



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



“CARACTERIZACION GEOLOGICA Y GEOQUIMICA DE LA VETA ANIMAS NE MEDIANTE SONDAJES DIAMANTINOS, DISTRITO MINERO CAYLLOMA – AREQUIPA”

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MARCOS ISABELINO MOLLO VARA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

CARACTERIZACION GEOLOGICA Y GEOQUIMICA DE LA VETA ANIMAS NE MEDIA NTE SONDAJES DIAMANTINOS, DISTRITO MINERO CAYLLOMA - AREQUIPA

AUTOR

MARCOS ISABELINO MOLLO VARA

RECUENTO DE PALABRAS

20406 Words

RECUENTO DE CARACTERES

115259 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

135 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

20.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 19, 2023 8:56 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 19, 2023 8:57 PM GMT-5

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos es:

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

Dra. Sofía L. Benavente Fernandez
Directora

Dr. Samuel Machaca Hanco
Asesor



DEDICATORIAS

A mis padres Silvestre y Martina, por todo su amor, por estar siempre conmigo, por el sacrificio que hicieron para darme un futuro mejor; estoy orgulloso de ustedes.

A mis hermanos, por los años compartidos, por hacerme sentir querido, por las alegrías vividas; sus éxitos son un estímulo para mí.

A mi esposa Margot, mi mejor amiga, mi compañera para toda la vida; gracias por todo.

A mis hijas Johana y Sara; que en unos años leerán estas líneas y quiero que sepan que desde el día en que Dios nos bendijo con sus llegadas se convirtieron en lo más importante de mi vida.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica; por permitir mi formación Profesional. En especial a mis profesores universitarios, por sus enseñanzas y consejos de vida que han calado hondo en mí.

A mi asesor de tesis Ing. Samuel Ernesto Machacca Hanco, por las valiosas orientaciones y apoyo profesional brindadas para la realización del presente trabajo, gracias.

A la Empresa Minera BATEAS S.A.C., por la oportunidad y las facilidades brindadas para la realización de la tesis.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIAS	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCION	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1.1 Formulación del problema	20
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	20
1.2.1 Objetivo general	20
1.2.2 OBJETIVO ESPECIFICO	21
1.3 JUSTIFICACIÓN	21
1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION	22
1.5 VALORACION DE ESTUDIO	23
CAPÍTULO II	
REVISION DE LITERATURA	
2.1 MARCO GEOLOGICO.....	24
2.1.1 Geología regional	24



2.1.1.1	Mesozoico	24
2.1.1.2	Cenozoico	29
2.1.2	Geología estructural regional	39
2.2	GEOLOGIA ECONOMICA.....	41
2.3	GEOMORFOLOGIA REGIONAL	41
2.3.1	Altas cumbres	41
2.3.2	Peneplanicie	42
2.3.3	Depresión de Caylloma	43
2.3.4	Zonas volcánicas	43
2.3.5	Otras geoformas	44
2.4	PERFORACIÓN DIAMANTINA	46
2.5	MUESTREO DE SONDAJES DIAMANTINOS.....	46
2.6	METALOGENIA.....	47
2.7	YACIMIENTOS EPITERMALES	50
2.8	YACIMIENTOS DE Au-Ag DE BAJA SULFURACIÓN	50
2.9	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	52
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	METODOLOGIA DE INVESTIGACION.....	55
3.1.1	Diseño de investigación	55
3.1.2	Tipo de investigación	56
3.1.3	Nivel y método de investigación.....	57
3.2	TRABAJOS DE EXPLORACIÓN.....	57
3.3	SONDAJES DIAMANTINOS Y DESCRIPCION DEL TRABAJO	59
3.4	ALCANCE DE LA PERFORACIÓN.....	60



3.5	MEDICIÓN DE COLLAR Y DESVIACIONES DEL TALADRO DE PERFORACIÓN.....	61
------------	--	-----------

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

4.1	UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA	62
4.2	ACCESIBILIDAD	63
4.2.1	Clima y vegetación.....	65
4.2.1.1	Clima	65
4.2.1.2	Vegetación.....	65
4.2.1.3	Geomorfología Local	66
4.3	CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA LOCAL	67
4.3.1	Grupo Yura (JsKi-yu)	68
4.3.2	Grupo Tacaza (Po-t).....	68
4.3.3	Grupo Sencca (Np-se).....	69
4.3.4	Grupo Barroso (NQ-ba)	69
4.3.5	Depósitos Cuaternarios	70
4.3.6	Rocas ígneas intrusivas.	71
4.4	CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL LOCAL	74
4.5	CARACTERIZACIÓN MINERALOGICA DE LA VETA ANIMAS NE .	76
4.5.1	Mineralogía de la veta animas NE	76
4.5.1.1	Minerales de Mena	77
4.5.1.2	Minerales de Ganga.....	79
4.6	ALTERACIÓN HIDROTERMAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	82
4.6.1	Minerales de alteración	83
4.7	CARACTERIZACION GEOQUIMICA DE LA VETA ANIMAS NE.....	84



4.7.1	Histogramas y curva de probabilidad.....	85
4.7.2	Correlación de pearson.....	86

CAPÍTULO V

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1	TIPO DE YACIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO - ANIMAS NE	88
5.2	PARAGÉNESIS DE LA ZONA DE ESTUDIO – ANIMAS NE	89
5.3	ZONEAMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO VETA ANIMAS NE.....	91
5.4	POTENCIAL DEL AREA PERFORADA DE VETA ANIMAS NE.....	96
5.5	DEFINICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE MINERALIZACIÓN DE VETA ANIMAS NE.....	98
5.6	DESCRIPCION GEOLOGICA DE SONDAJES DIAMANTINOS.....	99
VI.	CONCLUSIONES	119
VII.	RECOMENDACIONES	121
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
ANEXOS.....		127

Área: Ingeniería

Línea: Geología de Minas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 21 de junio 2023



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tabla comparativa de características de Yacimientos epitermales.....	52
Tabla 2. Coordenadas WGS 84 – Zona 19s de Ubicación de la Unidad Minera.....	62
Tabla 3. Coordenadas de los vértices del área de estudio Ánimas NE	63
Tabla 4. Vías de Acceso de la Mina Caylloma	63
Tabla 5. Resumen de datos de perforación diamantina de veta la Animas NE	96
Tabla 6. Datos geológicos de los interceptos de los sondajes con valores de plata, plomo y zinc.....	97
Tabla 7. Potencial de recursos minerales inferidos ganados con el programa de perforación diamantina en la veta Animas NE.	98
Tabla 8. Leyes geológicas del sondaje ANIS022812, identificándose el intervalo de profundidad (144.10m hasta 144.80m) de la estructura mineralizada de Animas NE; potencia de 0.51m (Figura 25).	101
Tabla 9. Leyes geológicas del sondaje ANIS022212, identificándose el intervalo de profundidad (209.40m hasta 213.20m) de la estructura mineralizada de Animas NE, potencia de 2.27m. (Figura 26).	104
Tabla 10. Leyes geológicas del sondaje ANIS022412, identificándose la estructura mineralizada de Animas NE; desde el intervalo de 126.40m hasta 133.15m.; potencia de 5.50m. (Figura 27).	107
Tabla 11. Leyes geológicas del sondaje ANIS023612, identificándose la estructura mineralizada de veta Animas NE; desde el intervalo de 135.45m hasta 138.80m.; potencia de 3.10m. (Figura 28).	110



Tabla 12. Muestra leyes geológicas del sondaje ANIS023912, identificándose la estructura mineralizada de veta Animas NE; desde el intervalo de 133.70m hasta 138.00m.; potencia de 3.98m. (Figura 29).....	112
Tabla 13. Leyes geológicas del sondaje ANIS024112, identificándose la estructura mineralizada de veta Animas NE; desde el intervalo de 180.30m hasta 194.00m.; potencia de 9.28m. (Figura 29).....	114
Tabla 14. Leyes geológicas del sondaje ANIS027414, identificándose estructura mineralizada de veta Animas NE; desde el intervalo de 193.95m hasta 204.40m.; potencia de 10.14m. (Figura 30).....	117



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa geológico regional. (Fuente: INGEMMET, 1988)	37
Figura 2. Columna litoestratigráfica del cuadrángulo 31-S Caylloma. (Fuente: INGEMMET, 1988).....	38
Figura 3. Mapa estructural regional. (Fuente: Elaboración propia, 2022).	40
Figura 4. Mapa geomorfológico regional. (Fuente: INGEMMET, 1988).....	45
Figura 5. Mapa metalogénico del Perú. (Fuente: INGEMMET, 1999).....	49
Figura 6. Modelo simplificado para los depósitos de alta, intermedia y baja sulfuración. (Fuente: Sillitoe, 1995; González, 2008).	51
Figura 7. Zona de Animas NE - Mina Caylloma. (Fuente; Elaboración propia, 2014)	57
Figura 8. Ubicación de la plataforma de perforación Zona Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2014).....	60
Figura 9. Ubicación del distrito Minero Caylloma. (Fuente: Elaboración propia; 2022).	64
Figura 10. Geomorfología local – zona Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2014)	67
Figura 11. Columna estratigráfica local del área de la veta Animas NE. (Fuente: Echevarría et al, 2008).	72
Figura 12. Mapa geológico local. (Fuente: Elaboración propia, 2012).....	73
Figura 13. Modelo litológico 3D de la veta Animas NE,.....	74
Figura 14. Modelo estructural del distrito minero de Caylloma.	75
Figura 15. Minerales de Mena de la Veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2014).	78



Figura 16. Minerales de Ganga de la Veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2014)	81
Figura 17. Multi-Histogramas con curva de probabilidad para el Au, Ag, Pb, Zn, y Cu. Mostrando el comportamiento geoquímico de estos elementos en la veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2022).....	85
Figura 18. Correlación de Pearson de Au-Ag-Pb-Zn-Cu en la veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2022).....	87
Figura 19. Ambientes tectónicos asociados a cuerpos magmáticos: pórfido y epitermales de alta, intermedia y baja sulfuración. (Fuente: Corbett 2008, Magdalena, 2014).	89
Figura 20. Diagrama de secuencia paragenética de la veta Animas NE. (Fuente: Hedenquist et al, 2000, Sillitoe y Echavarría – Informe Caylloma – 2003)	91
Figura 21. Mapa – Sección Longitudinal de isovalores de Plata. (Fuente: Elaboración propia, 2020)	93
Figura 22. Mapa – Sección Longitudinal de isovalores de Plomo. (Fuente: Elaboración propia, 2020)	94
Figura 23. Mapa – Sección Longitudinal de isovalores de Zinc. (Fuente: Elaboración propia 2020)	95
Figura 24. Vistas isométricas 3D de la Veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2020)	98
Figura 25. Sección geológica del sondaje ANIS022812. (Fuente: Elaboración propia, 2014)	102
Figura 26. Sección geológica del sondaje ANIS022212. (Fuente: Elaboración propia, 2014).	105



Figura 27. Sección geológica del sondaje ANIS022412. (Fuente: Elaboración propia, 2014).	108
Figura 28. Sección geológica del sondaje ANIS023612. (Fuente: Elaboración propia, 2014)	111
Figura 29. Sección geológica del sondaje ANIS023912, ANIS024112. (Fuente: Elaboración propia, 2014).....	115
Figura 30. Sección geológica del sondaje ANIS027414. (Fuente, Elaboración propia, 2014).	118



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DEL ORO.....	113
Anexo B: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DEL PLATA	114
Anexo C: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DEL PLOMO	115
Anexo D: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DEL ZINC.....	116
Anexo E: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DEL COBRE.....	117
Anexo F: GRAFICOS DE DISPERSION SCATTER DE CORRELACION ENTRE EL ORO-PLATA-PLOMO-ZINC Y COBRE.....	118



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Ag	: Plata
Au	: Oro
Pb	: Plomo
Zn	: Zinc
Cu	: Cobre
Mn	: Manganeso
Fe	: Fierro
Arc	: Arcillas
As	: Arsénico
cl	: Clorita
cpy	: Calcopirita
sph	: Esfalerita
Gn	: Galena
Py	: Pirita
Q	: Cuarzo
Jar	: Jarosita
Goe	: Goethita
Rn	: Rodonita
Rdc	: Rodocrosita
Cal	: Calcita
Band	: Bandeada
Por	: Porfirítica



Fm	: Formación
NE	: Noreste
SO	: Suroeste
Ma	: Millones de años
OxFe	: Óxidos de hierro
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
Ser	: Sericita
tz	: Trazas
vtlla	: Vetilla
vtlls	: Vetillas
Ox	: Oxidación
Sil	: Silicificación
VP	: Valor Punto
msnm	: Metros sobre el nivel del mar
g/t	: Gramos por tonelada
m	: Metros
QA/QC	: Aseguramiento de calidad y control de calidad



RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Caracterización Geológica y Geoquímica de la Veta Animas NE, Mediante Sondajes Diamantinos, Distrito Minero Caylloma – Arequipa” se encuentra ubicada en el Distrito de Caylloma – Arequipa; al noreste del Complejo caldera de Caylloma y al suroeste del Complejo caldera de Chonta, en la franja metalogenética epitermal de la Cordillera Occidental del sur del Perú. Los trabajos geológicos y la perforación diamantina tienen como finalidad conocer las características geológicas y geoquímicas de la veta Animas NE; para poder caracterizar el ambiente geológico y geoquímico, determinando la paragénesis y zoneamiento de la mineralización de la veta Animas NE y aplicarlas como guías y controles en la exploración de las otras vetas epitermales dentro del distrito minero Caylloma. La estructura mineralizada Animas NE se encuentra emplazada en rocas volcánica del Grupo Tacaza, que está en discordancia angular sobre una secuencia sedimentaria de cuarcitas y lutitas del Grupo Yura. Esta zona está dentro de la franja metalogenética de depósitos epitermales de oro y plata de edad Oligoceno a Plioceno. La metodología de investigación es descriptiva, analítica e interpretativa de los trabajos realizados en la zona de la veta Animas NE. Por lo tanto, se tiene que establecer y ejecutar mecanismos relacionados con la identificación de estructuras mineralizadas como mapeo geológico superficial y mapeo de testigos diamantinos, realizar la caracterización de la geología y mecanismos relacionados al análisis y correlación geoquímica; para determinar el comportamiento de los elementos económicos de la veta Animas NE del Distrito minero de Caylloma. y se da a conocer la descripción de 19 sondajes representativos con una longitud promedio de 205 m. Llegando la conclusión de que la veta Animas NE; por el ensamble mineralógico, zoneamiento, alteraciones hidrotermales y control estructural, corresponde a un yacimiento epitermal de sulfuración intermedia - baja, la estructura mineralizada con presencia importante de esfalerita, galena, pirita y tetrahedrita, está emplazada en rocas volcánicas del grupo tacaza, la misma que se hospeda en falla geológica de movimiento normal dextral y en fracturas tensionales asociadas.

Palabras clave: Características geológicas, Franja metalogenética, Geoquímica, Paragénesis y zoneamiento.



ABSTRACT

This research work entitled "Geological and Geochemical Characterization of the Animas Vein NE, Through Diamond Drilling, Caylloma - Arequipa Mining District" is located in the District of Caylloma - Arequipa; northeast of the Caylloma Caldera Complex and southwest of the Chonta Caldera Complex, in the epithermal metallogenetic belt of the Western Cordillera of southern Peru. Geological works and diamond drilling are aimed at discovering the geological and geochemical characteristics of the Animas NE vein; in order to characterize the geological and geochemical environment, determining the paragenesis and zoning of the Animas NE vein mineralization and apply them as guides and controls in the exploration of the other epithermal veins within the Caylloma mining district. The Animas NE mineralized structure is emplaced in volcanic rocks of the Tacaza Group, which is angularly unconformable over a sedimentary sequence of quartzites and shales of the Yura Group. This zone is within the metallogenetic belt of epithermal gold and silver deposits of Oligocene to Pliocene age. The research methodology is descriptive, analytical and interpretive of the works carried out in the Animas NE vein area. Therefore, it is necessary to establish and execute mechanisms related to the identification of mineralized structures such as surface geological mapping and mapping of diamond cores, carry out the characterization of the geology and mechanisms related to geochemical analysis and correlation; to determine the behavior of the economic elements of the Animas NE vein of the Caylloma mining district. And the description of 19 representative holes with an average length of 205 m is disclosed. reaching the conclusion that the Animas vein NE; Due to the mineralogical assembly, zoning, hydrothermal alterations and structural control, it corresponds to an epithermal deposit of intermediate - low sulphidation, the mineralized structure with an important presence of sphalerite, galena, pyrite and tetrahedrite, is located in volcanic rocks of the tacaza group, the same that is lodged in geological fault of normal dextral movement and in associated tensional fractures.

Keywords: geological characteristics, metallogenetic strip, geochemistry, paragenesis and zoning.



CAPÍTULO I

INTRODUCCION

La veta Animas NE es actualmente la veta productiva polimetálica más importante del distrito de Caylloma, uno de los campos mineros más antiguos del Perú. La mina Caylloma se localiza a 150 km al noroeste de Arequipa, al sur de Perú, entre 4.000 y 5.000 metros sobre el nivel del mar, en el cinturón volcánico, de edad terciaria en la Cordillera del Perú.

La veta Animas NE, es un sistema de vetas epitermales de sulfuración intermedia, y muestra una compleja paragénesis mineralógica con texturas de brecha particularmente complejas. Las texturas de brecha complejas predominantes son inusuales con respecto a las otras vetas del Distrito de Caylloma, que generalmente muestran estilos de mineralización con bandas. El análisis del afloramiento de la veta, las muestras de mano, y los análisis petrográficos definen cuatro brechas principales y etapas minerales para la veta Animas.

En el área de Caylloma las rocas más antiguas conocidas en el distrito son el Grupo Yura de edad Jurásico, seguido de una serie de rocas volcánicas más jóvenes; Los Grupos Tacaza, Sencca y Barroso. La compleja y gran variedad de tipos de rocas en el ambiente volcánico de Caylloma conduce a definiciones ambiguas de grupos que no fueron resueltas debido a la falta de una detallada y bien descrita columna estratigráfica en el distrito minero. Para mejorar la estratigrafía volcánica regional y local, se realizó una definición sistemática de unidad litoestratigráfica en el área de la veta de Animas NE, que produce la primera columna estratigráfica volcánica local en el distrito.



La mineralización de las vetas del distrito minero de Caylloma muestra una estrecha relación con las estructuras de tendencia noreste de la zona. A lo largo de la veta se definieron al menos tres estructuras principales dextrales-normales, a lo largo de las cuales su interacción generó una serie de áreas de transferencia de desplazamiento. El análisis de la forma de la veta muestra una estrecha relación espacial entre las áreas de las vetas cimóides y las zonas de superposición extensional que, junto con el estilo de la brecha y las transiciones de las brechas a las vetas, permiten concluir que un campo de tensión similar estaba en vigor durante la migración de fluidos y la formación de vetas.

El presente trabajo y los resultados se basan en la recolección de datos desde enero de 2011 a diciembre de 2014, en la que se realizaron análisis y registro de sondajes diamantinos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área de estudio se encuentra en los andes del Sur del Perú, específicamente en la cordillera occidental dentro de un corredor estructural metalogénico de rumbo andino, es el distrito Minero de Caylloma y está ubicado al Noroeste del complejo Caldera Caylloma y al Suroeste del complejo Caldera Chonta.

La roca hospedante de las vetas mineralizadas en el distrito minero de Caylloma, es volcánica del Grupo Tacaza, que se encuentran en discordancia angular sobre una secuencia sedimentaria de cuarcitas y lutitas del Grupo Yura. En partes están cubiertas por un espesor variable de depósitos volcánicos Plio-Pleistoceno post mineral y depósitos de sedimentos clásticos y aluviales recientes.

Las investigaciones anteriores y recientes realizadas ponen de manifiesto la existencia o continuidad de la veta Animas del yacimiento de Caylloma. Cabe indicar que este yacimiento se explota desde la antigüedad - Época colonial hasta la actualidad, y que



en el presente proyecto nos proponemos a estudiar y determinar las características geológicas y geoquímicas de la veta Animas específicamente del área de Ánimas NE, como: génesis, mineralización, alteración hidrotermal, controles mineralógicos, etc.

Teniendo las consideraciones anteriores, se hace necesario realizar trabajos de mapeo superficial y un programa de perforación diamantina que nos permitan verificar la continuidad de los valores de Pb, Zn y en segunda instancia Ag, Au en la veta y el desplazamiento por fallas en el área de Animas NE del yacimiento, así determinar las características geológicas y geoquímicas del área Animas NE, alteraciones hidrotermales, paragénesis y zoneamiento. Esto permitirá aumentar los recursos y reservas de la mina Caylloma.

Por tanto, es importante realizar un estudio geológico a través de sondajes diamantinos, logueo geológico, y así determinar las características geológicas de la veta Animas NE del yacimiento de Caylloma, como zoneamiento, alteraciones y mineralización, todo ello con la finalidad de continuar con la producción, incrementar reservas minerales y que la vida de la mina se prolongue.

1.1.1 Formulación del problema

¿La caracterización geológica y geoquímica de la veta Animas NE ayudará a correlacionar la información para determinar la continuidad de la mineralización en profundidad y extensión?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.2.1 Objetivo general

Determinar las características geológicas y geoquímicas de la veta Animas NE para aplicarlas en la exploración de estructuras similares dentro del distrito minero de Caylloma.



1.2.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Definir el ambiente geológico y tipo de yacimiento en el que se encuentra la veta Animas NE del distrito minero de Caylloma.
- Determinar las características geológicas, mineralógicas y alteraciones hidrotermales de la veta Animas NE del Distrito minero de Caylloma.
- Determinar el comportamiento geoquímico en correlación con la paragénesis y zoneamiento de la veta Animas NE del Distrito minero de Caylloma.
- Definir continuidad y profundidad de mineralización de la veta Animas NE, del Distrito minero de Caylloma.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El distrito minero de Caylloma es un yacimiento del tipo hidrotermal – epitermal de baja sulfuración (adularia – sericita). El mineral se encuentra rellenando fracturas, formando vetas y afloramiento. La característica de algunos tramos de mineralización es presentar textura tipo bandeada y principalmente con brechamiento a lo largo del afloramiento de la mineralización, en rocas volcánicas de composición andesítica.

El presente proyecto se justifica debido a que las investigaciones anteriores evidencian la existencia del yacimiento mencionado y con los trabajos geológicos y las campañas de perforaciones diamantinas realizadas, se logró evaluar la ocurrencia de la mineralización; aprovechando las características geológicas, así el comportamiento geoquímico de la mineralización, los controles de alteración hidrotermal y estructural específicamente de la veta de Animas NE del yacimiento de Caylloma, que tienen que ver con la posibilidad de ubicar zonas de mineral de valor económico, continuar con la



producción y aumentar reservas para que la vida de la mina continúe. Por otro lado, la evolución magmática y los fluidos hidrotermales traen consigo el reemplazamiento de los minerales en la roca caja y las vetas mineralizadas parecen haber sido controlados por diferentes factores, principalmente de tipo estructural y litológica.

Por tanto, es importante realizar una caracterización geológica a través de sondajes diamantinos y así determinar la geología del área de veta Animas NE del yacimiento de Caylloma, como la geoquímica de la mineralización. En consecuencia, la presente investigación permitirá obtener una nueva información teórica acerca del tipo de yacimiento, evaluadas in situ de manera práctica, y proporcionará aportes metodológicos: analítico, aproximado y simplificado que se realizará para determinar el tipo de yacimiento y su paragénesis de la veta Animas NE, y finalmente el otro aporte corresponde al método que se aplicará en la presente investigación el cual puede ser utilizado en otras investigaciones similares y consultada por los estudiantes y personas interesadas.

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION

Con la información geológica superficial y del mapeo de sondajes se determinará las características geológicas, alteraciones hidrotermales y controles de la mineralización en la veta Animas NE, del Distrito minero de Caylloma que se forman dentro de un ambiente volcánico propicio para la generación de vetas hidrotermales de baja e intermedia sulfuración y con la información química de los análisis de muestras de core se determinara el comportamiento geoquímico de los elementos de interés económico y correlaciones con la paragénesis de la mineralización en la veta Animas NE, del Distrito minero de Caylloma, para su aplicación a la exploración de las vetas epitermales de baja sulfuración.



Con la descripción macroscópica de los testigos de perforación diamantina; es posible determinar las secuencias paragenéticas y zoneamiento de los mejores ensambles que vectoricen el plunje de mineralización en la veta Animas NE, del distrito minero de Caylloma.

1.5 VALORACION DE ESTUDIO

Teniendo las consideraciones anteriores, se hace necesario realizar un programa de perforaciones diamantinas que nos permitan ver la continuidad de los valores de Pb, Zn y en segunda instancia Ag; además nos demuestren la continuidad de la veta mineralizada y el desplazamiento por fallas en el área de la veta Animas NE del yacimiento.

Por tanto, es importante realizar un estudio geológico y geoquímico a través de sondajes diamantinos y determinar las características geológicas de la veta Animas NE del yacimiento de Caylloma, como zoneamiento, alteraciones y geoquímica de la mineralización, todo ello con la finalidad de continuar con la producción, incrementar reservas minerales y que la vida de la mina se prolongue.



CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 MARCO GEOLOGICO

2.1.1 Geología regional

Regionalmente el área del distrito minero de Caylloma está localizada en un ambiente de rocas sedimentarias que son las más antiguas expuestas conocidas como Grupo Yura de edad Jurásico, cubiertas por rocas de edad Neógeno y Cuaternario, como son el extenso afloramiento de rocas volcánicas representados por los Grupos Tacaza, Sencca y Barroso. La estratigrafía volcánica y la evolución tectónica son complejos en el distrito minero de Caylloma (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

Durante la Orogenia Andina, la secuencia sedimentaria ha sido intensamente plegada principalmente en dirección noroeste y buzamiento al sureste. Los anticlinales y sinclinales se extienden en varias decenas de kilómetros intercalándose con zonas de sobre escurrimiento paralelos al eje principal.

Para mejor comprensión ver plano geológico regional (Figura 1); y columna estratigráfica regional (Figura 2); Además, cabe indicar que algunos autores que en este acápite se indican, son mencionados en el estudio geológico del cuadrángulo de Caylloma (31-s); realizado por INGEMMET.

2.1.1.1 Mesozoico

- **GRUPO YURA (JsKi-yu)**

Es la unidad más antigua conocida en el área del proyecto y representa el relleno Jurásico de la cuenca de Arequipa (Sempere et al.,



2002; y Echavarría et al., 2006). La sucesión consiste en una secuencia sedimentaria de alrededor de 6000 m de espesor y se ha diferenciado a las Formaciones Puente, Cachíos, Labra, Gramadal y Hualhuani (Sempere et al., 2002). Basado en el mapa geológico de Caylloma - INGEMMET y otras obras, La Formación Labra aflora en el área Caylloma (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

- **FORMACIÓN PUENTE (Jm-p)**

Esta formación se encuentra en ambos márgenes de la quebrada de Ichohuayjo, litológicamente está constituida por una secuencia de areniscas y areniscas cuarzosas gris oscuras a pardas, de grano fino a medio en estratos de 10 a 20 cm., intercaladas con limolitas gris oscuras a claras en estratos de 5 a 10 cm. En total se estima un espesor aproximado de 1000 m. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

La base de la Formación Puente es desconocida, pero su techo pasa gradacionalmente a la Formación Cachíos. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

- **FORMACIÓN CACHÍOS (Jm-ca)**

Aflora formando parte del flanco oriental del anticlinal de Ichohuayjo, en la quebrada del mismo nombre. Litológicamente está representada por limolitas gris oscuras a negras, friables, en estratos de 5 a 10 cm., con algunas intercalaciones de areniscas negras de grano fino, en estratos de 10 a 20 cm. En total se estima un espesor de unos 400 m. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).



La Formación Cachíos contiene lutitas ricas en materia orgánica, canales de arenisca subordinados, depresiones y olistolitos que indican un paleoambiente en pendiente submarina (Sempere et al., 2002). La base de esta unidad yace en contacto gradacional sobre la Formación Puente e infrayace en concordancia nítida a la Formación Labra.

- **FORMACIÓN LABRA (Js-l)**

La Formación Labra comprende un total de 300 - 1.500 m de espesor de arenisca gris oscura a pardas de grano fino a medio con limolitas, intercaladas con secuencias de calizas marinas someras (Sempere et al., 2002). Estas rocas se depositaron en una cuenca siliciclástica, como parte de una secuencia transgresiva (Sempere et al., 2002). Las rocas sedimentarias en el distrito se doblan y se componen de grises orto cuarcitas, limolita gris oscuro, y grauvacas negruzcas, intercaladas con capas delgadas de lutitas negras (Echavarría et al., 2006; y Chlumsky et al., 2009).

Se observan afloramientos de este grupo en la quebrada Chuaña, caserío Huilahuaraya, quebrada Pururuya, faldas de los cerros Cconccahu y Pallu Pallu, márgenes del río Santiago e inmediaciones de la mina Caylloma. Esta unidad litológica yace concordantemente sobre la formación Cachíos y subyace en la misma forma a la Formación Gramadal.

- **FORMACIÓN GRAMADAL (Js-g)**



Aflora en la unión de las quebradas Huertamayo y Sara Palca, ambas márgenes de la quebrada Purumayo y faldas del cerro Pallu Pallu. Consta fundamentalmente de bancos de calizas oolíticas, grises, arrecifales y con abundantes fósiles. En partes se encuentra intercalada con niveles pelíticos negros hacia la base y arenisca gris blanquecina hacia el techo. Tiene coloración rojiza producida por el intemperismo de las calizas que deben contener hierro. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

La base y el techo de esta formación son concordantes con las Formaciones Labra y Hualhuani respectivamente, y de acuerdo con las observaciones realizadas tendría un aproximado de 200 m de espesor. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

- **FORMACIÓN HUALHUANI (Ki-hu)**

Aflora en la quebrada de Huertamayo, quebrada de Pururuya, al sur de la laguna de Payacoto, quebrada de Huarajo; están rodeadas por el volcánico del Grupo Tacaza. Litológicamente está constituida por areniscas cuarcíticas blancas y duras de grano medio a fino con estratificación cruzada, debido al contenido de hierro las areniscas dan coloraciones rojo-amarillentas por intemperismo. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

Tanto la base como el techo de la formación son estratigráficamente concordantes con la Formación Gramadal y Murco, respectivamente. Tendría un aproximado de 250 m de espesor. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).



- **FORMACIÓN MURCO (Ki-mu)**

En la zona a esta formación se ha dividido en cuatro miembros: A, B, C, y D; cuyos afloramientos se encuentran al este de Caylloma, en las inmediaciones de la quebrada Pururuya. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

Miembro “A”. - Litológicamente consiste de limolitas rojizas y violáceas, en estratos de 20 a 50 cm, intercaladas con areniscas rojizas y verdosas de grano medio a fino, en estratos de 20 a 25 cm. La base y el techo de esta unidad yacen y subyace en concordancia con la Formación Hualhuani y el miembro “D”, respectivamente. Se le estima más o menos un espesor de 200 m. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

Miembro “B”. - Consta de intercalaciones de cuarcitas cuarzosas amarillentas y rojizas de grano medio a fino, en contraste de 1 a 2m con estratificación cruzada que indica un ambiente de deposición de litoral, así como de areniscas rojizas, verdosas y violáceas. Yace y subyace en concordancia al miembro “A” y “C” respectivamente. Se estima un espesor de aproximadamente 350 m. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

Miembro “C”. - Topográficamente forma una prominente arista que consiste en areniscas cuarzosas, blanco amarillentas, de grano medio a fino, con estratificación cruzada y en estratos de 1 a 5 m; también se observan escasos niveles de arenisca gris rojiza de grano fino. En su base y techo se observan contactos concordantes con los miembros “B” y “D”

respectivamente. Se estima un espesor de aproximadamente 200 m. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

Miembro “D”. - Consta de areniscas rojizas de grano fino, con estratificación laminar e intercaladas con limolitas rojizas, hacia el techo se observa areniscas calcáreas rojizas y estratos de calizas grises. La base y el techo son concordantes con el miembro “C” y con la Formación Arcurquina respectivamente. Se estima un espesor de aproximadamente 500 m. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

- **FORMACIÓN ARCURQUINA (Kis-a)**

Esta formación presenta afloramientos en forma de ventanas estratigráficas, a los alrededores de la unión del río Molloco con la quebrada Ccellane y al noroeste de la mina Suykutambo en las faldas del cerro Acocirca. Litológicamente está constituido por calizas arenosas, marrón claro, gris o negro, grisáceo, en estratos de 10 a 50 cm.

Las relaciones estratigráficas no se observan en el cuadrángulo de Caylloma, pero sí en los cuadrángulos de Arequipa y Huambo donde la base y el techo son concordantes con las Formaciones Murco y Seraj, respectivamente. Su grosor en esta parte se estima en aproximadamente 100 m. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

2.1.1.2 Cenozoico

- **GRUPO TACAZA (Po-t)**

Newell (1949), denominó Grupo Tacaza a un conjunto de rocas compuestas por basaltos y arcosas en la parte baja y aglomerados de



andesitas con tobas dacíticas en la parte alta y que aflora en la mina Tacaza del distrito de Santa Lucía – Puno.

En la zona, comprende una serie grueso de rocas volcánicas, principalmente flujos de lava silícicos y pórfidos (20 – 100 m), intercaladas con horizontes locales de unidades volcanoclástica roca (2-5 m) e ignimbritas soldadas débilmente formado en la Caldera Chonta. Se encuentra en la zona situada al sur de la veta de San Cristóbal (Echavarría et al., 2006).

En la geoquímica de roca se muestra el contenido de sílice entre 50 y 75%, con un contenido de sílice de entre 57 a 63% siendo la más común, y valores de plata geoquímicos de 1,55 ppm (Fornari y Neyra, 1979).

Sobre la base de un programa regional de K-Ar y ^{40}Ar - ^{39}Ar de la litología y correlación estratigráfica, se define para el Grupo Tacaza una edad entre 32 a 21 Ma (Clark et al., 1990).

También la información del análisis ^{40}Ar - ^{39}Ar para el distrito minero define un rango de edad entre 20,3 a 11,4 (Echavarría et al., 2006).

El Grupo Tacaza representa el metalotecto de la mineralización del distrito de Caylloma (Fornari y Neyra, 1979; Dávila et al., 1988; Echavarría et al, 2006; Chlumsky et al, 2009).

Los depósitos epitermales similares como Arcata, Orcopampa, Shila, Suykutambo, y Ares, así como de tipo ácido-sulfato de Ag - Au yacimientos como la mina de San Juan de Lucanas y el proyecto Poracota



son recibidos por este mismo grupo (Fornari y Neyra, 1979; Candiotti et al., 1990; Gibson et al, 1995; Steinuller, 2001; y Echavarría et al, 2006).

En las minas Caylloma predominan las lavas andesíticas con porcentajes de brechas y areniscas. J. Caldas (1993) en el cuadrángulo de Orcopampa a la base del grupo, niveles equivalentes volcánicos, la denominó Formación Orcopampa, y a los últimos eventos del vulcanismo Tacaza la denominó formación Ichocollo consistente en lavas y domos dacíticos a lavas andesíticas a andesítico-basálticas hacia el tope.

- **FORMACIÓN SENCCA (Np-se)**

Esta unidad estratigráficamente tiene constante distribución en toda la Cordillera del Sur del Perú; y sus relaciones estratigráficas son similares, razón por la cual se emplea este término para la secuencia tobácea de la zona de Caylloma.

Recubre al Grupo Tacaza en discordancia angular y subyace en discordancia erosional a las lavas del Grupo Barroso, aflora en forma irregular, pero las más grandes exposiciones se encuentran en Nazca, Pampa de Galera, Chacarato, Puquio, Chuquibamba, Orcopampa, Caylloma, y en la parte más meridional del Perú (Fornari y Neyra, 1979; Quang et al, 2005; Thouret et al, 2005).

En esta parte del país consiste en una serie de tobas volcánicas félsicas e ignimbritas (Fornari y Neyra, 1979). Son tobas homotaxiales, de naturaleza dacítica a riolítica, intercaladas con clásticos, son de colores crema a rosado, de tipo efusivo y/o explosivo, con texturas vitroclástica, piroclástica, fluidal y brechoide. Este grupo se formó en dos o tres



episodios de colapso y la actividad piroclástica de la Caldera de que generaron cuarzo grueso y fenocristales de sanidina, depósitos de tobas de ceniza de flujo riolítico (Echavarría et al., 2006). Constituyen una meseta que ha sido disectada por la erosión a través del Pleistoceno superior. El grupo se divide en la región Characato en cuatro unidades basadas en el carácter de soldadura de toba y color. En los cañones de Cotahuasi y Ocoña, el Grupo se divide en unidades inferiores y superiores basadas principalmente en las edades radiométricas (Thouret et al., 2005). El espesor de esta unidad varía entre 30 y 200 m.

La geoquímica de la roca muestra alto contenido de sílice (SiO_2) con un porcentaje máximo del 75%, y los valores de plata de 0.25 ppm, seis veces menor que los valores en el Grupo Tacaza (Fornari y Neyra, 1979).

- **FORMACIÓN PUSA (Np-pu)**

Esta unidad litológica aflora en los alrededores de Caylloma, en las localidades de Pusa y Pillune. Litológicamente consiste en intercalaciones delgadas de areniscas finas de matriz tobácea y lodolitas de origen tobáceo, cremas a amarillentas, de naturaleza lacustrina. Al Sur de Pillune se observa niveles conglomerádicos que desaparecen hacia el Oeste, lo que nos indica un aporte hacia esta área, de este a oeste. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

En el área de Angostura se observa niveles conglomerádicos con buzamientos de 10° a 20° hacia el sur, a diferencia de la localidad de Pusa,



donde la secuencia se encuentra horizontal y no se observan conglomerados. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

La base de la Formación Pusa no se observa claramente, pero parece que cubre en discordancia a las tobas de la Formación Sencca, mientras que el techo se encuentra en discordancia por las lavas del Grupo Barroso, relación que se observa entre Angostura y Pusa. Esta unidad litológica tiene un espesor de aproximadamente 100 m. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

- **GRUPO BARROSO (NQ-ba)**

Comprende los depósitos de flujos de lavas volcánicas más jóvenes relacionados con el Plioceno y volcanes modernos en el área de Caylloma (Echavarría et al., 2006). Además, se les ha clasificado de acuerdo con su tipo y modo de emplazamiento en estratovolcán, lava-domo, domo y otros respectivamente en forma secuencial. Este grupo aflora en diversas áreas como en Puquio, Parinacochas, Cotahuasi, Coropuna, Orcopampa, Caylloma, Chivay, Chachani, Ubinas, Calacoa, Tutupaca, y Río Maure (Steinmüller, 2001).

Las descripciones litológicas evidencian que estas rocas corresponden a lavas traquíticas, andesíticas a dacíticas de colores grises y porfiríticas, y depósitos piroclásticos; otros autores en sus obras posteriores caracterizan estas unidades como andesítica y dacítico (Fornari y Neyra, 1979; Steinmüller, 2001). En el área de investigación de este proyecto las rocas del Grupo Barroso se produjeron en la Caldera de Caylloma, así como de otros pequeños centros volcánicos, y consisten en



flujos de andesita con fenocristales no desarrollados (Echavarría et al., 2006). Son lavas andesíticas piroxénicas con textura fluidal, pilotáxica, traquítica.

La geoquímica de las rocas del Grupo Barroso muestra un contenido de sílice promedio del 63%, y 0,06 ppm Ag, que es 25 veces menor que las rocas del Grupo Tacaza (Fornari y Neyra, 1979).

Las primeras emisiones de este grupo cubren en discordancia al Grupo Tacaza y a la Formación Sencca; toda esta secuencia es cortada por domos y afectada por la última glaciación pleistocénica. Todos estos materiales volcánicos del Grupo Barroso en la zona de Caylloma evidencian una secuencia: La etapa inicial y proximal corresponde a los estratos-volcanes, seguido por lavas-domos y finalmente por los domos; los otros aparatos volcánicos se desarrollaron en forma intermitente, en el transcurso de la emisión del Grupo Barroso.

Una edad de 4 Ma se define con ^{40}Ar - ^{39}Ar datados para el área de investigación (Fornari y Neyra, 1979; Eschaverría et al., 2006).

- **DEPÓSITOS PLEISTOCÉNICOS**

Después de la deposición del Grupo Barroso, hubo depósitos de origen glaciario como morrenas y glaciofluviales en el Pleistoceno. Estos depósitos se emplazan cubriendo a las unidades pre-pleistocénicas y su distribución está controlada por la Depresión de Caylloma; ocupan generalmente, áreas bajas de la zona. El material de las morrenas consta mayormente de grava, arena y limo inconsolidados, de naturaleza variada,



predominando el material volcánico andesítico, con matriz areno-limosa. Los depósitos glaciofluviales presentan una matriz más compacta y son de naturaleza areno limosa. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

Los depósitos morrénicos y glaciofluviales están parcialmente cubiertos por depósitos recientes tales como material de deslizamiento y/o aluviales, así como por los volcánicos del Grupo Andagua. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

- **DEPÓSITOS ALUVIALES (RECIENTES)**

Durante el cuaternario se depositaron sedimentos aluviales y coluviales. Estos materiales cuaternarios acumulados principalmente en los cauces de los ríos principales, constituidos por fragmentos de roca (grava, arena, limo) son arrastrados y acumulados en poca cantidad y en forma estrecha en las zonas altas, pero al ampliarse el valle aguas abajo presentan extensas llanuras aluviales.

Estos depósitos forman típicos conos aluviales de variada amplitud y que a la vez sirve para el desarrollo de asentamientos humanos y tierras de cultivo. Además, se pueden dividir en depósitos aluviales de río y depósitos aluviales de quebrada.

El material de estos depósitos consta de grava, arena y limo, con matriz areno-limosa, en forma de capas groseramente estratificadas y con niveles lenticulares de material fino. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).



Los depósitos aluviales se localizan en las inmediaciones de los ríos Apurímac, Molloco y Challacane; mientras que los deslizamientos generalmente son productos de la sobresaturación de agua y fluyen por gravedad. Estos depósitos recientes, como su nombre lo indica, se han formado en los últimos 10 000 años y nos revelan el grado de erosión actual. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

- **GRUPO ANDAGUA (Qr-an)**

Terminando la actividad volcánica tenemos a una serie de aparatos volcánicos que principalmente aflora en el valle de Andagua de donde proviene su nombre (J. Caldas). En la zona estos volcánicos son de tipo explosivo y se les ha clasificado como conos de escoria, se distribuyen por el extremo suroccidental de la depresión de Caylloma.

Los aparatos volcánicos constan de escorias irregularmente distribuidas las mismas que son grandes en el centro del cono y pequeñas en los sectores más lejanos. Además, se observan lavas aféricas negras, bastante porosas con flujo circular que se denominan lavas cortadas. También se observan bombas que son los elementos que caracterizan a los aglomerados propiamente dichos. (Davila et al., 1988; Valdiviezo 2006).

Según J. Caldas, en el valle de Andagua estos aparatos se desarrollaron en dos fases: una efusiva y tranquila que fluyó en varias pulsaciones y otra explosiva que dio lugar a los conos de escoria. En el área de Caylloma se desarrolló mayormente la etapa explosiva y el magma que le dio origen a estos conos de escoria salió hacia la superficie por fallas de basamento con movimientos tectónicos de distensión.

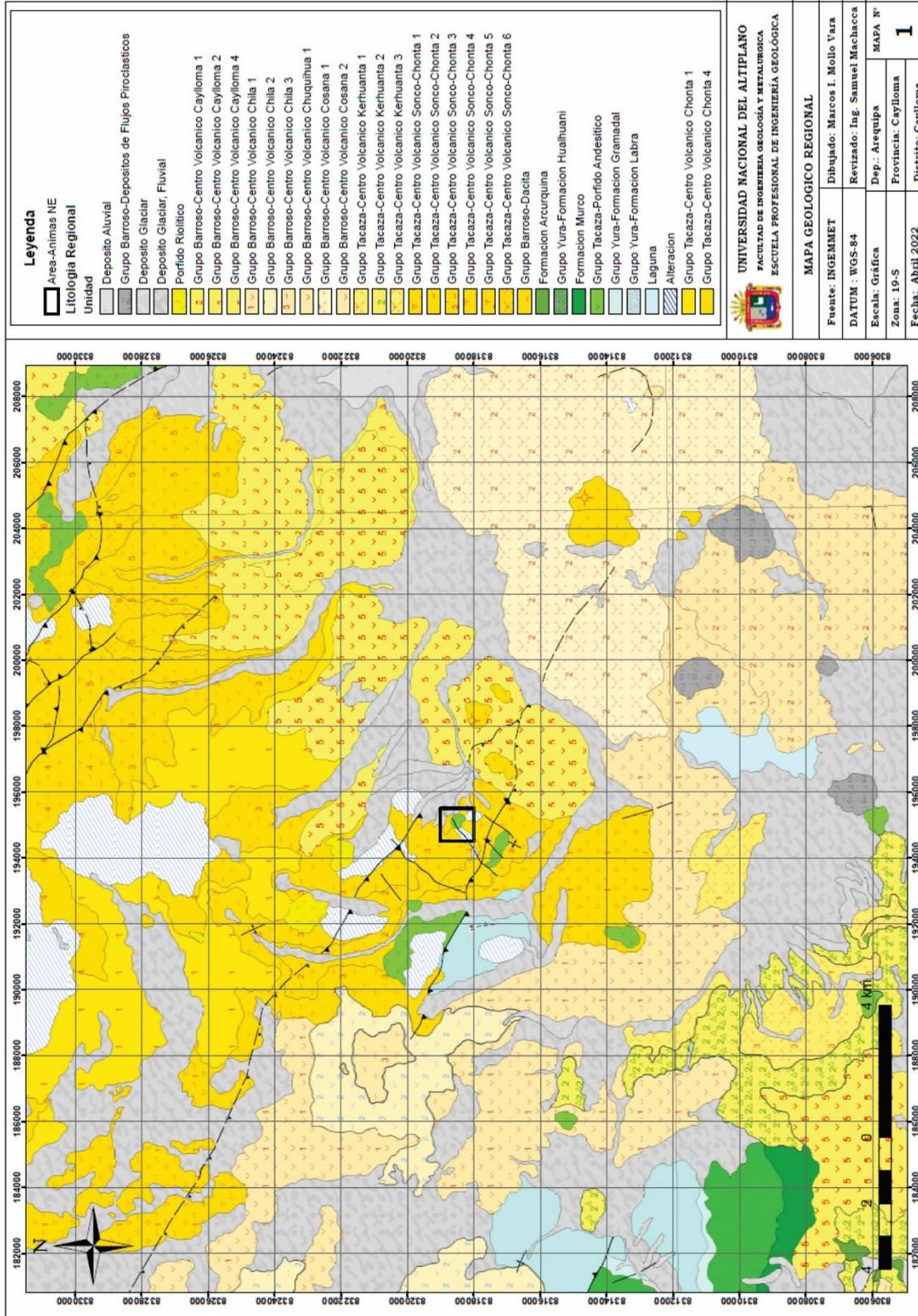


Figura 1. Mapa geológico regional. (Fuente: INGENMET, 1988)

CRONOESTRATIGRAFIA			LITOESTRATIGRAFIA						
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD	ESPESES (mts)	COLUMNA	DESCRIPCION			
CENOZOICO	CUATERNARIO	Reciente	Grupo Andagua	?		Conos de escoria de naturaleza andesítica y aglomerados.			
			Depósito Reciente	?		Gravas, arenas y limos inconsolidados (conos, aluviales y deslizamientos).			
		Pleistoceno	Depósito Pleistocenos	+/-100		Gravas, arenas y limos acumulados en forma de aluviales, glaciofluviales y morrenicos.			
			Grupo Barroso	+/- 20 a 150		Andesitas grises ofiricas y/o porfiricas que se exponen como: lavas, domos, lava-domo y estrato volcan y otros aparatos volcanicos.			
			Formacion Pusa	+/-100		Intercalacion delgada de areniscas finas con limolitas de colores cremas y amarillentas.			
	TERCIARIO	Superior	Formacion Sencca	+/-100		Intercalacion de tobas daciticas y rioliticas de cremas a rosadas de naturaleza explosiva a efusiva con niveles areno-tobaceos y areniscas fluviales.			
			Medio	Grupo Tacasa	Formacion Ichocollo	+/-800		Lavas y domos rioliticos a basalticos gris a gris oscuro, ofiricos y porfiricos con niveles de brecha y/o arenisca volcanica.	
		Miembro C			+/-1000		Secuencia lacustrica caracterizada por su estratificación laminar fina, constituido por areniscas finas gris verdosa a violacea con fragmentos de naturaleza volcánica, hacia la base se observa areniscas y limolitas amarillentas con intercalación de lavas, hacia el techo predominan lavas.		
		Miembro B			+/-300		Tobas y conglomerados tobaceos en bancos de 1 - 3 mts de colores cremas a amarillentas con algunas intercalaciones de areniscas tobaceas verdosas.		
		Miembro A	+/-100		Areniscas, brechas y lavas grises, verdosos y violaceos de composición generalmente andesitica.				
		MESOZOICO	CRETACICO	Superior	Formación Arcurquina	+/-100		Caliza, caliza arenosa gris a negro grisáceo en estratos de 10 a 15 cms.	
				Medio		+/-500		Areniscas rojizas grano fino de estratificación laminar con intercalaciones de limolitas rojizas, hacia el techo se observa areniscas calcareas rojizas y calizas grises.	
				Inferior	Formación Murco	Miembro C	+/-200		Areniscas cuarzosas amarillentas grano fino a medio en bandas de 1 - 5 mts con estratificación cruzada con escasos niveles de areniscas gris rojizas de grano fino.
						Miembro B	+/-350		Intercalación de areniscas cuarzosas de grano medio a fino en banco de 1 - 2 mts con areniscas rojizas, grano fino y limolitas rojizas a violaceos.
Miembro A	+/-200						Limolitas rojizas, violaceas en estratos de 20 - 50 cm. con alternancia de areniscas rojizas grano medio a fino.		
Formación Hualhuani	+/-250						Areniscas curcíticas blancas de grano medio a fino en bancos de 2 - 3 mts.		
Grupo Yura	Formación Gramadal			+/-200		Calizas grises y marrones, afaníticos en bancos gruesos y fosilíferos.			
	Formación Labra		+/-1200		Intercalación de areniscas cuarzosas gris a gris oscuros con limolitas gris oscuras.				
	JURASICO		Superior	Formación Cachios	+/-400		Limolitas gris oscuras a negras, estratos delgados con algunas intercalaciones de areniscas gris oscuras, grano fino en estratos delgados.		
Medio				Formación Puente	+/-1000		Areniscas y areniscas cuarzosas gris oscuros a parduzcos de grano fino a medio intercalados con limolitas gris oscuras a negras con un nivel de caliza arenosa negra-fosilífera.		

Figura 2. Columna litoestratigráfica del cuadrángulo 31-S Caylloma. (Fuente: INGEMMET, 1988)



2.1.2 Geología estructural regional

En el marco regional se reconocen dos sistemas de lineamientos principales, los que presentan rumbos NE y NW. El sistema con rumbo NW habría actuado de manera sinistral, mientras que el de rumbo NE lo habría hecho de forma dextral. Ello estaría en relación a esfuerzos regionales con la tensión orientada aproximadamente en sentido N-S o NNW-SSE, mientras que la compresión estaría ubicada con dirección E-W o ENE-WSW, “Ello estaría de acuerdo con lo generalmente postulado para el Mioceno inferior-medio del Sur de Perú” (CASSARD, y otros, 2000).

El sistema de fracturas de rumbo NW se encuentra más desarrollado, posiblemente habría prevalecido sobre su conjugada de dirección NE. Ver mapa estructural regional (Figura 2).

El sistema NW incluye al corredor estructural que hospeda la mineralización del distrito minero de Caylloma. Sobreimpuesto a dicho sistema conjugado de fracturas se observa un juego de lineamiento de gran longitud y continuidad de rumbo N-S. Estas fracturas están aparentemente limitando por su borde E y W a la caldera de Caylloma, que a su vez posee una forma alargada en sentido N-S. Si se consideran a estas fracturas contemporáneas con dicha caldera, entonces tendrían una edad entre 2 a 4,5 Ma.

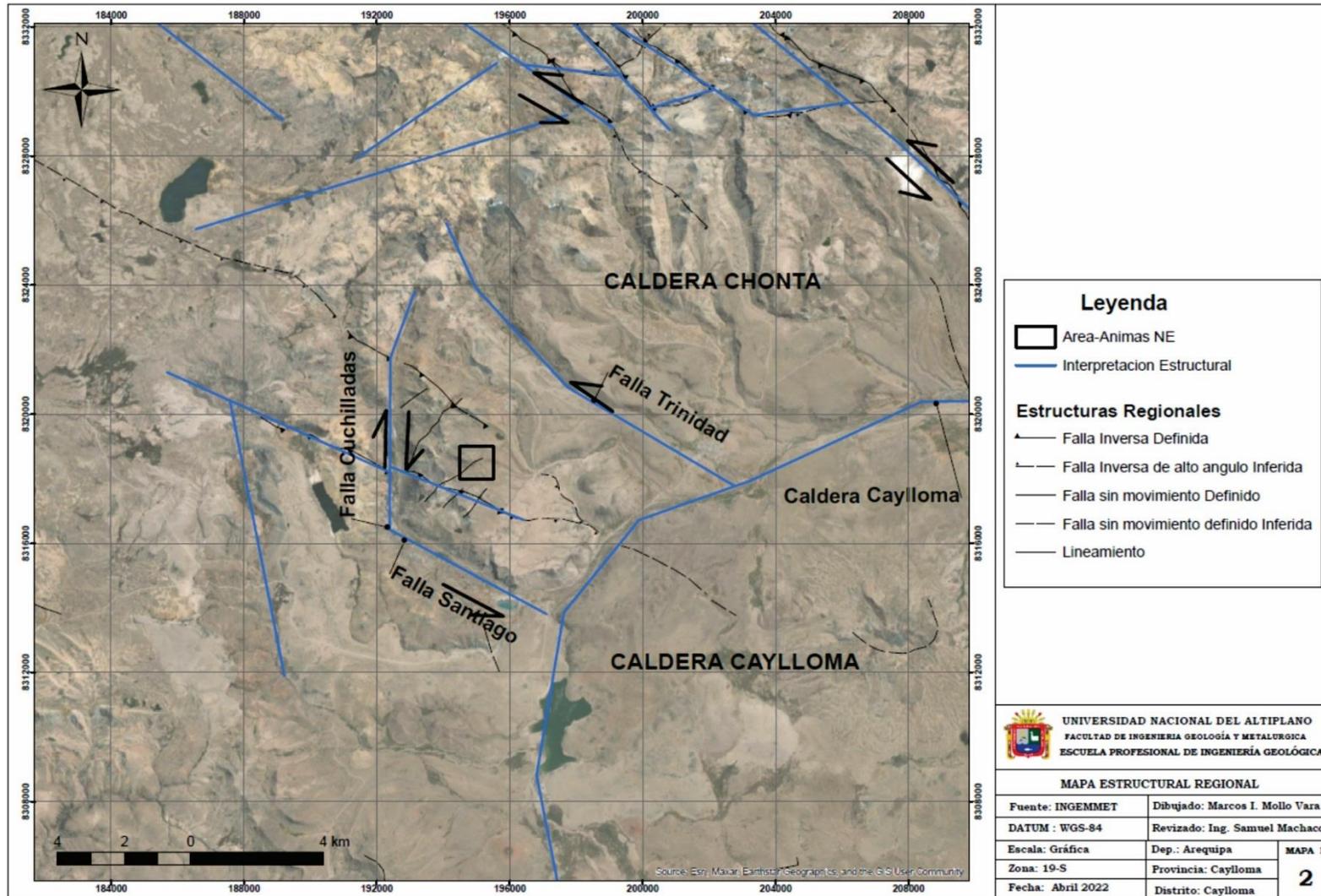


Figura 3. Mapa estructural regional. (Fuente: Elaboración propia, 2022).



2.2 GEOLOGIA ECONOMICA

En el distrito minero de Caylloma, la mineralización económica es de tipo epitermal de baja a intermedia sulfuración, esencialmente compuesta por sulfuros y sulfosales de Ag y Au en la zona Norte (vetas como Eureka, El Toro, San Pedro, Paralela, Apóstoles 1-2, Elisa, San Carlos 1-2, La peruana, Bateas (Techo y Piso), San Cristobal, La Plata) y en la veta Ánimas presenta un comportamiento polimetálico de Ag - Au- Pb – Zn – Cu, gradando en vertical.

Veta Animas NE, Nancy, Ramal Techo y Cimoide; tienen un zoneamiento vertical, que aumenta el Pb - Zn - Cu en profundidad.

En todo el conjunto de vetas la mineralización económica está conformada por minerales de ganga como la rodonita, rodocrosita, carbonatos, cuarzo, pirita, que cambia según el comportamiento estructural y litológico de las vetas.

La mineralización de zinc se encuentra en la esfalerita, el plomo en galena, el cobre en la calcopirita, la plata y oro asociado a la galena y como sulfosales; y cobres grises en finas venillas de cuarzo. (Huaman Tumba y Paucar Ricaldi 2020).

2.3 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

En el área de estudio se han diferenciado las siguientes unidades geomorfológicas: Altas Cumbres, Peneplanicie, Depresión de Caylloma, Zonas Volcánicas y otras geoformas (Figura 4).

2.3.1 Altas cumbres

Esta unidad geomorfológica se encuentra distribuida en forma circular, ocupando los bordes del cuadrángulo de Caylloma, presentando cotas entre: 4,500 y 5,556 m.



Las mejores exposiciones se encuentran en la esquina suroeste del cuadrángulo y en los alrededores de la mina Suyckutambo.

Las altas cumbres se caracterizan por su topografía agreste con predominio de fuertes pendientes que fueron modeladas por las diferentes etapas de erosión.

El relieve se encuentra, fundamentalmente sobre rocas del Grupo Tacaza y representa las partes más altas de la Cordillera Occidental, que constituyen la Divisoria Continental. (Cuadrángulo de Caylloma, Boletín N°40, INGEMMET, 1988).

2.3.2 Peneplanicie

La distribución de esta superficie presenta su mayor desarrollo en la esquina noreste del cuadrángulo de Caylloma; también se observa en otras áreas tales como en los cerros Santa Antonio, León Ojana y Puca Puca, en la pampa Puca Apana y en las cabeceras del río Yanaso.

Esta superficie, en la parte sur del cuadrángulo de ubica por los 5,000 m.s.n.m. y a medida que se avanza hacia el norte, las alturas decrecen hasta llegar a los 4,200 m.s.n.m., con una pendiente de 2° aproximadamente.

Esta planicie se caracteriza porque está constituida por una sola unidad geológica

(Formación Sencca) la que por su naturaleza litológica presenta disyunción columnar y/o cónica. (Cuadrángulo de Caylloma, Boletín N°40, INGEMMET, 1988).



2.3.3 Depresión de Caylloma

La Depresión de Caylloma, se ubica en la parte central del cuadrángulo y tiene un control vulcano-tectónico, se caracteriza por presentar paredes con pendientes dirigidas hacia el centro.

Un aspecto curioso de esta depresión está dado por su límite topográfico, el cual se asemeja al perfil de una cabeza que mira hacia el oeste.

Las paredes de la depresión son onduladas ya que fueron modeladas por la acción glaciaria y el piso de dicha depresión está cubierto por material volcánico pleistocénico.

El piso de la Depresión de Caylloma está sobre los 4,200 m.s.n.m. las cumbres de sus paredes llegan hasta los 5,500 m. en el lado suroeste y a los 4,500 m. en el noreste, concordando con la dirección del drenaje de la depresión que es hacia el noreste. (Cuadrángulo de Caylloma, Boletín N°40, INGEMMET, 1988).

2.3.4 Zonas volcánicas

Están emplazadas en la parte central del cuadrángulo de Caylloma; generalmente en forma irregular. En otras áreas, ocupan las partes más altas y forman diversos aparatos volcánicos.

La característica fundamental de estas zonas volcánicas está dada por su modelado. Existen tres formas controladas por la naturaleza litológica, de la roca: La primera, cuyo ejemplo característico es el volcán Cosana, se caracteriza por presentar forma cónica con paredes de unos 30° y mesetas en los alrededores del mismo. La segunda, representada por el cerro Pucará, constituye un “domo-lava” de superficie, ondulada y pendiente suave. El tercer caso es representado por los “domos” cuyo mejor ejemplo son los cerros Chungará que tienen la forma de



cuerpos circulares que se asemejan a un globo. (Cuadrángulo de Caylloma, Boletín N°40, INGEMMET, 1988).

2.3.5 Otras geoformas

En el mapa geomorfológico (Figura 4), las otras geoformas se presentan cubriendo a las unidades anteriores y se distribuyen en toda el área, ocupando generalmente las partes más bajas.

A estas geoformas se les puede integrar en dos grupos:

1) formas de erosión, conformadas por los valles fluviales y valles glaciarios, producto de la acción fluvial o glaciaria acompañada de un control lito-estructural.

2) Formas de acumulación, constituidas por conos de escoria, morrenas, glaciofluviales, terrazas, conos aluviales y deslizamientos.

Estas últimas geoformas se caracterizan porque son formas positivas que generalmente nos indican el grado y tipo de erosión producida en tiempos pasados; su distribución se muestra en el mapa geomorfológico. (Cuadrángulo de Caylloma, Boletín N°40, INGEMMET, 1988).

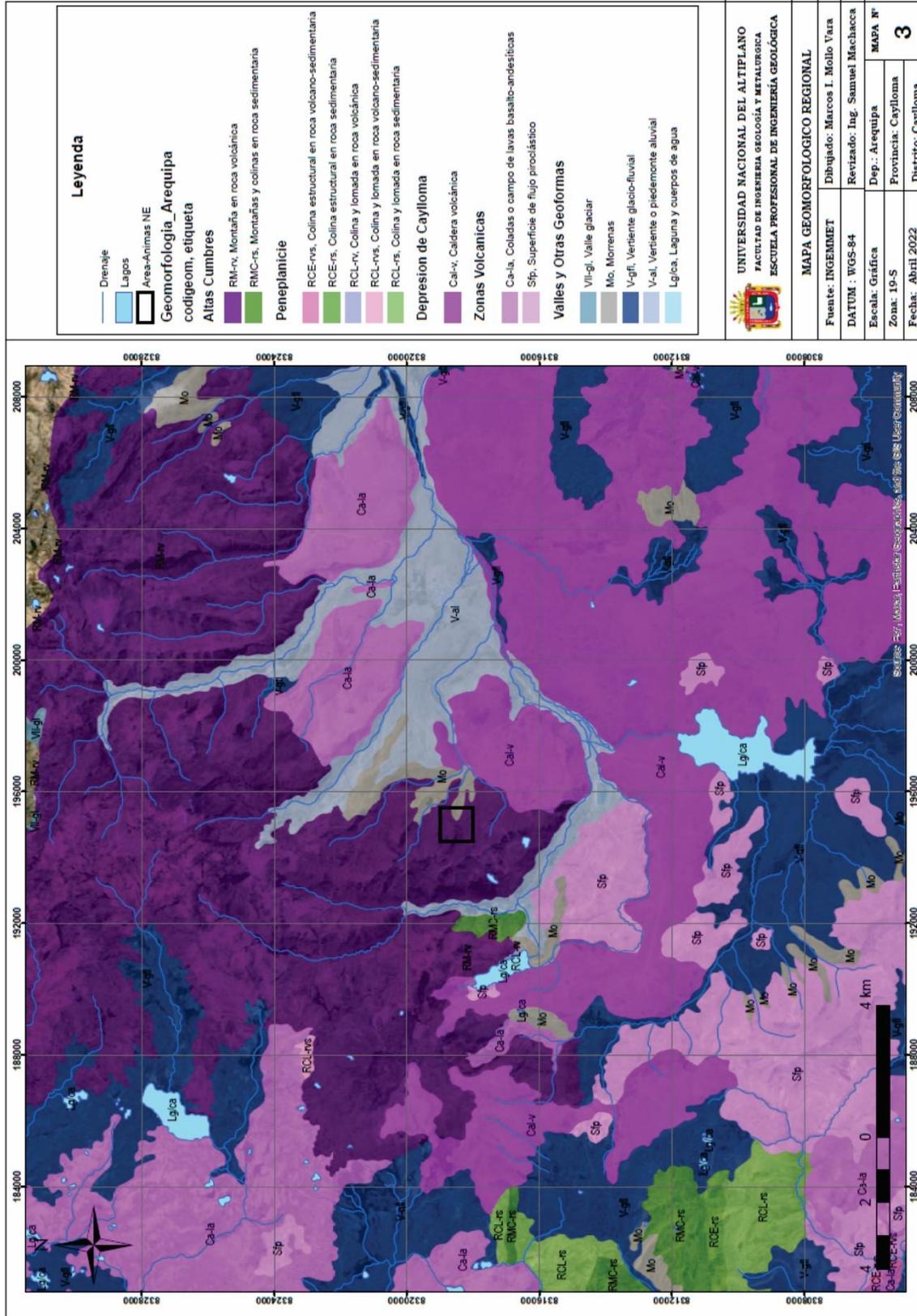


Figura 4. Mapa geomorfológico regional. (Fuente: INGEMMET, 1988).

2.4 PERFORACIÓN DIAMANTINA

La perforación de sondajes constituye la culminación del proceso de exploración de minerales mediante el cual se define la tercera dimensión de un prospecto y su geometría en el subsuelo. La perforación proporciona la mayor parte de la información para la evaluación final de un prospecto y en última instancia, determinará si el prospecto es explotable económicamente. Los análisis químicos de las muestras de testigos sondajes son la base para determinar la ley media del depósito mineral. El cuidadoso registro de las muestras de testigos de sondajes ayuda a delinear la geometría y el cálculo del volumen de mineral y proporciona importantes datos estructurales.

2.5 MUESTREO DE SONDAJES DIAMANTINOS

Es un proceso en el cual se toma una mitad del testigo cortado el cual tiene que representar las partes iguales y los mismos contenidos de mineralización y seguir una línea de corte (la muestra debe ser proporcional y representativa). En el muestreo de testigos se tienen que diferenciar las zonas mineralizadas, alteración, fallas, etc.

La exploración superficial requiere un alto nivel de precisión para las bajas concentraciones y frecuentemente están relacionados con resultados cercanos a los límites de detección analítica. Debido a que la mayoría de las muestras de exploración actualmente están por debajo de la ley del mineral. (Manual de QA-QC, M. Bateas; 2010).

Cumpliendo con los siguientes objetivos:

Objetivos del muestreo. - Los objetivos de un buen Aseguramiento y Control de Calidad (QA-QC) en exploración regional superficial son:

- Prevenir el ingreso de errores a la base de datos utilizada para el modelado de recursos.



- Demostrar que los muestreos y las diferencias analíticas estén dentro del rango de variabilidad aceptable, con relación a las variaciones geológicas.
- Garantizar que la precisión de la información pueda ser confirmada dentro de los límites razonables por otros laboratorios.

El muestreo de sondajes, tiene un protocolo de QA-QC en el cual se insertan diferentes muestras para asegurar la calidad y representatividad, los cuales son:

- **Duplicados:** Son muestras que solo pueden obtenerse por cuarteo de muestras representativas de minerales partidos porque todo lo demás contiene un componente espacial y que son seleccionadas especialmente en zonas mineralizadas y por los geólogos.
- **Blancos:** Son muestras consistentes en material desprovisto de elementos o productos de interés económico, o desprovisto de un contaminante que afecta el costo de un proceso o decisión, se insertan en los muestreos dentro o después de zonas mineralizadas, para un control del laboratorio de las leyes reportadas.
- **Material de referencia estándar:** Son muestras de mineral con valores ya conocidos. (Manual de QA-QC, M. Bateas; 2010)

Todas las muestras de la perforación en la veta Animas NE fueron recogidas por el personal del área de geología de Minera Bateas y su preparación y análisis de las muestras se realizó en el laboratorio externo ALS Chemex, lo mismo que las muestras duplicadas, estándares y blancos.

2.6 METALOGENIA

Franja XVI de epitermales de Au-Ag del mioceno hospedados en rocas volcánicas Cenozoicas. Se distribuye ampliamente en el dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental y es una de las más importantes franjas de Au-Ag de Arequipa, ya



que en ella se encuentran numerosas operaciones mineras. Esta franja está controlada por fallas NO-SE del sistema Condoroma-Caylloma y agrupa a depósitos de Au-Ag de alta, baja e intermedia sulfuración. Las edades de mineralización se encuentran entre 18 y 10 Ma, en donde muchos de estos depósitos están relacionados con centros volcánicos. Sin embargo, Arcata es un yacimiento de edad más joven, la cual se encuentra en 5.4 Ma (Candiotti et al., 1990). Entre las operaciones mineras de alta sulfuración tenemos Chipmo (Orcopampa) y Poracota; los de baja sulfuración corresponden a Ares, Shila y Paula. Solo Caylloma se considera como intermedia sulfuración. En la parte norte de la región Arequipa solo se encuentran pequeños segmentos de la franja XIV de Pórfidos-Skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno, la cual no es relevante en esta región y no presenta ocurrencias metálicas. (Candiotti et al., 1990).

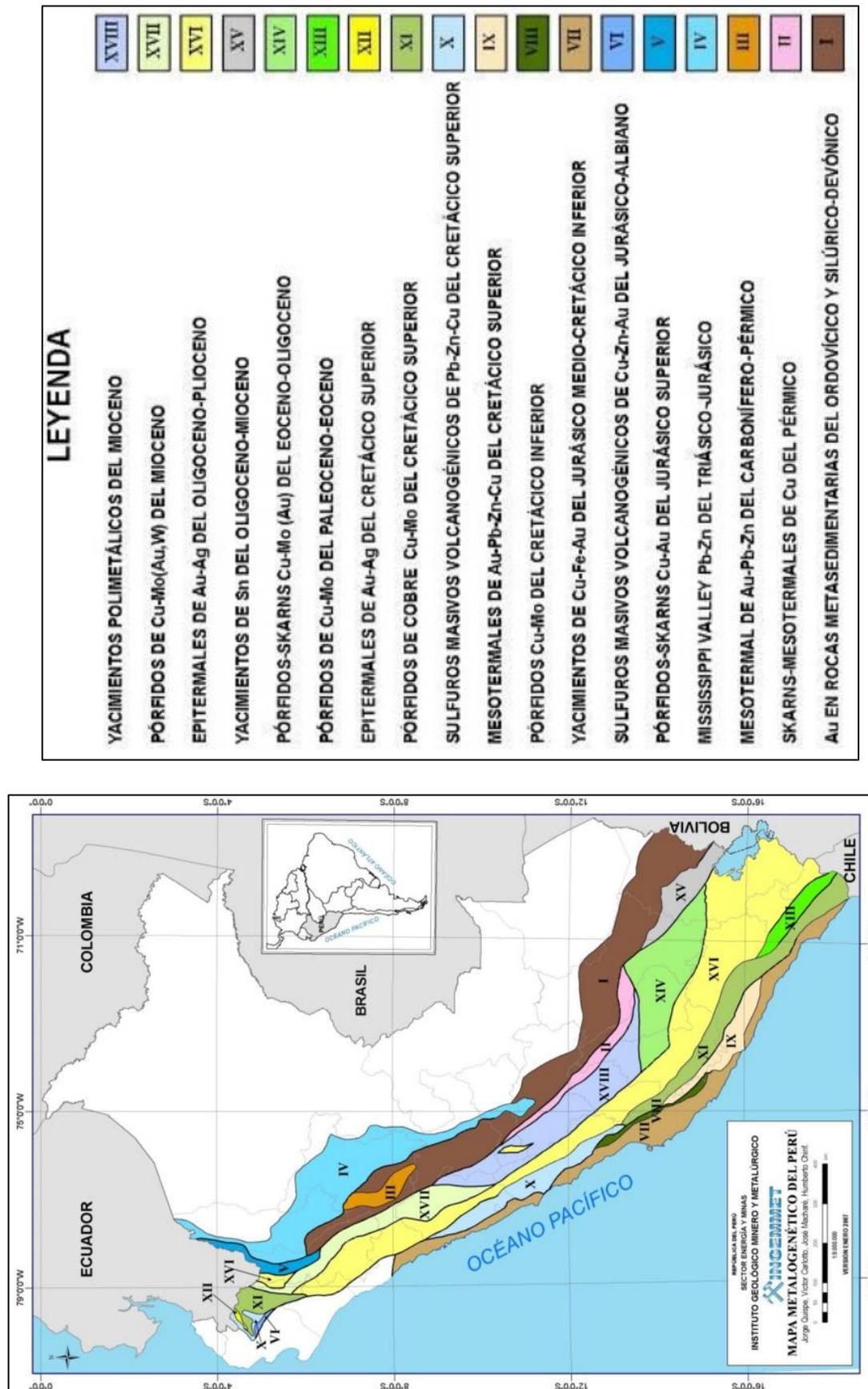


Figura 5. Mapa metalogénico del Perú. (Fuente: INGEMMET, 1999).



2.7 YACIMIENTOS EPITERMALES

Son aquellos en los que la mineralización ocurrió dentro de 1 a 2 Km de profundidad desde la superficie terrestre y se depositó a partir de fluidos hidrotermales calientes. Los fluidos se estiman en el rango desde $<100^{\circ}\text{C}$ hasta unos 320°C y durante la formación del depósito estos fluidos hidrotermales pueden alcanzar la superficie como fuentes termales, similar a las existentes en El Tatio y Puchuldiza en el Norte Grande de Chile o como fumarolas o solfataras. Los depósitos epitermales se encuentran de preferencia en áreas de volcanismo activo alrededor de los márgenes activos de continentes o arcos de islas y los más importantes son los de metales preciosos (Au, Ag), aunque pueden contener cantidades variables de Cu, Pb, Zn, etc.

La mineralización epitermal de metales preciosos puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos. Los de “baja sulfuración” son reducidos y tienen un pH cercano a neutro (la medida de concentración de iones de hidrógeno) y los fluidos de “alta sulfuración”, los cuales son más oxidados y ácidos. Los términos de alta y baja sulfuración fueron introducidos por Hedenquist (1987) y se refieren al estado de oxidación del azufre. En los de alta sulfuración el azufre se presenta como S en forma de SO_2 (oxidado) y en los de baja sulfuración como S^{-2+} en forma de HS (reducido). (Hedenquist, 1987).

2.8 YACIMIENTOS DE Au-Ag DE BAJA SULFURACIÓN

Depósitos de baja-sulfuración se caracteriza por las texturas de reemplazamientos de adularia y calcita dentro de vetas de cuarzo con gradaciones hacia las rocas de caja a zonas de illita, illita-esmectita e illita-esmectita-clorita. Calcita también puede ocurrir dentro de la zona de alteración. La variación en alteraciones de arcilla hacia afuera de la mineralización es típicamente muy difícil de definir en el campo, pero podría ser detectado con el SWIR. Las características de estas zonas están bien descritas por

numerosos autores, incluyendo White y Hedenquist (1990), Sillitoe (1993). El ancho de las zonas de alteración varía de centímetros a metros. Las zonas calentadas por vapor de alteración arcillosa avanzada podrían también tapar o desarrollarse lateralmente de mineralización de baja-sulfuración (Hedenquist, 1987).

Estos depósitos se forman tanto en campos de volcanismo félsico subaéreos en regímenes estructurales extensionales y de cizalle, como en estratovolcanes andesíticos continentales sobre zonas de subducción activas. Las zonas de mineralización son sistemas hidrotermales someros, variando desde fuentes termales en superficie, hasta zonas de flujo más profundas enfocadas por estructuras y zonas permeables. Los fluidos son soluciones relativamente diluidas que son mezclas de fluidos magmáticos y meteóricos. La deposición mineral ocurre cuando las soluciones se enfrían y se desgasifican por mezcla de fluidos, ebullición, y descompresión.

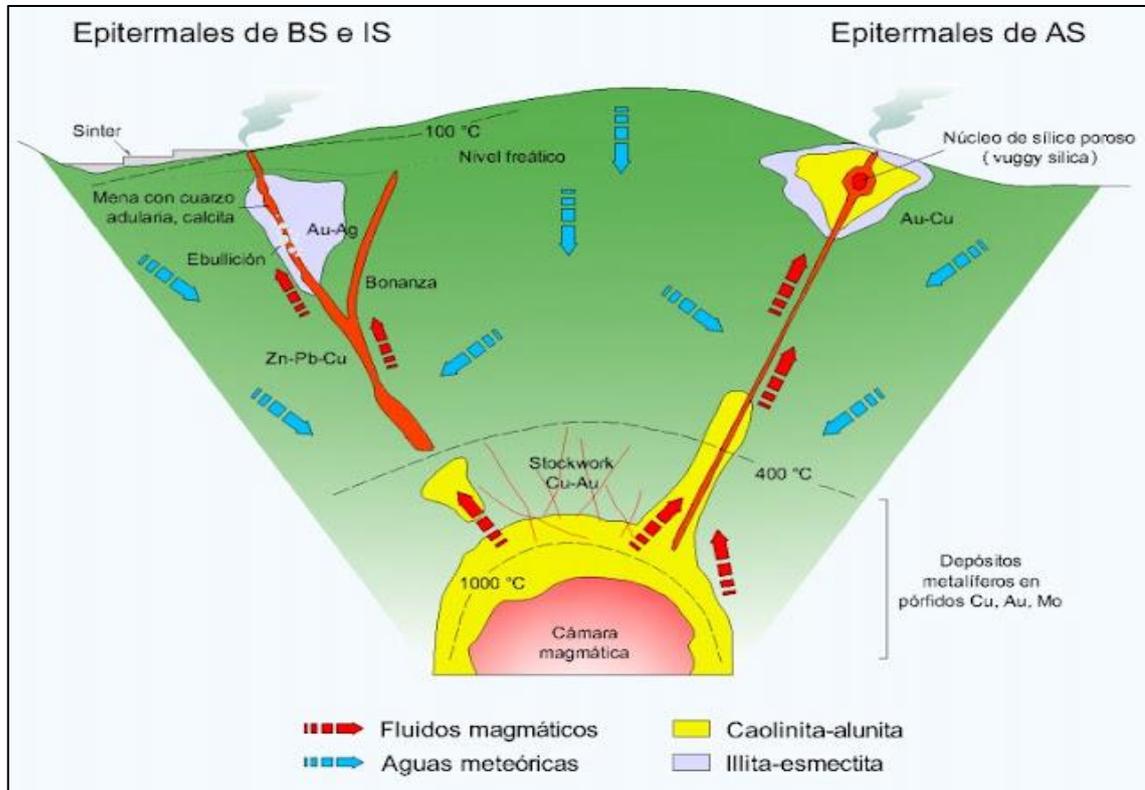


Figura 6. Modelo simplificado para los depósitos de alta, intermedia y baja sulfuración. (Fuente: Sillitoe, 1995; González, 2008).

Tabla 1.

Tabla comparativa de características de Yacimientos epitermales

CARACTERISTICAS	ALTA SULFURACION	BAJA SULFURACION
Marco estructural	Estructuras domáticas, emplazadas generalmente en los márgenes de calderas	Ambientes volcánicos complejos; frecuentemente asociados con calderas
Rocas volcánicas genéticamente relacionadas	Principalmente andesitas y riodacitas	Andesitas-riodacitas-riolitas
Extensión de la zona de alteración	Área extensa(kilométrica) y visualmente prominente	Restringida y visualmente sutil
Ensamblajes de alteración característicos	Argílica avanzada a argílica, +/- sericita. Alunita hipógena cristalizada; pirofilita en profundidad	Sericítica a argílica. Sericita (illita) y adularia; a veces cloritas. Alunita supérgena
Tipo de minerales de sílice y texturas características	Cuarzo vuggy (con frecuencia alberga el oro), fenocristales relecticos, cuarzo masivo o de grano fino, textura de reemplazamiento	Relleno de fracturas y espacios abiertos por calcedonia o cuarzo con texturas: crustificada, colofome y tipo cocada.
Gangas de carbonato	No ocurren	Ubicuas, con frecuencia mangáníferas
Otras gangas	Baritina ampliamente distribuidas nativo rellenando fracturas abiertas; canditas	Barita y/o fluoritas presentes sólo localmente; baritina por lo general sobreyacente a la mena
Presencia de sulfuros	Abundantes y variados; por lo general de grano fino	Más escasos; principalmente pirita
Forma de ocurrencia	Diseminados, reemplazamientos; subordinados stock work y venas	Relleno de fracturas y espacios abiertos; stockwork frecuente
Sulfuros característicos	Enargita, luzonita, calcocita, covelita, bornita, calcopirita	Esfalerita, galena, tetraedrita, calcopirita y arsenopirita
Principales metales	Cu, Au, As, (Ag, Pb)	Au y/o Ag; (Zn, Pb, Cu)
Metales accesorios	Bi, Sb, Mo, Sn, Zn, Te, (Hg)	Mo, Sb, As, (Te, Se, Hg)
Temperatura	200 a 300 °C	200 a 300 °C
Tipo de fluido	Acido; oxidado	pH casi neutro; reducido
Salinidad	1 a 24 wt% NaCl equivalente	0 a 13 wt% NaCl eq.
Fuente de los fluidos	Dominantemente meteórico; con posible componente magmático significativo	Dominantemente meteórico
Fuente del azufre	Origen profundo; probablemente magmático	Origen profundo; probablemente lixiviado de rocas encajonantes profundas
Fuente del plomo	Rocas volcánicas o fluidos magmáticos	Rocas Precámbricas o Fanerozoicos subyacentes a las volcánicas
Otras denominaciones	Adularia – sericita	Sulfato-ácido, Cuarzo-alunita

Fuente: M.Sc. Canchaya S. (1992).

2.9 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La mina Caylloma es una de las minas de plata más antigua del Perú. Es conocida desde el Incanato y trabajada casi en forma continua desde la época Colonial (año 1541)



hasta la fecha. Las referencias indican que, durante la época colonial, entre los años 1541-1821, se extrajeron grandes cantidades de mineral de mena de alta ley con un contenido aproximado de 48 millones de onzas de plata.

El período más activo de minería en la zona se inicia en 1880 cuando un grupo sueco-inglés, constituyó Cía. Caylloma Mining Company. Esta empresa explotó una gran parte de los clavos mineralizados de alta ley de las vetas: El Toro, San Pedro y Bateas, luego se trasladó a la veta San Cristóbal que permitió las operaciones mineras hasta el año 1890, después de unos años de paralización, estos trabajos permitieron el concentrado y amalgamado del mineral, mediante kimbaletes o arrastreras. Esta Compañía operó la mina hasta 1906. Después del año 1906, un grupo chileno se hizo cargo de la mina e instaló una concentradora de 20 Tn/día de capacidad y construyó la primera planta hidroeléctrica. Más tarde, se intentó tratar el mineral por cianuración con resultados negativos. Posteriormente, tres compañías continuaron operando la mina a lo largo de 20 años, siendo la última la dirigida por L. J. Rosenshine que instaló una planta de flotación con una capacidad de 30 Tn/día en San Ignacio, construyó campamentos y realizó extensivos trabajos de desarrollo. Paralelamente en el año 1925 se completó la carretera entre Sumbay y Bateas, que tienen una longitud de 160 km.

En el año 1926, los socios Gliden y Berisford, tomaron a su cargo las operaciones mineras hasta 1936, año en que cerraron la mina. Entre 1932 y 1933, un grupo constituido por M. Bustamante de la Fuente, A. Schnapka, C. Gunther, F.C. Willfort, L. Ruiloba y otros organizaron la “Cía Minera de Caylloma S.A. Limited” en base a la consolidación de varias propiedades mineras dispersas en el Distrito de Caylloma. En el año 1987, II. Candiotti elaboró el informe “Evaluación Geológica Económica del Yacimiento Caylloma” en base a trabajos geológicos de campo adicionales, con la finalidad de evaluar las posibilidades remanentes del Distrito Caylloma y ajustar los parámetros de cálculo de



reservas, y hasta el año 2004 la mina Caylloma operó a una capacidad de 500 TMD Unidad perteneciente al Grupo Hoeschild (Valdiviezo Guzmán). Actualmente la mina opera a una capacidad de 1500 TMD que pertenece a la compañía Minera Bateas S.A.C subsidiaria de Fortuna Silver Mines Inc.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1.1 Diseño de investigación

El proyecto de investigación tendrá una metodología descriptiva e interpretativa para la caracterización geológica y una metodología analítica e interpretativa para la caracterización geoquímica, dando a conocer el trabajo realizado con un carácter interpretativo del depósito mineral. Todo ello mediante la recopilación, procesamiento, análisis e interpretación de datos e información cualitativa y cuantitativa, obtenidos en distintas fases del estudio, finalmente alcanzando un diseño y ensayo del proyecto de investigación que se desarrollará de acuerdo con las siguientes etapas:

a) Etapa de recopilación de información

Para realizar el trabajo de investigación se recopilará información bibliográfica de trabajos anteriores de geología, llevados a cabo por el equipo de Geólogos, información geológica, mineralógica, alteraciones hidrotermales, boletines de la carta geológica Nacional publicada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET; 1988).

b) Etapa de trabajo de campo

En esta etapa se realizará lo siguiente:

- Mapeo Geológico superficial del área de estudio a escala 1:4000, determinado el ambiente geológico y sus características, usando los softwares AutoCAD y ArcGis/Target.



- Logueo geológico al detalle de los taladros diamantinos, reconociendo los aspectos geológicos en una tercera dimensión y la posible secuencia paragenética y zoneamiento de la mineralización, usando los softwares AutoCAD y ArcGis/Target.
- Protocolo de muestreo y QAQC de los taladros diamantinos, usando el laboratorio ALS Chemex para el análisis químico de las 835 muestras de core por los métodos Fire Assay e Inductively Couple Plasma.
- Supervisión diaria de campo en las plataformas de perforación.

c) Etapa de gabinete

Digitalización de planos de mapeo geológico e imágenes satelitales para la caracterización del ambiente geológico y estructural, realizando una descripción e interpretación de los resultados usando los softwares AutoCAD y ArcGis/Target.

Análisis e interpretación de los resultados geoquímicos para determinar correlaciones entre los elementos económicos y paragénesis de la veta Animas NE del distrito minero Caylloma.

Preparación de secciones con interpretación geológica de cada sondaje ejecutado, para entender el comportamiento tridimensional de la veta Animas y sus características geológicas – geoquímicas, usando los softwares AutoCAD y ArcGis/Target.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación según Hernandez, Fernandez, & Baptista (2014) es de un tipo descriptivo explicativo, para dar a conocer el trabajo realizado con

un carácter interpretativo del depósito mineral. Todo ello mediante la recopilación, procesamiento e interpretación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa, obtenidos en distintas fases del estudio.

3.1.3 Nivel y método de investigación

Según Ñaupas et al. (2014), alcanza a un nivel descriptivo explicativo cuyo carácter consiste en medir los efectos o fenómenos ocurridos y esto mediante las teorías geológicas explicadas para llegar a las conclusiones.

El método de la investigación tiene un carácter de hipotético deductivo, que consiste en plantear hipótesis según la realidad problemática y deducir esto como una teoría válida hasta comprobarla mediante métodos estadísticos.

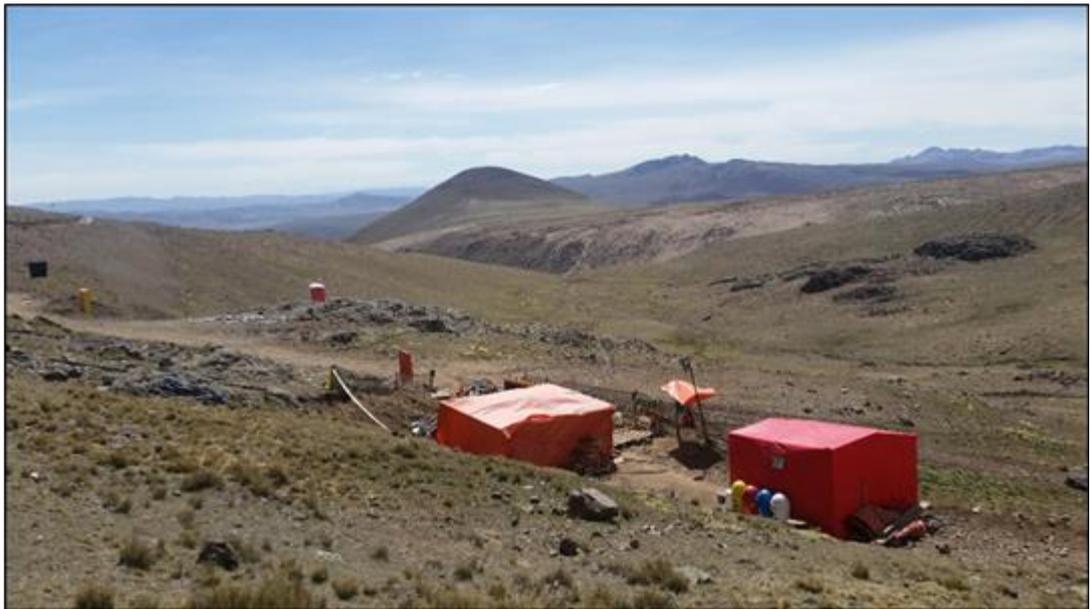


Figura 7. Zona de Animas NE - Mina Caylloma. (Fuente; Elaboración propia, 2014)

3.2 TRABAJOS DE EXPLORACIÓN

Los trabajos fueron desarrollados en el área de veta Animas NE, perteneciente al distrito minero de Caylloma, donde se realizó una caracterización de esta zona para poder generar planos geológicos y regenerar data ya existente con validaciones en campo.



La actividad exploratoria de esta campaña se ha desarrollado mediante las siguientes actividades; mapeo geológico, muestreo geoquímico y la ejecución de un programa de perforación diamantina con el objetivo principal de determinar el zoneamiento, alteración y mineralización de veta Animas NE, relacionándolo con la ocurrencia de los minerales polimetálicos y argentíferos. Se han desarrollado 19 sondajes diamantinos y el muestreo se desarrolló durante el logueo correspondiente; es decir que la interpretación es a partir de estos sondajes y de la información existente de los trabajos anteriores de Caylloma.

No hay mayor problema en lo que se refiere a medio ambiente puesto que la perforación se realiza dentro del área de trabajo por ser la zona de conocida actividad minera. En el área de la veta Animas NE se han desarrollado algunas labores mineras subterráneas como galería de exploración, cruceros, etc.

Durante 2010 y principios de 2011, una campaña de mapeo de superficie en el área de la estructura de la veta Animas NE se llevó a cabo en la parte noreste de la propiedad. El mapeo identificó afloramientos discontinuos de cuarzo y zonas de brechas ocasionales (cuarzo y rodonita) cubiertas por una capa de óxidos de manganeso. El mapeo de la superficie se complementa con una campaña de perforación diamantina; diseñado para investigar los niveles inferiores de veta Animas NE, cuyos resultados confirmaron la continuidad de la mineralización en profundidad.

Las actividades de exploración de veta Animas NE se reanudaron en 2014, durante la exploración subterránea de Nivel 10 (4,600 m.s.n.m.), con la ejecución de la galería de exploración GAL 505 Este, la mineralización descubierta consiste en una veta de textura brechada de rodonita y rodocrosita en cuarzo y matriz de sílice, con fragmentos, venillas y disseminaciones de galena, esfalerita, pirita y sulfosales de plata. Asociado a una



incipiente alteración Illita esmectita +/- carbonato; Estructuralmente presenta fallas importantes con rumbo noreste - suroeste paralelos al rumbo de la estructura mineralizada así mismo con fallas y fracturamiento tensional con salto insignificante; dextral y sinistral.

3.3 SONDAJES DIAMANTINOS Y DESCRIPCION DEL TRABAJO

Esta es la actividad de mayor importancia en el presente trabajo de investigación, ya que a partir de ello interpretamos y determinamos el zoneamiento de alteración y mineralización del yacimiento. En esta etapa de perforación diamantina, se elabora un programa de perforación diamantina transversal a las estructuras con la finalidad de interceptarlas y realizar el zoneamiento para luego evaluar. Se ubicaron las plataformas de perforación diamantina 8m x 8m, para así definir las estructuras mineralizadas.

Las perforaciones programadas en este proyecto se basaron en estudios de reconocimiento geológico superficial y trabajos en interior mina de labores vecinas, las cuales consideraron la presencia de minerales de, plomo, zinc, plata, cuyo yacimiento se encuentra formando vetas en las rocas volcánicas del Grupo Tacaza con un aporte hidrotermal de sulfuros primarios. Cabe indicar que la zona investigada es materia de intensa actividad minera, siendo así obvia su importancia desde el punto de vista económico. En la actualidad esta zona se encuentra en producción activa.

Durante la perforación diamantina se obtienen muestras del tipo testigo o core de forma cilíndrica con recuperación al 90% en la mayoría de los casos, obteniéndose con la ayuda de la barra del tubo interior “saca testigos”.

Se trabajó con el equipo de perforación diamantina (EXPLORER 75E); utilizando tuberías de perforación de diámetros NQ, tanques sintéticos para almacenar agua y/o recipientes denominados “tina de lodos”, para ser utilizados durante las actividades de

perforación. Una caseta para almacenaje temporal de las cajas y testigos obtenidos, baño químico portátil y un área de seguridad para el personal.

Cada plataforma de perforación diamantina considera dos pozas para el manejo y control de los lodos de perforación, donde sedimentan los lodos y decanta el agua utilizada, para ser reciclada al proceso exploratorio. Cada una de las pozas tiene las siguientes dimensiones: 4m x 4m y 2m de profundidad. Sobre las excavaciones se coloca la geomembrana para atrapar mediante un proceso de sedimentación y decantación, las lamas, sólidos y restos de aditivos, productos de la perforación.



Figura 8. Ubicación de la plataforma de perforación Zona Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2014)

El programa de perforación diamantina fue diseñado para investigar la mineralización en los niveles inferiores de veta Animas NE proximal al nivel 10 (4,600 m.s.n.m.) donde se han ejecutado 19 pozos de perforación diamantina con un total de 3876.15 metros de perforación, cuyos datos se muestran en la tabla 5.

3.4 ALCANCE DE LA PERFORACIÓN

Los pozos de perforación son típicamente perforados en secciones separadas de 40 m a 60 m de distancia a lo largo de la longitud de la veta; con la perforación de



superficie se centra en la exploración de la extensión de la veta Animas NE, utilizados para una mezcla de exploración y definición de recursos.

3.5 MEDICIÓN DE COLLAR Y DESVIACIONES DEL TALADRO DE PERFORACIÓN

La coordenada de la ubicación del collar del taladro propuesto se determina a través de la evaluación del azimut e inclinación para lograr la profundidad deseada de intersección en las secciones transversales. Sobre la terminación de la perforación, los datos del collar se obtienen usando el equipo de la estación total, con resultados (coordenadas) del collar utilizando Referencia Datum WGS84, UTM Zona 19S.

La medición del fondo del pozo fueron completados usando un medidor de desviación – Devitool; herramienta de estudio y medición a intervalos de aproximadamente 50 metros para todos los pozos de perforación; se evalúa las lecturas del fondo de pozo como un componente de la validación de datos para confirmar que las desviaciones significativas no ocurrieron entre las mediciones simultáneas.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA

El Distrito minero de Caylloma políticamente se encuentra ubicado en el Distrito y Provincia de Caylloma, Departamento y región de Arequipa. Perteneciente a la Hoja de Caylloma (31-s) del INGEMMET. Se sitúa a 225 km al Noroeste de Arequipa, al sur del Perú, entre 4300 a 5000 metros sobre el nivel del mar, en el cinturón volcánico Terciario en la cordillera peruana Suroeste. (Figura 9).

El yacimiento minero se encuentra cerca del poblado de Caylloma, El área de la veta Ánimas NE se encuentra hacia el Noreste y dentro del yacimiento minero (Distrito minero) de Caylloma y pertenece a la Cia. Minera Bateas S.A.C de Fortuna Silver Mines Inc.

Los terrenos superficiales pertenecen a la Comunidad Campesina de Santa Rosa, a sus alrededores se encuentran las comunidades de Taltahuarahuarco, Caylloma y Corasa.

Tabla 2.

Coordenadas WGS 84 – Zona 19s de Ubicación de la Unidad Minera

Unidad/Proyecto	Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud msnm
	Norte	Este	
Mina Caylloma – San Cristóbal	8 321 387	192 263	4 560

Fuente: Elaboración propia, 2013.



Tabla 3.

Coordenadas de los vértices del área de estudio Ánimas NE

Vértice	Este	Norte
1	194 500	8 318 000
2	194 500	8 319 000
3	195 500	8 319 000
4	195 500	8 318 000

Fuente: Elaboración propia, 2013.

4.2 ACCESIBILIDAD

Las vías de acceso al proyecto desde la ciudad de Lima son a través de la carretera Panamericana Sur.

Tabla 4.

Vías de Acceso de la Mina Caylloma

Tramo	Km	Tipo de Vía	Tiempo
Lima – Arequipa	1049	Carretera asfaltada	12 horas
Arequipa – Sibayo	145	Carretera asfaltada/afirmada	3:20 horas
Sibayo – Caylloma	61	Carretera afirmada	2:30 horas
Caylloma – Mina	14	Carretera afirmada	45 minutos

Fuente: Elaboración Propia, 2013.

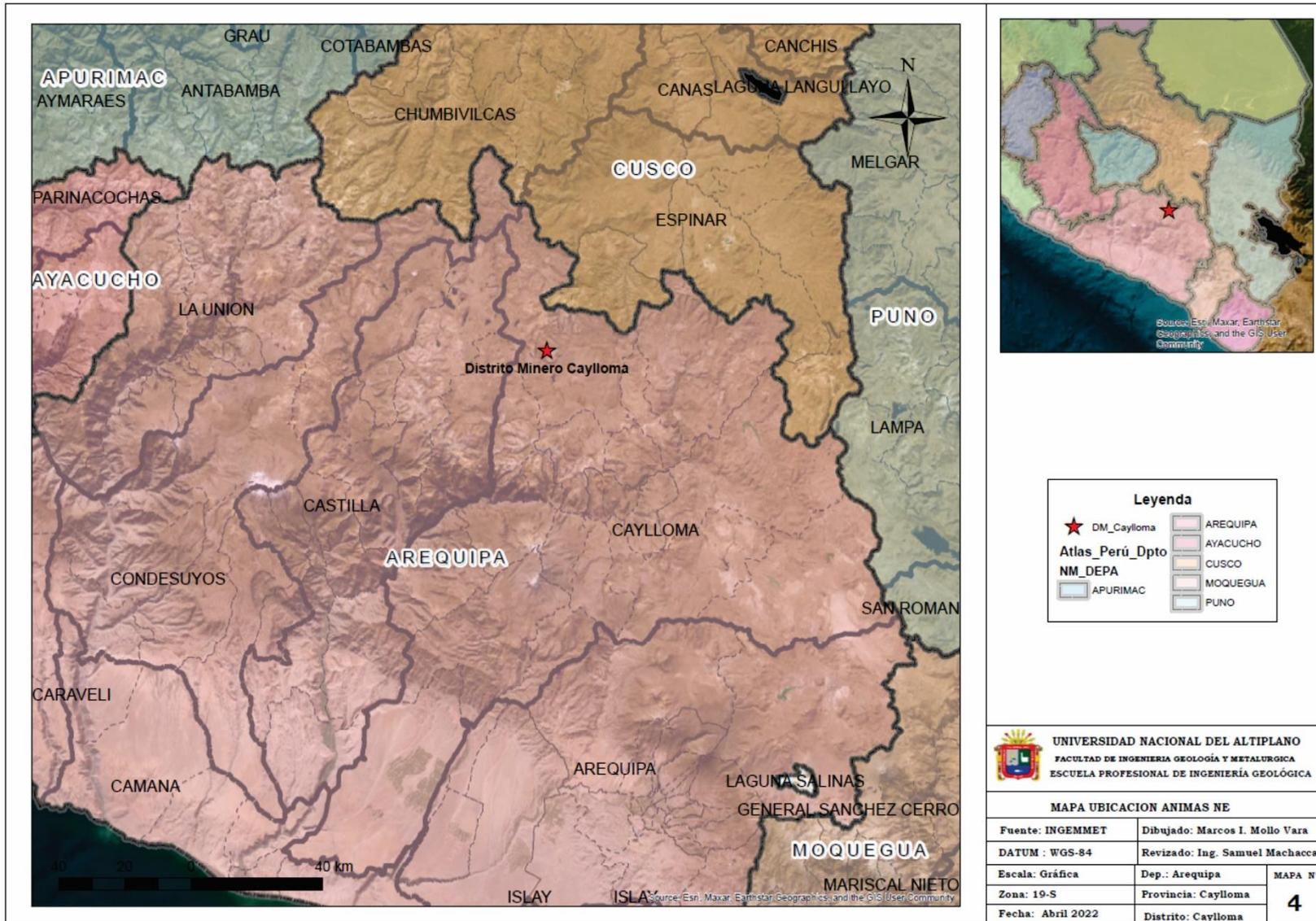


Figura 9. Ubicación del distrito Minero Caylloma. (Fuente: Elaboración propia; 2022).

4.2.1 Clima y vegetación

4.2.1.1 Clima

El distrito minero de Caylloma está situado en la región puna, entre 4500 y 5000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). La topografía es generalmente abrupta con valles de tipo “U” producidas por la glaciación mostrando una morfología característica de la alta elevación de los andes peruanos.

El clima es lluvioso y con nieve entre diciembre y marzo; y seca de abril a septiembre, o sea que durante el año solo se presentan dos estaciones, una estación seca de mayo a septiembre y otra estación lluviosa de octubre a abril; las precipitaciones se incrementan en los meses de enero a marzo. Es decir que el clima es típico de la zona puna (hostil, frígido, árido y seco), con un ambiente peri-glaciar andino y con temperaturas que oscilan entre los 20° C en el día y -10° en la noche, según datos registrados de SENAMHI.

4.2.1.2 Vegetación

La vegetación comprende de Calamagrostis. (Pastos), Calamagrostis ovata (Ichu pasto), Stipa ichu (paja brava) y pajonal, Azorella compacta (Yareta), variedad de arbustos y algunas especies de musgos características de esta región. No existen áreas de cultivo debido a las bajas temperaturas del lugar, pero aun así la población se dedica a la actividad minera, ganadera (crianza de alpacas) y el comercio.

4.2.1.3 Geomorfología Local

La geomorfología en el área es típica de un modelamiento glaciario, en cuyos remanentes de la antigua actividad se observa depósitos morrénicos en ambos flancos de los cauces o escorrentías naturales de las lagunas.

Localmente la zona de estudio muestra cierta madurez geomorfológica, mostrando áreas de colinas altas, medias y bajas, superficies montañosas de pendientes fuertes a moderadas y están cubiertas por pastos naturales (ichu), también se encuentran zonas llanas y/o terrazas en las partes bajas, y se observan valles jóvenes generados por aguas de escorrentía que erosionan con mayor intensidad a las rocas meteorizadas o aprovechan la dirección de las estructuras geológicas (fallas). No existe un vulcanismo activo, la actividad sísmica no es relevante. La acción antrópica afecta poco a los procesos morfo-dinámicos (Figura 10).

En forma local, las unidades geomorfológicas que más destacan en la zona de estudio son las siguientes:

- **Valles** de variada profundidad y es una de las unidades más importantes de la zona, ya que esta unidad está permanentemente en contacto con los agentes erosivos y acción geodinámica externa, la cual tiene presencia en las quebradas y en las partes altas de forma activa, en donde se observa fuerte desintegración de las laderas de los valles, son de forma “U” y “V”.

- **Conos aluviales** que se encuentran en diferentes partes y en cercanías del área de estudio, son de diferentes tamaños y son provocados por el cambio de pendiente, están conformados generalmente por material arcilloso, limos, arenas y cantos rodados de forma angulosa a sub angulosa y de composición polimíctica.
- **Laderas y Lomadas** que se encuentra aflorando a los alrededores de todo el proyecto, con altura variable, presentan superficies bastante intemperizadas (alteración química y física). Además, destacan las Colinas, Superficies montañosos y algunas terrazas.



Figura 10. Geomorfología local – zona Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2014)

4.3 CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA LOCAL

Las rocas más antiguas expuestas en el área de estudio son los bien conocidos sedimentos del Grupo Yura, de edad Jurásico, cubiertas por el Neógeno y Cuaternario, como son el extenso afloramiento de rocas volcánicas representados por los Grupos Tacaza, Sencca y Barroso. La estratigrafía volcánica y la evolución tectónica son complejos en el distrito minero de Caylloma.



Caylloma es un yacimiento controlado estructuralmente, muestra grandes lineamientos de dimensiones regionales, son estructuras pertenecientes al Ciclo Andino. Por tanto, las rocas aflorantes están situadas estructuralmente en zonas de plegamientos y fallamientos.

Columna estratigráfica (Figura 11) y plano geológico local a escala 1:000 (Figura 12) y del modelo litológico 3 D de la Veta Animas NE (Figura 13).

4.3.1 Grupo Yura (JsKi-yu)

En el área de estudio se componen de grises orto cuarcitas, limolita gris oscuro, y grauvacas negruzcas, intercaladas con capas En el área de estudio este Grupo está dividido en las formaciones: Puente, Cachíos y Labra.

La Formación Cachíos contiene lutitas ricas en materia orgánica, canales de arenisca subordinados, depresiones y olistolitos que indican un paleoambiente en pendiente submarina (Sempere et al., 2002).

La Formación Labra comprende un total de 300 - 1.500 m de espesor de arenisca intercaladas con secuencias de calizas marinas someras (Sempere et al., 2002). Estas rocas se depositaron en una cuenca siliciclástica, como parte de una secuencia transgresiva (Sempere et al., 2002). Las rocas sedimentarias delgadas de lutitas negras (Echavarría et al., 2006; y Chlumsky et al., 2009).

4.3.2 Grupo Tacaza (Po-t)

El Grupo Tacaza comprende una serie gruesa, intermedio a los flujos de lava de composición silícica y textura porfídica (20 - 100m), intercaladas con horizontes locales de unidades de rocas volcánicas (2-5 m) y calizas, que se entremezclan con lutitas (Echavarría et al., 2006; Chlumsky et al., 2009).



Ignimbritas soldadas débilmente formado la Caldera Chonta, esta se encuentra en la zona situada al sur de la veta de San Cristóbal (Echavarría et al., 2006).

La Geoquímica de la roca muestra el contenido de sílice de entre 50 y 75%, con un contenido de sílice de entre 57 a 63% siendo la más común, y valores de plata geoquímicos de 1,55 ppm (Fornari y Neyra, 1979).

El Grupo Tacaza es el metalotecto principal de mineralización del distrito de Caylloma (Fornari y Neyra, 1979; Dávila et al., 1988; Echavarría et al, 2006; Chlumsky et al, 2009).

4.3.3 Grupo Sencca (Np-se)

En el área de estudio, este Grupo consiste en una serie de tobas volcánicas félsicas e ignimbritas. Este grupo se formó en dos o tres episodios de colapso y la actividad piroclástica de la Caldera de que generaron cuarzo grueso y fenocristales de sanidina, depósitos de tobas de ceniza de flujo riolítico (Echavarría et al., 2006).

La geoquímica de la roca muestra alto contenido de sílice (SiO₂) con un porcentaje máximo del 75%, y los valores de plata de 0.25 ppm, seis veces menor que los valores en el Grupo Tacaza (Fornari y Neyra, 1979). (Fornari & Vilca, 1979).

4.3.4 Grupo Barroso (NQ-ba)

Comprende los depósitos de flujos de lavas volcánicas más jóvenes relacionados con el Plioceno y volcanes modernos en el área de Caylloma (Echavarría et al., 2008).



Las descripciones litológicas evidencian que estas rocas corresponden a lavas traquíticas a andesíticas y depósitos piroclásticos; otros autores en sus obras posteriores caracterizan estas unidades como andesítica y dacítico (Fornari y Neyra, 1979; Steinmüller, 2001). En el área de investigación de la veta Animas NE las rocas del Grupo Barroso se produjeron en la Caldera de Caylloma, así como de otros pequeños centros volcánicos, y consisten en flujos de andesita con pobres fenocristales (Echevarria et al, 2008).

La geoquímica de las rocas del Grupo Barroso muestra un contenido de sílice promedio del 63%, y 0,06 ppm Ag, que es 25 veces menor que las rocas del Grupo Tacaza (Fornari y Neyra, 1979).

4.3.5 Depósitos Cuaternarios

En la zona de estudio, estos materiales constituyen todos los depósitos de cobertura, generalmente no consolidados y que tienen distribución irregular. Estos depósitos se han acumulado como resultado de procesos fluvio-glaciares, aluviales y bofedales.

- **Depósito Fluvio-glaciar.** - Están representados por material acarreado por un medio fluvial y glaciar que se deposita a manera de llanuras, presentan características de erosión fluvial producto del deshielo y generalmente está constituido por grava, arena, limo algo consolidado con cierta estratificación, clastos sub redondeados y angulosos y que guarda relación con el proceso erosivo activado por el levantamiento andino en las diferentes etapas de glaciación.
- **Depósito Coluvial.** - Son aquellos depósitos que se encuentran al pie de las escarpas, laderas prominentes como material de escombros constituido por



bloques de gravas, guijarros, con clastos sub angulosos a angulosos y matriz areno-limosa que no ha sufrido transporte.

- **Depósito Aluvial.** - Consisten en materiales cuaternarios acumulados principalmente en los cauces de los ríos y riachuelos, constituidos por fragmentos de roca (grava, arena, limo) arrastrados y acumulados en forma de terrazas aluviales, llanuras aluviales, entre otros, generalmente sus detritos son sub redondeados a redondeados.
- **Depósito Bofedal.** - Las zonas de bofedales están compuestos por material hidromórfico, fango-arcilloso con materia orgánica vegetal en proceso de turberización, en medio acuoso mal conservado y se aprecia en la zona y circundante al área de estudio.

4.3.6 Rocas ígneas intrusivas.

Se exponen intrusivos subvolcánicos de composición riolítica, riodacítica y andesítica, a manera de diques y domos. Las interpretaciones de los afloramientos entre las corrientes cuchillada y Trinidad sugieren que se componen de cúpulas riodacita y diques de riolita, que tiene una textura equigranular porfídico. Los intrusivos se han colocado después de la mineralización en los horizontes andesíticas de los Formación Sencca y Grupo Tacaza y en los últimos eventos volcánicos de la Caldera de Caylloma.

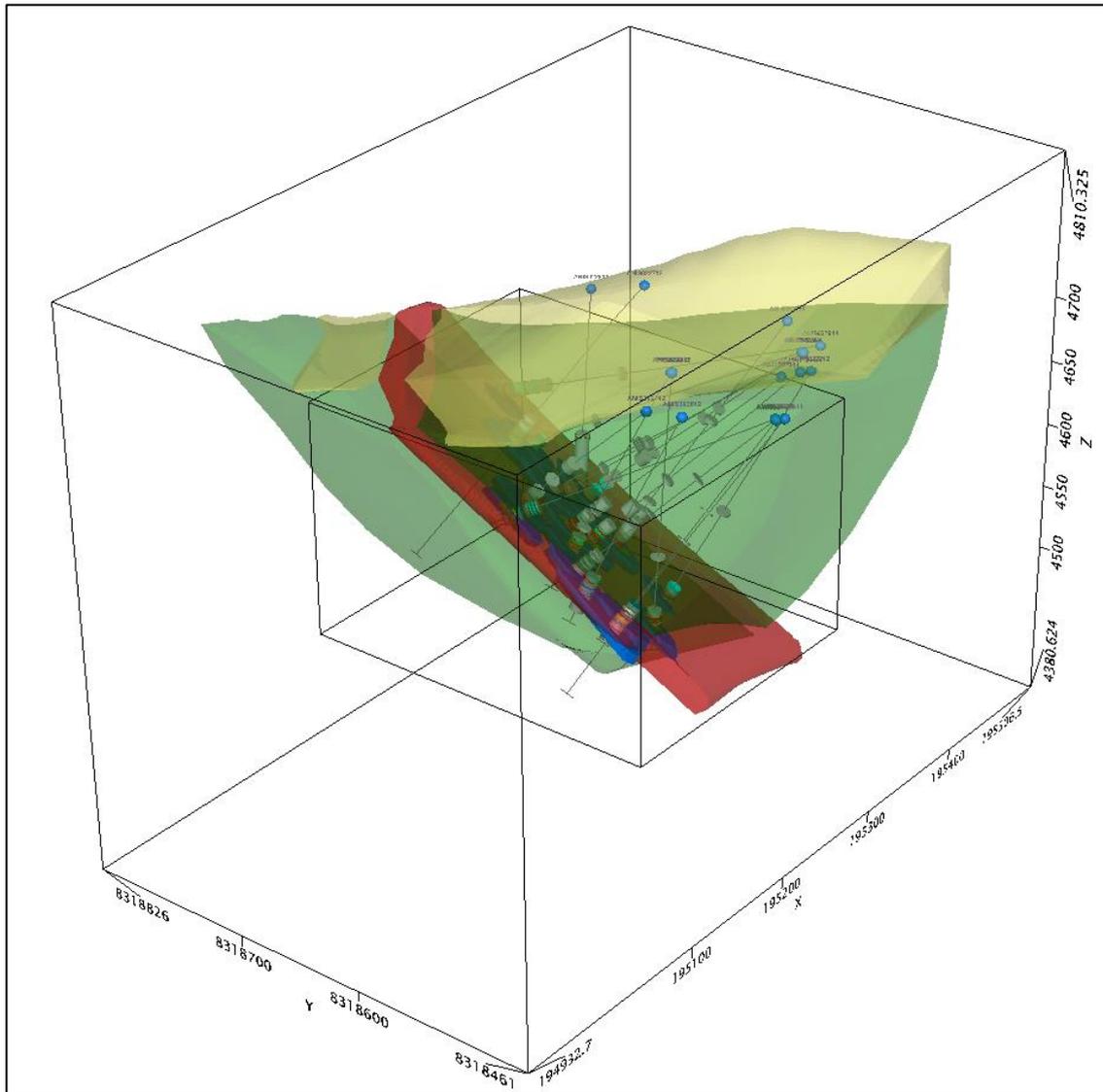


Figura 13. Modelo litológico 3D de la veta Animas NE,

mostrando como roca caja la andesita de textura porfírica del Grupo Barroso al techo de la veta y la andesita de textura afanítica del Grupo Tacaza al piso de la veta, los sondajes ejecutados y analizados en el presente estudio. (Fuente: Elaboración propia, 2014)

4.4 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL LOCAL

La veta Animas NE, del distrito de Caylloma está ocupando fracturas tensionales y fallas subparalelas con movimiento normal-dextral (Figura 14). Las fallas que contienen mineral económico poseen un rumbo predominante Norte 20° Este a Norte 50°Este, e inclina al Sureste con ángulos entre 45° y 50°. El sentido de movimiento a lo largo de estas fallas fue determinado en base a separación estratigráfica, geometría de las fracturas asociadas y “splays”, y estrías sobre los planos de falla. También se han reconocido fallas-

veta de rumbo noroeste, aunque éstas no albergan mineral económico. Las fallas de rumbo noreste son normal-dextral, con un componente de movimiento paralelo a la inclinación.

Las fracturas tensionales relacionadas a las fallas descritas también están formando vetas, ellas poseen un rumbo de Norte 60° Este a Este-Oeste; con inclinaciones de 70° a 90° principalmente hacia el Sur (Figura 14). Las fracturas tensionales se observan tanto en el techo como en el piso de las fallas principales, pero las desarrolladas hacia el techo de las fallas suelen ser más importantes y abundantes.

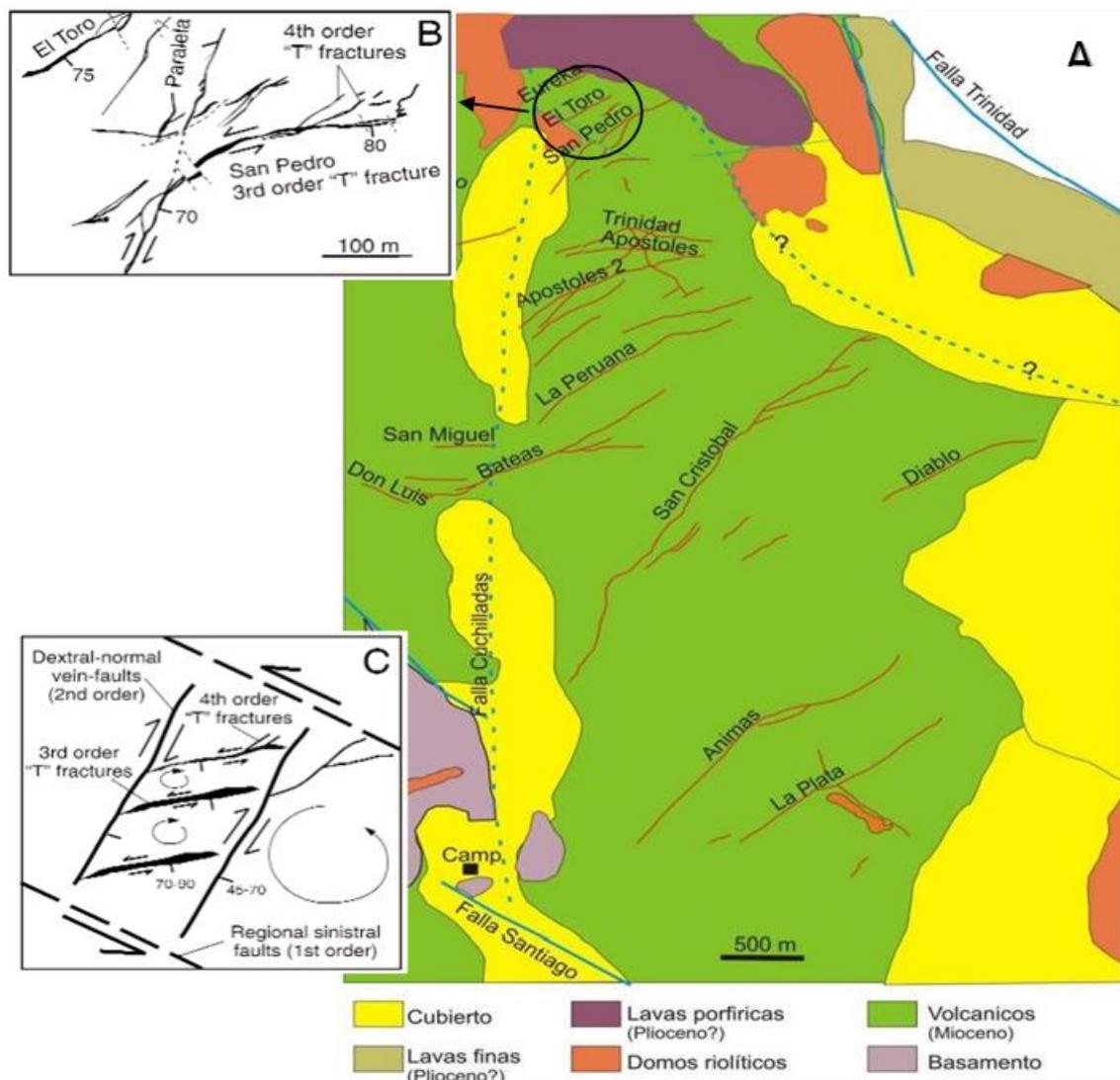


Figura 14. Modelo estructural del distrito minero de Caylloma.

A. Mapa de vetas. Las vetas están restringidas entre dos fallas de primer orden con rumbo noroeste (fallas de Trinidad y Santiago) con movimiento sinistral interpretado. **B.** Ampliación que muestra los detalles de la Sistema de vetas paralelas. **C.** Modelo estructural en el que las vetas están albergadas por fallas dextral-normales de segundo orden y fallas de tercer orden, fracturas de extensión (“T”) con buzamiento hacia el sur. La rotación del bloqueo dextral produjo un movimiento sinistral menor a lo largo de las fracturas de extensión de tercer orden y el desarrollo de fracturas de extensión de cuarto orden. Rotaciones de segundo y tercer orden se interpreta que los bloques se deben al deslizamiento de los bloques.

4.5 CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LA VETA ANIMAS NE

La mineralización reconocida de la veta Animas NE – Caylloma; ocurre como una alteración asociada a intrusión del tipo epitermal de la subclase denominada sulfuración intermedia (Hedenquist et al, 2000, Sillitoe y Echavarría – Informe Caylloma – 2003)

La mineralización, principalmente de plata y metales base, se encuentra hospedada en vetas. Está asociada a cuarzo y minerales de manganeso (rodocrosita y rodonita) y sulfuros polimetálicos que comprenden, en orden de abundancia: pirita - esfalerita - galena - tenantita. Las leyes de bonanza de las muestras están asociadas a la deposición significativa de tetrahedrita de forma local.

4.5.1 Mineralogía de la veta animas NE

La composición mineralógica de las estructuras mineralizadas que rellenan las fracturas abiertas constituye los minerales de mena y ganga que se ha observado macroscópicamente en los sondajes diamantinos.



4.5.1.1 Minerales de Mena

Son los minerales del que se pueden extraer elementos o metales, por contenerlo en cantidad suficiente para ser aprovechado (Figura 14).

Son minerales de valor económico asociados a los yacimientos y la explotación minera está supeditada a estos minerales útiles, Así, se dice que un mineral es mena de un metal cuando mediante minería es posible extraer ese mineral de un yacimiento; En la zona de estudio se ha podido determinar los siguientes minerales de mena:

- **Galena (PbS).**- La galena es un mineral del grupo de los sulfuros. Forma cristales cúbicos, octaédricos y cubo-octaédricos. Químicamente se trata de sulfuro de plomo aunque puede tener cantidades variables de impurezas. Así, su contenido en plata puede alcanzar valores considerables.

En el Área de Animas NE principalmente la galena se presenta de forma cristalizada en venillas y fragmentos, mayormente asociado a la esfalerita y niveles de concentración considerables de plata. Es considerado como mena principal de plomo en la zona de estudio.

- **Esfalerita (ZnS).** - Es un mineral compuesto por sulfuro de zinc. Su nombre deriva del alemán blenden, engañar, por su aspecto que se confunde con el de la galena. El nombre de esfalerita proviene del griego sphaleros, engañoso. Cristaliza en el sistema cúbico con exfoliación perfecta, dureza 3,5, con brillo resinoso, adamantino generalmente de color pardo oscuro.

En esta zona de Animas NE generalmente se encuentra la marmatita que es una variedad de la esfalerita, se presenta en masas compactas y en forma de parches, venillas y diseminada asociada con calcopirita diseminada. La variedad de la marmatita siempre tiene alto contenido de Fe, lo que le da la coloración oscura.

- **Tetraedrita ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$).** - Es el mineral más común de los sulfosales, conocido como sulfoantimoniuro de hierro y cobre; En la zona de Animas NE se encuentra asociada a galena, esfalerita y calcopirita y otros minerales de plata observándose en forma masiva compacta (sondaje ANIS027414).

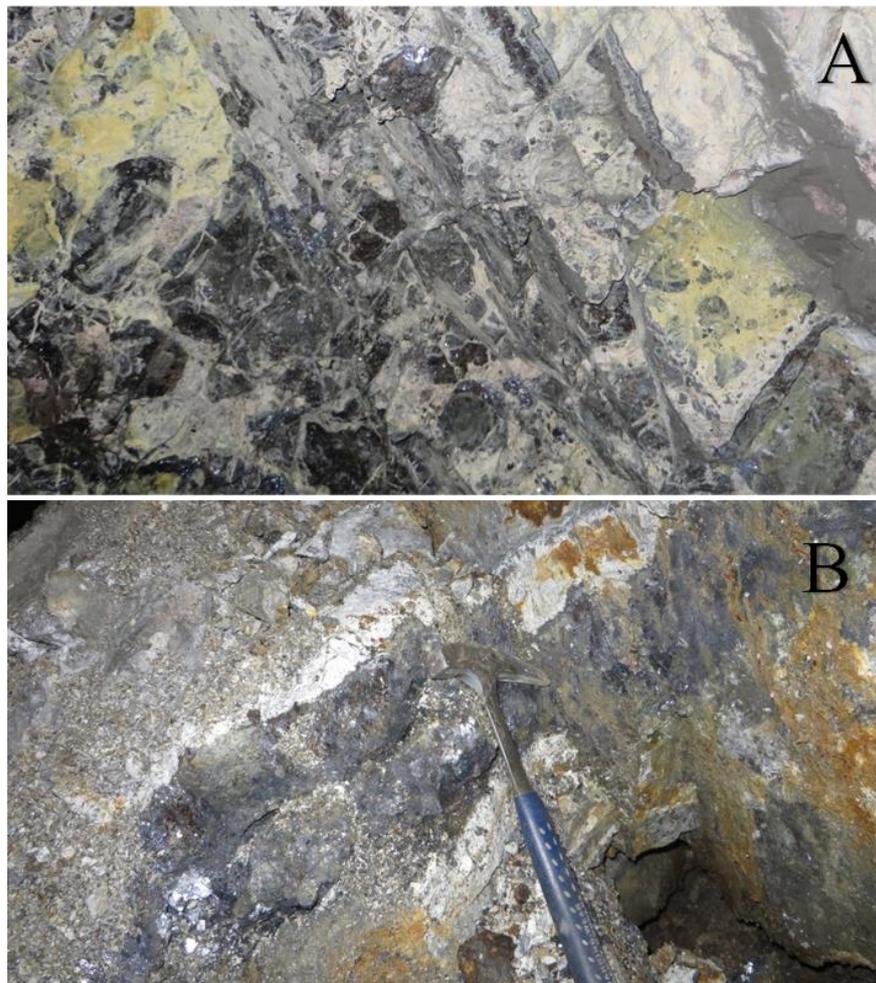


Figura 15. Minerales de Mena de la Veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2014).



A. Veta de textura brechada con esfalerita (variedad marmatita) en cristales grandes, fragmentados sub-angulosos, acompañado de pequeños cristales de galena, presencia de arcillas, carbonatos y sílice en la matriz.

B. Veta bandeada, en la parte central banda de galena con esporádicos cristales de esfalerita, hacia el techo y el piso, presencia de sílice, arcillas y pirita.

4.5.1.2 Minerales de Ganga

Los minerales de ganga o ganga son la parte de la mena que por carecer de valor económico o ser demasiado costoso su aprovechamiento, se descarta al obtener un concentrado de minerales de mena, (Figura 16).

- **Rodonita $Mn(SiO_3)$.** - La rodonita se presenta en cristales diminutos, anhedrales, formando masas amorfas. Algunas veces en los bordes de estas masas amorfas es posible apreciar diminutos cristales tabulares.
- **Rodocrosita ($MnCO_3$).** - Carbonato de manganeso, que a veces contiene algo de hierro, magnesio, calcio, zinc; ocurre como agregados dispuestos en superficies curvas y rellenando intersticios en venas de cuarzo. Asociado a sulfuros de plomo, se puede observar en algunos sondajes.
- **Cuarzo (SiO_2).** - Es un mineral de mayor abundancia y de origen hidrotermal que se observa con textura en forma de bandas. Su dureza es 7, fractura concoidal y cristaliza en el sistema hexagonal con una composición química consistente en SiO_2 , Se encuentra como relleno en las vetas, cuerpos y en forma masiva de color



blanco lechoso a hialino fracturado y brechado, puntualmente se halla cristalizado.

- **Pirita (FeS_2).** - Es un mineral de hierro que generalmente va asociado al cuarzo y calcopirita de sistema de cristalización regular. Se distingue de la calcopirita por su dureza y color más pálido y por la forma de los cristales que presenta, también se diferencia por su fractura concoide, cristaliza en el sistema cubico y tiene un color amarillo latón con huella color verdosa a pardo negra; se exhibe como cristales subhedrales de hábitos cúbicos y formas irregulares con tamaños menores a 0.3 milímetros; ocurren como inclusiones en los cristales de clinopiroxenos. Se encuentra como relictos en esfalerita y reemplazada por galena.
- **Calcita (CaCO_3).** - Es un mineral más común en la superficie, es esencial en las rocas calcáreas y es efervescente frente al ácido clorhídrico. Es posible también que exista calcita masiva en las partes inferiores de origen hidrotermal y como control en la mineralización. Se observan diminutos cristales de calcita rellenando microfracturas e intersticios.
- **Alabandita (MnS).** - Especie mineral perteneciente a la clase de los sulfuros, de color variable en tonalidades oscuras (negro, gris acero, pardo verdoso), es opaco, con brillo metálico en fracturas frescas que adoptan progresivamente un lustro mate y raya verde negruzca.

Presencia de alabandita que se muestra como cristales anhedrales con formas irregulares y como parches de tamaños milimétricos. Se manifiesta rellenando cavidades.

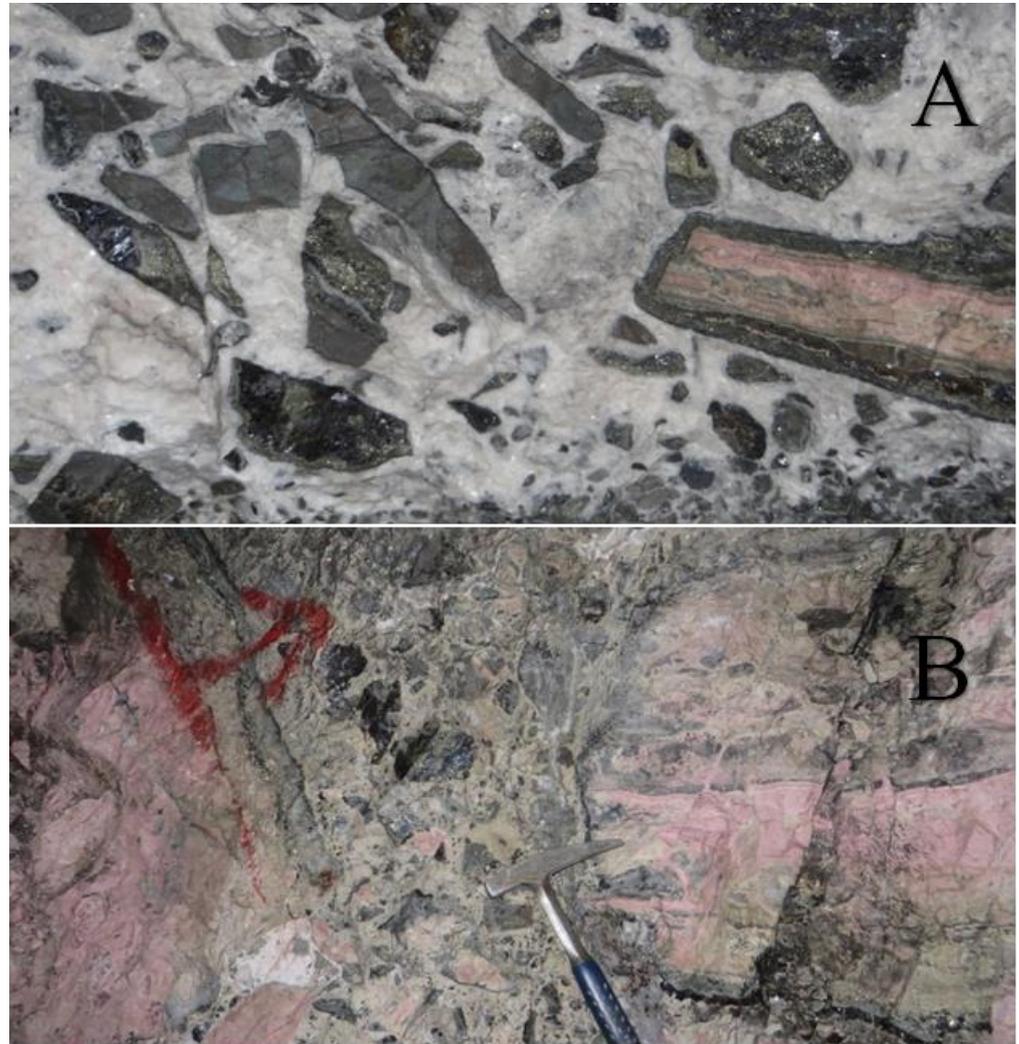


Figura 16. Minerales de Ganga de la Veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2014)

A. Veta de textura brechada con clastos angulosos de pirita-esfalerita (variedad marmatita), rodocrosita-esfalerita, en matriz de sílice y carbonatos. **B.** Veta bandeada y brechada, en la parte central brecha con clastos sub-angulosos de esfalerita-galena-pirita en matriz de sílice-carbonatos, veta bandeada de rodocrosita.

4.6 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Los flujos de lavas andesíticas y las rocas volcano-sedimentarias presentes en la zona de Animas NE; de Caylloma presentan distinto grado de alteración hidrotermal. En general, la alteración está más ampliamente distribuida dentro de los flujos de lava, y sólo muestra halos de alteración débiles y restringidos dentro de las rocas volcano clásticas

El reconocimiento mediante los sondajes diamantinos de campo, el análisis mineralógico permitió reconocer zonas y tipos de alteración hidrotermal: silicificación, cuarzo-illita, cuarzo adularia y propilítica. Su distribución está, en la mayoría de los casos, vinculada espacialmente a la veta y en otras alejadas de ella.

- **Silicificación.** - Está espacialmente asociada a la veta, suele estar acompañando al relleno silíceo como una delgada banda paralela de hasta 2 centímetros en ocasiones con influencia a 1 metro de espesor; donde está íntimamente relacionado a los flujos de sílice que han reemplazado parcial a total las características o textura primaria de la roca encajonante.
- **Alteración cuarzo-illita.** - En general se dispone en la roca encajonante inmediata a las veta, desde algunos centímetros hasta unos 5 metros del contacto, aunque también se ha reconocido asociada a fallas no mineralizadas pero que habrían intervenido en la circulación de fluidos; En general se presenta de forma más intensa en la zona inmediata a las estructura, está acompañada de piritización en zonas con desarrollo del cubo como forma principal y tamaños de 1 milímetro a 2 milímetros de lado; puntualmente suelen estar reemplazados por jarosita o limonitas producto de alteración meteórica.
- **Alteración propilítica (clorita - calcita - sericita - piritita).** - La alteración propilítica se manifiesta principalmente en dos de las unidades volcánicas



reconocidas; la lava y tufos andesíticos. En el primer caso se presenta como una moderada cloritización de los minerales máficos y carbonatización de las plagioclasas en tramos puntuales. En algunas ocasiones la roca puede estar cortada por venillas rellenas de carbonatos.

- **Alteración supergénica.** - En la zona de Animas NE presenta alteración de origen supergénico, constituida por una asociación de caolinita (puntualmente), óxidos e hidróxidos de hierro y presencia de jarosita, se sobre impone de forma leve a la alteración hidrotermal que alcanza en algunos sectores profundidades de hasta 50 metros.

4.6.1 Minerales de alteración

- **Epidota $\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$.** - Es un mineral sorosilicatado de calcio, aluminio y hierro, cristaliza en el sistema monoclinico, posee cristales bien formados con cierta frecuencia, comúnmente con un hábito prismático se halla de formas columnares e irregulares con tamaños por debajo de 0.6 milímetros; reemplaza a los fenocristales de plagioclasas y rellena moldes de ferromagnesianos acompañada por carbonatos (5%) y cloritas
- **Clorita.** - Clorita es el nombre genérico de unos aluminosilicatos, del grupo de los filosilicatos, en algunos de los cuales predomina el hierro, mientras que en otros es más importante la proporción de manganeso y de otros metales.

El término clorita procede del griego cloros, que significa verde, en alusión al color predominante en todos los minerales de este grupo.



Son minerales de origen metamórfico que cristalizan en el sistema monoclinico y que se encuentran en forma de láminas flexibles de color verde. Se forman por transformación y alteración de la augita, la biotita y la hornblenda.

- **Jarosita.** - Se encuentran como pequeños granos irregulares, los cuales ocurren como finas diseminaciones en la matriz y fragmentos de roca; también como agregados terrosos que tiñen a los carbonatos, se presentan impregnando a carbonatos, alterando incipientemente minerales opacos y escasos moldes de cristales, así también rellenando finas venillas.
- **Los óxidos de manganeso (psilomelano, todorokita y manganita).** - Se muestran como agregados microcristalinos, terrosos y pulverulentos; rellenando cavidades, fracturas; también ocurren constituyendo gran parte como venillas que atraviesan a la matriz.

4.7 CARACTERIZACION GEOQUIMICA DE LA VETA ANIMAS NE

Con los resultados geoquímicos de los 19 sondajes perforados en la veta Animas NE se realizó una caracterización del comportamiento geoquímico y correlaciones de Au-Ag-Pb-Zn-Cu en la veta, por lo que se nota un bajo tenor de leyes de plata-oro y un tenor de leyes de metales base (plomo-zinc) que se mantiene constante con zonas de enriquecimiento al noreste y en profundidad. Por los que se puede decir que la zona de la veta Animas NE sufrió un periodo de erosión y en la actualidad la explotación está en la base de la zona plata-oro y entrando a la zona de metales base plomo-zinc (Buchanan, 1980; Albinson et al., 2001).

También se evidencia la correspondencia entre el análisis geoquímico y la paragénesis, describiendo los pulsos de mineral y diferenciándolos por enriquecimiento

de metales Au-Ag-Pb-Zn-Cu, teniendo un evento para el plomo y dos eventos para el oro, plata, plomo, zinc y cobre. Lo cual se demuestra mediante los siguientes análisis:

4.7.1 Histogramas y curva de probabilidad

Se aprecia el comportamiento de distribución de cada elemento mediante el análisis de los histogramas y curva de probabilidades:

El análisis de los histogramas muestra que el Au, Ag, Zn y Cu presentan dos familias que corresponderían al estadio 2, subestación B de la paragénesis de la veta Animas NE, en el cual se evidencia dos eventos de depositación para estos elementos a diferencia del Pb que solo presenta un evento y también se evidencia este comportamiento en su histograma.

Las curvas de probabilidad muestran quiebres/saltos para el Au, Ag, Zn y Cu en correspondencia a lo indicado en los histogramas, pero la curva de probabilidad del Pb que se presenta de forma continua evidenciaría un solo evento de depositación para el Pb, esto corresponde al mismo estadio y subestación de la paragénesis (Figura 17).

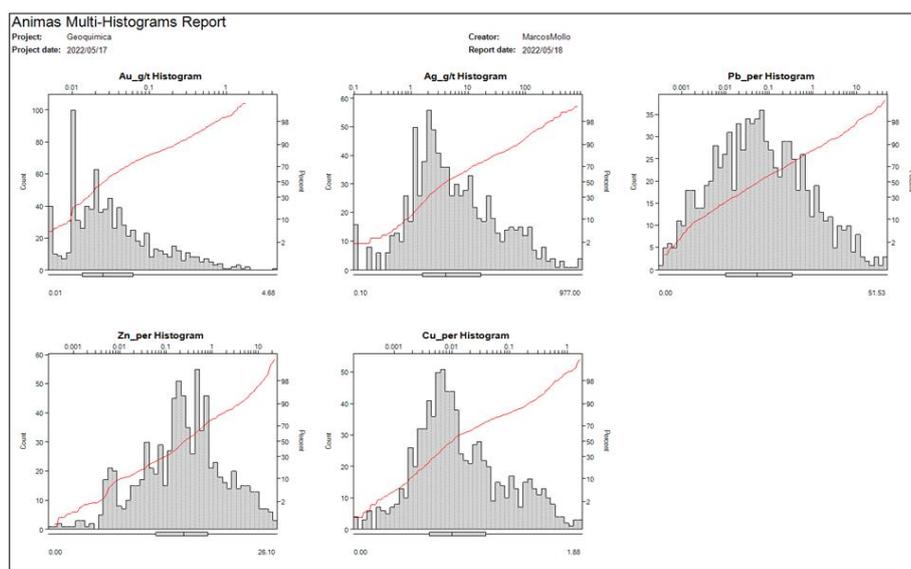


Figura 17. Multi-Histogramas con curva de probabilidad para el Au, Ag, Pb, Zn, y Cu. Mostrando el comportamiento geoquímico de estos elementos en la veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2022)



4.7.2 Correlación de pearson

En base a los resultados geoquímicos obtenidos de los 19 taladros perforados en la veta Animas NE, se hace una correlación de Pearson, donde el coeficiente de correlación puede tomar un rango de valores de +1 a -1. Un valor de 0 indica que no hay asociación entre dos elementos. Un valor mayor que 0 indica una asociación positiva. Es decir, a medida que aumenta el valor de un elemento, también lo hace el valor del otro. Un valor menor que 0 indica una asociación negativa; es decir, a medida que aumenta el valor de un elemento, el valor del otro disminuye.

El cuadro de correlación de Pearson muestra fuertes correlaciones con coeficientes de 0.83 entre la Ag – Pb y 0.72 entre el Zn - Cu, que indicaría que estos elementos tienen presencia directamente proporcional en la veta Animas NE, también el Cu con la Ag, Pb tienen correlaciones medias de 0.60 y 0.50 respectivamente, que indican que tendrían moderada presencia directamente proporcional en la veta Animas NE, pero las correlaciones serían bajas para las demás asociaciones (Figura 18).

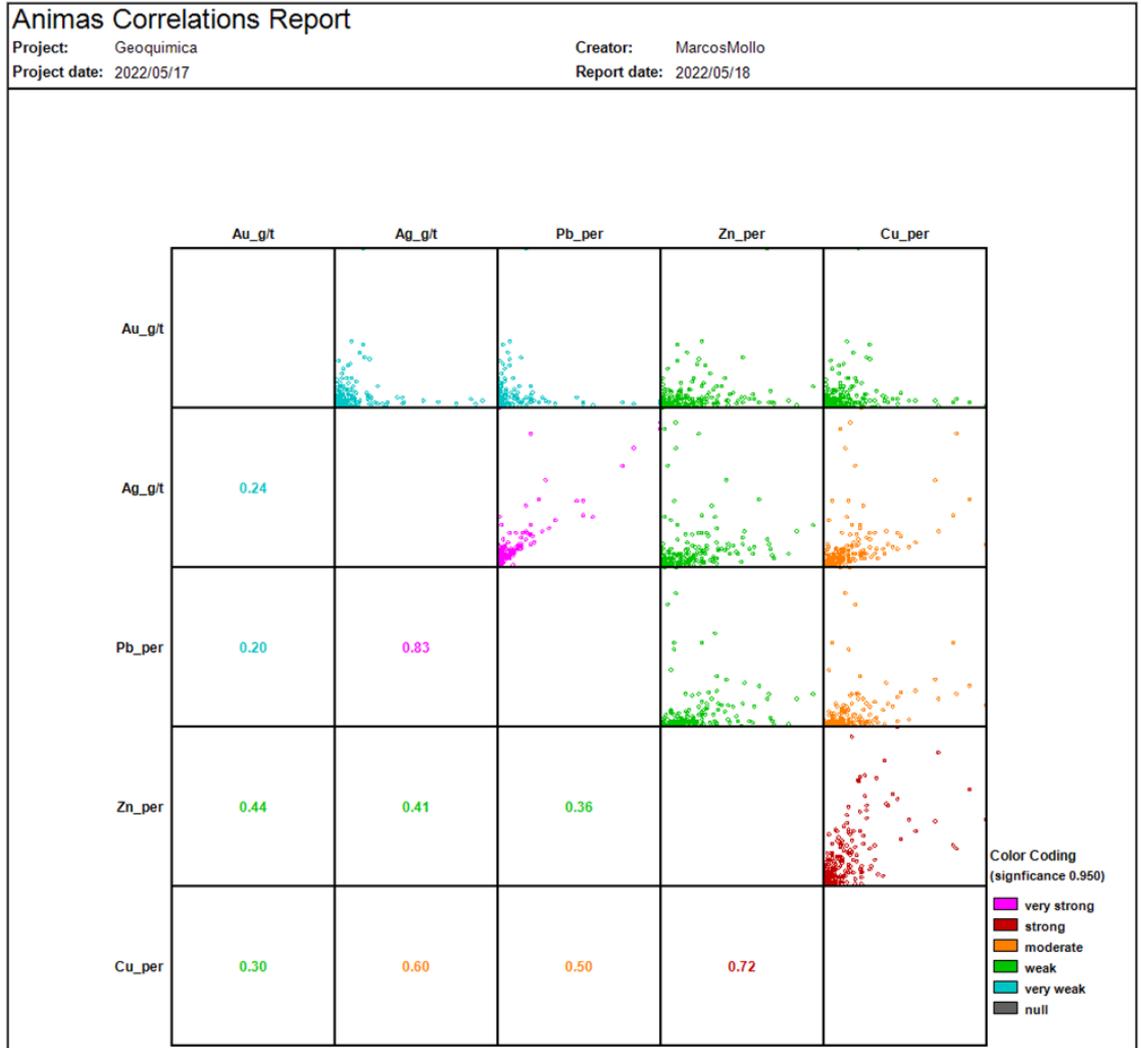


Figura 18. Correlación de Pearson de Au-Ag-Pb-Zn-Cu en la veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2022)



CAPÍTULO V

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

5.1 TIPO DE YACIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO - ANIMAS NE

La veta Animas NE del distrito minero de Caylloma, presenta características de un depósito típico epitermal de baja sulfuración de acuerdo con la clasificación de Corbett (2002) habiéndose formado en una temperatura relativamente baja, el medio ambiente de la corteza superficial (Figura 19). La veta epitermal Animas NE del distrito minero de Caylloma se caracteriza por presentar minerales como pirita, esfalerita, galena, calcopirita, marcasita, estibina y sulfosales de plata (tetraedrita, polibasita, pirargirita, estefanita, miargirita y bournonita). Estos van acompañados de minerales de ganga como el cuarzo, la rodonita, rodocrosita, johansenita (Mn-piroxeno) y calcita.

Las características descritas anteriormente han dado lugar a que las vetas del yacimiento de Caylloma para ser clasificadas como pertenecientes al grupo epitermal de metales preciosos en cuarzo, adularia. Se caracterizan por sulfosales de Ag y sulfuros de metales base en una ganga de cuarzo - rodonita - rodocrosita en bandas con bandas de carbonatos, (Echavarría et al., 2006).

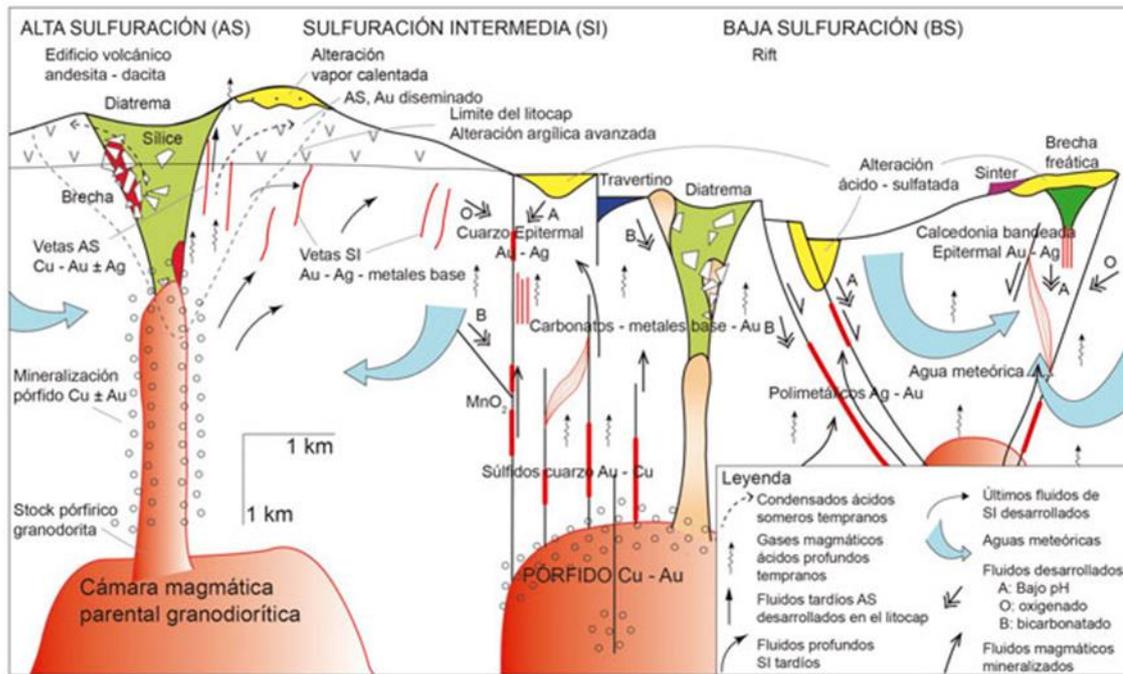


Figura 19. Ambientes tectónicos asociados a cuerpos magmáticos: pórfido y epitermales de alta, intermedia y baja sulfuración. (Fuente: Corbett 2008, Magdalena, 2014).

5.2 PARAGÉNESIS DE LA ZONA DE ESTUDIO – ANIMAS NE

La mineralización del distrito Caylloma es compleja y multi-episódica. En general, hay una correspondencia: a mayor complejidad y mayor número de estadios de mineralización más rico es el clavo. Como ya se ha mencionado, los estadios de mineralización muestran texturas típicas de relleno de espacios abiertos como zona de falla-brechamiento.

La textura de brecha de la veta Animas NE, la mineralogía, los niveles de alteración y el desarrollo de la geología estructural sugieren que la mineralización fue provocada por un movimiento sísmico (Sibson et al., 1975; Crider y Peacock, 2004; Kreuze et al., 2004); Esta conclusión indicaría que los fluidos con sobrepresión comenzaron a romper la roca huésped y en una brecha crujiente evolucionó, debido a la dilatación, a una brecha dominante de clastos que se llenó con la mineralización y creó la brecha in situ (Mort y Woodcock, 2008; Kreuze et al. 2004 y Ostapenko y Neroda, 2007).



Según Kreuze et al., (2004) y Ostapenko y Neroda, (2007) esta brecha hidráulica / tectónica inducida por el movimiento sísmico podría promover una serie de cambios en los fluidos hidrotermales, tales como mezcla, liberación de presión, ebullición de gases, disminución de temperatura, aumento de pH, sobresaturación de componentes disueltos y nucleación en fase sólida. La inestabilidad de los fluidos hidrotermales promovió la deposición mineral que selló las grietas, evidentes como texturas de brecha y escarapela y potencialmente iniciando un ciclo (Sibson et al., 1988). La repetición del ciclo probable está representada por las brechas de la veta Animas NE.

La paragénesis de la veta Animas NE se define sobre la base de características macroscópicas y microscópicas. Los rasgos macroscópicos son los visibles en muestras manuales de afloramientos, subterráneos y núcleos y consisten en brechas, escarapelas y texturas coloformes y relaciones transversales. Las relaciones paragenéticas minerales de las fases de mineral y ganga se determinaron por métodos petrográficos realizados por anteriores estudios e investigaciones realizados por Minera Bateas.

La secuencia paragenética de mineralización se muestra en la figura 20; debidamente explicada.

Las etapas de mineralización y brechas se indican en la parte superior horizontal del diagrama. Los diamantes horizontales, las líneas continuas y discontinuas representan el volumen de mineralización en cada etapa, respectivamente. Las líneas verticales en zigzag se corresponden con las etapas de brechas y las líneas discontinuas verticales representan la subdivisión de composición para la Etapa de Mineralización 2. Los minerales de carbonato presentan diferentes composiciones que varían principalmente con respecto al contenido de Ca y Mn y por eso agrupamos esas fases simplemente como “carbonatos”. Los principales minerales de la Etapa 1 son la rodonita y el cuarzo. Las

etapas de mineralización 2 se subdividen en 3 subestaciones de composición: 2A con rodonita y carbonatos como fases principales; 2B corresponde a la etapa de mena con galena, esfalerita, pirita, calcopirita y tetraedrita y enargita menores; y 2C tiene cuarzo, pirita y carbonatos como principales minerales. La etapa de mineralización 3 tiene rodonita, carbonatos y pirita como los principales minerales y finalmente; la etapa de mineralización 4 comprende carbonatos y cuarzo como los principales minerales.

(Hedenquist et al, 2000, Sillitoe y Echavarría – Informe Caylloma – 2003).

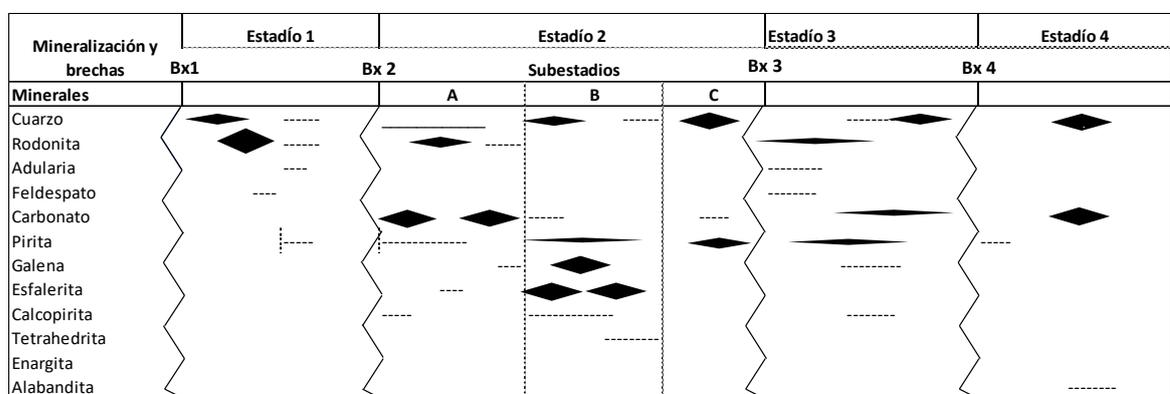


Figura 20. Diagrama de secuencia paragenética de la veta Animas NE. (Fuente: Hedenquist et al, 2000, Sillitoe y Echavarría – Informe Caylloma – 2003)

5.3 ZONEAMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO VETA ANIMAS NE

La zonificación vertical de mineral en depósitos epitermales es bien conocida con la transición de Ag-Au a Ag-Au-Pb-Zn, y finalmente a Pb-Zn-Cu-Ag de arriba a abajo, respectivamente (Buchanan, 1980; Albinson et al., 2001.).

Los resultados de los sondeos en el área de investigación indicarían la zonificación horizontal y vertical en la que los metales básicos, aumentan en abundancia hacia el noreste, en profundidad y zona central (leyes de 4 - 6% de Pb y de 6 -12% de Zn); al suroeste y en ascendente estos elementos presentan ligera disminución.

Respecto a valores de Ag; de la parte central hacia el noreste existe un comportamiento favorable con valores que van de 80g/t hasta 200g/t; en profundidad



podemos indicar que hay disminución de valores (40 – 120 gr/t); De la parte central al suroeste y en ascendente podemos indicar que los valores de Ag presentan un comportamiento desfavorable (ley de Ag de 20 – 60 gr/t).

Para mejor comprensión ver sección longitudinal de isovalores de plata, plomo y zinc. (Figura 21, 22 y 23).

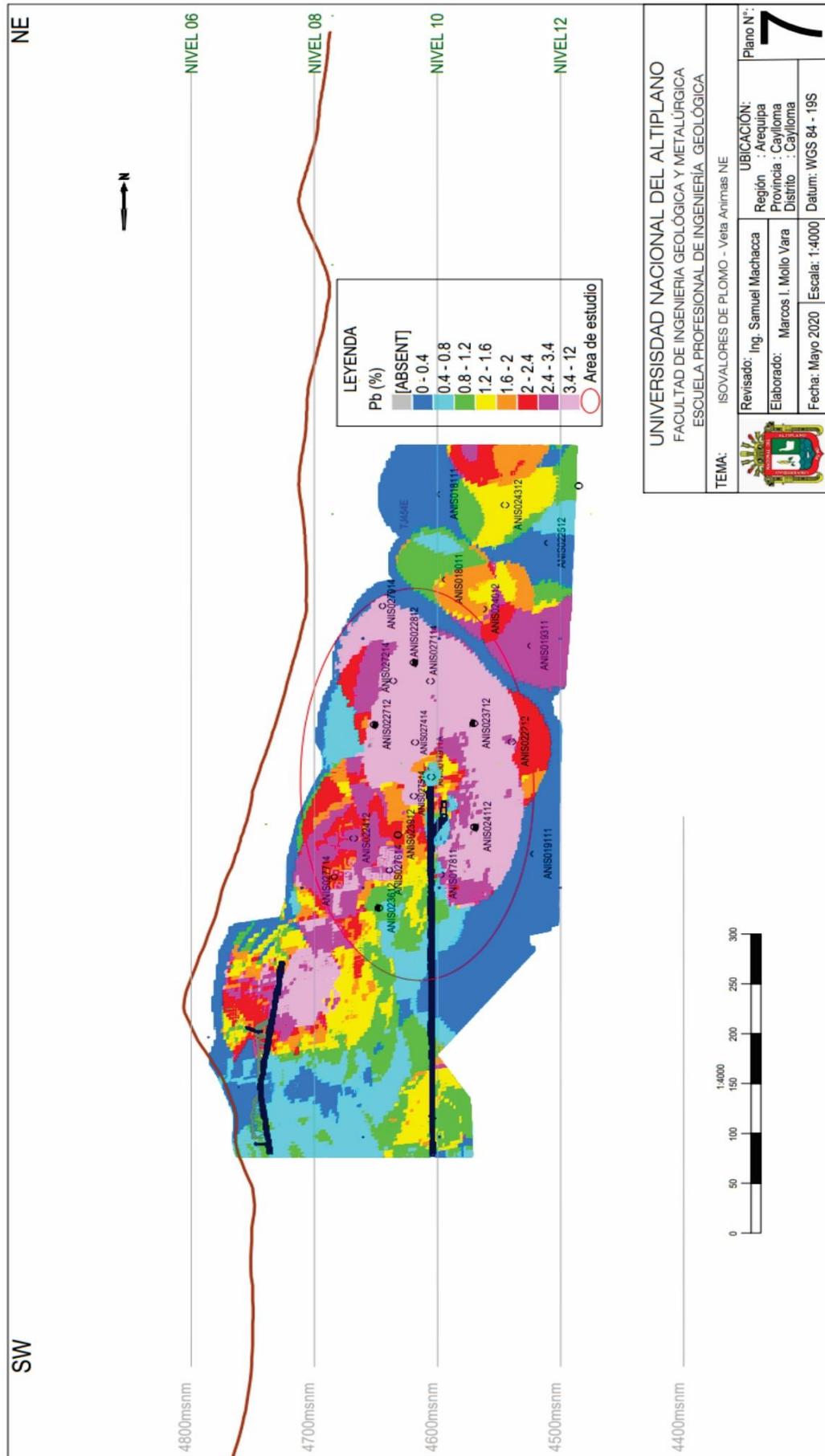


Figura 22. Mapa – Sección Longitudinal de isovalores de Plomo. (Fuente: Elaboración propia, 2020)

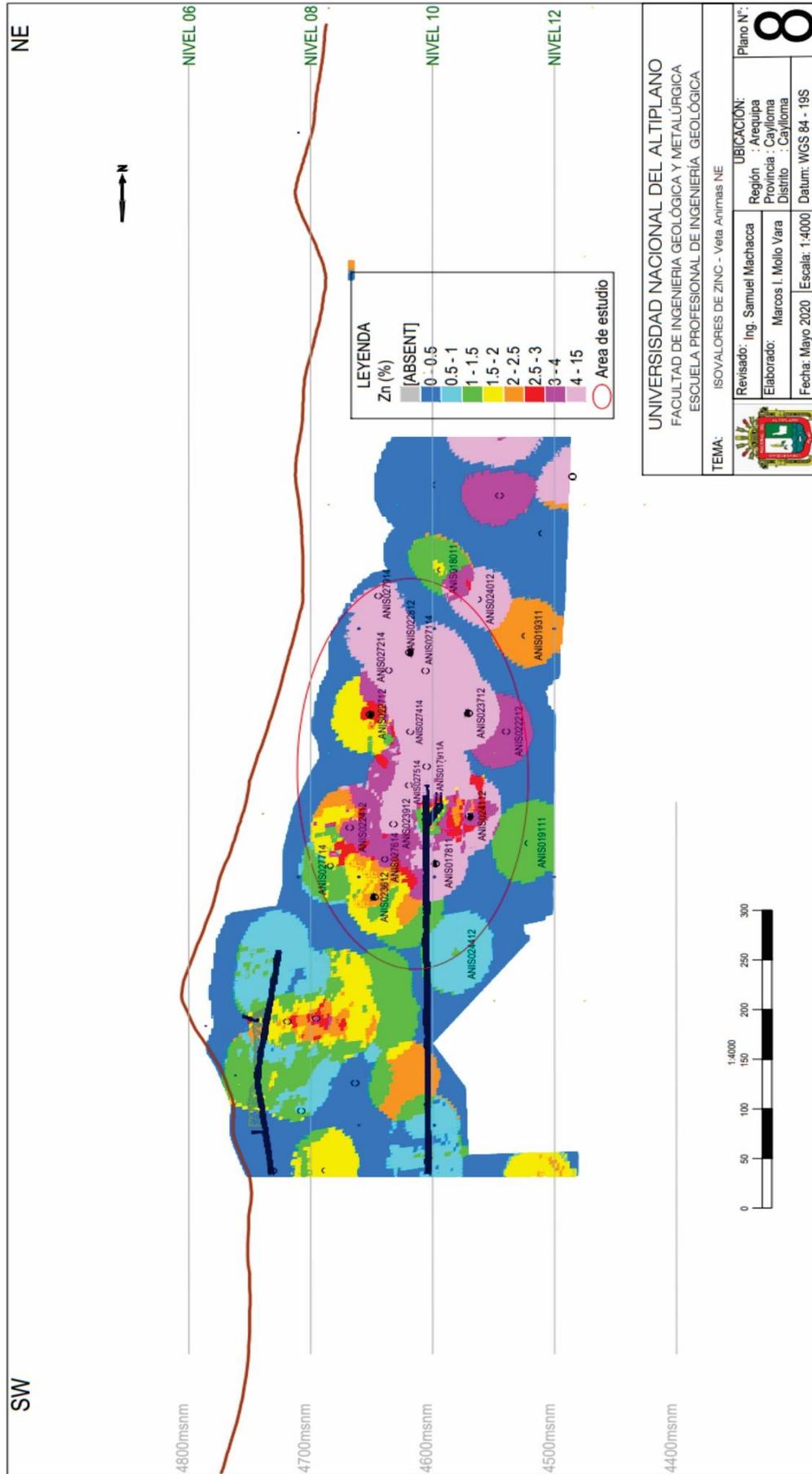


Figura 23. Mapa – Sección Longitudinal de isovalores de Zinc. (Fuente: Elaboración propia 2020)

5.4 POTENCIAL DEL AREA PERFORADA DE VETA ANIMAS NE

La ejecución del programa de perforación diamantina sobre veta Animas NE; nos ha permitido obtener el siguiente resultado:

En total se realizaron 19 sondajes diamantinos totalizando 3876.15 metros lineales, con un promedio de recuperación de 95.0%. Los procedimientos de manejo de los núcleos, registro geológico, muestreo, análisis de laboratorio y reporte QA/QC, se ajustan al manual de procedimientos y protocolo de Minera Bateas – departamento de geología.

Tabla 5.

Resumen de datos de perforación diamantina de veta la Animas NE

Sondaje	Coordenadas UTM		Cota msnm	Azimut	Inclinación	Profundidad m	Muestras **
	Este	Norte					
ANIS017811	195,195.62	8,318,465.13	4,734.25	313.96	-53.98	235.50	78
ANIS017911A	195,268.00	8,318,504.50	4,725.31	323.00	-44.30	204.90	91
ANIS022212	195,276.67	8,318,501.97	4,723.30	341.81	-63.96	232.90	31
ANIS022412	195,117.54	8,318,512.34	4,757.07	359.07	-44.18	170.00	62
ANIS022712	195,260.33	8,318,623.22	4,755.56	316.73	-49.14	247.50	72
ANIS022812	195,280.89	8,318,683.56	4,727.22	313.11	-86.00	168.85	77
ANIS023612	195,124.77	8,318,490.85	4,756.96	313.86	-63.52	158.00	56
ANIS023712	195,315.25	8,318,548.29	4,730.11	316.74	-54.53	220.00	66
ANIS023912	195,177.54	8,318,539.02	4,750.99	317.54	-62.00	172.20	48
ANIS024112	195,178.03	8,318,538.50	4,751.02	332.92	-85.54	208.30	47
ANIS027114	195,291.53	8,318,518.79	4,725.60	348.43	-42.78	224.40	50
ANIS027214	195,291.16	8,318,519.65	4,725.73	343.33	-27.49	227.00	32
ANIS027314	195,291.22	8,318,518.82	4,725.64	336.26	-37.20	218.80	36
ANIS027414	195,291.10	8,318,518.73	4,725.59	322.17	-35.31	212.30	28
ANIS027514	195,253.65	8,318,509.07	4,726.11	319.29	-39.09	184.00	39
ANIS027614	195,190.63	8,318,468.31	4,734.96	315.23	-39.95	173.50	32
ANIS027714	195,190.39	8,318,468.52	4,735.24	315.00	-20.52	187.70	25
ANIS027814	195,190.57	8,318,467.74	4,734.66	290.71	-45.35	176.30	33
ANIS027914	195,308.01	8,318,516.96	4,724.61	347.14	-20.29	254.00	43
** Muestras enviadas a Laboratorios ALS Chemex							

(Fuente: Elaboración propia, 2014)

La veta Animas NE, constituye la estructura mineralizada principal de Minera Bateas, genera el 85% de los recursos que se beneficia metalúrgicamente, su mineralización es eminentemente polimetálica (plomo y zinc), con aportes importantes de plata.

El objetivo principal de los sondeos diamantinos es para definir la continuidad de zonas de mineralización en profundidad; el intercepto de los sondeos muestran resultados muy interesantes para la compañía; los cuales se muestran en la tabla 6.

Tabla 6.

Datos geológicos de los interceptos de los sondeos con valores de plata, plomo y zinc.

HOLE_ID	Potencia(m)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Pb(%)	Zn(%)	Cu(%)	Vpto (\$/t)
ANIS017811	2.60	0.62	32	0.75	5.45	0.17	115
ANIS017911A	9.41	0.12	37	0.99	5.03	0.21	105
ANIS022212	2.27	0.05	67	2.29	3.75	0.65	121
ANIS022412	5.50	0.49	78	3.20	3.68	0.20	147
ANIS022712	0.60	0.12	27	1.13	3.10	0.05	75
ANIS022812	0.51	0.18	251	8.61	12.95	1.12	436
ANIS023612	3.10	0.26	23	0.92	2.14	0.06	60
ANIS023712	4.50	0.13	128	6.81	10.50	0.50	294
ANIS023912	3.98	0.78	99	2.15	4.31	0.27	159
ANIS024112	9.28	0.13	160	5.44	3.61	0.49	214
ANIS027114	2.45	0.26	163	3.96	4.04	0.21	190
ANIS027214	0.85	0.23	101	5.71	6.80	0.15	219
ANIS027314	3.02	0.17	56	3.49	5.99	0.13	155
ANIS027414	10.14	0.20	394	23.21	4.06	0.26	623
ANIS027514	8.59	0.36	88	4.21	6.16	0.22	195
ANIS027614	1.28	0.45	59	2.82	3.10	0.12	122
ANIS027714	4.27	0.36	55	2.83	1.88	0.29	102
ANIS027814	0.97	0.22	95	1.23	1.38	0.18	93
ANIS027914	0.94	1.53	88	4.00	7.04	0.22	222

(Fuente: Elaboración propia, 2014)

Tabla 7.

Potencial de recursos minerales inferidos ganados con el programa de perforación diamantina en la veta Animas NE.

Recurso	Tonelada	Pot(m)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Pb(%)	Zn(%)	Cu(%)	Vpto (\$/t)
Inferido	334,850.81	3.91	0.29	129	6.05	4.65	0.29	226

(Fuente: Departamento de geología-Minera Bateas, 2014)

5.5 DEFINICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE MINERALIZACIÓN DE VETA ANIMAS NE

La definición de profundidad de la mineralización se realizó mediante análisis geoquímico de muestras de cores de perforación diamantina y la interpretación geológica de sondajes. De acuerdo con los resultados y la interpretación podemos indicar que hay continuidad de la mineralización en profundidad vertical hasta los 210m aproximadamente por debajo de la corteza (ver sección del sondaje ANIS022212) con leyes de Ag 67g/t; Pb 2.29% y Zn 3.75%; así mismo debemos indicar la continuidad de la mineralización tanto al noreste como suroeste con disminución en la potencia de la zona mineralizada (ver secciones ANIS022812 Y ANIS023612). (Figura 25 y 28)

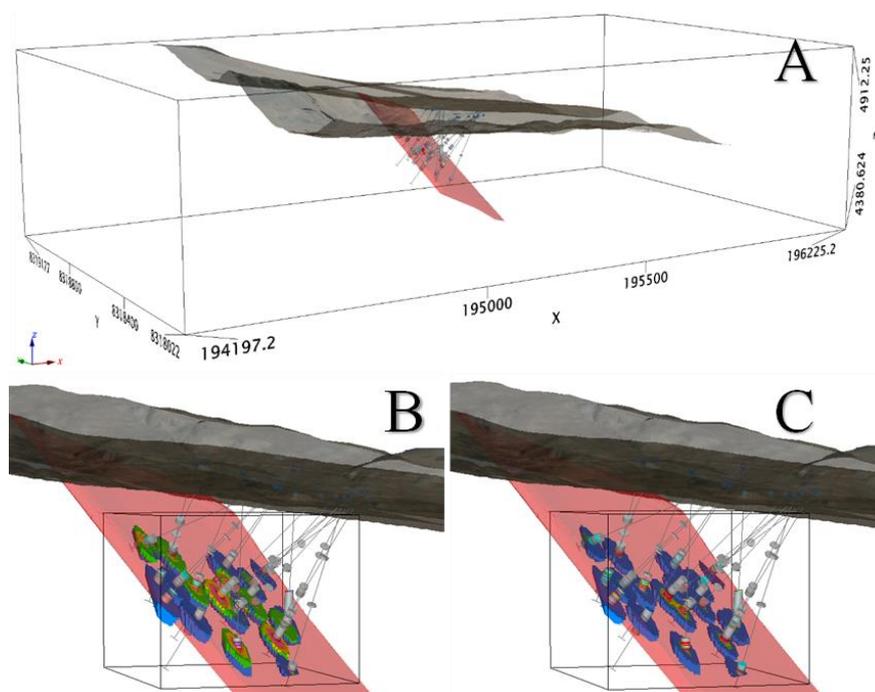


Figura 24. Vistas isométricas 3D de la Veta Animas NE. (Fuente: Elaboración propia, 2020)



A. Modelo 3D de la veta Animas NE y los 19 sondeos DDH. B. Modelo de bloque de la veta Animas NE de Plomo. C. Modelo de bloque de la veta Animas NE de Zinc.

5.6 DESCRIPCIÓN GEOLOGICA DE SONDAJES DIAMANTINOS

A continuación, se describen las características geológicas de los sondeos más representativos en forma resumida.

- **Sondeo ANIS022812**

0.00-76.60m. Lava andesítica de textura porfírica con plagioclasa <de 2mm en matriz afanítica, de tonalidad verde claro; las plagioclasas están reemplazadas por epidotas, con esporádicas venillas de calcita; presencia de falla-brecha local relleno de panizo y fragmentos subangulosos de andesita.

Tramo con Alteración propilítica moderada; presencia de clorita en la matriz; calcita en trazas, pirita de grano medio < 2%, epidota reemplazando a plagioclasas 5%.

76.60–91.10m. Roca volcano-sedimentaria (Tufo) de grano grueso de tamaño homogéneo < 2 milímetros de tonalidad verde claro, compuesta por minerales ferromagnesianos, plagioclasas y pequeñas cantidades de carbonatos. Falla con relleno de panizo y clastos de lava afanítica.

Alteración propilítica moderada y argílica débil; presencia esporádica de clorita, pirita cúbica de grano medio, calcita en la matriz.

91.10–110.80m. Andesita gris verdosa textura afanítica compuesto por minerales ferromagnesianos, plagioclasas alterados a clorita que le da cierta tonalidad verdosa, tramo con zona de falla locales y fracturamiento con relleno de panizo.

Alteración propilítica y silicificación moderada principalmente por la proximidad a la estructura mineralizada.



110.80–138.75m. Veta de cuarzo, rodonita, textura brechada y en partes bandeado, se observa presencia de sulfuros de plomo, zinc en parches esporádicos y trazas de pirita.

138.75-152.00m. Veta de rodonita, cuarzo y calcita; textura brechada en zonas coloforme, presenta venillas, parches y diseminado de sulfuros principalmente galena, esfalerita y pirita; con esporádicas venillas de sílice gris.; El tramo mineralizado se presenta desde los 144.10m hasta 144.90m(0.70m); con presencia de sulfuros de plomo y zinc principalmente.

152.00–168.85m. Estructura mineralizada de cuarzo, rodonita de apariencia brechada venillas y parches de sulfuros básicos; galena, esfalerita y pirita. con fragmentos cuarzo blanco, rodonita con bordes de sulfuros en parches.

Tabla 8.

Leyes geológicas del sondaje ANIS022812, identificándose el intervalo de profundidad (144.10m hasta 144.80m) de la estructura mineralizada de Animas NE; potencia de 0.51m (Figura 25).

ANCHO REAL Y LEYES ANIS 022812											
hola_id	MUESTRA	Desde(m)	Hasta (m)	Intervalo (m)	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Vpto \$/T	ID_VEIN
ANIS 022812	327325	110.10	110.80	0.70	0.02	4.30	0.10	0.15	0.01	6.20	
ANIS 022812	327326	110.80	111.15	0.35	0.65	117.00	6.83	9.71	0.23	302.86	
ANIS 022812	327327	111.15	111.70	0.55	0.24	22.90	1.04	2.09	0.04	60.14	ANIMAS-NE_R
ANIS 022812	327328	111.70	112.10	0.40	0.88	99.30	4.75	10.30	0.28	277.96	
ANIS 022812	327329	112.10	112.60	0.50	0.06	11.20	0.39	0.64	0.04	21.40	
ANIS 022812	327331	112.60	113.20	0.60	0.03	1.90	0.03	0.14	0.01	3.80	
ANIS 022812	327332	113.20	113.90	0.70	0.02	2.60	0.04	0.07	0.01	3.27	
ANIS 022812	327333	113.90	114.60	0.70	0.04	3.20	0.09	0.12	0.01	5.42	
ANIS 022812	327353	125.05	125.55	0.50	0.05	3.10	0.02	0.10	0.01	4.38	
ANIS 022812	327354	125.55	126.35	0.80	0.08	11.80	0.53	0.71	0.02	25.09	
ANIS 022812	327355	126.35	127.05	0.70	0.03	2.80	0.08	0.30	0.01	7.25	
ANIS 022812	327356	127.05	127.85	0.80	0.05	4.00	0.07	0.28	0.01	8.00	
ANIS 022812	327357	127.85	128.85	1.00	0.03	3.20	0.05	0.19	0.01	5.60	
ANIS 022812	327373	138.75	139.20	0.45	0.51	27.10	0.99	1.74	0.14	62.77	
ANIS 022812	327375	139.20	139.90	0.70	0.07	11.40	0.60	0.68	0.03	25.17	
ANIS 022812	327376	139.90	140.70	0.80	0.03	3.10	0.10	0.18	0.01	6.32	
ANIS 022812	327377	140.70	141.20	0.50	0.07	3.10	0.04	0.10	0.01	4.96	
ANIS 022812	327378	141.20	141.90	0.70	0.04	3.50	0.04	0.07	0.01	4.39	
ANIS 022812	327379	141.90	142.20	0.30	0.05	4.20	0.10	0.04	0.01	5.14	
ANIS 022812	327380	142.20	143.20	1.00	0.04	5.30	0.04	0.17	0.03	6.71	
ANIS 022812	327381	143.20	143.60	0.40	0.07	6.40	0.05	0.24	0.01	9.02	
ANIS 022812	327382	143.60	144.10	0.50	0.02	23.00	0.05	0.25	0.01	17.28	
ANIS 022812	327383	144.10	144.45	0.35	0.16	417.00	13.20	15.75	1.68	628.29	ANIMAS-NE
ANIS 022812	327384	144.45	144.60	0.15	0.09	30.90	0.63	3.70	0.21	78.04	
ANIS 022812	327386	144.60	144.80	0.20	0.26	127.00	6.56	15.00	0.81	368.68	
ANIS 022812	327387	144.80	145.55	0.75	0.03	13.60	0.22	1.60	0.10	32.98	
ANIS 022812	327388	145.55	145.90	0.35	0.05	3.70	0.08	0.46	0.02	10.37	
ANIS 022812	327389	145.90	146.60	0.70	0.07	4.60	0.12	0.37	0.02	10.73	
PROMEDIO				1.30	0.55	72	3.74	6.67	0.17	192.51	ANIMAS-NE_R
INCHO REAL				0.90							
PROMEDIO				0.70	0.18	251	8.61	12.95	1.12	436.20	ANIMAS-NE
INCHO REAL				0.51							

(Fuente: Elaboración propia, 2014).



Figura 25. Sección geológica del sondaje ANIS022812. (Fuente: Elaboración propia, 2014)

- **Sondaje ANIS022212**

0.00–75.60m. Lava andesítica de textura porfírica compuesto por fenocristales de plagioclasas bien desarrollados, de tonalidad verde claro; reemplazados por



cloritas y epidotas por zonas; en forma esporádica presenta venillas de calcita; y fracturamiento asociado a falla local con relleno de panizo. Tramo con Alteración propilítica y argílica moderada; Presencia de clorita de forma leve en matriz > 40% sobre algunos ferromagnesianos y piritita diseminada del 2%.

75.60–84.60m. Roca volcano-sedimentaria (Tufo) de grano fino <1 milímetro equigranular, de tonalidad verde claro, compuesta por minerales ferromagnesianos, plagioclasas y venillas rellenas de carbonatos.

Alteración propilítica moderada y argílica débil; presencia esporádica de clorita, piritita cúbica de grano medio, calcita en la matriz.

84.60–129.85m. Lava andesítica de textura porfirítica de tonalidad verde claro por presencia de clorita, compuesto por fenocristales de plagioclasa bien desarrollados, en zonas existe un aparente brechamiento; estructuralmente presenta un sistema de fallas y fracturamiento con relleno de panizo.

1129.85–187.05m. Lava andesítica de textura porfirítica compuesto por fenocristales de plagioclasas bien desarrollados, de tonalidad verde claro; reemplazados por cloritas y epidotas por zonas; en forma esporádica presenta venillas de calcita; y fracturamiento asociado a falla local con relleno de panizo. Tramo con Alteración propilítica y argílica moderada; Presencia de clorita de forma leve en matriz > 40% sobre algunos ferromagnesianos y piritita diseminada del 2%.

187.05- 208.70m. Tramo de roca volcano-sedimentaria compuesto por tufo de grano medio a fino con tramos pseudo estratificados de color violáceo a gris verdoso con venillas de calcita; presenta silicificación moderada debido a la proximidad de veta.

208.70-213.20m. Veta de rodonita, cuarzo de textura brechada crustiforme, microvenillas de cuarzo hialino; presencia de sulfuros en forma de parches y diseminado principalmente galena, esfalerita y pirita fina diseminada; la zona mineralizada comprendida entre 209.40m hasta los 213.20m (3.80m); está compuesto principalmente por sulfuros de plomo y zinc.

213.20-232.90m. Lava andesítica de textura porfídica compuesto por fenocristales de plagioclasas bien desarrollados, de tonalidad verde claro; reemplazados por cloritas; en forma esporádica presenta venillas de calcita; Tramo con halo de alteración silíceo débil debido a su proximidad de estructura.

Tabla 9.

Leyes geológicas del sondaje ANIS022212, identificándose el intervalo de profundidad (209.40m hasta 213.20m) de la estructura mineralizada de Animas NE, potencia de 2.27m. (Figura 26).

ANCHO REAL Y LEYES ANIS022212												
hole_id	MUESTRA	Desde(m)	Hasta (m)	Intervalo (m)	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Vpto \$/T	ID_VEIN	
ANIS022212	326361	206.70	207.35	0.65	0.05	24	0.31	0.36	0.04	23.75		
ANIS022212	326362	207.35	208.20	0.85	0.03	6	0.10	0.27	0.01	9.12		
ANIS022212	326363	208.20	208.70	0.50	0.05	23	0.60	1.25	0.06	38.77		
ANIS022212	326364	208.70	208.80	0.10	0.02	2	0.01	0.02	0.00	2.16		
ANIS022212	326365	208.80	209.05	0.25	0.03	3	0.03	0.01	0.01	2.86		
ANIS022212	326366	209.05	209.40	0.35	0.03	22	0.68	0.66	0.04	30.76		
ANIS022212	326367	209.40	210.10	0.70	0.04	81	2.49	4.37	0.59	138.92	ANIMAS-NE	
ANIS022212	326368	210.10	210.85	0.75	0.06	146	6.74	10.80	1.87	320.35		
ANIS022212	326369	210.85	211.55	0.70	0.08	52	1.13	1.92	0.63	71.93		
ANIS022212	326371	211.55	211.80	0.25	0.06	54	1.24	1.49	0.22	68.33		
ANIS022212	326372	211.80	211.95	0.15	0.10	33	1.29	2.93	0.18	77.81		
ANIS022212	326373	211.95	212.60	0.65	0.02	8	0.30	0.45	0.05	14.87		
ANIS022212	326374	212.60	213.20	0.60	0.03	49	0.73	1.09	0.17	52.80		
ANIS022212	326375	213.20	213.75	0.55	0.03	24	0.08	0.18	0.05	17.66		
ANIS022212	326376	213.75	214.75	1.00	0.01	1	0.01	0.03	0.00	1.32		
PROMEDIO					3.80	0.05	67	2.29	3.75	0.65	120.51	ANIMAS-NE
ANCHO REAL					2.27							

(Fuente: Elaboración propia, 2014).



0.00-124.60m. Lava andesita de textura porfirítica - fluidal de tonalidad gris violácea, constituido de fenocristales de plagioclasas, se observan vetillas rellenas de cuarzo y carbonatos.

124.60-126.40. La estructura Ánimas NE se presenta esencialmente cuarzosa presentando al menos dos eventos de mineralización venillas de cuarzo blanco, cortando y reemplazando a cuarzo gris, bandas de óxidos de manganeso y gohetita más jarosita en las fracturas. En parte presenta bandas de rodonita, se presenta en zonas trazas de galena, esfalerita y diseminación de pirita.

126.40-133.50m. La zona mineralizada que presenta valores de plata, Plomo y Zinc se encuentra asociada a la sílice gris que se presenta como venillas y diseminado en la masa de rodonita; el tramo desde 126.40m hasta los 133.15m (6.75m); se observa estructura mineralizada de relleno con aspecto brechoide compuesta por galena, galena argentífera, esfalerita, pirita y calcopirita.

133.50-139.50m. La estructura presenta esencialmente cuarzo, rodonita de aspecto brechoide con zonas de trazas de galena esfalerita y diseminación de pirita.

139.50-170.00m. Lava andesítica de textura porfirítica, de tonalidad verde claro a gris con venillas rellenas de cuarzo y carbonatos y diseminación de pirita.

Tabla 10.

Leyes geológicas del sondaje ANIS022412, identificándose la estructura mineralizada de Animas NE; desde el intervalo de 126.40m hasta 133.15m.; potencia de 5.50m.

(Figura 27).

ANCHO REAL Y LEYES ANIS022412											
hole_id	MUESTRA	Desde(m)	Hasta (m)	Intervalo (m)	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Vpto \$/T	ID_VEIN
ANIS022412	326642	121.75	121.90	0.15	0.01	1	0.01	0.35	0.00	5.68	
ANIS022412	326643	121.90	122.90	1.00	0.01	3	0.01	0.31	0.00	5.88	
ANIS022412	326644	122.90	123.90	1.00	0.05	9	0.28	0.24	0.01	12.84	
ANIS022412	326646	123.90	124.10	0.20	0.01	7	0.20	0.22	0.00	9.86	
ANIS022412	326647	124.10	124.60	0.50	0.02	7	0.21	0.12	0.01	8.68	
ANIS022412	326648	124.60	125.50	0.90	0.03	17	0.28	0.15	0.02	16.05	
ANIS022412	326649	125.50	126.10	0.60	0.01	10	0.12	0.12	0.02	8.75	
ANIS022412	326650	126.10	126.40	0.30	0.03	28	0.53	0.15	0.05	25.23	
ANIS022412	326651	126.40	126.80	0.40	0.03	125	0.88	0.17	0.07	84.69	ANIMAS-NE
ANIS022412	326652	126.80	127.30	0.50	0.02	54	0.38	0.32	0.08	40.08	
ANIS022412	326653	127.30	127.90	0.60	0.03	26	0.55	0.27	0.11	25.96	
ANIS022412	326654	127.90	128.50	0.60	0.07	56	1.88	0.48	0.21	64.64	
ANIS022412	326656	128.50	128.85	0.35	0.05	19	0.81	0.59	0.12	30.39	
ANIS022412	326657	128.85	129.30	0.45	0.38	199	10.75	4.02	0.39	318.32	
ANIS022412	326658	129.30	130.15	0.85	0.05	27	1.21	3.99	0.13	86.33	
ANIS022412	326659	130.15	130.55	0.40	0.05	34	0.19	1.00	0.06	36.16	
ANIS022412	326660	130.55	131.00	0.45	1.48	180	7.32	13.30	0.49	410.89	
ANIS022412	326661	131.00	131.30	0.30	4.68	169	9.06	17.05	0.41	546.39	
ANIS022412	326662	131.30	132.15	0.85	0.41	52	2.59	3.24	0.19	116.24	
ANIS022412	326663	132.15	133.15	1.00	0.54	93	5.18	4.53	0.22	194.51	
ANIS022412	326664	133.15	134.00	0.85	0.10	5	0.18	1.08	0.01	22.15	
ANIS022412	326665	134.00	134.55	0.55	0.02	2	0.01	0.09	0.00	2.89	
ANIS022412	326666	134.55	135.10	0.55	0.01	2	0.02	0.15	0.00	3.78	
ANIS022412	326668	135.10	135.50	0.40	0.02	3	0.07	1.23	0.00	19.64	
ANIS022412	326669	135.50	136.20	0.70	0.01	1	0.02	0.47	0.00	7.61	
ANIS022412	326670	136.20	136.80	0.60	0.01	0	0.01	0.35	0.00	5.20	
ANIS022412	326671	136.80	137.50	0.70	0.01	1	0.01	0.08	0.00	1.74	
ANIS022412	326672	137.50	138.20	0.70	0.01	1	0.01	0.45	0.00	6.89	
ANIS022412	326673	138.20	139.10	0.90	0.05	1	0.02	0.37	0.00	6.90	
ANIS022412	326674	139.10	139.50	0.40	0.05	3	0.17	1.50	0.00	25.04	
ANIS022412	326675	139.50	140.00	0.50	0.02	2	0.03	0.46	0.01	7.93	
PROMEDIO				6.75	0.49	78	3.20	3.68	0.20	146.98	ANIMAS-NE
ANCHO REAL				5.50							

(Fuente: Elaboración propia, 2014).



- **Sondaje ANIS023612**

0.00-87.60m. Lava andesítica de textura porfirítica de color gris verdosos claro, formada por fenocristales de plagioclasas <4 milímetros en pasta fina verde, y en zonas reemplazadas por carbonatos, sericita y epidota.

87.60-101.55m. Roca volcano-sedimentaria (Toba) de grano fino, de tonalidad gris verdoso y textura afanítica. Compuesta por minerales ferromagnesianos, plagioclasas y pequeñas cantidades de carbonatos.

101.55-122.80m. Lava andesítica de textura porfídica de color gris verdosos, formada por fenocristales de plagioclasas <4milímetros en pasta fina verde, y en zonas reemplazadas por carbonatos. Halo de alteración silícica pervasiva por proximidad a veta mineralizada.

122.80-139.87m. Estructura predominante de cuarzo, con zonas de rodonita en parte brechosa, hay una predominancia de cuarzo fracturado, en las fracturas se observa gohetita más jarosita y óxidos de manganeso rellenando fisuras. La zona mineralizada que presenta valores de plata, plomo y zinc se da entre los 124.15m hasta los 126.35m (2.20m), con aspecto brechoide compuesta por carbonatos (rodrosita, calcita), silicatos (cuarzo, rodonita) y mineralización diseminada de galena, esfalerita, calcopirita y piritita con persistencia de gohetita y jarosita.

126.35-139.85m. Estructura predominante de cuarzo, con zonas de rodonita en parte brechosa, hay una predominancia de cuarzo en parte fracturado, en las fracturas se observa gohetita, jarosita y óxidos de manganeso como relleno.

139.85-158.00m. Lava andesítica de textura porfirítica de color gris verdosos, formada por fenocristales de plagioclasas < 4 milímetros en pasta fina verde, y en zonas reemplazadas por carbonatos.

Alteración silícica pervasiva por proximidad a la estructura mineralizada, alteración propilítica moderada.

Tabla 11.

Leyes geológicas del sondaje ANIS023612, identificándose la estructura mineralizada de veta Animas NE; desde el intervalo de 135.45m hasta 138.80m.; potencia de 3.10m. (Figura 28).

ANCHO REAL Y LEYES ANIS023612											
hola_id	MUESTRA	Desde(m)	Hasta (m)	Intervalo (m)	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Vpto \$/T	ID_VEIN
ANIS023612	329471	121.80	122.50	0.70	0.02	6	0.06	0.25	0.01	7.97	
ANIS023612	329472	122.50	123.10	0.60	0.03	9	0.27	0.77	0.00	19.76	
ANIS023612	329473	123.10	123.60	0.50	0.02	8	0.12	0.84	0.00	18.20	
ANIS023612	329474	123.60	124.15	0.55	0.03	25	0.42	0.77	0.12	31.10	
ANIS023612	329476	124.15	124.50	0.35	0.02	59	0.68	3.15	0.55	85.31	
ANIS023612	329477	124.50	124.80	0.30	0.02	46	0.56	1.21	0.22	49.91	
ANIS023612	329478	124.80	125.10	0.30	0.02	47	1.04	5.88	0.31	120.45	ANIMAS-NE-R
ANIS023612	329479	125.10	125.35	0.25	0.01	69	2.26	2.43	0.44	102.30	
ANIS023612	329480	125.35	126.35	1.00	0.01	74	0.18	1.67	0.05	66.94	
ANIS023612	329481	126.35	126.70	0.35	0.02	14	0.20	0.61	0.03	18.97	
ANIS023612	329482	126.70	127.15	0.45	0.02	9	0.10	0.66	0.01	15.54	
ANIS023612	329483	127.15	127.50	0.35	0.04	3	0.13	0.59	0.00	12.27	
ANIS023612	329485	127.50	128.00	0.50	0.08	15	0.87	0.62	0.01	29.94	
ANIS023612	329486	128.00	128.60	0.60	0.15	11	0.26	0.48	0.02	19.38	
ANIS023612	329487	128.60	129.60	1.00	0.16	23	0.74	1.20	0.03	42.33	
ANIS023612	329488	129.60	130.30	0.70	0.04	17	0.34	0.73	0.01	24.59	
ANIS023612	329489	130.30	130.90	0.60	0.03	14	0.31	0.64	0.01	21.07	
ANIS023612	329490	130.90	131.40	0.50	0.08	10	0.07	0.46	0.01	14.19	
ANIS023612	329491	131.40	132.10	0.70	0.02	10	0.03	0.73	0.01	16.14	
ANIS023612	329492	132.10	132.55	0.45	0.02	7	0.11	1.31	0.00	23.48	
ANIS023612	329493	132.55	133.00	0.45	0.03	4	0.15	0.57	0.01	12.28	
ANIS023612	329494	133.00	133.25	0.25	0.38	42	1.72	1.78	0.19	78.62	
ANIS023612	329496	133.25	133.50	0.25	0.08	6	0.08	0.94	0.02	19.03	
ANIS023612	329497	133.50	133.90	0.40	0.01	3	0.01	0.20	0.00	4.65	
ANIS023612	329498	133.90	134.35	0.45	0.06	11	0.40	1.30	0.01	30.62	
ANIS023612	329499	134.35	134.80	0.45	0.04	8	0.15	1.28	0.02	24.53	
ANIS023612	329500	134.80	135.45	0.65	0.02	3	0.05	0.90	0.01	14.97	
ANIS023612	329501	135.45	136.00	0.55	0.13	19	0.71	3.47	0.03	69.98	
ANIS023612	329502	136.00	136.65	0.65	0.04	6	0.14	0.62	0.01	14.68	
ANIS023612	329503	136.65	136.90	0.25	0.24	18	0.48	2.84	0.08	60.14	
ANIS023612	329504	136.90	137.25	0.35	0.42	6	0.11	0.98	0.04	27.05	
ANIS023612	329506	137.25	137.60	0.35	0.33	74	3.41	2.79	0.12	131.82	
ANIS023612	329507	137.60	138.00	0.40	0.10	0	0.05	0.34	0.01	7.30	
ANIS023612	329508	138.00	138.80	0.80	0.53	37	1.55	3.37	0.12	98.77	ANIMAS NE
ANIS023612	329509	138.80	139.30	0.50	0.03	1	0.03	0.21	0.00	4.03	
ANIS023612	329510	139.30	139.85	0.55	0.05	9	0.04	0.20	0.01	9.36	
ANIS023612	329511	139.85	140.20	0.35	0.03	11	0.01	0.14	0.02	8.64	
ANIS023612	329512	140.20	140.60	0.40	0.03	8	0.06	0.18	0.03	8.34	
ANIS023612	329514	140.60	141.20	0.60	0.02	9	0.01	0.09	0.04	6.61	
ANIS023612	329515	141.20	141.75	0.55	0.03	3	0.00	0.01	0.01	2.40	
ANIS023612	329516	141.75	142.60	0.85	0.02	2	0.01	0.02	0.00	1.93	
ANIS023612	329517	142.60	142.95	0.35	0.03	4	0.05	0.11	0.01	5.06	
ANIS023612	329518	142.95	143.50	0.55	0.03	17	0.01	0.02	0.02	10.33	
PROMEDIO				2.75	0.01	51	0.53	2.00	0.19	63.09	ANIMAS-NE-R
ANCHO REAL				1.90							
PROMEDIO				3.35	0.26	23	0.92	2.14	0.06	59.88	ANIMAS-NE
ANCHO REAL				3.10							

(Fuente: Elaboración propia, 2014).

Figura 28. Sección geológica del sondaje ANIS023612. (Fuente: Elaboración propia, 2014)

- **Sondaje ANIS023912**

0.00-94.00m. Lava andesítica de tonalidad gris verdoso algo rojizo por microvenillas y parches de hematita, textura porfídica con desarrollo de fenocristales plagioclasas <5 milímetros.

Alteración propilítica pervasiva, se presenta epidota reemplazando a fenocristales de plagioclasa, además de clorita reemplazando a minerales ferromagnesianos.

94.00-102,50m. Roca volcano-sedimentaria (Toba) de tonalidad gris verdoso claro de grano fino con pátinas de óxidos asociado a fracturamiento.

102.50-131.55m. Lava andesítica gris verdoso algo rojizo por microvenillas y parches de hematita, de textura porfídica con desarrollo de fenocristales de plagioclasa <5 milímetros. Alterado con epidota reemplazando a los fenocristales.

Alteración propilítica moderada, se presenta epidota reemplazando a fenocristales de plagioclasa, además de clorita reemplazando a minerales ferromagnesianos.

131.55-140.35m. Estructura de relleno compuesto por cuarzo, con zonas de rodonita y carbonatos en parte apariencia brechosa, en parte fracturado donde puede observarse gohetita, jarosita y óxidos de manganeso como relleno de intersticios. La zona mineralizada que presenta valores de plata, plomo y zinc se da entre los 133.70m hasta los 138.00m (4.30m), Estructura mineralizada con aspecto brechoide compuesta por carbonatos (rodocrosita, calcita), silicatos (cuarzo, rodonita) y mineralización sulfurada en venillas y disseminación de galena, esfalerita, sulfosales de plata, calcopirita y pirita, con persistencia de óxidos en las fracturas gohetita, jarosita.

140.35-165.40m. Lava andesítica de tonalidad gris verdoso con microvenillas y parches de hematita, textura porfídica con desarrollo de fenocristales plagioclasas <5 milímetros y minerales ferromagnesianos.

165.40-172.20m. Roca volcano-sedimentaria (Toba lapillítica) de tonalidad gris verdoso con fragmentos polimícticos <3 centímetros; Subangulosos a subredondeados.

Tabla 12.

Muestra leyes geológicas del sondaje ANIS023912, identificándose la estructura mineralizada de veta Animas NE; desde el intervalo de 133.70m hasta 138.00m.; potencia de 3.98m. (Figura 29).

ANCHO REAL Y LEYES ANIS 023912											
hole_id	MUESTRA	Desde(m)	Hasta (m)	Intervalo (m)	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Vpto \$/T	ID_VEIN
ANIS 023912	329649	132.90	133.10	0.20	0.03	13.70	0.16	2.37	0.02	42.64	
ANIS 023912	329650	133.10	133.70	0.60	0.06	27.20	0.22	0.64	0.03	28.23	
ANIS 023912	329651	133.70	134.30	0.60	0.10	67.40	0.56	2.93	0.10	87.17	ANIMAS-NE
ANIS 023912	329652	134.30	134.70	0.40	0.56	62.40	1.59	4.77	0.17	132.85	
ANIS 023912	329653	134.70	135.00	0.30	0.26	18.10	0.23	0.66	0.08	27.64	
ANIS 023912	329654	135.00	135.30	0.30	0.05	8.70	0.49	1.46	0.03	32.35	
ANIS 023912	329655	135.30	135.70	0.40	1.42	211.00	3.87	6.09	0.54	282.63	
ANIS 023912	329656	135.70	136.50	0.80	1.87	169.00	1.80	2.87	0.54	196.93	
ANIS 023912	329657	136.50	136.80	0.30	1.28	91.80	2.04	5.84	0.23	184.98	
ANIS 023912	329658	136.80	137.30	0.50	0.27	58.80	2.15	3.61	0.14	116.51	
ANIS 023912	329659	137.30	137.80	0.50	0.43	132.00	6.58	11.70	0.28	330.29	
ANIS 023912	329661	137.80	138.00	0.20	0.87	41.30	0.38	0.52	0.36	53.63	
ANIS 023912	329662	138.00	138.40	0.40	0.02	2.00	0.03	0.11	0.00	3.35	
ANIS 023912	329663	138.40	138.70	0.30	0.02	0.90	0.02	0.15	0.00	3.18	
PROMEDIO PONDERADO				4.30	0.78	98.66	2.15	4.31	0.27	158.99	ANIMAS-NE
ANCHO REAL				3.98							

(Fuente: Elaboración propia, 2014).

- **Sondaje ANIS024112**

0.00-45.60m. Lava andesítica de textura pofirítica, de tonalidad gris verdoso por la presencia de clorita, con moderado a intenso fracturamiento con presencia de óxidos parduzcos terroso con algunos parches y microvenillas rellenas de hematita.

45.60-81.80m. Toba de grano fino compuesto por fenocristales de plagioclasas < 0.5 milímetros, tonalidad gris verdoso.



81.80-180.30m. Lava andesítica gris verdosa con tonalidad parda compuesto por fenocristales de plagioclasa, y venillas con relleno de carbonatos.

180.30-194.00m. Estructura predominante de rodonita, rodocrosita y cuarzo en menor cantidad, bandas de rodonita con cuarzo, en parte brechoide y en zonas presenta textura coloforme con cuarzo gris. La zona mineralizada que presenta valores de plata, plomo y zinc; está en el intervalo de 180.30m hasta los 194,00m (13.70m), la mineralización se encuentra asociada a la sílice gris que se presenta como venillas en la masa de rodonita, compuesta por carbonatos (rodocrosita, calcita), silicatos (cuarzo, rodonita) y mineralización sulfurada con venillas y fragmentos masivos de galena, tetraedrita, esfalerita, calcopirita y pirita.

194.00-280.30m. Tramo de roca volcano-sedimentaria (tufo) grano medio < 2 milímetros, de tonalidad verde claro con diseminación de pirita.

Tabla 13.

Leyes geológicas del sondaje ANIS024112, identificándose la estructura mineralizada de veta Animas NE; desde el intervalo de 180.30m hasta 194.00m.; potencia de 9.28m. (Figura 29).

ANCHOREAL Y LEYES ANIS024112												
hola_id	MUESTRA	Desde(m)	Hasta (m)	Intervalo (m)	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Vpto \$/T	ID_VEIN	
ANIS024112	329908	179.20	179.70	0.50	0.02	111.00	0.05	0.34	0.05	67.98		
ANIS024112	329909	179.70	180.30	0.60	0.31	5.40	0.06	0.48	0.01	16.82		
ANIS024112	329910	180.30	180.50	0.20	0.10	257.00	1.53	2.75	0.42	203.91		
ANIS024112	329911	180.50	181.50	1.00	0.26	816.00	10.35	6.19	1.52	685.40		
ANIS024112	329912	181.50	182.50	1.00	0.06	97.80	1.16	4.10	0.22	127.23		
ANIS024112	329913	182.50	182.70	0.20	0.06	119.00	1.21	5.65	0.32	160.81		
ANIS024112	329914	182.70	183.00	0.30	0.04	55.90	0.15	0.77	0.13	44.57		
ANIS024112	329915	183.00	183.35	0.35	0.02	19.30	0.36	0.11	0.04	17.60		
ANIS024112	329916	183.35	183.55	0.20	0.02	307.00	0.56	0.55	0.28	187.27		
ANIS024112	329917	183.55	184.15	0.60	0.15	319.00	27.10	6.54	1.49	634.33		
ANIS024112	329919	184.15	184.50	0.35	0.10	309.00	30.00	8.76	1.88	696.77		
ANIS024112	329920	184.50	185.40	0.90	0.04	79.90	4.01	2.09	0.34	127.91		
ANIS024112	329921	185.40	185.80	0.40	0.02	1.70	0.09	0.21	0.01	5.27		
ANIS024112	329922	185.80	186.80	1.00	0.06	5.30	0.31	0.28	0.02	12.26		
ANIS024112	329923	186.80	187.05	0.25	0.45	186.00	10.90	7.57	0.89	362.82		
ANIS024112	329924	187.05	187.30	0.25	0.12	9.70	0.61	0.55	0.04	23.43		
ANIS024112	329925	187.30	188.30	1.00	0.21	155.00	11.85	9.12	1.06	374.25	ANIMAS-NE	
ANIS024112	329926	188.30	188.45	0.15	0.01	34.20	0.43	0.18	0.03	27.67		
ANIS024112	329927	188.45	189.10	0.65	0.23	530.00	14.95	10.45	1.29	644.34		
ANIS024112	329929	189.10	189.60	0.50	0.21	210.00	7.94	6.55	0.58	317.56		
ANIS024112	329930	189.60	190.40	0.80	0.09	4.30	0.21	0.29	0.02	11.05		
ANIS024112	329931	190.40	190.95	0.55	0.07	11.10	0.37	1.38	0.10	31.41		
ANIS024112	329932	190.95	191.40	0.45	0.29	56.10	2.26	6.74	0.24	159.54		
ANIS024112	329933	191.40	191.60	0.20	0.25	45.80	2.35	3.31	0.31	107.41		
ANIS024112	329934	191.60	192.00	0.40	0.09	0.80	0.02	0.03	0.00	3.10		
ANIS024112	329935	192.00	192.35	0.35	0.08	6.60	0.26	0.70	0.03	18.42		
ANIS024112	329936	192.35	192.80	0.45	0.01	1.00	0.01	0.05	0.01	1.66		
ANIS024112	329937	192.80	193.30	0.50	0.02	3.70	0.23	0.57	0.10	13.34		
ANIS024112	329938	193.30	193.60	0.30	0.11	63.00	2.12	3.02	0.29	107.11		
ANIS024112	329939	193.60	193.90	0.30	0.02	1.60	0.01	0.05	0.01	2.07		
ANIS024112	329941	193.90	194.00	0.10	1.63	151.00	3.25	4.37	0.35	221.73		
ANIS024112	329942	194.00	194.40	0.40	0.02	1.20	0.01	0.03	0.01	1.54		
ANIS024112	329943	194.40	195.40	1.00	0.01	0.40	0.01	0.04	0.00	1.13		
PROMEDIO PONDERADO					13.70	0.13	160.09	5.44	3.61	0.49	214.49	ANIMAS-NE
ANCHO REAL					9.28							

(Fuente: Elaboración propia, 2014).

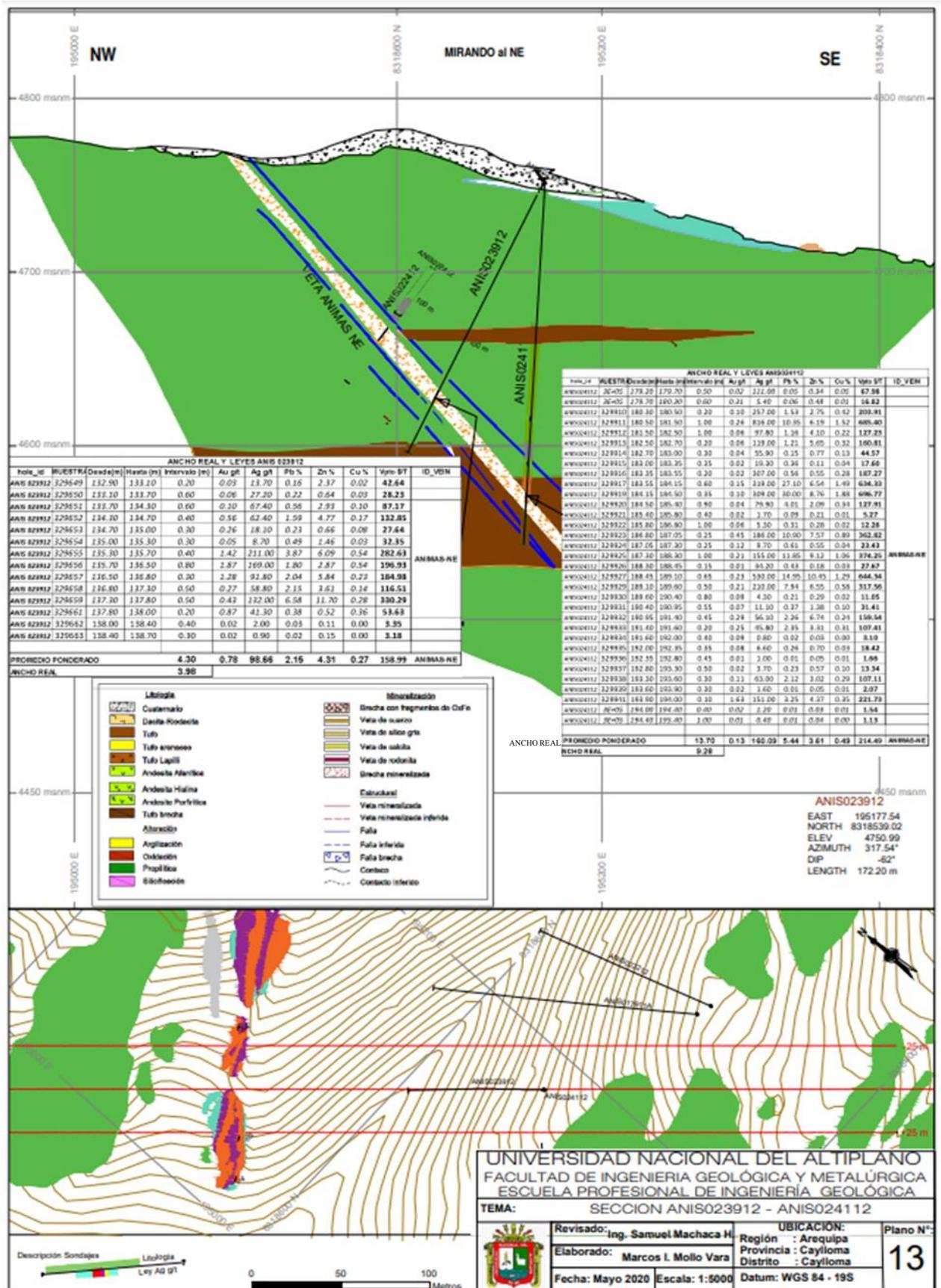


Figura 29. Sección geológica del sondaje ANIS023912, ANIS024112. (Fuente: Elaboración propia, 2014).



- **Sondaje ANIS027414**

0.00-110.00m. Roca volcánica de composición andesítica de tonalidad gris verdosa y textura porfídica, constituido por moldes de plagioclasas y minerales ferromagnesianos, epidota, cloritas y venillas con relleno de carbonatos. Estructuralmente presenta fallas de influencia local con relleno de panizo.

110-127.90m. Roca volcano-sedimentaria (tufo) de tonalidad gris verdoso y de textura cristalina. Constituida principalmente fenocristales cálcicas y disseminaciones de pirita.

127.90-190.00m. Roca volcánica de tonalidad gris verdoso y textura porfídica, constituido por moldes de plagioclasas y minerales ferromagnesianos, epidota, cloritas y carbonatos. Estructuralmente presenta fallas de influencia local con relleno de panizo.

190.00-204.40m. En esta zona predomina una estructura de rodonita, rodocrosita y cuarzo en menor cantidad, bandas de rodonita con cuarzo, en parte brechoide y en zonas presenta textura coliforme con cuarzo gris. En la zona de textura brechoide los silicatos engloban fragmentos esporádicos de sulfuros, La zona mineralizada que presenta valores de Ag, Pb y Zn; se da entre los 193.95m hasta los 204.40m (10.45 m), la cual presenta una estructura de relleno con aspecto brechoide compuesta por mineralización sulfurada con venillas y fragmentos masivos de; galena, tetrahedrita, esfalerita, pirita y calcopirita, la cual se encuentra intercrecida con carbonatos (rodocrosita), silicatos (rodonita, cuarzo).

204.40-212.30m. Roca volcánica de tonalidad gris verdoso y textura porfídica, constituido por moldes de plagioclasas y minerales ferromagnesianos, epidota, cloritas y carbonatos. Estructuralmente presenta fallas de influencia local con relleno de panizo.

Tabla 14.

Leyes geológicas del sondaje ANIS027414, identificándose estructura mineralizada de veta Animas NE; desde el intervalo de 193.95m hasta 204.40m.; potencia de 10.14m.

(Figura 30).

ANCHO REAL Y LEYES ANIS027414											
hole_id	MUESTRA	Desde(m)	Hasta (m)	Intervalo (m)	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Vpto \$/T	ID_VEIN
ANIS027414	350747	192.40	193.20	0.80	0.02	3.20	0.05	0.14	0.01	4.50	
ANIS027414	350748	193.20	193.95	0.75	0.02	5.60	0.20	0.13	0.01	8.09	
ANIS027414	350749	193.95	194.60	0.65	0.21	883.00	51.53	2.61	0.31	1304.93	ANIMAS-NE
ANIS027414	350751	194.60	195.60	1.00	0.15	625.00	39.21	1.14	0.38	956.38	
ANIS027414	350752	195.60	196.50	0.90	0.12	842.00	51.21	0.70	0.19	1252.19	
ANIS027414	350753	196.50	197.50	1.00	0.12	729.00	43.11	2.57	0.25	1090.26	
ANIS027414	350754	197.50	198.40	0.90	0.32	402.00	24.89	2.11	0.30	631.04	
ANIS027414	350756	198.40	199.30	0.90	0.37	109.00	4.33	4.34	0.22	186.01	
ANIS027414	350757	199.30	200.25	0.95	0.28	203.00	10.15	5.05	0.31	333.54	
ANIS027414	350758	200.25	201.00	0.75	0.12	407.00	26.96	2.14	0.10	662.31	
ANIS027414	350759	201.00	201.90	0.90	0.10	284.00	18.10	1.76	0.06	454.92	
ANIS027414	350761	201.90	202.75	0.85	0.14	75.50	4.80	3.95	0.06	166.06	
ANIS027414	350762	202.75	203.50	0.75	0.39	87.30	1.46	11.10	0.50	215.00	
ANIS027414	350763	203.50	204.40	0.90	0.1	95.10	3.32	12.15	0.42	255.93	
ANIS027414	350764	204.40	205.40	1.00	0.01	1.90	0.05	0.19	0.00	4.35	
PROMEDIO PONDERADO				10.45	0.20	394	23.21	4.06	0.26	623.25	ANIMAS-NE
ANCHO REAL				10.14							

(Fuente: Elaboración propia, 2014).

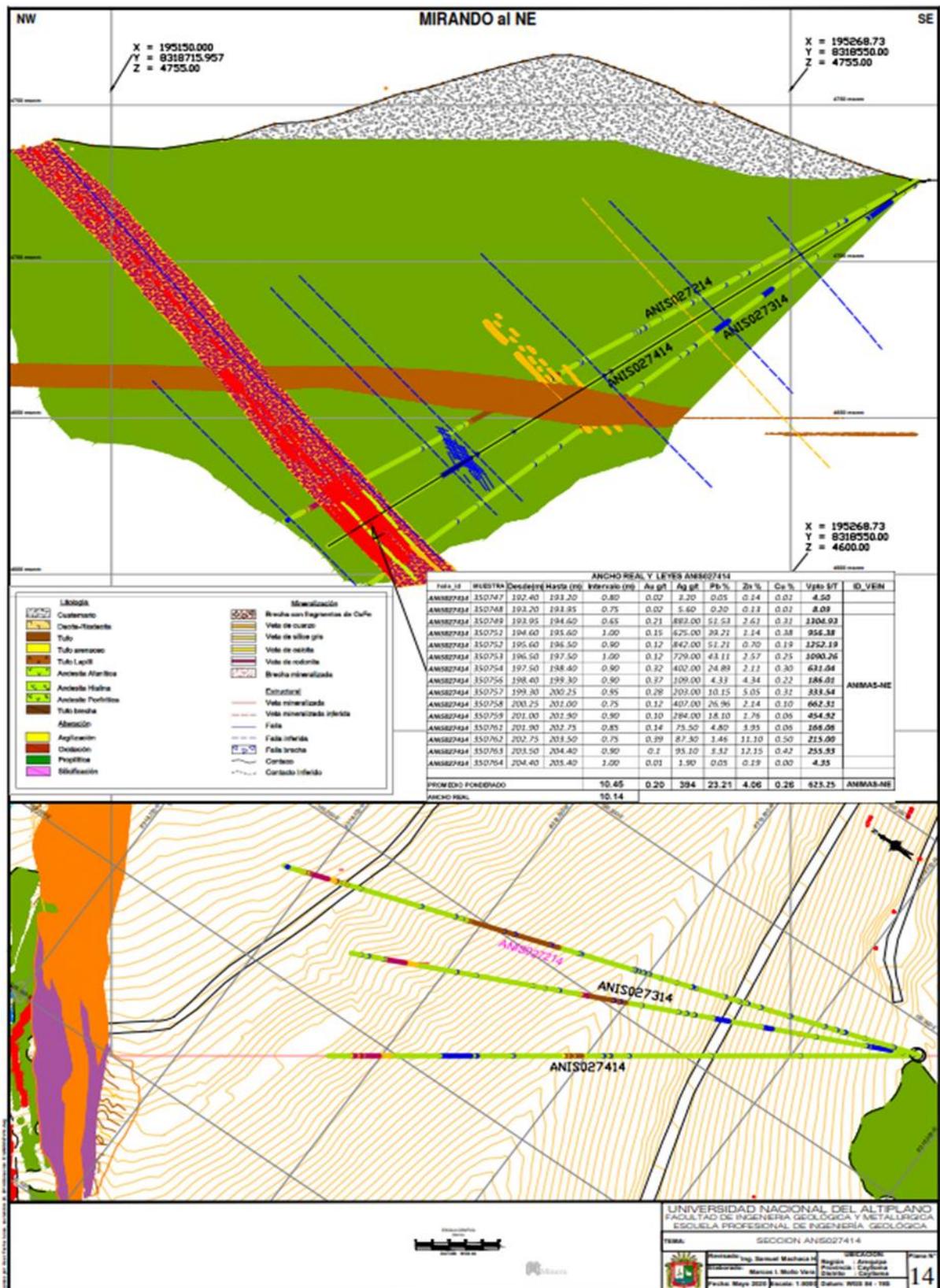


Figura 30. Sección geológica del sondaje ANIS027414. (Fuente, Elaboración propia, 2014).



VI. CONCLUSIONES

- La Veta Animas NE se encuentra emplazado en los volcánicos de composición andesítica del Grupo Tacaza; formando parte de la franja metalogénica epitermal y presenta características de un depósito epitermal de baja sulfuración; con mineralización polimetálica rellenando fracturas y matriz de brecha hidrotermal.
- La veta Animas NE, del distrito de Caylloma está ocupando fracturas tensionales y fallas subparalelas con movimiento normal-dextral. Las fallas que contienen mineral económico poseen un rumbo predominante Norte 20° Este a Norte 50°Este, e inclina al Sureste con ángulos entre 45° y 50°. El relleno mineralógico de la veta Animas NE es hipógeno, constituido principalmente por cuarzo, rodonita, rodocrosita, galena, esfalerita, tetraedrita, pirita en los niveles inferiores; en los niveles superiores además de los minerales mencionados se tiene óxidos de fierro y manganeso; esta estructura ocurre como una zona de falla de brechamiento. Las alteraciones hidrotermales más notables reconocidas en los sondajes de la veta Animas NE, predomina la alteración propilítica distribuido ampliamente y abarca casi la totalidad del área perforada; la alteración cuarzo-adularia, cuarzo-illita están íntimamente relacionadas a la mineralización y la silicificación en zonas de proximidad de veta.
- El comportamiento geoquímico de la veta Animas NE muestra que el Au, Ag, Zn y Cu presentan dos familias que corresponderían al estadio 2, subestación B de la paragénesis de la veta Animas NE, en el cual se evidencia dos eventos de depositación para estos elementos a diferencia del Pb que solo presenta un evento y también se evidencia este comportamiento en su histograma. La secuencia



paragenética generalizada de la veta Animas NE consiste en rodonita - cuarzo, rodonita - carbonatos, galena - esfalerita - pirita - calcopirita - tetraedrita, cuarzo - pirita - carbonatos, rodonita - carbonatos - cuarzo.

- Se observa una fuerte zonación vertical de la mineralización, donde los niveles superiores de la veta Animas NE están formados por cuarzo blanco con ligera disminución de valores polimetálicos; sin embargo, al profundizar el sistema comienza a aparecer los minerales de manganeso donde aumentan gradualmente los valores de metales base; respecto a la zonación horizontal; hacia el Noreste existe un comportamiento favorables en leyes de Ag, Pb, Zn; y hacia el suroeste presenta disminución de valores de los elementos mencionados. Considerando los resultados obtenidos podemos afirmar que hay evidencia que nos indica la continuidad de la mineralización principalmente polimetálica de galena esfalerita y pirita en profundidad aproximada de 220 metros por debajo de la corteza superficial y con probable extensión al Noreste; (Referencia sondaje ANIS022212; mineralización polimetálica de galena, esfalerita, pirita con leyes de Ag 67g/t; Pb 2.29% y Zn 3.75%).



VII. RECOMENDACIONES

- Continuar con programas de exploración mediante sondajes para cerrar más la malla de perforación y poder reclasificar el recurso inferido de 334,850.81 Ton a recurso medido o indicado y poder tener mayor certeza para una mejor valorización de la veta Animas NE.
- Continuar con programas de exploración mediante sondajes por debajo de 250.00 metros de profundidad respecto a superficie para ver la continuidad o descarte de zonas mineralizadas, así mismo continuar la extensión al noreste ya que existen evidencias de continuidad y ocurrencia de mineral para ampliar el potencial del yacimiento.
- Debe tenerse en cuenta para exploraciones de áreas con mineralización similar al de Animas NE – Caylloma; el estudio de inclusiones fluidas que nos permitiría conocer el origen de soluciones hidrotermales y con ello determinar la profundidad de precipitación de minerales de mena y ganga.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albinson et al. (2001). *posible evolucion tectonica de la deflexion de Abancay e implicancias Geotectonicas de la Region Sur Oriental del Peru*. Lima, Perú:
Resumene extendido IX Congreso Peruano de Geologia.
- Bateman A. M. (1982). *Yaciminetos Minerales de Rendimiento economico*. España:
OMEGA S.A.
- Behar, D. S. (2008). *Metodologia de la Investigacion*. Editorial Shalom.
- Benavides V. (1962). *Estratigrafia Pre - Terciaria de la Region de Arequipa*. Lima: Bol.
Soc. Geol. del Perú.
- Bisa. (2010). *Informe de Ensayo. Ensayo minegrafico de Veintiun Muestras*. minera
Bateas S.A.C.
- Bogie, I. y Lawless, J.V., (1987). *Controls on the hydrology of large volcanically hosted
geothermal systems: implications for exploration for epithermal mineral deposits,
en Proceedings Pacific Rim Congress*. Australia: Australasian Institution of
Minig and Metallurgy.
- Bustillo Revuelta, M. y Lopez Jimeno, C. (1996). *Recursos minerales. tipologias,
prospeccion, evaluacion, explotacion, mineralurgia, impacto ambiental*. Madrid:
Entorno Grafico S. L.
- Canchaya, S. (1992). *The prophage sequences of Lactobacillus plantarum strain WCFS1*.
Academico.



- Candiotti. et al. (1990). *Geologic Setting and Epithermal silver veins*. Arcata district Southem Perú: Vol. 85.
- Carr, D. D. Y Herz. (1989). *concise encyclopedia of mineral resources*. Pergamon Press.
- Charaja, F. C. (2011). *El Mapic en la Investigacion Cientifica* (Tercera ed.). Puno, Perú: Corporacion Sirio Eirl. doi:2018-06184
- Chumsky. et al. (2009). *Technical Review Caylloma Project*. Perú.
- Diaz Prieto, P. (1995). *Glosario de terminos mineros (Ingles español/ Español- Ingles)*. España: Publicaciones Universidad de Leon.
- Echevarria et al. (2008). *Estudio de los volcanicos cenozoicos del sur del peru y su relacion con la metalogenia*. Lima, Perú: Ingemmet.
- Echevarria. et al. (2006). *Geologic evolution of the Caylloma Epithermal Vein Distrit Southem*. Peru: V. 101.
- Einaudi, M. T.; Hedenquist, J.W. y Inan, E.E. (2003). *Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: transitions from porphyry to epithermal environments*. Society of Economic Geologists, Special Publication.
- Fornari, M., & Vilca, C. (1979). *Mineralizacion argentifera asociada al volcanismo cenozoico en la faja Puquio - Cailloma*. Lima: Boletin de la Sociedad Geologica del Perú.
- Gibson. et al. (1995). *Timing And Interrelation Of Magmatic, Tectonic, And Hydrothermal Activity At The Orcopampa District, Southern Peru*. Peru.
- Hedenquist, H. (1987). *Depósitos epitermales de alta y baja sulfuración*. ResearchGate.



- Hernandez Samphieri, Roberto y otros . (2010). *Metodologia de investigacion* . Lima: 3ra edicion.
- Hernandez, R., Fernandez, H., & Baptista, P. (2014). *Metododologia de la investigacion* (6ta Edicion ed.). Mexico: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Ingemmet. (s.f.). *geologia de Cudrangulo de Caylloma*. Obtenido de [HTTP://WWW.Geología-cuadrángulo de Caylloma/%2831s%29%2C1988.PDF](http://WWW.Geología-cuadrángulo de Caylloma/%2831s%29%2C1988.PDF).
- Lunar, R. y Oyarzun, R. . (1991). *Yaciminetos minerales: Tecnicas de estudio, tipos, evolucion metalogenica, exploracion*. Centro de estudios Ramon Areces.
- Maksaev, V. (2001). *Metalogenesis*. Medellin.
- Muller, D.; Kaminski, K.; Uhlig, S.; Graupner, T. y Herzing, P. (2002). *The transition from porphyry- to epithermal-style gold mineralization at Ladolam, Lihir Island*. Papua New Guinea: Mineralium Deposita.
- Ñaupas et al. (2014). *Metodologia de la Investigacion, Cuantitativa - Cualitativa y Redaccion de la Tesis* (Vol. 4ta Edicion). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. doi:ISBN 976-956-762-188-4
- Quang, C.; Clark, A.; Lee, J. y Hawkes, N. (2005). *Response of Supergene Processes to Episodic Cenozoic Uplift, Pediment Erosion, and Ignimbrite Eruption in the Porphyry Copper Province of Southern Perú: Economic Geology*, (Vol. 100). Peru.



- Reed, M. (1997). *Hydrothermal Alteration and Its Relationship to Ore Fluid Composition*. En: *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. tercera edición, Hubert L. Barnes .
- Rose, & Burt. (1983). *Alteracion hidrotermica y mineralización de los complejos de anillos anogénicos alcalinos de Nigeria*. Nigeria: ScienceDirect.
- Sawking, F. (1984). *Metal deposits in relation to plate tectonics*. Springer-Verlag.
- Sempere. et al. (2002).). *Late Permian–Middle Jurassic lithospheric thinning in Peru and Bolivia, and its bearing on Andean-age tectonics; Tectonophysics*.
- Sillitoe y Hedenquist. (2003). *Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore-Fluid Compositions, and Epithermal Precious Metal Deposits*. special Publication.
- Skinner, B. (1980). *Economic Geology - Seventy-fifth anniversary* (Vol. 19051980). el paso, Texas: economic Geology Publishing co.
- Smornov, V. I. (1982). *Geologia de Yacimientos minerales*. Mir.
- Steinmuller, K. (2001). *Modern hot springs in the southern volcanic Cordillera of Peru and their relationship to Neogene epithermal precious-metal deposits*. -*Journal of South American Earth Sciences*. Volume 14.
- Townley, B. (2001). *Metalogénesis: hidrotermalismo y modelos de yacimiento*. Chile.
- Trouret, J., Worner, G., Gunnell, Y., Singer, B., & Zhang, X. y. (2007). *Geochronologic and stratigraphic constraints on canyon incision and Miocene uplift of the Central Andes in Perú: Earth and Planetary Science Letters* (Vol. 263).

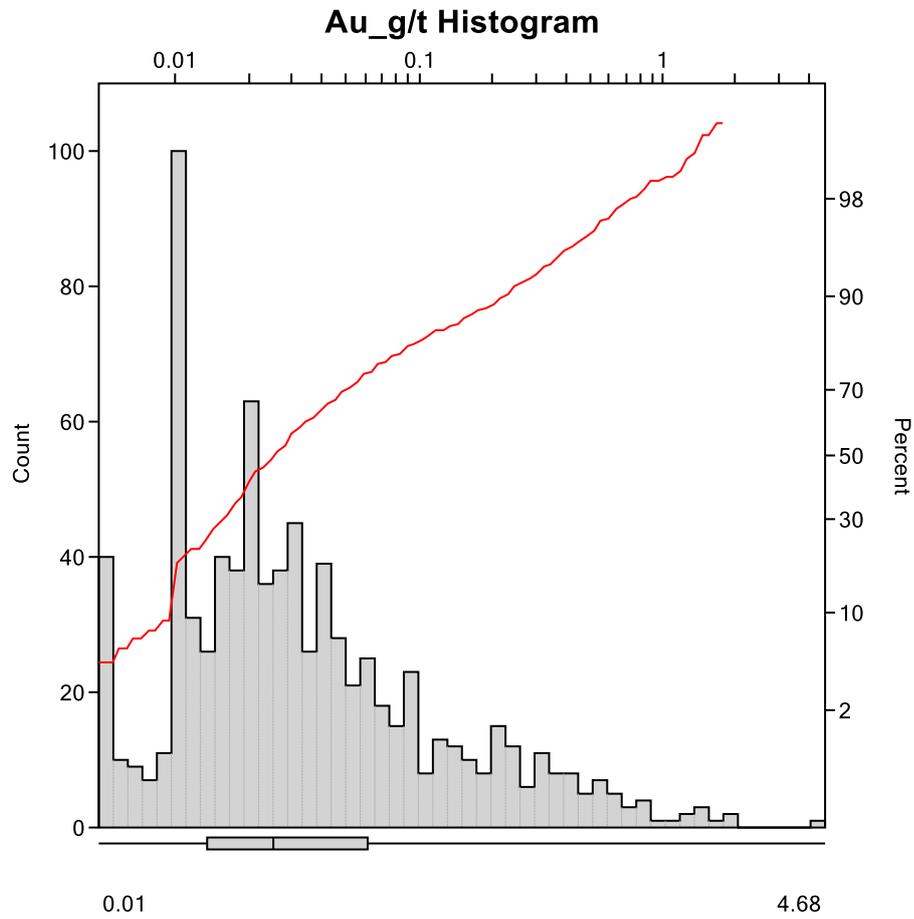


- Tumialan de la Cruz, P. (2003). *compendio de yacimientos minerales del Peru*. geologia economica, INGEMMET.
- Valdiviezo Guzma, L. (2003). *Seguridad e higiene minera en la Cía. Minera Caylloma*. S. A. Lima: Universidad Nacional de San Marcos.
- Vargas Zuñiga, C. (2011). *Vein paragenesis, breccia stages, structural geology, and volcanic lithostratigraphy of the Animas vein, Caylloma Pb-Zn-Cu-Ag district, Southern Perú*.
- Vazques Guzman, F. (1997). *Geologia Economica de los Recursos Minerales*. Madrid: Fundacion Gomes Pardo.
- Yanarico, M. (2011). *Alteraciones Hidrotermales*. Puno.



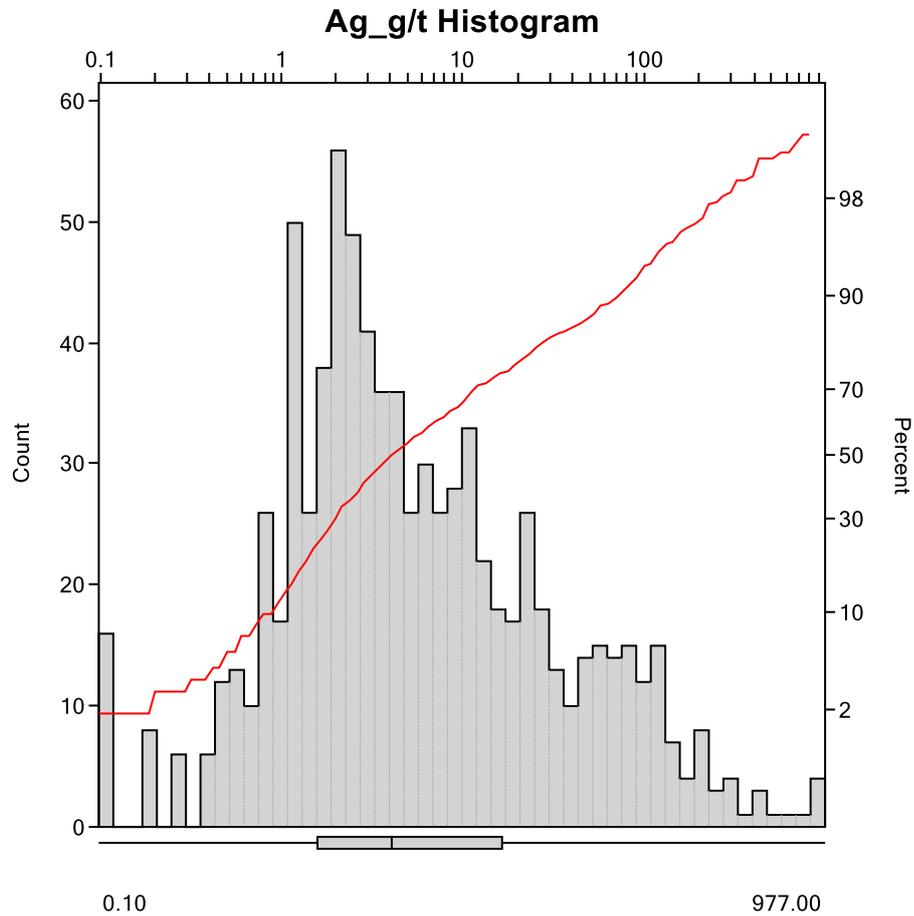
ANEXOS

ANEXO A: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DEL ORO



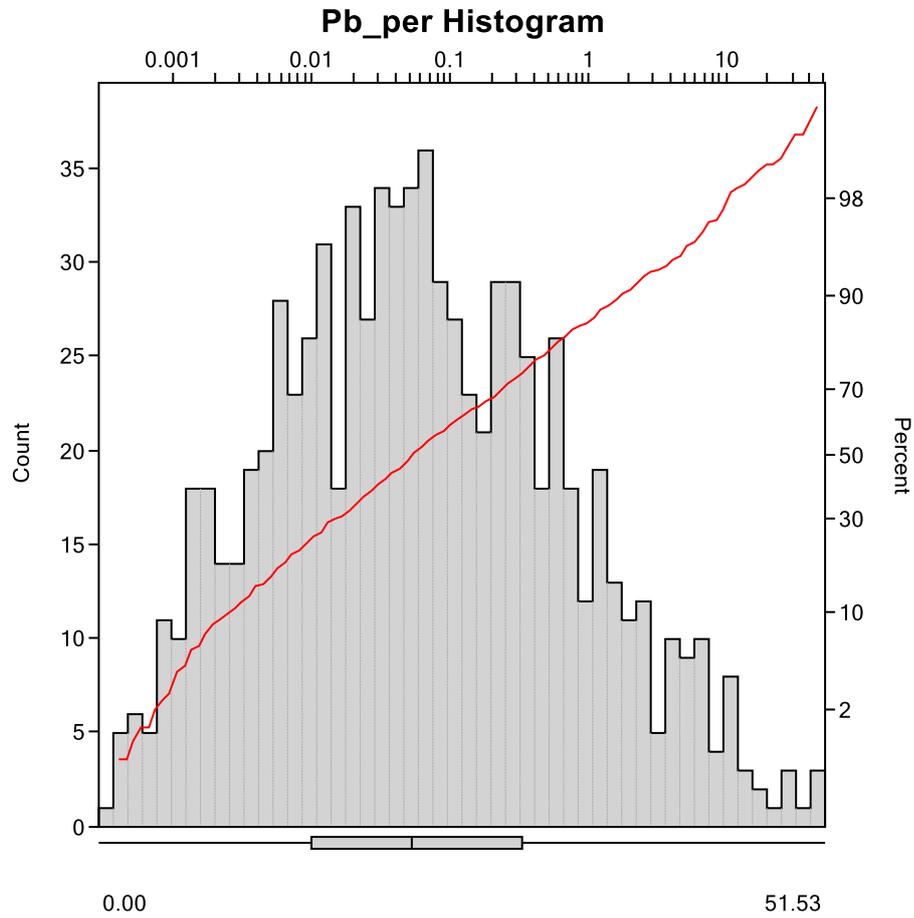
Assay Field	Count	Min	Max	Mean	Standard Deviation	Geometric Mean	Median	Mode	Variance
Au_g/t	835	0.01	4.68	0.09	0.25	0.03	0.03	0.01	0.06

ANEXO B: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DE LA PLATA



Assay Field	Count	Min	Max	Mean	Standard Deviation	Geometric Mean	Median	Mode	Variance
Ag_g/t	835	0.1	977	28.49	85.62	5.51	4.1	1.2	7330.03

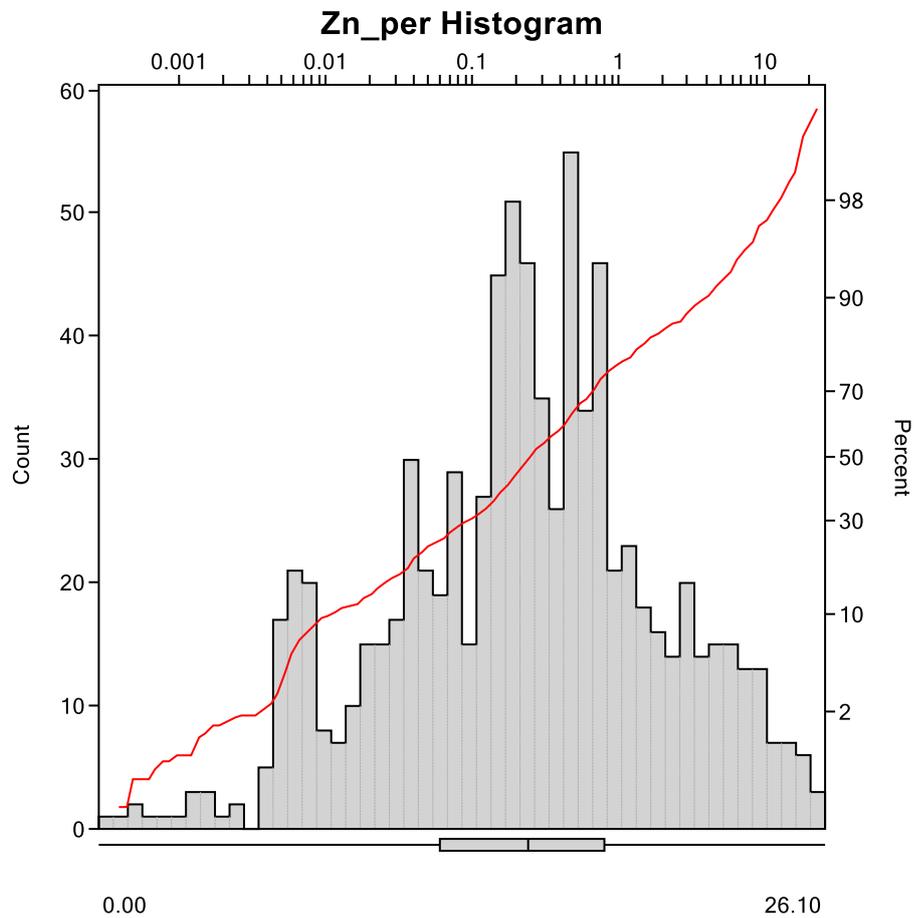
ANEXO C: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DEL PLOMO



Assay Field	Count	Min	Max	Mean	Standard Deviation	Geometric Mean	Median	Mode	Variance
Pb_per	835	0	51.53	1.02	4.15	0.06	0.06	0	17.19

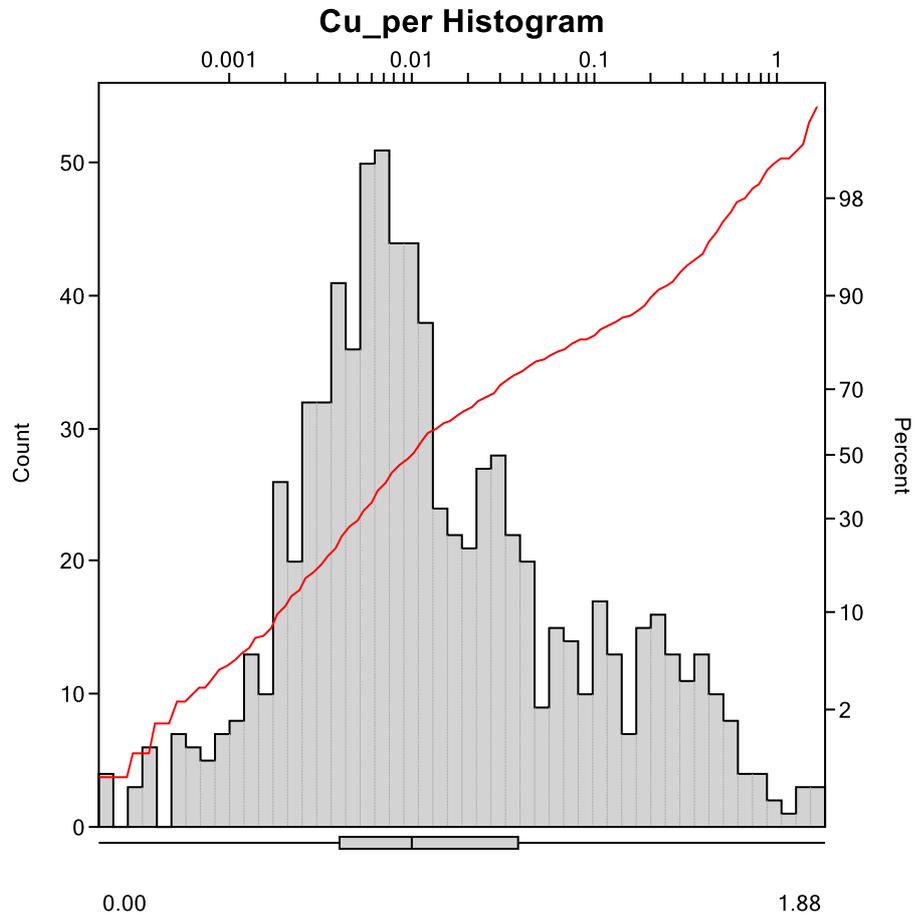


ANEXO D: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DEL ZINC



Assay Field	Count	Min	Max	Mean	Standard Deviation	Geometric Mean	Median	Mode	Variance
Zn_per	835	0	26.1	1.36	3.08	0.24	0.26	0.25	9.48

ANEXO E: HISTOGRAMA Y CURVA DE PROBABILIDAD DEL COBRE



Assay Field	Count	Min	Max	Mean	Standard Deviation	Geometric Mean	Median	Mode	Variance
Cu_per	835	0	1.88	0.08	0.19	0.01	0.01	0	0.04

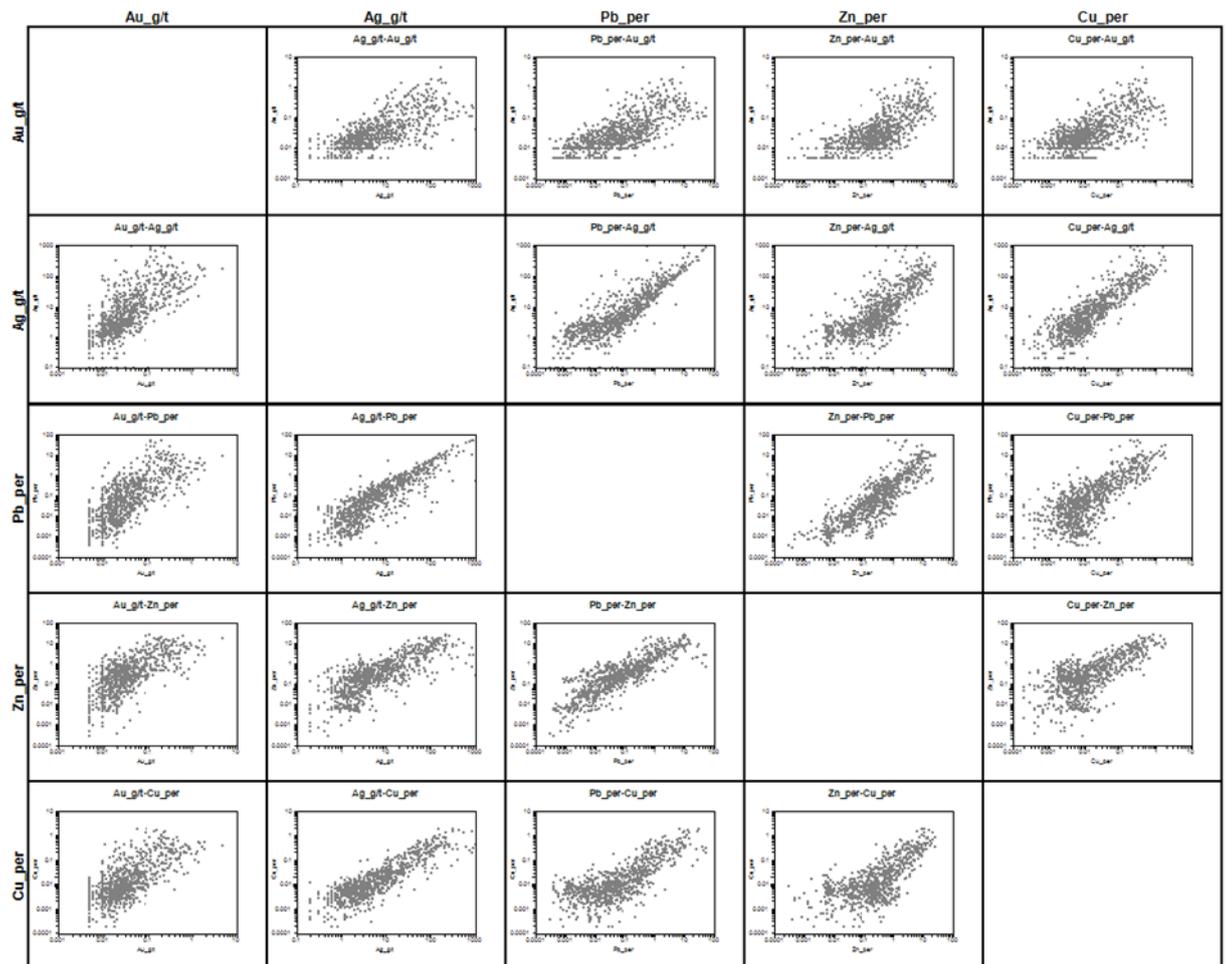


ANEXO F: GRAFICOS DE DISPERSION SCATTER DE CORRELACION ENTRE EL ORO-PLATA-PLOMO-ZINC Y COBRE

Animas Multi-Scatter Report

Project: Geoquímica
Project date: 2022/05/17

Creator: MarcosMollo
Report date: 2022/05/20





DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Marcos Isabelino Hollo Vara
identificado con DNI 41957555 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

"Ingeniería Geológica"
, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"Ingeniero Geologo"

"Es un tema original.

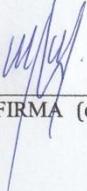
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 14 de Junio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Marcos Isabelino Mollo Vara
identificado con DNI 41957555 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

"Ingeniería Geológica"

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Ingeniero Geólogo"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 14 de Junio del 2023



FIRMA (obligatoria)

