Ba, esta anomalías se asocia a una zona con silicificación y disseminación fina de piritita con trazas de calcopiritita. Este intrusivo se localiza en el Sector Chinchipuquio.

En la muestra Z2B1-16-r-042 se tiene 320 ppm Cu y 1005 ppm Mn.

La muestra Z2B1-16-r-219 presenta 4.36 ppm Ag, 342 pm As y 28.6 ppm Sb, relacionada a la diorita con débil alteración argílica y jarosita-hematita.

Esporádicamente se tiene 21.5 ppm Te sin otro elemento asociado en la muestra Z2B1-16-r-045 correspondiente a una diorita con alteración de clorita-calcita y piritita-pirrotita en trazas.

#### 5.1.4.4 Población de Ocurrencias Minerales

En esta población se puede apreciar 5 las anomalías que corresponden a los sectores Qulash, Chinchipuquio y Ayaranga (Fig. 5.26).

En la muestra Z2B1-16-r-046 se tiene valores de 46.4 ppm Bi y 4.94 ppm Te, corresponde a una andesita fuertemente silicificada y con piritita-pirrotita disseminada del Grupo Casma.

#### Actividad ANAP's

En la muestra Z2B1-16-r-103 se tiene valores de 149 ppm Zn, 1.06 ppm Cd, 3531 ppm Mn y 1653 ppm Ba, esta asociación de elementos anómalos corresponde a una estructura vetiforme emplazado en las andesitas del Grupo Calipuy, en el sector Ayaranga Sur.

En la muestra Z2B1-16-r-124 se tiene un valor de 15 ppb de Au que, corresponde a una andesita del Grupo Casma, con fuerte silicificación y disseminación fina de pirita-pirrotita, por partes de observa hematita y jarosita. Esto corresponde al sector Chinchipuquio.

Sin embargo las anomalías más resaltadas se manifiesta en la muestra Z2B1-16-r-222 con valores de 304 ppb Au, 1935 ppm Cu, >10 ppm Ag, >10,000 ppm Pb, 4521 ppm Zn, 44.01 ppm Mo, >10,000 ppm As, 303.4 ppm Sb, 81.1 ppm Cd y 2109 ppm Mn. Esta muestra corresponde a una a una estructura mantiforme de espesor promedio 0.30 m, de óxidos de hierro y jarosita, así como óxidos de manganeso que se hospeda en la andesita del Grupo Casma en el sector Ayaranga.

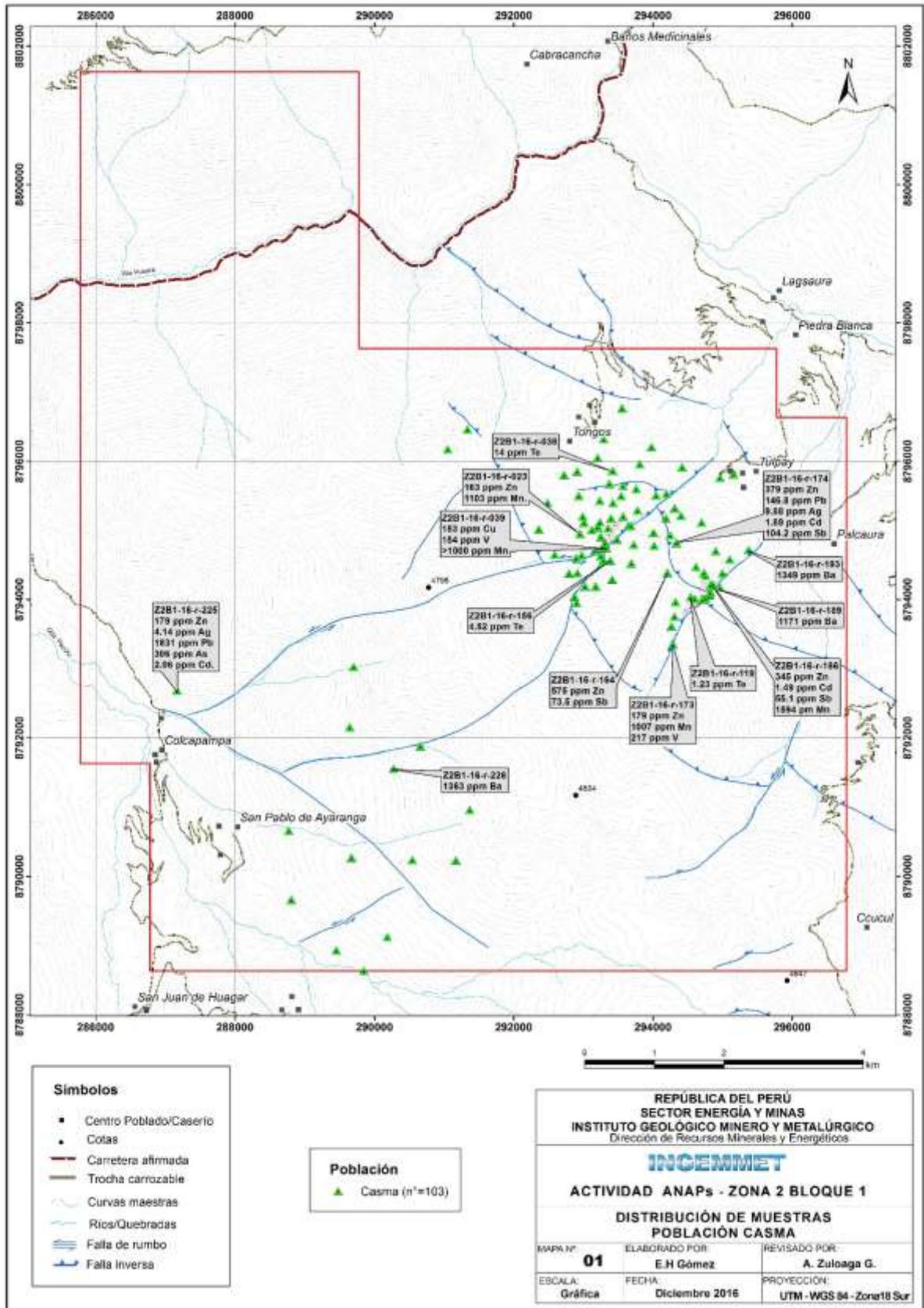


Fig. 5.24. Mapa de distribución de valores anómalos en muestras de la Población Casma.

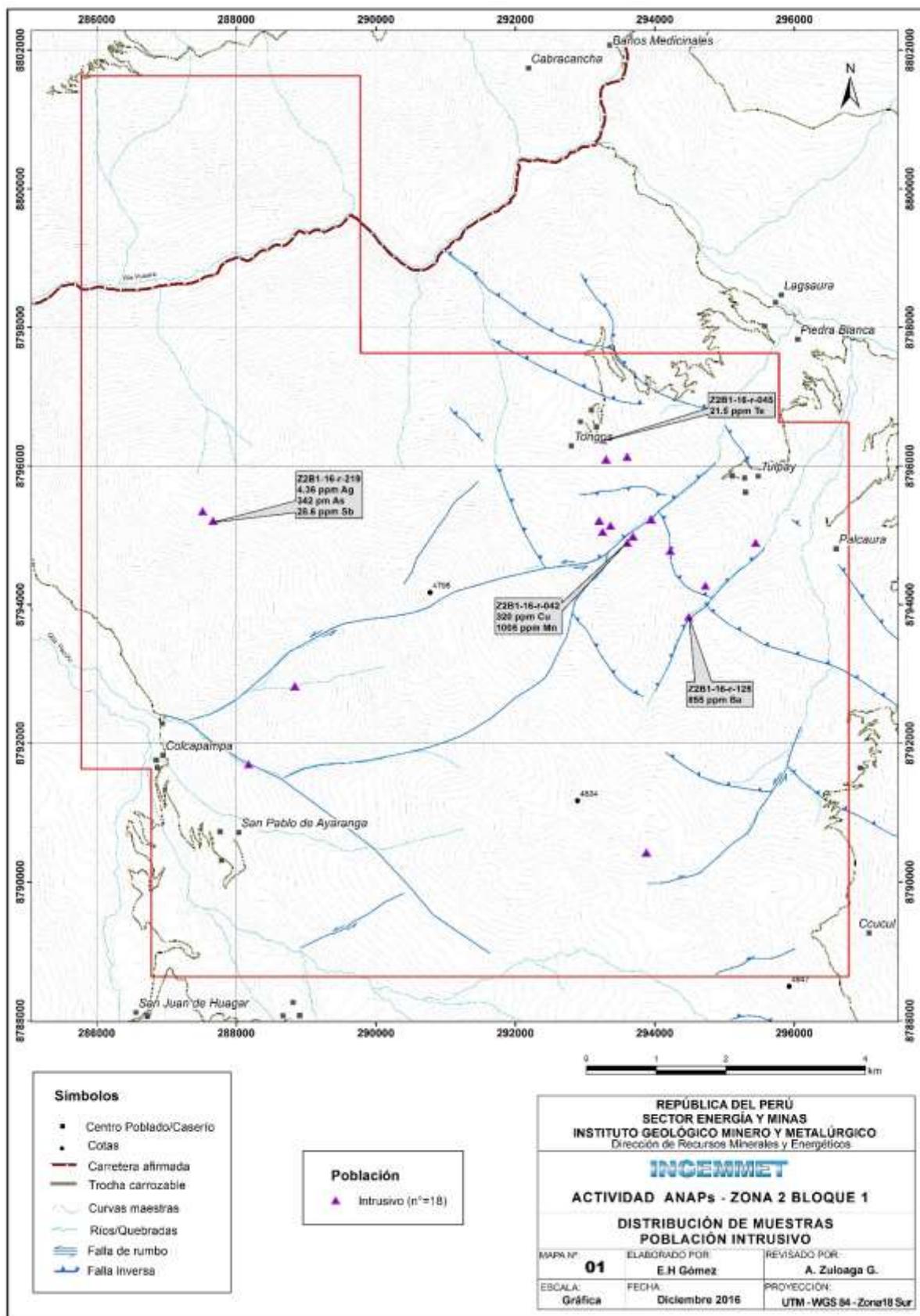


Fig. 5.25. Mapa de distribución de valores anómalos en muestras de la Población Intrusivo.

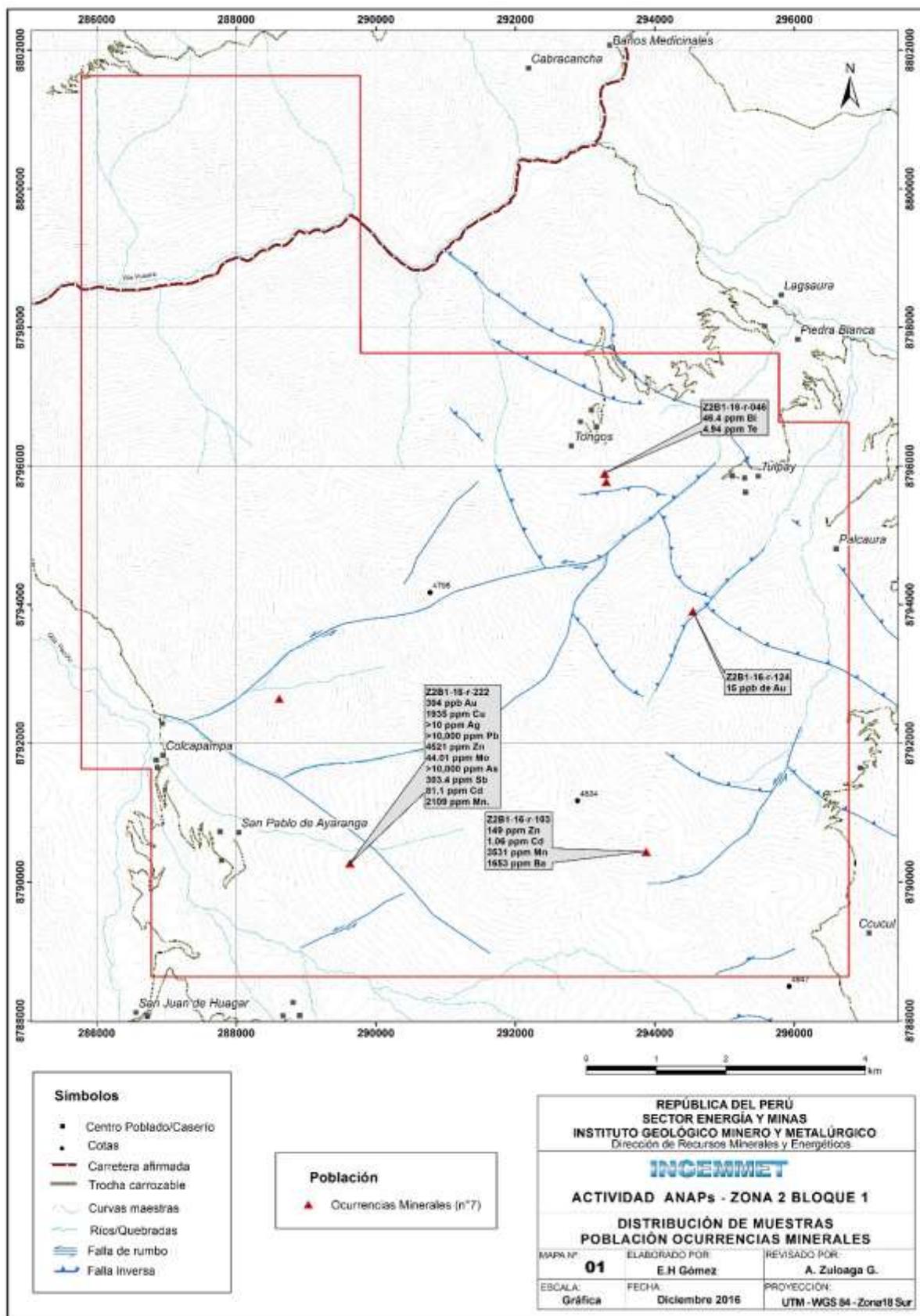


Fig. 5.26. Mapa de distribución de valores anómalos en muestras de la Población Ocurrencias Minerales.

## VI PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

### 6.1 MÉTODOS GEOFÍSICOS

#### 6.1.1 Método Magnético

El uso de datos magnéticos de alta resolución es una excelente herramienta en identificar estructuras geológicas de un área y a menudo muestra contrastes que reflejan diferencias en la composición litológica, estructuras de la corteza y zonas de alteración. Siendo el método más antiguo utilizado en la exploración minera, la efectividad del método magnético depende de la presencia de magnetita y otros minerales con altos valores de susceptibilidad magnética.

Muchos minerales de sulfuro tienen altos valores de susceptibilidad magnética que resultan en anomalías magnéticas prominentes asociadas con los cuerpos minerales de VMS. En algunos casos, la fuerte respuesta magnética de un depósito VMS podría asociarse con una mineralización no económica. Considerando que un depósito VMS que alto contenido de calcopirita y pirita podría tener una fuerte anomalía magnética debido a la asociación con la pirrotita, altamente magnético, pero es un mineral no económico. Los valores muy altos de susceptibilidad magnética son medidos en la pirrotina ( $3.200 \times 10^{-3}$  SI) y la pirita ( $5 \times 10^{-3}$  SI), minerales comúnmente asociados con los depósitos de VMS (Thomas et al, 2000; Ford et al 2007). En comparación con los valores más bajos medidos en la mayoría de las rocas hospedantes (sedimentaria y volcánica), este fuerte contraste en los valores da como resultado anomalías magnéticas positivas en las áreas estudiadas.

Otros minerales de sulfuros comunes en depósitos VMS, tales como calcopirita, esfalerita y galena, tienen valores bajos de susceptibilidad magnética que son similares a los encontrados en rocas sedimentarias y volcánicas, por lo tanto, no contribuyen a ninguna anomalía magnética asociada con el cuerpo mineral de VMS. La esfalerita no tiene propiedades geofísicas sobresalientes que permitan su identificación utilizando técnicas geofísicas rutinarias (Bishop y Emerson, 1999). La esfalerita siendo el mineral más comúnmente extraído con contenido de Zinc, no es magnético, pero es muy resistiva y tiene una gravedad específica relativamente baja. Sin embargo, la esfalerita rara vez se forma como un sulfuro aislado ya que está asociada con la galena, la pirita, la pirrotita y la calcopirita (Bishop y Emerson, 1999). En el caso que los sulfuros con altos valores de susceptibilidad magnética estén asociados con los cuerpos minerales de VMS facilita su identificación.

### 6.1.2 Método Gravimétrico

Los trabajos de gravimetría miden las variaciones laterales y verticales en miligales (mGal) del campo gravitatorio de la Tierra, las que se encuentran relacionados a cambios de densidades de la roca (Dobrin, 1980; Ford et al, 2007). Los levantamientos gravimétricos se pueden usar para detectar el exceso de masa, el que podría indicar un cuerpo de mineralizado en profundidad. Del mismo modo se usan de manera conjunta con los estudios de IP/RES para evaluar si la anomalía de cargabilidad es causado por presencia de un cuerpo de grafito de baja densidad en profundidad a una zona mineralizada de sulfuro de alta densidad (Thomas et al, 2000). Los minerales encontrados en los depósitos de VMS tienen altos valores de gravedad, este contraste es observado como bajos valores de gravedad medidos en rocas sedimentarias y volcánicas. Los máximos de gravedad son típicos en los depósitos VMS y centrados sobre el cuerpo del mineral. El mineral de sulfuro más común en los depósitos de VMS es la pirita, que a menudo se asocia con otros sulfuros como la calcopirita, pirrotita, esfalerita y la galena.

### 6.1.3 Método de Polarización Inducida (IP)

El método de polarización inducida es altamente efectivo en la identificación de blancos de exploración tipo VMS, debido a que responden a la conductividad eléctrica de las rocas y minerales (Grant y West, 1965). El método de IP mide la conductividad y la resistividad (el inverso de la conductividad).

Los depósitos de VMS tienen altas conductividades (Fig. 6.1) teniendo consideración que son valores similares a respuestas del grafito y agua salada (Ford et al, 2007). En comparación a las rocas ígneas y metamórficas cuyas conductividades típicas son  $<1$  S/m y en relación a rocas sedimentarias con conductividades de 1 a 0.5 S/m. El contraste de respuesta en los depósitos VMS y la roca huésped es significativo cuya propiedad física es muy útil en su interpretación. Sin embargo, en un escenario diferente cuando la presencia de una unidad con contenido de agua recubre el cuerpo del mineral VMS, y como el contenido de agua en una unidad puede aumentar sustancialmente su conductividad; por lo tanto, esa unidad podría enmascarar eficazmente la señal del cuerpo de mineral. Los horizontes sedimentarios anóxicos que contienen grafito o sulfuro también son altamente conductivos y son difíciles de distinguir de los depósitos masivos de sulfuro (Shanks P. & Thurston R., 2010).

La técnica de polarización inducida (IP/RES) en dominio de tiempo consiste en emitir energía a la superficie del terreno con un pulso de onda cuadrada alternando a través de un par de electrodos. En la mayoría de estos levantamientos como este, las medidas de IP/RES son

hechas en una malla de regular tamaño con un buen número de estaciones a lo largo de las líneas. Sumner (1976), describe el uso de un equipo transmisor que emite pulsos de corriente al terreno a través de los electrodos (Tx) y a su vez se interrumpe de manera simultánea esta corriente, el voltaje observado en la superficie del terreno no cae inmediatamente a cero, entonces este efecto de IP es medido como una disminución del voltaje (caída de la curva). Desafortunadamente, existen otros tipos de rocas y materiales que incrementan el efecto del IP, entre estas, rocas con grafito, arcillas y algunas rocas metamórficas (serpentinita). Entonces desde un punto de vista geológico, las respuestas del IP no se pueden interpretar de manera única, es así considerando esto, a los estudios geofísicos serán siempre necesario adjuntar otro tipo de información/datos para poder realizar una interpretación apropiada. La resistividad aparente del terreno es calculada de la corriente de entrada y el voltaje primario medido.

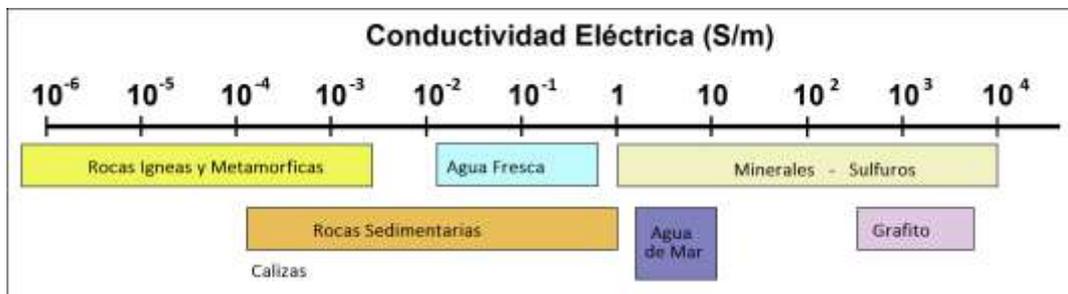


Fig. 6.1 Conductividad eléctrica de rocas y minerales - *The UBC Geophysical inversion Facility, 2007.*

La configuración normal de IP/RES, consiste en un arreglo en el receptor que se establece de inicio a fin a lo largo de la línea mientras que dos electrodos de corriente son ubicados en el área, el primer electrodo de corriente estaría ubicado al inicio de la línea, exactamente una estación con anterioridad a nuestros electrodos de recepción y el segundo ubicado lo suficientemente alejado de nuestra área de estudio (Tx infinito), con el propósito de no generar ruido en nuestra recolección. La recolección generalmente se inicia en uno de los extremos de la línea y prosigue hasta el final de la misma. Para una campaña de IP/RES se empleó la configuración polo-dipolo usando 10 canales espaciados cada 100m. En algunas áreas estos espacios fueron modificados para compensar la falta de accesos y/o mejorar el contacto entre el electrodo de recepción y el terreno.

## 6.2 TRABAJO DE CAMPO E INSTRUMENTACIÓN

Los trabajos de prospección geofísica programados en el ANAP Zona 2 Bloque 1 se llevaron a cabo en dos campañas geofísicas:

- a) **Primera campaña:** del 12 de noviembre al 01 de diciembre del 2016, desarrollándose los métodos de magnetometría terrestre y polarización inducida 2D.

b) **Segunda campaña:** del 05 al 29 de marzo del 2017, desarrollándose los métodos de magnetometría, gravimetría y polarización inducida 2D.

En los estudios de prospección geofísica participó el siguiente personal; Ing. Ronald Yupa, Ing. Darwin Calla Pilco, Bach. Carlos Valencia Miraval y el Bach. José Ramiro Chavez Delgado, mientras que el procesamiento de datos estuvo a cargo del Ing. Ronald Yupa Paredes.

### 6.2.1 Estudios de magnetometría terrestre

Los instrumentos usados en este trabajo de prospección fueron tres (3) magnetómetros modelo GEM System GSM-19W Overhauser, las lecturas del GPS diferencial y de la intensidad del campo magnético fueron tomadas cada 2 segundos y su sistema Datum de recolección fue en WGS 84 18S., los equipos que fueron distribuidos de la siguiente manera:

- Un (1) magnetómetro Base,
- Un (2) magnetómetros móviles.

En la Fig. 6.2 se observa la distribución de las líneas magnéticas en el ANAP Zona 2 Bloque 1 teniendo un rumbo noreste-suroeste, a lo largo de 22 líneas longitudinales cuyas distancias comprendieron un rango que varía desde los 1km a los 2.5km de largo, con una separación entre líneas variable.

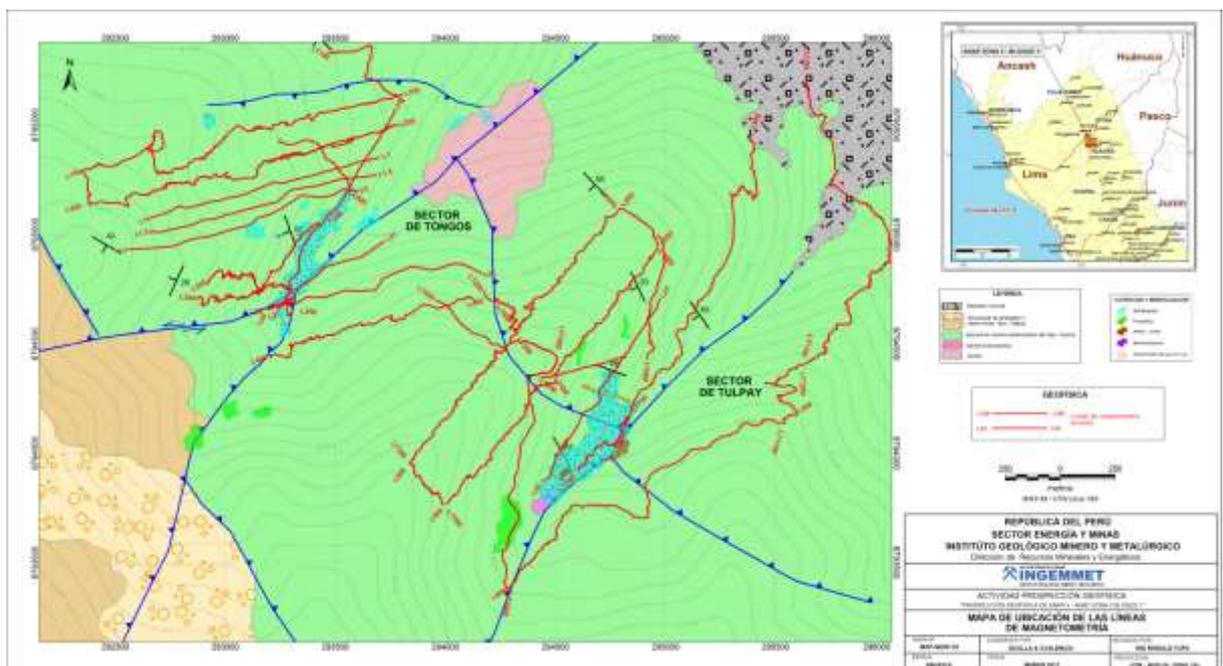


Fig. 6.2. Mapa de Ubicación de las Líneas de Prospección Magnética en el ANAP Zona 2 Bloque 1.

Como parte inicial del trabajo de prospección magnética, se procedió a determinar la ubicación de la Base magnética (ubicación del magnetómetro base) en un lugar apropiado el cual se encuentre aislado de cualquier ruido cultural y donde el gradiente magnético no sea afectado por efectos geológicos-magnéticos y los datos sean estables y confiables. Del mismo modo, se ubicó un punto de control con la finalidad de calibrar los tres (3) magnetómetros móviles y poder observar la deriva instrumental de cada equipo llevándolos a un mismo punto de referencia, Fig.6.3.

**Tabla 6.1.** Ubicación de la base magnética y el punto de control.

Estación	Coordenadas WGS 84 – 18S		
	Este	Norte	Elevación
Base	293221.33	8795609.74	3463.40
Punto Control	293242.03	8795605.00	3463.21

**Tabla 6.2.** Parámetros de recolección de datos magnéticos.

Parámetros	Modo de Recolección
Datum de referencia campo total	25300 nT
Intervalo de lecturas del equipo móvil	Cada 02 segundos
Intervalo de lecturas del equipo base	Cada 02 segundos
Altura sensor (móvil y base)	~ 02 m
Sistema Datum de recolección	WGS 84 18S

**Tabla 6.3.** Registro de datos de prospección magnética

Líneas de Magnetometría - ANAP Zona 2 Bloque 1					
Datum WGA 84 UTM 18s					
Línea	Coordenada Inicial		Coordenada Final		Longitud (Km)
	Este	Norte	Este	Norte	
L1	292735.66	8795097.42	293651.26	8795347.35	0.95
L1.5	292719.26	8795019.02	293684.49	8795299.18	1.01
L2	292709.33	8794943.70	293602.98	8795212.93	0.93
LT1	293312.29	8795035.48	293513.55	8795397.95	0.41
LT2	293270.80	8794627.06	293569.10	8795361.80	0.79
LT3	293298.93	8794647.11	294161.93	8794870.16	0.89
LT4	293854.27	8794822.91	294160.30	8795026.84	0.37
LT5	293575.07	8794880.78	293853.34	8795026.43	0.31
LT6	292714.64	8794710.62	293284.14	8795006.95	0.64
LT7	293291.06	8794620.98	293886.14	8795057.09	0.74
LT8	293373.53	8794963.69	293460.08	8795083.83	0.15
LT9	293373.12	8794946.59	293886.25	8795094.15	0.53
LT10	293256.90	8794715.03	293337.11	8794878.46	0.18
LT11	294163.74	8794746.66	294701.18	8794923.79	0.57
LT12	294458.97	8794339.20	294728.63	8794696.22	0.45
LT13	294459.04	8794337.82	294751.42	8794463.64	0.32
LT14	294393.39	8793924.27	294753.50	8794464.18	0.65
LT15	294402.74	8793881.53	294935.25	8794895.92	1.15
L100.1	293123.04	8795474.60	293803.00	8795639.77	0.3
L100.2	292348.17	8795144.56	293165.77	8795499.11	1.2

L200.1	293288.81	8795351.36	293582.83	8795433.58	0.2
L200.2	292379.55	8795127.68	293293.64	8795354.02	0.9
L200.3	293140.38	8795273.43	293781.47	8795501.00	0.4
L250	292916.65	8794724.20	293438.65	8795048.82	0.3
L300	292869.14	8794628.10	293308.64	8794778.82	0.3
L400	293201.92	8794435.48	294132.93	8794715.85	1.2
L500.1	293836.22	8793954.71	294310.77	8794539.57	0.5
L500.2	294308.89	8794535.56	294791.94	8795118.22	1.4
L600.1	294005.85	8793772.09	294503.78	8794331.15	0.7
L600.2	294479.42	8794349.05	294958.63	8794929.00	0.7
L800	294813.66	8794118.88	295415.88	8795450.63	1.4
L900	294301.22	8793395.22	295527.63	8794153.52	1.2
LT100	293465.40	8795606.89	293810.70	8795864.52	0.2
LT1000	294257.80	8793371.18	294507.05	8794439.99	1.1
LT1100	295453.48	8794136.76	295619.34	8794405.19	1.2
LT1200	295626.93	8794406.60	296027.99	8795713.73	0.85
LT200	294176.05	8794557.30	294324.13	8794737.50	0.2
LT300	293841.17	8793765.65	293992.10	8793953.23	0.2
LT400	294375.10	8794371.78	294507.16	8794510.29	0.1
LT500	293245.86	8795220.65	293564.64	8795432.66	0.2
LT600	294795.03	8794934.91	294965.67	8795118.15	0.15
LT700	294602.22	8793922.15	294827.55	8794166.86	0.2
LT800	293956.99	8794357.58	294506.58	8794699.37	0.5
LT900	294914.35	8794430.04	294997.14	8794993.77	0.7
<b>TOTAL (Km)</b>					<b>27.34</b>



**Fig. 6.3.** Ubicación de un magnetómetro como estación Base en la imagen (A) alejada de cualquier interferencia o ruido cultural y en (B) brigada de Magnetometría Terrestre.

### 6.2.2 Estudios de Gravimetría

La recolección de datos de gravedad se realizó con un gravímetro Scintrex modelo CG5 – Autograv (Fig. 6.4), (en la Tabla 10 se incluye el listado de los datos de gravedad relativa y ubicación en el ANAP Zona 2 Bloque 1). Antes del inicio de las actividades de recolección, se programó en el gravímetro las correspondientes pruebas de calibración con la finalidad de poder tener un control; tanto en su precisión y deriva instrumental a ser utilizado en el ANAP Zona 2 Bloque 1; garantizando así, su buen funcionamiento y su precisión en las

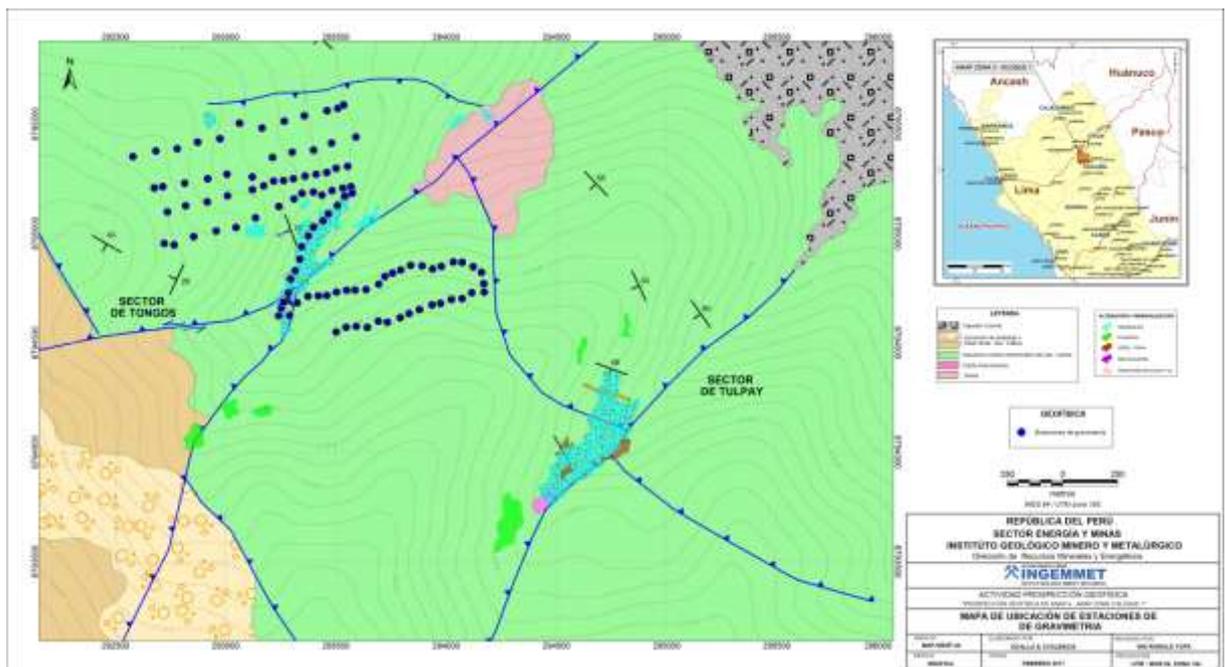
Actividad ANAP's

medidas realizadas por el equipo, Fig. 6.5. Previamente, a las pruebas de calibración se realizó un primer paso que consistió en la configuración interna del equipo, donde se pudo revisar los parámetros dados por el fabricante para el perfecto funcionamiento instrumental del equipo (Tabla 6.4).

El desarrollo de la recolección de datos se realizó en dos etapas: la primera fue la de estructurar toda la información disponible, distribuirla geográficamente en la zona de estudio e identificar el área de interés alrededor de acuerdo a la información geológica. La segunda consistió propiamente en la recolección de datos, se inició con la lectura en la Base de gravedad (Base local cerca de la zona de estudio y seguidamente realizar la recolección de datos en cada estación siguiendo los procedimientos técnicos con su nivelación del gravímetro (Fig. 6.6) para posteriormente realizar una (1) lectura con 2 repeticiones tomando un promedio de 2 minutos por estación. Al final del día de recolección de datos se realizó la descarga o transferencia de datos a una computadora, para poder generar nuestra base de datos.

**Tabla 6.4.** Ubicación de los puntos infinitos.

Parámetros	CG5
Gref:	0
Gcal1:	8754.290
TiltxS:	696.522
TiltyS:	593.054
TiltxO:	12.618
TiltyO:	0.419
Tempco:	-0.131
Drift:	0.642



**Fig. 6.4.** Mapa de ubicación de las líneas de gravimetría del ANAP Zona 2 Bloque 1.

Actividad ANAP's

Estos equipos se basan en el alargamiento de un sistema de resorte que soporta una masa de prueba. Cuando la gravedad cambia, la fuerza sobre la masa cambia y este cambio se ve reflejado en un cambio en la longitud del resorte. La masa cambia de posición y la cantidad de fuerza externa requerida para regresar la masa a su posición inicial proporciona una medida del valor de gravedad en la estación, respecto a otras estaciones.

El levantamiento de gravimetría está ligado a una estación de Base de Gravedad de nivel "flotante" denominada 999. La Base 998 se establece en el extremo norte del área de estudio. A este punto se le asignó un valor gravedad arbitraria de 980000.00 mG. Una segunda base de gravedad, 998, se estableció cercana a la 999 para ser ligada posteriormente mediante dos circuitos cerrados con una deriva de instrumento baja (Fig. 8). Se obtuvo un valor de 980000.023 mG. Los circuitos diarios se abrieron y cerraron en la estación 999 y las coordenadas de ubicación de las estaciones gravimétricas se pueden observar en la Tabla 6.5.



Fig. 6.5 Recolección de datos de gravedad y GPSD en el ANAP Zona 2 Bloque 1.

Tabla 6.5. Datos de referencia de las bases gravimétricas y GPSD utilizadas.

Ubicación	Estación	Gravedad (mG)	Coordenadas UTM WGS84 – 18S		
			Este	Norte	Elevación
Tongos	998	980000.000	293211.73	8796083.74	3349.86
Tongos	999	980000.023	293208.41	8796083.74	3350.25

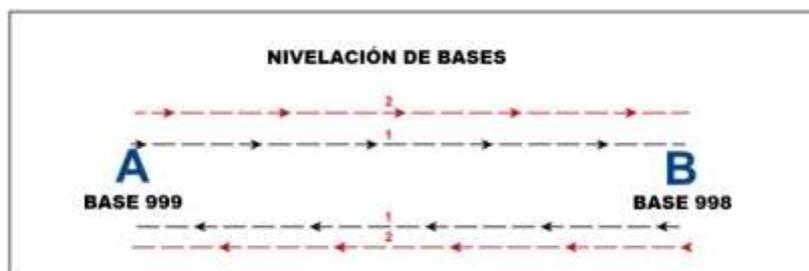


Fig. 6.6. Nivelación de bases – ANAP Zona 2 Bloque 1

### 6.2.3 Levantamiento Topográfico

La recolección de datos de ubicación de las coordenadas UTM en el ANAP Zona 2 Boque 1 se realizó en una campaña utilizando un equipo GPS diferencial Trimble R8s en modo post proceso (PPK). Para la determinación la base de topografía se empleó el “método estático” el cual consistió en ubicar el equipo receptor GNSS R8s en un punto libre de interferencia durante 8 horas para obtener una posición con un alto grado de confiabilidad y precisión denominado BASETOP. Finalmente, la recolección de datos se realizó en cada estación gravimétrica en modo post proceso considerando para cada lectura un minuto. Las coordenadas de la base se muestran en la siguiente Tabla 6.6.

**Tabla 6.6.** Datos de referencia de la Base para la recolección de datos de topografía

Ubicación	Código	Coordenadas UTM WGS84 – 18S		
		Este	Norte	Elevación
Tongos	BASE-TOP	293212.46	8796081.33	3350.25
Tongos	PC	293208.41	8796083.74	3350.25

### 6.2.4 Estudios de Polarización Inducida

Los instrumentos usados en este trabajo de prospección fueron un receptor GDD modelo GRx8-32 y un transmisor GDD modelo TxII-5000W, la fuente de alimentación fue un motorgenerador eléctrico marca Honda modelo EG6500CXS de 6500 KW. Para los trabajos de IP 2D se utilizó la metodología convencional con una distribución y arreglo polo-dipolo 2D que fue implementado usando electrodos denominados "potenciales o Rx" usando 10 cables conductores de la señal configurados con un dipolo de 50 m y 100 m (distancia entre potenciales) con una separación entre líneas de 200m, estos electrodos consistieron en varillas de acero de 3/8" con una longitud aproximada de 0.5m. Los electrodos de emisión denominados de "corriente o Tx" usados en cada estación a lo largo de las líneas de transmisión/recepción. Esta emisión de energía consistió en el uso de 5 varillas de acero de 5/8" de 1 m de longitud aproximada colocada cada 100 m a lo largo de cada estación desde su inicio hasta el final de cada línea.

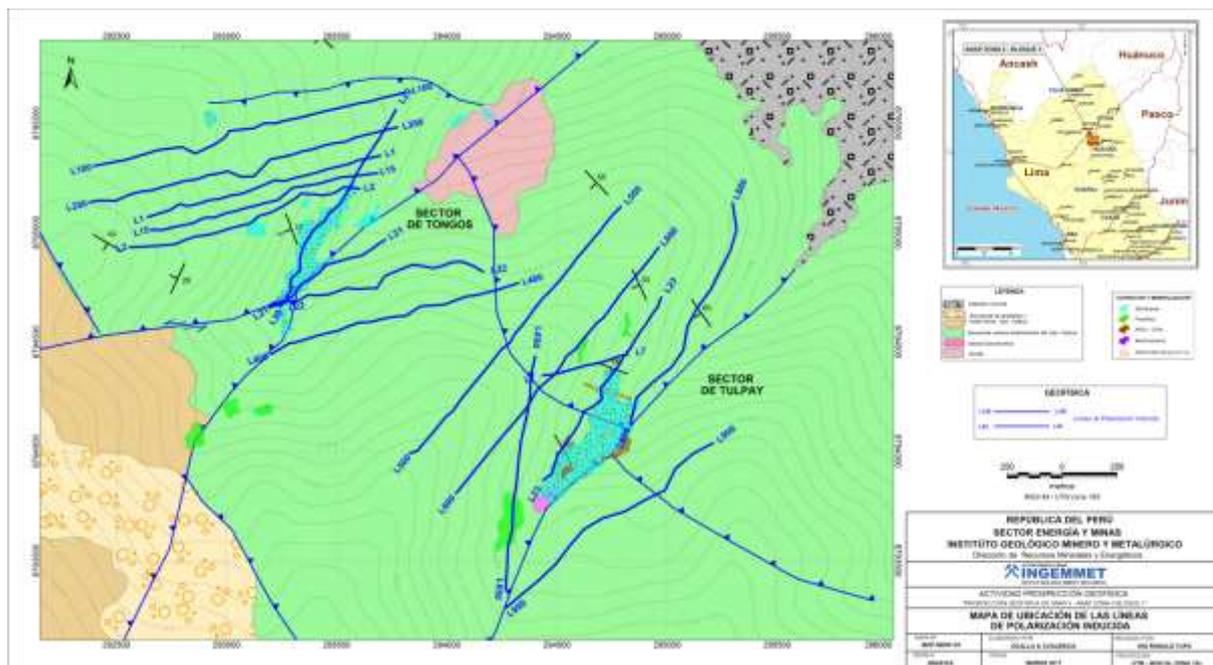


Fig. 6.7. Mapa de ubicación de las líneas de IP2D del ANAP Zona 2 Bloque 1.

En la **Fig. 6.7.** Se observa la distribución de las líneas de polarización inducida en el ANAP Zona 2 Bloque 1 teniendo un rumbo NorEste-SurOeste, a lo largo de 17 líneas longitudinales cuyas distancias comprendieron un rango que varía desde los 500 m a los 1.5 km con una separación entre líneas de 100 m y 200 m, Tabla 9. Como parte inicial del trabajo de polarización inducida, se procedió a la instalación del *punto infinito* (Tabla 6.7), el cual es un punto fijo que se instala a una distancia no menor de 10 veces la longitud del dipolo a utilizar (en este trabajo, dipolo=50m), de esta manera el punto infinito se ubicó 10\*100 m haciendo un mínimo de 1000 m del área a prospectar. La razón que este punto infinito este alejado es que está en relación directamente proporcional a la profundidad de lectura que se quiera alcanzar.



**Fig. 6.8.** Preparación, traslado y registro de información de polarización inducida 2D.

En la **Fig. 6.8** se observa imágenes del trabajo de IP2D, que consta en la preparación y desplazamiento de materiales tales como: en (a) ubicación del electrodo de corriente denominado “punto infinito” que consistió de 4 láminas de zinc enterradas a unos 50 cm de profundidad el cual fue saturado con agua y sal, este electrodo fue ubicado lo más alejado posible del área de trabajo, al menos 10 veces el dipolo o 1 km mínimo. En (b), se tiene el desplazamiento de los cables de inducción de corriente por parte del personal de apoyo. En (c) ubicación del equipo denominado “Transmisor o Tx” En (d), ubicación del equipo denominado “receptor o Rx” a lo largo de la línea donde se recolecta los datos de IP2D en el ANAP Zona 2 Bloque 1 (Tabla 6.8).

**Tabla 6.7.** Ubicación de los puntos infinitos.

Estación	Coordenadas UTM WGS 84 – 18S		
	Este	Norte	Elevación
Infinito 1	292562.87	8795888.07	3495.85
Infinito 2	293559.25	8795673.03	3348.21
Infinito 3	293208.77	8796115.35	3358.81

**Tabla 6.8.** Parámetros de recolección de datos de polarización inducida.

Parámetros	Modo de Recolección
Mediciones	Dominio de tiempo
ConFig.ción de electrodos	Polo – dipolo 2D
Distancia del dipolo	50 – 100 m
Espaciamiento entre líneas Tx y Rx	200m
Tx	Líneas de transmisión
Rx	Líneas de recepción
Nro. De repeticiones	02/03 lecturas por punto

Los trabajos de campo se realizaron con el apoyo de 15 ayudantes de campo propios de la zona de estudio cuya labor principal:

- Tres ayudantes para el tendido de 2km lineales de cable.
- Dos ayudantes para hacer huecos en el terreno y acarreo de agua con sal para mejorar la conductividad en los puntos de corriente.
- Cinco ayudantes de campo para la instalación de electrodos de potencial y acarreo de 5km de cable (Tabla 6.9).

**Tabla 6.9.** Registro de datos de polarización inducida.

Líneas de Polarización Inducida 2D - ANAP Zona 2 Bloque 1					
Datum WGS 84 UTM 18S					
Línea	Coordenada inicial		Coordenada final		Longitud (Km)
	Este	Norte	Este	Norte	
1	292643.55	8795069.90	293699.35	8795351.42	1.1
1.5	292657.69	8795011.80	293686.41	8795271.35	1.1
2	292560.10	8794931.87	293603.31	8795200.36	1.1
7	294436.01	8794345.83	294820.84	8794441.93	0.4
20	293194.15	8794656.49	293769.12	8795561.16	1.1
21	293243.55	8794660.23	293720.44	8794966.77	0.6
22	293194.15	8794656.49	294163.75	8794820.51	1.1
23	294437.23	8793867.59	294973.60	8794703.29	1.1
L100	292397.26	8795303.35	293755.484	8795626.01	1.4
L200	292423.179	8795146.74	293775.192	8795481.21	1.45
L400	293361.58	8794511.84	294421.965	8794791.62	1.1
L500	293804.083	8793927.55	294692.932	8795002.36	1.5
L600	294041.696	8793807.05	294931.325	8794890.55	1.45
L650	294267.336	8793372.58	294403.609	8794444.22	1.1
L800	294836.81	8794140.45	295296.649	8795136.08	1.1
L900	294268.635	8793284.81	295207.879	8794037.87	1.1
<b>Total (Km)</b>					<b>17.8</b>

## 6.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

### 6.3.1 Procesamiento de Datos Magnéticos Terrestres

Los datos fueron transferidos diariamente desde los magnetómetros a un computador portable vía un puerto USB. Los archivos fueron descargados con nombres consecuentes con la fecha de recolección, como **ddmmyy** y extensiones de acuerdo al magnetómetro, “BAS” para el magnetómetro de la estación base y “.TXT” para magnetómetros móviles. La corrección diurna se realizó con un valor de datum de 25300 nT a toda la base de datos del proyecto para su posterior proceso y generación de imágenes en Oasis Montaj. La interpolación de los datos (gridding) se realizó con el algoritmo *RANGRID* de Geosoft con un tamaño de celda de 75 m, para los registros magnéticos. La generación de imágenes aplicando la Transformada de Fourier (*FFT*) y el uso de imágenes con filtros de la reducción al polo, señal analítica, primera derivada vertical, segunda derivada vertical, el gradiente de la derivada horizontal, entre otros se realizó con el Oasis Montaj convirtiendo estos mapas a formatos con extensión \*.GRD desde Oasis Montaj v.8.2.

#### 6.3.1.1 Corrección Diurna

El campo magnético terrestre está continuamente cambiando (variaciones diurnas) y las medidas de campo deben ser ajustadas por estas variaciones, la técnica más correcta es establecer un magnetómetro como estación base en un punto fijo que continuamente registre y monitoree la intensidad del campo magnético durante el periodo que sea necesario. La estación base y el magnetómetro móvil son sincronizados en función al tiempo y por una sustracción matemática simple los datos del equipo móvil son corregidos de las variaciones diurnas (Fig. 6.9). Además, como parte de un control de calidad a los datos se aplicó un filtro de continuación ascendente de 15 unidades para filtrar las altas frecuencias que tengan longitudes de onda muy pequeñas y eliminar los ruidos ocasionados por fuentes externas.



**Fig. 6.9.** Base magnética en el ANAP Zona 2 Bloque 1.

### 6.3.1.2 Corrección Campo Geomagnética de Referencia Internacional– IGRF

El Campo de Referencia Geomagnético Internacional (IGRF), es un campo magnético regional de longitud de onda larga calculado a partir de datos magnéticos permanentes recopilados en todo el mundo. El IGRF es actualizado y determinado por un comité internacional de geofísicos cada 5 años (Thébault et al. 2015). Las variaciones seculares en el campo magnético de la Tierra se incorporan en la determinación del IGRF. Mediante la corrección del IGRF de la Intensidad del Campo Magnético Total Observado (TMI), la intensidad magnética residual resultante permite validar un modelo de anomalías individuales cercanas a la superficie. Adicionalmente, los datos pueden ser fácilmente incorporados dentro de las bases de datos magnéticos recolectados en el pasado o que se adquirirán en un futuro.

### 6.3.1.3 Reducción al Polo

Es utilizada para compensar el desplazamiento a la verdadera posición de la anomalía sobre la fuente magnética causante, debido a la inclinación y declinación magnética. Los datos magnéticos son recalculados de modo que las anomalías magnéticas aparecerán como si estuvieran ubicadas en el polo norte magnético. El resultado de esta operación es que, en teoría, la anomalía magnética se encuentra directamente sobre la fuente magnética causante. El cálculo se conoce como "*Reducción al Polo - RTP*". El RTP se calcula utilizando la Transformada de Fourier - FFT (Fast Fourier Transform). El RTP no solo desplaza las anomalías a su posición correcta con respecto a los cuerpos magnéticos causantes, sino que ayuda en la correlación directa y la comparación de anomalías magnéticas, tendencias, ejes estructurales y discontinuidades con la expresión de la superficie geológica mapeada, Prabhakar & Mathew (1998) (Fig. 6.10).

#### 6.3.1.4 Primera Derivada Vertical

Cuantifican el índice espacial del cambio del campo magnético en la dirección vertical u horizontal. Estas derivadas básicamente realzan las anomalías relativas de alta frecuencia a bajas frecuencias.

Las derivadas verticales calculan la razón de cambio del campo cuando este disminuye y es medido verticalmente sobre el mismo punto (continuación ascendente). Los datos de los campos potenciales obedecen a la ecuación de Laplace, que permite el cálculo a través de la Transformada de Fourier (FFT), para aprovechar esta simetría y dar solución a la componente vertical del campo.

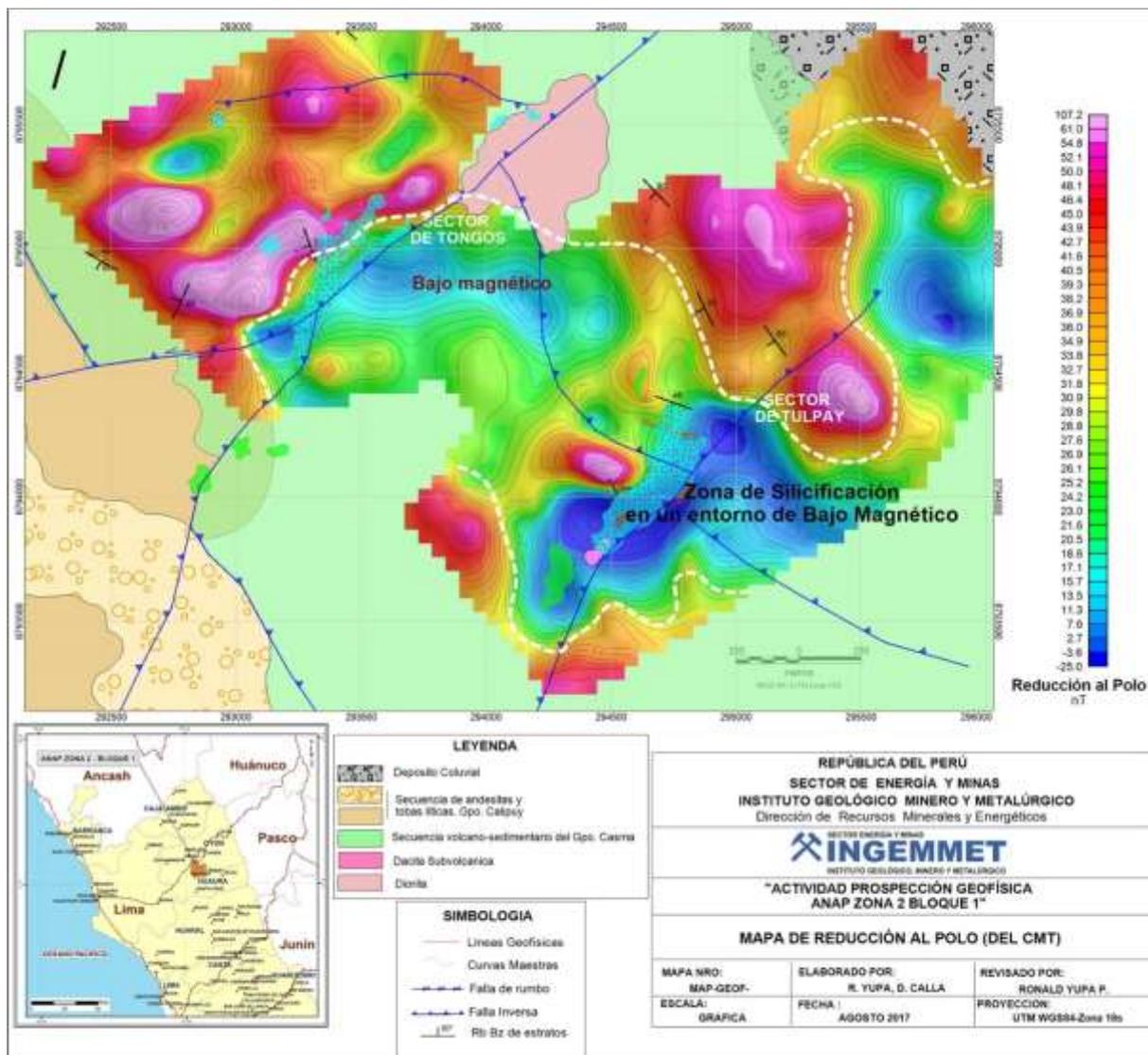
La Primera Derivada Vertical (1VD) tiene el efecto de agudizar las anomalías, lo que permite una mejor ubicación espacial de los ejes de la fuente y sus límites.

#### 6.3.1.5 Señal Analítica

La señal analítica es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las derivadas en las direcciones x, y, z.

$$SA = \sqrt{\partial x^2 + \partial y^2 + \partial z^2}$$

Dónde: SA es la señal analítica y es igual a la raíz cuadrada del cuadrado de  $\partial x$ , que es el gradiente horizontal en la dirección x,  $\partial y$  es el gradiente horizontal en la dirección y,  $\partial z$ , es el gradiente vertical en la dirección z. La señal analítica es muy útil para ubicar los bordes de los cuerpos con fuente magnética, particularmente donde la remanencia y/o latitudes bajas complican su interpretación.



**Fig. 6.10.** Mapa de Reducción al Polo nivelado al IGRF, se observan variaciones del campo magnético probablemente causadas por las rocas magnetizadas en la corteza (o componentes de altas frecuencias del campo generado en el interior de la tierra).

### 6.3.1.6 Inversión de datos de Gravedad

Con la finalidad de obtener un modelo en profundidad que pueda explicar las observaciones de los datos geofísicos medidos en superficie se realizó este proceso matemático, utilizando para el caso de magnetometría terrestre un modelo de susceptibilidad magnética. Las unidades empleadas son en el Sistema Internacional (SI). Es preciso señalar que las estructuras geofísicas de inversión pueden desarrollar, a pesar de las limitaciones de la inversión 3D, ensanchamientos en sus dimensiones (MacLeod & Ellis., 2013).

### 6.3.2 Procesamiento de Datos Gravimétricos

Para respaldo, los datos gravimétricos fueron transferidos diariamente al ordenador por un puerto USB (SINTREX), en formato "TXT", con nombres consecuentes con la fecha de recolección lo cual facilita realizar el control de calidad, este proceso se realizó en una hoja de Excel que consistió en seleccionar para una misma estación, tomar tres valores de gravedad relativa generados en el mismo ciclo de medición. En este aspecto se consideró la desviación estándar, la variación en Tilt Y y Tilt X., una vez depurada las lecturas de gravedad relativa se asignó un valor de gravedad observada para cada estación ordinaria asociada a la base local que se utilizó para los circuitos de medición. Una vez que se realizó el control de calidad de los datos, fue posible aplicar las ecuaciones de reducción gravimétrica (corrección de Bouguer, corrección topográfica y corrección de aire libre) estos cálculos se realizaron con el software *Oasis montaj* a través del módulo Gravity terrain correction. Seguidamente se realizó la corrección topográfica y se utilizó un grid del Modelo de Elevación Digital regional (DEM) y el DEM del grid local con datos recolectados con el GPS diferencial Trimble R8s. Una vez realizado las correcciones se continuó con el cálculo de los mapas de anomalías gravimétricas mediante la interpolación de los datos (gridding) utilizando el algoritmo RANGRID de Geosoft, con un tamaño de celda de 50 m. La separación de la residual a partir de la regional se realizó por medio del módulo MAGMAP tomando como base el \*.GRD de anomalía de Bouguer, este complemento permite realizar análisis de derivadas direccionales, transformada rápida de Fourier (FFT) entre otras aplicaciones. Los datos fueron procesados utilizando el filtro gaussiano de paso bajo con una longitud de onda de corte 1.745 rad/km. (Con el fin de realizar la separación de las componente regional y residual de la anomalía). Para el proceso de inversión se ha usado el modelo VOXI Earth Modelling de Geosoft (2012), un servicio de algoritmo de inversión geofísica que genera modelos de densidades de las rocas a profundidad a partir de datos gravimétricos. Todos los resultados fueron generados para visualizar la subsuperficie y el análisis vertical en 2D.

### 6.3.3 Procesamiento de datos Topográficos

El procesamiento de datos topográficos, se realiza todos los días al finalizar las operaciones de toma de datos de terreno. Primero, se realiza la transferencia de datos tanto de la base topográfica y los datos tomados en cada estación empleando el software Trimble Data Transfer, seguidamente se realizó el post-procesamiento de datos del ROVER (estaciones ordinarias medidas en terreno) haciendo la corrección y procesamiento en base a la estación BASETOP con la técnica de post proceso (PPK) obteniendo las coordenadas corregidas de cada estación.

#### 6.3.4 Procesamiento de datos de Polarización Inducida 2D

La base de datos fue compilada en una carpeta y el control de calidad fue realizado para verificar las curvas de caídas de voltaje, inicialmente se utilizó el módulo de IP que es parte del Oasis Montaj de Geosoft, para mostrar los datos y sus parámetros, (módulo de QC IP Data, 2017). Después de una inspección visual a los datos con una alta señal/ruido fueron filtrados y separados para ser exportados en los formatos RES.OBS, IP.OBS y TOPO.DAT el cual se procedió a utilizar el algoritmo de inversión DCIP2D desarrollado por el departamento de Geophysical Inversion Facility de la Universidad de British Columbia (Oldenburg & Li, 1994), además todos los resultados fueron generados para visualizar la subsuperficie y el análisis vertical en profundidad.

Esta información fue procesada y luego importada al *Oasis Montaj* para su posterior generación de imágenes e interpretación final. Los resultados del DCIP2D pudieron ser integrados en modelos 2D creados en la plataforma de Geosoft. Los datos de topografía usados en el modelo de inversión fueron extraídos de los GPS Garmin - Montana 600 de mano, sin embargo, en algunas estaciones locales los puntos fueron re-localizados debido al pobre contacto en el terreno y el electrodo no polarizable. La plataforma de Geosoft generó secciones verticales y mapas de niveles en profundidad para ambos, tanto para la cargabilidad y resistividad, permitiendo una comparación directa entre las variaciones de los valores entre estos.

### 6.4 INTERPRETACIÓN

#### 6.4.1 Interpretación de Datos Magnéticos

Durante el procesamiento de datos se ha generado mapas de reducción al polo, la primera y segunda derivada vertical, la señal analítica y lineamientos magnéticos utilizando la transformada de Fourier FFT.

La intensidad del campo magnético ha sido corregida en relación al IGRF y esta varía en el área de estudio en un rango aproximadamente de (-25nT a 107nT). El proceso de reducción al polo trata de proveer una imagen donde la inclinación del campo magnético se observe de modo vertical, y así observar anomalías positivas sobre cuerpos de alta susceptibilidad magnética, si se presentasen (Hinze et al., 2013).

El mapa de la reducción al polo, como se mostró en la Fig. 6.10, ha proporcionado información que define anomalías de bajos y altos magnéticos. La anomalía de bajo magnético (BM), ubicado en la parte central, entre los sectores de San Pedro de Tongos y

Tulpay, presenta una dirección noroeste. Este BM tiene un área que comprende 1.4km X 0.8km aproximadamente.

El bajo magnético muestra una anomalía débil en contenido magnético, esto puede ocurrir, cuando las soluciones mineralizadas que se desplazan a través de la roca hospedante y destruyen los minerales magnéticos adyacentes al depósito. Este proceso puede ocurrir dentro y de forma paralela a los conductos de alimentación debajo del depósito.

Los altos magnéticos, encuentran materiales magnéticos como magnetita o pirrotita monoclinica en la parte superior del conducto alimentador o de la zona mineralizada. La respuesta del bajo magnético es consistente en relación al control estructural de las fallas inversas existentes en el sector donde se presenta la mineralización.

#### 6.4.2 Interpretación de Polarización Inducida (IP2D)

En los mapas de inversión de IP2D a profundidades desde los 50m - 300m se tiene dos anomalías importantes con altos valores de cargabilidad  $> 35\text{mV/V} - 45\text{mV/V}$ . Información que nos indicaría estar asociado a un posible contenido de sulfuros diseminados en profundidad. Así mismo, en las Fig. 6.11 y Fig. 6.12, la cargabilidad se presenta en secciones de inversión, representadas en forma lenticular estratificada paralela a los estratos.

Del proceso de inversión de datos utilizando el algoritmo de DCIP2D (Oldenburg & Li, 1994), se pudo generar secciones y mapas de inversión a diferentes niveles de profundidad tanto para la respuesta de resistividad y la cargabilidad (Fig. 6.13 y Fig. 6.14, Fig. 6.15). Los resultados de polarización inducida muestran cambios en las características de las propiedades físicas de las rocas desde niveles superficiales de 50m hasta una profundidad de los 300m aproximadamente.

Las anomalías de cargabilidad, tienen un área de 400mx500m aproximadamente y son observadas desde los 50m hasta los 300m de profundidad. Así mismo, los contrastes de resistividades bajas con valores de  $50 \text{ Ohm}\cdot\text{m} - 390 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$  y otros sectores con resistividades moderadas a altas  $< 400 \text{ Ohm}\cdot\text{m} - 2700 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$  indican un mayor contenido de sílice en su composición mineralógica (Fig. 6.11, Figs. 6.13 a 6.17).

En base a la respuesta de resistividad moderada a alta, podría referirse a un sistema de depósito VMS hospedado principalmente dentro de una secuencia volcánica constituida por rocas volcanoclásticas juveniles de composición félsica a intermedia (Fig. 12).

### 6.4.3 Interpretación de Datos de Gravedad

La respuesta de gravedad es presentada en perfiles de inversión gravimétrica, representados por longitudes de ondas del campo potencial, en estos se observan contrastes de altos y bajos valores de densidad como respuesta de los minerales y la roca hospedante. A lo largo de los perfiles se han delimitado altos contrastes de gravedad los que se superponen a zonas intermedias y altos resistivos, así como zonas de alta cargabilidad, afirmando que estaríamos en un sector asociado a una probable zona mineralizada.

Las respuestas de gravedad para fuentes profundas disminuyen en amplitud pero incrementan en longitud de onda espacial hasta que desaparecen con el ruido geológico. El efecto de observación en la anomalía gravimétrica desplazado en un cuerpo con fuente pequeña está relacionadas al tamaño de su longitud de onda corta, siendo considerada la fuente a poca profundidad (Fig. 13 a Fig. 15.)

En general, los minerales relacionados con VMS tienen contrastes de alta densidad con la roca hospedante. El mineral de sulfuro más común en los depósitos de VMS es la pirita, que a menudo se asocia con otros sulfuros como la pirrotina, la calcopirita, la esfalerita y la galena. Otros posibles minerales asociados a depósitos de VMS incluyen a la magnetita, hematita y barita, con densidades comparables con la mayoría de los sulfuros, y grafito con una densidad típicamente mucho menor ( $\sim 2.5 \text{ g / cm}^3$ ), Airo, 2015.

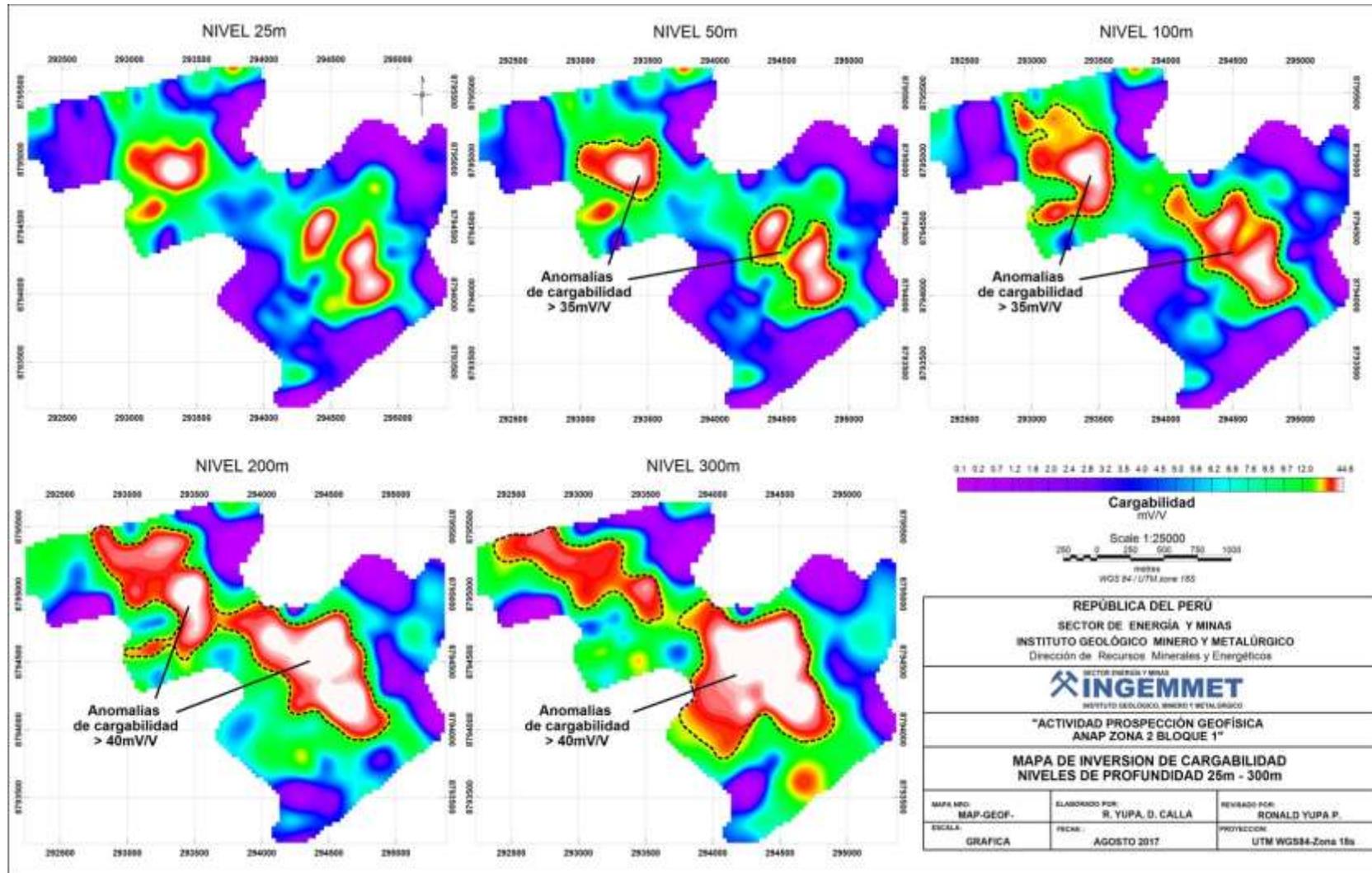


Fig. 6.11. Información de la inversión de datos de cargabilidad representadas a diferentes niveles de profundidad que van desde los 50m hasta los 300m, la distribución de colores es como sigue; cargabilidades altas de color rojo-blanco, cargabilidades moderadas de color amarillo a verde y cargabilidades bajas de color morado.

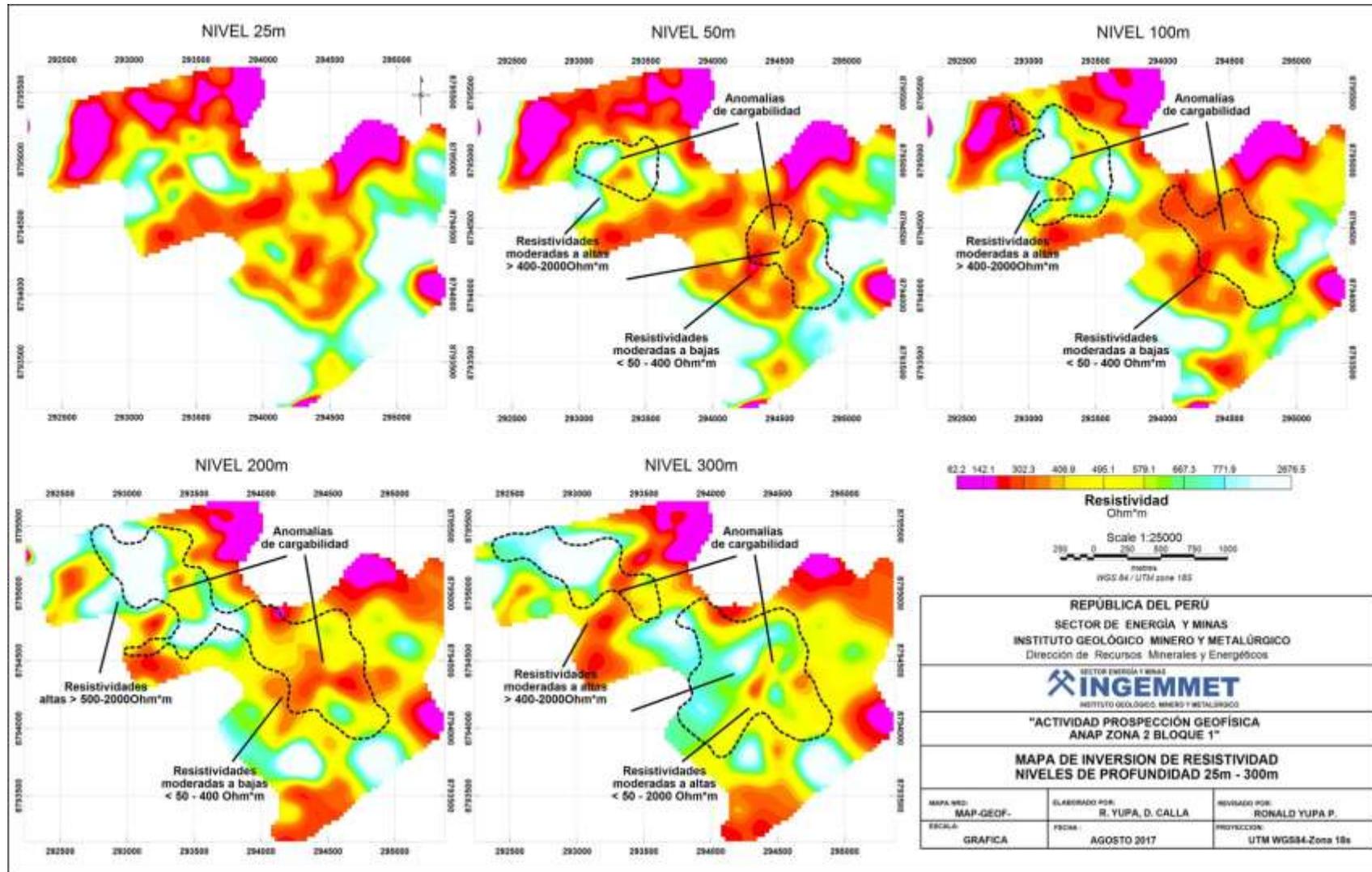
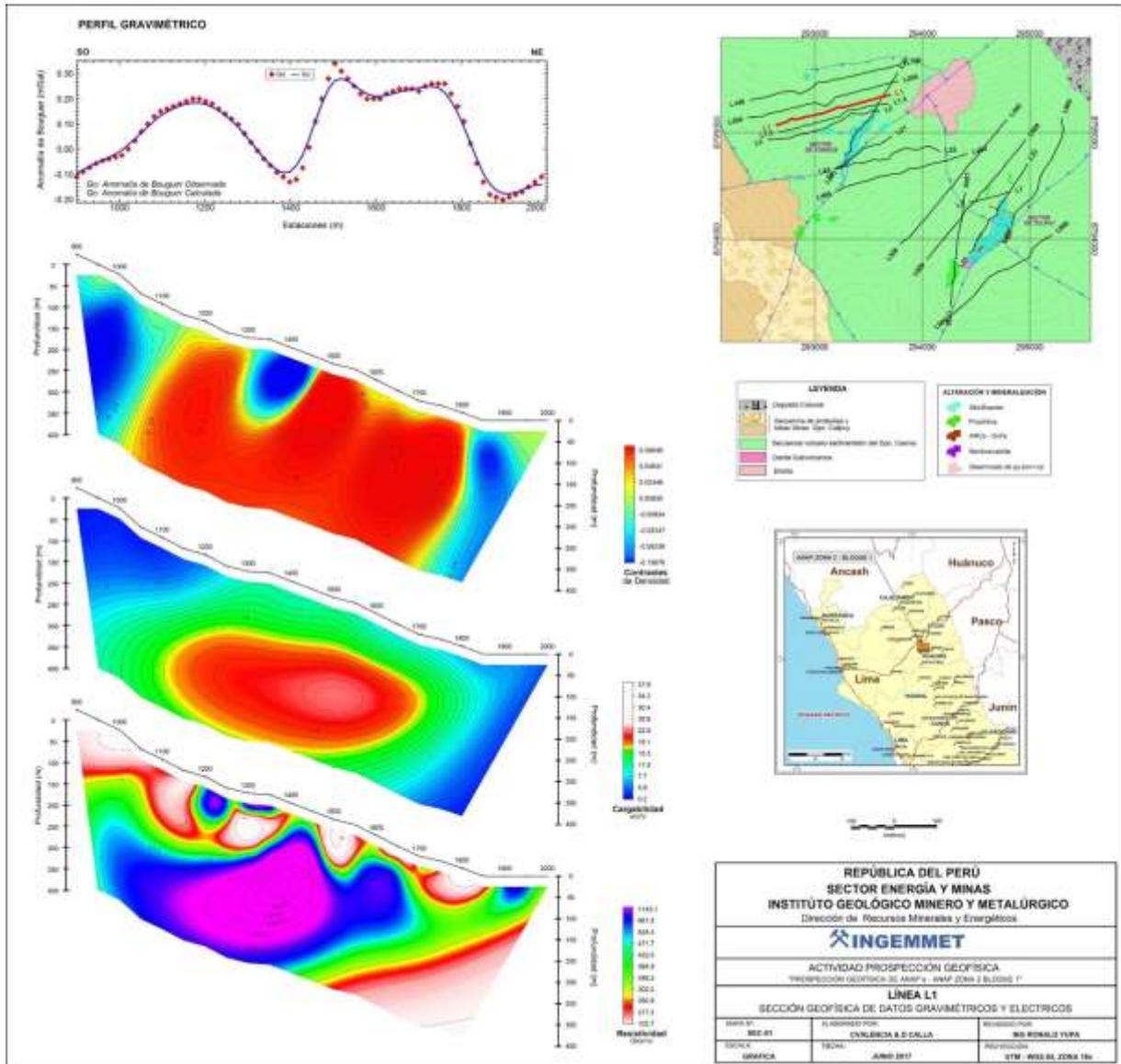
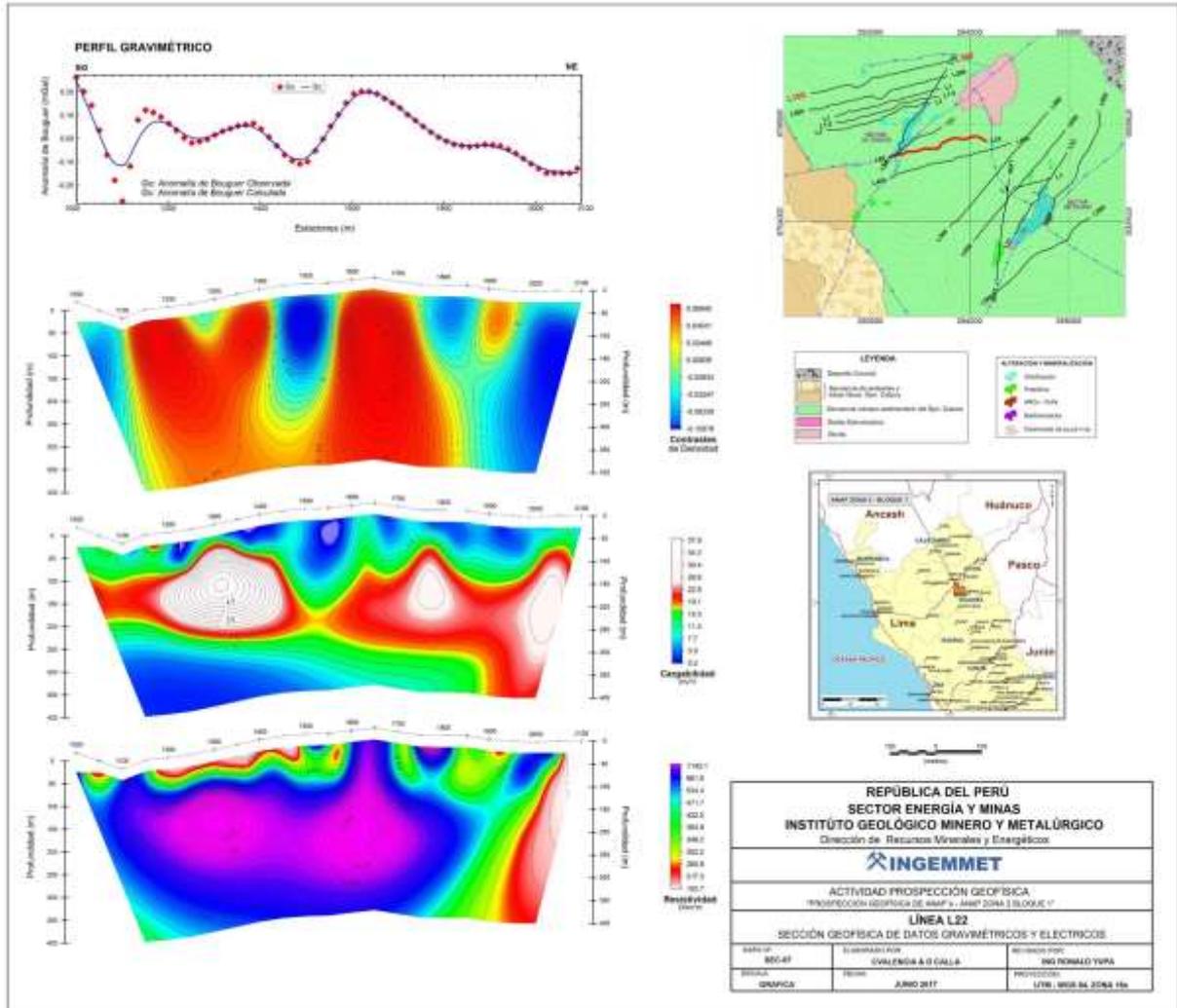


Fig. 6.12. Información de la inversión de datos de resistividad representadas a diferentes niveles de profundidad que van desde los 50m hasta los 300m, la distribución de colores es; resistividades altas de color celeste-blanco, resistividades moderadas de color amarillo a verde y resistividades bajas de color fucsia.



**Fig. 6.13.** Sección L1N, perfil gravimétrico, contraste de densidad, Cargabilidad y Resistividad, comportamiento físico de las rocas. Esta imagen muestra la información de inversión de datos hasta los 400m de profundidad.



**Fig. 6.14.** Sección L22N, perfil gravimétrico, contraste de densidad, Cargabilidad y Resistividad, comportamiento físico de las rocas. Esta imagen muestra la información de inversión de datos hasta los 400m de profundidad.

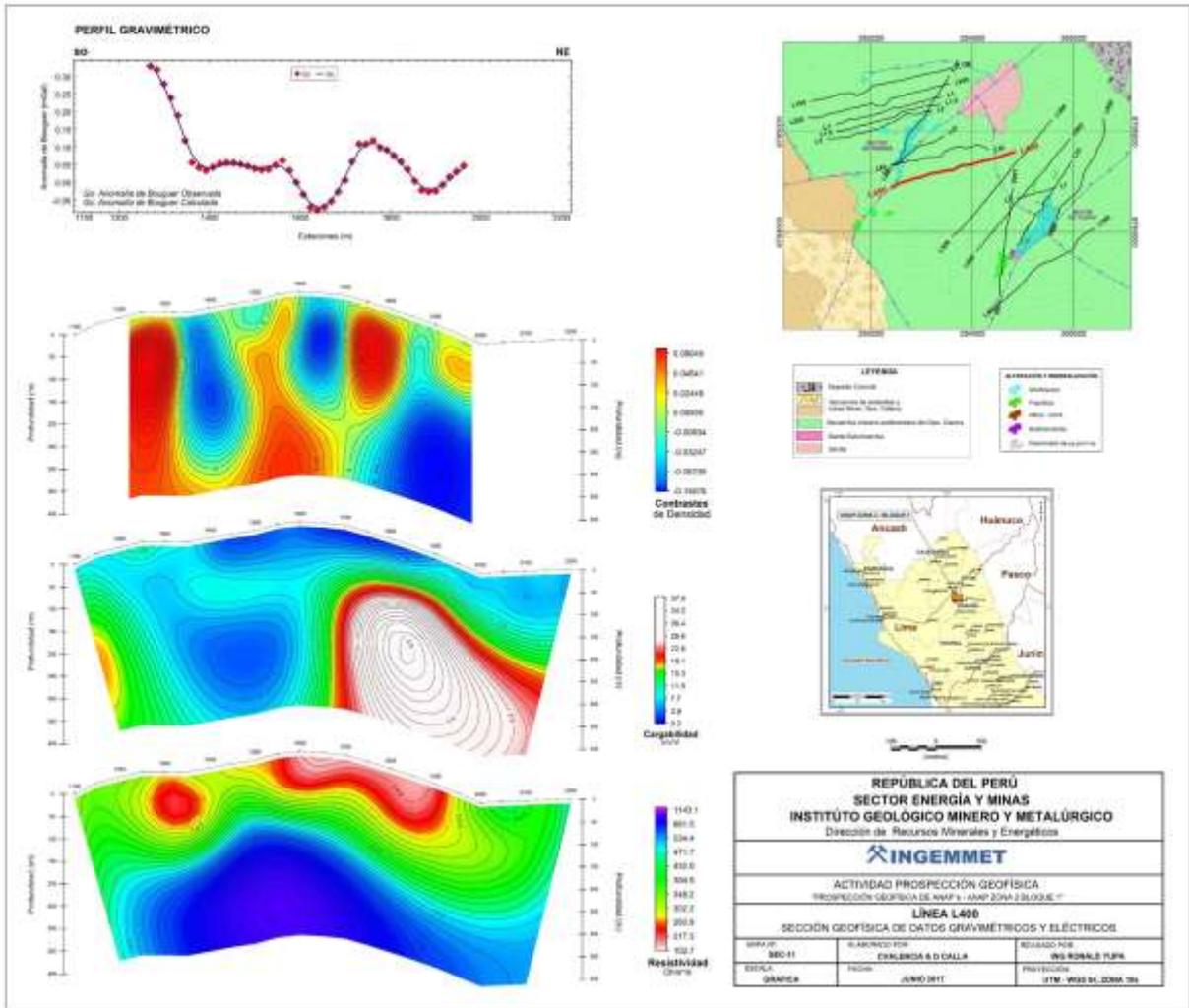


Fig. 6.15. Sección L400N, perfil gravimétrico, contraste de densidad, Cargabilidad y Resistividad, comportamiento físico de las rocas. Esta imagen muestra la información de inversión de datos hasta los 400m

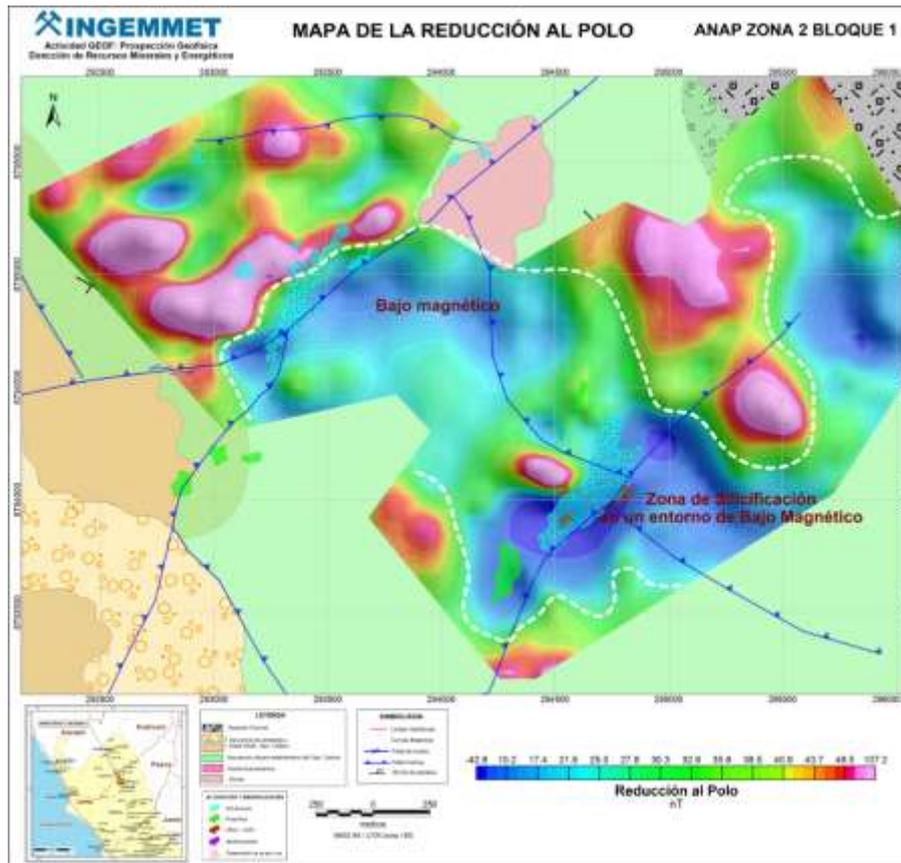
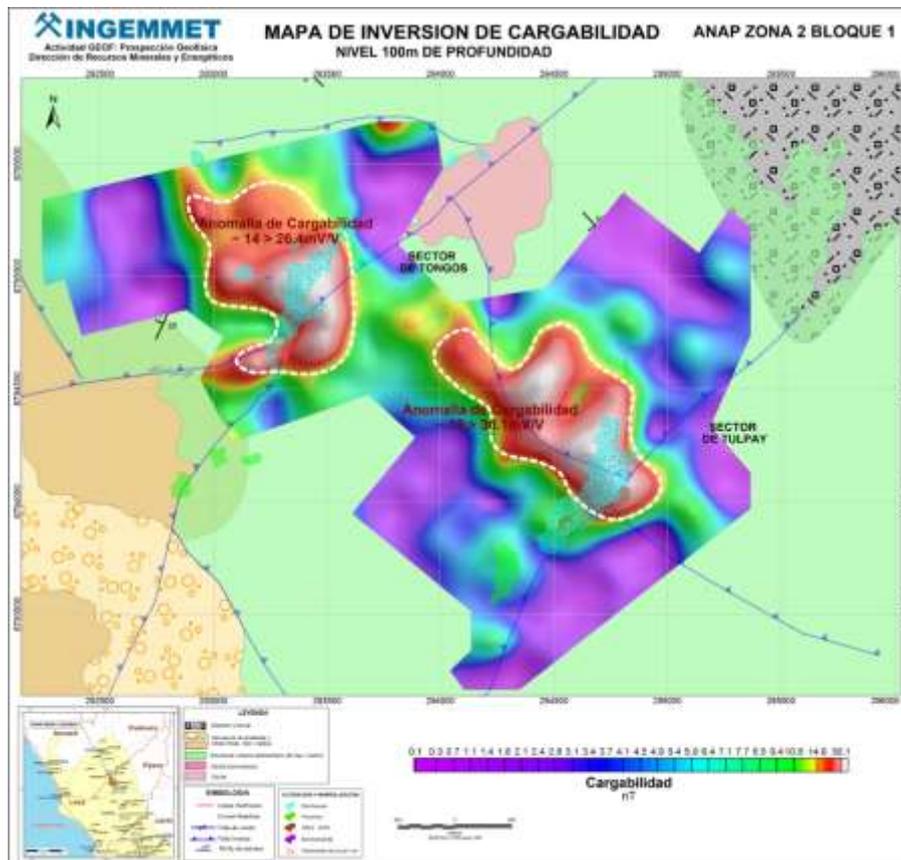


Fig. 6.16. Mapa de reducción, mostrando los bajos magnéticos.



## VII CONCLUSIONES

1. La geología del ANAP Zona 2 Bloque 1 está constituida por rocas sedimentarias de la **Formación Chicama**, subrayando se tienen rocas volcánicas sedimentarias del **Grupo Casma** del Cretáceo inferior; siendo este ambiente propicio para prospectar por cuerpos y/o yacimientos del tipo sulfuros masivos volcanogénicos. Subrayando al Casma se tiene a rocas volcánicas del **Grupo Calipuy**. Estas son intruidas por rocas del **Batolito de la Costa**.
2. Se ha identificado dos sectores con evidencias de alteración y mineralización Qulash y Chinchipuquio, lo cual se hospedan en el miembro medio del Grupo Casma, constituida por rocas andesíticas afaníticas con silicificación y disseminación fina de pirita-pirrotita y trazas de calcopirita, así como óxidos de hierro tipo *gossan*.
3. Los resultados geoquímicos de las muestras tomadas reflejan valores anómalos puntuales para el zinc, cobre, plomo, plata, vanadio, antimonio, cadmio, telurio, bario y manganeso, estos dos últimos son elementos guía para la prospección de mineralización del tipo SMV, con mineralización polimetálica de zinc, cobre y otros.
4. Los métodos de prospección geofísica utilizados en los sectores de Qulash (Tongos) y Chinchipuquio (Tulpay) fueron; polarización inducida (IP2D), magnetometría y gravimetría cubriendo los alrededores donde la erosión ha expuesto en evidencia la mineralización y alteración en estos sectores.
5. El estudio de IP2D tuvo como respuesta dos anomalías importantes con altos valores de cargabilidad  $> 35\text{mV/V} - 45\text{mV/V}$ , que estarían asociados a un posible contenido de sulfuros disseminados en el sector, con forma lenticular estratificada paralela a los estratos. La respuesta de cargabilidad y resistividad son presentados en mapas y secciones de inversión, estas anomalías presentan un área de  $400\text{m} \times 500\text{m}$  aproximadamente y son observadas desde los 50m hasta los 300m de profundidad. Asimismo, los contrastes de resistividades bajas con valores de  $50 \text{ Ohm} \cdot \text{m} - 390 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$  y otros sectores con resistividades moderadas a altas  $< 400 \text{ Ohm} \cdot \text{m} - 2700 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$  indicándonos mayor contenido de sílice en su composición mineralógica, en base a esta respuesta de resistividad moderada a alta, podría referirse a un sistema de depósito SMV hospedado principalmente en un dominio volcánico sedimentario, constituidas por rocas félsicas a intermedias.

6. La respuesta magnética muestra anomalías de bajos y altos magnéticos. El bajo magnético señala una anomalía débil en contenido magnético, esto puede ocurrir, cuando las soluciones mineralizadas que se desplazan a través de la roca hospedante y destruyen los minerales magnéticos adyacentes al depósito. Este proceso puede ocurrir dentro y paralela a los conductos de alimentación debajo del depósito. Los altos magnéticos, encuentran materiales magnéticos como magnetita o pirrotita monoclinica en la parte superior del conducto alimentador o de la zona mineralizada. La respuesta del bajo magnético es consistente en relación al control estructural de las fallas inversas existentes en el sector donde se presenta la mineralización.
7. Se han realizado perfiles de inversión de la gravedad, representada por longitudes de ondas del campo potencial, en estos se observan contrastes altos y bajos de densidad de los minerales y rocas. A lo largo de los perfiles se han delimitado altos contrastes de gravedad los que, se superponen a zonas intermedias y altos resistivos, así como zonas de alta cargabilidad, confirmando estar asociada a una probable zona mineralizada.
8. La geofísica se correlaciona con la geología local de los dos sectores Qulash y Chinchipuquio, lo cual estos cuerpos de cargabilidad de formas lenticulares se unen en una profundidad de 200 metros y tienen una tendencia NO-SE, lo que significa que son controladas por la falla inversa del mismo rumbo Tongos - Puñún, que a su vez pone en contacto el Grupo Casma con el Grupo Calipuy.
9. Al suroeste del ANAP en la prolongación de la secuencia volcano-sedimentaria del Grupo Casma, se ubica a la Mina María Teresa y el Proyecto Lezard de tipo SMV (Provincia de Huaral), siguiendo esta franja en Lima tenemos la Mina Leonela Graciela (Peru Bar) y al Proyecto Palma (VOLCAN), continuando con la misma franja en la región Ica tenemos la Mina Cerro Lindo, lo que despierta aún más el interés del área prospectada.
10. En el aspecto social en la zona del ANAP los comuneros conocen los beneficios de la minería y están prestos para apoyar en los trabajos de prospección.
11. **Por lo expuesto y los resultados obtenidos se considera que esta es un área de interés que deberá de ser promovida a la inversión privada para su exploración.**

## **VIII RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda intensificar trabajos cartografía a escala distrital en los sectores Qulash, Chinchipuquio, para determinar el metalotecto estratigráfico dentro de la miembro medio del Grupo Casma.
2. Se recomienda realizar trabajos de detalle alrededor de la muestra Z2B1-16-r-222 donde se reporta valores anómalos en Ag, Pb, Zn, Sb, Cd, Au, Cu dentro del Grupo Casma.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J. (2012) Informe Técnico para solicitud de ANAP (Interno), INGEMMET, Dirección de Recursos Minerales y Energéticos.
- Acosta, J., Quispe, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Villareal, E., Paico, D., & Santisteban, A. (2010) Mapa metalogénico del Perú. En Geología Económica y Metalogenia del Perú, Estudios de Geología Económica, Serie B.
- Andean American Mining (2009). Mina Invicta.
- Airo M. L. (2015) - Geophysical signatures of mineral deposit types in Finland Edited by Geological Survey of Finland, Special Paper 58, 9–70.
- Bishop, R., & Emerson, W., (1999), Geophysical properties of zinc-bearing minerals: Australian Journal of Earth Sciences, v. 46, p. 311–328.
- Carlotto et al., 2009.- Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú
- Dávila, B., Jorge (2011) Diccionario Geológico. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Ford, K., Keating, P., and Thomas, M.D., (2007). Overview of geophysical signatures associated with Canadian ore deposits, in Goodfellow, W.D., ed., Mineral deposits of Canada— A synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication 5, p. 939–970.
- Gomez, P., 2000.- Geology of the Kuroko-Type Massive Sulphide Deposits of the Cuale District, Jalisco State, Mexico. VOLCANOGENIC MASSIVE SULPHIDE DEPOSITS OF LATIN AMERICA, pág 141-160.
- Grant, F.S., and West, G.F., (1965). Interpretation theory in applied geophysics: New York, McGraw-Hill Books Company, 584 p.
- Hinze, W., Ralph R.B. Von Frese and Afif H. Saad, (2013) - Principles, Practices, and Applications. Gravity and Magnetic Exploration, Cambridge University Press
- MacLeod I. N. & Ellis R. G. (2013) Magnetic Vector Inversion, a simple approach to the challenge of varying direction of rock magnetization, 23rd International Geophysical Conference and Exhibition, Melbourne, Australia.
- MacLeod I. N., Jones K., & Dai T. F., (1993) 3-D Analytic Signal in the Interpretation of Total Magnetic Field Data at Low Magnetic Latitudes, Exploration Geophysics 24(4)
- Mejía, R., 2009.- Geología y Caracterización de Recursos Geológicos Mineros del Proyecto Invicta-Provincia de Huaura, Lima
- Oldenburg, D. W & Li, Y., (1994) Inversion of induced Polarization Data, Geophysics, Vol. 59p, 1327-1341
- Peter, M., Kjarsgaard, M., & Goodfellow, D., (2003), Hydrothermal sedimentary rocks of the Heath Steele Belt, Bathurst mining camp, New Brunswick—Part 1. Mineralogy and mineral chemistry, in Goodfellow, W.D., McCutcheon, S.R., and Peter, J.M.,

eds., Massive sulfide deposits of the Bathurst mining camp, New Brunswick, and northern Maine: Economic Geology Monograph 11, p. 361–390.

Prabhakar S. N. & Mathew M.P., (1998) - Analysis of Geophysical Potential Fields, A Digital Signal Processing Approach. Advances in Exploration Geophysics 5.

Romero, D., Latorre, O., 2003.- Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón (22-j) cuadrante III. Escala 1:50,000.

Romero, D., 2007.- La Cuenca Superior – Paleoceno del Perú Central: Un Metalotecto para la exploración de SMV, Ejemplo Mina María Teresa.

Shanks, P., & Thurston, R., (2012), Volcanogenic massive sulfide occurrence model: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5070–C, 345 p.

Sumner, J.S. (1976). Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration. Elsevier, Amsterdam, 227 p.

Thébault E., Finlay C., Beggan, C., Alken, P., Aubert, J., Barrois, O., Bertrand, F., Bondar, T., Boness, A., Brocco, L., Canet, E., Chambodut, A., Chulliat, A., Coïsson, P., Civet, F., Du, A., Fournier, A., Fratter, I., Gillet, N., Hamilton, B., Hamoudi, M., Hulot, G., Jager, T., Korte, M., Kuang, W., Lalanne, X., Langlais, B., Léger, J., Lesur, V., Lowes, F., Macmillan, S., Manda, M., Manoj, C., Maus, S., Olsen, N., Petrov, V., Ridley, V., Rother, M., Sabaka, T., Saturnino, D., Schachtschneider, R., Sirol, O., Tangborn, A., Thomson, Tøffner-Clausen, L., Vigneron, P., Wardinski I., & Zvereva (2015) International Geomagnetic Reference Field: the 12th generation. Earth, Planets and Space 67:79.

Thomas, W., Keating, P., Shives, R., Kiss, F., & Goodfellow, W., (2000), Geophysical atlas of massive sulphide signatures, Bathurst mining camp, New Brunswick: Geological Survey of Canada Open File 3887, 105 p.

Yupa, R., Calla, D., 2018.- Reporte interno de prospección geofísica de magnetometría, IP/Resistividad y gravimetría del ANAP Zona 2 Bloque 1. DRME-INGEMMET.

Zuloaga, A., Gómez, E., 2016.- Reporte interno post-campo del ANAP Zona 2 Bloque 1, primera campaña (8 al 28 de julio 2016). DRME-INGEMMET.

Zuloaga, A., Gómez, E., 2016.- Reporte interno post-campo del ANAP Zona 2 Bloque 1, segunda campaña (24 de setiembre al 14 de octubre 2016). DRME-INGEMMET.

Applying filters with montaj Geophysics (2013). Disponible en: <[http://updates.geosoft.com/downloads/files/how-to-guides/Applying\\_Filters\\_with\\_montaj\\_Geophysics.pdf](http://updates.geosoft.com/downloads/files/how-to-guides/Applying_Filters_with_montaj_Geophysics.pdf)>

Modulo de Quality Control for your Induced Polarization Data (2016). Disponible en: <[http://updates.geosoft.com/downloads/files/how-to-guides/Quality\\_Control\\_for\\_your\\_IP\\_Data.pdf](http://updates.geosoft.com/downloads/files/how-to-guides/Quality_Control_for_your_IP_Data.pdf)>

Final Report on a Multiple Discipline Geophysical Survey, Blocks I, II, III, IV & V, Northern Quebec (2006). Disponible en: <<http://www.geologyontario.mndmf.gov.on.ca/mndmfiles/afri/data/imaging/20000007378//20010704.pdf>>

## **ANEXOS**

### **ANEXO I**

- I.1. Descripción y base de datos de muestras de roca y menas.
- I.2. Resultados geoquímicos de muestras de rocas y menas.

### **ANEXO II**

- II.1. Certificación de Blancos (ACTLABS SKYLINE PERU).
- II.2. Certificación de Estándares (GEOESTATS).

### **ANEXO III**

- III.1. Reportes Analíticos SGS\_ROCAS (GQ1602094)
- III.2. Reportes Analíticos SGS\_ROCAS (GQ1603514)

### **ANEXO IV**

- IV. Estudios Petrográficos y Minerográficos.