

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Análisis del control estructural en vetas de rumbo E-W en el
centro del Perú para la ubicación de clavos mineralizados**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo

Elaborado por

Deyvis Frank Chavez Palacin

 [0009-0001-9221-1459](https://orcid.org/0009-0001-9221-1459)

Asesor

MSc. David Rolando Rojas Caballero

 [0000-0001-9130-4154](https://orcid.org/0000-0001-9130-4154)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Chavez Palacin [1]
Referencia/Reference	[1] D. Chavez Palacin, “Análisis del control estructural del yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W para la ubicación de clavos mineralizados” [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Chavez, 2025)
Referencia/Reference	Chavez, D. (2025). <i>Análisis del control estructural del yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W para la ubicación de clavos mineralizados</i> . [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A toda mi familia, por su apoyo incondicional, por haberme brindado siempre la confianza en lograr y poder consolidar mis estudios. En especial a mis padres, porque todo lo que soy se lo debo a ellos y por inculcar en mí la importancia de estudiar y ser mejor.

Agradecimientos

A Dios por darme la sabiduría y fuerza para culminar esta etapa académica. A mis padres que han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio.

A la Universidad Nacional de Ingeniería y a todos los docentes de mi casa de estudios a quien debo parte de mis conocimientos y que llevaré conmigo en mi transitar profesional, por su dedicación, perseverancia y tolerancia.

Agradezco también al personal que labora en Mina Animón, principalmente quienes me permitieron realizar mi trabajo de suficiencia profesional y disponer de la información, en especial al superintendente del área y directivos de dicha empresa, quienes me apoyaron en el desenvolvimiento dentro de la empresa.

Resumen

En todo proyecto minero se busca incrementar los recursos minerales y buscar zonas de oportunidad con mayor contenido metálico para extender económicamente el minado en las estructuras mineralizadas con la finalidad de recuperar el mineral insitu y/o identificar dichas zonas de mayor valor económico.

El presente trabajo de suficiencia profesional cuyo propósito es realizar una investigación del análisis estructural de vetas de rumbo E-W las cuales son de mayor extensión, con mayor énfasis en los extremos y/o zonas de borde para evaluar su continuidad de mineralización y buscar zonas de clavos mineralizantes con mayor contenido metálico, tomando en cuenta los saltos estructurales existentes propiamente del comportamiento de la cinemática estructural del yacimiento.

El análisis de la cinemática estructural se analiza con el estudio de las fallas, estos datos tomados del mapeo en campo son interpretados determinando el tipo de movimiento que acompaña a las estructuras mineralizadas. La interpretación se compara con la teoría de Riedel corroborando el sentido del movimiento y la dirección de esfuerzos que generaron estos. Los eventos de deformación que se tuvo en el yacimiento Animón fueron claves en la formación y distribución del contenido mineral, estos eventos formaron las estructuras principales y también zonas de cierre y apertura identificando los clavos mineralizados en las estructuras de rumbo E-W.

La interpretación de clavos mineralizantes se determina por desplazamiento de fallas de dirección NW-SE debido al movimiento comprensivo N-S que generan zonas de cierre y desplazamiento en las estructuras principales E-W

Palabras claves — Clavos mineralizantes, sistemas de fallas, modelo de Riedel, cinemática estructural, saltos estructurales, estructuras mineralizadas.

Abstract

In every mining project, it needs to increase mineral resources and search for opportunity zones with greater metallic content to economically extend mining in mineralized structures with the purpose of recovering the mineral in situ and/or identify those areas of greatest economic value.

The present work of sufficiency professional whose purpose is to carry out an investigation of the structural analysis of E-W trending veins which are of greater extension, with greater emphasis on the ends and/or edge zones to evaluate their continuity of mineralization and search for zones of ore shoots with higher metallic content, considering the existing structural jumps due to the behavior of the structural kinematics of the deposit.

Structural kinematics are analyzed through fault studies. These data, taken from field mapping, are interpreted to determine the type of movement accompanying the mineralized structures. The interpretation is compared with Riedel's theory, corroborating the direction of movement and the stresses that generated them. The deformation events that occurred at the Animon deposit were key to the formation and distribution of mineral content. These events formed the main structures as well as closure and opening zones, identifying the ore shoots in the E-W structures.

The interpretation of ore shoots is determined by the displacement of faults in a NW-SE direction due to the N-S compressive movement that generates closure and displacement zones in the main E-W structures.

Keywords — Ore shoots, fault systems, Riedel model, structural kinematics, structural jumps, mineralized structures.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xiii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del problema de investigación.....	2
1.3 Objetivos del estudio	3
1.4 Antecedentes investigativos	4
1.4.1 Antecedentes Internacionales	4
1.4.2 Antecedentes nacionales.	4
1.4.3 Antecedentes locales	5
Capitulo II. Marcos teórico y conceptual.....	6
2.1 Marco teórico	6
2.1.1 Geología estructural.....	6
2.1.2 Teoría de Riedel.....	7
2.1.3 Exploración minera	8
2.1.4 Mineralización de vetas.....	9
2.1.5 Cinemática de fallas.....	10
2.1.6 Yacimiento cordillerano	10
2.1.7 Mapeo geológico.....	11
2.2 Marco conceptual.....	11
2.2.1 Modelo	11
2.2.2 Galería	11
2.2.3 Cuerpo	11
2.2.4 Recursos.....	12
2.2.5 Falla.....	12

2.2.6	Formación	12
2.2.7	Muestreo	12
2.2.8	Ley	12
2.2.9	Clavos mineralizantes	12
2.3	Metodología de la Investigación	12
2.3.1	Tipo y diseño de la investigación.....	12
2.3.2	Unidad de análisis.....	13
2.3.3	Matriz de consistencia.....	15
2.4	Hipótesis	16
2.5	Operacionalización de variables.....	16
2.5.1	Variable dependiente	16
2.5.2	Variable independiente.....	16
2.5.3	Indicadores	16
2.6	Geología regional.....	16
2.6.1	Geomorfología	16
2.6.2	Estratigrafía.....	17
2.6.3	Rocas Intrusivas.....	33
2.6.4	Evolución tectónica	33
2.7	Geología local	34
2.7.1	Estratigrafía.....	34
2.7.2	Rocas Ígneas	35
2.7.3	Geología Estructural.....	36
2.7.4	Mineralización	38
2.7.5	Alteraciones	40
2.7.6	Paragénesis	41
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		45
3.1	Mapeo geológico.....	45
3.2	Logueo geológico.....	49

3.3	Muestreo	54
3.4	Revisión de mapeos.....	56
3.4.1	Sistema Andalucía – V3	57
3.4.2	Sistema Principal – Split 225 Principal	59
3.4.3	Sistema Janeth Piso – Split Janeth	60
	Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados	61
4.1	Evolución estructural.....	61
4.1.1	Pre - Mineralización.....	61
4.1.2	SYN Mineralización 1	62
4.1.3	SYN Mineralización 2	62
4.1.4	SYN Mineralización 3	63
4.1.5	Post – Mineralización	64
4.2	Análisis estructural	65
4.3	Posibles clavos mineralizantes en el sistema E-W	68
4.3.1	Sistema Andalucía – V3	69
4.3.2	Sistema Principal – Split 225 Principal	70
4.3.3	Sistema Janeth Piso – Split Janeth	70
	Conclusiones	72
	Recomendaciones	74
	Referencias bibliográficas.....	75
	Anexos	77

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Matriz de consistencia.....	16

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 : Modelo de ruptura ideal para un macizo rocoso a lo largo de un plano de falla sinestral	6
Figura 2 : Modelo de Riedel para un sistema sinestral.....	8
Figura 3 : Tres tipos de falla en función de la orientación de los vectores de esfuerzo y planos de rotura	9
Figura 4 : Mapa de ubicación y acceso a unidad Animón – Compañía Minera Chungar S.A.A.....	14
Figura 5 : Mapa geológico de mina Animón– Compañía Minera Chungar S.A.A.....	14
Figura 6 : Ubicación del yacimiento Animón en el mapa del Perú.....	15
Figura 7 : Columna estratigráfica de la geología regional	32
Figura 8 : Columna estratigráfica de la geología local.....	36
Figura 9 : Eventos de deformación	37
Figura 10: Paragénesis de mina Animón	42
Figura 11: Zonamiento mineralógico.....	44
Figura 12: Implementos para realizar el mapeo	45
Figura 13: Mapeo geológico en interior mina, toma de datos de la estructura mineralizada.	48
Figura 14: Mapeo geológico en cansón a escala 1/250	48
Figura 15: Codificación de la mineralización	50
Figura 16: Mineralización en disseminación	51
Figura 17: Mineralización en parches	51
Figura 18: Mineralización en vetillas y venillas.....	52
Figura 19: Mineralización en textura Brechado	52
Figura 20: Mineralización en fragmentos	53
Figura 21: Mineralización en textura masiva	53
Figura 22: Registro de Logueo en GDMS	54
Figura 23: Muestreo sistemático de frente	55

Figura 24: Vista en planta de mina Animón.....	56
Figura 25: Vista en sección de mina Animón	57
Figura 26: Mapeo de Veta Andalucía – Veta 3 Nv4000.....	58
Figura 27: Plano longitudinal de Veta Andalucía – Veta 3.....	58
Figura 28: Mapeo de veta principal – Veta Split 225 Principal Nv3950	59
Figura 29: Plano longitudinal de veta principal – Split 225 Principal.....	59
Figura 30: Mapeo de veta Janeth Piso – Veta Split Janeth Nv4000	60
Figura 31: Plano longitudinal de Veta Janeth Piso – Split Janeth.....	60
Figura 32: Estaciones microtectónicas.....	61
Figura 33: Evento de deformación 1. Movimiento compresivo E-W	62
Figura 34: Evento de deformación 2 y 3. Movimientos compresivos NE – SW, ENE – WSW	63
Figura 35: Evento de deformación 4. Movimiento compresivo NW-SE	63
Figura 36: Evento de deformación 5. Régimen Compresivo N – S.....	64
Figura 37: Eventos de deformación mina Animón.....	64
Figura 38: Modelo de Riedel para movimiento sinextral en estructuras E-W.....	65
Figura 39: Modelo estructural de estructuras E-W mineralizados por el segundo movimiento de deformación en mina Animón	66
Figura 40: Modelo estructural de estructuras NW- SE mineralizados en mina Animón ...	66
Figura 41: Modelo estructural de estructuras NE-SW mineralizados en mina Animón	67
Figura 42: Modelo estructural de estructuras NW-SE estériles	68
Figura 43: Mapeo de la zona de cierre entre las vetas V3 y Split V3.....	68
Figura 44. Clavos mineralizados en el sistema Andaluca – V3	69
Figura 45: Clavos mineralizados en el sistema Principal – Split 225 Principal.....	70
Figura 46: Clavos mineralizados en el sistema Janeth Piso Split Janeth	71

Introducción

El presente trabajo de suficiencia profesional cuyo aporte es realizar el análisis estructural del yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W para buscar zonas de clavos mineralizantes. Se ha estructurado en los siguientes capítulos.

En el capítulo I, contiene las generalidades, la descripción de la problemática que refiere a las limitaciones en la inadecuada interpretación estructural del yacimiento Animón para la ubicación de clavos mineralizantes netamente en el sistema principal de mineralización E-W. Se establece el objetivo del análisis estructural, y los antecedentes investigativos referidos a dicho estudio.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico que sustenta la variable de la investigación y el marco conceptual donde se describen los principales conceptos que se utilizan en el trabajo de suficiencia profesional, además se detalla la metodología de la investigación juntamente con la hipótesis planteada. La geología regional y local de la zona de estudio es detallada al final de este capítulo.

En el capítulo III, se realiza el desarrollo del trabajo de investigación. En primer lugar, se aborda el mapeo en campo detallando la parte estructural; en segundo lugar, se revisa la perforación diamantina cercanas a la zona de estudio para ver los impactos obtenidos y, por último, se realiza el análisis del control estructural del yacimiento Animón dando importancia a las estructuras mineralizadas principalmente de rumbo E-W.

En el capítulo IV, se realiza el análisis y discusión de los resultados, para esto se ve la evolución estructural del yacimiento Animón y se realiza el análisis estructural para determinar control estructural en la ubicación de clavos mineralizantes y continuidad de la estructura mineralizada relacionando los saltos estructurales. Además, se da a conocer los clavos mineralizados y las posibles extensiones dentro del yacimiento Animón. El trabajo concluye con las respectivas conclusiones y recomendaciones, el cual se presenta en el ítem correspondiente.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

La investigación a desarrollar cuyo título está orientada a estudiar el análisis estructural del yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W para la búsqueda de clavos mineralizantes y zonas de mejor calidad de mineral en ley y volumen, tiene el fin de resolver los problemas de la situación actual en los yacimientos con mayor control estructural en la mineralización donde hay una variabilidad en la exploración y búsqueda de nuevas estructuras, para ello se realiza el análisis estructural del yacimiento y se busca comprender espacialmente que zonas son de apertura y cierre del contenido mineral.

Los resultados de la exploración geológica en todo yacimiento minero incluyen una serie de datos y en algunas unidades mineras generalmente se basan solo en resultados de sondajes diamantinos y mineralización, teniendo ello realizan la interpretación de la estructura mineralizada que muchas veces no concuerdan con la realidad. La falta de incluir el análisis estructural da opciones a otras interpretaciones que se ajustan más al yacimiento.

En este sentido, esta investigación no tendrá un alcance a nivel general para toda la unidad minera, pero si por lo menos para las estructuras mineralizadas en vetas similares de rumbo E-W dentro de la zona de estudio o fuera de ésta. El propósito de investigar el control estructural de estas estructuras del yacimiento es dar confiabilidad a la interpretación y buscar oportunidades de encontrar potencial, además de realizar una correcta planificación de explotación y optimizar la recuperación de mineral.

Grandes y pequeñas empresas mineras intentan responder a estas cuestiones utilizando todas las herramientas disponibles ligadas a la geología económica. Algunas unidades mineras optan por los métodos simples de perforación diamantina que confirmen la mineralización obviando el estudio estructural y mineralógico que son datos obtenidos en campo, el cual optimiza costos y genera beneficios en la interpretación. Esta investigación servirá también para encontrar oportunidades de mineral hacia zonas

anteriormente minadas y en lo posible reinterpretar el alcance de las estructuras mineralizadas hacia los extremos y en profundidad la continuidad de la mineralización. La conclusión de esta investigación responderá a la pregunta común que se realiza en todo yacimiento minero que es ¿habrá continuidad de la veta y zonas de mayor contenido mineral?

1.2 Descripción del problema de investigación

Toda empresa minera requiere incrementar sus reservas de minerales, por lo tanto, la falta de realizar una exploración utilizando un modelo estructural, que nos dé indicios de la continuidad de la mineralización y clavos mineralizantes en base a los lineamientos estructurales afecta a la producción económica de toda empresa minera. Además, el deficiente análisis estructural de un yacimiento limita la ubicación de nuevas zonas de mineralización.

Villena, J. (2022), en su tesis “Modelo estructural de Riedels en el análisis de las vetas mineralizadas del proyecto Corona – Antimonio”. menciona que se debe evaluar la continuidad de la mineralización en forma vertical como longitudinal para incrementar los recursos, y el problema de definir la continuidad de la mineralización se basa en la falta de interpretación estructural del yacimiento. Para realizar este estudio utiliza el modelo de Riedels (Riedel, W., 1929), donde requiere determinar los esfuerzos que contribuyeron a la formación de estructuras geológicas y los desplazamientos en función de los indicadores cinemáticos para realizar una explicación del origen de mineralización y zonas más económicas. Villena detalla la deficiencia en el incremento de las reservas de minerales, y las consecuencias que produce.

Muchos yacimientos minerales están formados dentro de áreas estructuralmente complejas. Por tanto, las estructuras geológicas y la alteración hidrotermal relacionada controlan en cierta medida la mayoría de los yacimientos. Estas estructuras, tanto a pequeña como a gran escala, tienen un impacto sobre casi todos los aspectos técnicos de la exploración de minerales y explotación minera, incluyendo control de la ley, estimación de recursos, determinación de objetivos, ingeniería del macizo rocoso e hidrogeología.

Pérez Flores, Pamela et al., (2022) en su publicación “Geología Estructural y Tectónica Aplicada a Exploración Minera” se refiere a los fundamentos, aspectos teóricos y herramientas geológicas a utilizar en el campo para lograr comprender la geología estructural y tectónico. También menciona buscar entender las limitaciones de los conceptos de geología estructural que permiten abordar los problemas en la inadecuada interpretación de las estructuras mineralizadas y mejorar la estrategia en la exploración minera.

La deficiente interpretación de las estructuras mineralizadas sin haber incluido el análisis estructural genera muchas veces interpretaciones erróneas que no se acercan a la realidad y genera que al ingresar con labores subterráneas no se tiene la confiabilidad y certeza de las estructuras, esto ocasiona pérdidas de recursos y costos no planificados, lo que conlleva a cambiar un plan diseñado inicialmente. Muchas veces al realizar este cambio en el plan de minado ocasiona dificultad en la recuperación de mineral que afecta económicamente a la empresa.

Generalmente se realizan nuevos proyectos de perforación diamantina en extremos de estructuras mineralizadas donde se requiere confirmar la extensión y continuidad de una estructura, no analizando el mapeo estructural a detalle y no considerando una interpretación estructural, esto genera mayores costos en solo confirmar pequeñas zonas de mineral.

En base a lo expuesto se plantea el siguiente problema: ¿En qué limita el inadecuado análisis estructural del yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W para la ubicación de clavos mineralizantes?

1.3 Objetivos del estudio

Analizar el comportamiento estructural del yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W para la ubicación de clavos mineralizantes.

1.4 Antecedentes investigativos

1.4.1 Antecedentes Internacionales

Boetsch, M. (2014), en su tesis “Control Estructural de la Mineralización Argentó – Aurífera y Criterios de Exploración en el Distrito Cerro Bayo, Región de Aysén, Chile”, menciona que vetas de cuarzo de ambiente epitermal subverticales de oro y plata son emplazados a través de fallas de orientación N-S a NW-SE y sistemas de fallas con orientación NE-SW a E-W cortan las secuencias mineralizadas ocasionando un desplazamiento en las estructuras mineralizadas. En su investigación identifica las estructuras principales y secundarias, establece las fases de mineralización y por último determina la relación geométrica y cinemática de las fallas. Los resultados obtenidos concluyen que las vetas de oro y plata presentan fuerte control estructural e identificó vetas sigmoidales con contenido económico de mineral.

Las relaciones geométricas de las vetas principales y secundarias a la mineralización permiten determinar que la apertura principal del sistema (T), equivalente al esfuerzo mínimo de deformación (σ_3), no varía entre ambos sistemas. Los resultados obtenidos indican que la apertura principal es horizontal con orientación N57°E, por lo que los planos de vetas de mayores espesores son subverticales con orientaciones de N33°W. Por otra parte, los planos de vetas asociados a la apertura secundaria presentan orientaciones dentro del rango N69°W a N43°W y N53°W a N11°.

1.4.2 Antecedentes nacionales.

Suaña, A. (2017), en su tesis “Formulación de un Modelo Geológico – Estructural en el Sistema Skarn Santa Rosa Compañía Minera Raura”, realiza un análisis estructural del sistema Skarn como parte de toda su investigación para la ubicación de zonas de mayor volumen y ley.

El comportamiento estructural del yacimiento Raura limitada al oeste por la falla Chonta y al este por la falla Raura ambas con rumbo andino NW-SE. También presenta un segundo sistema de fallas transversales que se diferencian en 3 familias NWW-SEE, E-W

y NE-SW. Siendo las zonas con mayor volumen de mineral la intersección de estructuras NW-SE y estructura E-W generando cuerpos de gran volumen y ricos en Zn, Pb y Ag.

El sistema Santa Rosa se forma dentro de un contexto regional aplicado a pequeña escala a zonas de distensión (apertura) y de compresión (cierre), esto se determinó de acuerdo a la geometría de las fallas, las cuales corresponden en su mayoría a fallas de corrimiento siniestral-inversas, siendo las preparadoras del sistema las fallas longitudinales de rumbo andino correspondiente al cuerpo Santa Rosa, y de acuerdo a los análisis realizados se determinó que la mineralización de este cuerpo se debió a las reactivaciones posteriores generadas por los sistemas E-W; el enriquecimiento del cuerpo no solo se dió horizontalmente, en la vertical se pueden observar desplazamientos inversos de las fallas de rumbo andino generando cuerpos de hasta 15m de potencia, siendo esta característica el mayor potencial del cuerpo a medida que es sometido a desplazamiento.

1.4.3 Antecedentes locales

Pizarro, A. (2021), en su tesis “Análisis Estructural en Vetas de Alto Buzamiento y su Comportamiento a Profundidad en la Búsqueda de Estructuras Mineralizadas Favorables en Yacimientos Polimetálicos”, realiza su estudio en Mina Bethania – Huancavelica, detalla el análisis estructural de vetas de alto buzamiento para la búsqueda de nuevas estructuras mineralizadas en profundización con buen contenido metálico y la continuidad de dichas estructuras en longitud horizontal y profundidad. Las vetas estudiadas fueron veta Española y 12 de Mayo hacia niveles inferiores en busca de otras estructuras mineralizadas favorables, teniendo en cuenta las características geológicas en base a los enfoques teóricos, prácticos y las técnicas geológicas conocidas que son dirigidos por estudios realizados en la zona y datos tomados en campo. Se identifica que estas estructuras presentan fallas en profundidad y el comportamiento son tipo rosario la cual permite identificar zonas de mayor apertura y elaborar una malla de perforación para la exploración de dichas estructuras.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

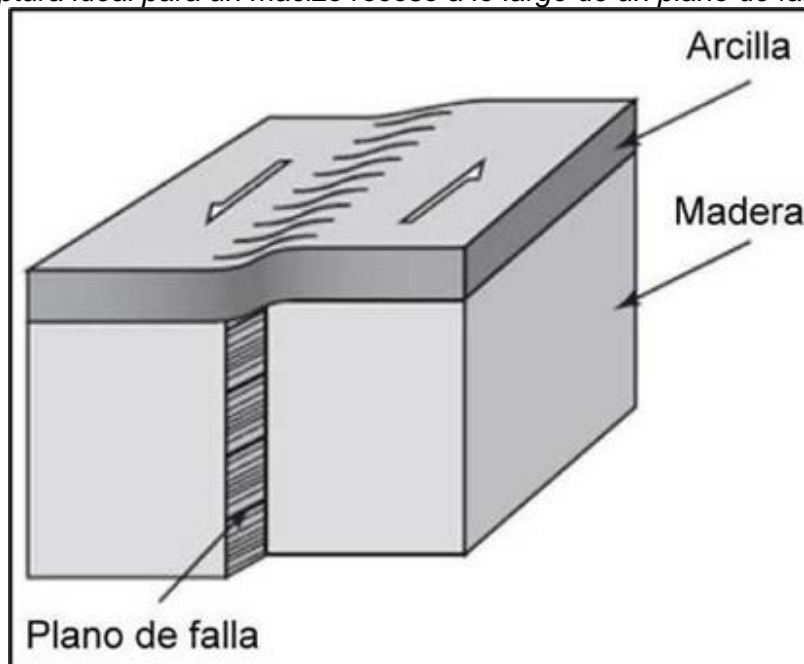
2.1 Marco teórico

2.1.1 Geología estructural

Van Der Pluijm y Marshak (2004), en su estudio “Introducción a la geología estructural y tectónica” menciona que el indicador cinemático permite determinar el movimiento de una falla y para entender esto, primero es necesario conocer cómo es que se genera una falla, lo cual se recurrirá al modelo de ruptura clásico de un macizo rocoso en la Figura 1. Aquí es posible observar que una falla no corresponde a un plano 100% uniforme que corta a una roca, sino que en realidad está compuesta por una serie de fracturas con cinemáticas propias que llegan a interconectarse dando lugar a la falla en sí. Observando un poco más de cerca, dichas fracturas, conocidas como del tipo Riedel, tienen relaciones geométricas bien definidas según ángulos oblicuos respecto a la traza de la falla principal. De este modo, por ejemplo, en el modelo de (Riedel, 1929) se plantea que el sentido del movimiento del bloque que no alberga a los ángulos oblicuos es el mismo hacia donde estos ángulos están inclinados.

Figura 1

Modelo de ruptura ideal para un macizo rocoso a lo largo de un plano de falla sinistral



Nota: Gráfico tomado de Van Der Pluijm y Marshak (2004) “Introducción a la geología estructural y tectónica”

La interpretación cinemática de microestructuras es el proceso por el cual se analizan los diferentes movimientos tectónicos que ocurrieron sobre una o más zonas de cizalla (Fallas y vetas). Su utilidad varía dependiendo de los objetivos que se van a conseguir. La interpretación cinemática es necesaria como un primer aproximamiento para conocer las orientaciones de los esfuerzos σ_1 - σ_2 - σ_3 .

Para la aplicación en una investigación, como sería el de la exploración y/o producción minera, ayuda a determinar zonas de apertura y de cierre tectónico vinculadas al almacenamiento de flujos mineralizantes. Para ambos casos, junto con el mapeo estructural de campo es posible conocer la evolución tectónica de una región o localidad, y en otros más puntuales es posible conocer la tendencia del estrangulamiento y ensanchamiento de vetas.

2.1.2 Teoría de Riedel

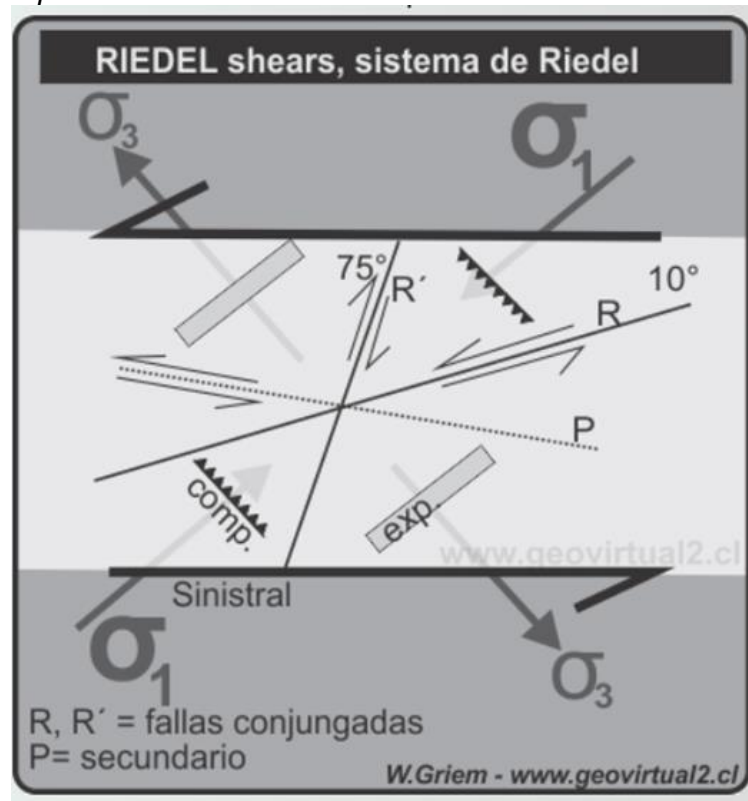
Propuesta en 1929 por W. R. Riedel, describe la formación de un conjunto de estructuras subsidiarias, llamadas "cizallas de Riedel", en una zona que está bajo las fuerzas de una falla de rumbo. Estas estructuras subsidiarias incluyen fallas sintéticas (R) y antitéticas (R'), así como estructuras de compresión y extensión, que se desarrollan en etapas a medida que la zona de falla principal evoluciona, influyendo en la deformación y el flujo de fluidos de la roca.

El modelo de Riedel se aplica a diferentes escalas, desde la escala de laboratorios y de rocas hasta la escala regional en zonas tectónicamente activas.

La teoría de Riedel relaciona también los esfuerzos que generan el movimiento y realiza un modelo de estructuras de compresión y extensión dentro de un sistema de fallas sinestrales y dextrales.

Figura 2

Modelo de Riedel para un sistema sinextral



Nota: Fuente gráfico tomado de <https://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/gestr04c.htm>

2.1.3 Exploración minera

Oyarzun, R (2013), en su estudio “Geología Estructural Aplicada a la Minería y Exploración Minera”, menciona que la cartografía diaria en interior mina genera espacio a la exploración minera, se refiere a conocer los principios geológicos principalmente las fallas y que estas juegan un papel crítico en la localización de cuerpos mineralizados.

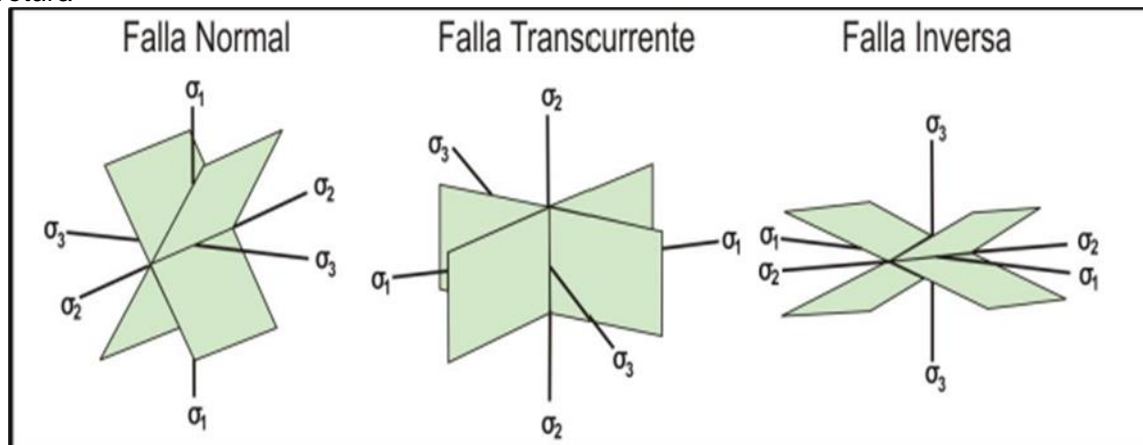
Es muy importante el detalle de fallas y su clasificación dinámica de los planos de rotura basada en el posicionamiento de los 3 vectores de esfuerzos (σ_1 - σ_2 - σ_3) (Figura 2), estos vectores son ortogonales entre si cumpliendo el requisito general $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ y dependiendo de la posición de estos vectores se definen los tipos de fallas principales: normal (σ_1 vertical, σ_2 y σ_3 horizontal), transcurrente (σ_2 vertical, σ_1 y σ_3 horizontal), e inversa (σ_3 vertical, σ_1 y σ_2 horizontal).

Las relaciones geométricas del modelo de Riedel son bastante frecuentes en afloramientos rocosos de reología frágil. Es más, las fracturas tipo Riedel (representadas

por R) se forman durante la generación y evolución de la falla. También aparecen de forma “escalonada” o “en-echelon”, es decir que ocurren de forma repetida y paralela; así como poseen la misma cinemática que la falla principal. Entonces, para la correcta determinación cinemática de una falla es imprescindible que las relaciones geométricas entre la falla y los Riedels lleguen validarse en campo para luego verificar su comportamiento.

Figura 3

Tres tipos de falla en función de la orientación de los vectores de esfuerzo y planos de rotura



Nota: Fuente gráfico tomado de Roberto Oyarzun (2013) “Geología Estructural Aplicada a la Minería y Exploración Minera”

2.1.4 Mineralización de vetas

Mamani, P. (2016), en su tesis “Estudio Geológico y Análisis Estructural de la Veta el Cofreparatia- Provincia de Lampa, Departamento de Puno”, menciona que las principales fracturas con diferentes direcciones y las características estructurales han permitido el alojamiento de la mineralización como vetas y vetillas, la intersección de fracturas de rumbo NE-SW y fallas, así como su amplia distribución ha favorecido la circulación de soluciones mineralizantes y deposición de la mineralización, debido a los movimientos pre-minerales normales se han producido clavos subhorizontales.

En la mina el Cofre se presenta una falla conjugada del tipo dextral - normal cuya dirección predominante es: N 5° - 25° E, cuyo buzamiento es de alto grado que varía entre 70° NW a subvertical, en algunos casos se puede observar estrangulamientos y ensanchamiento de la estructura, generalmente en el cambio de rumbo. Cuando se estudia la mineralización en fallas se trata del tema de espacio disponible ya que cuanto mayor

sea este, mayor será la estructura mineralizada. Las fallas a lo largo de su trayectoria generan curvas puesto que el esfuerzo que las generan tiene una dirección específica y hay sectores donde se acumulan o liberan energía dando apertura a estos espacios, por lo tanto, habrá mayor posibilidad de encontrar mineralizaciones importantes.

El movimiento de fallas a lo largo de su superficie planar perfecta es poco común en la naturaleza, bajo estas condiciones la aparición de ramales a partir de la falla principal es mínima o inexistente, sin embargo, si una falla presenta una inflexión abrupta da lugar a procesos de estiramiento o acortamiento lo que se describe como inflexiones y saltos.

2.1.5 Cinemática de fallas

Pérez, P. et al., (2022), en su publicación “Geología Estructural y Tectónica Aplicada a Exploración Minera”. Los indicadores cinemáticos son las evidencias físicas de campo que permiten conocer la cinemática (movimiento) de una falla. De manera clásica, se han utilizado desde poco antes de la primera mitad del siglo XX para poder entender la evolución de cordilleras y la generación de zonas de cizalla. En sí, corresponden a una serie de evidencias tangibles que suelen aparecer a lo largo de cualquier superficie donde haya ocurrido algún tipo de desplazamiento tectónico. De hecho, la aparición de los indicadores cinemáticos es muy independiente del sentido de movimiento de una falla, además de que pueden aparecer tanto en ambientes frágiles como en dúctiles. Una de las ventajas más interesantes de su uso en temas de cartografiado geológico es que pueden encontrarse en casi toda ubicación geográfica, de forma que sirven como buen soporte para el mapeo estructural. El indicador cinemático permite determinar el movimiento de una falla.

2.1.6 Yacimiento cordillerano

Supa, R. (2021), “Principales estadios de mineralización del yacimiento polimetálico tipo cordillerano, proyecto Zoraida - U.P. Andaychagua, Volcan compañía minera S.A.A. Junín – Perú” menciona que los sistemas pórfido magmático - hidrotermal son de los siguientes tipos 1) depósitos de pórfido de cobre, 2) depósitos epitermales de intermedia y alta sulfuración de Au y Ag, 3) depósitos de skarn de Cu, Cu-Fe, Au y Zn-Pb, 4) Las vetas

polimetálicas de tipo Cordillerano o Butte y cuerpos de reemplazo, 5) depósitos "distales" de Au. El tipo de yacimiento cordillerano se produce en un ambiente similar al de un depósito epitermal de alta sulfuración de Au-(Ag). Se forma en condiciones entre 350° y 150°C de temperatura y se produce como vetas en rocas huéspedes silíceas y como cuerpos de reemplazo en unas secuencias sedimentarias carbonatadas (Fontboté & Bendezú, 2009). En el centro del Perú, tenemos varios Yacimientos polimetálicos conocidos como; Morococha, Cerro de Pasco, entre otros Chungar, Alpamarca, Andaychagua, etc.

2.1.7 Mapeo geológico

El mapeo geológico es la representación gráfica de las estructuras geológicas existentes en una labor como fallas, sistema de diaclasas, venilleo, vetas y cuerpos mineralizados, todos en un plano topográfico con sus respectivas direcciones y buzamientos y su correcta ubicación. El mapeo geológico es importante en geología ya que nos permite interpretar estructuras dentro de una labor, siendo muy importante para la toma de decisiones siguiendo el rumbo de estas estructuras mineralizadas, además de direccionar las distintas labores en interior mina.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Modelo

Se refiere por modelo a la representación gráfica de las estructuras geológicas. Estos modelos se obtienen de las interpretaciones que el geólogo hace a partir del logueo geológico y mapeos.

2.2.2 Galería

Se refiere a una excavación en forma de túnel en forma horizontal para explorar las estructuras mineralizadas.

2.2.3 Cuerpo

Cuerpo mineral se refiere a la forma que se presenta la mineralización alojada dentro de depósitos masivos, mantos o vetas.

2.2.4 Recursos

Son concentraciones naturales de elementos metálico o no metálicos que son extraídos y procesados de manera económica.

2.2.5 Falla

Fractura en la corteza terrestre a lo largo de la cual se mueven los bloques rocosos que son separados por ella.

2.2.6 Formación

Corresponde a una unidad de roca de extensión regional compuesta por material formado en un ambiente geológico similar en un momento similar de la historia geológica.

2.2.7 Muestreo

Es la acción de recoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo o la técnica empleada en esta selección de una pequeña parte estadísticamente determinada para inferir el valor de una o varias características del conjunto.

2.2.8 Ley

Es la concentración de un elemento (elemento principal, subproducto o contaminante) en el subsuelo.

2.2.9 Clavos mineralizantes

Los clavos mineralizados, también conocidos como ore shoots, son representaciones espaciales de una mineralización metálica de mayor contenido.

2.3 Metodología de la Investigación

2.3.1 Tipo y diseño de la investigación

2.3.1.1 Enfoque. El tipo de la siguiente investigación con respecto al enfoque es cuantitativo porque 5 de las 7 características epistemológicas concuerdan. Dichas características son:

- Percepción de la realidad, objetiva porque los datos son medibles.
- Razonamiento, deductivo porque contrasta una teoría.

- Finalidad, comprobación porque se interpretará la ubicación y continuidad de la estructura mineralizada.
- Orientada, al proceso.
- Principio de verdad, es particularizada centrada en similitudes.
- Perspectiva del investigador, es próximo a los datos, porque estamos dentro de donde se va a recolectar la información.
- Causalidad, de antecedente específico porque es interacción de factores y se utilizará teorías que preceden.

2.3.1.2 Alcance. El tipo de la siguiente investigación con respecto al alcance es correlacional porque se busca ubicar zonas de clavos mineralizados y dar continuidad de la mineralización en las zonas de borde.

2.3.1.3 Diseño. El diseño de la investigación es no experimental porque se va a usar datos históricos y también se realizará análisis de geología estructural en las estructuras mineralizadas.

2.3.2 Unidad de análisis

La unidad de análisis para la presente investigación corresponde a la compañía minera Volcán Compañía Minera S. A. A. Perú – unidad minera Chungar - Animón, está ubicada en el lugar de Cuchimachay – La Cruzada, en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco, altura de 4610 msnm., Geográficamente, se encuentra ubicado en la cuenca del río Mantaro y subcuenca del río San José, presentando un sistema hídrico comprendido por las lagunas Huaroncocha, Shegue, Quimacocha, Naticocha Norte, Naticocha Sur y Naticocha Centro y cuyas coordenadas geográficas son 79°25'19" de longitud y 11°01'35" de latitud. El metal económico principal de producción es el Zinc y Plomo, además como subproducto son el Cobre y Plata. Netamente una mina polimetálica. Como se muestra en la Figura 4 existen tres vías de acceso desde la ciudad de Lima a la U.E.A. Animon.

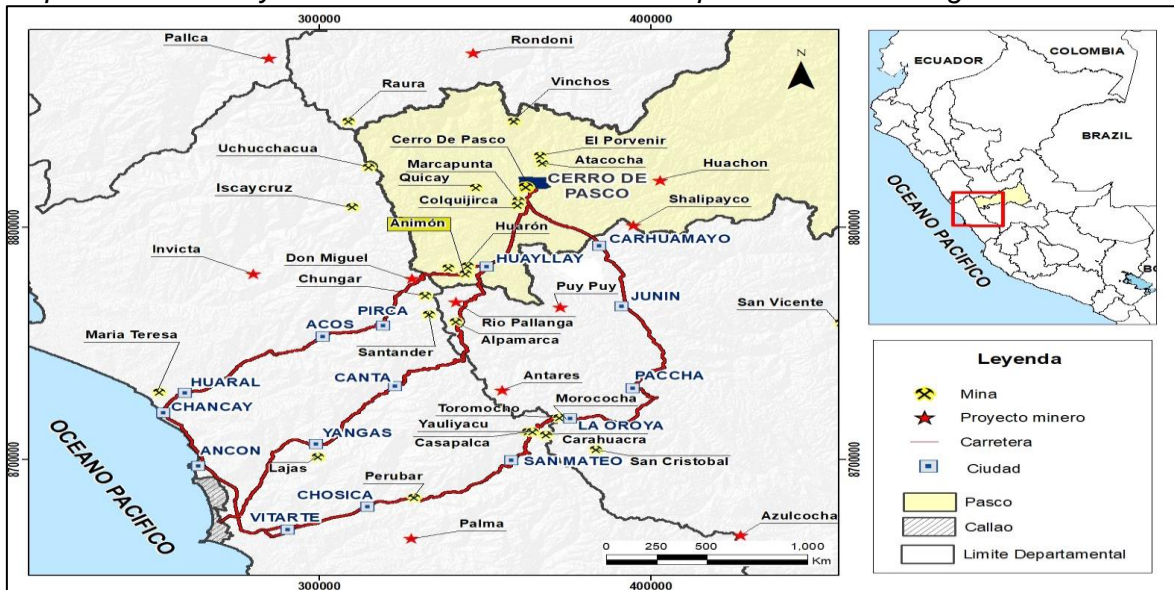
- Lima - Oroya – Pasco – Animon: 328 Km. (7 Horas).
- Lima - Canta – Animon: 219 Km. (5 Horas).

- Lima - Huaral – Animon: 225 Km. (5 Horas)

La mina Animón tiene un área aproximada de 850 ha. donde se desarrolla la producción y limita con la concesión de mina Huarón hacia el norte, los sistemas de vetas son del tipo cordillerano con mayor contenido de plata en los niveles superiores y zinc en los niveles interiores. En la figura 5 se muestra el mapa geológico y el área que abarca el yacimiento Animón y en la Figura 6 la ubicación en el mapa del Perú.

Figura 4

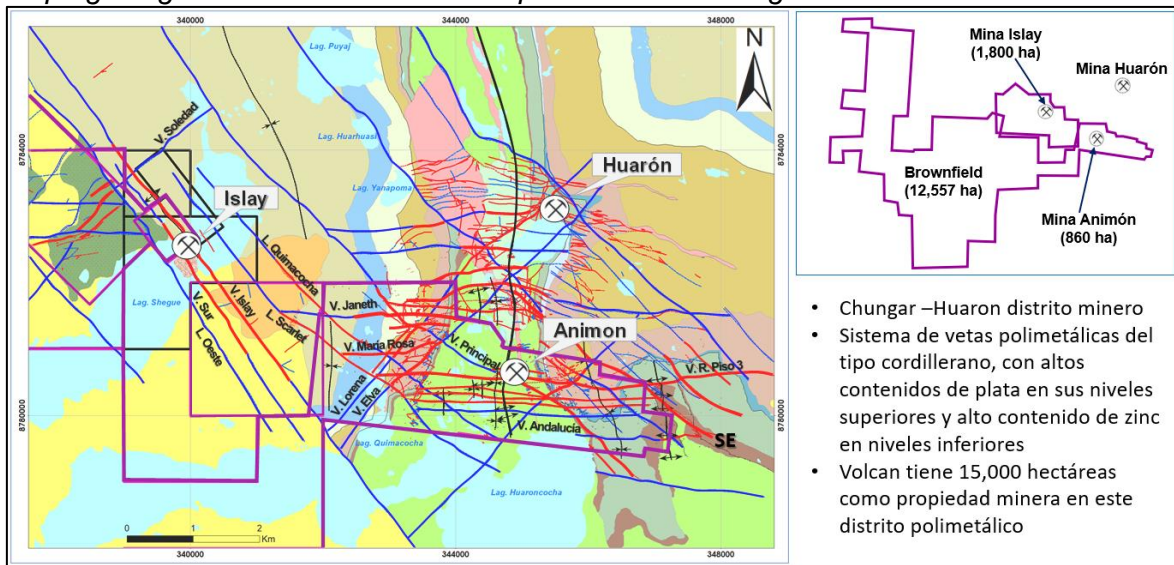
Mapa de ubicación y acceso a unidad Animón – Compañía Minera Chungar S.A.A.



Nota: Fuente Google.

Figura 5

Mapa geológico de mina Animón– Compañía Minera Chungar S.A.A.



Nota: Fuente Departamento de Geología de la Unidad Minera Animón

Figura 6

Ubicación del yacimiento Animón en el mapa del Perú



Nota: Fuente Google

2.3.3 Matriz de consistencia

Análisis del Control Estructural del Yacimiento Animón en Vetas de rumbo E-W para la Ubicación de Clavos Mineralizados.

Tabla 1

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
			Independiente	Dependiente		
¿En qué limita el inadecuado análisis estructural del yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W para la ubicación de clavos mineralizantes?	Analizar el comportamiento estructural del yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W para la ubicación de clavos mineralizantes	El análisis estructural ayudará en el entendimiento y la adecuada ubicación de clavos mineralizantes	Análisis estructural del yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W	Clavos mineralizantes	Potencia de veta y leyes económicas Rumbo y buzamiento de las fallas Cinemática de fallas	Tarjeta de mapeo Formato de mapeo geológico escala 1/250 Software Leapfrog

Fuente: Elaboración propia

2.4 Hipótesis

El análisis estructural ayudará en el entendimiento y la adecuada ubicación de clavos mineralizados.

2.5 Operacionalización de variables

2.5.1 Variable dependiente

Clavos mineralizantes.

2.5.2 Variable independiente

Análisis estructural del Yacimiento Animón en vetas de rumbo E-W.

2.5.3 Indicadores

Estudio de fallas geológicas.

2.6 Geología regional

La geología regional de la unidad de Animón, se ubica en el cuadrángulo de Ondores. La columna estratigráfica regional la apreciamos en la Figura 6.

2.6.1 Geomorfología

La morfología del área de estudio es el resultado de los efectos degradatorios causados por los agentes de meteorización que han actuado sobre las unidades litológicas constituidas por calizas y en menor proporción por areniscas. Dentro de los agentes meteorizantes que han tenido un papel preponderante en el modelado actual del área ha sido la temperatura del medio ambiente, las precipitaciones pluviales, la escorrentía

superficial y subterránea. En la zona de estudio Mc Laughlin, D.H. (1924) reconoció extensas áreas en las alturas andinas representadas por superficies de erosión a las que denomina superficie Puna, así mismo reconoció dos períodos de erosión: Estadío Chacra o Valle, con levantamiento de 500 metros de elevación y Estadío Cañón con una elevación aproximada de 1,500 m. Las unidades geomorfológicas del área de estudio han sido delimitadas considerando criterios geográficos, morfoestructurales y litológicos.

2.6.2 Estratigrafía

Complejo del Marañón (Pe - cm)

Según Cobbing (1996), las rocas metamórficas del Complejo del Marañón han sido asignados al Neoproterozoico observándolas principalmente en los cuadrángulos de Ambo y Cerro de Pasco. Sus afloramientos a manera de bloques son controlados por fallas regionales de dirección NW-SE, caracterizadas en las áreas de Paucar (occidental) y del río Huallaga (oriental). Se presentan ventanas geológicas en la parte media de estas áreas, tal como ocurre en Tres Cruces, Huacar y Piruco-Queulacocha (Ambo); habiéndose diferenciado en ellas dos tipos de rocas metamórficas: gneis y esquistos.

Formación Contaya (O - c)

Con este nombre fue propuesta por Newell, N. y Tafur, I. (1943) en los cerros de Contaya departamento de Loreto una serie metamórfica, constituida por pizarras de color gris.

En el área de estudio su afloramiento está restringido en el área de Huacar a 6 km al SW de Ambo; constituido en la base por un conglomerado basal de 1 mt. de espesor con clastos sub angulosos a sub redondeados de esquistos micáceos y cuarcitas; a continuación, estratos de cuarcitas grises a blanco parduzcas de aproximadamente 30 mts de espesor; subiendo la secuencia, se tiene lutitas gris oscuras a carbonáceas con delgadas intercalaciones de areniscas grises a marrón parduzcas de grano fino, a veces de aspecto bituminoso con presencia de abundantes graptolites. Se indica como afloramientos de la Formación Contaya a las areniscas grises que afloran en canales marginales de la quebrada Ñausilla y cerro Pupucoto. (Cobbing, 1996).

Grupo Excelsior (Sd - e)

Nombre propuesto por Mc Laughlin, D.H. (1925) en la mina Excelsior, Cerro de Pasco. Las rocas que afloran en las ventanas son pizarras grises y filitas con areniscas en capas delgadas, a veces varía de 30 cm de espesor, en correspondiente desarrollo. Muchas venillas de cuarzo están presentes, las cuales son probablemente el resultado de la segregación de un metamorfismo regional de bajo grado. Los clivajes están bien desarrollados, pero son estrechamente irregulares en su distribución. Se caracteriza por presentarse, bastante plegados, fallados y fracturados; por efectos de erosión su morfología es suave ondulada.

Sus mejores afloramientos se presentan en Cerro de Pasco de dirección Norte a Sur, limitados desde el cerro Uchuccocora hasta Smelter (Tinyahuarco) respectivamente; formado por pizarras y filitas intercaladas con cuarcitas de grano fino y algunas capas de calizas; esta formación es incompetente mostrando abundantes pliegues. En la margen izquierda del río Auquiragra se presenta infrayaciendo a sedimentitas del Jurásico y Cretáceo; mientras la margen oriental del cuadrángulo de Cerro de Pasco, entre cerro Yanacocha y Raquina, descansa sobre esquistos del Complejo del Marañón; variando de filitas a delgados niveles de pizarra esquistosa bastante plegadas. (Cobbing, 1996).

Grupo Ambo (Ci - a)

Los afloramientos típicos se ven en la provincia de Ambo constituidos en la base por un conglomerado basal que se reporta en discordancia angular sobre el Complejo Marañón o Paleozoico inferior; el conglomerado está constituido por elementos bien redondeados a sub angulosos de cuarcitas, areniscas, esquistos y micaesquistos, concentrado por una matriz de arenisca feldespática y micácea; el espesor varía de 0.50 m (Ñausa) a 150 m (Buena Vista); luego continúa areniscas gris marrón a verdes, con intercalaciones de lutitas gris oscuras a bituminosas, esporádicamente se presentan capas de carbón de 30 a 50 cm (Huaracalla). En la parte media se tienen areniscas finas en estratos medios a gruesos, compactos de color gris bruno, que por intemperismo se disgrega en "bolas" a manera de nódulos, se intercalan areniscas de grano medio, con

lutitas negras a gris verdosas, bastante fracturadas. Hacia el tope se encuentran areniscas gris claras con lutitas gris oscuras a bituminosas con plantas. (Cobbing, 1996). DALMAYRAC, B. (1986) indica que en la parte terminal del Grupo Ambo existen pasos de tufos volcano-sedimentarios de composición riolítica; es decir de carácter explosivo donde los productos han sido re-sedimentados en medios lacustres o marinos. Localmente en la parte superior se observó un nivel de 50 m de lavas andesíticas a dacitas resistentes a la erosión ubicadas en Ñausa y Buena Vista.

Grupo Tarma - Copacabana (Pi - t)

Según Cobbing (1996), en el cuadrángulo de Ambo se observa niveles calcáreos (Copacabana) muy resistentes a la erosión, en la base se encuentra areniscas finas (Tarma) bastante delgadas, cubiertas por depósitos cuaternarios.

En algunos cortes de la margen izquierda del río Huallaga se describe al piso conglomerados con clastos de areniscas, cuarcitas, degradando a areniscas finas pardo amarillentas con intercalaciones de lutitas grises; al techo de calizas y areniscas cuarcíticas y lutitas que progresivamente pasan a calizas gris claras a beige en bancos gruesos con delgadas capas de lutitas grises deleznable, fracturadas; predominando calizas micríticas a biomicríticas de color beige claro en estratos delgados a gruesos. Sobresale en la superficie por su resistencia a los agentes erosivos.

Grupo Mitu (Ps - m)

Mc Laughlin, D. H. (1924) propone esta denominación, a una serie detrítica de color rojo que aflora en la localidad de Mitu próximo a Chacayán (hoja de Ambo).

En el lugar típico de afloramientos, consiste en la base conglomerados polimícticos, subangulosos cementados por una matriz areniscosa de grano fino de color rojo ladrillo, con estratos delgados de lutitas gris a rojizas con clara estratificación laminar. Los fragmentos son de esquistos, cuarcitas, micaesquistos, y pequeña proporción de calizas de aproximadamente 45 m de potencia.

Grupo Pucara (Tr - Ji)

Mc LAUGHLIN, D. H. (1925) próximo al túnel de Pucará en Goyllarisquizga (hoja de Ambo) dió el término de Pucará a una caliza gris claro, brunácea y arenosa. Posteriormente se realizaron estudios de orden estratigráfico como: STEINMANN, G. (1929), HARRISON, J.V. (1940), JENKS, W. (1951), BOIT, B. (1966) entre otros autores. Sin embargo, la primera división litoestratigráfica del Pucará lo realizó WEAVER, C. (1942) en el valle de Utcubamba como: Formación Utcubamba, Chillingote y Suta. En la sierra central MEGARD, F. (1968) divide en tres Formaciones: Chambará, Aramachay y Codorsinga. Con esta división litoestratigráfica es como se ha cartografiado en el área de estudio, así como en la Sierra Central y Nororiental Peruano.

▪ **Formación Chambará (Tr - ch)**

Se caracteriza por constituir una secuencia relativamente monótona de calizas masivas, color gris azulino a superficie intemperizada color amarillo cremoso, se distingue nódulos de chert de formas irregulares o lentes paralelos a la estratificación. (Cobbing, 1996).

▪ **Formación Aramachay (Ji - a)**

Se caracteriza por presentar calizas tabulares del orden menor de 15 cm, de color gris oscuro a bituminoso con niveles margosos y pelíticos negros con abundante material orgánico con la presencia de fósiles que caracterizan a esta unidad. El grosor es variable de un lugar a otro, pero se estima en 50 m (quebrada Atacocha); por lo general es bastante delgado. Constituye el horizonte guía para determinar las Formaciones Chambará y Condorsinga. Las capas se presentan pobremente expuestas por la poca resistencia a la erosión, sin embargo, presenta gran amplitud lateral en la cuenca carbonatada triásica - jurásica, que se extiende al Este de Cerro de Pasco y Ondores donde se observa sus mejores afloramientos a manera de capas delgadas alineadas a veces plegadas del Grupo Pucará. Así en la quebrada Atacocha se encuentra comprimida por estratos subverticales (Chambará-Condorsinga) presenta calizas bituminosas compactas gris oscuras en bancos

medios con presencia de fósiles en margas oscuras. Mientras que en la quebrada Sharpa se tienen calizas muy laminares gradando al techo a calizas tabulares muy bituminosas con lutitas negras de olor fétido con abundante cantidad de fauna. Sobreyace e infrayace en posición concordante. (Cobbing, 1996).

▪ **Formación Condorsinga (Ji - c)**

Presenta sus afloramientos en la parte Oriental de los cuadrángulos de Cerro de Pasco y Ondores constituidos por calizas grises en capas delgadas, ligeramente masivos bien estratificados con ciertas intercalaciones de calizas dolomíticas. (Cobbing, 1996). En la quebrada Atacocha presenta calizas beige a gris, comprende en bancos de grano medio, masivo, al tope degrada a marga gris blanquecina a rojiza, ocasionalmente contiene nódulos de chert e incipiente estratificación sesgada, indicando depositación poco profunda es decir somera y sometidos a condiciones de energía, así lo demuestra en algunos cortes en el cerro Paraíso y laguna Cutaycocha (Este de Ninacaca). En Huay (ruta a Huachón) se observa formando un sinclinal asimétrico, con estructuras locales falladas y flexuradas.

Grupo Goyllarisquizga (Ki - g)

Inicialmente denominado como “areniscas Goyllarisquizga Jatunhuasi” Mc Laughlin, D. H. (1924), posteriormente Jenks, W. (1951) dió el nombre de Formación Goyllarisquizga; Wilson, J. (1963) la elevó a la categoría de grupo, indicando toda la serie clástica y calcárea que aflora en la cuenca cretácea occidental del Centro y Norte andino del Perú; denominados como formaciones: Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. (Cobbing, 1996).

Presenta sus mejores afloramientos en Goyllarisquizga lugar de donde proviene su nombre, constituido en la base por areniscas blanquecinas, en estratos medios con niveles delgados de conglomerados; estratificación cruzada y sesgada, grano medio a fino; de aproximadamente 90 m de espesor. A continuación, se tiene lutitas bituminosas con niveles de carbón, con estratificación laminar aproximadamente 40 m de potencia; donde

se ubica las minas de carbón de Goyllarisquizga; subiendo la secuencia se observa aproximadamente 25 m de areniscas rojas de grano medio con delgada capa de microconglomerado. Presenta estratificación cruzada, siendo característico el color rojizo; al tope se tiene alternancia de areniscas blanquecinas, blancas, amarillentas. La textura es sacaroide por lo general presenta granos medios a gruesos, subangulosos a subredondeados de origen netamente fluvial; el cemento puede ser sílice, limonita, calcita o solamente arcilla en pequeñas cantidades de manera que la roca presenta compactidad incipiente.

- **Formación Chimú (Ki - chi)**

Designada como Formación Chimú por Benavides, V. (1956) en la localidad típica de Baños, departamento de La Libertad, aunque inicialmente fue descrita por Stappenbeck, R. (1929) denominada como “cuarcitas del Wealdiano”. Constituida por areniscas cuarcíticas a ortocuarcitas, de grano medio a grueso, compactadas en bancos medianos, bastante resistentes a la erosión, se presentan como crestas conspicuas y abruptas; en partes se observa estratificación cruzada a veces, muy fracturada. Esporádicamente se presentan intercalaciones de lutitas grises con lutitas bituminosas con horizontes de carbón antracítico de 1 a 5 m de potencia. (Cobbing, 1996). Infrayace concordantemente a las calizas Santa, mientras el piso se encuentra en contacto fallado con la Formación Yantac.

- **Formación Santa (Ki - s)**

Constituida por afloramientos calcáreos con intercalaciones de lutitas y margas. Fueron descritos por Benavides, V. (1956) en el río Santa (Callejón de Huaylas), departamento de Ancash. En la parte occidental del cuadrángulo de Ondores, se encuentra restringida entre los cerros Morado (Contupaqui) y Yanque. Consiste en calizas gris azulinas a oscuras, finamente estratificadas, con ciertos horizontes de caliza arcillosa y margas; ocasionalmente se presentan nódulos de chert con fragmentos de conchas. El espesor de esta formación se estima en menos de 40 m. Descansa en concordancia sobre las areniscas Chimú e infrayace de la misma

forma a la Formación Carhuaz, aunque en el Norte del Perú los contactos son discordantes, tanto con la unidad infrayacente como con la suprayacente (Wilson, J., 1963), no habiéndose observado en el área de estudio.

- **Formación Carhuaz (Ki - c)**

Con este nombre Benavides, V. (1956) designó a una secuencia netamente pelítica, que aflora en los alrededores de Carhuaz, departamento de Ancash. En la hoja de Ondores, su exposición está restringida a los flancos orientales del Nevado Alcay y Cordillera La Viuda. Morfológicamente, presenta superficies suaves onduladas, fácilmente erosionables y albergando una serie de lagunas alineadas a lo largo del afloramiento. Está constituida por arenisca gris verdosa a blanquecina con intercalaciones de lutita gris, limolita y arenisca marrón de grano fino a medio en capas delgadas; a veces capas delgadas de caliza y marga. Se encuentra limitada al tope por las areniscas Farrat y a la base por las calizas Santa. Su potencia se estima inferior a 110 m, incrementándose hacia el lado occidental de la cuenca cretácea.

- **Formación Farrat (Ki - f)**

Fue descrita por Stappenbeck, R. (1929) en la Hacienda Farrat, departamento de Cajamarca constituida por areniscas, cuarcitas y lutitas. Esta unidad se expone entre el Nevado Alcay y Cordillera La Viuda (hoja de Ondores); algunas veces, cubierta por depósitos superficiales lacustrinos. Presenta areniscas cuarcíticas blanquecinas, en capas medianas a gruesas. Esporádicamente capas delgadas de lutitas gris oscuras a gruesas, suprayace concordantemente a la Formación Carhuaz e infrayace de la misma manera a las calizas de la Formación Pariahuanca.

- **Formación Pariahuanca (Ki - ph)**

Benavides, V. (1956) describe a esta unidad en el pueblo de Pariahuanca, departamento de Ancash, conformada por calizas masivas en capas gruesas. En el área de estudio sólo se ha reconocido en el cuadrángulo de Ondores, en el borde oriental del

Nevado Alca y alrededores de Shalapucro, estando constituida por calizas gris a gris claras compactas, a veces capas delgadas de calizas algo ferruginosas. Suprayace en aparente concordancia sobre la Formación Carhuaz e infrayace a las calizas Chúlec.

Formación Chulec (Ki - ch)

Inicialmente reportada por Mc Laughlin, D. (1925) en la región central, como miembro inferior de las calizas Machay; posteriormente, Benavides, V. (1956) la elevó a categoría de formación.

Litológicamente está constituida por calizas grises en capas medianas a delgadas con intercalaciones de calizas margosas y margas de color pardo grisáceo.

Formación Pariatambo (Ki - pt)

Esta formación fue inicialmente descrita por Mc Laughlin, D. (1925) como miembro superior de la Formación Machay. Benavides, V. (1956), la elevó a la categoría de formación. Su nombre proviene del paraje de Pariatambo (La Oroya), en el departamento de Junín.

Esta unidad es similar a la descrita en la cuenca del Cretáceo, es decir, calizas y margas bituminosas de color negro con intercalaciones de calizas oscuras tabulares que se rompen a manera de lajas.

Wilson, J. (1963) indica que en la facie oriental los horizontes de caliza son más continuos y están mejor estratificados que en la facie occidental. La potencia se estima en 80 m.

Formación Jumasha (Ks - J)

Descrita inicialmente por Mc Laughlin, D. (1925) en el caserío de Jumasha, y en la laguna Punrún (hoja de Oyón). Esta formación consiste en calizas gris a gris parduzcas masivas, en bancos medios a gruesos, muy resistentes a la erosión. Morfológicamente, presenta picos agrestes, escarpados y conspicuos.

Formación Celendin (Ks - ce)

Benavides, V. (1956) describió con este nombre en la localidad de Celendín - Cajamarca, a una secuencia lutácea y calcárea del Cretáceo superior. En el cuadrángulo

de Ondores próximo a la Cordillera de Puagjanca, se ha determinado un delgado afloramiento, constituido por margas grises a pardo amarillentas que intemperizan a color amarillo crema con delgadas intercalaciones de caliza gris en capas delgadas. Presenta morfología suave, ondulada y tiende a erosionarse rápidamente.

Formación Casapalca (Kp – ca)

Esta unidad aflora extensamente sobre el geoanticlinal del Marañón con varios cientos de metros de potencia (Mc Laughlin, D.H., 1924). En el área es conocida como Formación Pocobamba. Está constituida por lutitas, limolitas, areniscas de colores rojo ladrillo. Hacia la base presenta niveles de conglomerados con clastos de calizas, areniscas rojas, intrusivos y esquistos subangulares; hacia el tope se observa predominancia de calizas blanquecinas con intercalaciones de areniscas conglomerádicas rojizas.

Por lo general, la serie de capas rojas consiste íntegramente de sedimentos, pero cerca de laguna de Chungar (Oeste de Huayllas) y en las vecindades de Ticlio se encuentra asociada a una andesita porfirítica a manera de sills o derrames (Harrison, J., 1956).

Su potencia es variable de un lugar a otro, así en las vecindades de la laguna Marcapomacocha (Ondores) la serie presenta más de 1000 m., siendo más potente que en el valle de Corpacancha.

▪ **Miembro Inferior (P)**

Constituido por lutitas rojas, areniscas semiconsolidadas de color verde grisáceo a rojizo, conglomerados con varias capas y lentes de calizas. Se expone en la parte terminal Norte del sinclinal de Cacuán a 5 km al NO de Cerro de Pasco. Se estima una potencia de 300 a 330 m. (Cobbing, 1996)

▪ **Conglomerado Shuco (P)**

El nombre proviene del Cerro Shuco (NE de Quiulacocha). Infrayace al miembro Calera en la ruta Calera a Vista Alegre. Constituido por conglomerados resistentes, con clastos de calizas, cuarcitas, chert, areniscas rojas y filitas; englobada en una matriz calcárea, brechada, los fragmentos presentan bordes subangulares, de

tamaños variables, de unos pocos centímetros a cerca de 1.5 m de diámetro. La potencia varía entre 150 y 200 m.

- **Miembro Calera (P)**

En la base presenta margas y lutitas en estratos delgados, gradando a calizas y dolomías con nódulos de chert, con espesor aproximado de 60 a 65 m. En la parte media está compuesta por calizas, y margas con intercalaciones de lutitas con estratificación delgada; en este nivel se emplaza la mineralización de Colquijirca. Se estima en 53 m su potencia. Hacia el tope presenta calizas y dolomitas con nódulos de chert en estratos medios de color gris blanquecino (Alegre, F., 1986).

- **Grupo Calipuy (PN - vca)**

Según Cobbing (1996), el Grupo Volcánico Calipuy descansa en discordancia sobre la Formación Casapalca; fue depositado después del período de plegamiento, erosión y levantamiento que afectaron a la Formación Casapalca y que culminaron con una amplia superficie de erosión.

Los mejores afloramientos se ubican en el lado Occidental de la hoja de Ondores, constituidos por rocas piroclásticas gruesas, lavas ácidas e ignimbritas dacíticas, aunque entre la carretera de la Cordillera la Viuda a Canta la secuencia es extremadamente variada, consistiendo principalmente de lavas andesíticas púrpuras, piroclastos gruesos, tufos finamente estratificados, basaltos, riolitas y dacitas, todos los cuales presentan variaciones laterales bastante rápidas.

- **Formación Yantac (Pe - y)**

Con este nombre se designa a una secuencia volcano-sedimentaria, inicialmente descrita por HARRISON, J. (1956), denominado como Serie Abigarrada. Constituida por rocas clásticas y piroclásticas, variando a conglomerados, areniscas gris parduzcas, caliza arenosa, limolitas y lutitas de colores abigarrados (verde a marrón, púrpura, rosado, gris, blanco y pardo). Hacia la tope muestra intercalaciones de tufos, brechas tufáceas, algunos niveles de aglomerados con derrames lávicos, andesíticos de color gris en estratos medios a delgados. Sus

mejores afloramientos se observan hacia el lado sur occidental de Santa Bárbara de Carhuacayán (Ondores). (Cobbing, 1996).

- **Volcánico Carlos Francisco (Nm - cf)**

Mc KINSTRY y STILL (1930) geólogos de la ex-Cerro de Pasco Copper Corporation, designaron con este nombre, a un conjunto de derrames andesíticos en el área de Casapalca donde fue dividida en tres miembros. Al Sur del Cuadrángulo de Ondores constituye las partes altas de los cerros: Huarmichico, Curihuay, Ventanilla y Nevado Callas. En este sector aflora un conjunto de derrames andesíticos porfiroides y afaníticos de color gris que por intemperismo presenta colores verdosos a violáceos; intercalan ocasionalmente flujos de brecha volcánica y pórfidos masivos que dan el aspecto local de cuerpos hipoabisales. Se le estima una potencia de 400 a 1000 m. (SALAZAR, H., 1983).

- **Volcánico Colqui (Np - cq)**

Con este nombre fue designado a una gruesa secuencia de unidades volcánicas con derrames andesíticos descritas por SALAZAR, H. (1983). En el área de estudio está constituido por andesitas grises masivas a porfiríticas con cierta alternancia de tufos finos gris verdosos a lapillíticos y aglomerados volcánicos con clastos subangulosos en capas medianas a gruesas. Se observa delgadas capas de sedimentos de areniscas y calizas tufáceas de color verde claro y blanquecino, respectivamente.

- **Volcánico Millotingo (Nm - m)**

Inicialmente descrito por SALAZAR, H. (1983) en la Mina Millotingo del departamento de Lima. Está constituido por derrames lávicos andesíticos a riodacíticos, ocasionalmente traquiandesíticos formando altas cumbres. Presenta muy reducido afloramiento en el Cerro Ruchucay, extremo Suroccidental del cuadrángulo de Ondores.

Volcánico Rumillana (Nm - r)

Se denomina así a una secuencia de rocas de naturaleza volcanoclástica: aglomerados Rumillana (Cerro de Pasco) y Toba Unish (Marcapunta), por tener similitud litológica, edad y modo de emplazamiento. (Cobbing, 1996)

El aglomerado Rumillana se ubica en la mitad oriental del cuello volcánico del yacimiento de Cerro de Pasco. Es de color gris oscuro, constituido por fragmentos angulosos y subangulosos de caliza, filita y chert en 90% y roca ígnea porfirítica fuertemente alterada en 10%. La abundancia relativa de los tipos de clastos varía de lugar y la matriz generalmente contiene material volcánico inconsolidado incluyendo cristales de biotita y plagioclasa cementados por calcita. Localmente se presenta finamente estratificado con algunos canales de estratificación cruzada, algunas veces masivo.

Volcánico Pacococha (Np - p)

Este nombre fue dado por Salazar, H. (1983) a unos derrames volcánicos andesíticos ubicados al Oeste de Pacococha en el cuadrángulo de Matucana. Está constituido por andesita y basalto de color gris a gris oscuro compacto con ciertas intercalaciones de flujos de brecha volcánica y esporádicamente se observa tufos blanquecinos en capas delgadas. Ocupa las partes altas formando superficies abruptas y conspicuas, siendo diferenciable a otras unidades.

Formación Huayllay (Np - h)

Después de la última Fase Tectónica andina hubo una actividad volcánica con ignimbritas que rellenaron las superficies de erosión bajo la forma de efusiones lávicas andesíticas intercaladas con piroclastos. Así, el afloramiento más notable se observa en los alrededores de Huayllay, teniendo buena extensión hacia el cuadrángulo de Ondores (próximo a Santa Bárbara de Carhuacayán) y Cerro de Pasco (Hacienda Conoc), formando una extensa meseta alargada de dirección andina. Descansa sobre una superficie de erosión (discordancia erosional) de la Formación Casapalca. Se le estima un espesor de 100 a 120 m. (Cobbing, 1996).

Morfológicamente es ondulada a agreste, presenta disyunción columnar bien desarrollada, la cual se “intemperizó” dando un paisaje fantástico que hace recordar a árboles nudosos y retorcidos conocido con el nombre de “Bosque de Piedras” formando más de 500 figuras caprichosas, principalmente de animales formados por la acción del intemperismo.

Litológicamente, es un tufo porfirítico blanco friable que contiene vidrio, plagioclasa, cuarzo redondeado y hojas brillosas de biotita, estando presente clastos de pómez que no están aplanados; todos los cristales están frescos y tienen apariencia de brillo primitivo y se encuentran en posición subhorizontal rellenando paleo-relieves. En sección delgada, se le clasifica como tufo dacítico a riodacítico con textura vitroclástica fluidal, piroclástica seriada, matriz vítrea; consta de plagioclasa 65%, cuarzo 20%, biotita 10%, fragmentos líticos 5%, englobados en matriz vítrea devitrificada. El tamaño de los fenos es seriado, alcanzando hasta 3 mm., cuarzo 1.2 mm., feldespato promedio 0.90 mm., biotita 2 mm.

Depósitos Cuaternarios (Q)

Constituye todos los depósitos de cobertura, generalmente no consolidados y que tienen distribución irregular en el área de estudio. Estos materiales se han acumulado como resultado de procesos glaciares, aluviales, fluviales de fenómenos de geodinámica externa. (Cobbing, 1996). Se ha diferenciado los siguientes depósitos:

▪ Depósitos Aluviales Pleistocénicos (Q - al)

En la localidad de Ambo, margen derecha del río Huallaga, se observan terrazas con acumulación de varias decenas de metros constituidas por guijarros incluidos en matriz areno-limosa, clastos subangulosos a subredondeados semiconsolidados, a veces cortadas por barrancos con flancos verticales y frentes escarpados. El afloramiento tiene continuidad hacia el valle del Huallaga (alrededores de Huánuco). Puede creerse y es lo más verosímil, que se trate de un depósito fluvio-glaciar; no morrénico, pero hecho de materiales arrastrados en buena parte de morrenas y transportados por gravedad, flujos de lodo y deslizamiento lento (MABIRE, B., 1961).

- **Depósitos Morrénicos (Q - mo)**

Estos depósitos son producto de glaciación y se ubican sobre los 4000 msnm a manera de lomadas con cresta morrénica bien definida, constituidos por bloques, gravas, arena y limo en matriz areno-limosa pobremente clasificados, a veces con leve pseudo estratificación y lentes. En el fondo y laderas de los valles se depositaron morrenas, mientras muy a menudo se formaban lagos por fusión del hielo detrás de las morrenas terminales; ejemplos de éstas son las lagunas: Marcapomacocha (Ondores), Lulicocha, Chacacancha, Taulli (Cerro de Pasco), entre otros. (Cobbing, 1996).

- **Depósitos Fluvioglaciares (Q - fg)**

Es el material acarreado por medio fluvial (agua) y glaciar (hielo) que se deposita a manera de llanuras con característica de erosión fluvial producto del deshielo y que guarda relación con el proceso erosivo activado por el levantamiento andino y las diferentes etapas de glaciación. (Cobbing, 1996). Están constituidos por gravas, arenas, limos algo consolidados con cierta estratificación, clastos subredondeados a subangulosos y los fragmentos son de composición variable dependiendo del lugar de procedencia.

- **Depósitos en Bofedales (Q - bo)**

Comprende a materiales acarreados sobre una depresión o planicie constituida por arenas, limos y gravas, siendo característica importante la acumulación de agua formando terrenos “fangosos” a “pantanosos”. Se observa principalmente en las márgenes del lago de Junín (Chincaycocha), siendo determinada como parque ecológico por el abundante desarrollo de peces, variedad de aves, etc. y especímenes de totora. (Cobbing, 1996).

- **Depósitos Coluviales (Q - co)**

Son aquellos depósitos que se encuentran al pie de las escarpas, laderas prominentes como material de escombros constituidos por bloques de gravas,

guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que no han sufrido transporte. Se presentan con cierta irregularidad en la hoja de Ambo. (Cobbing, 1996).

- **Depósitos Aluviales (Q - al)**

Se ubican en las partes bajas del área de estudio, generalmente por debajo de los 4,100 msnm. Presenta capas de grava gruesa y fina con cierta clasificación y elementos redondeados a subredondeados, asociados en capas de arena, limo y en proporciones variables; buenos ejemplos se observan en ambas márgenes de los ríos: Huallaga (Ambo), San Juan (Cerro de Pasco) y Mantaro (Ondores). Estos depósitos forman típicos “conos aluviales” de variada amplitud, ubicándose en el lado oriental del lago de Junín (Chinchaycocha) y que a la vez ha servido para el desarrollo de centros poblados y terrenos de cultivo. (Cobbing, 1996).

Figura 7

Columna estratigráfica de la geología regional

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GROSOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Depósitos aluviales			Arenas, gravas y limos.	
		Pleistocena	Depósitos glaciares			Morrenas	
	NEÓGENO	PLIOCENA	Grupo Jauja	Formación Mataula	50		Capas lacustrinas arenas y limos poco consolidadas.
			Formación Ushno	100		Conglomerados fluviales.	
			Formación Ingahuasi	50		Tobas blancas calcáreas. Disc. eros.	
				Formación Yanacancha	250		Lavas, brechas, conglomerados andesíticos.
			Formación Huarochiri	400		Tobas riolíticas y riolíticas con intercalaciones de areniscas.	
	PALEÓGENO	MIOCENA	Formación Millotingo	400		Lava andesítica a dacítica, areniscas volcánicas	
			Formación Castrovirreyna	150		Volcánico - sedimentario con intercalaciones de tobas.	
		OLIGOCENA	Grupo Sacsacero	2015		Tobas riolíticas soldadas, lavas y areniscas volcánicas	
			EOCENA	SUP.			Andesita / Riolita
				MED.	Formación Tantará	100	
PALEOCENA					Disc. ang.		
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Casapalca	4000		Lutitas, areniscas, limolitas y conglomerados de color rojo.	
			Formación Celendín	400		Dioritas.	
			Formación Jumasha	400		Calizas pardo amarillentas con margas calcáreas, yeso	
		INFERIOR	Formación Pariatambo	120		Calizas compactas en estratos gruesos a delgados.	
			Formación Chúlec	220		Calizas, lutitas de color negro fétido.	
			Formación Pariahuanca	260		Calizas gris pardo amarillentas y margas calcáreas.	
			Formación Farrat	700		Calizas y margas calcáreas.	
			Grupo Goyllarisquiza			Areniscas de grano medio blanco a gris rojo.	
			Formación Carhuaz	450		Areniscas con intercalaciones de lutitas violáceas.	
			Formación Santa	100		Caliza gris y arcillitas abigarradas.	
	JURÁSICO	MEDIA	Formación Chaucha	300		Cuarcitas grises con intercalaciones de material bituminoso.	
			Formación Cercapuquio	322		Lodolitas y limolitas calcáreas, calizas y dolomitas.	
		INFERIOR	Formación Condorsinga	1000		Areniscas de grano fino a grueso color blanco a gris.	
			Formación Aramachay	400		Calizas gris azulada con presencia de venillas de calcitas.	
TRIÁSICO	SUPERIOR	Formación Chambará	300		Intercalaciones de caliza con nódulos calcáreos y limoarcillitas carbonosas.		
					Calizas micríticas con nódulos de chert.		
PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mitu	1700		Disc. ang. Secuencia rítmica molásica, conglomerados con clastos de volcánicos.	
		INFERIOR	Grupo Copacabana	150		Intrusivos y brechas volcánicas.	
	CARBÓNIFERO	SUPERIOR	Grupo Tarma	1300		Areniscas, calizas y lutitas de color brunáceo.	
		INFERIOR	Grupo Ambo	900		Lutitas y limolitas grises con intercalaciones de areniscas	
	DEVONIANO	SUPERIOR	Grupo Cabanillas	780		Monzogranitos, granitos.	
		MEDIA					Conglomerados, molasas rítmicas, areniscas feldespáticas.
	INFERIOR					Secuencias tipo flysh con areniscas, lutitas y pizarras	
	SILURIANO ORDOVICIANO		Metasedimentitas no diferenciadas	700		Disc. ang. Filitas con escasas intercalaciones de cuarcita, negro grisáceas, basaltos, metaloba y mármoles.	
NEOPROTEROZOICA		Complejo Metamórfico	1000		Disc. ang. Lutitas seritoesquistosas y paragneises, anfíbolitas.		

Nota: Fuente INGEMMET, 1996

2.6.3 Rocas Intrusivas

Los intrusivos que afloran en el área de estudio corresponden a cuerpos emplazados en forma de rocas plutónicas e hipabisales localizados en diferentes épocas. El macizo plutónico está caracterizado por el batolito de Huánuco de composición tonalítica/granodiorítica a diorítica de edad probable Cretáceo - Terciario; y el macizo de San Rafael compuesto por granito a monzogranito de edad tentativa Paleozoico superior; estos cuerpos afloran principalmente en la hoja de Ambo.

En la zona alta de la Cordillera Occidental y alrededores de Cerro de Pasco se presentan grupos de intrusivos menores de características hipabisal relacionados a yacimientos hidrotermales que se distribuyen irregularmente a lo largo de la Cordillera Occidental y Oriental, denominados como stocks de alto nivel. Cabe resaltar la presencia de basaltos emplazados en forma de sills en sedimentos del Cretáceo inferior del Grupo Goyllarisquiza y la Formación Chúlec que se ubica en el área de Chicrín (Cerro de Pasco).

2.6.4 Evolución tectónica

La estratigrafía del área fue controlada por una actividad discontinua de fallas mayores establecidas al final de la Orogenia Paleozoica; consecuentemente a esta última orogenia le sucedió el Cinturón Orogénico Mesozoico desplazándolos hacia el Oeste y creando cuencas sedimentarias con movimientos de fallas longitudinales denudadas en la corteza; estas cuencas fueron rellenadas por sedimentos derivados del geoanticlinal del Marañón y del Cratón de Brasil.

Las secuencias paleógenas depositadas en el Miogeosinclinal fueron deformadas por la Fase Incaica, orientando sus estructuras con dirección NO-SE (tendencia andina), el levantamiento macizo del bloque miogeosinclinal ocurrió en una superficie de erosión regional; este levantamiento de erosión coincidió con el emplazamiento de los últimos eventos magmáticos del batolito. Las estructuras han sido formadas por diferentes episodios de deformación y deja su más obvia huella debajo de las formaciones jóvenes no deformadas. Así la deformación paleógena es visible por el plegamiento del Grupo Calipuy; encontrándose asociada con episodios de plegamiento que se da en rocas del

Neo-proterozoico. Así la Orogenia Incaica es observada en los sedimentos del Cretáceo superior en el Miogeosinclinal. La historia estructural de la región ha originado el desarrollo de diferentes zonas estructurales:

- Geoanticlinal del Marañón
- Zona Imbricada
- Zona Miogeosinclinal

2.7 Geología local

2.7.1 Estratigrafía

La estratigrafía dentro de la unidad minera de Animón está conformada por la siguiente:

Formación Casapalca (Kp - ca)

Las Capas Rojas, se les ha denominado así por la coloración rojiza bien manifiesta que presentan sus afloramientos, a causa de la presencia uniforme de hematita y limonita en toda su masa. Estas rocas se encuentran cubriendo todo el Asiento Minero y forman la estructura anticlinal que en su mayor parte ha sido erosionada. En la zona de estudio no se ha encontrado fósiles. (Volcan, 2001).

Volcánico Huayllay (Np - h)

Esta serie tiene una potencia de unos 200 metros, constituida en su mayor parte de derrames volcánicos, ácidos, de color gris claro donde se observa como minerales esenciales, numerosos cristales pequeños de cuarzo en un 20% (pórfido de cuarzo); como minerales accesorios tiene la hornblenda en un 3% y la biotita en un 2%, envueltas en una matriz poco fina que ocupa más del 70%. (Volcan, 2001).

Formación Abigarrada (Kp)

Algunos autores la consideran como Serie, otros la omiten considerándole como parte de la Formación Casapalca, que ha sido afectada por los rezagos de la Orogenia Andina en el momento del emplazamiento del Volcánico del Bosque de Rocas; se hace esta aclaración con el fin de evitar confusiones al momento de leer otros trabajos. (Volcan, 2001).

Depósitos recientes (Q)

Como depósitos recientes tenemos: Glaciares, Lacustres y Fluviales.

- **Glaciares**

Son de edad reciente constituyen morrenas laterales y frontales de diverso tamaño, halladas en las inmediaciones del campamento San José y Huayllay, así como, en las riberas de la mayoría de las lagunas y muy escasas en la región de Francoiss, también se observa Kames a orillas de la laguna Llacsacocha de hasta 10 metros de longitud y de dirección Norte – Sur. (Volcan, 2001).

- **Lacustres**

Son depósitos arenosos, bien seleccionados, redondeados, lisos, de colores claros algo amarillento con un pulimento mate y asociaciones de calizas, de tamaño uniforme; finamente estratificados y muy poco consolidados con una potencia de unos 50 metros, depositados horizontalmente. (Volcan, 2001).

- **Fluviales**

Depositados en conos aluviales (formando pequeños deltas) y laderas de pie de monte. (Volcan, 2001).

2.7.2 Rocas Ígneas

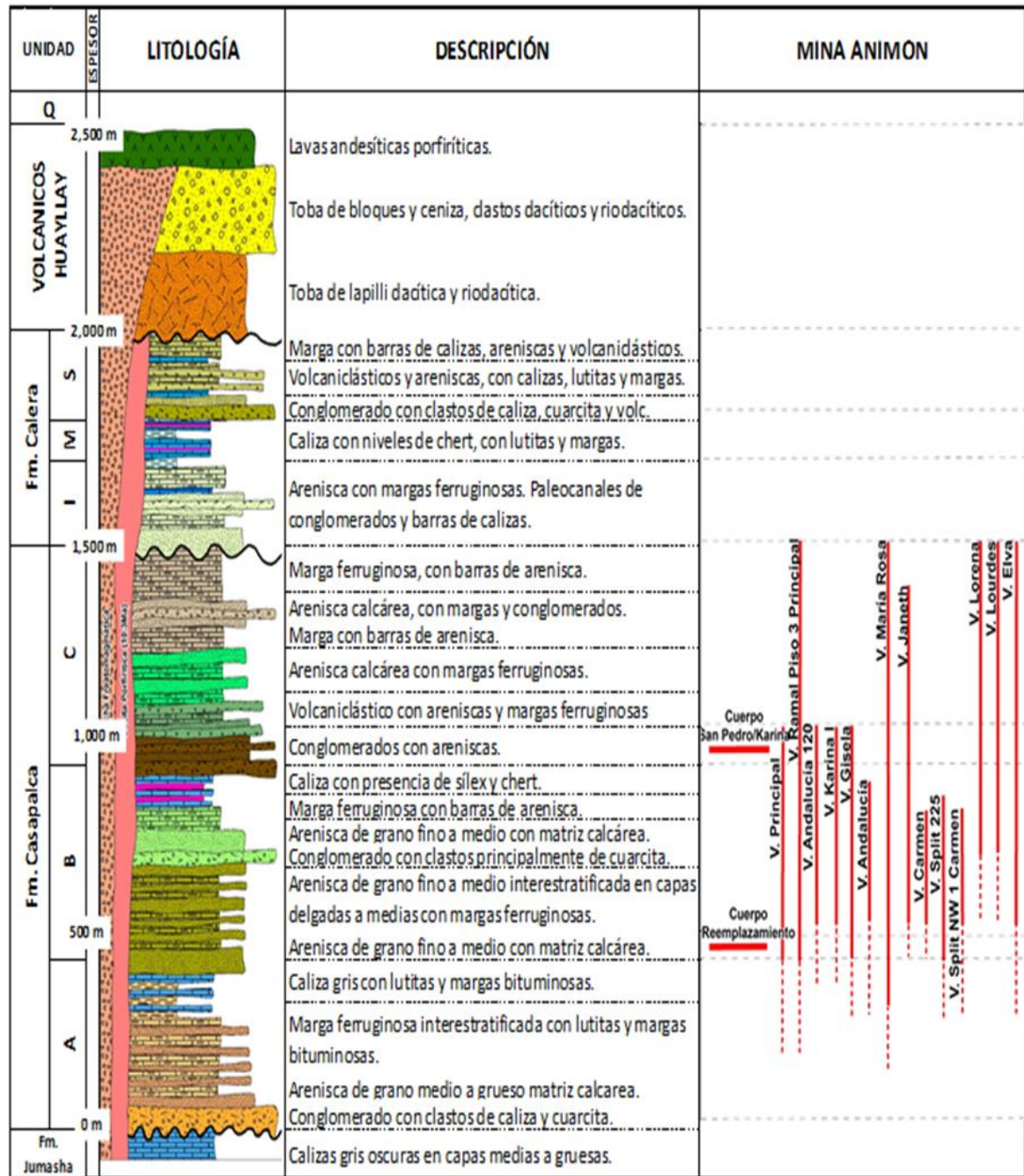
La actividad ígnea de Animón, empezó en el Terciario Superior, donde se emplazaron una serie de diques potentes que atraviesan las formaciones anteriores, así como algunos pequeños sills de naturaleza monzonítica que se emplazaron en las Capas Rojas. (Volcan, 2001).

Huarón (N – mzg)

De acuerdo con Cobbing et al. (1996, p.101) a 7 km al Oeste de Huayllay aflora un stock alargado de monzonita cuarcífera a pórfido de cuarzo, cortado por un enjambre de seis diques y emplazado en la Formación Casapalca y volcánicos del Grupo Calipuy. Intrusivo que es el causante de la mineralización Cu, Pb, Zn, Ag en la mina Huarón y Animón.

Figura 8

Columna estratigráfica de la geología local



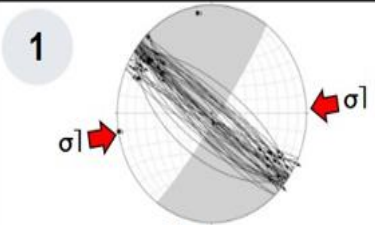
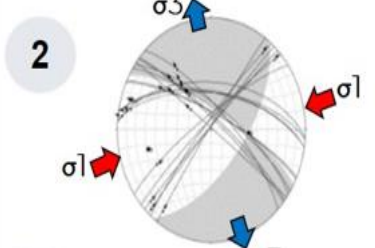
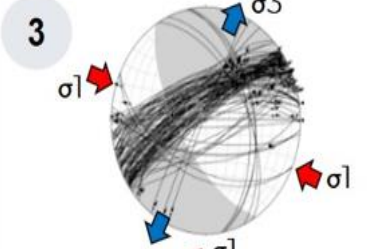
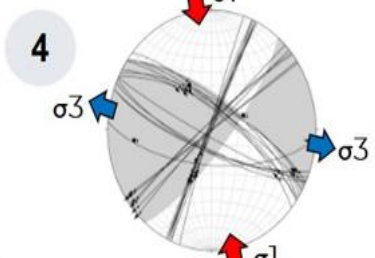
Nota: Fuente Volcan, 2001.

2.7.3 Geología estructural

La convergencia de la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca dio lugar a la formación de toda la Cordillera de los Andes, formando grandes fallas Regionales y en el caso de “Animón” y “Huarón” el sistema de fallas resultan transversales a la Cordillera de los Andes. Figura 9.

Figura 9

Eventos de deformación

DIRECCIÓN DE ESFUERZO	EVENTO	PROBABLE EDAD
<p>1</p> 	PRE MINERALIZACIÓN	EOCENO – OLIGOCENO Compresión E-W
<p>2</p> 	SYN MINERALIZACIÓN 1	MIOCENO MEDIO - SUPERIOR <u>Transcurrente Sinistral con Compresión ENE – WSW</u> Las estructuras cortan a un intrusivo datado en 10.3 Ma (Thouvenin, 1984)
<p>3</p> 	SYN MINERALIZACIÓN 2	MIOCENO SUPERIOR <u>Transcurrente Dextral con Compresión NW – SE</u>
<p>4</p> 	POST MINERALIZACIÓN	PLIOCENO <u>Transcurrente Dextral con Compresión N – S</u> Las estructuras cortan a volcánicos datados en 5.5 Ma

Nota: Fuente Volcan Cía. Minera S.A.A., 2016.

▪ **Pliegues (Anticlinal Animón)**

Tiene un rumbo Noroeste-Sureste, y los flancos buzanan al Este y Oeste respectivamente y suprayacen a las calizas Cretácicas. Tres kilómetros al Sureste del eje del anticlinal tenemos el sistema subsiguiente, el mismo que se encuentra ocupado por numerosas lagunas escalonadas de origen Glaciar. La estructura anticlinal es simétrica y las constantes glaciaciones han desgastado su parte central formando una depresión en la que se encuentra emplazada la Laguna Naticocha. El flanco Este (Cerro Montenegro) está constituido por las Capas Rojas que tiene un rumbo promedio de N 22° E y un buzamiento de 40° E. (Volcan, 2016).

- **Fallamiento**

El sistema de fallas tiene un rumbo predominante, E-W y son de tipo normal, en superficie son fácilmente reconocibles ya sea por la presencia de farallones o escarpas, el fallamiento limita la mineralización tanto en la caja techo como en la caja piso y que constituyen las vetas en explotación, siendo estas importantes para la deposición de los fluidos mineralizantes, por ser preminerales. (Volcan, 2016).

2.7.4 Mineralización

2.7.4.1 Minerales de Mena

2.7.4.1.1 Galena (PbS). Se muestra en forma compacta masiva, y en gran parte cristalizada (druzas y geodas) muchas veces sus cristales (cúbicos) alcanzan centímetros de diámetro. Mayormente asociada a la esfalerita y a minerales como: pirita, calcopirita, cuarzo, etc. Presenta brillo metálico, color gris de plomo, poca dureza (2.5 a 3), clivaje perfecto. Se constituye en el único mineral de plomo con cierta cantidad de plata (galena argentífera) bien difundida en las vetas del Yacimiento. Según las observaciones hechas en las diferentes labores como por el muestreo realizado demuestran que sus valores oscilan entre 0.50% y 15% aproximadamente.

2.7.4.1.2 Blenda o Esfalerita (ZnS). Es el mineral más abundante y se le encuentra en todas las labores de la mina, en forma compacta, granular, masiva y cristalizada (maclas polisintéticas). Comúnmente rubia, pero también se presenta de color rojo amarillo, negro, pardo rojizo (marmatita), raya amarilla y parda: brillo resinoso, dureza 3.5 a 4, peso específico 3.9 a 4.1. Se trata de un mineral alocromático (se presenta en varios colores) y las variedades oscuras, se deben a que en su composición contienen impurezas de hierro en mayor o en menor cantidad (marmatita). Es el único mineral de Zinc y sus valores según ensayos oscilan entre 1% y 20%. Está asociado a la galena, calcopirita, pirita y carbonatos, en general es mucho más abundante que la galena.

2.7.4.1.3 Calcopirita (Cu Fe S₂). Distribuida en poca cantidad en forma masiva, terrosa y raramente cristalizada, mayormente acompañando al cuarzo, galena y esfalerita en las cavidades de las druzas, color amarillo latón, brillo metálico, dureza 3-4, bastante

frágil, peso específico 4.1 a 4.3, raya negra verdosa, suele ir asociada a la galena, pirita, esfalerita, etc.

2.7.4.1.4 Proustita (Ag_3AsS_3). Es un mineral menos abundante de color escarlata, bermellón o gris rojizo, que se presenta en trazas. Su color de raya es rojo bermellón, brillo sub metálico, adamantino, dureza 2 a 2.5, peso específico 5.5 a 5.6.

2.7.4.2 Minerales de Ganga.

2.7.4.2.1 Cuarzo (SiO_2). Es la ganga más abundante ampliamente distribuida en todo el Yacimiento, en forma masiva y cristalizado (hexagonal) en concreciones y geodas es común el “diente de perro”, de color blanco y hialino.

2.7.4.2.2 Pirita (FeS_2). En regular cantidad acompañando principalmente al cuarzo, se presenta en forma diseminada, cristalizada (cubos y octaedros) y terrosa, color amarillo latón, brillo metálico, por meteorización se vuelve pardo, dureza 6 a 6.5, peso específico 4.4 a 5.2. Son frecuentes las concreciones típicas de pirita.

2.7.4.2.3 Limonita ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$). Distribuida en forma concrecionada, nodular y terrosa, dureza 5 a 5.5, peso específico 3.6 a 4.0, brillo vítreo, color pardo oscuro a negra, raya parda amarillenta. Dificultosamente soluble en ácidos y difícilmente fusible. Mineral secundario en zonas de oxidación superficial de minerales de Hierro.

2.7.4.2.4 Baritina, Barita, espato pesado, ($BaSO_4$). Se presenta en pequeña cantidad, al estado masivo y cristalizado (tablas), dureza de 3.0 a 3.5, peso específico 4-5, brillo vítreo, coloración blanquecina, insoluble en ácidos. En el Yacimiento se le conoce fácilmente por su alto peso específico y la forma de sus cristales.

2.7.4.2.5 Calcita ($CaCO_3$). Es el carbonato que se encuentra en mayor cantidad, coloración blanca e incolora, se presenta en cristales (romboédricos y escalenoedros) y en masas granulares (en grandes concreciones) finas a compactas y terrosas siendo común el espato de Islandia, raya incolora, brillo vítreo, dureza 3.0 y peso específico 2.72 efervescer con el HCl desprendiendo CO_2 .

2.7.4.2.6 Rodocrosita ($MnCO_3$). Igualmente, que la calcita es abundante, se le reconoce generalmente por su coloración rosada, dureza 4, brillo vítreo. Se encuentra en forma masiva, terrosa (lixiviada) y en forma de nódulos junto a la galena, esfalerita, etc. En superficie se hace ostensible por la pátina gris acero con que se cubre por acción del intemperismo.

2.7.4.2.7 Siderita ($FeCO_3$). Se encuentra en pequeña cantidad, color generalmente de castaño oscuro a claro transparente a translúcido, brillo vítreo, dureza 4, raya incolora y se presenta en masas compactas y granulares.

2.7.4.2.8 Alabandita (MnS). Se presenta en regular cantidad principalmente en la Veta Marthita, exhibe color negro grisáceo, raya verde sucio, presentándose en forma masiva. La alabandita es un mineral común en el Perú, por ejemplo, se presenta en los Yacimientos de Uchuchacua, Madrigal y Caylloma.

2.7.5 Alteraciones

2.7.5.1 Argílica Intermedia. También llamada argílica moderada, se presenta con una significativa lixiviación de Ca, Na y Mg de las rocas. La alteración argílica intermedia representa un grado más alto de hidrólisis relativo a la alteración propilítica. Este tipo de alteración tiene lugar en rangos de pH entre 4 y 5 y puede coexistir con la alunita en un rango transicional de pH entre 3 y 4. La caolinita se forma a temperaturas bajo 300°C (aunque generalmente en el rango <150°-200°C). Sobre los 300°C la fase estable es pirofilita. La formación de la caolinita es a partir de la sericita. (Volcan, 2001).

2.7.5.2 Fílica. Ambos feldespatos (plagioclasas y feldespato potásico) transformados a sericita y cuarzo secundario, con cantidades menores de caolinita. Normalmente los minerales máficos también están completamente destruidos en este tipo de alteración. Es el resultado de una hidrólisis moderada a fuerte de los feldespatos, en un rango de temperatura de 300°- 400°C y en un rango de pH 5 a 6. (Volcan, 2001). A temperaturas más bajas se da illita (200°-250°C) o illita-smectita (100°-200°C). A temperaturas sobre los 450°C, corindón aparece en asociación con sericita y andalucita. (Volcan, 2001).

2.7.5.3 Propilítica. Caracterizada por la presencia de clorita, epidota y/o calcita, y plagioclasa albitizada. Ausencia de una apreciable lixiviación de álcalis o alcalinotérreos; H₂O, CO₂ y/o S pueden agregarse a la roca, formándose albita, calcita y/o pirita. Este tipo de alteración representa un bajo grado de hidrólisis de los minerales de las rocas y por lo mismo su posición en zonas alteradas tiende a ser marginal. Generada por soluciones de pH neutro a alcalino y en rangos de temperatura bajos (200°-300°C). Las formaciones de clorita, epidota y albita están representadas por la cloritización de la biotita, epidotización y albitización de la plagioclasa. (Volcan, 2001).

2.7.6 Paragénesis

La paragénesis de la unidad minera de Animón, son observables en un rango espacial de 9.3 Km en sentido horizontal y 1.2 Km en sentido vertical. La mineralización hipógena se dio en cuatro secuencias paragenéticas, las que han sido determinadas mediante observaciones macroscópicas y estudios microscópicos de secciones delgadas. Se puede observar en la Figura 10.

- La primera fase está constituida esencialmente de pirita, esfalerita, calcita, cuarzo. Esta se observa en Cuerpo Esperanza.
- La segunda fase está constituida de pirita, specularita, esfalerita, calcopirita, rodocrosita, calcita, cuarzo. Esta se observa en veta Principal, Split 225 Principal, veta Carmen.
- La tercera fase está constituida de pirita, esfalerita, galena, alabandita, calcopirita, cobres grises, platas grises. Esta se observa en veta Janeth, veta Split Janeth, veta Split NW 01 Carmen, veta Araceli.
- La cuarta fase está constituida de pirita, esfalerita, galena, calcopirita, cobres grises, platas grises, platas rojas, molibdenita, marcasita. Esta se observa en veta Ramal Piso 3 Principal, veta Andalucía, veta Andalucía 120, veta Gisela.

Figura 10

Paragénesis de mina Animón

PARAGÉNESIS MINA ANIMÓN						
LEYES Zn %	< 0.5%	3% - 5 %	20% - 30 %	10% - 15 %	3% - 7 %	< 2%
MINERAL	PREMINERAL	SKARN DISTAL?	VETAS Y CUERPOS			POSTMINERAL
		FASE 1 Cuerpo Reemplazamiento	FASE 2 Veta Principal	FASE 3 Veta Janeth C. San Pedro	FASE 4 Veta Rama Piso 3	
Pirita		██████████	██████████	██████████	██████████	
Especularita					
Esfalerita		██████████	██████████	██████████	
Calcopirita			██████████	
Cobres Grises			
Galena				
Platas Grises (Polibasita)				██████████	
Alabandita				██████████		
Marcasita					██████████	
Platas Rojas (Proustita)					
Molibdenita					
Rodocrosita			██████████	██████████	██████████	
Calcita	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	
Cuarzo	██████████	██████████	██████████	██████████	
Albita	██████████					
Epidota					
Clorita	██████████					
Granate					
Smectita	██████████					
Illita	██████████					
Serecita	██████████					
Caolinita	██████████					
Limonitas					
Oxidos Manganeseo					
Oxidos de Hierro					

Nota: Fuente Volcan Cía. Minera S.A.A., 2016.

Zonamiento mineralógico

En la unidad minera de Animón, los precipitados de los diferentes ciclos de mineralización se han distribuido en zonas concéntricas tridimensionales asimétricas.

Los minerales de mayor temperatura, correspondientes al 1er ciclo de mineralización, se ubican en la parte central y se caracterizan por estar distribuidos en dos subzonas: Una en la parte central o núcleo compuesta esencialmente de pirita-enargita y otra que rodea a la anterior compuesta de abundante pirita-tetraedrita. Los minerales de mediana temperatura, correspondientes al 2do ciclo de mineralización, se ubican en la zona intermedia. Estos precipitados intuyen y traslapan a los minerales del 1er ciclo y originan las asociaciones de minerales de cobre-zinc y plomo. El mineral característico es la marmatita acompañada de cristales triglifos de pirita y de poca galena. En esta zona se ubican la mayor cantidad de depósitos minerales del distrito. Los minerales de baja

temperatura que han sido originados durante el 3er ciclo de mineralización. Se han precipitado en las fracturas más jóvenes de la periferia del distrito. Estos precipitados conforman la zona exterior de mineralización, los minerales típicos son: esfalerita rubia clara y esfalerita rubia rojiza, galena en megacristales y ganga botroidales de siderita, baritina y rodocrosita. Debido a las reaperturas de las fracturas, los precipitados del tercer ciclo han traslapado a las zonas ocupados por los precipitados anteriores.

Las vetas o estructuras mineralizadas se categorizaron en estadíos de mineralización, de acuerdo con el estilo de mineralización, textura y ensambles mineralógicos que estas presentan en la figura 11.

Los estadíos de mineralización son:

Estadío A:

Zona con mineralización económica.

- Estadío A1: Calcopirita – Magnetita.
- Estadío A2: Marmatita – Pirrotita.
- Estadío A3: Marmatita – Pirrotita – Galena – Sulfuros Ag.

Estadío B:

Zona sin mineralización económica. Pirita – Cuarzo.

Estadío C:

Zona con mineralización económica, clase distal.

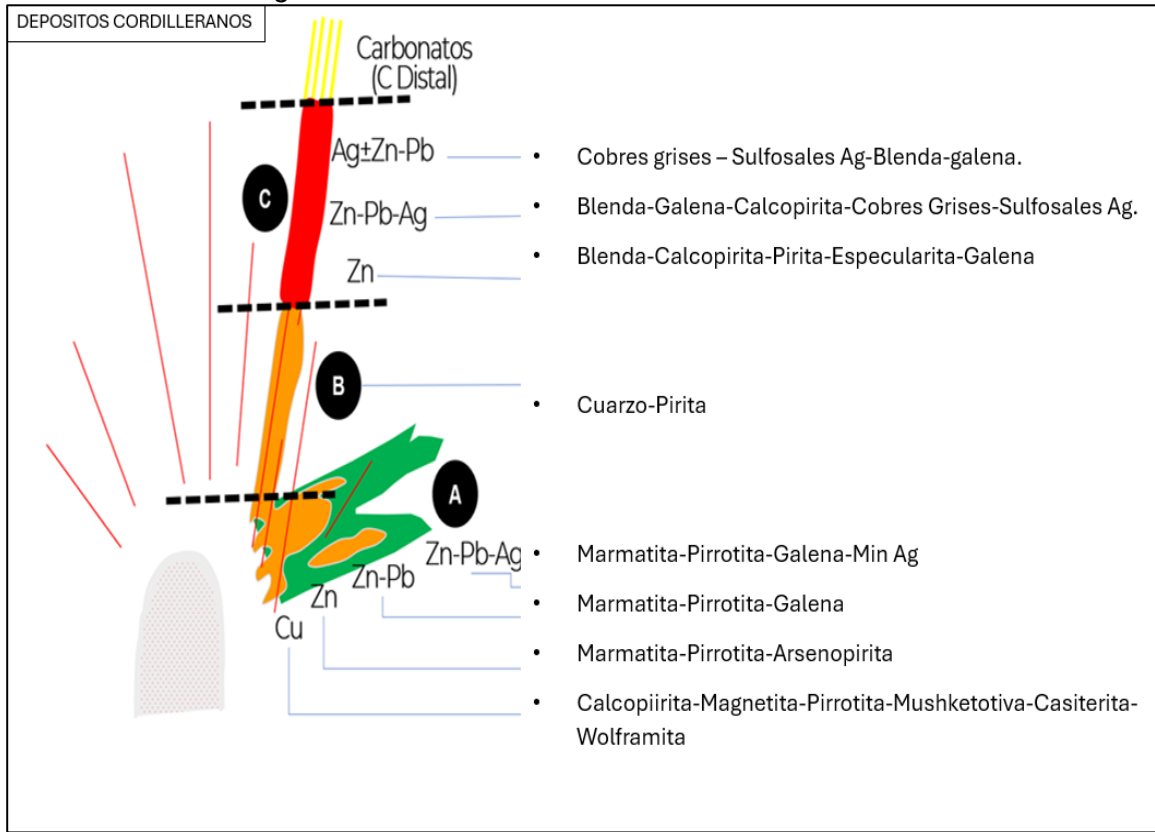
- Estadío C1: Esfalerita – Calcopirita.
- Estadío C2: Esfalerita – Galena – Sulfosales Ag y Cu.
- Estadío C3: Sulfosales Ag y Cu ± Esfalerita – Galena.

Estadío C Distal:

Zona distal sin mineralización económica. Carbonatos – Sílice Criptocristalina.

Figura 11

Zonamiento mineralógico



Nota: Fuente Volcan Cía. Minera S.A.A., 2016.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Mapeo geológico

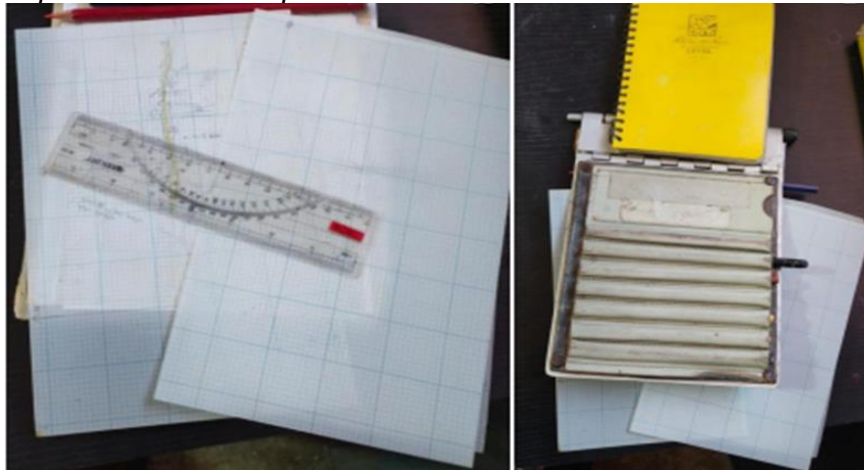
El mapeo geológico es la representación cartográfica de todos los elementos geológicos observables en un sitio, así como: tipo de roca, alteración, elementos estructurales y mineralogía. El mapeo en interior mina es el proceso de ir a las labores en interior mina, por lo general en tajos, subniveles, rampas y accesos para identificar las estructuras geológicas más importantes y detallar en un plano, en este caso se realiza el mapeo a un a escala de 1/250.

El geólogo de mina es el responsable de cartografiar la Labor, deberá realizar todos los formatos de seguridad y evaluar las condiciones para realizar la actividad. Antes de dirigirse a mina para el realizar el mapeo geológico, se debe revisar que se lleven todos los implementos necesarios como los son:

- Brújula Brunton.
- Martillo geológico (Picota).
- Tablero.
- Libreta (debe ser a prueba de agua ya que la mina presenta filtración de agua).
- Colores amarillo, azul y rojo.
- Lápiz HB, protractor y cinta métrica.

Figura 12

Implementos para realizar el mapeo



Nota: Fuente Elaboración propia

En el mapeo se deben tener en cuenta el rumbo y el buzamiento de las diferentes estructuras tales como vetas, fallas, familias de diaclasas; así como también se debe mirar la composición mineralógica y los tipos de alteraciones que se encuentran.

El rumbo es la dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano de la estructura, con respecto al norte. El dato del rumbo se puede tomar de varias maneras, las cuales se explican a continuación:

- Poniendo la brújula pegada a la estructura y nivelando el “ojo de pollo”.
- Poner el cordón encerado de hastial a hastial de la veta, anclarlo con puntillas y colgar la brújula con ganchos.
- Con ayuda del flexómetro se mide desde un punto topográfico la distancia a ambos hastiales hasta donde se encuentra la estructura y se plasma estas distancias a escala en el plano, dando así el dato del rumbo.
- Si la estructura se encuentra hacia el techo y es difícil medir su rumbo por alguna de las tres maneras anteriormente mencionadas; entonces nos ubicamos bajo la veta apuntando la brújula en aproximadamente la misma dirección y, posteriormente, se traza este dato en la hoja de mapeo.

El buzamiento es el ángulo de inclinación comprendido entre el plano de la estructura y el plano horizontal. La dirección del buzamiento siempre es perpendicular al rumbo.

- Poner la brújula pegada a la estructura y nivelar la burbuja
- Si la estructura se encuentra hacia el techo y es difícil medir su buzamiento por el método anterior, se coloca desde lejos la brújula y se intenta que su parte lateral coincida con la estructura. Obviamente mirando que la burbuja del nivel quede en la posición adecuada.













Todas las estructuras mineralizadas de la mina Animón se encuentran afectadas por el sistema de fallas, ya sean principales o tardías, con desplazamientos horizontales y verticales a las vetas ya formadas. El mapeo geológico se lleva juntamente con el levantamiento topográfico, el cual es realizado con ayuda de una estación total la cual es

manejada por los topógrafos del área. Para el mapeo se debe contar con el plano topográfico de acuerdo con la escala requerida y se utiliza los siguientes símbolos y colores para el mapeo.







- Utilizar los siguientes estándares de colores requeridos para el mapeo litológico.

184, 134, 11	Margas Ferruginosas	255, 160, 22	Conglomerados	199, 199, 199	Lutitas
227, 181, 65	Margas Bituminosas	255, 105, 180	Porfido Dacitico	255, 79, 79	Brecha Hidrotermal
164, 217, 187	Areniscas	255, 255, 129	Volcanoclasticos	255, 205, 167	Brecha Freatomagmática
155, 229, 255	Calizas	189, 50, 196	Chert	188, 238, 104	Andesitas

- Utilizar los siguientes estándares de simbología requeridos para el mapeo estructural.

	Veta		Rumbo y Bz estrato
	Veta Inferida		Rumbo y Bz estrato
	Falla		Falla dextral
	Falla inferida		Falla Sinestral
	Falla Inversa		Anticlinal
	Falla Normal		Sinclinal

- Utilizar los siguientes estándares de colores requeridos para el mapeo de estructuras y alteraciones hidrotermales.

0, 0, 255		Falla	255, 0, 0		Veta	255, 203, 55		Diseminado
164, 39, 241		Manto	255, 255, 0		Vetilla	255, 130, 71		Cuerpo

Procedimiento

- Medición y ubicación del punto topográfico.
- Ubicación topográfica de los datos a cartografiar:
- Referenciar con distanciómetro respecto a un punto topográfico el tramo a plotear en el plano/libreta/Formato de mapeo. Estos datos se tomarán a una altura referencial de 1.20m del suelo. Para la toma de datos marcar con pintura la zona a mapear.
- Identificar la estructura mineralizada detallando la textura, zona de daño, si hay falla en el contacto techo o piso respectivamente y en lo posible analizar el sentido del movimiento de dichas fallas considerando los indicadores cinemáticos. Figura 13.

- Recolectar los datos de rumbo y buzamiento de las estructuras y plotear en la libreta.
- Finalmente realizar en gabinete el mapeo en papel canson A1 en escala 1/250.tal como muestra la Figura 14.

Figura 13

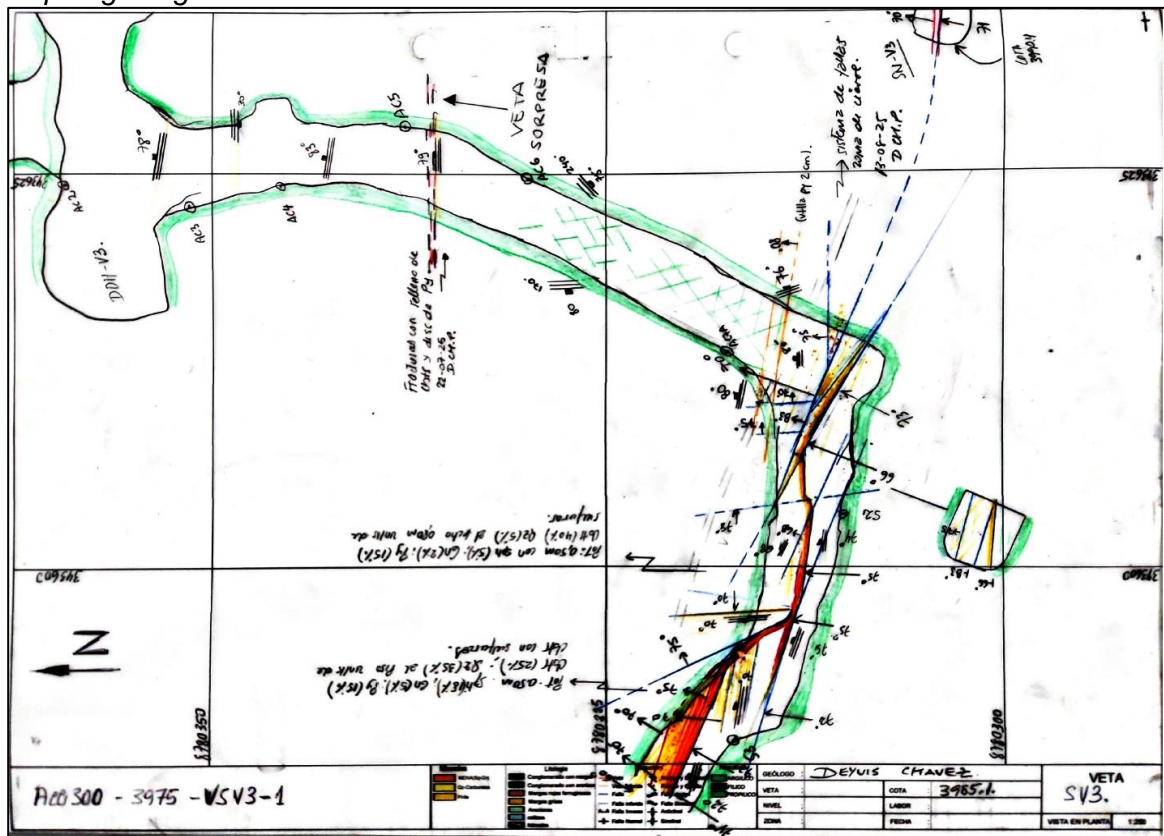
Mapeo geológico en interior mina, toma de datos de la estructura mineralizada



Nota: Fuente Elaboración propia

Figura 14

Mapeo geológico en cansón a escala 1/250



Nota: Fuente Elaboración propia

3.2 Logueo geológico

Es el registro geológico como la actividad de analizar los testigos de perforación obtenidos en cada taladro de perforación, mediante su estudio macroscópico de testigo en mano.

También se puede complementar mediante estudios microscópicos dependiendo del nivel de la investigación requerida.

En mina Animón se realiza la codificación de acuerdo como se representa cada estructura mineralizada según muestra la Figura 15.

Frecuentemente la mineralización se encuentra en las siguientes formas que se indican a continuación:

- **CPO(Cuerpo):**

Tramos mineralizados continuos con presencia de diseminaciones, venillas y vetillas de sulfuros, ley estimada $\geq 3\%Zn$.

- **VTLL (Vetillas):**

Tramos con presencia de vetillas de sulfuros entre 2 a 10 cm de espesor.

- **VNLL (Venillas):**

Tramos con presencia de venillas de sulfuros < 2 cm, normalmente de baja ley $< 3\%$ Zn.

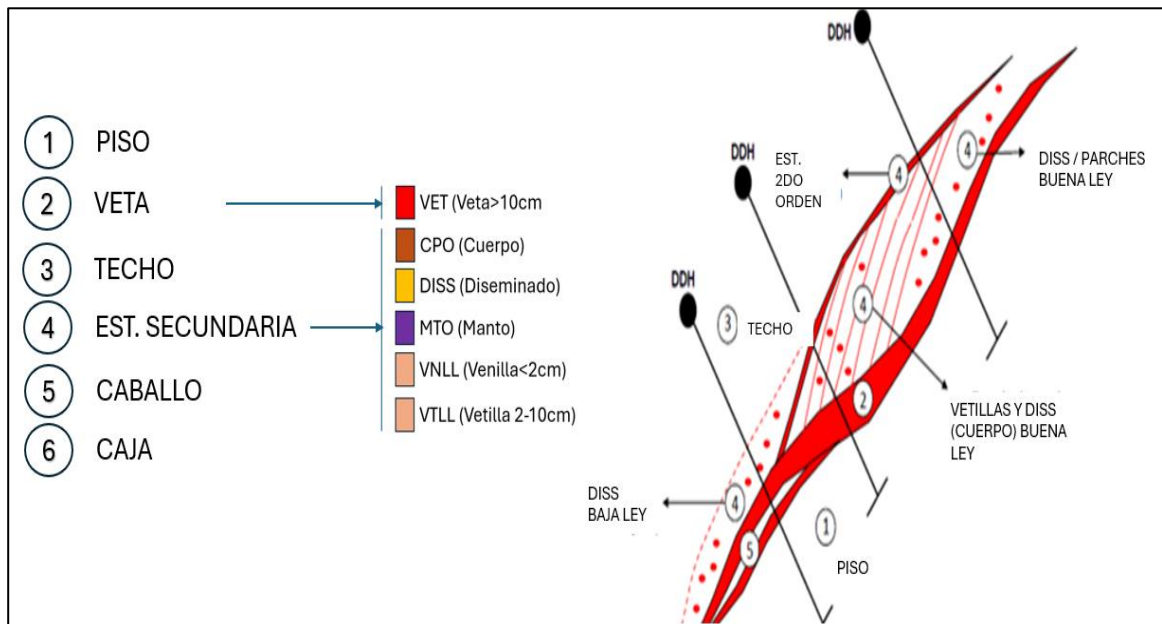
- **DISS (Diseminado):**

Tramos con presencia de diseminaciones de sulfuros, normalmente de baja ley entre 1-2% Zn.

El uso de estos nuevos códigos de logueo (definidos de acuerdo con el estilo de mineralización) permitirá interpretar estructuras que tenían buenos valores metálicos pero que anteriormente se dejaban como NN y sin modelar, ya que no encajaban dentro del esquema de vetas, o en otros casos se incluía dentro de la veta principal generando una sobredimensión de la potencia real. Se observa un esquema en la Figura 15.

Figura 15

Codificación de la mineralización



Nota: Fuente Volcan Cía. Minera S.A.A., 2016.

En mina Animón se identifica las siguientes texturas de la mineralización:

▪ **Diseminaciones**

Estilo de mineralización:

Diseminaciones de grano fino con presencia de vetillas de sulfuros en diversas direcciones.

Mineralización:

Py+Sp+Gn+Sulf Ag (Grano fino).

Alteración:

Débil argilización en parches irregulares y restringido a fracturas y vetillas (0 a 10%)

Resistente al rayado de la cuchilla de metal.

Figura 16

Mineralización en diseminación



Nota: Fuente Elaboración propia.

- **Parches**

Estilo de mineralización:

Predominio de parches irregulares de grano medio con diseminaciones y vetillas de sulfuros en diversas direcciones.

Mineralización:

Py+Sp+Gn+Sulf+Ag (Grano fino).

Alteración:

Débil argilización en parches irregulares y restringido a fracturas y vetillas (0 a 10%).

Figura 17

Mineralización en parches



Nota: Fuente Elaboración propia.

- **Vetillas y Venillas**

Estilo de mineralización:

Predominio de vetillas con espesor entre 2 a 10 cm.

Mineralización:

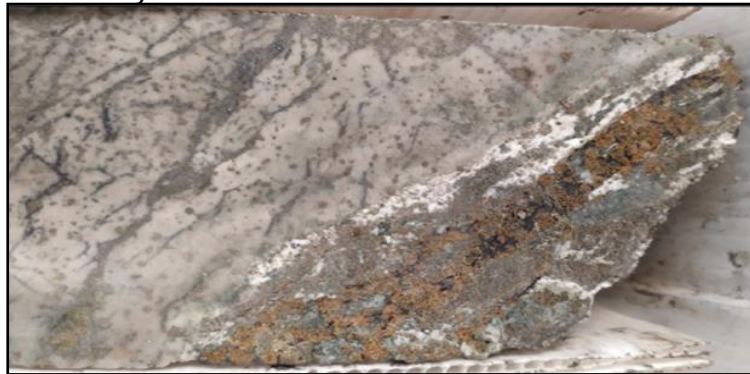
Py+Sp+Gn.

Alteración:

Débil a moderada argilización en las paredes.

Figura 18

Mineralización en vetillas y venillas



Nota: Fuente Elaboración propia.

- **Brechado**

Caracterizada por la presencia de clastos y matriz. En estos casos es necesario describir la muestra según los criterios establecidos Tamaño, forma y composición de clastos, composición de la matriz, indicar si es clasto soportada o matriz soportada, señalando si los sulfuros forman parte de la matriz o de los clastos y el grado de alteración presente.

Figura 19

Mineralización en textura Brechado



Nota: Fuente Elaboración propia.

- **Fragmentos**

Exclusivo para vetas falla donde la estructura presenta un intenso fracturamiento y no se puede determinar su textura original.

Figura 20

Mineralización en fragmentos



Nota. Fuente Elaboración propia.

- **Masivo y Semimasivo**

Masivos cuando la presencia de sulfuros es mayor al 30%.

Semi masivos cuando la presencia de sulfuros es menor al 30%.

Figura 21

Mineralización en textura masiva



Nota: Fuente Elaboración propia.

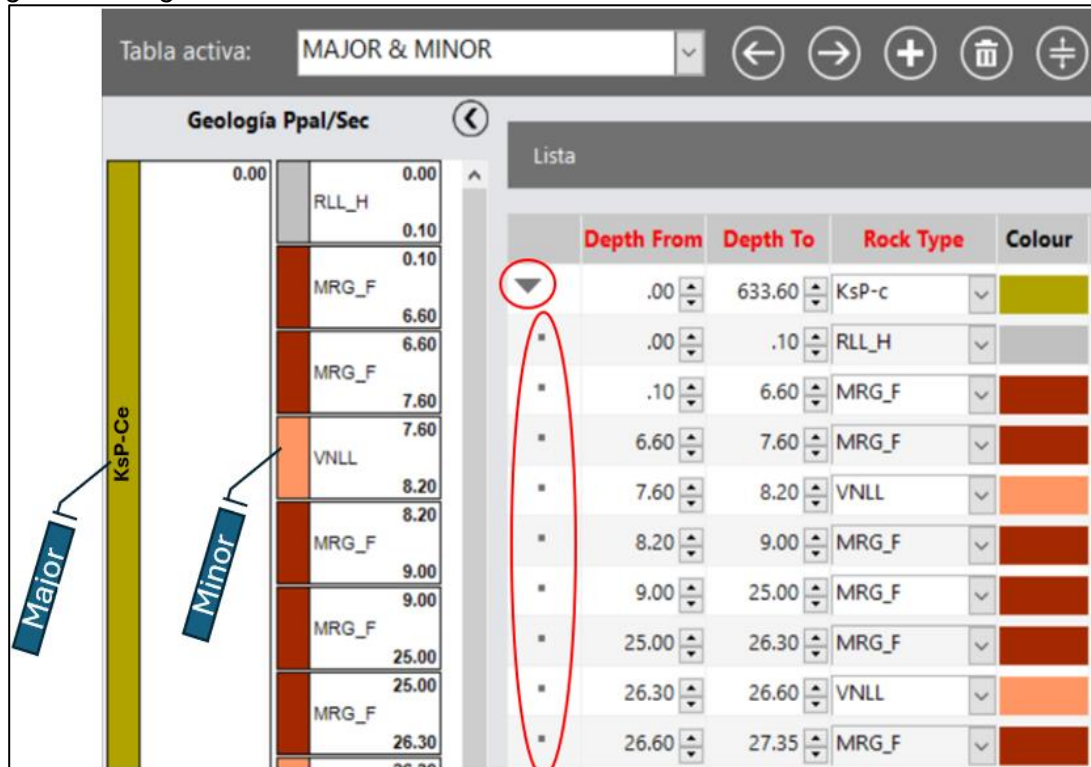
Los tipos de roca por lo general se encuentran entre Marga, Conglomerado, Arenisca, Hornfels y en profundidad las calizas.

Los tipos de alteración mayormente se presenta la Cloritización y Argilización.

Los registros de Logeo se realizan en la base de datos de GDMS que cuenta la empresa para una rápida revisión y finalmente que da como se muestra en la Figura 22.

Figura 22

Registro de Logueo en GDMS



Nota: Fuente Elaboración propia.

3.3 Muestreo

Desde el punto de vista geológico una muestra es una porción representativa y proporcional de la población, tomada en una estructura mineralizada, de la cual mediante su análisis se obtiene su composición de elementos e información relacionada al contenido metálico.

- **Muestreo sistemático de frentes**

Este se desarrolla después de la voladura, limpieza y sostenimiento en los diferentes tajos de producción o subniveles.

- **Muestreo de carga de disparo**

Si la evaluación de la carga de mineral disparado no se puede definir visualmente por alguna discrepancia entre el material fragmentado y la estructura mineralizada en la corona, hastiales y frente, esta carga debe ser muestreada.

- **Muestreo en cancha de mineral**

Antes del envío de mineral a planta de tratamiento se obtiene información de la ruma de mineral de determinado tajo en la cancha, solo si, no se cuenta con ninguna información previa de la procedencia del material.

- **Muestreo de sondajes**

La toma de muestra se realiza una vez, fotografiado, definido los contactos geológicos después de realizado el Logueo de los sondajes. Este proceso es ejecutado por el personal de muestreo con supervisión constante del geólogo, quien realiza el registro geológico, fotografía, verifica y supervisa el plan y ejecución del muestreo de cada tramo.

Figura 23

Muestreo sistemático de frente



Nota: Fuente Elaboración propia.

3.4 Revisión de mapeos

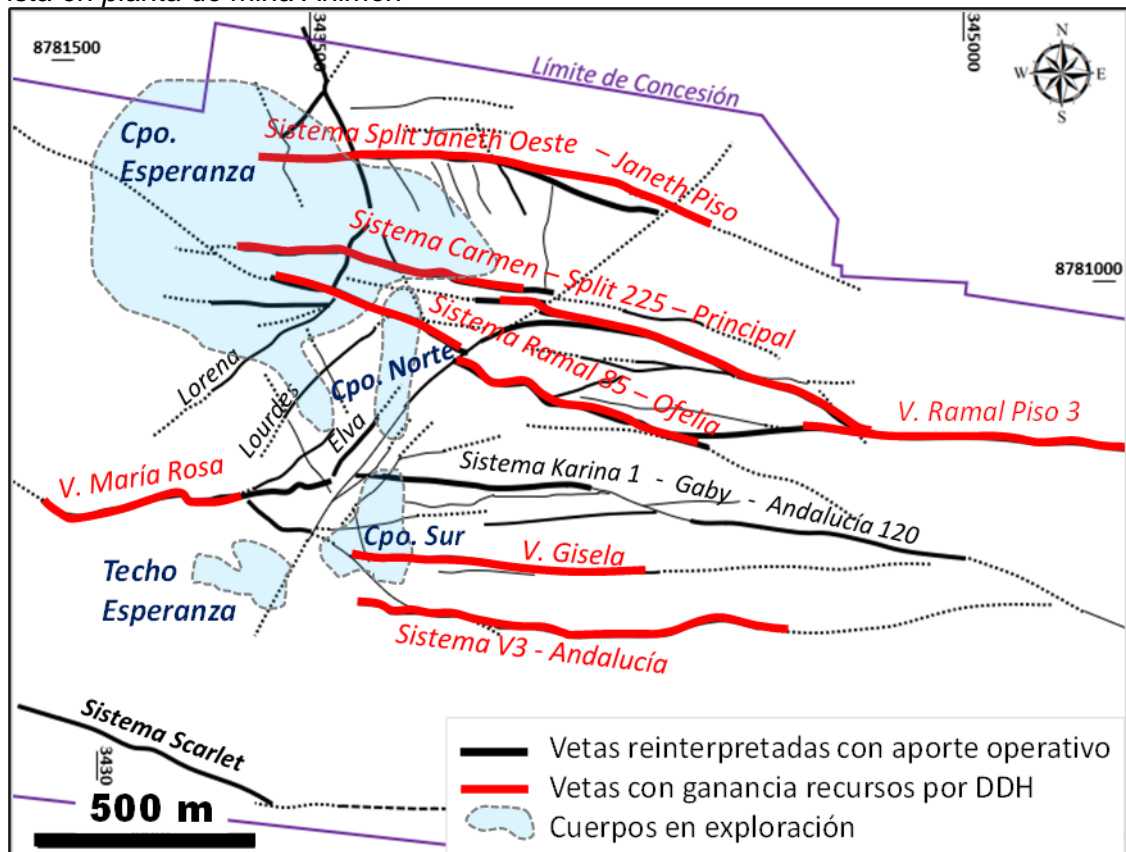
En mina Animón se tiene 3 sistemas principales de vetas que actualmente tienen la mayor producción, estos sistemas son de rumbo E-W y en estas se revisará el comportamiento estructural con mayor énfasis hacia los extremos y considerando el modelo de Riedel obtener zonas de nuevos targets para su exploración y aumento de recursos.

En la siguiente Figura 24. Se observa la vista en planta.

En la Figura 25. Se observa la vista en sección del yacimiento Animón.

Figura 24

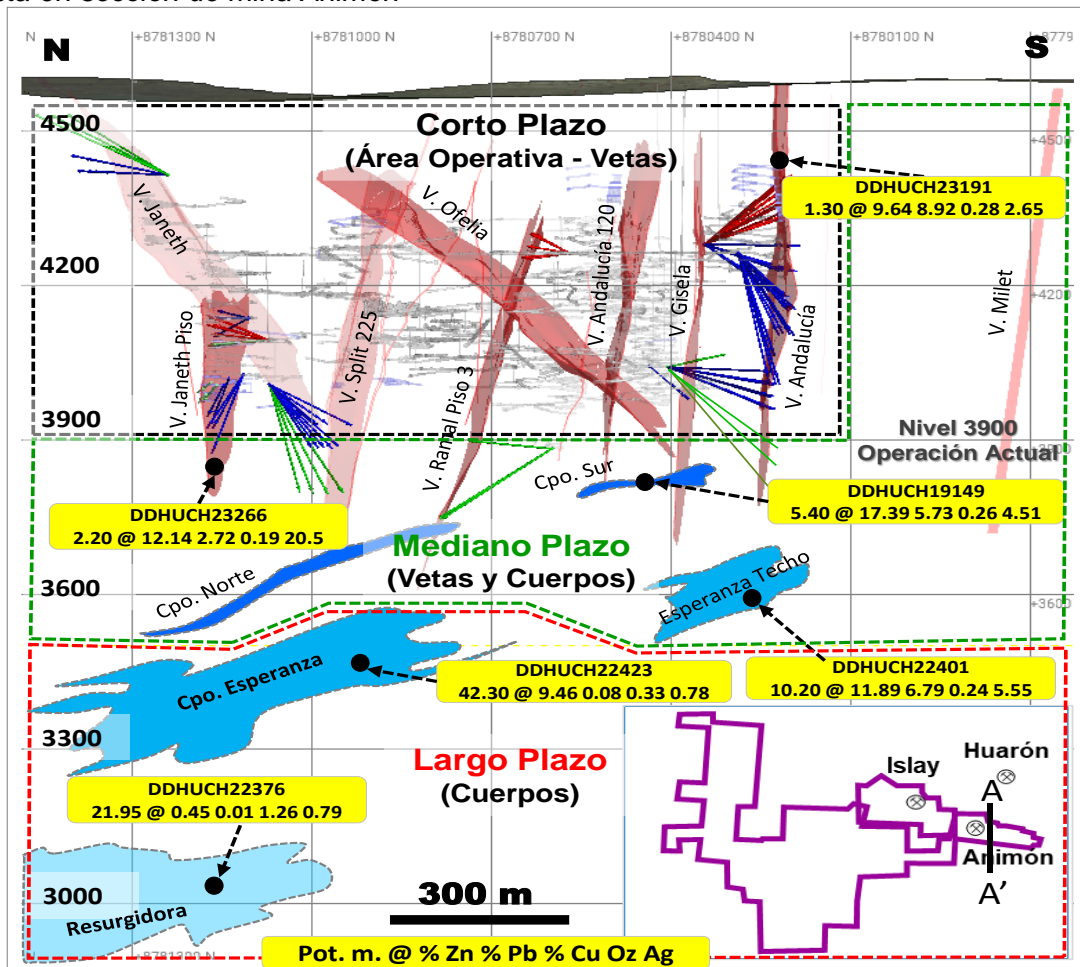
Vista en planta de mina Animón



Nota: Fuente Elaboración propia.

Figura 25

Vista en sección de mina Animón



Nota: Fuente Elaboración propia.

Los 3 sistemas de vetas de mayor extensión E-W son:

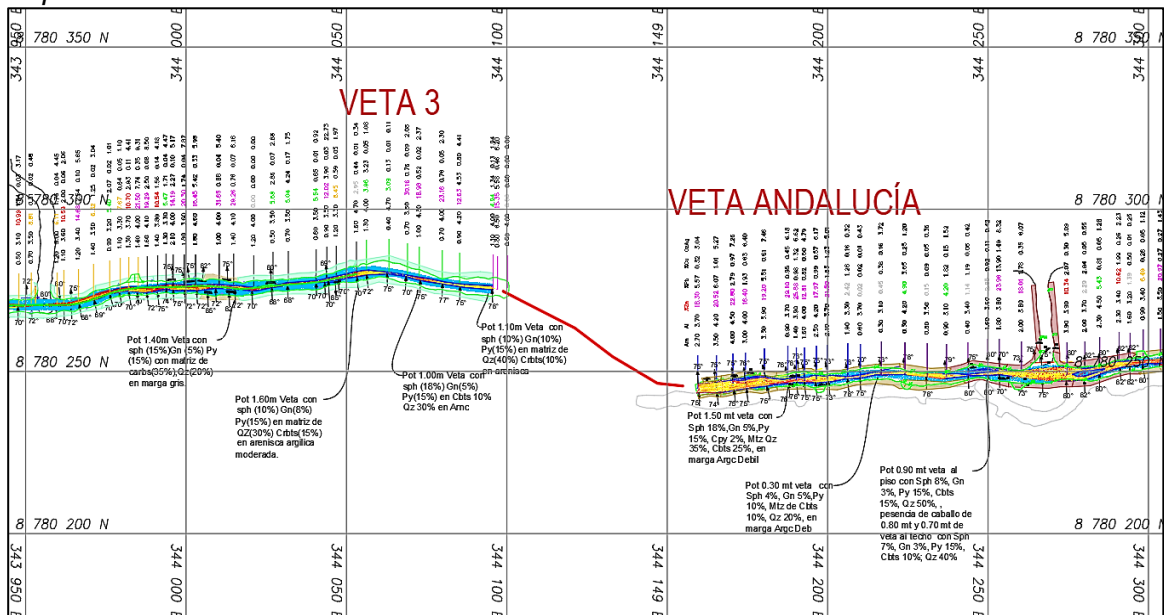
- Andalucía – V3
- Principal – Split 225 Principal
- Janeth Piso – Split Janeth.

3.4.1 Sistema Andalucía – V3

El sistema Andalucía - V3, es uno de los sistemas E-W más importantes del yacimiento con mayor extensión y actualmente siendo explotado en el nivel 4000. En ambas vetas se realizaron el mapeo correspondiente, además se revisaron los intercepto de perforación, con lo que se llega a la conclusión de que las estructuras son acompañadas de fallas del tipo sinextral – normal y tienen una extensión de aproximadamente 300 metros cada estructura llegando a su zona de cierre hacia sus extremos.

Figura 26

Mapeo de Veta Andalucía – Veta 3 Nv4000

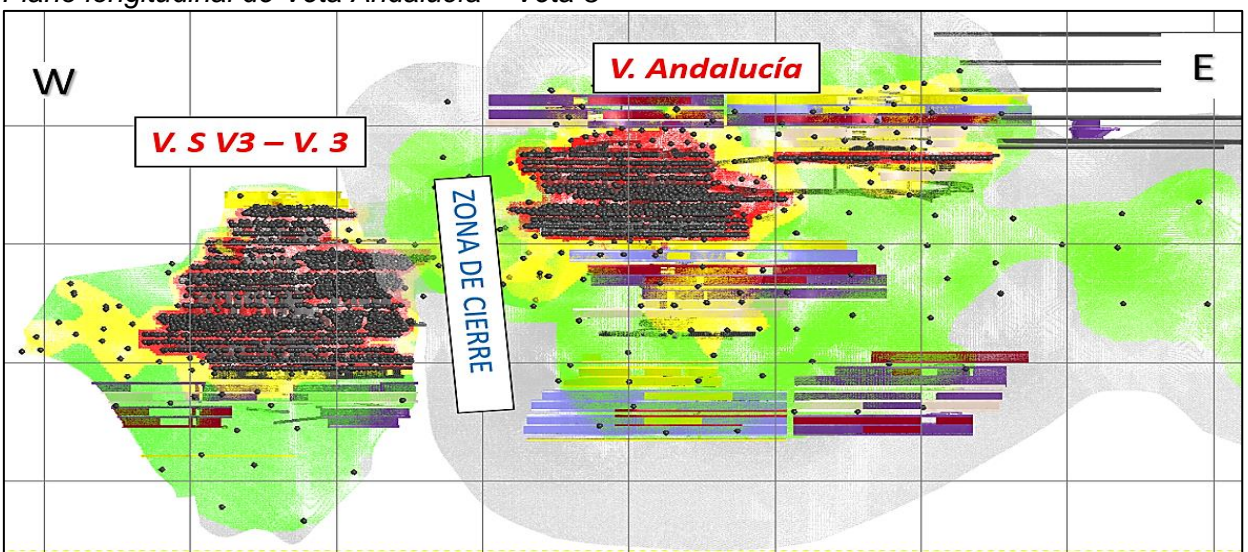


Nota: Fuente Elaboración propia.

Se revisaron los isovalores en una longitudinal y con los intercepto de perforación diamantina se comprueba las zonas de cierre en las estructuras. Analizando ambas vetas el contenido mineralógico y las características geológicas son iguales y aparentemente es una sola veta que con el movimiento estructural solo ha tenido un desplazamiento la cual cambia de rumbo en la zona de cierre y al regresar a su rumbo original aumenta el contenido económico es decir formando los clavos de mineralización.

Figura 27

Plano longitudinal de Veta Andalucía – Veta 3



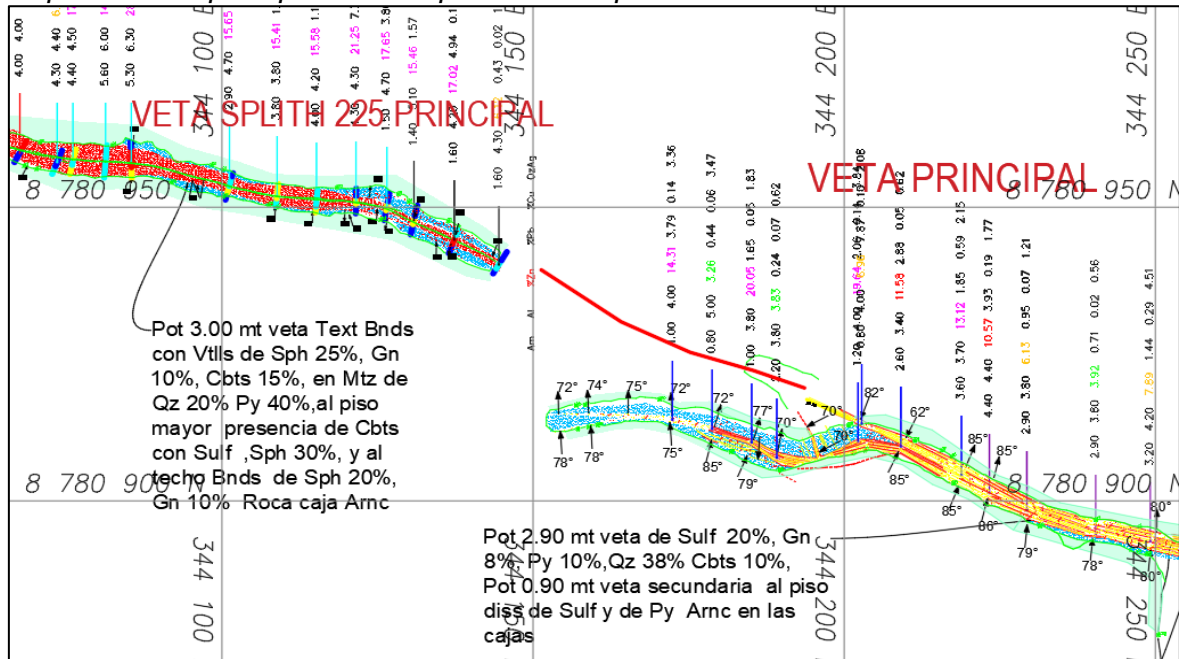
Nota: Fuente Elaboración propia.

3.4.2 Sistema Principal – Split 225 Principal

El sistema Principal – Split 225 Principal, es también considerado las estructuras de mayor contenido metálico en potencia y en leyes. Se realizaron los mapeos en el Nv 3950 identificando las fallas que acompañan a cada estructura siendo del tipo sinextral – normal, además se revisaron los mapeos de niveles superiores comprobando que la veta Split 225 Principal es parte de la continuidad de la Veta Principal.

Figura 28

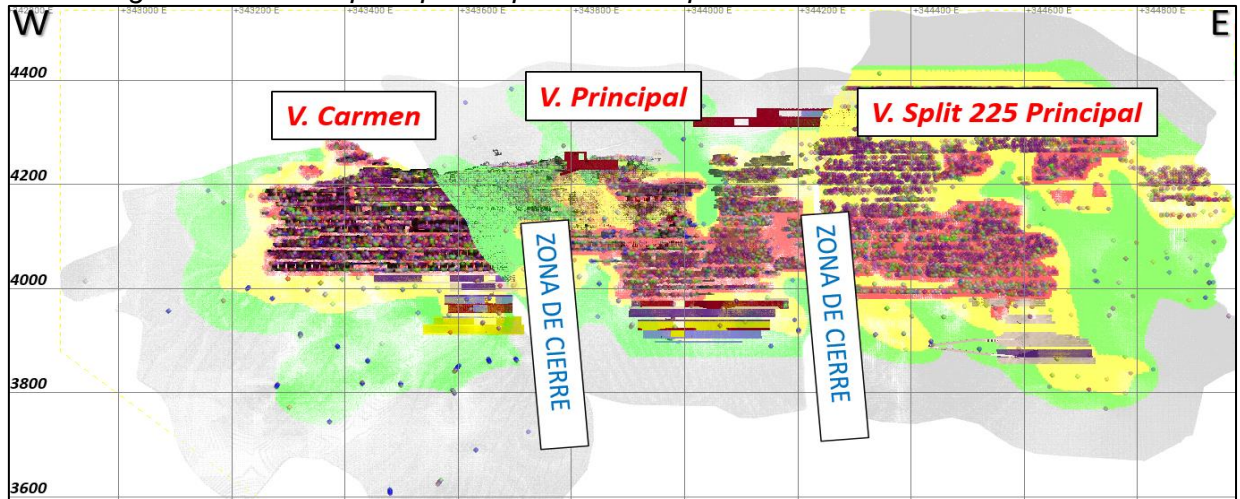
Mapeo de veta principal – Veta Split 225 Principal Nv3950



Nota: Fuente Elaboración propia.

Figura 29

Plano longitudinal de veta principal – Split 225 Principal



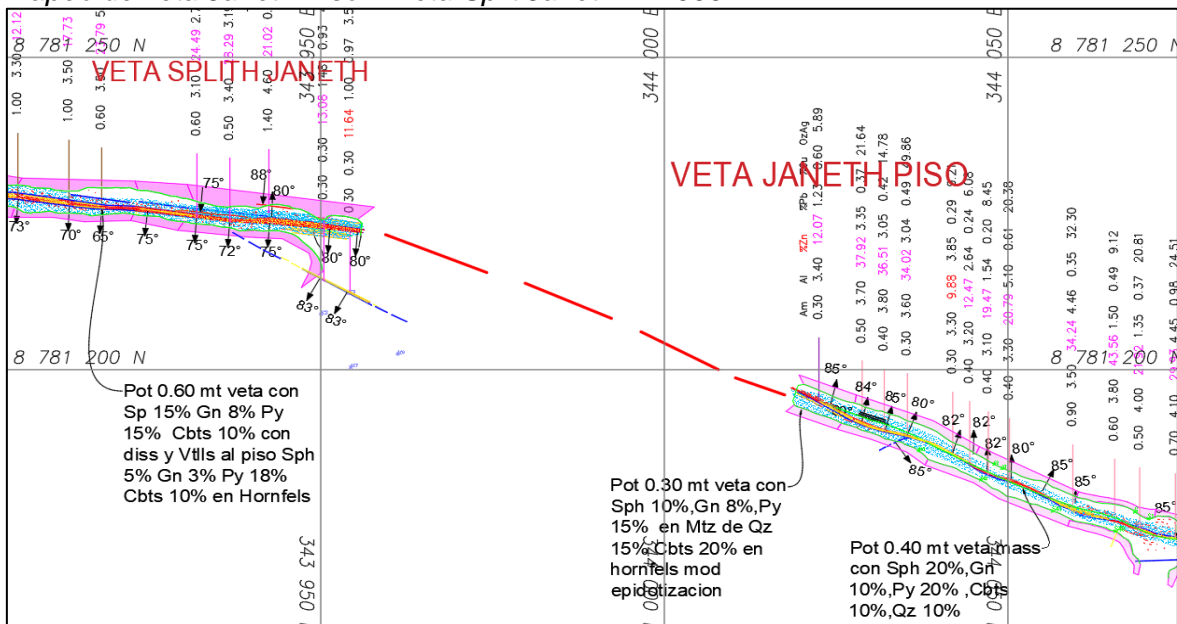
Nota: Fuente Elaboración propia.

3.4.3 Sistema Janeth Piso – Split Janeth

El sistema Janeth Piso – Split Janeth es un sistema más al norte del yacimiento Animón y actualmente con mayor énfasis en la exploración. Se realizó el mapeo en el Nivel 4000 y se identificó las fallas del tipo sinextral – normal y se revisó mapeos de niveles superiores comprobando que son la misma estructura con un desplazamiento.

Figura 30

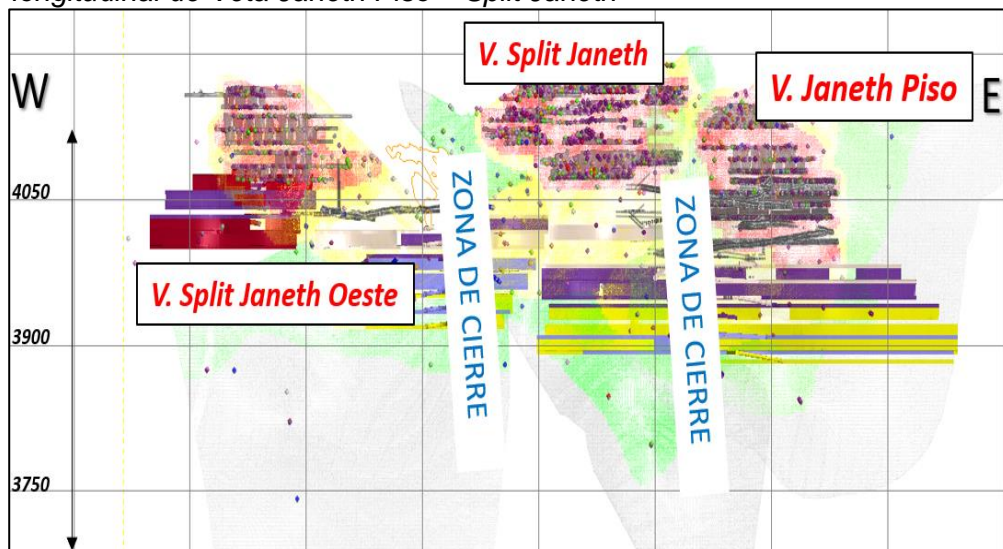
Mapeo de veta Janeth Piso – Veta Split Janeth Nv4000



Nota: Fuente Elaboración propia.

Figura 31

Plano longitudinal de Veta Janeth Piso – Split Janeth



Nota: Fuente Elaboración propia.

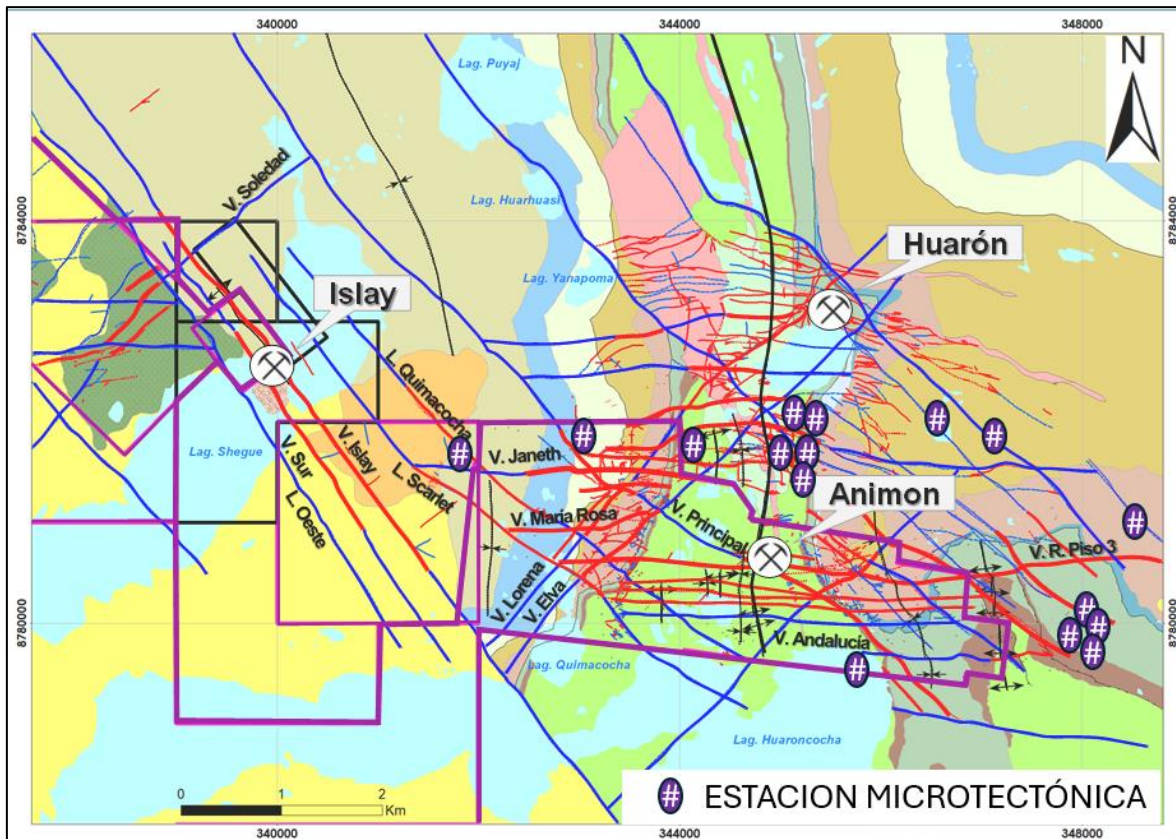
Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados

4.1 Evolución estructural

La zona de estudio tuvo una serie de deformaciones a lo largo del tiempo y que dieron origen a las estructuras mineralizadas. Se realizaron estudios anteriores para la determinación de los eventos de deformación, se tomaron 58 estaciones micro tectónicas, que incluyeron la medición de 390 superficies estriadas en estructuras sinestrales, dextrales, inversas y normales.

Figura 32

Estaciones micro tectónicas



Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

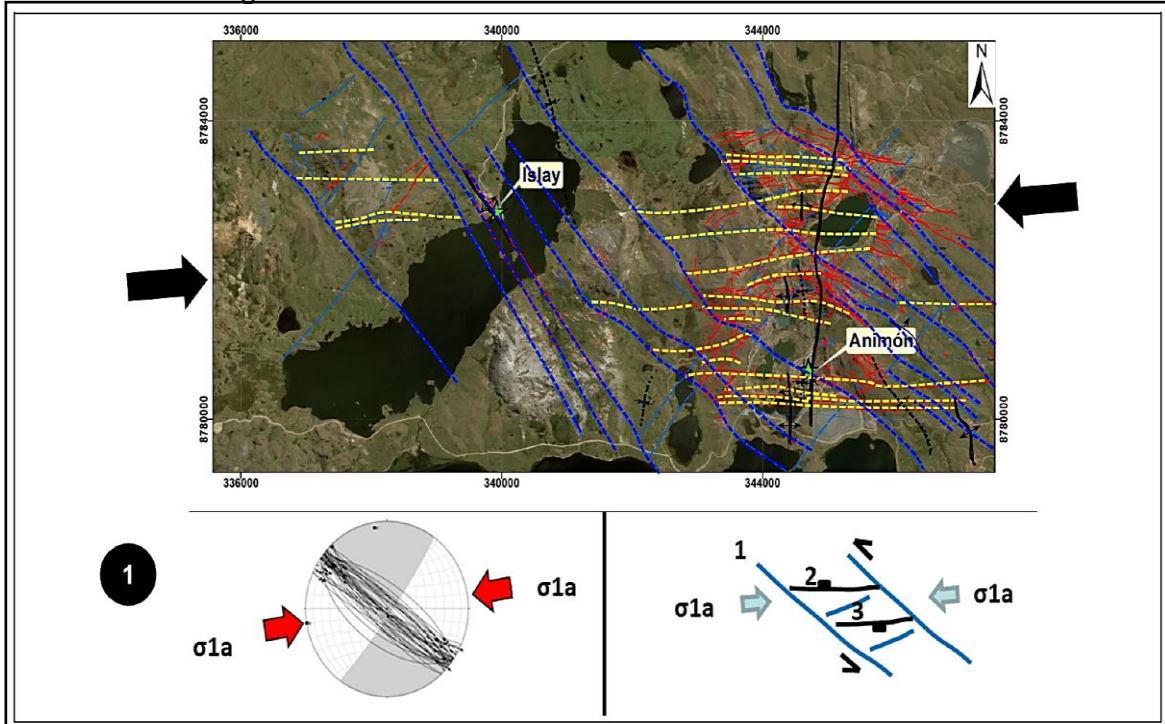
Teniendo como resultado 5 eventos de deformación, los cuales son:

4.1.1 Pre - Mineralización

En esta etapa se definió un movimiento compresivo E-W de edad Eoceno - Oligoceno, el cual originó estructuras principalmente de rumbo E-W y un anticlinal con eje axial de rumbo N-S. sirvió para la pre-mineralización como se muestra en la Figura 33.

Figura 33

Evento de deformación 1. Movimiento compresivo E-W, el cual originó estructuras pre-mineralización de gran extensión de rumbo E-W



Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

4.1.2 SYN Mineralización 1

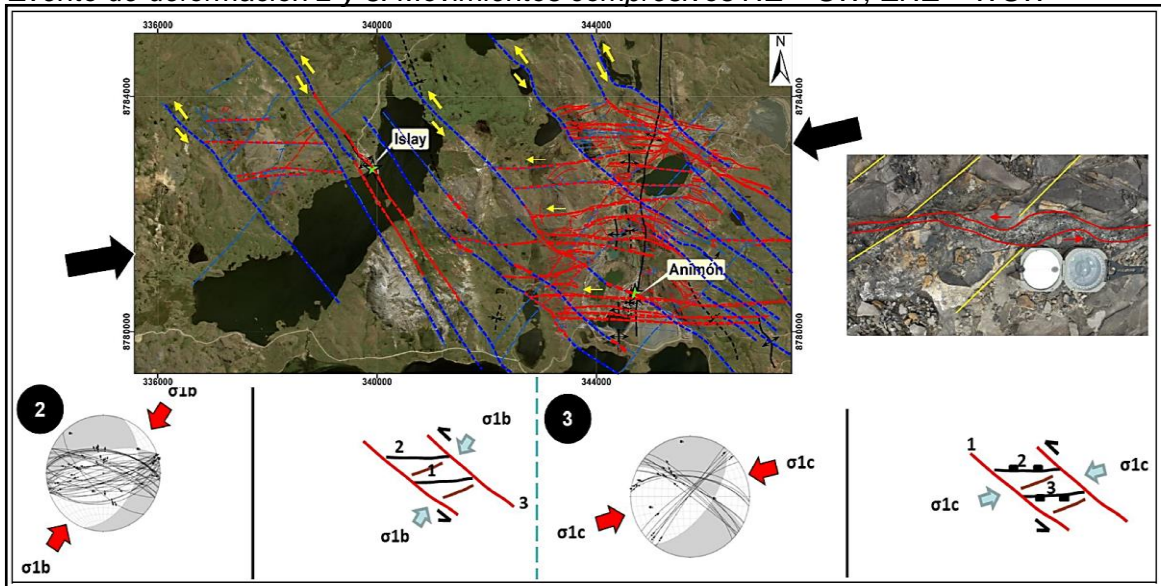
Como segundo movimiento se definió un tipo de movimiento compresivo NE – SW de edad Mioceno medio-superior, el cual originó estructuras mineralizadas de gran extensión con rumbo E-W, se muestra en la figura 34.

4.1.3 SYN Mineralización 2

Como tercer movimiento se definió un movimiento compresivo ENE-WSW, de edad Mioceno medio-superior, el cual originó estructuras secundarias mineralizadas de rumbo NW – SE. Se muestra en la Figura 34.

Figura 34

Evento de deformación 2 y 3. Movimientos compresivos NE – SW, ENE – WSW



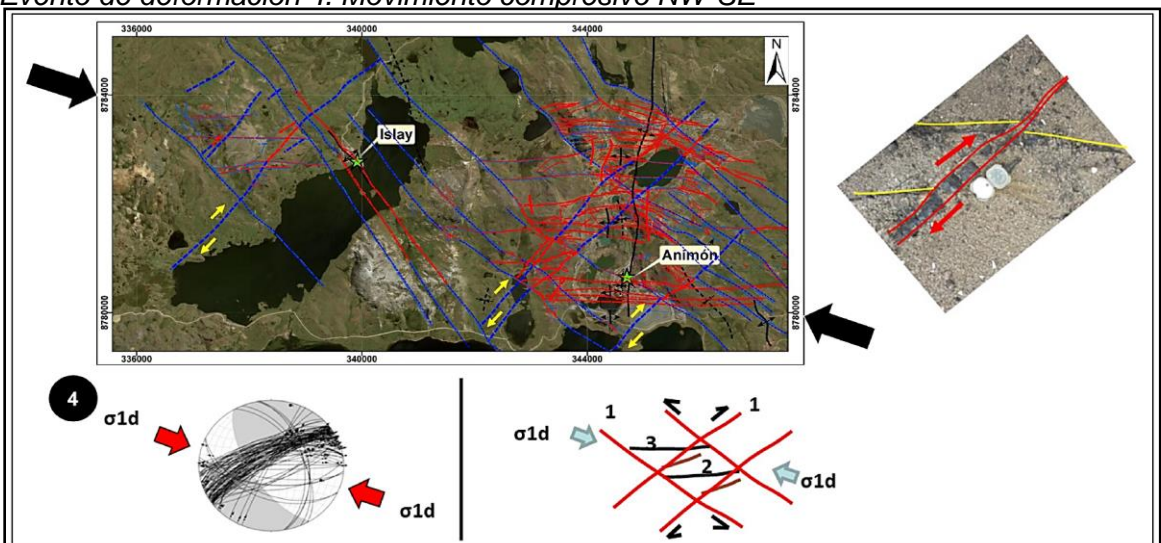
Nota: Movimientos compresivos NE – SW, ENE – WSW. Estos originaron principalmente estructuras mineralizadas de rumbo E-W tales como: veta Principal, veta Carmen, veta Andalucía, veta Andalucía 120. y estructuras secundarias NW-SE, tales como: veta Jessica, veta Split NW 01, veta Jenny, Veta Carola respectivamente. Fuente: Volcan CIA Minera S.A.A.

4.1.4 SYN – Mineralización 3:

Como cuarto movimiento se definió un movimiento compresivo NW-SE, de edad Mioceno superior, da origen a estructuras mineralizadas de rumbo NE – SW. Se observa en la Figura 35.

Figura 35

Evento de deformación 4. Movimiento compresivo NW-SE



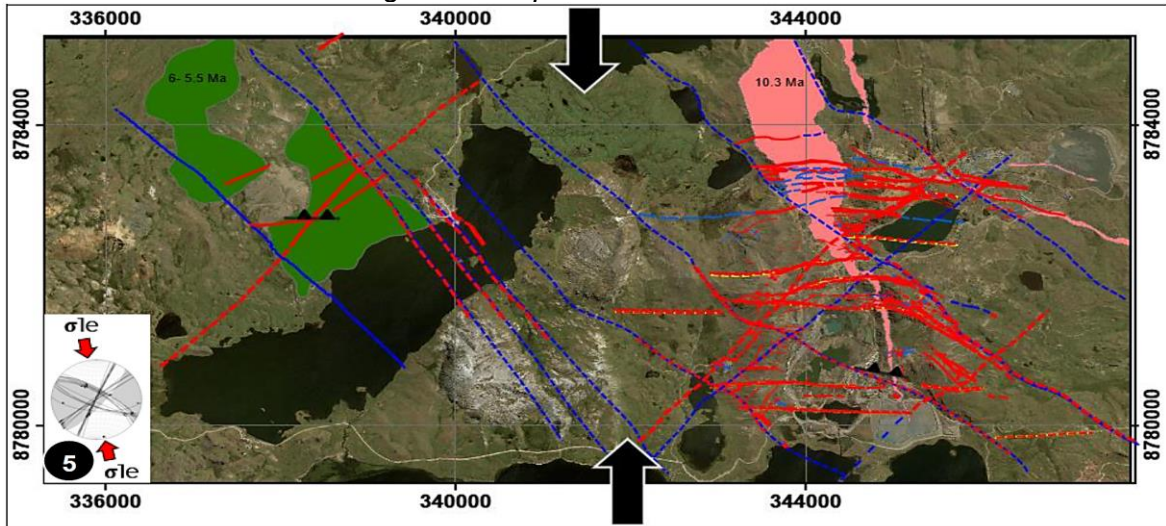
Nota: Movimiento compresivo NW-SE, el cual originó estructuras de rumbo NE-SW, tales como: veta Grecia, veta Lourdes, veta Milagros, veta Elva, veta Elva Techo, veta Lorena, veta Split NE, veta Anabel, veta Principal Oeste. Fuente: Volcan CIA Minera S.A.A.

4.1.5 Post – Mineralización

En esta etapa se definió un tipo de movimiento N – S de edad Plioceno, evidenciado por estructuras que cortan a volcánicos datados hace 5.5 millones de años. Se observa en la Figura 36.

Figura 36

Evento de deformación 5. Régimen Compresivo N – S

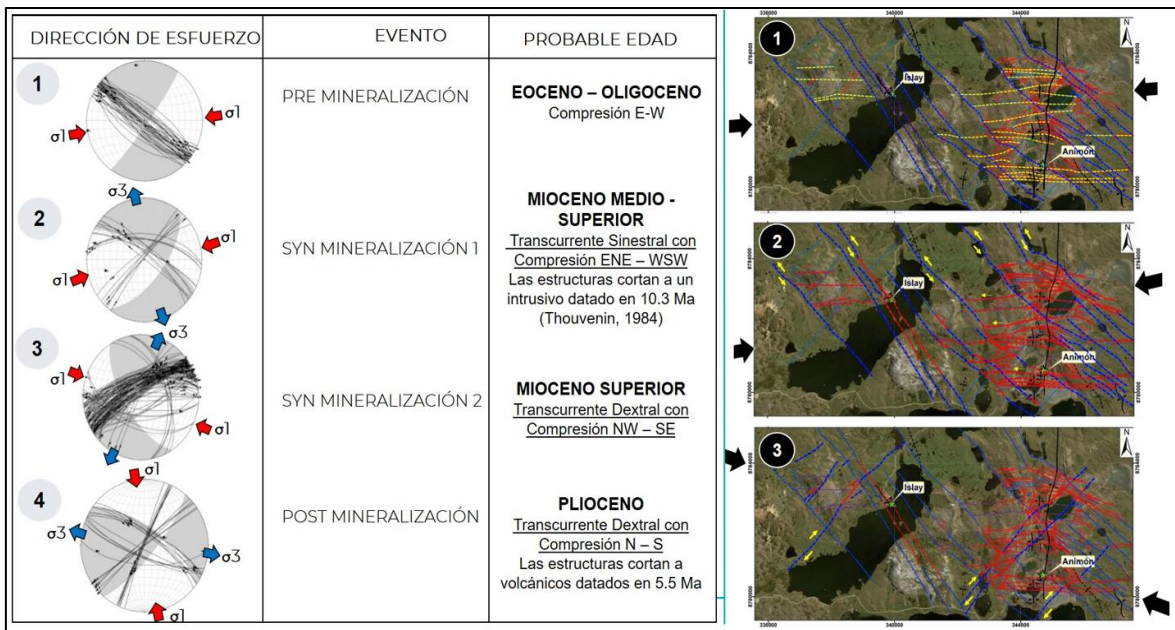


Nota: Régimen Compresivo N – S. Se forman estructuras, pero estériles. Es decir, no presentan mineralización. Este evento también ha formado estructuras que cortan a volcánicos datados en 5.5 Ma. Fuente: Volcan CIA Minera S.A.A.

Como resumen de los movimientos se considera en la siguiente Figura 37.

Figura 37

Eventos de deformación mina Animón



Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

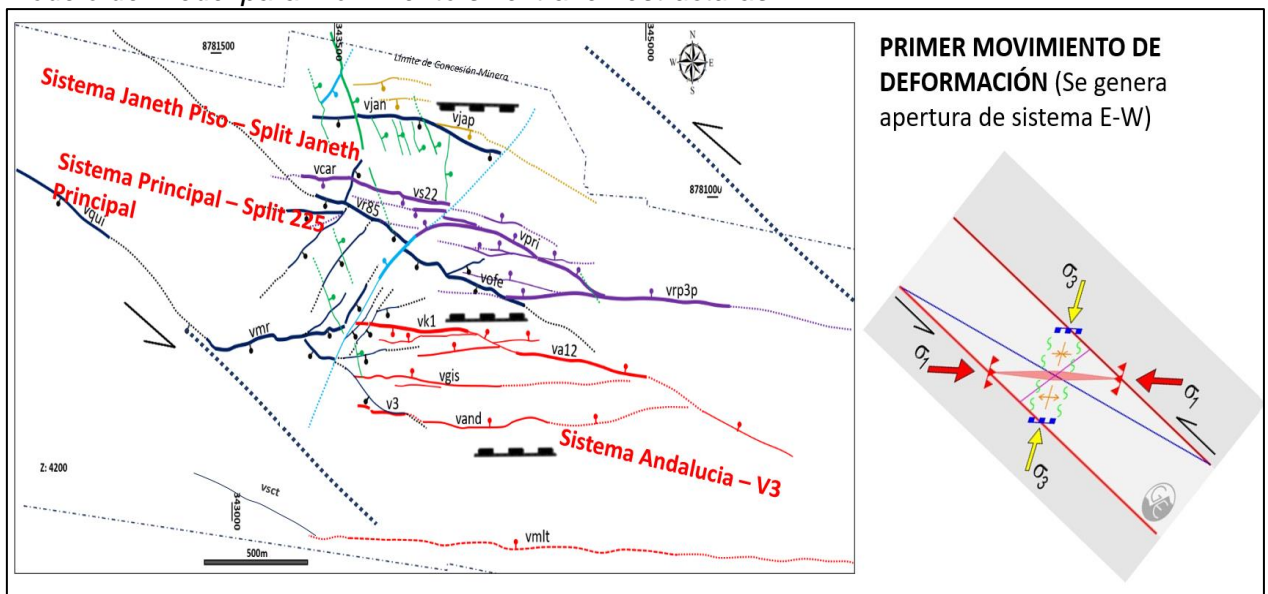
4.2 Análisis estructural

El yacimiento Animón se caracteriza por tener las vetas principales y de mayor extensión en el sistema E-W y su importancia en saber que zonas a lo largo de las estructuras mineralizadas de dicho sistema se presentan los clavos mineralizados, nos lleva a realizar un estudio estructural detallado para dichas estructuras. Para analizar el comportamiento estructural se toma como referencia los eventos de deformación que hubo en el yacimiento durante su formación, estos ya conocidos en estudios anteriores y la teoría de Riedel la cual a partir de esfuerzos dados en el yacimiento nos indica la formación de zonas de cierre y zonas de apertura de la estructura mineralizada desde la dirección del movimiento identificado en el mapeo de campo realizado.

Para el presente trabajo se analizó los 3 sistemas principales: Andalucía – V3, Principal – Split 225 Principal y Janeth Piso – Split Janeth. La formación de estas estructuras se da en el primer evento de deformación con el evento comprensivo de dirección E-W la cual según el modelo de Riedel genera aperturas en la dirección E-W y fallas sinextrales de rumbo NW-SE que delimitan el yacimiento. Dichas estructuras son del tipo de falla normal. Se muestra en la Figura 38.

Figura 38

Modelo de Riedel para movimiento sinextral en estructuras E-W

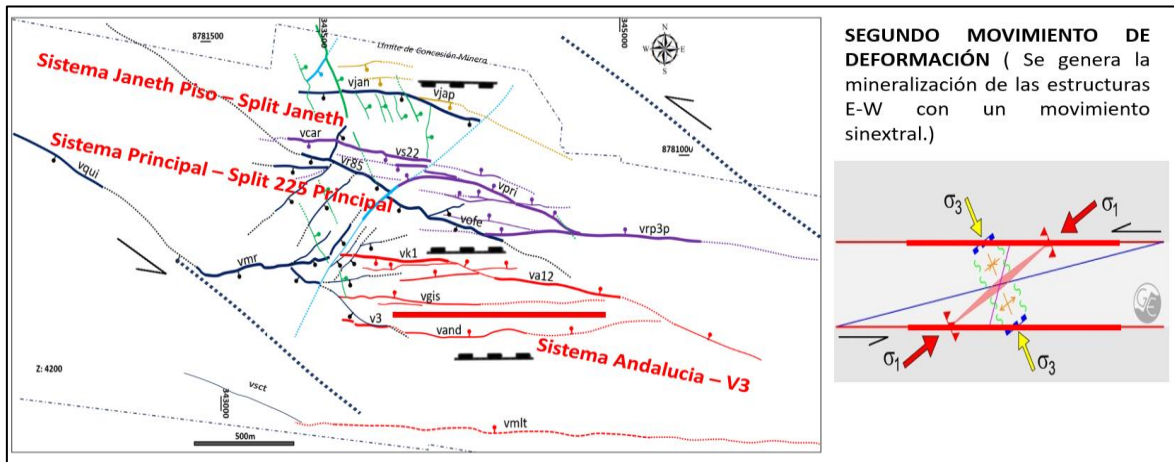


Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

Como segundo movimiento de deformación se definió un tipo de movimiento compresivo NE – SW de edad Mioceno medio-superior, el cual originó la mineralización de las estructuras de gran extensión con rumbo E-W estas estructuras principalmente en los 3 sistemas de mina Animón son del tipo sinextral normal y se corroboran en el mapeo realizado en campo. Se observa en la Figura 39.

Figura 39

Modelo estructural de estructuras E-W mineralizados por el segundo movimiento de deformación en mina Animón

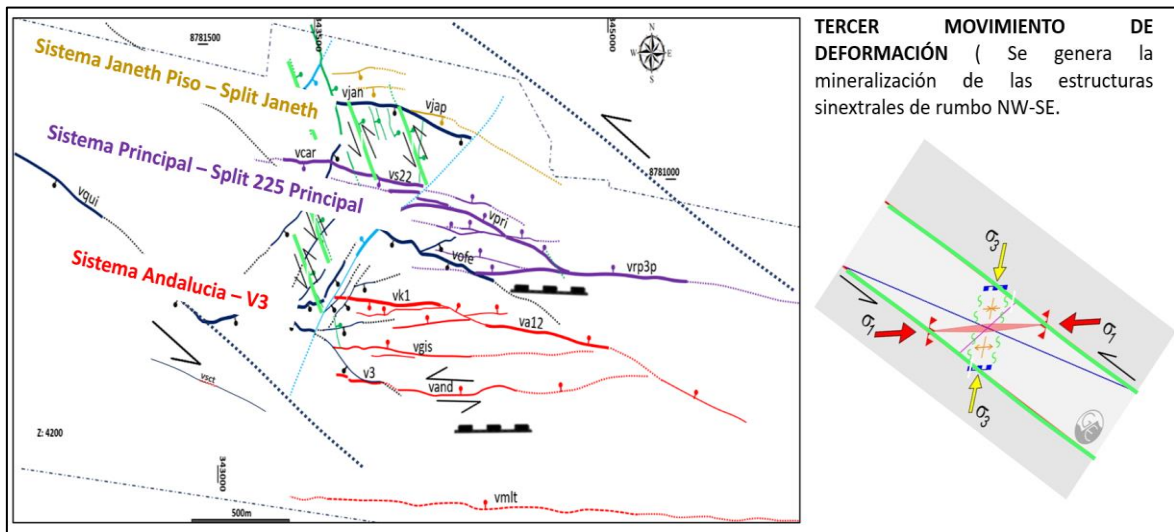


Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

Como tercer movimiento se definió un movimiento compresivo ENE-WSW, de edad Mioceno medio-superior, el cual originó estructuras secundarias mineralizadas de rumbo NW – SE. Estas estructuras de movimiento sinextral Figura 40.

Figura 40

Modelo estructural de estructuras NW- SE mineralizados en mina Animón

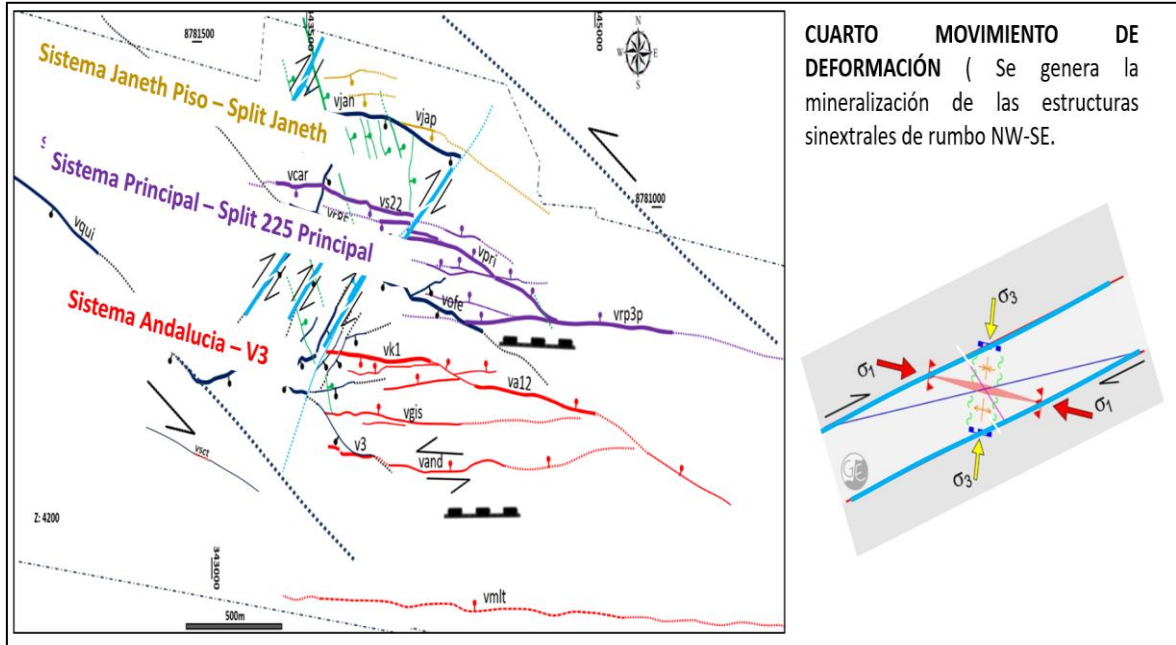


Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

Como cuarto movimiento de deformación se definió un movimiento compresivo NW-SE, la cual origina estructuras mineralizadas del tipo dextrales de rumbo NE-SW. Figura 41.

Figura 41

Modelo estructural de estructuras NE-SW mineralizados en mina Animón



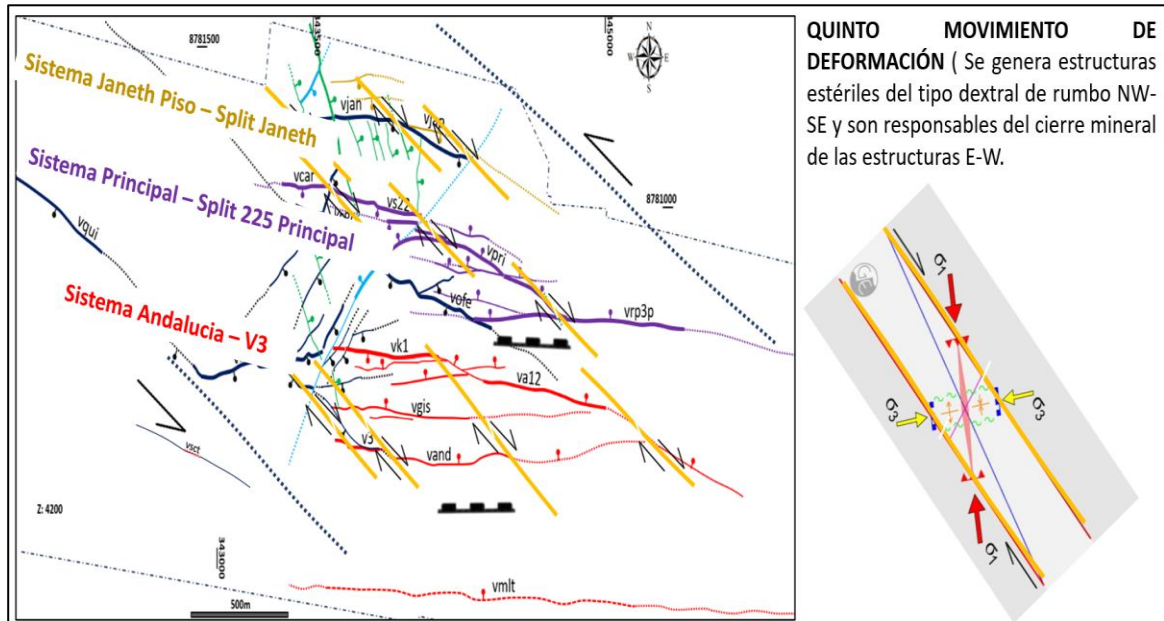
Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

Como quinto movimiento de deformación se definió un movimiento compresivo N-S. Se forman estructuras, pero estériles. Es decir, no presentan mineralización. Este evento también ha formado estructuras que cortan a volcánicos datados en 5.5 Ma. Estas estructuras estériles son también responsables del movimiento estructural de las estructuras principales E-W generando un desplazamiento del tipo dextral identificándole a estas como las zonas de cierre de la mineralización de las estructuras principales E-W. Se observa en la Figura 42.

Actualmente se viene trabajando al Oeste del sistema Andalucía - V3, y corrobora las fallas del tipo dextral pasando una zona de cierre y apertura de mineral a 50 metros aproximadamente, se observa en la Figura 43.

Figura 42

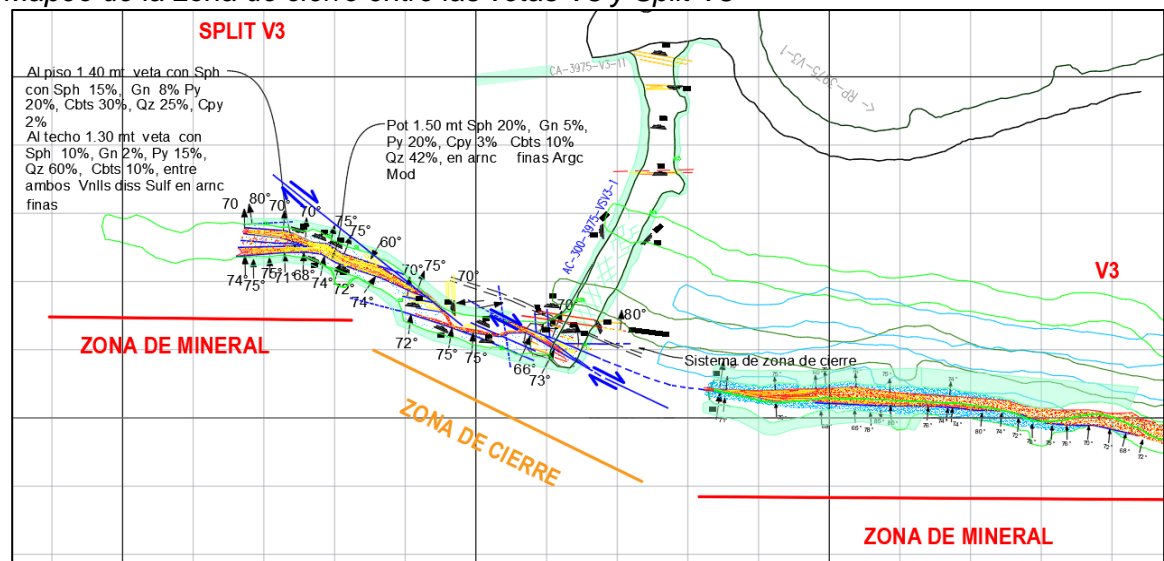
Modelo estructural de estructuras NW-SE estériles



Nota: Responsables de la zona de cierre de estructuras mineralizadas E-W en mina Animón Fuente: Volcan CIA Minera S.A.A.

Figura 43

Mapeo de la zona de cierre entre las vetas V3 y Split V3



Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

4.3 Posibles clavos mineralizantes en el sistema E-W

El yacimiento Animón tiene clavos mineralizantes en el sistema E-W y estos están controlados por saltos estructurales a causa de los eventos de deformación ocurridos en dicho yacimiento. El análisis realizado en el presente trabajo cuyo objetivo es el análisis estructural para la ubicación de los clavos mineralizados a lo largo de las estructuras E-W

se realizó en los 3 sistemas principales que actualmente están en producción en mina Animón, en cada uno de estos sistemas se plantean la ubicación de los clavos mineralizados.

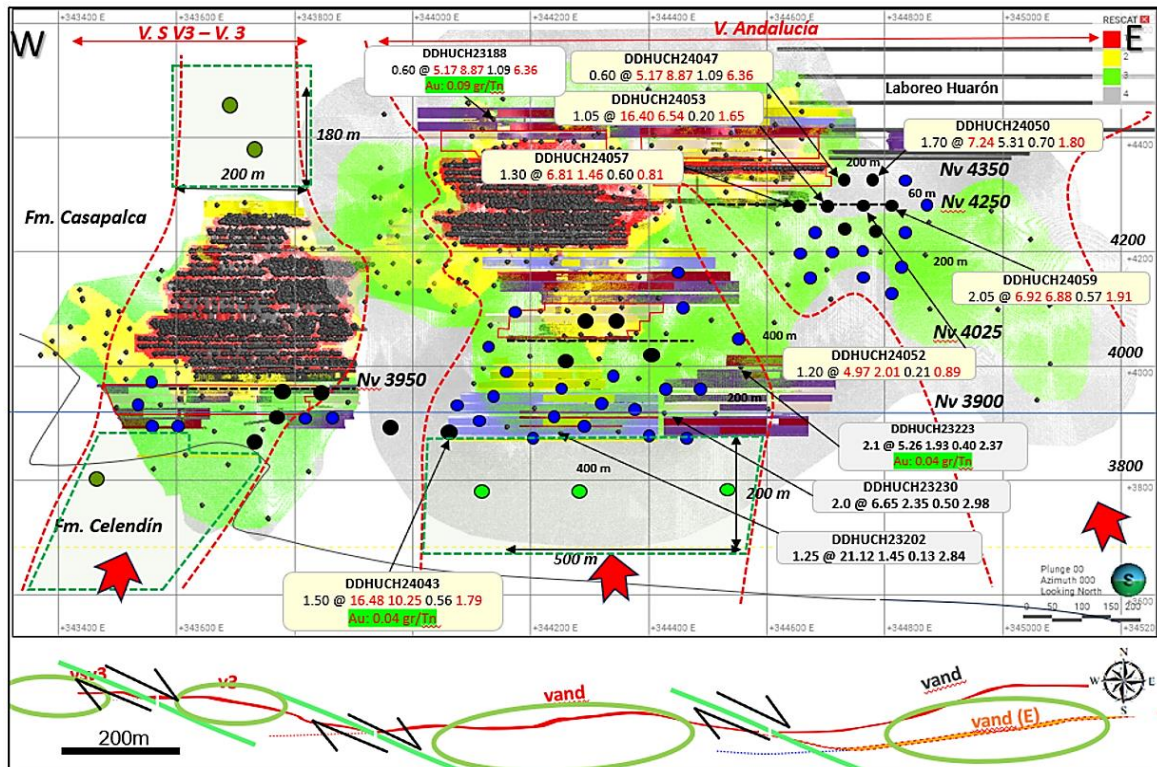
4.3.1 Sistema Andalucía - V3

El sistema Andalucía - V3, es una estructura de primer orden con contenido polimetálico importante. Evidencia apertura en profundidad, lateralmente hacia el este (sector Huarón) y en zonas superiores sobre el nivel 4250 en el segmento de V3. Se observa en la Figura 44. Donde se aprecia en la vista longitudinal las oportunidades de exploración hacia el Oeste y Este, apuntando a la ubicación de los clavos mineralizados en dicho sistema, teniendo como concepto la continuidad de la estructura mineralizada.

Hacia el Este se tratará de buscar la continuidad de veta Andalucía - E aún no identificada, y hacia el Oeste se tiene perforaciones puntuales de categoría potencial que confirman mineralización y se quiere realizar la perforación con malla más reducida para interpretar la extensión de la estructura V3.

Figura 44

Clavos mineralizados en el sistema Andalucía – V3



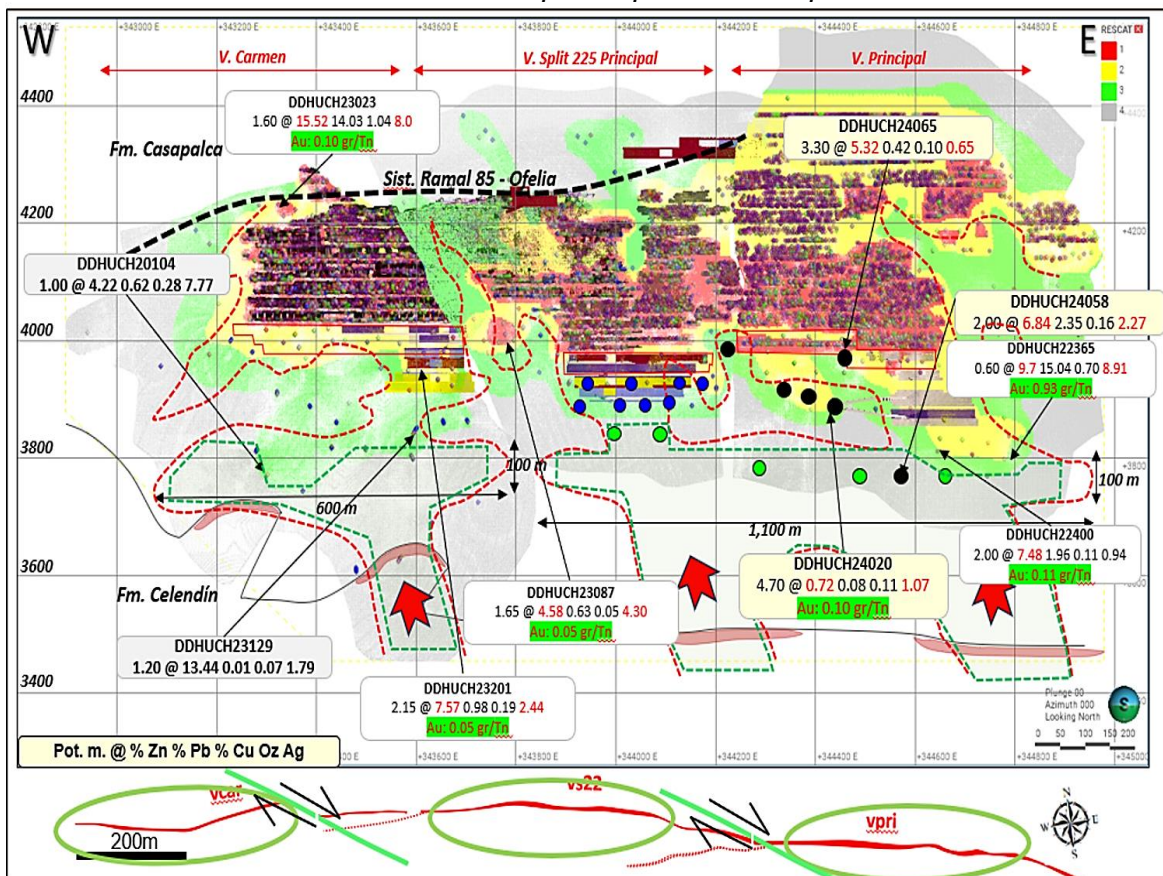
Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

4.3.2 Sistema Principal – Split 225 Principal

El sistema Principal – Split 225 Principal, es una estructura polimetálica con mayor contenido en Zinc. Por debajo del Nv 4000 se evidencian remanentes del estadio B existiendo la posibilidad de encontrar en profundidad sectores con mayor concentración del estadio económico C1, además de formar cuerpos de reemplazamiento en la interacción con la formación Celendín. En este sistema aún no hay recursos para explorar nuevas zonas, pero se logra configurar los clavos mineralizados y más al Oeste la continuidad con Veta Carmen que sería la extensión hacia ese extremo se puede observar en la Figura 45.

Figura 45

Clavos mineralizados en el sistema Principal – Split 225 Principal



Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

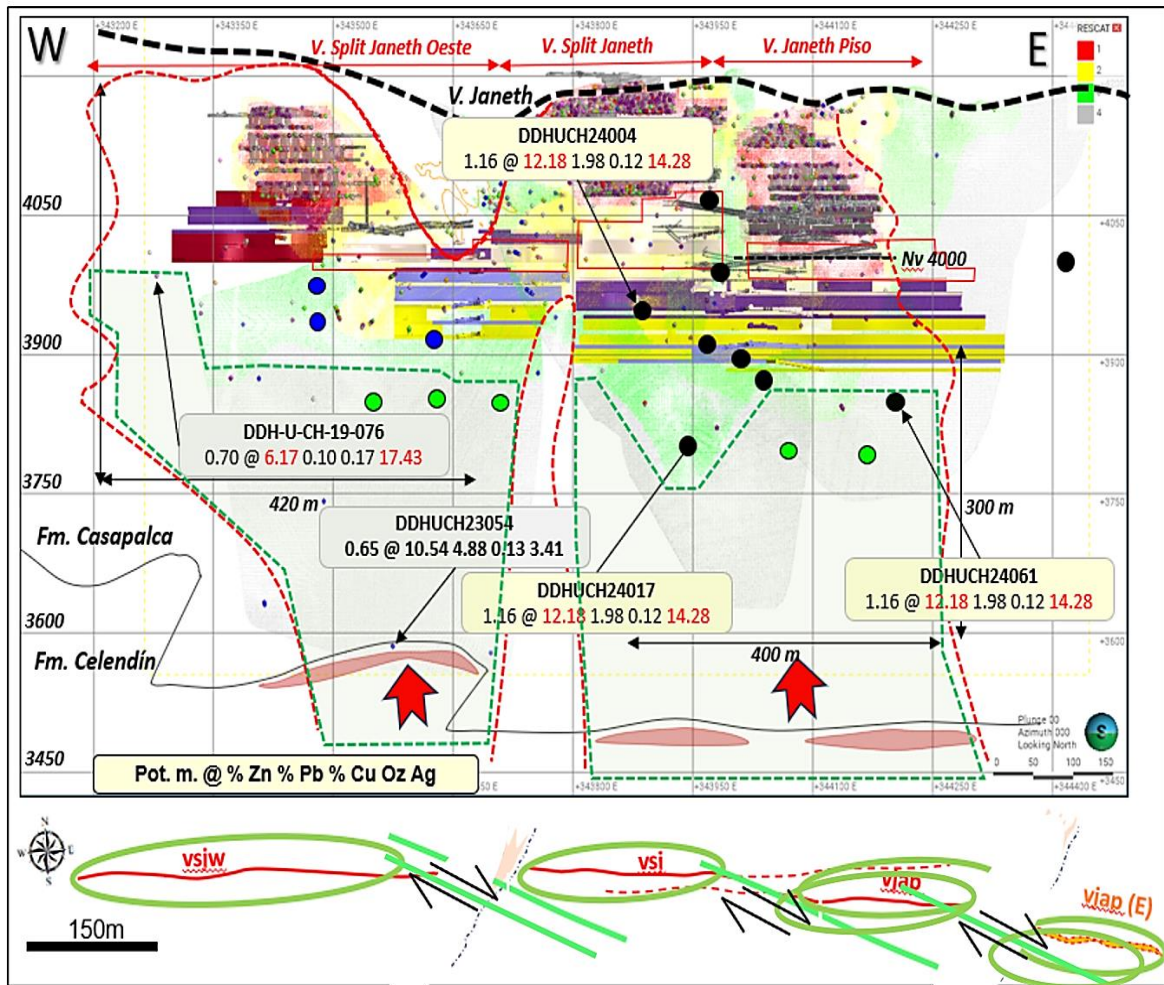
4.3.3 Sistema Janeth Piso – Split Janeth

El sistema Janeth Piso – Split Janeth, estructura con contenido polimetálico importante y alta ley en Ag. Por debajo del Nv 3900 se intensifica el estadio B con presencia

de pirita. En el segmento de Split Janeth Oeste se tiene información hasta la cota 3600 persistiendo aún el contenido polimetálico. En la interfase con la formación Celendín tiene posibilidad de formar cuerpos de reemplazamiento. Como oportunidad se va a realizar sondajes hacia la búsqueda de Veta Janeth Piso Este y actualmente se sigue aumentando recursos en Splith Janeth Oeste- Se puede observar en la Figura 46.

Figura 46

Clavos mineralizados en el sistema Janeth Piso Split Janeth



Nota: Fuente Volcan CIA Minera S.A.A.

Conclusiones

La teoría de Riedel aplicado a escala pequeña usa el mismo concepto para dar resultados cuando se quiere interpretar estructuras de mayor dimensión y viceversa de un modelo general se podría aplicar a menor escala.

El yacimiento Animón se forma a partir de 5 eventos de deformación y la geología estructural tiene un comportamiento de acuerdo con estos eventos.

Se concluye que las estructuras E-W se formaron por esfuerzos de sentido E-W en el primer evento de deformación, generando apertura de gran extensión en todo el yacimiento Animón y estas están delimitadas por fallas sinextrales de rumbo NW-SE.

El segundo evento de deformación de movimiento compresivo NE-SW origina la mineralización de las estructuras de rumbo E-W del tipo sinextral normal subverticales (75° - 90°).

El tercer evento de deformación de movimiento compresivo ENE-WSW origina estructuras secundarias de rumbo NW-SE del tipo sinextral subverticales (80° - 90°).

El cuarto movimiento de deformación de movimiento compresivo NW-SE originan estructuras mineralizadas del tipo dextrales de rumbo NE-SW de bajo buzamiento (40° - 50°).

El quinto movimiento de deformación compresivo N-S genera estructuras estériles de rumbo NW-SE subverticales, las cuales son responsables del cierre mineral de las estructuras principales E-W y esta segmenta a los 3 sistemas de vetas que hay en el yacimiento Animón. Se concluye que pasando la zona de cierre se tiene apertura de mineral en el rumbo E-W.

Los 3 sistemas de mineralización analizadas tienen el mismo comportamiento y en cada sistema se identifica los clavos mineralizados y posibles zonas de exploración extendiéndose hacia los extremos.

Se realiza una interpretación para explorar zonas de extensión de estructuras mineralizadas de rumbo E-W y poder aumentar los recursos, esto con la perforación diamantina programada para las siguientes campañas.

En el sistema Andalucía – V3 se tiene como otro posible clavo de mineralización Andalucía – E hacia el Este y la continuidad de Veta Split V3 hacia el Oeste.

En el sistema Principal - Split 225 Principal se correlaciona la veta Carmen como parte de este sistema.

En el sistema Janeth Piso - Split Janeth el posible clavo mineralizado sería la proyección de Janeth Piso - E hacia el Este y la continuidad de Split Janeth – W hacia el Oeste.

Recomendaciones

Se recomienda trabajar desde la geología regional para llegar a un estudio particular desde la escala más grande a escala pequeña en sistemas vetiformes y ubicar la relación estructural con la teoría de Riedel.

Hay que considerar que los datos de mapeo tomados en campo correspondan a la estructura mineralizada y que sean datos correctos para realizar una interpretación estructural válida y que coincida con la geometría del yacimiento,

Realizar el mapeo de las galerías a detalle dando importancia a la cinemática de fallas y adjuntar la información a todo el nivel mapeado y correlación con mapeo de labores continuas.

Continuar el estudio para vetas con otros rumbos ubicados dentro del yacimiento Animón y realizar una reinterpretación para ver la continuidad de estructuras mineralizadas y sus respectivos saltos estructurales

Mapear con más detalle los accesos hacia los subniveles y ubicar fallas que afecten a la estructura mineralizada además de rampas cercanas a las proyecciones de vetas.

Realizar la perforación diamantina considerando en primer lugar una interpretación estructural y ubicar los clavos mineralizados para confirmar la interpretación planteada en un sistema de vetas.

Con el concepto de desplazamiento de estructuras principales, además de ubicar zonas de cierre y apertura de mineral, identificar zonas de recuperación de vetas anteriormente ya explotadas considerando como oportunidades de ubicar clavos mineralizados.

Aplicar la interpretación estructural para dar continuidad a estructuras de segundo orden que están dentro del yacimiento Animón.

Referencias bibliográficas

- Boetsch, M. (2014). *“Control Estructural de la Mineralización Argentó – Aurífera y Criterios de Exploración en el Distrito Cerro Bayo, Región de Aysén, Chile”*.
- Cobbing, J. (1996). Boletín N° 77 – *Geología de los Cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores*. INGEMMET.
- Griem, W. (2020). *“Geología Estructural Virtual”* Recuperado de : <https://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/gestr04c.htm>
- Mamani, P. (2016). *“Estudio Geológico y Análisis Estructural de La Veta El Cofreparatia- Provincia de Lampa, Departamento de Puno”*.
- Oyarzun, R. (2013). *“Geología Estructural Aplicada a la Minería y Exploración Minera”*.
- Pérez Flores, Pamela et al., (2022) en su publicación *“Geología Estructural y Tectónica Aplicada a Exploración Minera”*
- Pizarro, A. (2021). *“Análisis Estructural en Vetas de Alto Buzamiento y su Comportamiento a Profundidad en la Búsqueda de Estructuras Mineralizadas favorables en Yacimientos Polimetálicos”*.
- Ramsay, J. & Huber, M. (1987). *“Modern Structural Geology. Vol. 2”*
- Riedel, (1929). *“Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. - Zentralblatt fuer Mineralogie, Geologie und Palaeontologie”*
- Suaña, A. (2017). *“Formulación de un Modelo Geológico – Estructural en el Sistema Skarn Santa Rosa Compañía Minera Raura”*.
- Supa, R. (2021), *“Principales estadíos de mineralización del yacimiento polimetálico tipo cordillerano, proyecto Zoraida - U.P. Andaychagua, Volcan compañía minera S.A.A. Junín – Perú”*
- Van Der Pluijm B.A. y Marshak S. (2004). *“Introducción a la Geología Estructural y Tectónica”*.
- Villena, J. (2022). *“Modelo Estructural de Riedels en el Análisis de las Vetas Mineralizadas del Proyecto Corona – Antimonio”*.

Volcan CIA Minera S.A.A. (2001). *Compendio Geológico de Animón*. Departamento de Geología – Unidad Minera de Animón.

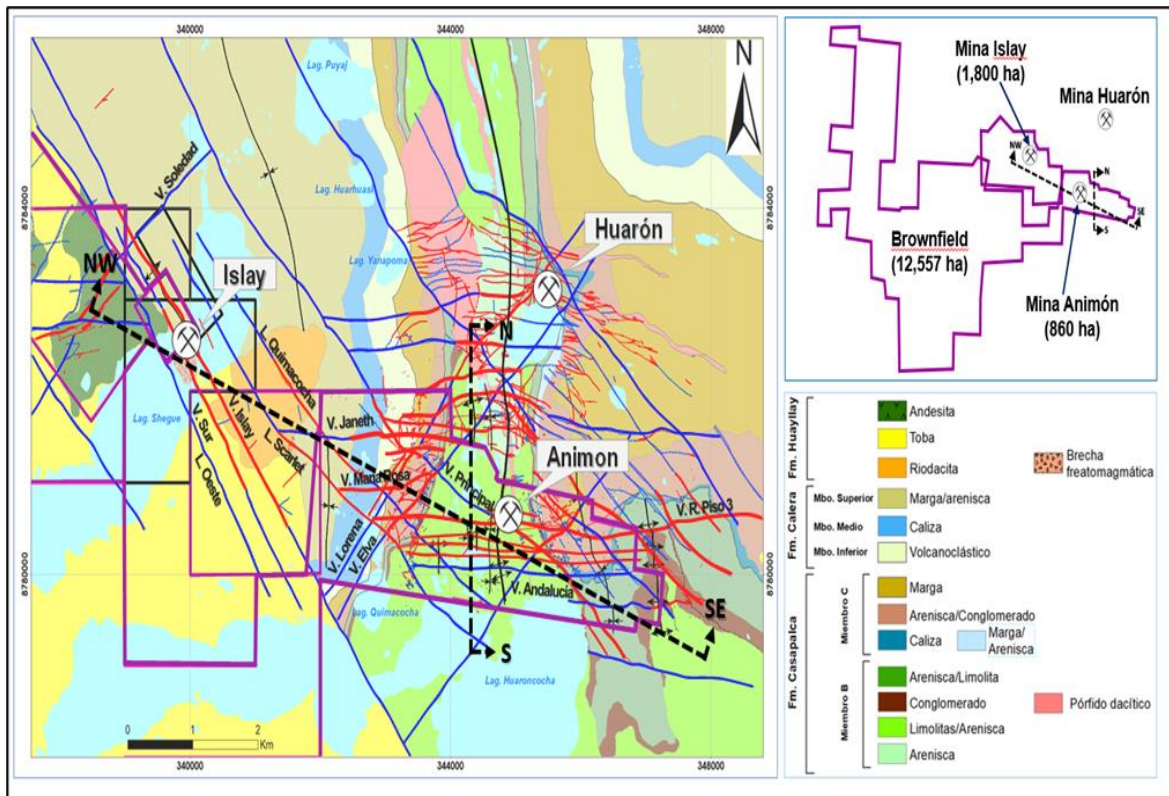
Volcan CIA Minera S.A.A. (2016). *Estudio Petrográfico y Minerográfico de 28 muestras*. Andes Consultors & Prospectors E.I.R.L.

Volcan CIA Minera S.A.A. (2016). *Estándar de Zoneamiento Mineralógico*. Departamento de Geología – Unidad Minera de Animón.

Anexos

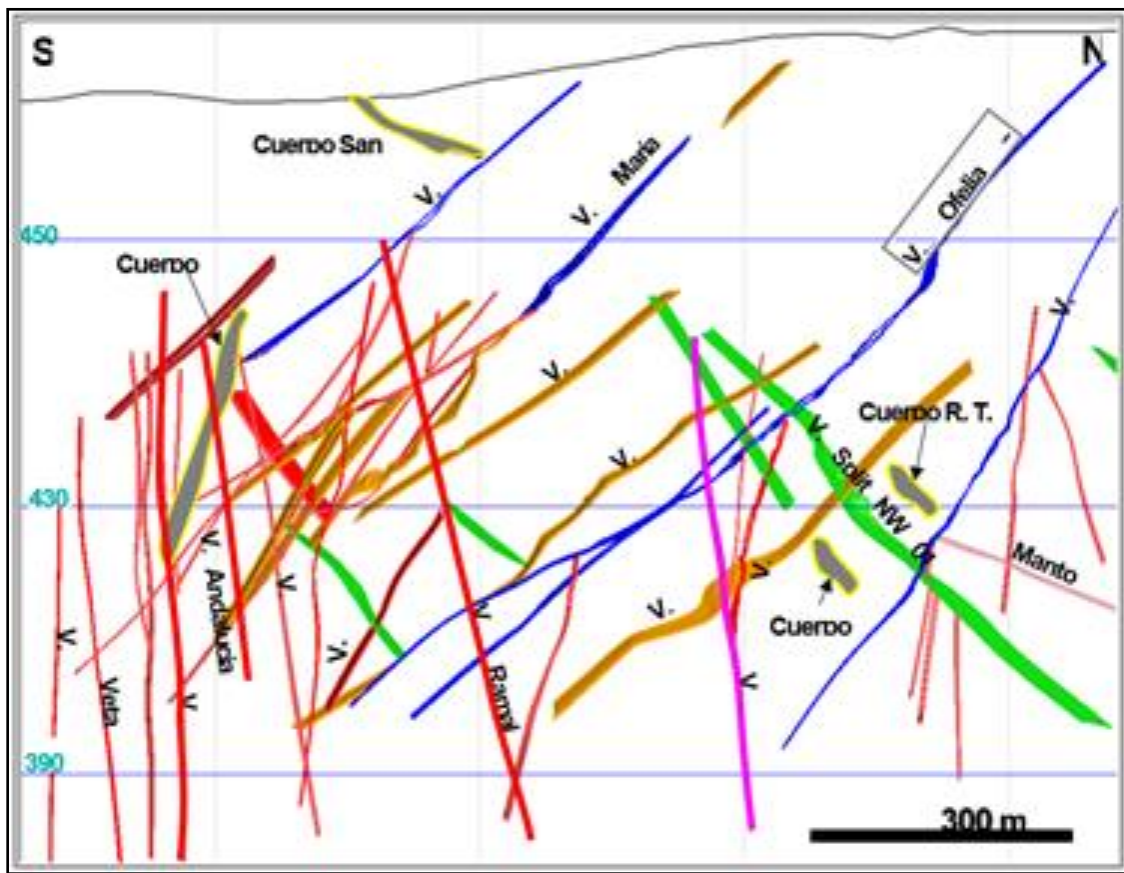
	Pág.
Anexo 1: Mapa geológico de mina Animón	1
Anexo 2: Sistemas de Vetas Mina Animón – Sección Transversal N-S	2
Anexo 3: Tarjeta de muestreo y mapeo	3
Anexo 4: Formato de mapeo a escala 1/250.....	4
Anexo 5: Análisis estructural del sistema Andalucia – V3	5

Anexo 1: Mapa geológico de mina Animón



Nota: Fuente Departamento de Geología de la Unidad Minera Animón

Anexo 2: Sistemas de Vetas Mina Animón – Sección Transversal N-S



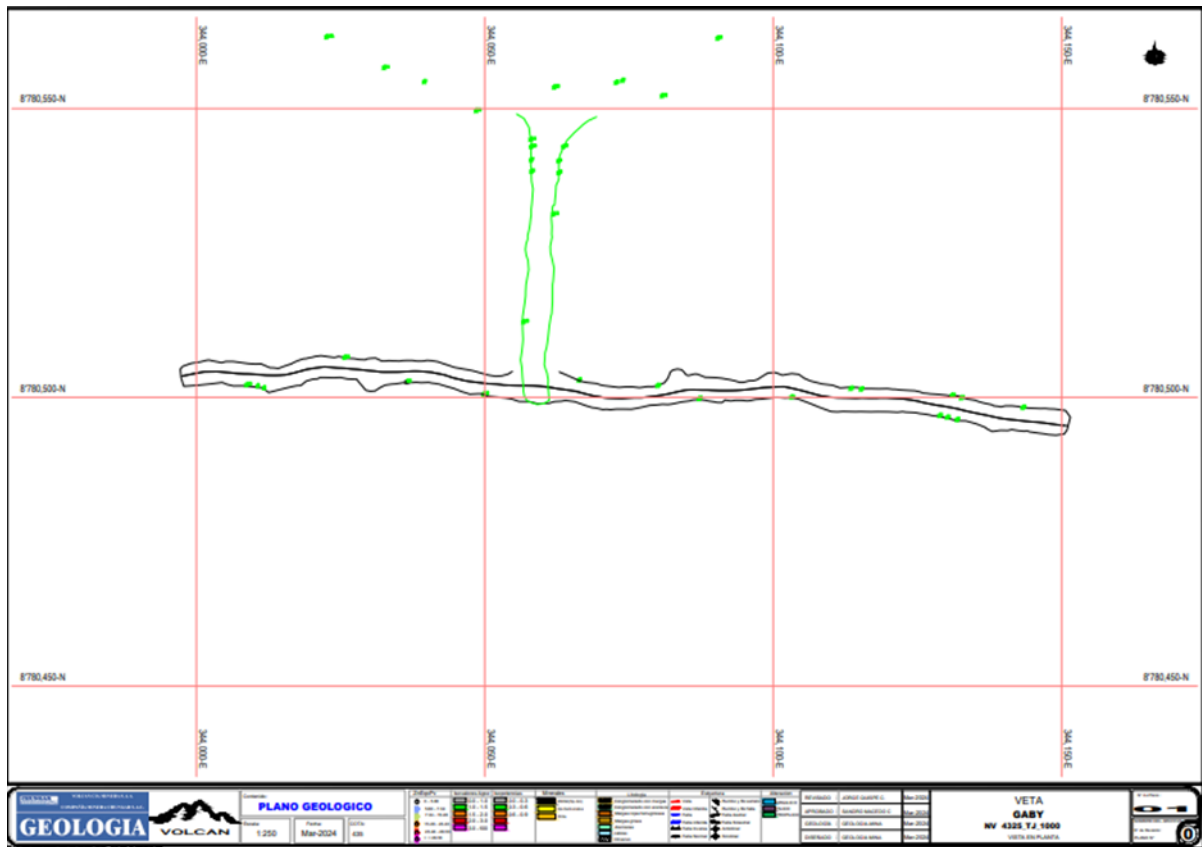
Nota: Fuente Departamento de Geología de la Unidad Minera Animón

Anexo 3: Tarjeta de muestreo y mapeo

CHUNGAR GEOLOGIA COMPAÑIA MINERA CHUNGAR S.A.C. DDH ANIMON		Fecha: _____ Secuencia: _____ de _____	
TARJETA DE MUESTREO			
Responsables: Muestreos: _____ Geólogo Resp: _____		Controles de Calidad: <input type="checkbox"/> Estandar <input type="checkbox"/> Dupl. Grueso <input type="checkbox"/> B. Grueso <input type="checkbox"/> Dupl. Fino <input type="checkbox"/> B. Fino <input type="checkbox"/> Gemela	
Metodo de Muestreo: <input type="checkbox"/> Capales <input type="checkbox"/> Blash Hole <input type="checkbox"/> Canchas Can. <input type="checkbox"/> Puntos <input type="checkbox"/> Perf. DDH. <input type="checkbox"/> Canchas Ptos.		Estructura <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> M Concesión: _____	
Ubicación de Muestra: Zona: _____ Nr: _____ Piso: _____ Labor: _____ Labor Ref: _____ Ubicación: _____ Ancho Labor: _____ Alto Canal: _____ Num Dispar: _____ Canal en: <input type="checkbox"/> Frente <input type="checkbox"/> Corona <input type="checkbox"/> H.D. <input type="checkbox"/> H.L.			
Detalle de Muestra: Ancho Muestra: _____ Caja P: _____ Caja T: _____ Sondaje: _____ De: _____ A: _____ N Recup. Muestra: _____ Tiempo (min): _____ Peso M: _____			
ENSAYES: Cu Pb Zn Ag Mo Au Sb <input type="checkbox"/> Densidad <input type="checkbox"/> Retorno: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
ENSAYES: Cu Pb Zn Ag Mo Au Sb <input type="checkbox"/> Densidad <input type="checkbox"/> Retorno: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Fecha: _____ 201002343			
Descripción: _____ _____		Ubicación de la Muestra en Superficie: Equipo: _____ Datum: _____ Zona: _____ Este: _____ Norte: _____ Cota: _____ Azimut: _____ Inclinación: _____	
Litología: <input type="checkbox"/> MEG <input type="checkbox"/> LAR <input type="checkbox"/> BK <input type="checkbox"/> JOL <input type="checkbox"/> INT otros _____		Alteración: <input type="checkbox"/> ARGILIZACION <input type="checkbox"/> CARBONATACION <input type="checkbox"/> CLORITIZACION <input type="checkbox"/> OTROS _____	
MINERALIZACION: MINERAL: <input type="checkbox"/> SP <input type="checkbox"/> GN <input type="checkbox"/> PY <input type="checkbox"/> CPH <input type="checkbox"/> MARM <input type="checkbox"/> CAL <input type="checkbox"/> RDS OTROS _____		ESTILO: <input type="checkbox"/> PCH <input type="checkbox"/> VN <input type="checkbox"/> DIS <input type="checkbox"/> MAS <input type="checkbox"/> BI <input type="checkbox"/> BANC OTROS _____	
Observaciones: _____ 201002343			

Nota: Fuente Departamento de Geología de la Unidad Minera Animón

Anexo 4: Formato de mapeo a escala 1/250



Nota: Fuente Departamento de Geología de la Unidad Minera Animón

Anexo 5: Análisis estructural del sistema Andalucía – V3

