



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“CONTROL ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL EMPLAZAMIENTO DE LA MINERALIZACIÓN DE Au-Ag EN LAS VETAS MASCOTA, PROTECTORA Y POZOS RICOS, CASCABAMBA – CONTUMAZÁ, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Leonardo Alexander Leiva Morales

Asesor:

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A MI MADRE, por el esfuerzo que ha realizado para darme educación, por las enseñanzas que me brindo, por guiarme con sus buenos consejos y por el apoyo incondicional.

MI PADRE, por apoyarme en todo momento, por los buenos consejos, por su motivación y por la confianza que siempre tiene en mí.

MI HERMANA, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas situaciones.

A MONICA, mi pareja por su apoyo en cada momento, a mis suegros por ser excelentes personas y por el apoyo incondicional.

MIS TIAS, TIOS, PRIMOS, por el cariño que me tienen, por sus enseñanzas y por el apoyo incondicional.

MIS MEJORES AMIGOS (Magno y Walter), por ser excelentes personas, por el cariño, por el respeto, y por compartir las mejores experiencias en el trayecto de mi vida.

A MIS EXCOMPAÑEROS y grandes amigos (Pedro, William, Kevin, Cesar, Jhinno), por haberlos conocido, por apoyarme todo este tiempo.

AGRADECIMIENTO

- En primer lugar, a **Dios**, por encaminar mis pasos, por la vida, por la salud y por la bendición que da día a día.
- A **mis padres**, por estar siempre conmigo, por el apoyo incondicional, por el cariño que me brindan, por incentivar me siempre a cumplir mis metas.
- A **mi asesor** el Ing. Daniel Alva, por el apoyo con sus ideales para guiarme con la presente investigación.
- Al programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (**Beca 18**), por cubrir los gastos totales de mi educación superior.
- A la **Sra. Irma Segarra** y el **Sr. Víctor Paredes** por el apoyo que me brindaron al momento de realizar el presente trabajo.
- A la **Ing. Karin Davalos**, por el apoyo incondicional y por sus ideas en la presente investigación.
- Al director de carrera de Ingeniería Geológica el **Ing. Shonel Cáceres** y todos los docentes de la Universidad Privada del Norte, por compartir sus conocimientos.
- También quiero agradecer a todas aquellas personas que durante esta investigación me apoyaron directa o indirectamente.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	16
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	23
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	100
REFERENCIAS.....	105
ANEXOS	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ficha de datos estructurales en campo.....	19
Tabla 2	Ficha de datos estructurales de falla.	20
Tabla 3	Dato estructural de falla y veta Mascota.....	36
Tabla 4	Dato estructural de falla y veta Protectora.....	44
Tabla 5	Datos estructurales de la falla y veta Pozos Ricos.....	48
Tabla 6	Datos estructurales de la falla y veta "D".	56
Tabla 7	Datos estructurales de las fallas.....	57
Tabla 8	Vetas secundarias.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Materiales y equipos utilizados en campo.	19
Figura 2. Plano de ubicación del área de estudio (Cascabamba).	23
Figura 3. Contactos litológicos de las formaciones e intrusiones del área.	25
Figura 4. Afloramiento del anticlinal de la formación Chimú con intrusivos.	26
Figura 5. Fallas normales en bloques de la formación Huaylas.....	27
Figura 6. Afloramiento de la formación Huaylas en discordancia angular con el intrusivo subvolcanico andesita	27
Figura 7. Afloramiento del intrusivo diorita-tonalita. Fuente: Elaboración propia.....	29
Figura 8. Afloramiento de roca dacita, se observa el cizallamiento que ha sufrido la roca	30
Figura 9. Sill dacítico entre los estratos de arenisca de la formación Chimú.	30
Figura 10. Afloramiento de roca andesita, se observa el cizallamiento de dirección E-O que presenta la roca. .	31
Figura 11. Cambio de dirección de anticlinal regional de la formación Chimú en sentido antihorario.	32
Figura 12. Afloramiento de stockwork en roca intrusiva diorita tonalita.	33
Figura 13. Afloramiento de stockwor en roca intrusiva diorita tonalita..	33
Figura 14. Esfuerzo principal de falla y veta Mascota, $\sigma_1 = \text{NO-SE}$	37
Figura 15. Plano geológico de la zona de estudio indicando la línea de corte B-B' de la falla y veta Mascota. .	38
Figura 16. Perfil geológico de la falla y veta mascota.	39
Figura 17. Veta mascota, fotos tomadas en socavón.	40
Figura 18. Labores recientes en la falla y veta Mascota.	41
Figura 19. Esquema de la estructura tipo flor negativa de la falla y veta mascota.	41
Figura 20. Falla y veta Mascota de tipo dextral.	42
Figura 21. Estructuras Riedel (R) indicando en sentido del movimiento de los bloques.	42
Figura 22. Esfuerzo principal de falla y veta Protectora, $\sigma_1 = \text{NO-SE}$	44
Figura 23. Plano geológico de la zona de Cascabamba indicando la línea de corte P-P' de la falla y veta.....	45
Figura 24. Perfil geológico de la falla y veta Protectora P-P'.....	46
Figura 25. Afloramiento de la falla y veta protectora, la veta presenta mineralización en forma de rosario.	47
Figura 26. Esfuerzo principal de falla y veta Pozos Ricos (socavón Galena), $\sigma_1 = \text{NO-SE}$	49
Figura 27. Esfuerzo principal de falla y veta Pozos Ricos, $\sigma_1 = \text{NO-SE}$	49

Figura 28. Plano geológico de la zona de estudio indicando la línea de corte Q-Q' de la veta Pozos Ricos.....	50
Figura 29. Perfil geológico de la falla y veta Pozos Ricos Q-Q'	51
Figura 30. Esquema del sistema Riedel..	52
Figura 31. Estrías y escalones en falla y veta Pozos Ricos, indicando un movimiento dextral..	52
Figura 32. Socavón denominado La Galena, tiene la misma dirección que la veta y la falla pozos Ricos.....	53
Figura 33. Estructuras Riedel de cizalla sintética R y cizalla antitética R', en falla y veta Pozos Ricos.	54
Figura 34. Estructuras Riedel de cizalla sintética R y cizalla antitética R', en falla y veta Pozos Ricos.	54
Figura 35. Estructuras Riedel de cizalla sintética R, en falla y veta Pozos Ricos, foto tomada mirando una cara de la falla.	55
Figura 36. Estructuras Riedel de cizalla sintética R y cizalla antitética R', en falla y veta Pozos Ricos.	55
Figura 37. Esfuerzo principal de falla y veta "D", $\sigma_1 = \text{NO-SE}$	56
Figura 38. Estrías en plano de falla de la falla y veta "D".	57
Figura 39. Representación de todas las fallas locales encontradas en el lugar, σ_1 tiene dirección NO-SE.	58
Figura 40. plano de fallas del área de estudio.	59
Figura 41. Afloramiento de la veta "A".....	61
Figura 42. Socavón de la veta "A" de aproximadamente 20 m de profundidad, la veta tiene la misma dirección que el socavón N103°.	61
Figura 43. Veta "A". Fuente: Elaboración propia.....	62
Figura 44. Estructura Riedel con cizallamiento sintético R y antitético R' de la veta "E", foto editada.	63
Figura 45. Estructura Riedel con cizallamiento sintético R y antitético R' de la veta "E", foto sin editar.	63
Figura 46. Plano de vetas principales, secundarias, vetillas, direcciones de otras vetillas y lineamientos inferidos.	64
Figura 47. Representación en la Red de Schmidt, de las vetas principales.....	66
Figura 48. Diagrama de Rosetas de las vetas principales.	66
Figura 49. Representación en la Red de Schmidt, de las vetas secundarias.	67
Figura 50. Diagrama de Rosetas de las vetas secundarias.	68
Figura 51. Diagrama de Rosetas de las fallas.	69
Figura 52. Representación en la Red de Schmidt, de las fallas.....	69
Figura 53. Representación en la Red de Schmidt, de las vetillas.	70
Figura 54. Diagrama de Rosetas de las vetillas..	70

Figura 55. Venilleo en roca andesita., se puede notar el cizallamiento dextral.	71
Figura 56. Representación en la Red de Schmidt, de las fracturas. F.....	72
Figura 57. Diagrama de Rosetas de las fracturas..	72
Figura 58 Diagrama de Rosetas de las vetillas.	73
Figura 59. Diagrama de Rosetas del análisis general.	74
Figura 60. Representación en la Red de Schmidt, del análisis general.	74
Figura 61. Modelo estructural propuesto para la zona de estudio en el depósito de Cascabamba.	77
Figura 62. Perfil geológico C-C', este grafico también representa las fallas.	78
Figura 63. Perfil geológico transversal a la deflexión de Cajamarca, indicando los principales acontecimientos estructurales.	79
Figura 64. Afloramiento de veta Pozos ricos en quebrada.....	81
Figura 65. Veta Mascota con mineralización de óxidos y/pacos. Tomada dentro de socavón.	82
Figura 66. Veta mascota con mineralización de pirita y zonas de óxidos.	83
Figura 67. Veta mascota en óxidos de goetita y hematita, donde almacena el oro y la plata.	83
Figura 68. Afloramiento de la veta Protectora.....	85
Figura 69. Afloramiento de la veta Pozos Ricos mostrando las evidencias de mineralización.	87
Figura 70. Muestra de covelina, esfalerita, pirrotina y pocas cantidades de galena..	88
Figura 71. Afloramiento de veta secundaria “J”.	90
Figura 72. Afloramiento de veta secundaria “C” en intrusión diorita tonalita.	90
Figura 73. Muestra obtenida de la veta “H”..	91
Figura 74. Muestra del pórfido dacítico alterado, con mineralización de venillas de pirita.	92
Figura 75. pórfido dacítico alterado, con presencia de óxidos.....	92
Figura 76. Muestra de alteración potásica, epidotas de coloración verde limón se encuentran en toda la roca... 94	94
Figura 77. Muestra de alteración propilítica, venilla de cuarzo recristalizado, clorita y actinolita..... 94	94
Figura 78. Muestra de alteración Fílica cuarzo sericita.	95
Figura 79. muestra de magnetita con biotita de grano fino en alteración potásica..	96
Figura 80. Afloramiento de alteración argílico con venilleo de óxidos en stockwork.	97
Figura 81. Muestra silicificada, con cuarzo recristalizado y puntos de pirita.	98
Figura 82. Muestra de silificación, se observa que ha destruido la mineralogía original de la roca dacita.	98
Figura 83. Esquema resumido de la tectónica del Norte del Perú.	110

Figura 84. Mapa geológico regional de la deflexión de Cajamarca mostrando el área de estudio- Cascabamba.....	110
Figura 85. Mapa metalogénico del Perú, mostrando el depósito de Cascabamba.	110
Figura 86. Plano del sistema de fallas Quesquenda (SFQ) que controla al depósito Cascabamba.....	110
Figura 87. Mapa de Épocas Metalogénicas que comprende la sub franja Pachagón – Cascabamba.....	110

RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación fue Determinar la influencia del control estructural para conocer el emplazamiento de la mineralización de Au-Ag en las vetas Mascota, Protectora y Pozos Ricos, en Cascabamba, en el cual se debe identificar las estructuras geológicas principales además de áreas con potencial de mineralización. El depósito de Cascabamba se encuentra al Este de la provincia de Contumazá donde afloran rocas cretáceas de la formación Chimú al Norte y centro mediante un anticlinal regional, estas están intruidas por tonalita y diorita al centro, intrusiones subvolcanicas posteriores de pórfidos dacíticos y andesíticos al Oeste y Este. La metodología para realizar el presente estudio está dividido en 3 etapas: pre campo, de campo y post campo, los cuales consisten en describir, analizar, comparar, deducir y explicar a través de cuadros, tablas, gráficos, figuras y fotografías; los datos tomados en campo que son: rumbo o azimut, buzamiento, dirección de buzamiento y su descripción detallada de pliegues, fallas, fracturas, vetas, vetillas y direcciones de estructuras que se encuentran en el área de estudio, posteriormente se procesaron y analizaron. La zona de estudio se encuentra altamente cizallada con dirección promedio E-O, en donde se identificaron tres fallas locales principales de rumbo dextrales, en ambiente comprensivo, estas fallas albergan las vetas principales: Mascota, Protectora y Pozos Ricos, que presentan mineralización de óxidos en superficie y sulfuros a profundidad, la mineralización subió por una falla regional inferida que fue producida durante la deflexión de Cajamarca en la tectónica andina donde también aprovecharon los intrusivos subvolcánicos dacita-andesita. Se concluyó que el control estructural que determina la mineralización esta evidenciado en las fallas dextrales originadas por esfuerzos compresivos durante el Eoceno en la fase tectónica Inca II, por subducción, el esfuerzo principal σ_1 tiene orientación NO-SE.

Palabras clave: Control estructural, mineralización, vetas, Cascabamba.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the influence of structural control to know the location of the Au-Ag mineralization in the Mascota, Protectora and Pozos Ricos veins, in Cascabamba, in which the main geological structures should be identified in addition to areas with mineralization potential. The Cascabamba deposit is located to the east of the province of Contumazá where Cretaceous rocks of the Chimú formation to the North and center emerge through a regional anticline, these are intruded by tonalite and diorite to the center, later subvolcanic intrusions of dacitic and andesitic porphyry to the West and this. The methodology for carrying out this study is divided into 3 stages: pre-field, field and post-field, which consist of describing, analyzing, comparing, deducing and explaining through tables, tables, graphs, figures and photographs; the data taken in the field that are: heading or azimuth, dipping, dipping direction and its detailed description of folds, faults, fractures, streaks, veins and directions of structures that are in the study area, were subsequently processed and analyzed. The study area is highly sheared with an average E-O address, where three main local dextral faults were identified, in a comprehensive environment, these faults house the main veins: Pet, Protective and Rich Wells, which present surface mineralization of oxides and deep sulphides, the mineralization rose due to an inferred regional fault that was produced during the deflection of Cajamarca in the Andean tectonics where they also took advantage of the dacit-andesite subvolcanic intrusives. It was concluded that the structural control that determines the mineralization is evidenced in the dextral faults caused by compressive stresses during the Eocene in the Inca II tectonic phase, by subduction, the main stress σ_1 has a NO-SE orientation.

Key words: Structural control, mineralization, veins, Cascabamba.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad en muchos lugares de Sudamérica, especialmente en el Perú, existen muchas labores y/o concesiones mineras donde las operaciones se realizan de forma artesanal, estas no cuentan con un criterio adecuado para la excavación y extracción de los cuerpos mineralizados, de tal manera son explotados de manera empírica, guiándose únicamente por el afloramiento de las vetas o mantos y en muchos casos se pierde la continuidad de estos cuerpos mineralizados debido a la falta de conocimiento del control estructural que pueden tener (Cueva, 2019).

Para poder documentar que las fallas del distrito minero estudiado y vetas asociadas, son el resultado de dos eventos de deformación: el primero de naturaleza transpresiva y que controló además el emplazamiento de los domos félsicos, y el segundo de naturaleza extensional, que basculó los bloques previamente delimitados por fallas laterales en el primer evento de deformación, se tiene que realizar un estudio que determine el control estructural del lugar. (Tristan, Torres, Labarthe, Aguillón y Yza, 2012).

Conocer los controles estructurales es primordial para comprender como se emplazan los fluidos mineralizantes, pues las estructuras geológicas desarrollan un papel muy importante como canales en el transporte, precipitación y deposición de minerales (Zuluaga, Torrenegra y Lascarro, 2019).

Realizando la toma de datos estructurales en campo y su análisis en gabinete de los mismos nos dan a conocer un control tectónico definido de las mineralizaciones a lo largo de un sistema de estructuras orientadas (fallas, fracturas) (...) que cortan secuencias de rocas volcánicas y volcanosedimentarias asociadas a las formaciones geológicas presentes en el área de estudio (Zuluaga et al., 2009).

Los estudios estructurales dan a conocer las relaciones entre la mineralización y la estructura de la roca de caja, a fin de discernir la existencia o no de una relación temporal entre la deformación de las secuencias y el emplazamiento de la mineralización, es así que todas las manifestaciones que estudiaron están controladas por anticlinales, pero el orden y amplitud de dichas estructuras parecen ejercer un rol importante, (...) que a partir del análisis estructural, se establece que los mecanismos de plegamiento y deformación se encuentran estrechamente vinculados al arreglo estratigráfico de los sedimentos involucrados (Rodríguez, de Azevedo, Coira, y Brodie, 2001).

Conforme fue progresando la deflexión de Cajamarca, esta controló los procesos magmático – volcánicos en el Norte del Perú, influyendo en su diferenciación después de cada episodio tectónico tanto en la forma de emplazamiento (intrusiones, volcánicos y subvolcánicos) como en su composición, en donde se genera un arco volcánico que migra hacia el Este. Así mismo controla la metalogénesis de los yacimientos minerales que al Sur de la deflexión se inicia en el Oligoceno y va hasta el Mioceno medio donde afloran rocas intermedias a acidas, andesitas y dacitas y se genera el emplazamiento de yacimientos epitermales de Au – Ag, también depósitos tipo pórfidos de Cu – Au – Mo, y vetas tipo cordillerano; y en al Norte de la deflexión ocurre en el Mioceno formando depósitos epitermales de Au – Ag – (Cu) y yacimientos tipo pórfidos de Cu – Au – (Mo) (Bazán, 2017).

La región Cajamarca presenta mineralización que está controlada por 2 claros sistemas de fallas regionales: Sistema de fallas Punre-Canchis y de las fallas Quesquenda (figura 86), el primer sistema tiene una orientación de NO y el segundo sistema su orientación característica es de E-O, estos sistemas de fallas están asociados a la deflexión de Cajamarca (Rivera, 2007).

La ausencia de un estudio geológico estructural, en el área de investigación, que explique la presencia de mineralización en las vetas de Cascabamba, teniendo en cuenta la existencia de estructuras geológicas observables en campo, ha conllevado a realizar la presente investigación, para determinar un control estructural que ayude a comprender de qué manera ha ocurrido el emplazamiento de la mineralización, además este estudio busca identificar nuevas vetas, aportando así al descubrimiento de nuevas zonas mineralizadas. Realizando este estudio contribuye al conocimiento geológico, estructural y mineralógico del mismo depósito, al igual que Marquina (2009) afirma que debido a la presencia de varias anomalías locales en oro y cobre en su zona de estudio, tuvo especial cuidado en el mapeo y análisis estructural que puede ayudar a ubicar zonas prospectivas tipo pórfido cerca de la superficie; además, que los patrones estructurales identificados en su trabajo, pueden servir como guía de exploración regional en los alrededores del Proyecto.

1.2. Formulación del problema

- ¿Cómo influye el control estructural en el emplazamiento de la mineralización de Au-Ag en las vetas Mascota, Protectora y Pozos Ricos, Cascabamba – Contumazá?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del control estructural para conocer el emplazamiento de la mineralización de Au-Ag en las vetas Mascota, Protectora y Pozos Ricos, Cascabamba – Contumazá.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la geología de la zona de estudio.

- Determinar la dirección de esfuerzos principales y orientación de estructuras.
- Elaborar plano geológico de la zona de estudio
- Elaborar plano estructural de la zona de estudio.
- Elaborar perfiles geológicos de las vetas.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El control estructural del depósito de Cascabamba ayudaría a explicar el emplazamiento de la mineralización de Au-Ag en vetas, a consecuencia de esfuerzos tectónicos que posiblemente han originado fallas, por donde las intrusiones y diferentes fluidos mineralizantes han aprovechado estos conductos para ascender a la superficie y mineralizar el lugar.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente estudio presenta un enfoque cualitativo según lo expuesto por Hernández, Fernández y Baptista (2014) quienes afirman que este enfoque presenta las siguientes características: en el punto de partida de la investigación hay una realidad que descubrir, construir e interpretar, donde la realidad es la propia mente, esta cambia por las observaciones y la recolección de datos, este estudio permite subjetividad, se aplica lógica inductiva, el investigador presenta sus propios valores y creencias, la teoría se construye en base a datos empíricos obtenidos y analizados (luego se compara con otros estudios), se generan hipótesis al inicio o al final del estudio, la recolección de datos se orienta al mayor entendimiento de los resultados, la forma de analizar datos es mediante imágenes, textos, gráficos, documentos, la forma en presentar resultados el investigador emplea ciertos formatos como: narraciones, fragmentos de textos, videos, fotografías y/o mapas; diagramas y modelos conceptuales, los reportes son de manera personal y emotiva; todos estos puntos se relacionan con la presente investigación.

El nivel de investigación es de tipo descriptiva correlacional, según Hernández, et al. (1994) quienes mencionan que:

Son dos los factores que influyen en que una investigación se inicie como exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa: el estado del conocimiento en el tema de investigación que nos revele la revisión de la literatura y el enfoque que el investigador pretenda dar a su estudio. (...), la literatura nos puede revelar que hay “piezas y trozos” de teoría con apoyo empírico moderado, esto es, estudios descriptivos que han detectado y definido ciertas variables. (...), la literatura nos puede revelar la existencia de una o varias relaciones entre

conceptos o variables. En estas situaciones la investigación se iniciará como correlacional. (p. 76).

Según lo expuesto, la presente investigación se inicia en descriptiva conjuntamente con correccional, por lo que corresponde a estos dos niveles.

2.2.Diseño de investigación

El presente estudio presenta un diseño de investigación no experimental, transversal, correlacional, según lo expuesto por Hernández, et al. (1994) quienes mencionan:

La investigación no experimental es investigación sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa y dichas relaciones se observan tal y como se han dado en su contexto natural. (...) En algunas ocasiones la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado, o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo. En estos casos el diseño apropiado (bajo un enfoque no experimental) es el transversal o transeccional. (...) Los diseños transeccionales correlacionales/causales tienen como objetivo describir relaciones entre dos o más variables en un momento determinado. Se trata también de descripciones, pero no de variables individuales sino de sus relaciones, sean éstas puramente correlacionales o relaciones causales. (p246-248)

2.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.3.1. Población

Definida por todas las vetas del depósito de Cascabamba dentro de los 2.38 km² que abarca el área de estudio.

2.3.2. Muestra

Comprendida por las tres vetas principales: Veta Mascota, Veta Protectora y Veta Pozos Ricos.

2.3.3. Materiales

Para realizar el estudio de manera óptima será imprescindible contar con todos los materiales geológicos, que se detalla a continuación:

- Mapa geológico del cuadrángulo de Cajamarca (escala 1:100000).
- Mapa geológico del área de estudio (escala 1:5000).
- Mapa topográfico de la zona de estudio (escala 1:5000).
- Imágenes satelitales. (SASPLANET, GOOGLE EARTH).
- Libreta de campo.
- Wincha y/o flexómetro.
- Picota de geólogo.
- Brújula tipo Brunton.
- Cámara fotográfica
- GPS
- Lápiz de dureza.
- Lupa. (20x – 30x)
- Protactor
- Ácido clorhídrico (HCl)

- Tablero
- Colores.
- Laptop y/o pc



Figura 1. Materiales y equipos utilizados en campo.

2.3.4. Instrumentos

En la recolección de datos estructurales se hará uso de las siguientes tablas que son las fichas de observación de datos estructurales, las cuales servirán como instrumentos para reunir toda la información recolectada en campo, estos datos serán tomados in situ mediante observación directa y con ayuda de equipos geológicos descritos en el ítem de materiales (2.3.3).

Tabla 1
Ficha de datos estructurales en campo.

N°	Este	Norte	Cota	Az	Bz	NC	Descripción
1							
2							

3

.

.

.

Formato a usar para la recolección de datos en campo, NC es el nivel de confianza al momento de tomar el dato (B: bueno, R: regular, M: malo). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2
Ficha de datos estructurales de falla.

N°	Az	Bz	Pitch	Cinemática (CN)	Descripción
1					
2					
3					
.					
.					
.					

Formato a usar para la recolección de datos de fallas en campo. Fuente: Elaboración propia.

2.3.5. Métodos

Los métodos utilizados son describir, analizar, comparar, deducir y explicar a través de cuadros, tablas, gráficos, figuras, ilustraciones, fotografías, etc. Los datos tomados en campo son rumbo o azimut, buzamiento, dirección de buzamiento, pitch o rake de las fallas en caso que presenten y su descripción detallada de pliegues, fallas, fracturas, estructuras geológicas, vetas, brechas, que se evidencien en el área de estudio, ya sean tomados mediante fotogeología y/o en el cartografiado geológico; teniendo en cuenta que dichos datos son reales y no están sujetos a ser manipulados o modificados, generando resultados objetivos que posteriormente van a ser evaluados y procesados.

2.4. Procedimiento

La elaboración de la presente investigación, consta de tres partes importantes que son: trabajo de gabinete pre-experimentación, trabajo de campo y trabajo de gabinete post-experimentación.

2.4.1. Trabajo de gabinete pre-experimentación

Esta etapa se realiza previo al trabajo de campo donde se caracterizará las estructuras principales, lineamientos, afloramientos de Cascabamba con la ayuda de fotogeología (ArcGis), Google Earth, y SASPlanet, esta etapa se podrá determinar zonas estratégicas para el estudio en campo, también se podrá revisar accesos y/o rutas a la zona de estudios.

Asimismo, se realizó la revisión bibliográfica de estudios realizados en la zona, de manera local y de manera regional.

2.4.2. Trabajo de campo

Una vez completado la recopilación bibliográfica se realizaron los trabajos de campo, con los objetivos bien claros programados en las 5 salidas de campo (plan de trabajo), un compromiso absoluto y una definición específica de la estrategia y tácticas a seguir para la toma de datos geológicos estructurales.

En el terreno se contó con los mapas base (geológicos, topográficos e imagen satelital) y la interpretación de imágenes y fotografías realizadas en la etapa preliminar de gabinete.

Se realizó netamente la toma de datos estructurales con los materiales antes mencionados (2.3.3), los datos que fueron tomados muestran información geológica (litología, fallas, pliegues, indicadores cinemáticos, vetas y/o brechas mineralizadas). también se realizó la medición del buzamiento, dirección y

sentido de desplazamiento de varios planos de falla, para determinar la orientación de los ejes de deformación principales del sistema.

Se realizó la toma de muestras más representativas de las vetas, tanto en superficie como en el socavón, para mandar a analizar y ver la cantidad de ley que presentan las vetas.

En el levantamiento de campo se tomará grado de confiabilidad de los datos ya que las estructuras, evidencias de indicadores cinemático y rasgos de mineralización en ocasiones se puede confundir algunas fracturas como indicadores cinemáticos, también algunos están susceptibles a la erosión y así no se puede evidenciar la cinemática de las estructuras.

2.4.3. Trabajo de gabinete post- experimentación

Con toda la información obtenida, en esta etapa se desarrolló el procesamiento de datos obtenidos en campo, la redacción del informe, así como la digitalización de los planos respectivos, construcción de perfiles geológicos, orientaciones, determinación y análisis de esfuerzos tectónicos mediante los softwares Faultkin v8.1.1, Dips v6.0y ArcGis v10.5, con estos programas se representará los resultados para una mejor comprensión en donde se definirá los controles estructurales principales de la mineralización del depósito de Cascabamba.

En esta etapa final se realizó el procesamiento de datos, así como, su interpretación, análisis, redacción y revisión final de la tesis.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Ubicación

Cascabamba se encuentra ubicado en el Norte del Perú, al Sur de la región Cajamarca, al Este de la provincia y distrito de Contumazá.

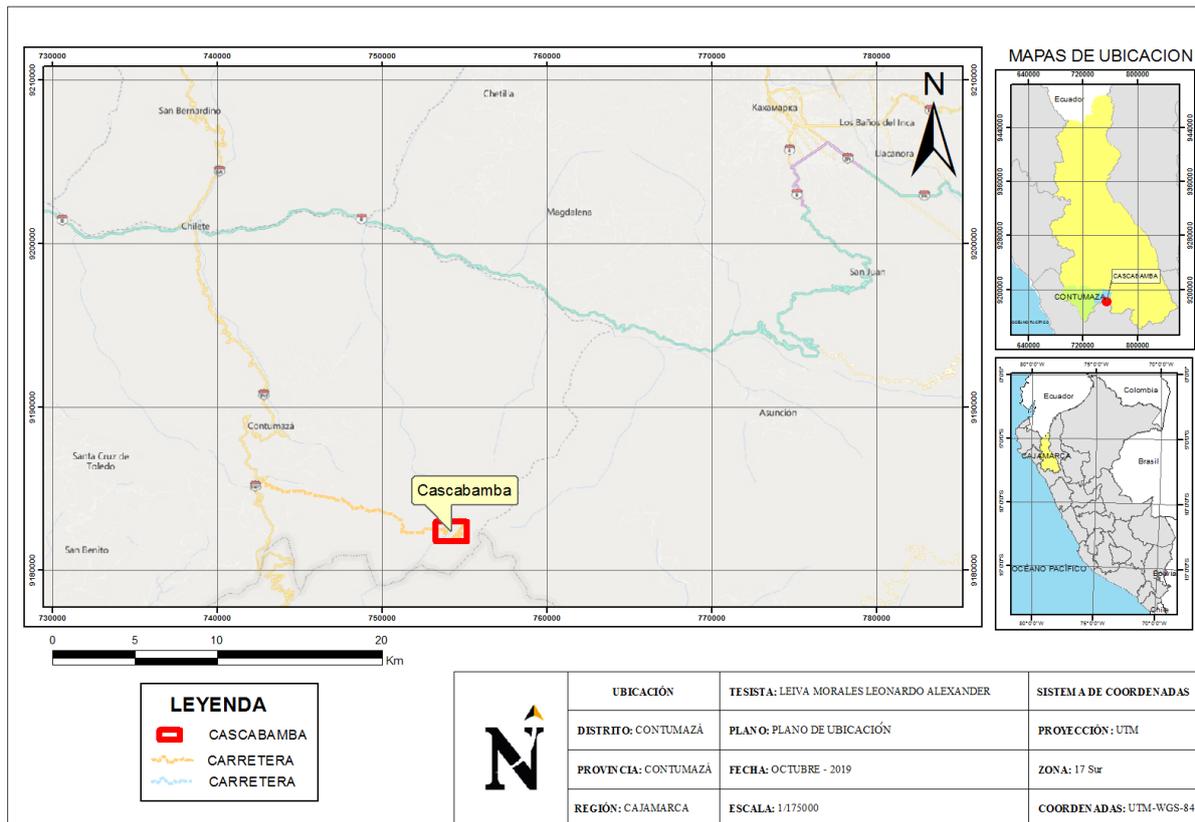


Figura 2. Plano de ubicación del área de estudio (Cascabamba). Fuente: Elaboración propia, imagen: SASPlanet.

3.2. Geología local

En el área de estudio afloran unidades litoestratigráficas sedimentarias del periodo Cretácico inferior, Cretácico superior-Paleógeno, intrusiones subvolcánicas del Paleógeno Oligoceno, intrusiones plutónicas del Paleógeno y un depósito cuaternario fluvial. En la parte NE y al centro de la zona estudiada, se encuentran las rocas sedimentarias del Grupo Goyllarisquizga, que solo aflora la formación: Chimú (Ki-chi) (parte Norte), estas rocas constan de arenisca y cuarcitas, así mismo en la parte SO, S y E se ha podido evidenciar

rocas eruptivas subvolcánicas cenozoicas que corresponden a dacitas y andesitas porfiríticas, y rocas intrusivas que son diorita porfirítica y tonalitas, estas rocas intruyen la secuencia cretácica y abarcan la mayor parte de la zona de estudio, los intrusivos subvolcánicos también se encuentra en forma de sill dentro de la estratificación sedimentaria. En el NO del área se encuentra un anticlinal regional de la formación Chimú con rumbo ENE-OSO y en el Este del anticlinal no es instruido por los pórfidos. Entre el anticlinal y los pórfidos pasa el rio Colorado el cual a sus costados hay un depósito cuaternario fluvial de gravas, arenas y limos, parte de este está cubierto con vegetación típica del lugar el llamado ichu. En la parte central del estudio se puede evidenciar una serie de conglomerados de la formación Huaylas que pertenece al cretácico superior -Paleógeno, que consta de clastos bien redondeados de areniscas cuarzosas y cuarcitas con una matriz de óxidos, los clastos presentan mineralización de pirita diseminada, estos conglomerados se esparcen en dirección Oeste.

En todo el lugar se puede evidenciar un cizallamiento que tiene un alto buzamiento y una dirección E-O, misma dirección del sistema de fallas Quesquenda, a su vez presenta fracturas en diferentes direcciones destacando las que tiene dirección N-S. Por otro lado, la zona de estudio presenta una alteración hidrotermal que afecta casi en su totalidad a cada una de los diferentes tipos rocas que hay en el lugar, alterándolas y mineralizándolas en dirección de las fracturas que presentan los intrusivos y paralelo a la estratificación.

En la figura 3 se puede evidenciar los contactos litológicos entre las formaciones Chimú (Ki-chim) y Huaylas (KsP-hu), con el intrusivo tonalita (P-tn) y el intrusivo subvolcánico andesita (Po-an), a los costados del Rio Colorado se encuentra un depósito cuaternario fluvial.



Figura 3. Contactos litológicos de las formaciones e intrusiones del área. Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Grupo Goyllarisquizga

3.2.1.1. Formación Chimú (Ki-chim)

La formación Chimú designada con este nombre por Benavides (1956); en el área de estudio esta formación presenta una alternancia de areniscas y cuarcitas blancas, las areniscas evidencian un grano medio a grueso con algunos cristales de cuarzo. Al Oeste esta intruido por roca subvolcanica andesita y al extremo Este no corta con ningún pórfido. Aflora en el Norte del área de estudio a lo largo del Oeste hasta el Este, en donde presenta un anticlinal regional, el cual tiene una dirección de $N 75^\circ$ en el eje. En los afloramientos se puede notar una completa alteración de la roca producto de los fluidos hidrotermales. Por esta formación pasa la veta Mascota que presenta una dirección similar a la del anticlinal $N80^\circ$ con una dirección de 80° al SE.

En la figura 4 se observa el contacto litológico entre la formación Chimú (Ki-chim) (anticlinal), intrusivo subvolcánico andesita (Po-an) y el intrusivo diorita-tonalita (P-tn-di).

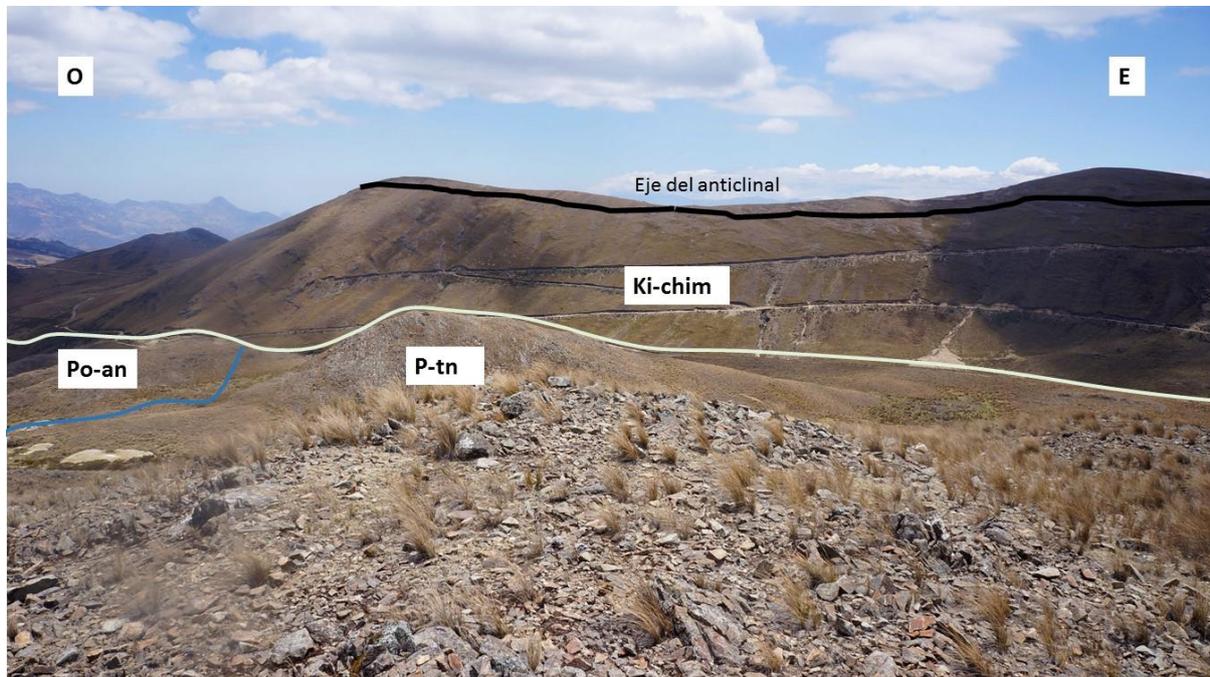


Figura 4. Afloramiento del anticlinal de la formación Chimú con intrusivos. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Formación Huaylas (KsP-hu)

Consta de conglomerados de areniscas cuarzosas y cuarcitas bien redondeadas a angulosos, con una matriz de óxidos y en lugares silicificados, se encuentran en discordancia angular con los pórfidos y roca sedimentaria desde el centro hacia el Oeste de la zona de estudio y se han desplazado en esa misma dirección, en la zona se ha encontrado evidencia del desplazamiento por encima de los pórfidos. Los clastos se encuentran mineralizados de pirita y calcopirita por la alteración hidrotermal que presenta el lugar. Los bloques bien compactos presentan fallas y fracturas bien marcadas, posiblemente por el desplazamiento E-O posterior a su compactación.



Figura 6. Afloramiento de la formación Huaylas en discordancia angular con el intrusivo subvolcanico andesita. Fuente: Elaboración propia.

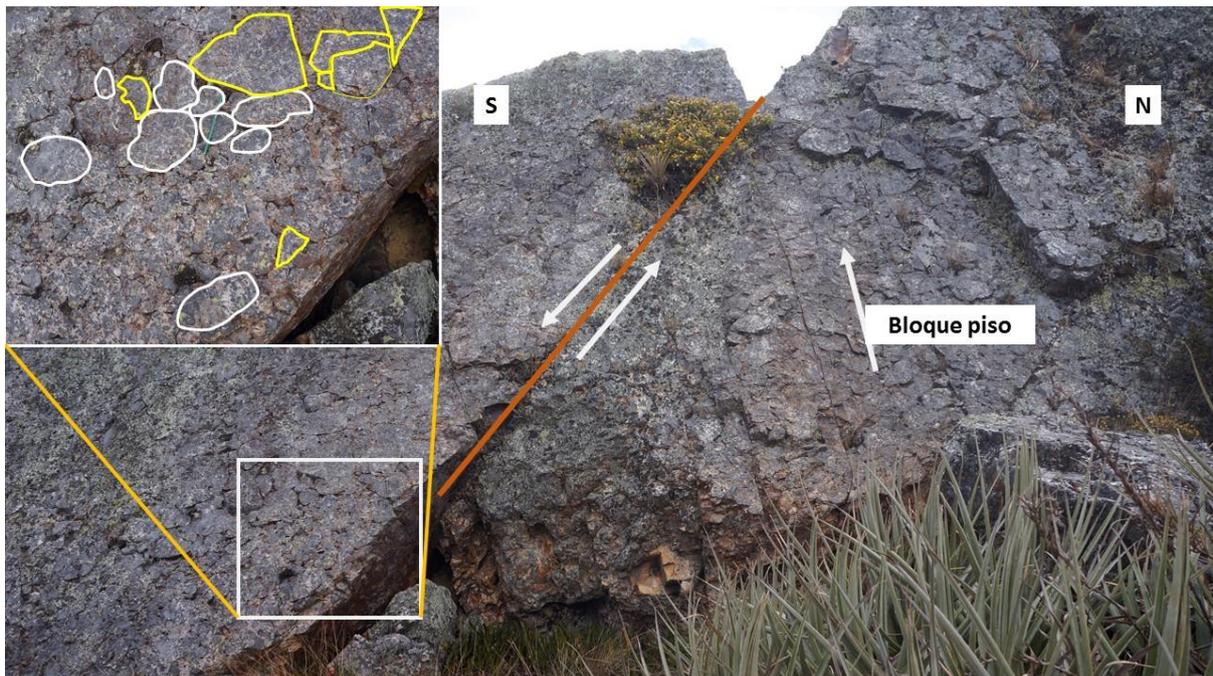


Figura 5. Fallas normales en bloques de la formación Huaylas. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5 se puede evidenciar clastos redondeados (color blanco) y clastos angulosos (color amarillo) con una matriz es de óxidos, característicos de esta formación, estos bloques han sido cortados totalmente por fallas y fracturas

que se los puede notar en los clastos (cuarcitas y areniscas cuarzosas), las fallas son locales de tipo normal que tiene direcciones N100° con una inclinación de 53° hacia el SW (plano de falla color rojo) N°355 con una inclinación de 65° hacia el SW (vista frontal).

3.2.3. Rocas intrusivas

Todos los cuerpos intruidos presentan un cizallamiento de alto ángulo con dirección E-O, además de fracturas que van todas las direcciones, pero predominan las de dirección N-S, la mayoría de vetillas mineralizadas se encuentran en la dirección del cizallamiento.

3.2.3.1. Diorita porfirítica (P-di)

El cuerpo plutónico de diorita porfirítica es una roca de color gris claro, con manchas de epidota, las plagioclasas se encuentran fracturas y alteradas producto del proceso hidrotermal que presenta el lugar. La diorita intruye las rocas del cretácico inferior y está afectada por un cizallamiento de alto ángulo con dirección E-O.

3.2.3.2. Tonalita (P-tn)

La intrusión tonalita es un cuerpo plutónico menor, intruye las rocas del cretácico inferior. Muestra rocas de color gris cristalino, en la mayoría de las partes un pardusco, y sus cristales se encuentran fracturados y alterados por alteración hidrotermal que ha sufrido casi toda zona de estudio, además presentan un cizallamiento de alto ángulo y de dirección E-O.



Figura 7. Afloramiento del intrusivo diorita-tonalita. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Rocas subvolcánicas

3.2.4.1. Dacitas porfiríticas (Po-da)

Las rocas dacitas porfiríticas presentan un color gris claro, con una textura porfirítica. Sus minerales que la componen son el cuarzo y plagioclasas, se encuentran fracturados, maclados y alterados por la alteración hidrotermal que presenta el lugar, los cristales de cuarzo presentan bordes irregulares. Estas rocas también afloran de manera de sills entre los estratos de la formación Chimú. Al igual que las demás intrusiones presentan un cizallamiento de alto ángulo y de dirección E-O.

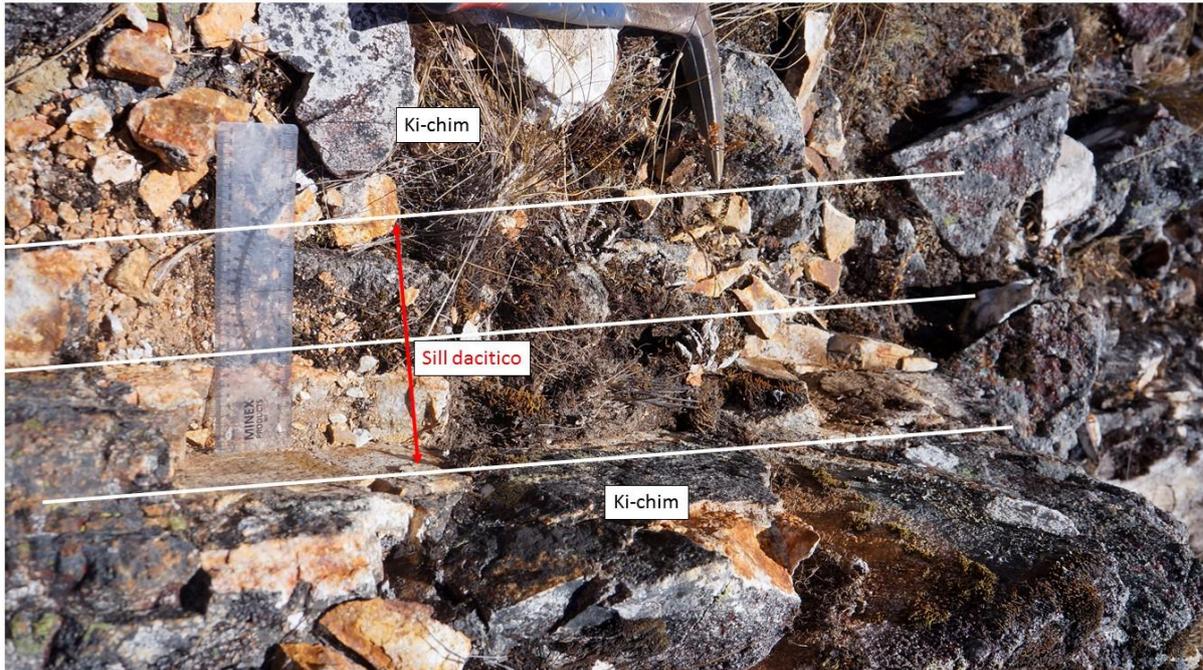


Figura 9. Sill dacítico entre los estratos de arenisca de la formación Chimú. Fuente: Elaboración Propia



Figura 8. Afloramiento de roca dacita, se observa el cizallamiento que ha sufrido la roca. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.2. Andesitas porfíricas (Po-an)

Las andesitas porfíricas presentan un color gris claro, en y de apariencia masiva. Los minerales que la componen son la plagioclasa y

hornblenda, que se encuentran parcialmente alteradas y fracturadas por el mismo motivo que todas las rocas del área de estudio que es la alteración hidrotermal que presenta el lugar. Al igual que las demás intrusiones presentan un cizallamiento de alto ángulo y de dirección E-O.



Figura 10. Afloramiento de roca andesita, se observa el cizallamiento de dirección E-O que presenta la roca. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Geología estructural local

Cascabamba se encuentra en la cordillera occidental del Norte del Perú, donde las estructuras regionales cambian de dirección antihoraria de NNO a ONO-ESE, debido a la deflexión de Cajamarca (Bazán 2017).

En la zona de estudio, pasa un anticlinal regional de la formación Chimú que tiene rumbo ENE, esta dirección se debe a la deflexión de Cajamarca que alcanzo su deformación máxima en la fase tectónica Inca II, donde el ratio de convergencia de placas se incrementó, provocando la rotación de 25° en sentido antihorario de la cuenca

Cajamarca, lo cual reactivó las fallas de sentido dextral (Santiago de Chuco – Cajabamba y fallas Ascope – Cutervo), teniendo por resultado un rumbo ONO que se ve en la actualidad, este evento tuvo mayor desarrollo en el Sur (Bazán 2017), y es por donde encuentra el área de investigación. El yacimiento se encuentra en el ángulo de mayor curvatura del anticlinal, donde las direcciones cambian de EO a ESE en los costados de la zona delimitada para la investigación, teniendo como resultado que el anticlinal tenga dirección ENE, proyectándose al E, el anticlinal se encuentra tumbado (Figura 11).

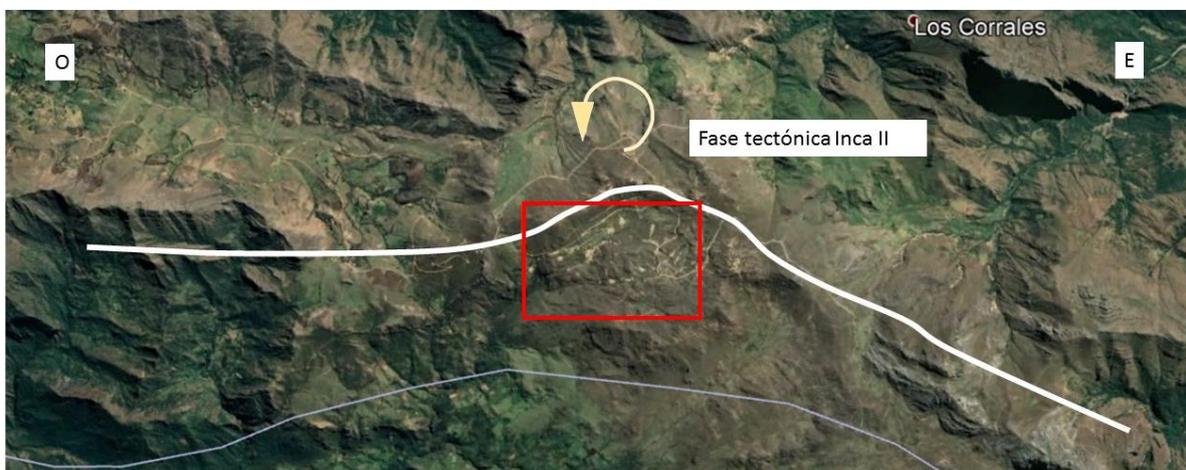


Figura 11. Cambio de dirección de anticlinal regional de la formación Chimú en sentido antihorario. Fuente: Elaboración Propia, imagen tomada de Google Earth Pro.

En la figura 11 se muestra un cambio de dirección de anticlinal regional de la formación Chimú en sentido antihorario, que ocurrió en la fase tectónica Inca II, dejando como resultado que el anticlinal tenga dirección ENE en el área de estudio. Cuadro rojo muestra área de estudio.

Las intrusiones plutónicas y subvolcánicas, se encuentran cizallados siguiendo un rumbo que va entre $N80^\circ$ y $N100^\circ$, en el cual existe un stockwork elongado que sigue esa dirección, este stockwork también presenta fracturas que van en direcciones ($N45^\circ-72^\circ/SE$), ($N300^\circ-66^\circ/NE$), ($N105^\circ-75^\circ/SW$), ($N290^\circ-88^\circ/NE$), ($N25^\circ$), ($N149^\circ$).

Además, se identificaron cuatro fallas de rumbo locales, de tipo dextral y dextral normal, que siguen el mismo rumbo del stockwork elongado (figura 12).

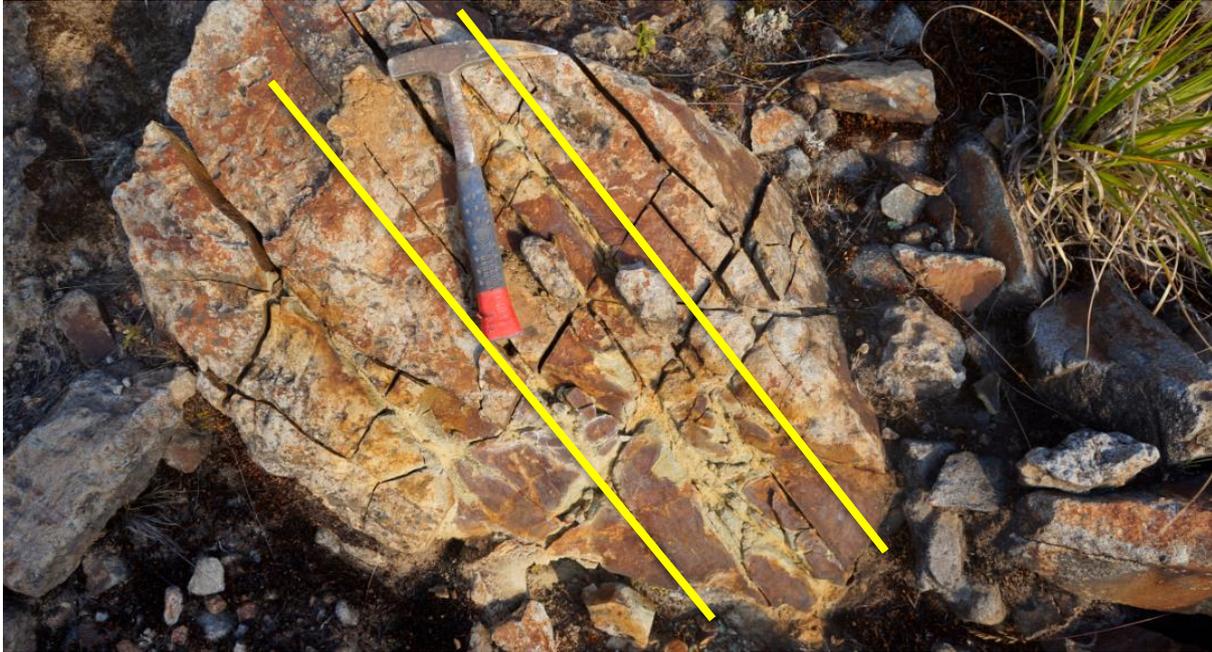


Figura 12. Afloramiento de stockwork en roca intrusiva diorita tonalita. Fuente: Elaboración Propia.

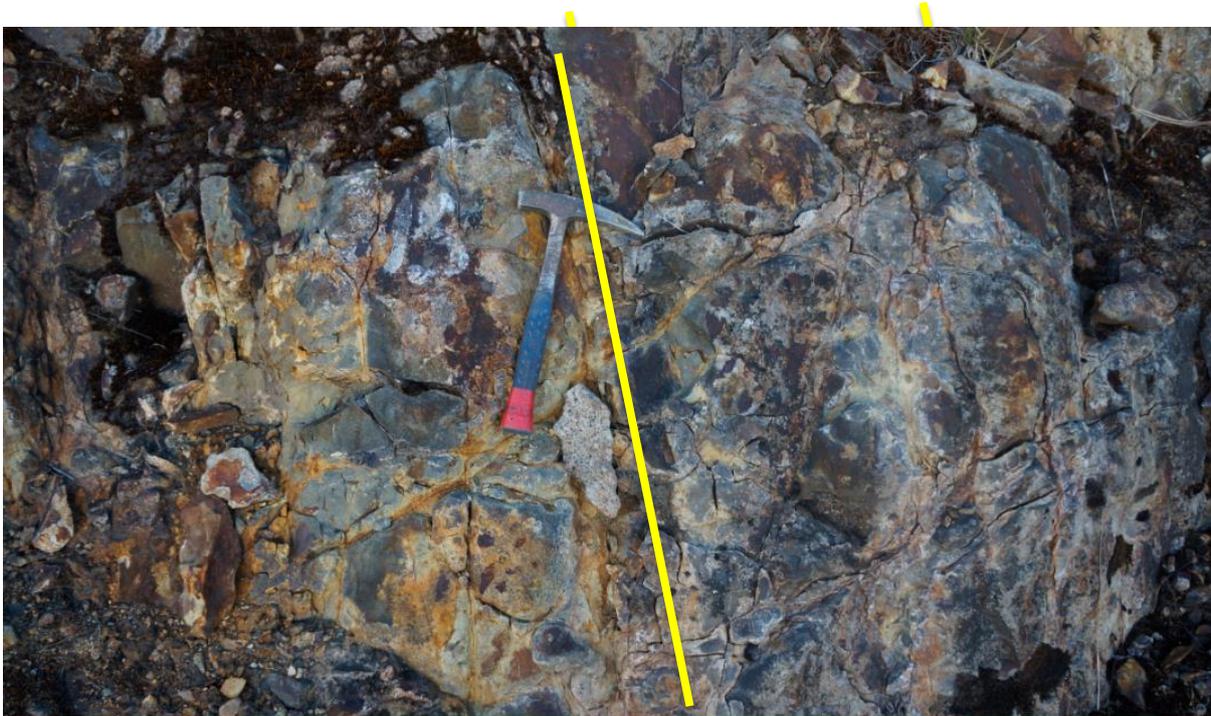


Figura 13. Afloramiento de stockwor en roca intrusiva diorita tonalita. Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 12 y 13 muestran afloramientos de stockwork en el intrusivo diorita tonalita, se puede observar venilleo en diferentes direcciones que están alterados en contacto con la roca caja, las líneas de color amarillo indican las direcciones del cizallamiento.

3.3.1. Caracterización de las fallas y vetas

La presente investigación se realiza mediante el análisis detallado de la geometría de fallas y vetas, realizando planos en vista en planta y sección transversal, que permitirá una mejor interpretación, las características de las vetas y fallas en vista en planta son similares, tienen rumbos promedio $N75^{\circ}-80^{\circ}$ y buzamiento de alto ángulo de $70^{\circ}-90^{\circ}$ SE. Las vetas principales se encuentran dentro de las fallas locales del área de estudio, por tal motivo la caracterización es muy similar. En el área de estudio se ha identificado cuatro fallas locales, tres de ellas se encuentran en las vetas Mascota, protectora y Pozos Ricos las cuales llevan el mismo nombre, la cuarta falla se encuentra en la veta secundaria de nombre Veta “D”, por ende, también se le ha asignado el mismo nombre, las fallas son de tipo dextral, se las definió así por los indicadores cinemáticos de las fracturas R1 y por la dirección de las estrías y escalonamientos.

Las fallas “D”, Protectora y Pozos Ricos afloran en superficie mientras que la Falla mascota se pudo evidenciar el movimiento dentro del Socavón, estas fallas presentan un rumbo promedio ESE-ONO.

El esfuerzo principal compresivo σ_1 tiene orientación NO-SE, este esfuerzo es el causante del deslizamiento de los bloques en sentido derecho, originado las fallas de tipo dextral, además de un intenso cizallamiento que tiene orientación E-O.

Falla y Veta Mascota

Esta falla y veta se encuentra al Norte del área de estudio, se halla hospedada en un flanco del anticlinal regional de la formación chimú. Esta estructura presenta una dirección de $N80^\circ$ y un buzamiento promedio de $70^\circ-85^\circ$ SE, el pitch de la falla mide 21° al SO de cinemática dextral.

En superficie aflora con un espesor de 3-5cm, mostrando mineralización de Pirita suelta cubica y óxidos a los costados, el afloramiento no es muy extenso, tan solo se pudo evidenciar en un trayecto de 30 metros luego se pierde por debajo del suelo orgánico, este está cubierto de vegetación (ichu). En profundidad la veta se ensancha llegando a medir 1.30 m que consta de pirita y panizo, las medidas de estos varían de acuerdo a la profundidad y la distancia horizontal, desde la superficie hacia profundidad presenta solamente pacos con venillas de pirita, la distancia de mineralización de pacos va desde los 9-15 m en la vertical, se infiere que esta veta tiene una longitud de 2 km.

El socavón san Agustín que corta esta veta tiene una dirección N-S, el cual fue construido recientemente para realizar labores artesanales, este socavón perpendicular al eje del anticlinal, mide aproximadamente 45 m en la horizontal y tiene un Pique promedio de 50m, en el cual se realizaron la toma de datos estructurales, cabe mencionar que las labores antiguas no fueron estudiadas por motivo de que es muy riesgoso entrar en ellas (no se cuenta con planos y existen numerables derrumbes). A lo largo del corte del socavón se evidencio pequeñas vetas y vetillas de pirita y óxidos que son paralelas a la principal con direcciones de las vetas significantes $N260^\circ$ y $N265^\circ$, con buzamientos 82° y 56° hacia el NW, que son inclinaciones opuestas a la veta principal, estas vetas van desde los

2 a 10 cm de espesor, esto indicaría que se trata de una estructura tipo flor negativa.

El método de extracción del mineral de esta veta es realizando cortes perpendiculares al anticlinal y la veta que tiene la misma dirección, luego hacen piques verticales y van extrayendo el mineral por niveles, lo que muchos de los socavones ya no se encontraron con pacos sino de frente llegan a los sulfuros de pirita y covelina que tiene esta veta y donde está impregnado el oro y plata, y por ende la veta más ancha que la superficie, para llegar a los pacos se tiene que subir nivel arriba o más conveniente realizar un corte de mayor altitud, a diferencia de las otras vetas que desde un inicio empiezan por el afloramiento y posterior a ello hacen los piques, esto debido a las condiciones en que se presenta el terreno

La veta Mascota y la veta Protectora pueden que se crucen en el Oeste, de acuerdo a las direcciones en que presentan.

En el análisis de esfuerzos de esta falla se determinó que el esfuerzo principal σ_1 tiene dirección NO-SE (Figura 14).

Tabla 3
Dato estructural de falla y veta Mascota.

AZ	BUZ	PITCH	CN	DESCRIPCION
N 80	82 SE	21 SW	Dx	Falla y veta Mascota

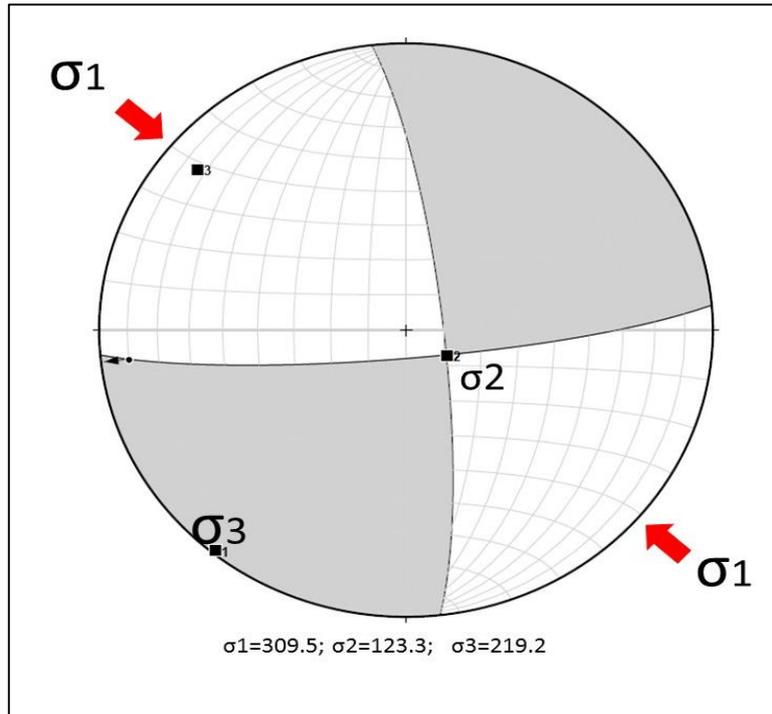


Figura 14. Esfuerzo principal de falla y veta Mascota, σ_1 = NO-SE.
Fuente: Elaboración Propia.

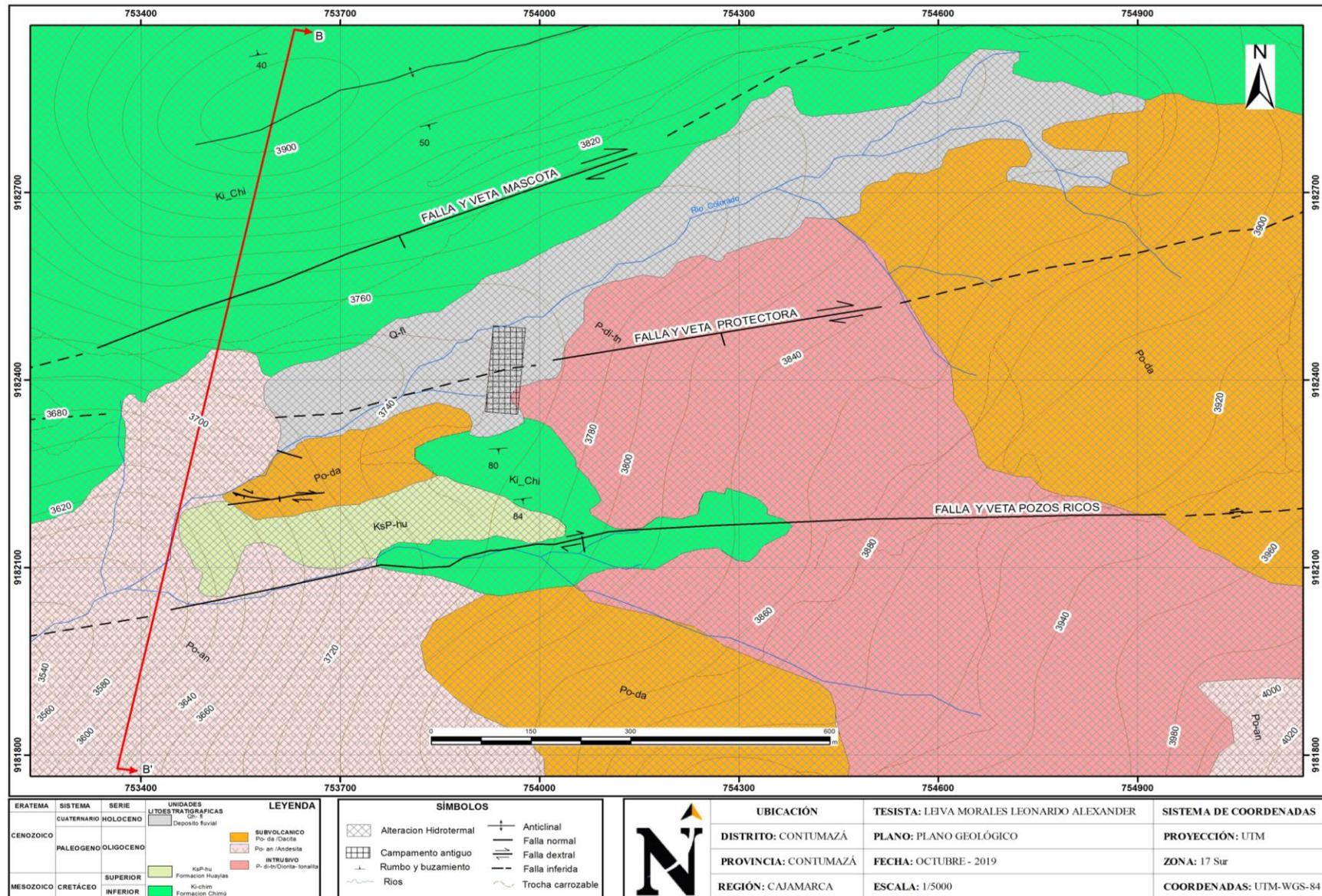


Figura 15. Plano geológico de la zona de estudio indicando la línea de corte B-B' de la falla y veta Mascota. Fuente: Elaboración propia.

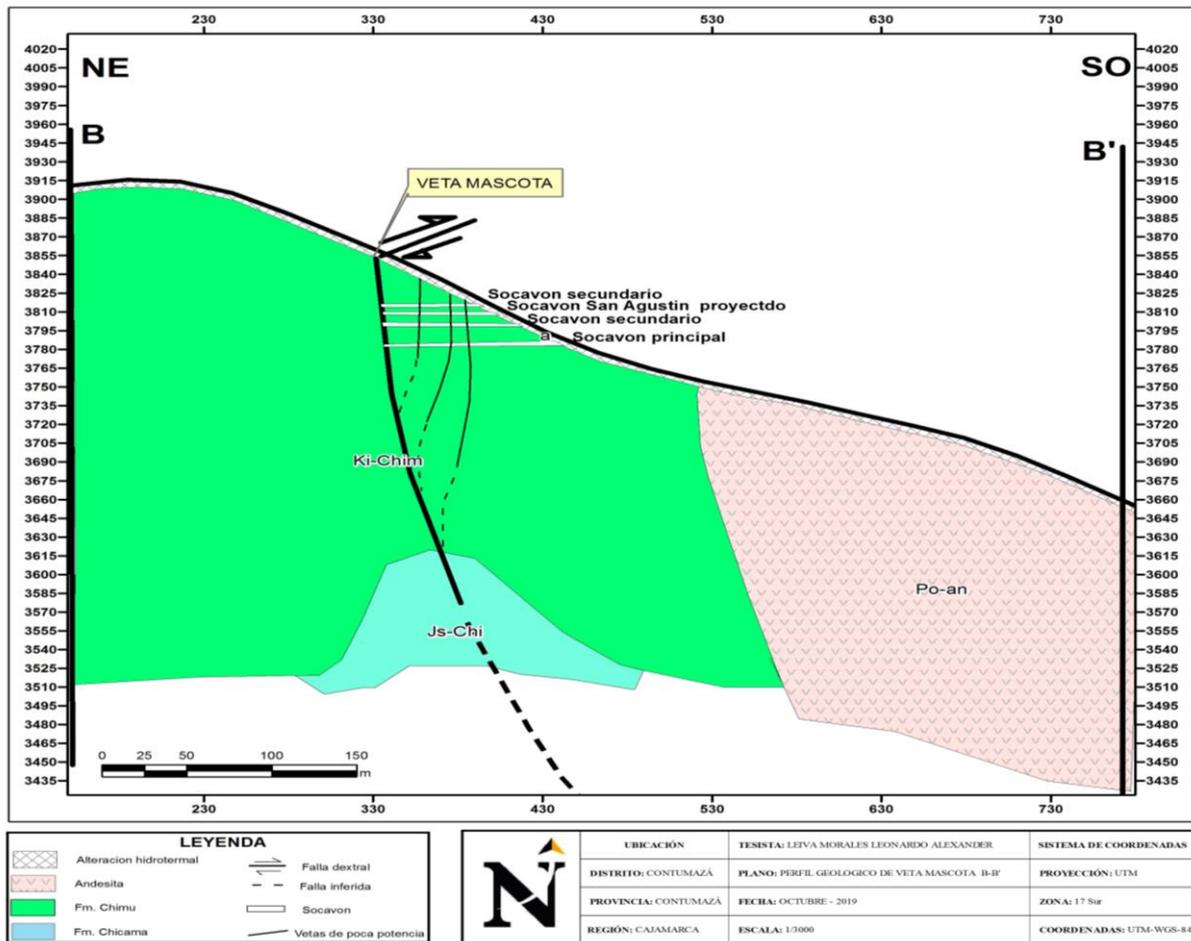


Figura 16. Perfil geológico de la falla y veta mascota. Fuente: Elaboración propia.

En el perfil de la figura 16 se muestra la veta principal y vetas de menor potencia que se infiere que se conectan con la principal por buzamiento opuesto, típica de una estructura de flor negativa, además también se representó algunos socavones que se realizaron en esta veta, en socavón San Agustín fue proyectado.

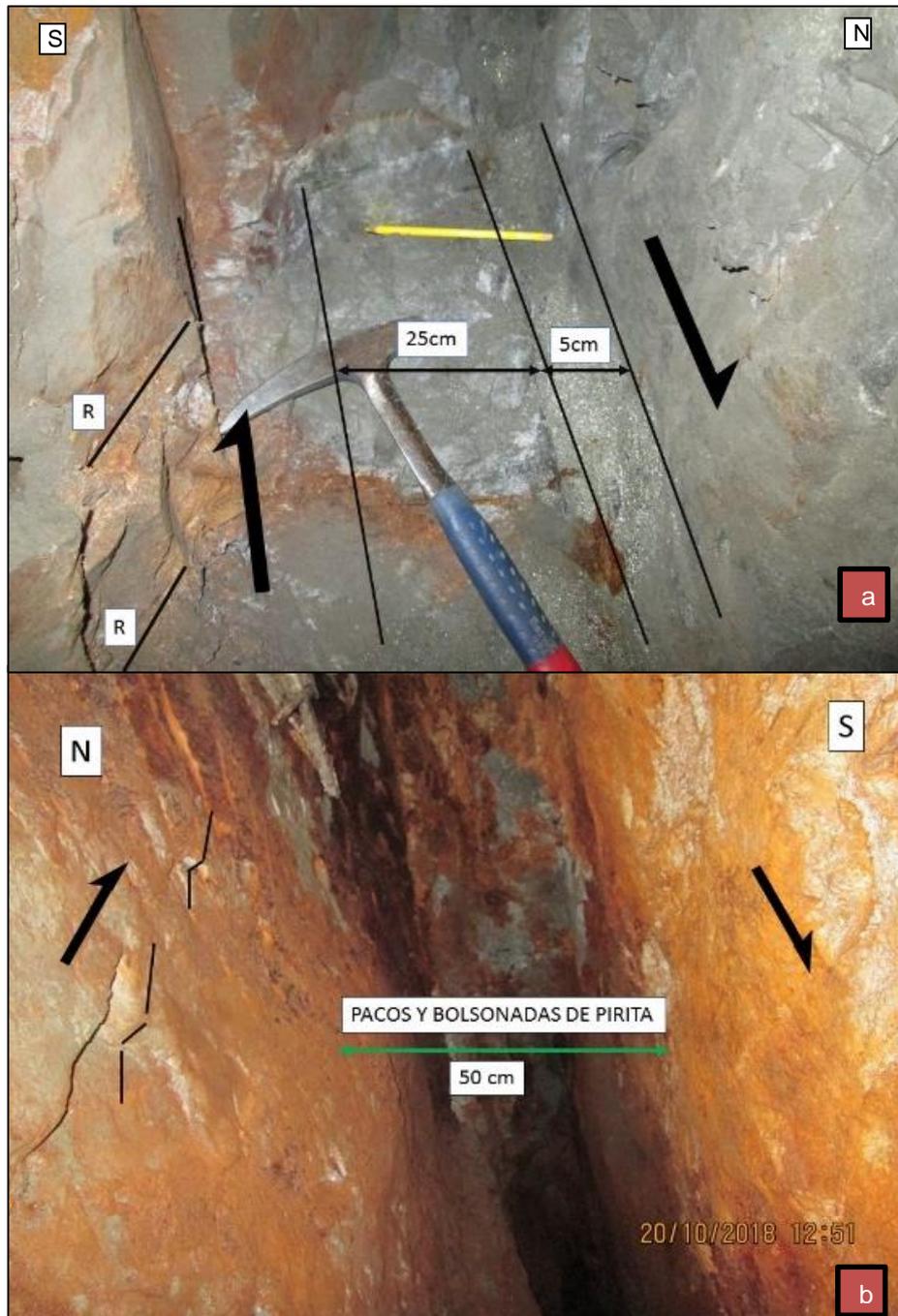


Figura 17. Veta mascota, fotos tomadas en socavón. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17 (veta Mascota) la foto a.) Muestra una veta de menor potencia paralela a la principal, buzando al NO con 5 cm de piritita y 25 Cm de panizo con óxidos, presenta Riedel (R) de cizalla simple dextral, en la foto b.) Representa la veta principal de 50 cm de espesor con óxidos y bolsonadas de piritita, se encuentra cerca de la superficie. Ambas imágenes son del Socavón San Agustín.

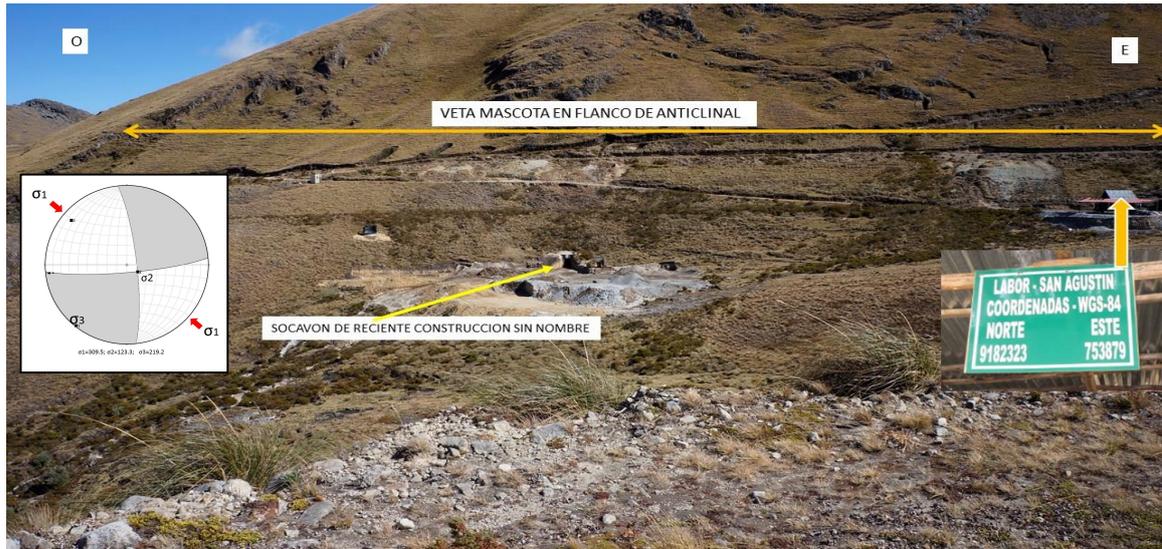


Figura 18. Labores recientes en la falla y veta Mascota. Fuente: Elaboración propia.

La figura 18 muestra labores recientes en la falla y veta mascota, aquí se encuentra el Socavón San Agustín que corta perpendicularmente la veta, en este socavón se realizó tomas de datos estructurales dentro del socavón, además se puede visualizar por dónde pasa esta veta en superficie.

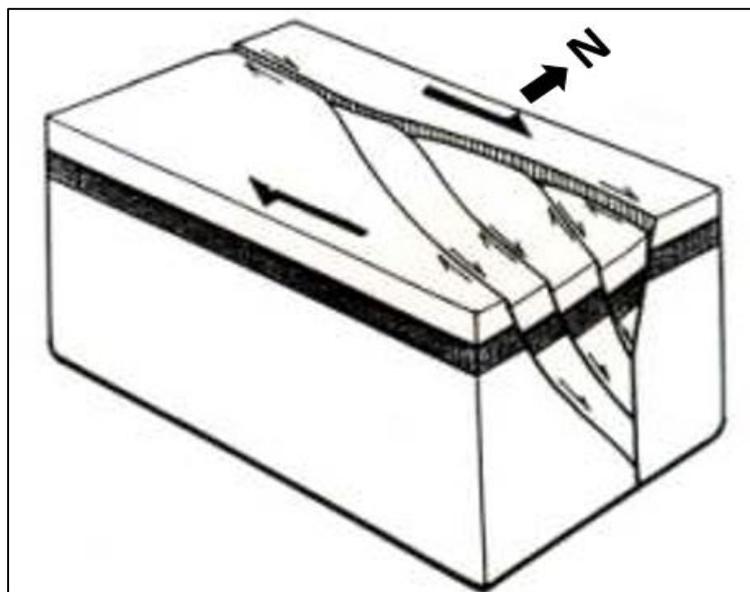


Figura 19. Esquema de la estructura tipo flor negativa de la falla y veta mascota. Fuente: (woodcock y fleycher, 1986)

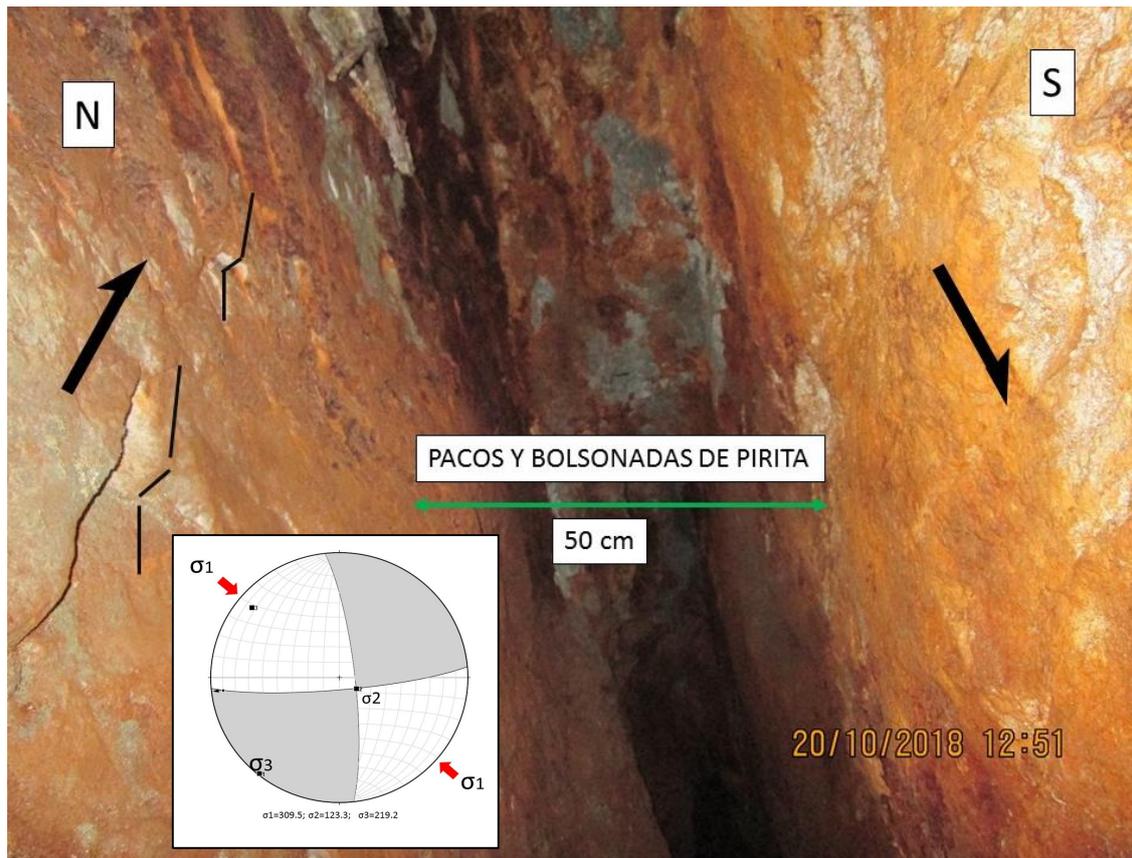


Figura 20. Falla y veta Mascota de tipo dextral. Fuente: Elaboración Propia.

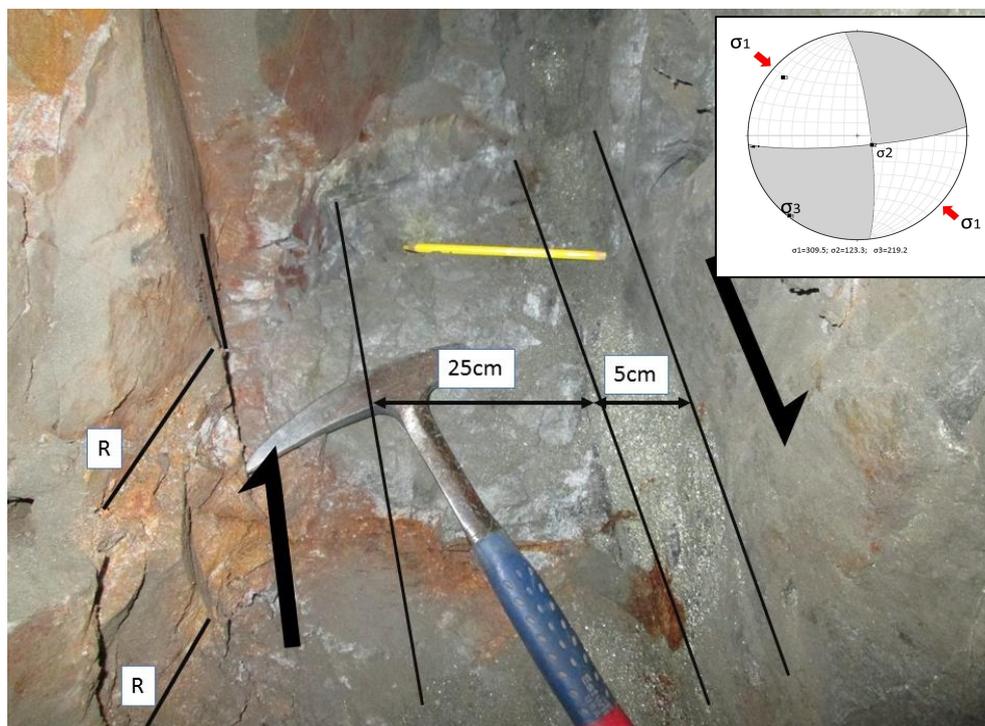


Figura 21. Estructuras Riedel (R) indicando en sentido del movimiento de los bloques. Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 20 se puede ver el escalonamiento y las estrías que ha sufrido la roca durante el movimiento de bloques, en medio de los bloques se observa la veta de 50 cm de ancho, foto tomada dentro del socavón.

En la figura 21 se muestra estructuras riedel (R), que indican el sentido de movimiento (dextral) de los bloques, la imagen fue tomada dentro del socavón, en una veta de menor potencia y paralela a la veta Mascota.

Falla y Veta Protectora

La falla y veta Protectora se encuentra en el centro del área de estudio, se halla hospedada entre la formación chimú y el intrusivo diorita-tonalita, hacia el Oeste y Este se proyecta en dirección al subvolcánico dacítico. Esta estructura presenta una dirección de $N85^\circ$ y un buzamiento de alto ángulo que va desde los 79° hasta los 85° hacia el SE, el pitch de la falla mide 10° al SO de cinemática dextral.

En la superficie se evidencia afloramientos cortos, pero proyectándolos se puede determinar la dirección de esta veta, el espesor en superficie varía desde los 5 milímetros hasta los 3cm aproximadamente, excepto en un punto que se pudo observar un afloramiento de hasta 30 cm, entre roca alterada, óxidos y pirita, la pirita presenta un espesor de 3 cm. En profundidad según el estudio realizado por Welter (1930) indica que la presente veta está reconocida por más de 2 km de longitud, los socavones presentan piques de 50 m y 70 m aproximadamente y que la potencia media es de 1 m, además menciona que según el plano del Ing. Salazar evidencia un clavo rico de 50 m de largo y 40 m de altura y que existe la probabilidad que ese clavo se profundice. Esta veta posiblemente se cruce con la veta Mascota hacia el Oeste.

En el análisis de esfuerzos de esta falla se determinó que el esfuerzo principal σ_1 tiene dirección NO-SE (Figura 22).

Tabla 4
Dato estructural de falla y veta Protectora.

AZ	BUZ	PITCH	CN	DESCRIPCION
N 85	81 SE	10 SW	Dx	Falla y veta Protectora

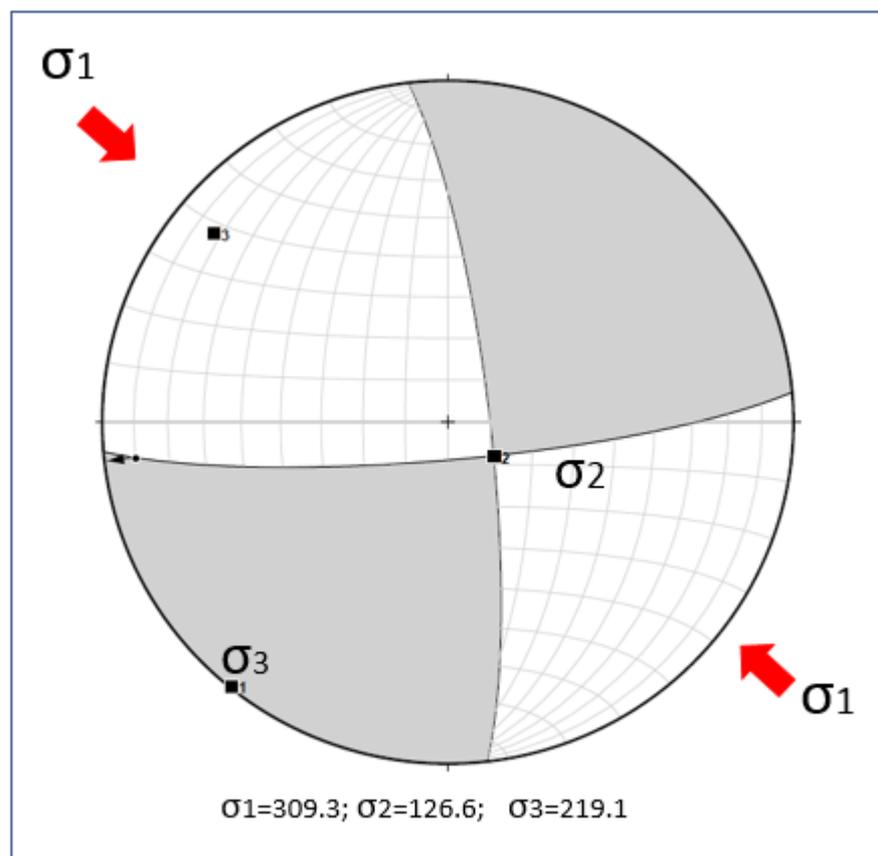


Figura 22. Esfuerzo principal de falla y veta Protectora, σ_1 = NO-SE. Fuente: Elaboración Propia

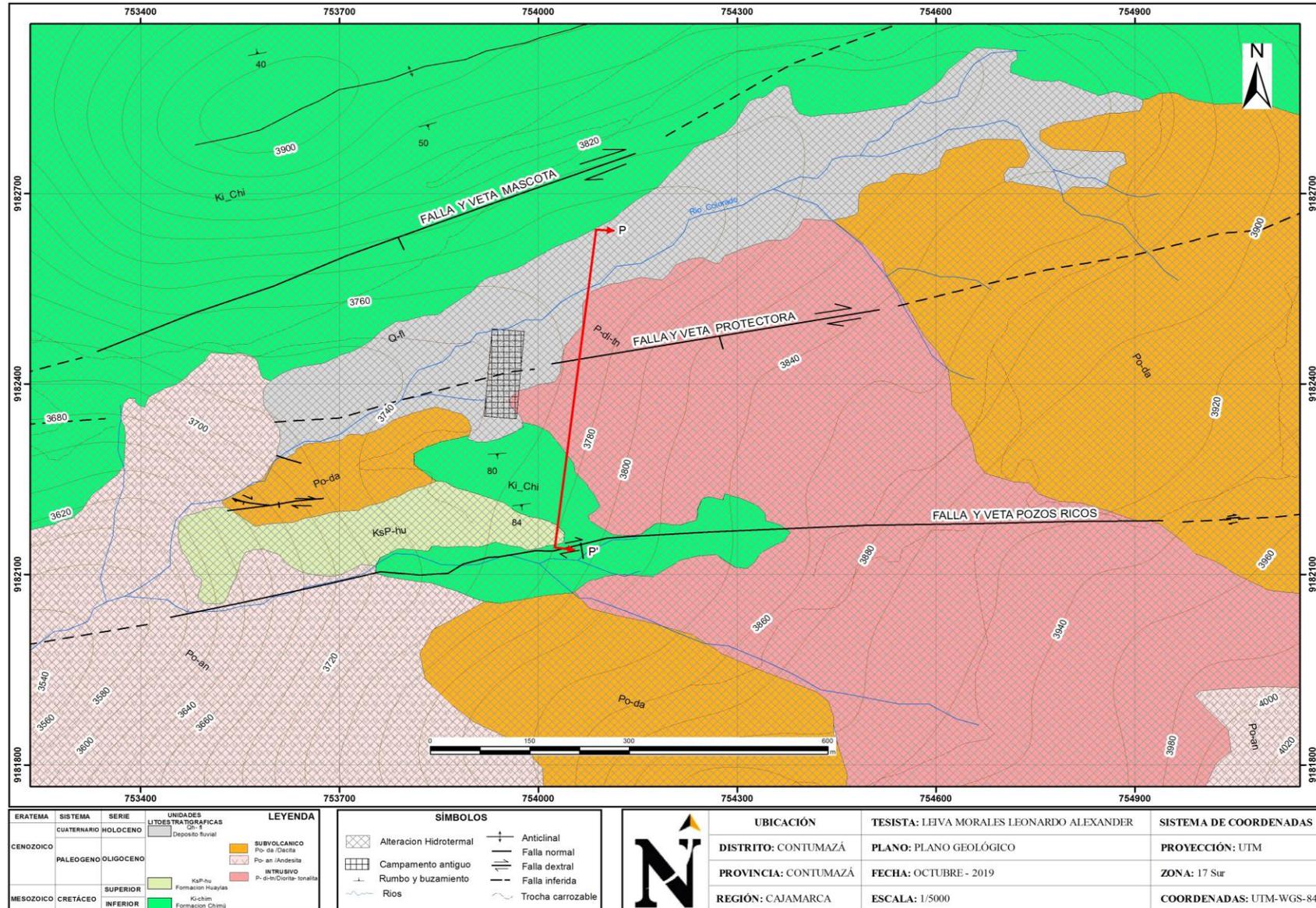


Figura 23. Plano geológico de la zona de Cascabamba indicando la línea de corte P-P' de la falla y veta Protectora. Elaboración propia.

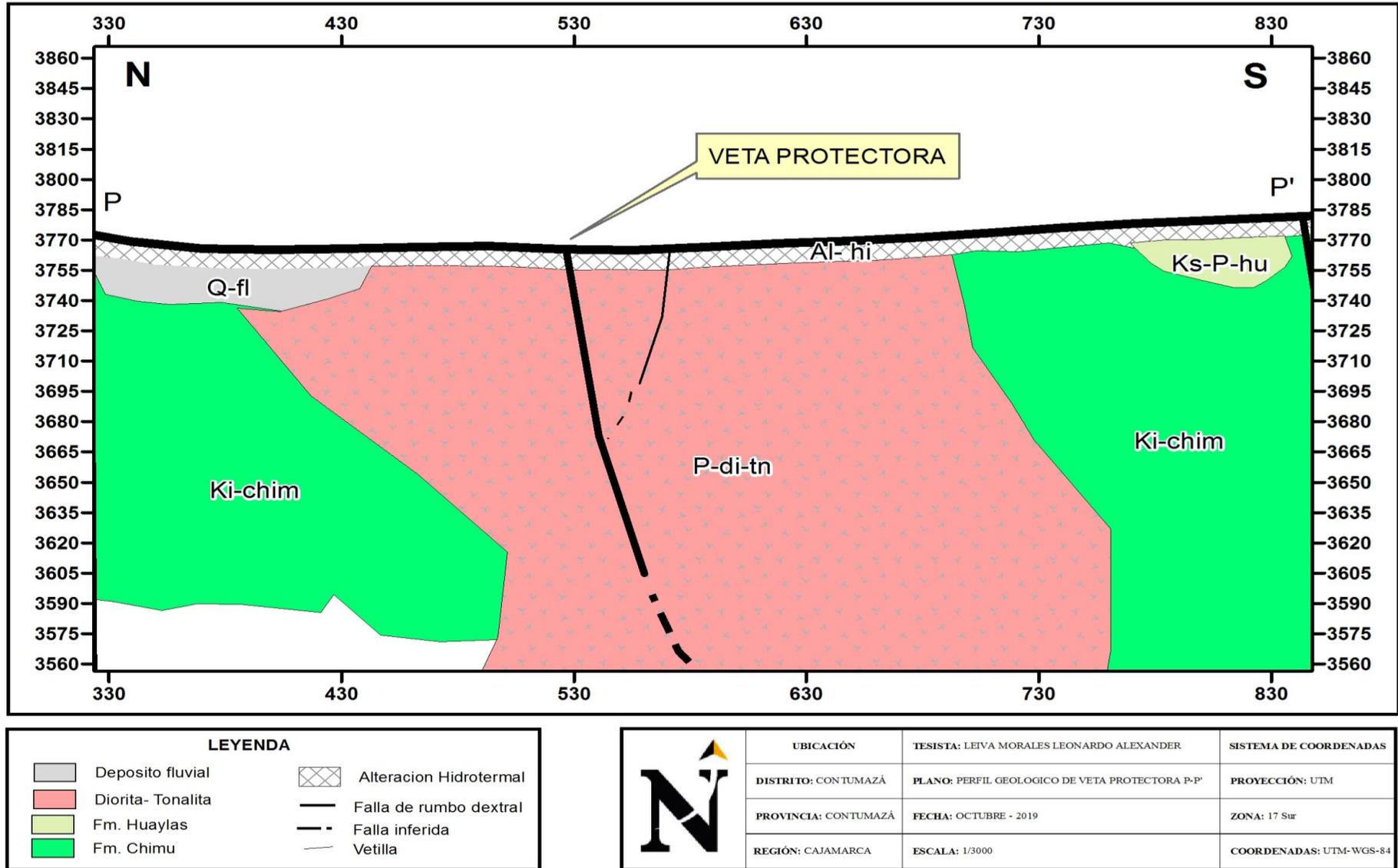


Figura 24. Perfil geológico de la falla y veta Protectora P-P'. Fuente: Elaboración propia.

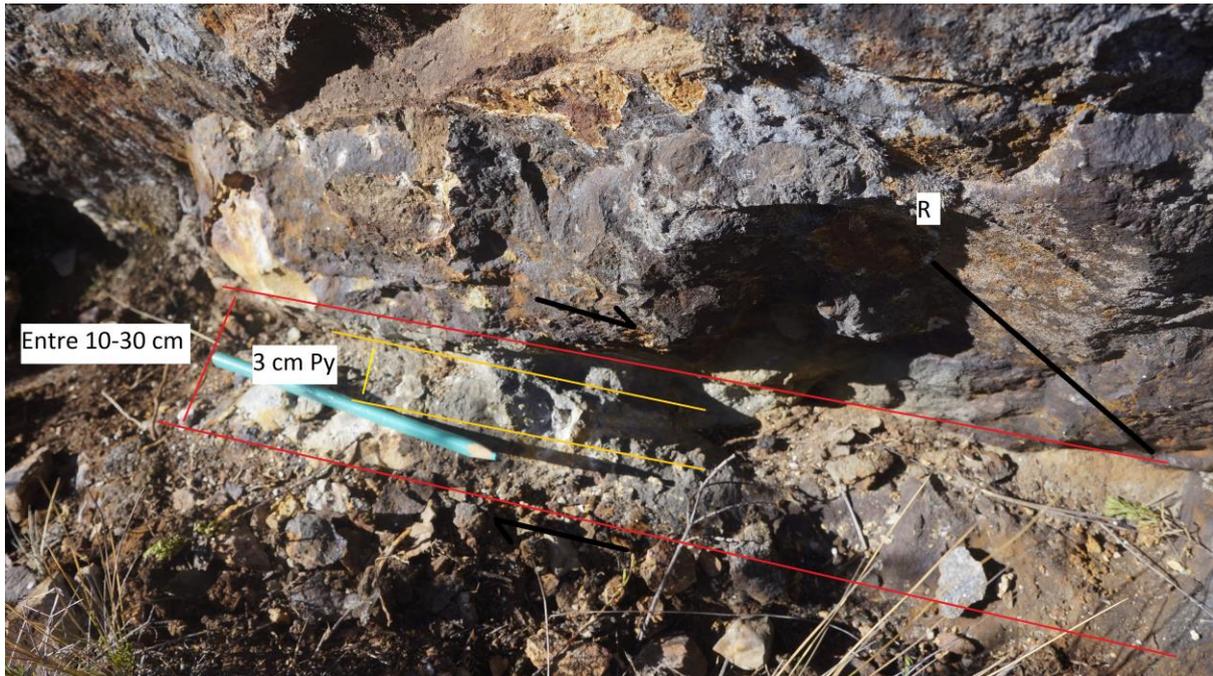


Figura 25. Afloramiento de la falla y veta protectora, la veta presenta mineralización en forma de rosario. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25 se puede evidenciar una venilla de pirita (Py) de 3cm de ancho, con óxidos y material alterado (panizo), además se puede ver una estructura Riedel que evidencia el movimiento dextral, esta veta se presenta en forma de rosario.

Falla y Veta Pozos Ricos

La falla y Veta Pozos Ricos se encuentra al Sur de la zona de estudio, se halla hospedada entre el contacto de la formación Chimú con los intrusivos subvolcánicos dacita (en el Sur) y andesita (Sur Oeste), además se proyecta en dirección Este, cortando el intrusivo tonalita- diorita. La presente veta tiene dirección promedio de 80° , con un buzamiento de alto ángulo que va desde los 75° - 90° hacia el SE, el pitch de la falla mide 8° al NO y en el socavón la galena mide 3° hacia el O, ambos datos de cinemática dextral.

En superficie esta veta es muy notoria, aflora 1 kilómetro aproximadamente y se proyecta para más de 2 kilómetros, esta veta deja notar sus estructuras con mayor detalle, es por eso que aquí se pudo recolectar la mayor cantidad de datos en superficie respecto a las demás vetas, aflora mostrando un espesor que va desde los 5cm hasta 190 cm, mayormente consta de óxidos (pacos), con venillas de pirita de 2mm hasta los 10 cm., en algunos puntos se pueden observar venillas silicificadas. Esta veta presenta varios ramales que tienen dirección promedio de N300° buzando 70° hacia el NE. En zonas la mineralización se encuentra en forma de rosario, la veta se abre y se cierra cada cierto periodo de distancia. En profundidad Welter (1930) refiere que por medio de socavón ha recorrido 195m y que tiene un pique de 40 metros, además que la veta tiene un promedio de 80 cm. La presente veta por el Este corta al intrusivo tonalita-diorita y posiblemente al intrusivo subvolcánico dacita.

En la zona de estudio hay innumerables socavones que se desconoce su nombre de tal manera en la información descrita por el ingeniero Welter no indica a cuál socavón corresponde o dicha información, la cual no ha sido publicada.

En esta falla se puede evidenciar con claridad el cizallamiento dextral, evidenciado en estrías y escalones de falla, además de fracturas tipo Riedel R y R' a lo largo del afloramiento de la veta.

En el análisis de esfuerzos de esta falla se determinó que el esfuerzo principal σ_1 tiene dirección NO-SE (Figura 26 y 27).

Tabla 5
Datos estructurales de la falla y veta Pozos Ricos.

AZ		BUZ		PITCH		CN	DESCRIPCION
N	90	87	SE	3	W	Dx	Socavón Galena (Pozos Ricos)

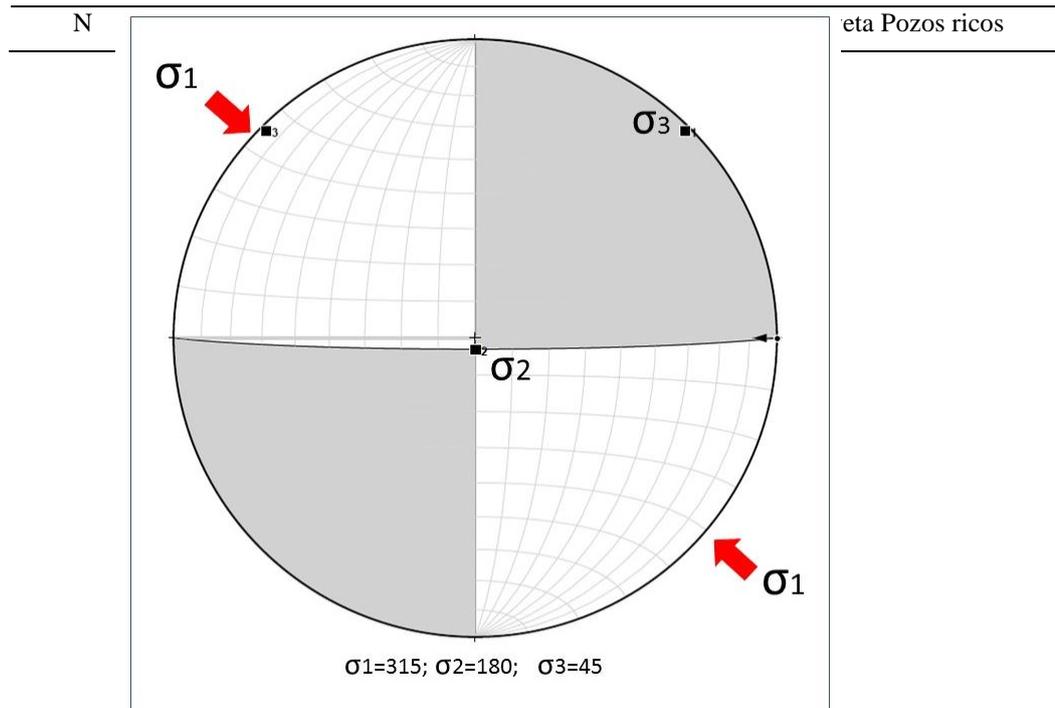


Figura 26. Esfuerzo principal de falla y veta Pozos Ricos (socavón Galena), σ_1 = NO-SE. Fuente: Elaboración Propia.

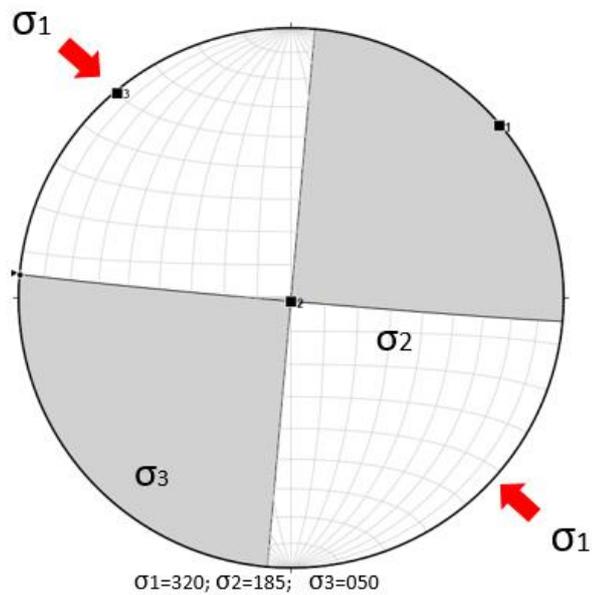


Figura 27. Esfuerzo principal de falla y veta Pozos Ricos, σ_1 = NO-SE. Fuente: Elaboración Propia.

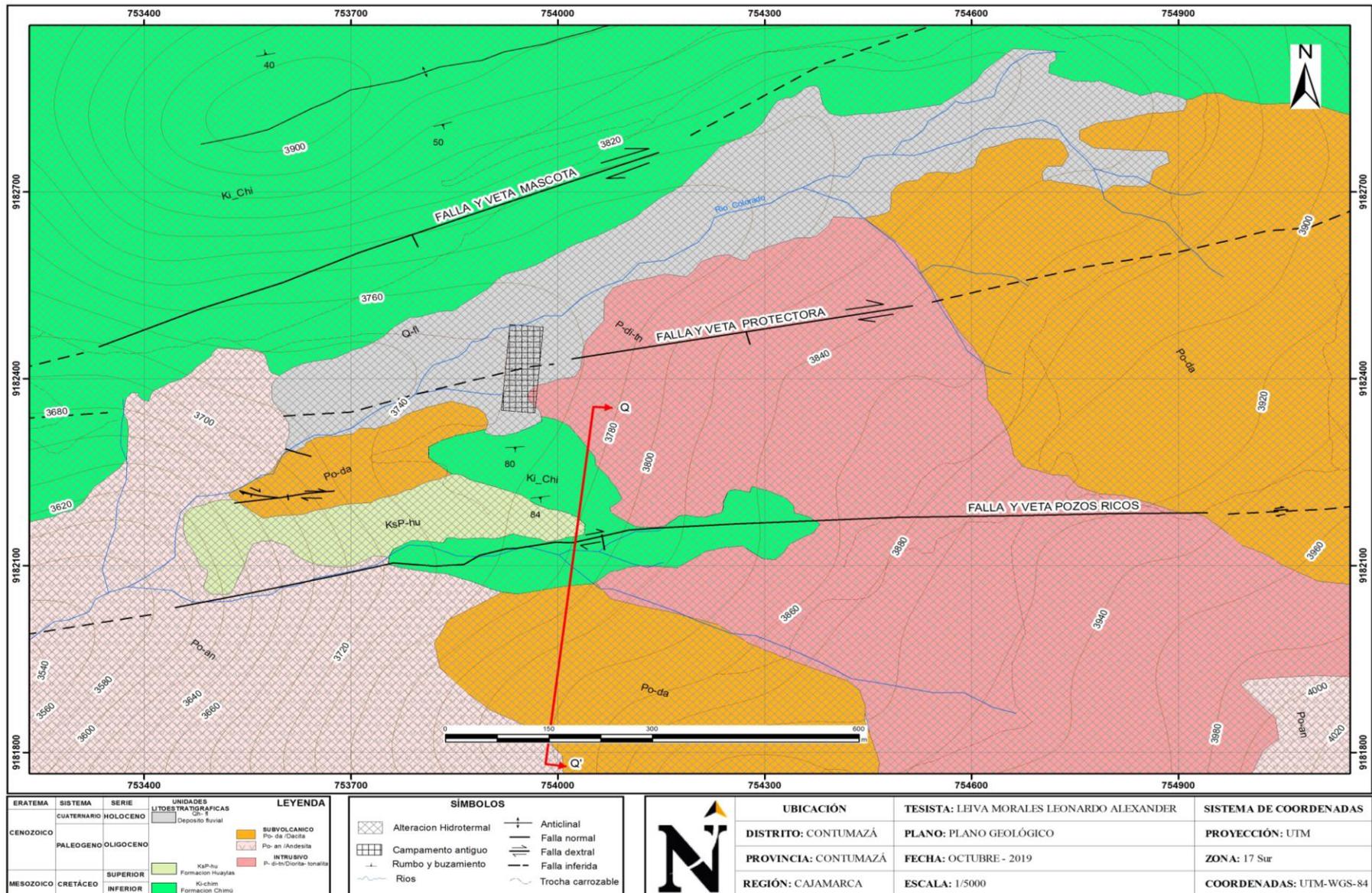


Figura 28. Plano geológico de la zona de estudio indicando la línea de corte Q-Q' de la veta Pozos Ricos. Fuente: Elaboración propia.

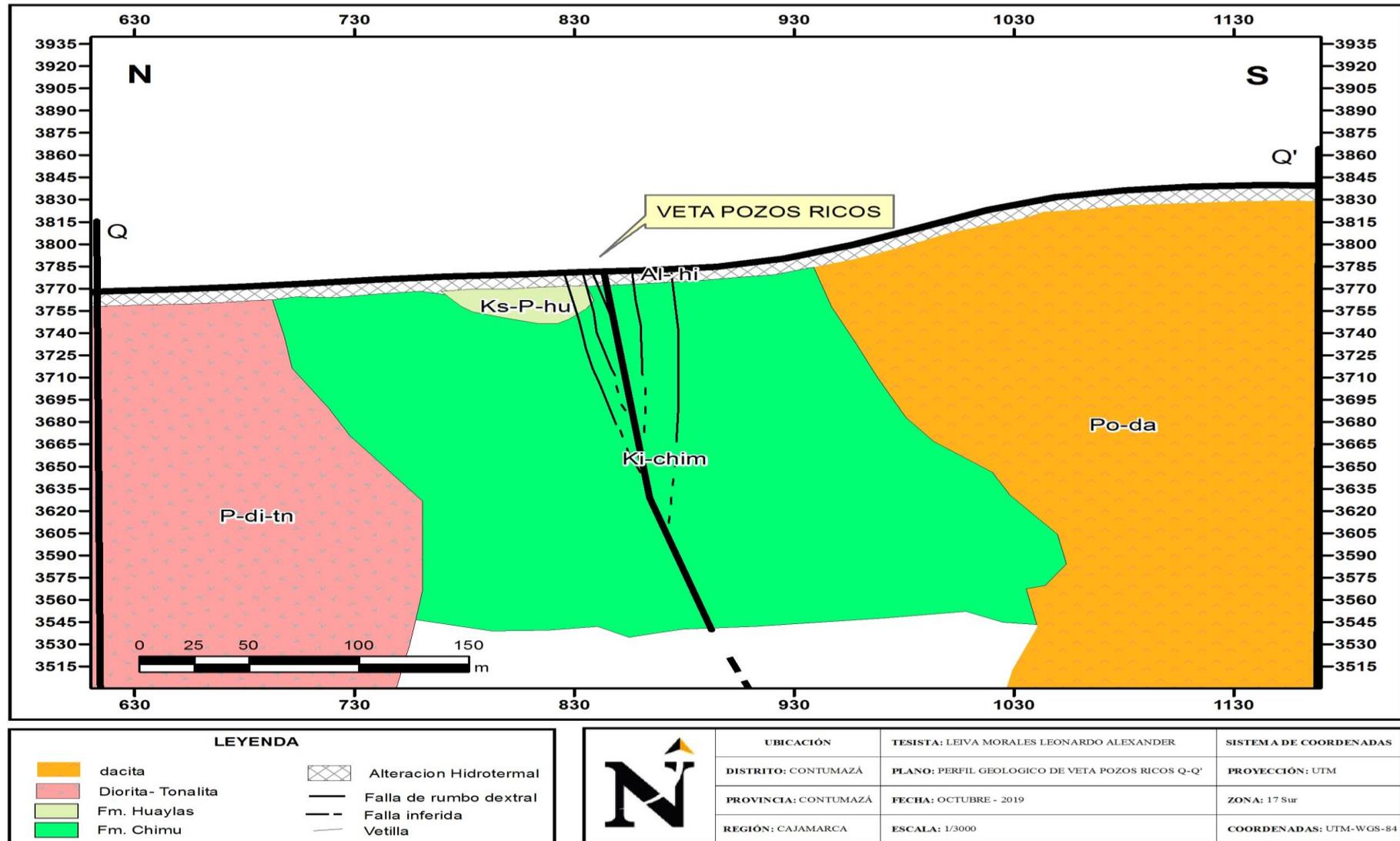


Figura 29. Perfil geológico de la falla y veta Pozos Ricos Q-Q'. Fuente: Elaboración propia.

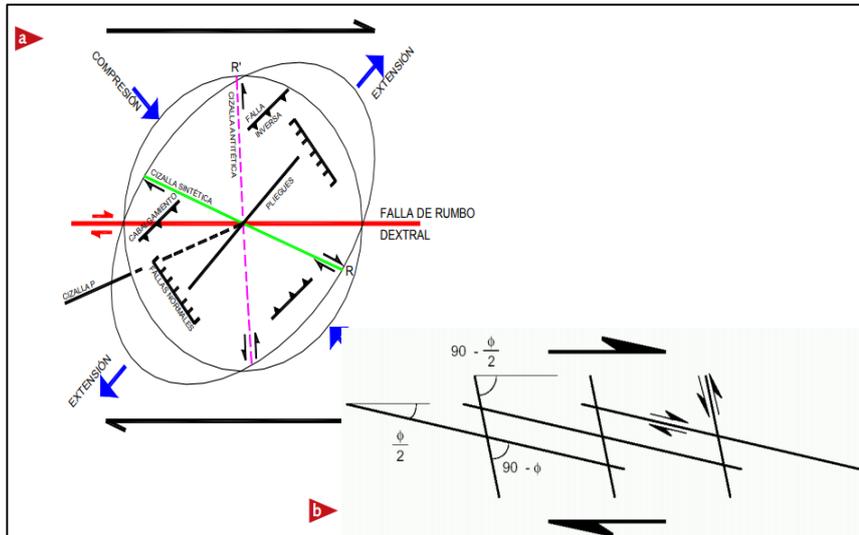


Figura 30. Esquema del sistema Riedel. Fuente: Sylverter y Smith (como se citó en Osorio et. al., (2008).

En la figura 30 el ítem (a) representa al sistema Riedel indicando la orientación de las fracturas de cizallamiento simple en una zona de falla de rumbo dextral, en la falla y veta Pozos Ricos, el ítem (b) muestra al sistema de fracturas Riedel, antitéticas y sintéticas, relacionado con fallamiento de rumbo dextral producido por cizalla simple.

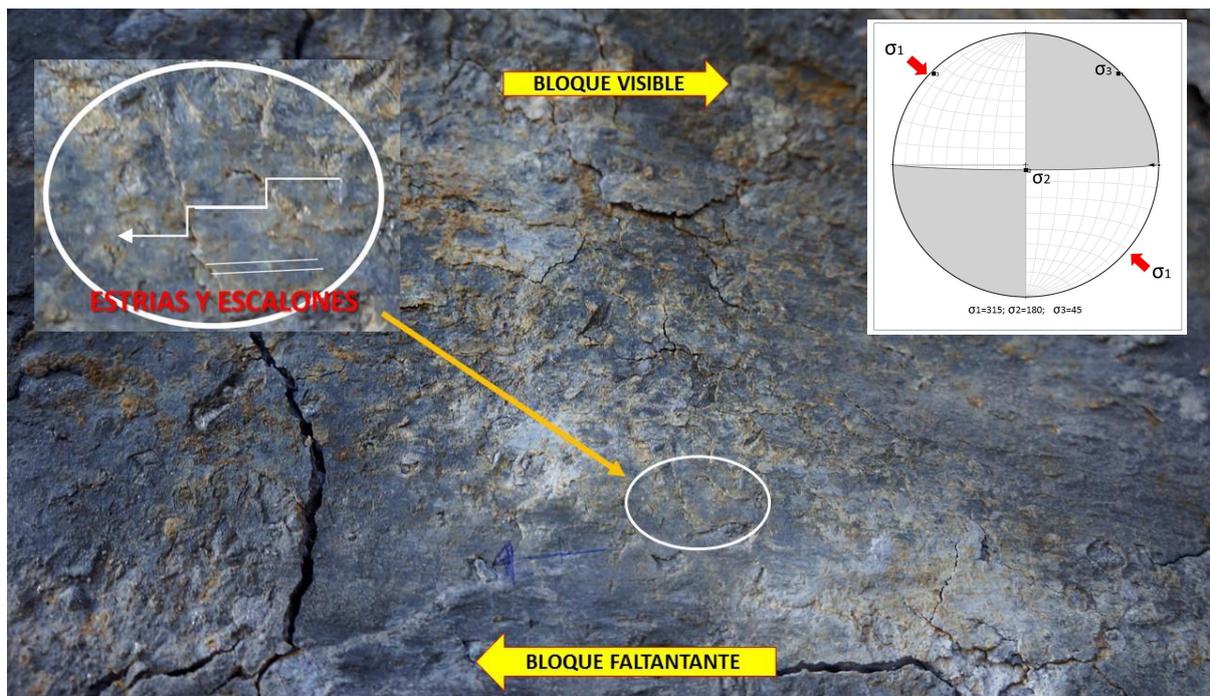


Figura 31. Estrías y escalones en falla y veta Pozos Ricos, indicando un movimiento dextral. Fuente: Elaboración propia.

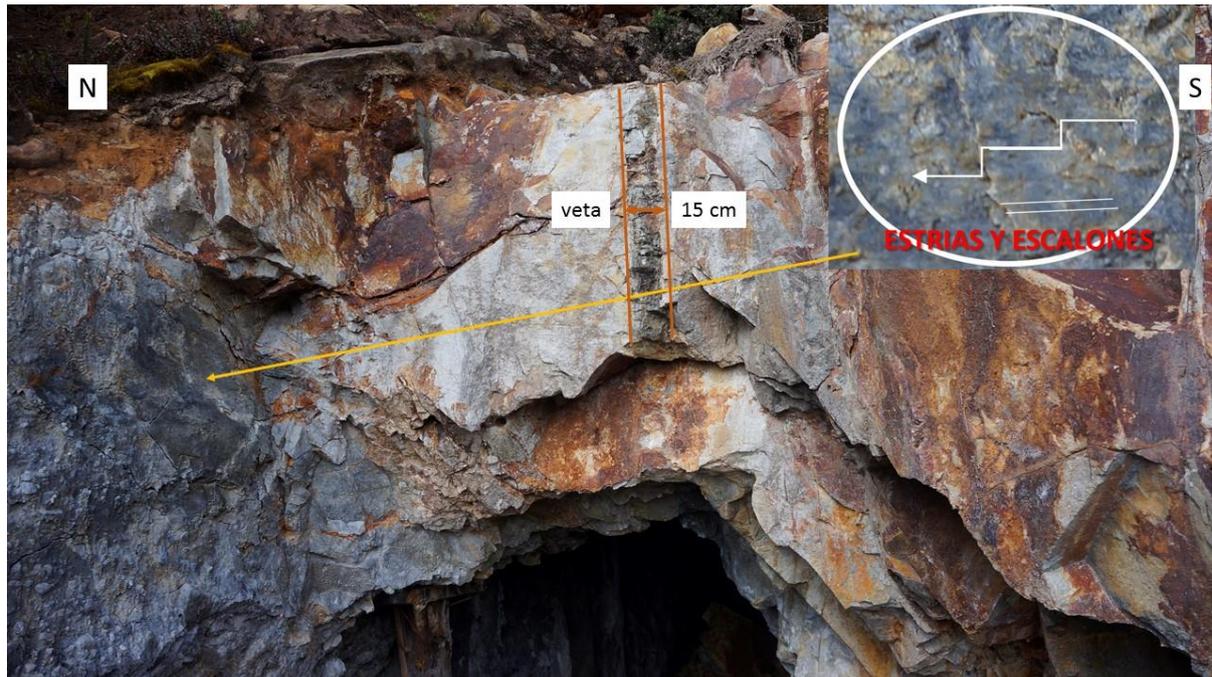


Figura 32. Socavón denominado La Galena, tiene la misma dirección que la veta y la falla pozos Ricos. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 32 se puede evidenciar en el lado izquierdo el movimiento de la falla de sentido dextral, asimismo una veta de 15 cm de espesor aflorando en la superficie en la entrada al socavón, la veta presenta mineralización de pirita cubica, con presencia de minerales de esfalerita, y calcopirita, a profundidad la cantidad de estos minerales se incrementa, así como también el ancho de la veta que ha llegado a medir hasta 80 cm, la veta también presenta óxidos en los contactos con la roca caja, además existe venillas de pirita paralelas de 5 mm de espesor.

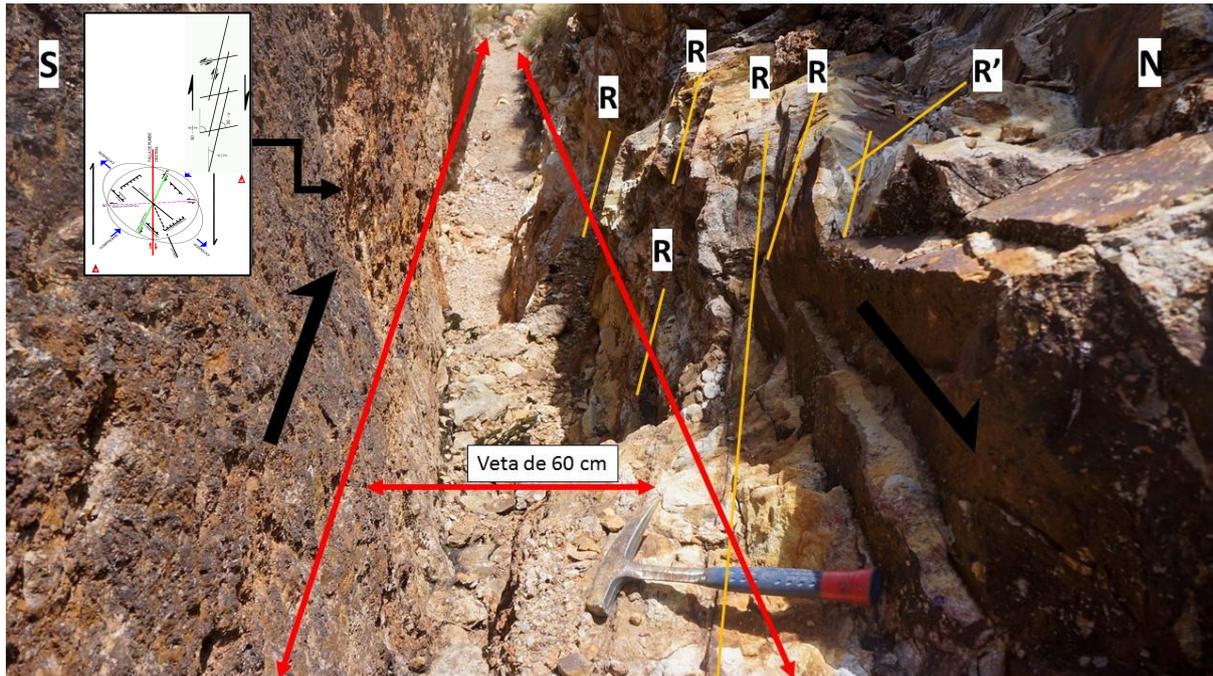


Figura 33. Estructuras Riedel de cizalla sintética R y cizalla antitética R', en falla y veta Pozos Ricos. Fuente: Elaboración Propia.

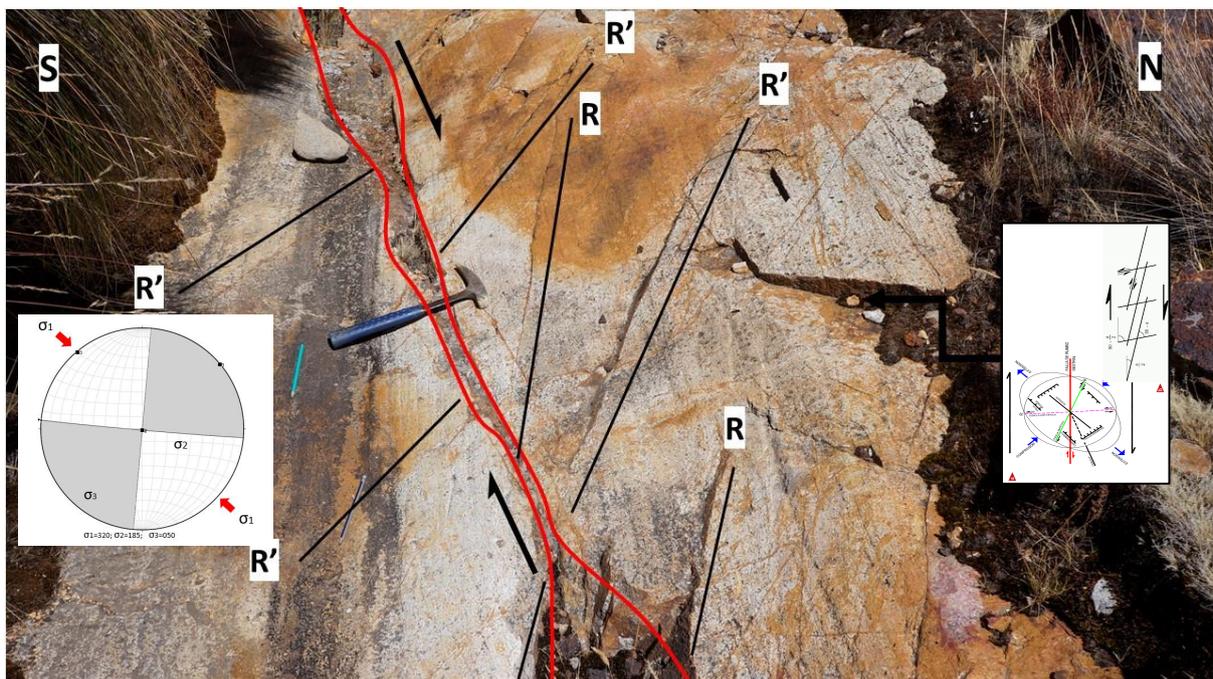


Figura 34. Estructuras Riedel de cizalla sintética R y cizalla antitética R', en falla y veta Pozos Ricos. Fuente: Elaboración propia.

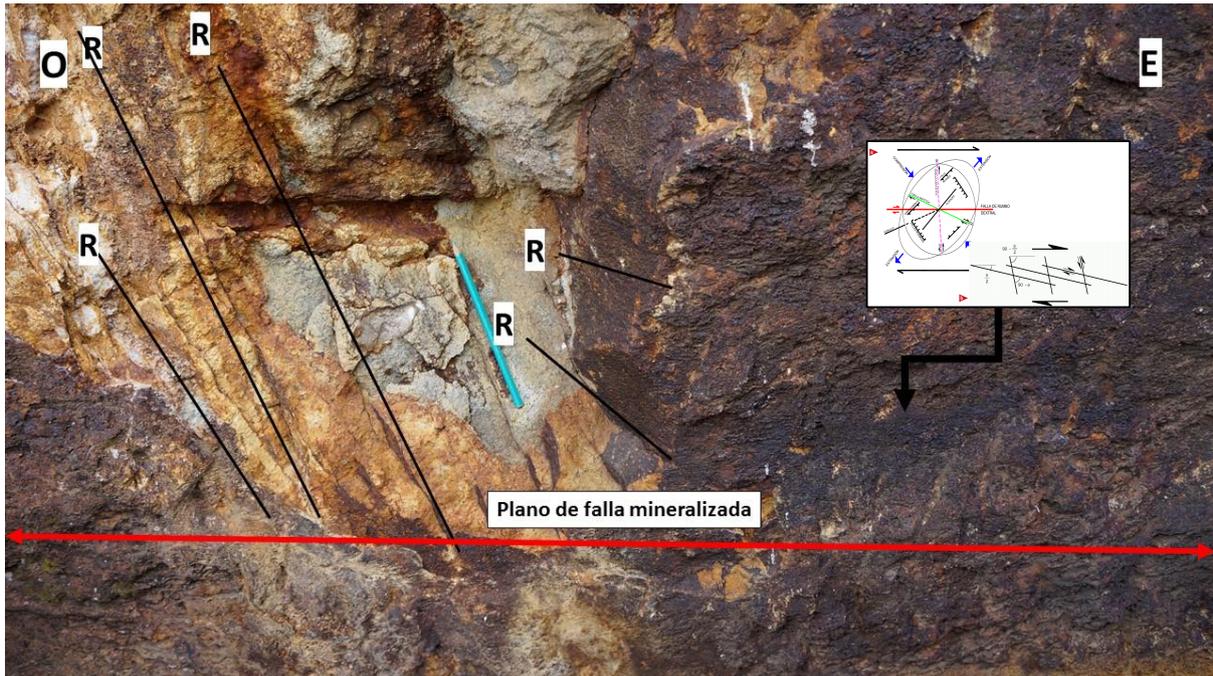


Figura 35. Estructuras Riedel de cizalla sintética R, en falla y veta Pozos Ricos, foto tomada mirando una cara de la falla. Fuente: Elaboración Propia.

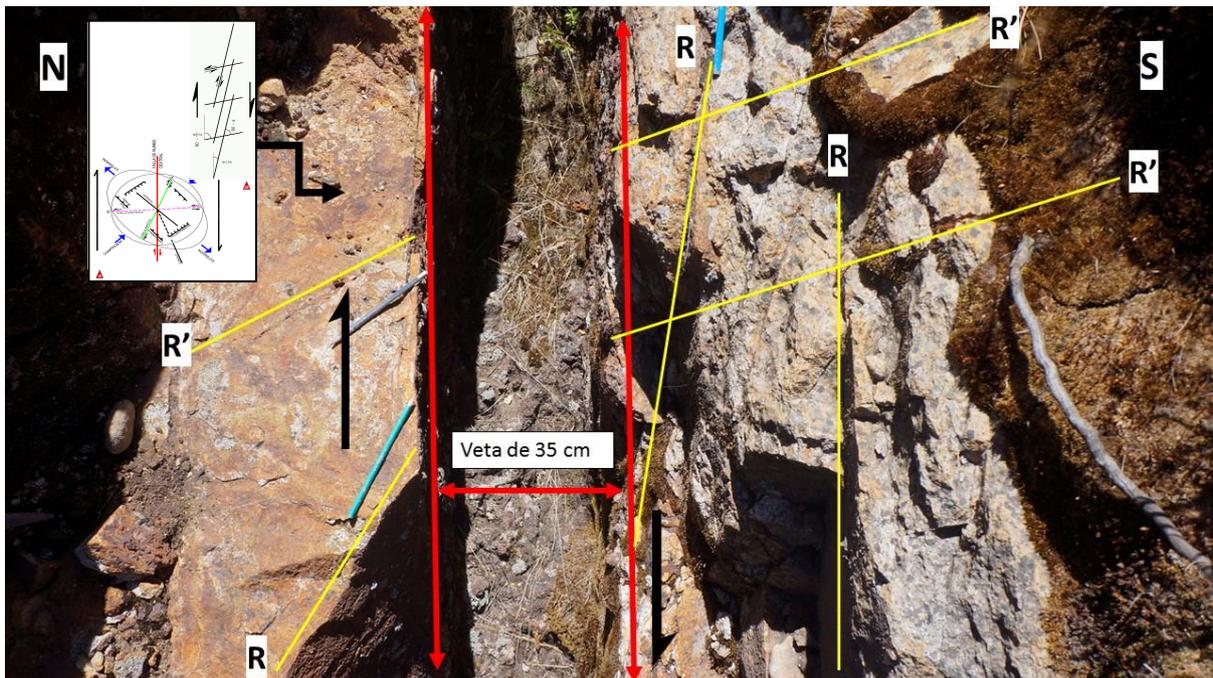


Figura 36. Estructuras Riedel de cizalla sintética R y cizalla antitética R', en falla y veta Pozos Ricos. Fuente: Elaboración Propia.

Falla de la veta “D”

Esta falla tiene dirección N 85-110 con un Buzamiento de 61°SO y pitch promedio de 17° hacia el O, se encuentra junto con la veta del mismo nombre.

Tabla 6

Datos estructurales de la falla y veta "D".

AZ	BUZ	PITCH	CN	DESCRIPCION
N 85	69 SE	30 SW	NxDx	Falla y veta "D"
N 105	62 SW	8 NW	NxDx	Falla y veta "D"
N 100	59 SW	15 NW	NxDx	Falla y veta "D"

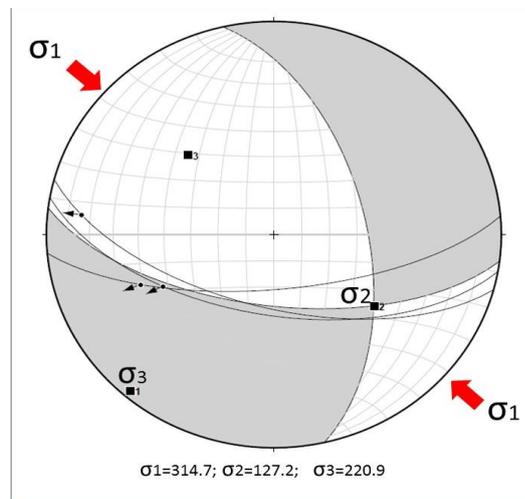


Figura 37. Esfuerzo principal de falla y veta “D”, σ_1 = NO-SE. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 38. Estrías en plano de falla de la falla y veta "D". Fuente: Elaboración Propia.

Análisis general de las fallas

Haciendo el análisis de todas las fallas se tiene como resultado que el esfuerzo principal σ_1 tiene una dirección NO-SE.

Tabla 7
Datos estructurales de las fallas

N°	AZ	BUZ	PITCH	CN	DESCRIPCION
1	N 80	82 SE	21 SW	Dx	Falla y veta Mascota
2	N 85	81 SE	10 SW	Dx	Falla y veta Protectora
3	N 90	87 S	3 W	Dx	Socavón Galena (Pozos Ricos)
4	N 85	69 SE	30 SE	NxDx	Falla y veta "D"
5	N 105	62 SW	8 NW	NxDx	Falla y veta "D"
6	N 100	59 SW	15 NE	NxDx	Falla y veta "D"
7	N 95	89 SE	8 NW	Dx	Falla y veta Pozos ricos

N°	AZ	BUZ	PITCH	CN	DESCRIPCION		
1	N	80	82 SE	21	SW	Dx	Falla y veta Mascota
2	N	85	81 SE	10	SW	Dx	Falla y veta Protectora
3	N	90	87 S	3	W	Dx	Socavón Galena (Pozos Ricos)
4	N	85	69 SE	30	SW	NxDx	Falla y veta "D"

5	N	105	62	SW	8	NW	NxDx	Falla y veta "D"
6	N	100	59	SW	15	NW	NxDx	Falla y veta "D"
7	N	95	89	SE	8	NW	Dx	Falla y veta Pozos ricos

N°	AZ		BUZ		PITCH		CN
1	N	80	82	SE	21	SW	Dx
2	N	85	81	SE	10	SW	Dx
3	N	90	87	S	3	W	Dx
4	N	85	69	SE	30	SW	NxDx
5	N	105	62	SW	8	NW	NxDx
6	N	100	59	SW	15	NW	NxDx
7	N	95	89	SE	8	NW	Dx

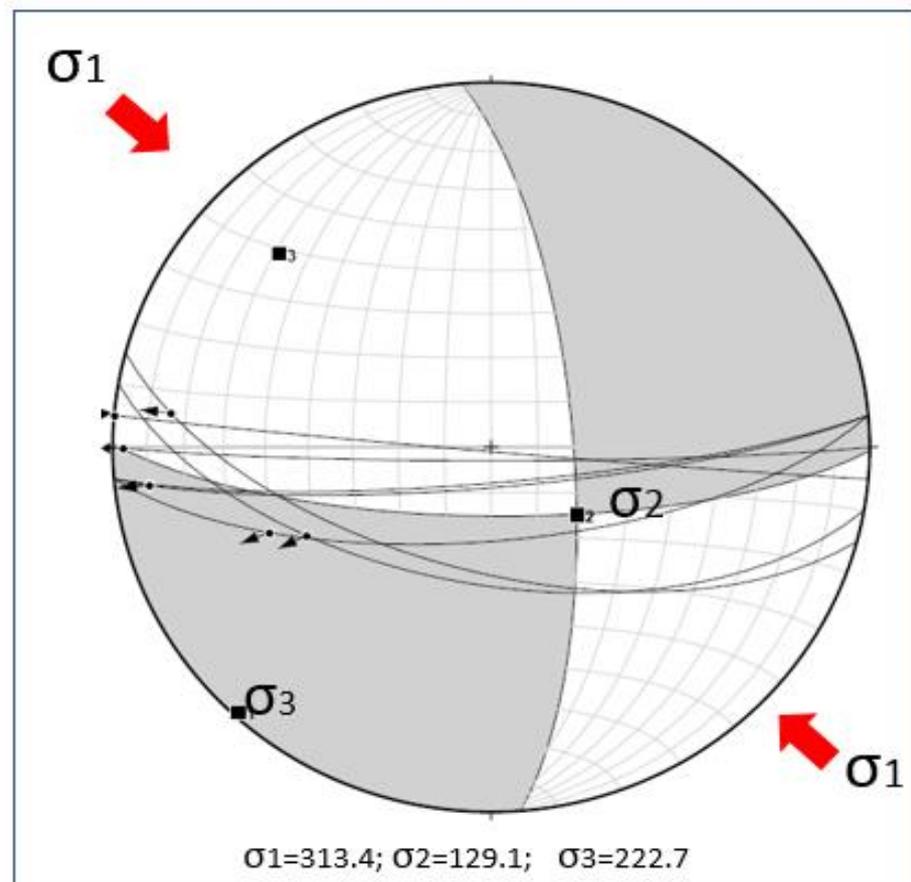


Figura 39. Representación de todas las fallas locales encontradas en el lugar, σ_1 tiene dirección NO-SE. Fuente: Elaboración propia.

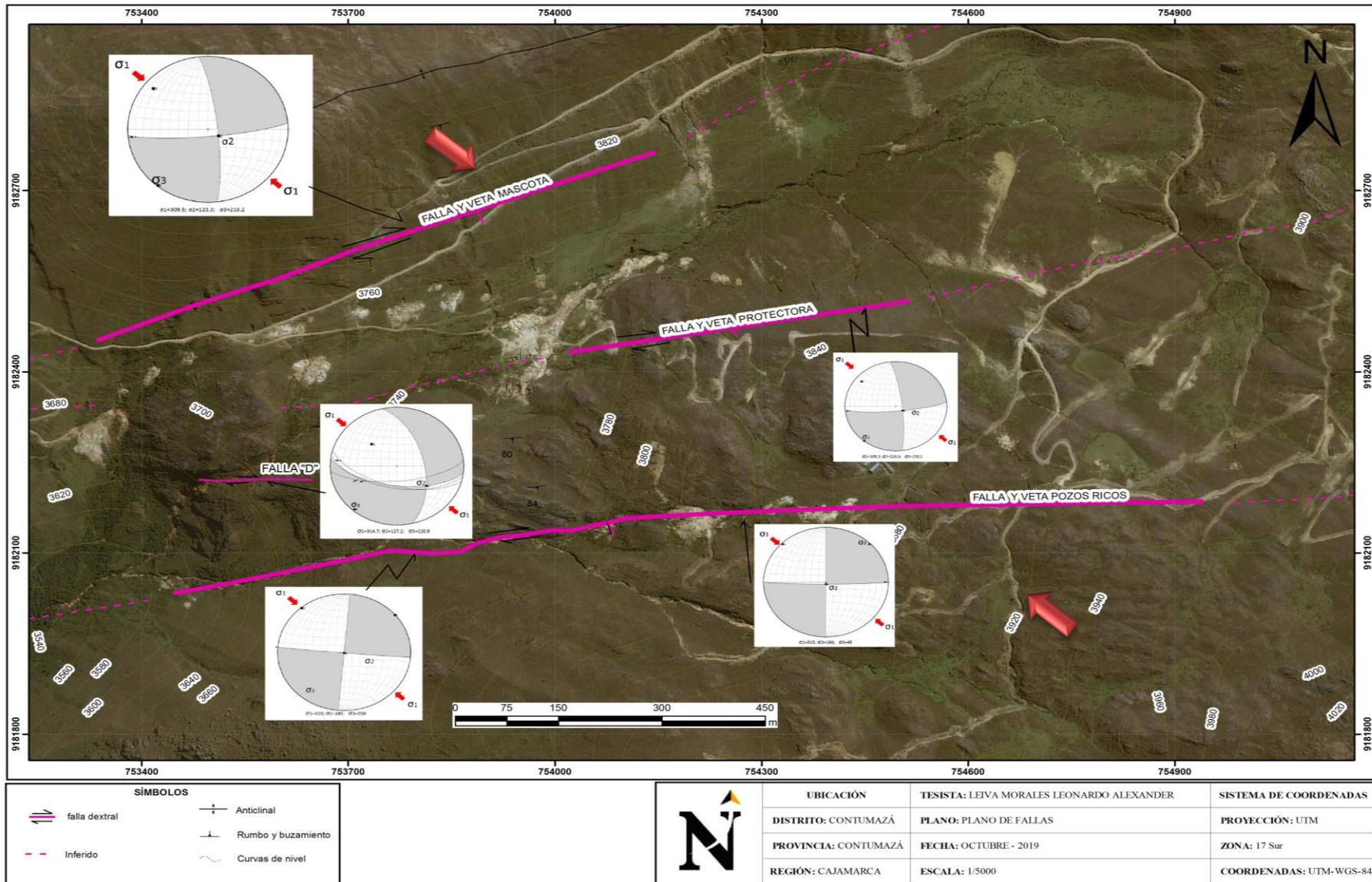


Figura 40. plano de fallas del área de estudio. Fuente: Elaboración Propia.

Vetas secundarias

En toda la zona de estudio se puede evidenciar afloramientos de vetillas mineralizadas que tienen dirección promedio E-W, estas vetas afloran con una potencia entre 5 mm y 3 cm de espesor, excepto la veta A que tiene 15 cm de potencia de pirita y 50 cm de toda la veta. También existen vetillas de menores potencia, que se encuentran cartografiadas y graficadas en el mapa de vetas. Para poder identificarlas a las vetas secundarias se les ha asignado los siguientes nombres:

Tabla 8
Vetas secundarias.

NOMBRE	AZIMUT	BUZAMIENTO
Veta "A"	N 95	85 SW
Veta "B"	N 100	74 SW
Veta "C"	N 110	90 SW
Veta "D"	N 85	59 SE
Veta "E"	N 280	65 NE
Veta "F"	N 275	89 NE
Veta "G"	N 90	88 S
Veta "H"	N 310	70 NE
Veta "I"	N 280	67 SW
Veta "J"	N 250	80 NE
Veta "K"	N 284	75 NE
Veta "L"	N 280	58 NE

Fuente: Elaboración propia.

Estas vetas requieren de un estudio más detallado para ver si tienen potencial económico.



Figura 41. Afloramiento de la veta “A”. Fuente: Elaboración propia

En la figura 41, la veta “A” presenta una potencia de 50 cm que consta de óxidos sílice masiva y oquerosa bien compacta, arcilla en los costados y una vetilla de Py de 15 cm.



Figura 42. Socavón de la veta “A” de aproximadamente 20 m de profundidad, la veta tiene la misma dirección que el socavón N103°. Fuente: Elaboración propia.

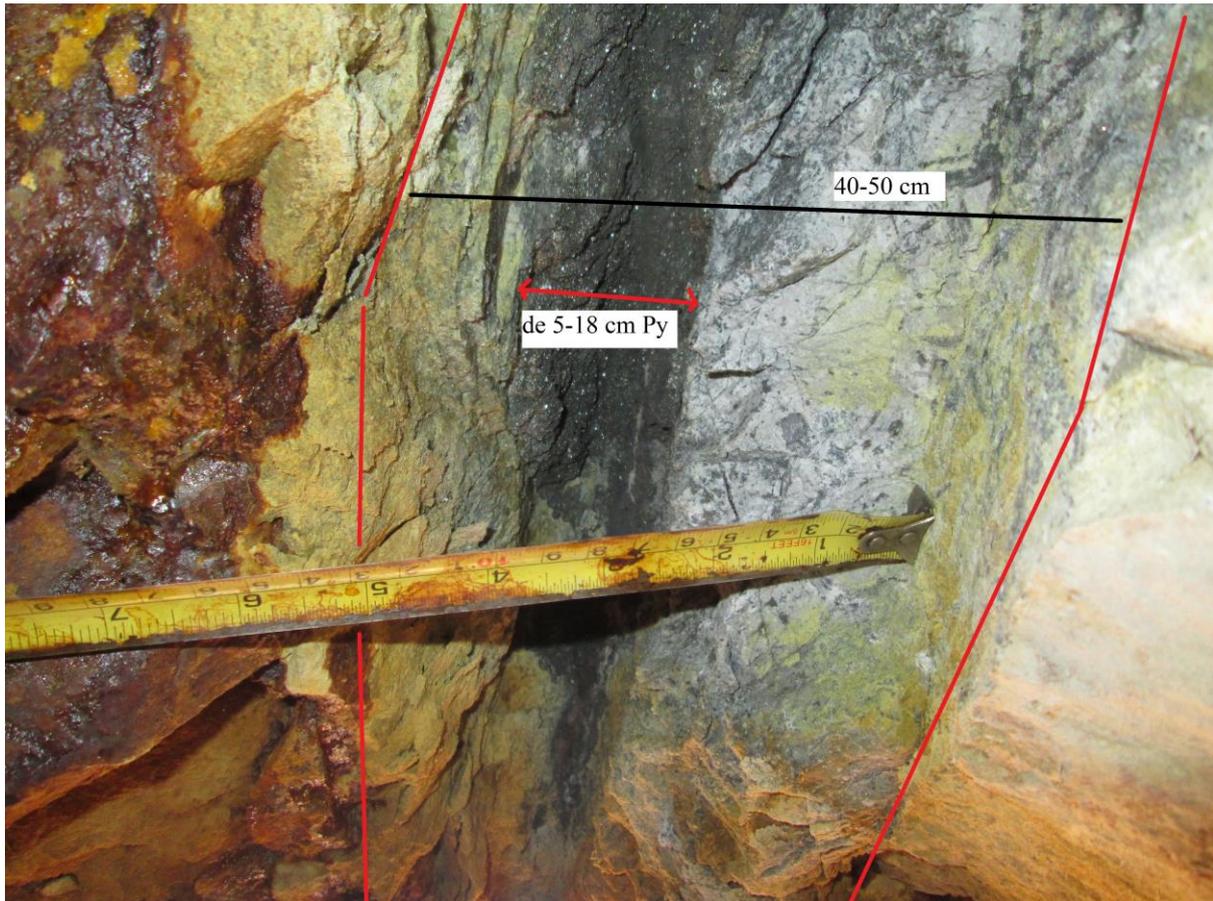


Figura 43. Veta “A”. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 43 se muestra a la veta “A” con vetilla de pirita (Py) cubica suelta de 5-18 cm de potencia, en forma de rosario, la veta está acompañada de panizo, que presenta baja mineralización. Foto tomada en la parte del techo del socavón a 3 m de profundidad.

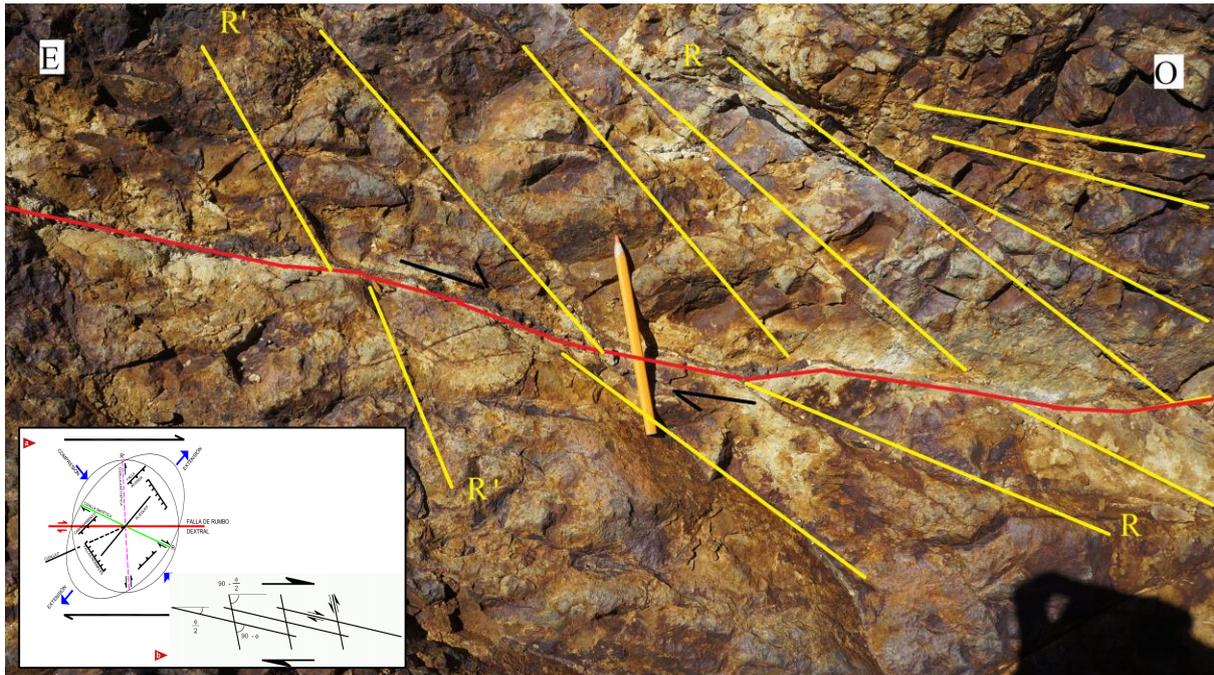


Figura 44. Estructura Riedel con cizallamiento sintético R y antitético R' de la veta "E", foto editada. Fuente: Elaboración propia.



Figura 45. Estructura Riedel con cizallamiento sintético R y antitético R' de la veta "E", foto sin editar. Fuente: Elaboración propia.

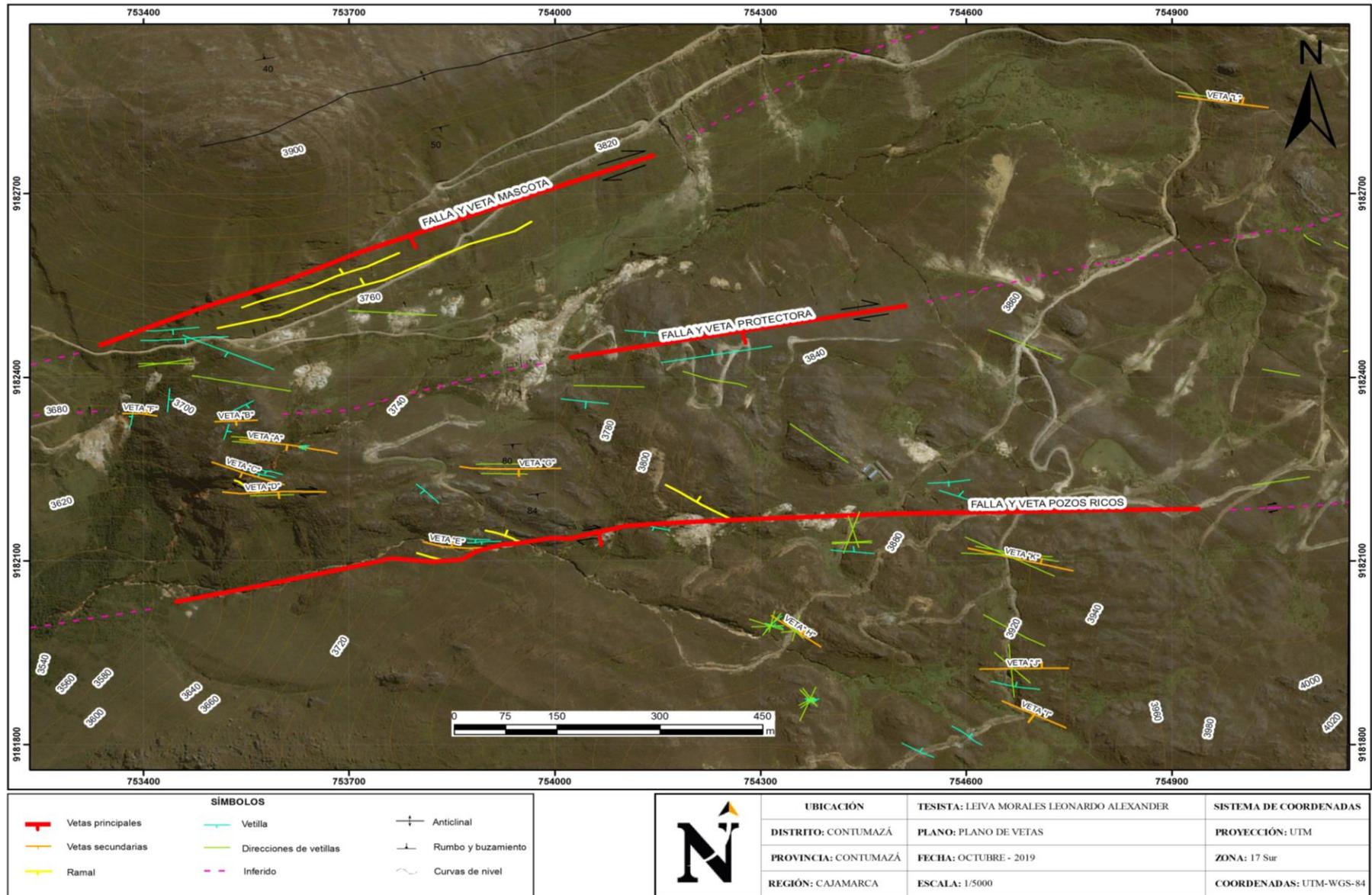


Figura 46. Plano de vetas principales, secundarias, vetillas, direcciones de otras vetillas y lineamientos inferidos. Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Análisis estructural

Los datos de campo se obtuvieron determinado el comportamiento de las vetas principales, vetillas, diaclasas, y fallas que se reconocieron en campo, para realizar el análisis estructural en las zonas mineralizadas. Los datos fueron ordenados por separado (vetas, fallas, diaclasas, estructuras mineralizadas), tomando su rumbos, buzamientos y cinemática según corresponda.

En el área de estudio se ha emplazado un intrusivo diorítico-tonalítico, en el Paleógeno, el cual es una estructura que ha permitido que posteriormente haya actividad volcánica en el lugar, es así que se han emplazado cuerpos subvolcánicos como es el caso de la andesita y posterior a ello el stock dacítico porfirítico. Estos cuerpos se encuentran de manera alongada y cizallada en una misma dirección E-O, lo cual durante su ascenso trajo la mineralización del área, formando vetas mesotermales al Oeste y pórfidos en el lugar que se han emplazado.

3.3.3. Análisis cinemático

Para el análisis cinemático se ha realizado la toma de datos en campo, en todas las estructuras que mostraban evidencia geológica confiable, las cuales es de gran ayuda para entender el comportamiento cinemático que presenta el lugar.

Con este análisis se obtuvo las direcciones de las fallas, vetas principales, vetas secundarias, vetillas, fracturas, direcciones de estructuras que no se podía tomar el buzamiento respectivo y un análisis general de todas las estructuras.

Vetas principales

Realizando análisis en la red de Schmidt, se identificó solo un sistema:

Sistema 1: presenta una dirección dominante ENE-OSO, con dirección de buzamiento SE (Figura 47).

Conforme con el diagrama de rosetas prevalece la dirección ENE-OSO (Figura 48).

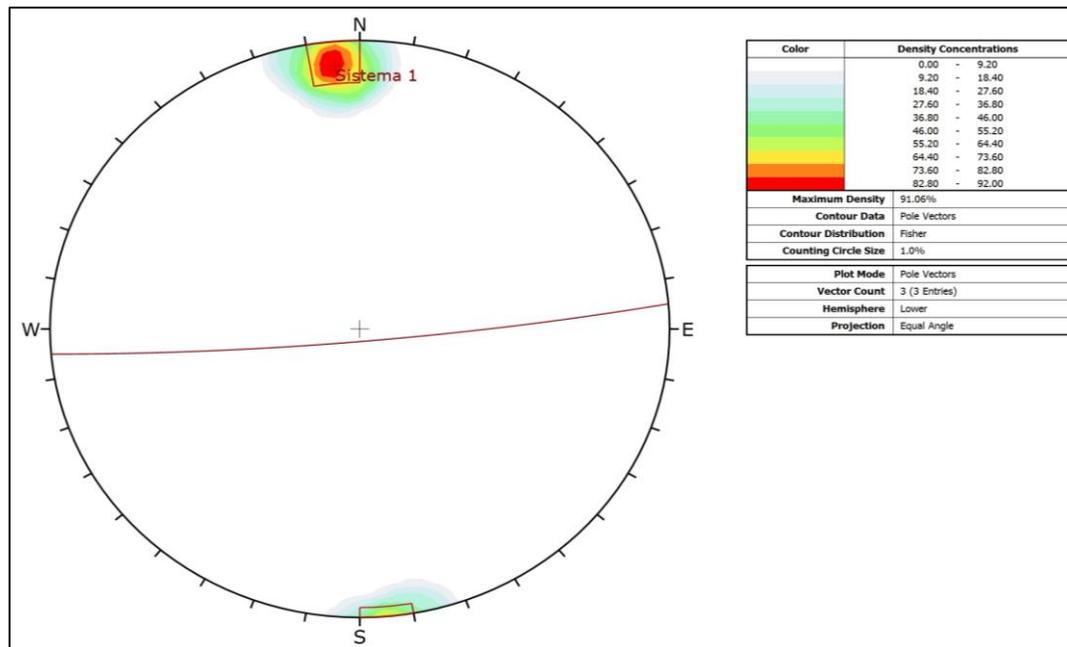


Figura 47. Representación en la Red de Schmidt, de las vetas principales. Fuente: Elaboración propia.

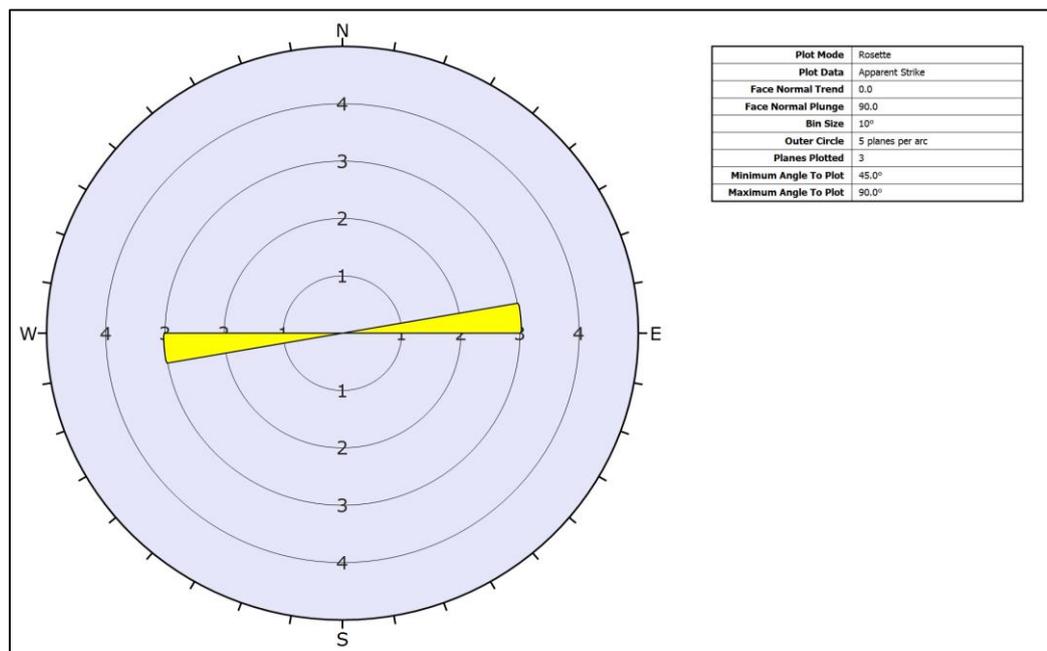


Figura 48. Diagrama de Rosetas de las vetas principales. Fuente: Elaboración propia.

Vetas secundarias

Realizando análisis en la red de Schmidt, se identificó los siguientes sistemas:

Sistema 1: presenta una dirección dominante E-O, con dirección de buzamiento al S (Figura 49).

Sistema 2: presenta una dirección dominante ONO-ESE, con dirección de buzamiento NE (Figura 49).

Conforme con el diagrama de rosetas prevalece la dirección ESE-ONO (Figura 50).

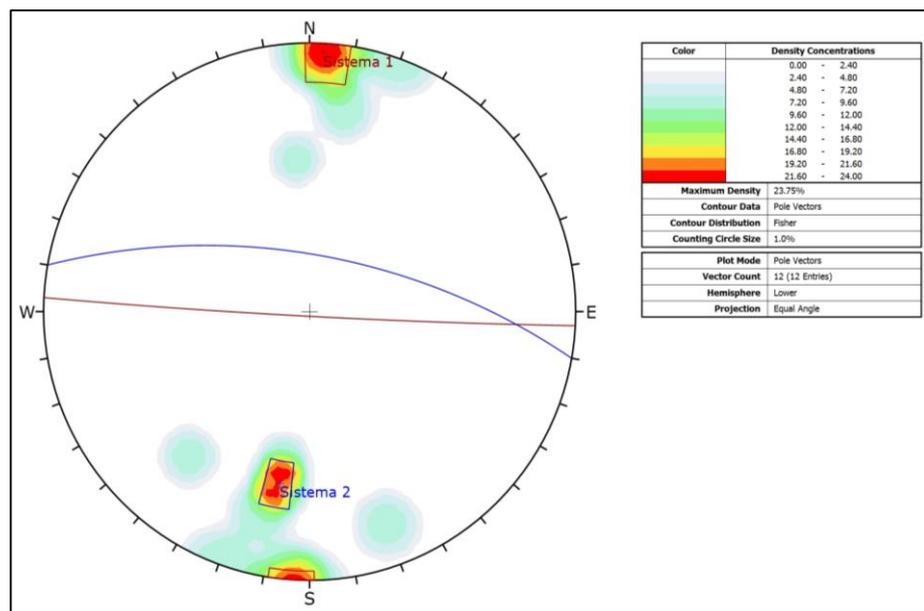


Figura 49. Representación en la Red de Schmidt, de las vetas secundarias. Fuente: Elaboración propia.

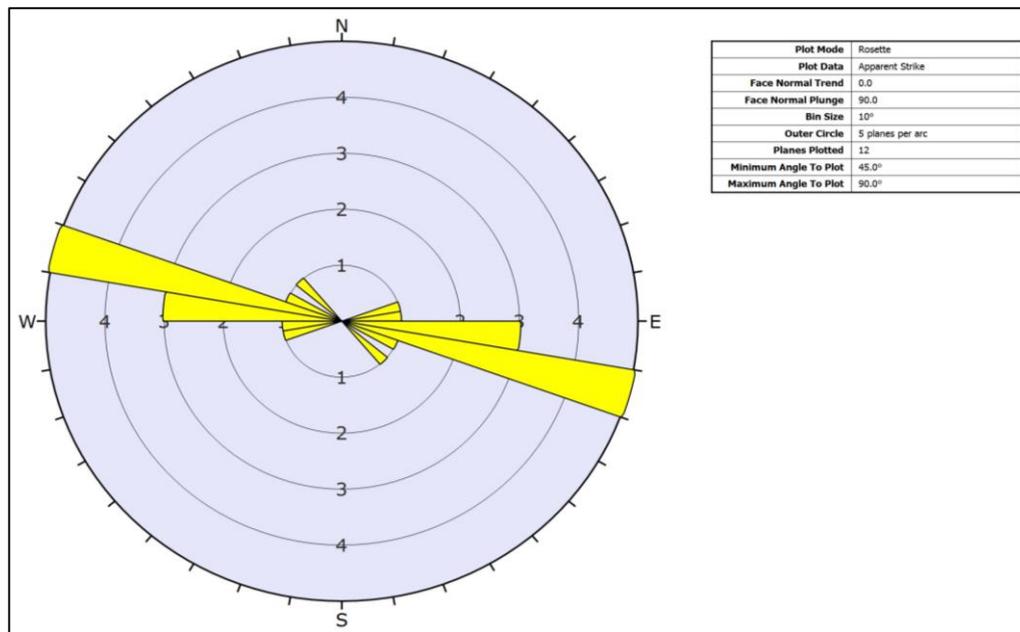


Figura 50. Diagrama de Rosetas de las vetas secundarias. Fuente: Elaboración propia.

Fallas

Realizando análisis en la red de Schmidt, se identificó los siguientes sistemas:

Sistema 1: presenta una dirección dominante E-O, con dirección de buzamiento al S (Figura 52).

Sistema 2: presenta una dirección dominante ONO-ESE, con dirección de buzamiento SO (Figura 52).

Conforme con el diagrama de rosetas prevalece la dirección ONO-ESE (Figura 51).

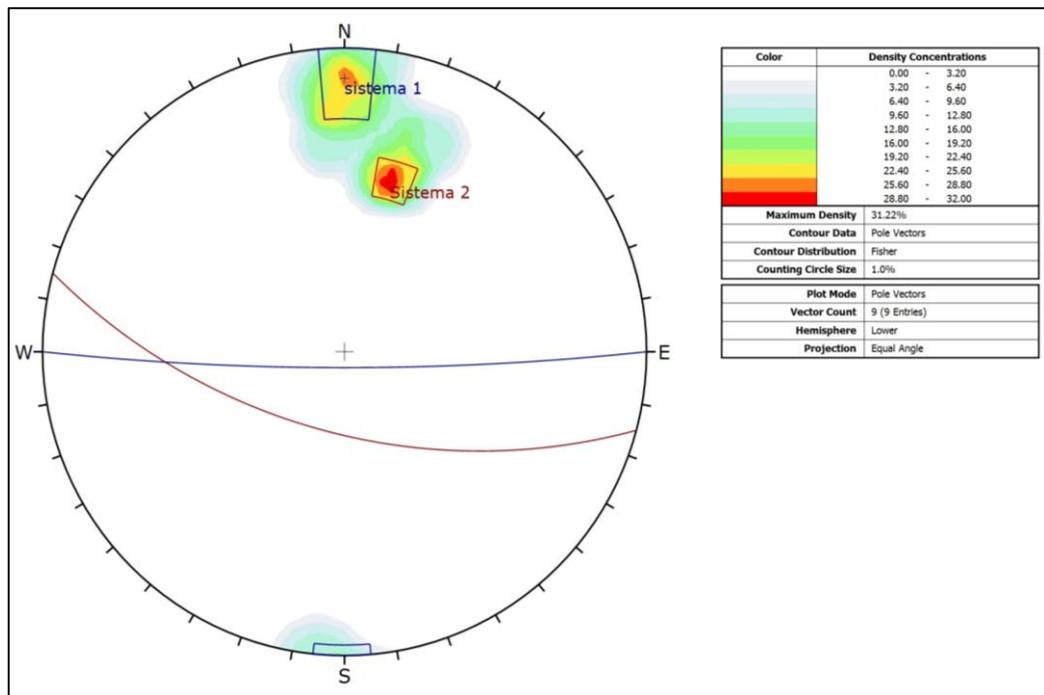


Figura 52. Representación en la Red de Schmidt, de las fallas. Fuente: Elaboración propia.

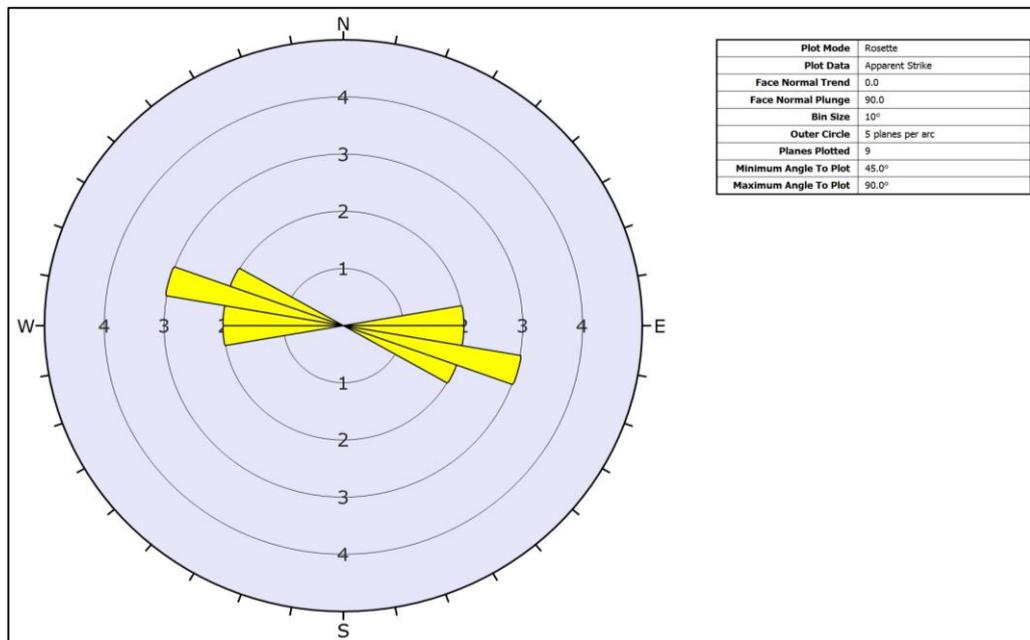


Figura 51. Diagrama de Rosetas de las fallas. Fuente: Elaboración propia.

Vetillas

Realizando análisis en la red de Schmidt, se identificó los siguientes sistemas:

Sistema 1: presenta una dirección dominante E-O, con dirección de buzamiento al S (Figura 53).

Sistema 2: presenta una dirección dominante OSO-ENE, con dirección de buzamiento NO (Figura 53).

Conforme con el diagrama de rosetas prevalece la dirección E-O (Figura 54).

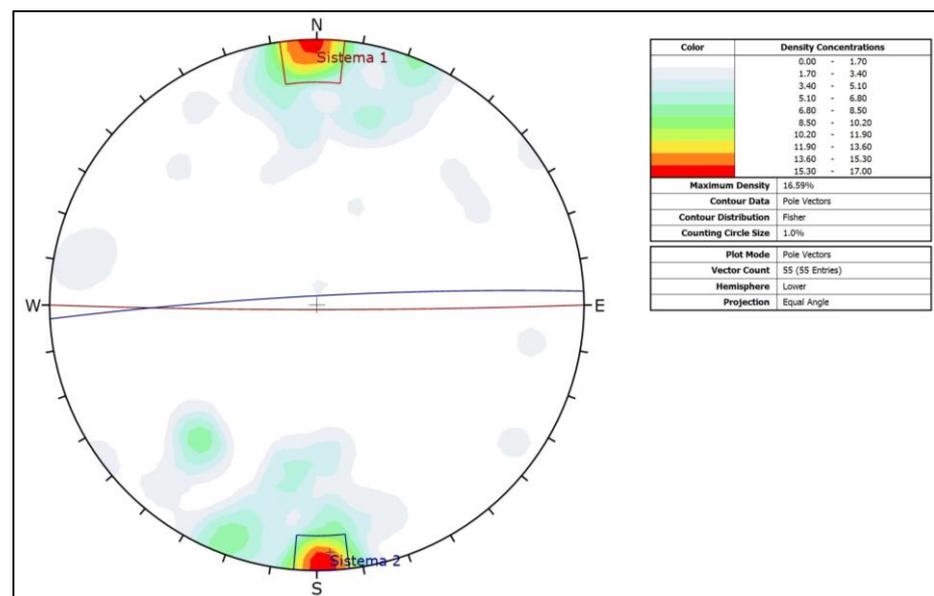


Figura 53. Representación en la Red de Schmidt, de las vetillas. Fuente: Elaboración propia.

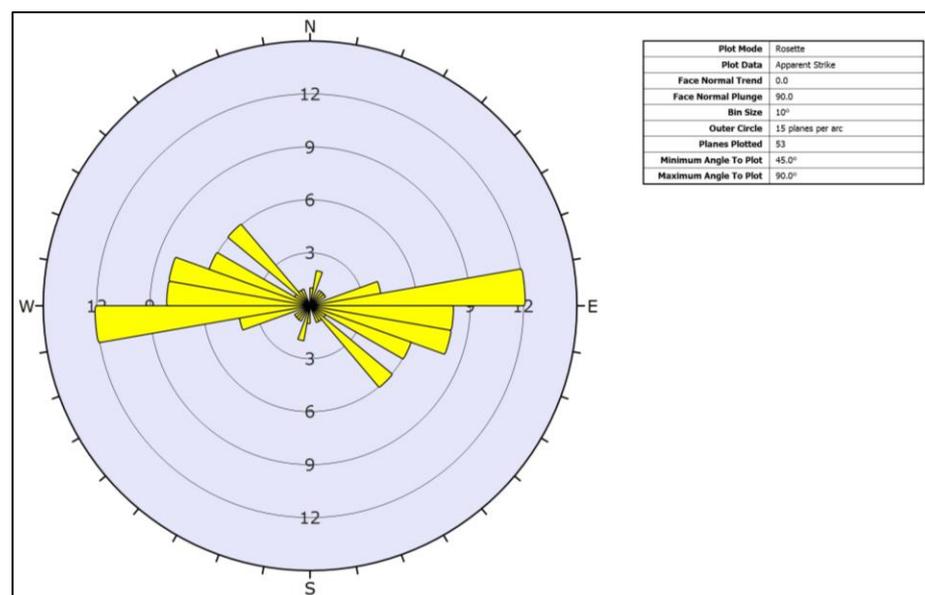


Figura 54. Diagrama de Rosetas de las vetillas. Fuente: Elaboración propia.



Figura 55. Venilleo en roca andesita., se puede notar el cizallamiento dextral. Fuente: Elaboración propia.

Fracturas

Realizando análisis en la red de Schmidt, se identificó los siguientes sistemas:

Sistema 1: presenta una dirección dominante ONO-ESE, con dirección de buzamiento al SO (Figura 56).

Sistema 2: presenta una dirección dominante NO-SE, con dirección de buzamiento SO (Figura 56).

Sistema 3: presenta una dirección dominante NE-SO, con dirección de buzamiento al SE (Figura 56).

Conforme con el diagrama de rosetas prevalece la dirección ONO-ESE (Figura 57).

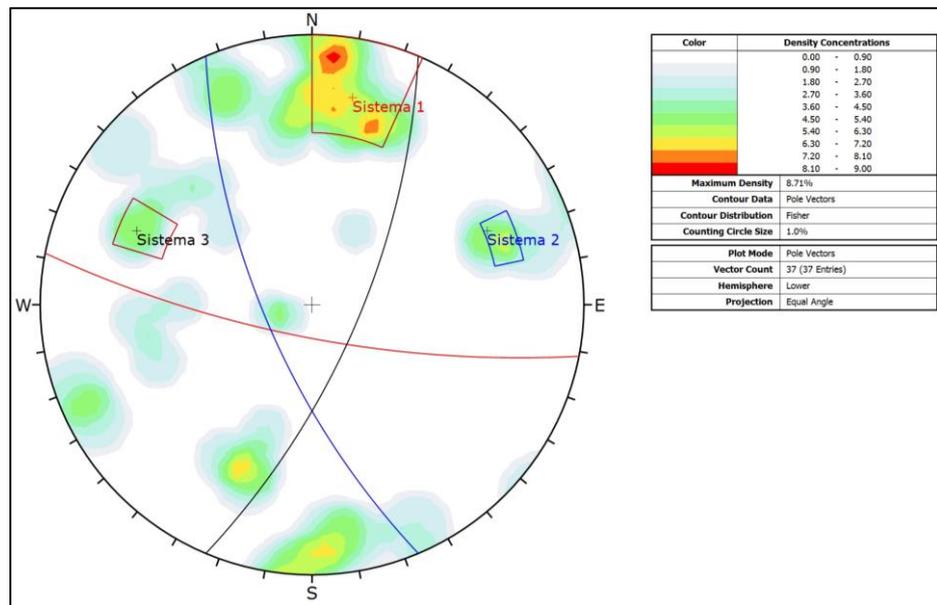


Figura 56. Representación en la Red de Schmidt, de las fracturas. Fuente: Elaboración propia.

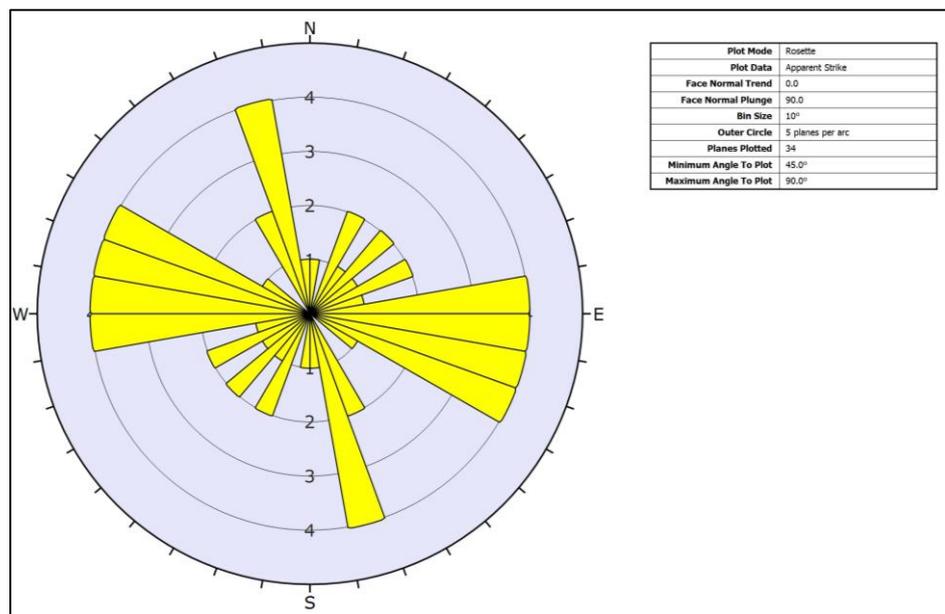


Figura 57. Diagrama de Rosetas de las fracturas. Fuente: Elaboración propia.

Direcciones de vetillas

Conforme con el diagrama de rosetas prevalece la dirección OSO-ENE (figura 58).

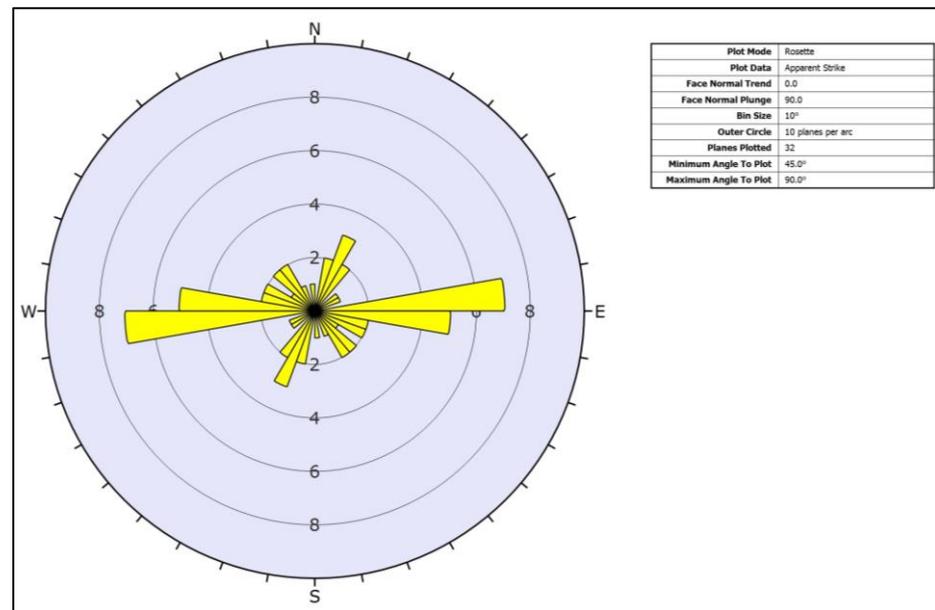


Figura 58 Diagrama de Rosetas de las vetillas. Fuente: Elaboración propia.

Análisis general

En el análisis general se ha empleado todas las estructuras geológicas reconocidas en el trabajo de campo, entre ellas tenemos: las vetas principales y secundarias, las fallas, vetillas, fracturas y direcciones de vetillas, las cuales se ha podido dar una interpretación mediante la red de Schmidt y el diagrama de rosas.

En el análisis de la red de Schmidt se ha determinado que la dirección predominante en la zona de estudio es E-O (Figura 60), asimismo en el diagrama de rosas el mayor porcentaje también es E-O respectivamente (Figura 59).

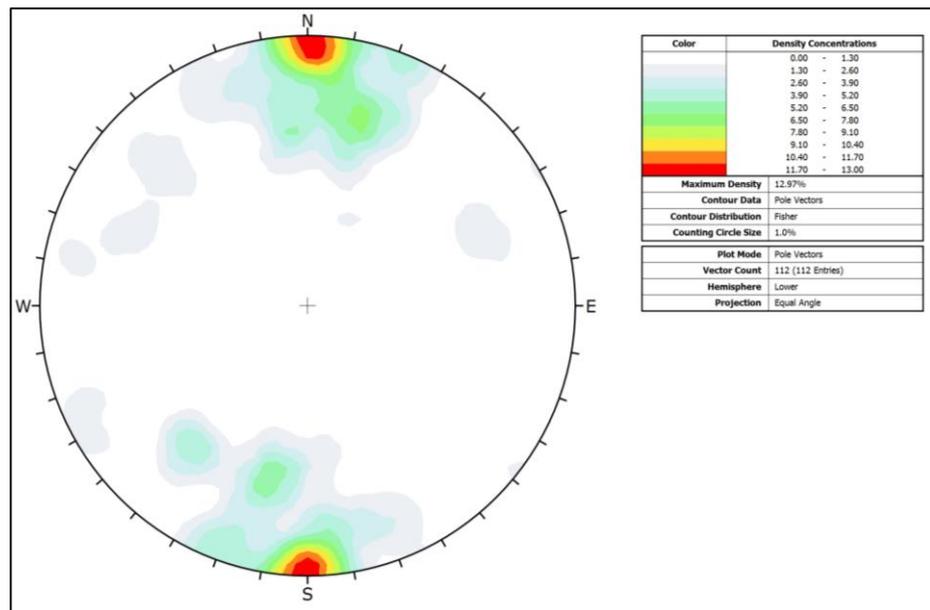


Figura 60. Representación en la Red de Schmidt, del análisis general. Fuente: Elaboración propia.

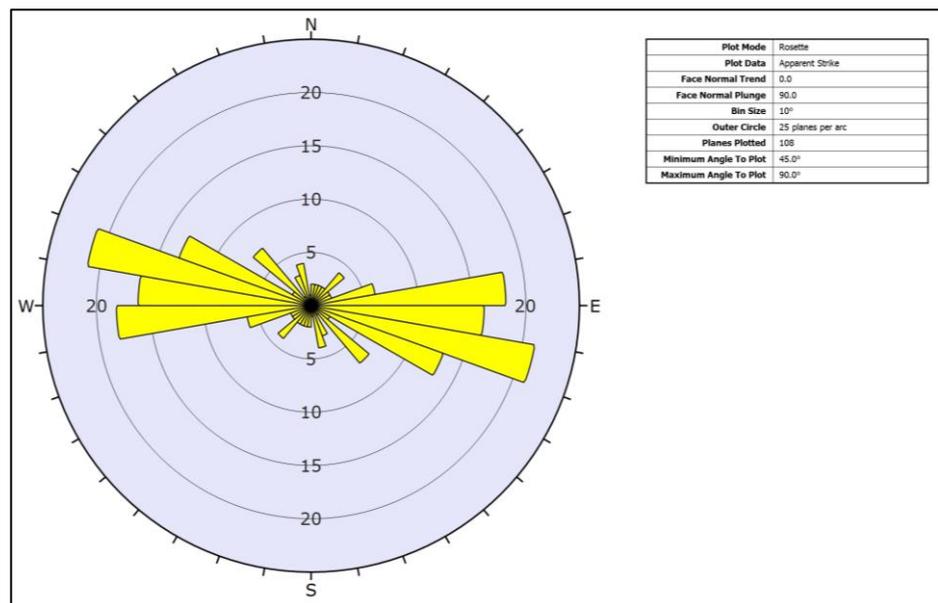


Figura 59. Diagrama de Rosetas del análisis general. Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Modelo estructural

El depósito de Cascabamba es característico por presentar un área de estudio interesante que comprende de vetas que van de Oeste a Este chocando con rocas intrusivas y rocas intrusivas subvolcánicas porfíricas, posiblemente estas vetas crucen a estas intrusiones subvolcánicas, y se proyecten en la misma dirección.

De esta manera, ante la ausencia de un modelo que muestre una explicación del origen y la presencia de mineralización en el área, se ha propuesto un modelo estructural de la zona de estudio. El modelo estructural está compuesto principalmente por un cizallamiento de tipo dextral, que se presenta en toda el área, el cual según el análisis cinemático tiene dirección E-O. Dentro de este modelo están graficados las fallas, vetas, vetillas, ramales de vetas y algunas direcciones de vetillas que a profundidad pueden ser de gran interés. Todas estas estructuras tienen una dirección promedio igual que el cizallamiento, excepto algunas fracturas que tienen direcciones opuestas (N-S). Las vetas principales (Mascota, Protectora y Pozos Ricos) miden un promedio de 1000 a 1500 metros de longitud, infiriendo que pueden sobrepasar estas medidas, estas vetas en superficie tienen una potencia entre 3 a 50 cm de afloramiento y se encuentran a lo largo de fallas tipo dextrales, en las fallas se puede evidenciar las fracturas tipo Riedel sintéticas R y antitéticas R', así como también en los escalonamientos que dan como evidencia del movimiento de bloques en la falla. Aprovechando estas fracturas los fluidos mineralizantes han subido y se han emplazado, formando las vetas que se observan en la actualidad.

Los dos eventos donde se desarrolló mejor la deflexión de Cajamarca ocurrieron en la época del Eoceno en la tectónica Inca II y en la época Mioceno en la fase tectónica Inca IV. En la zona de estudio, durante la fase tectónica Inca II, en el interior de la corteza terrestre se emplazaron cámaras magmáticas, que posteriormente en la fase de intensa compresión tectónica del Mioceno (Inca IV), se presentaron fenómenos estructurales influenciados por un fallamiento en bloques Bazán (2018), que provoca que suban fluidos hidrotermales y se emplace formando vetas en Cascabamba.

En el perfil geológico C-C (Figura 61) se ha interpretado por donde ha subido la mineralización de la zona de estudio, teniendo en el área vetas de interés económico y un pórfido mineralizado.

Para entender mejor como se habría emplazado la mineralización en el área de estudio se ha hecho uso del perfil geológico transversal a la deflexión de Cajamarca (Figura 62) elaborado por Bazán y Lagos (2018), en el cual indica que el depósito de Cascabamba se encuentra dentro del bloque Cospan entre dos fallas inversas regionales de nombre: Falla Cascas Lucma y Falla Magdalena, por lo que se ha interpretado que existe una falla local que se encuentra entre estas dos fallas antes mencionadas y que afloraría cerca al área de estudio, por donde ha subido el Stock porfirítico, así como también los cuerpos subvolcánicos aprovechando esta ruptura, emplazándose en la zona de estudio, posterior ello han subido los fluidos hidrotermales y han mineralizado el lugar.

En el perfil modificado de la (Figura 62), se infiere en las líneas rojas punteadas por donde ha subido el stock porfirítico y los intrusivos subvolcánicos, lo cual los fluidos hidrotermales han aprovechado este conducto para llegar a la superficie y mineralizar la zona de estudio.

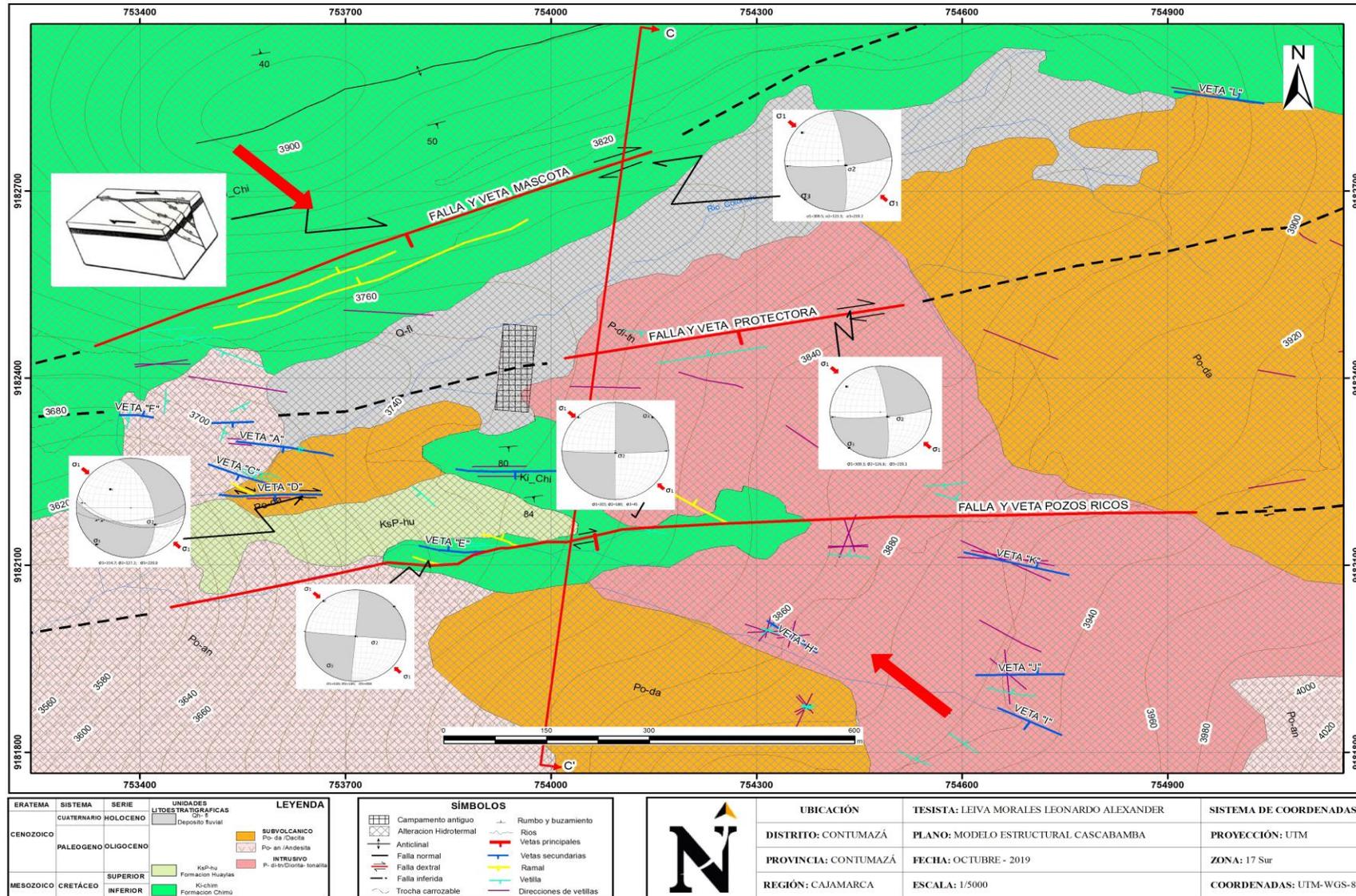


Figura 61. Modelo estructural propuesto para la zona de estudio en el depósito de Cascabamba. Fuente: Elaboración propia.

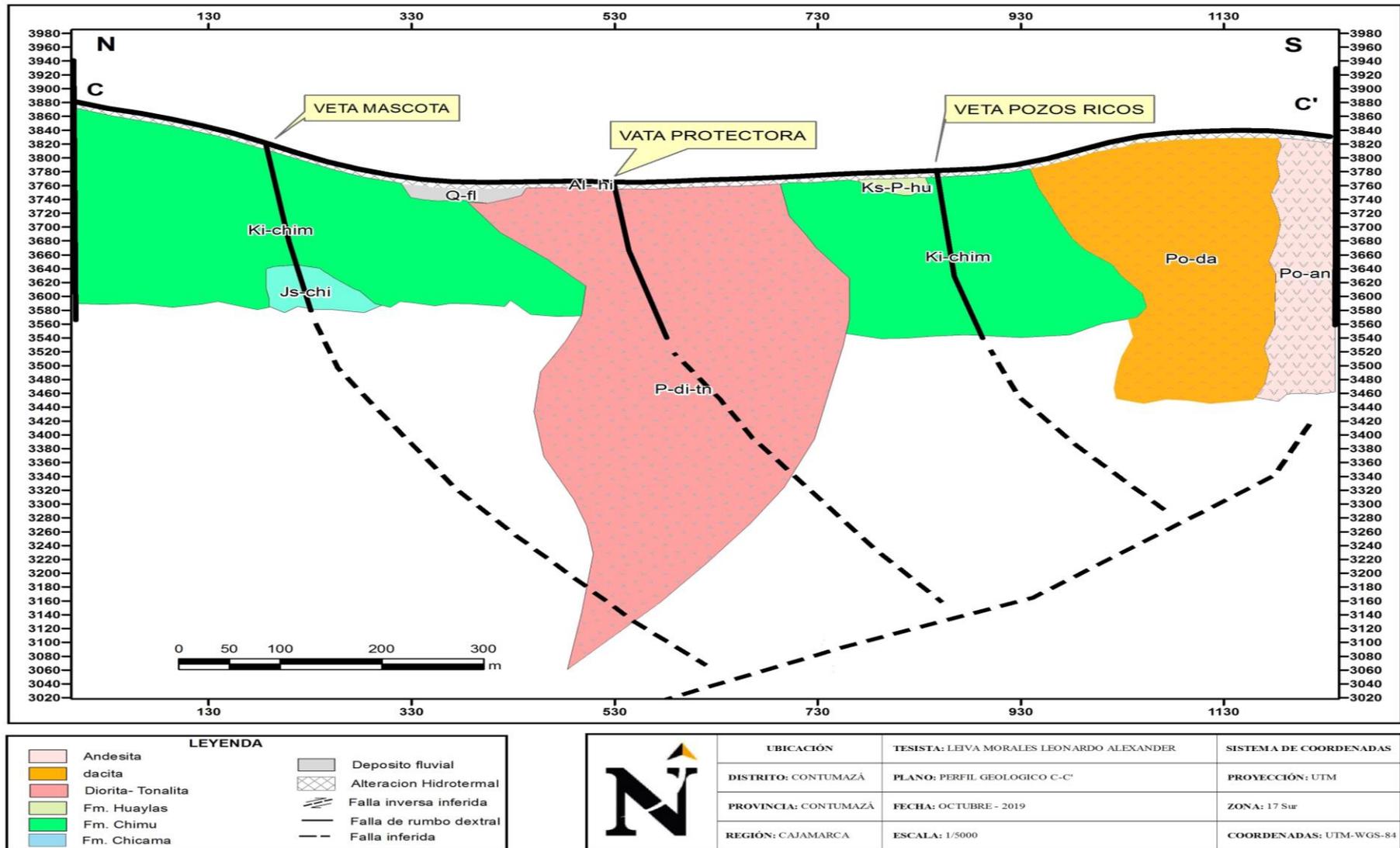


Figura 62. Perfil geológico C-C', este grafico también representa las fallas. Fuente: Elaboración propia.

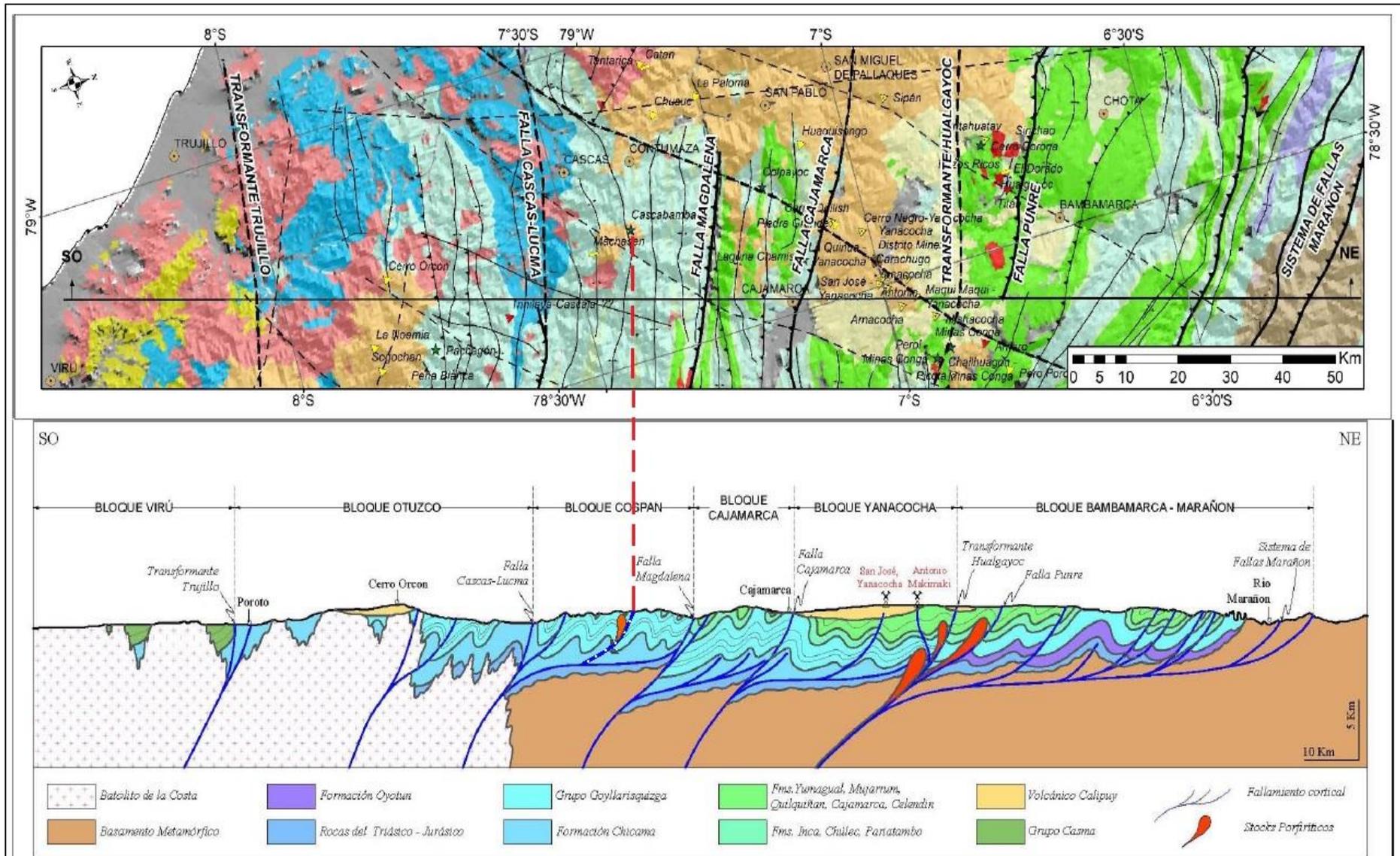


Figura 63. Perfil geológico transversal a la deflexión de Cajamarca, indicando los principales acontecimientos estructurales. Fuente: (Tomado y modificado de Bazán y Lagos, 2018).

3.4. Mineralización

3.4.1. Descripción de las mineralizaciones

La mineralización en Cascabamba tiene un fuerte control estructural que comprende entre el intrusivo diorita-tonalita y los intrusivos subvolcánicos andesita-dacita, los cuales están acompañados de un anticlinal de la formación Chimú y 4 fallas de rumbo tipo dextral. La mineralización se hospeda en vetas que son paralelas al eje del anticlinal (E-O) por el lado Sur del mismo, también existe un stock dacítico porfirítico que presenta mineralización en forma de stockwork y venillas de pirita con alteración a los bordes. La mineralización en vetas por lo general comprende óxidos con venillas de pirita en la superficie y sulfuros con panizo a profundidad y la mineralización en el stock se evidencia stockworks de óxidos venillas de pirita con argílico en los costados, venillas de pirita con calcopirita, venillas de magnetita con tetraedrita, que van en dirección del cizallamiento (E-O) que ha sufrido las rocas del área. En el área de estudio se ha identificado 3 vetas principales (Mascota, Protectora y Pozos ricos) y 12 vetas secundarias (desde veta “A” hasta Veta “L”), además de vetillas de menor potencia.

En la Figura 64, (veta Pozos Ricos) se puede observar en la parte izquierda la roca caja que se encuentra alterada, el centro está conformado por panizo con vetillas de pirita, la vetilla mide 2 cm, al lado derecho podemos notar la presencia de óxidos y/o pacos, esta parte también tiene vetillas de pirita de menor tamaño. La veta en total mide 1.90m

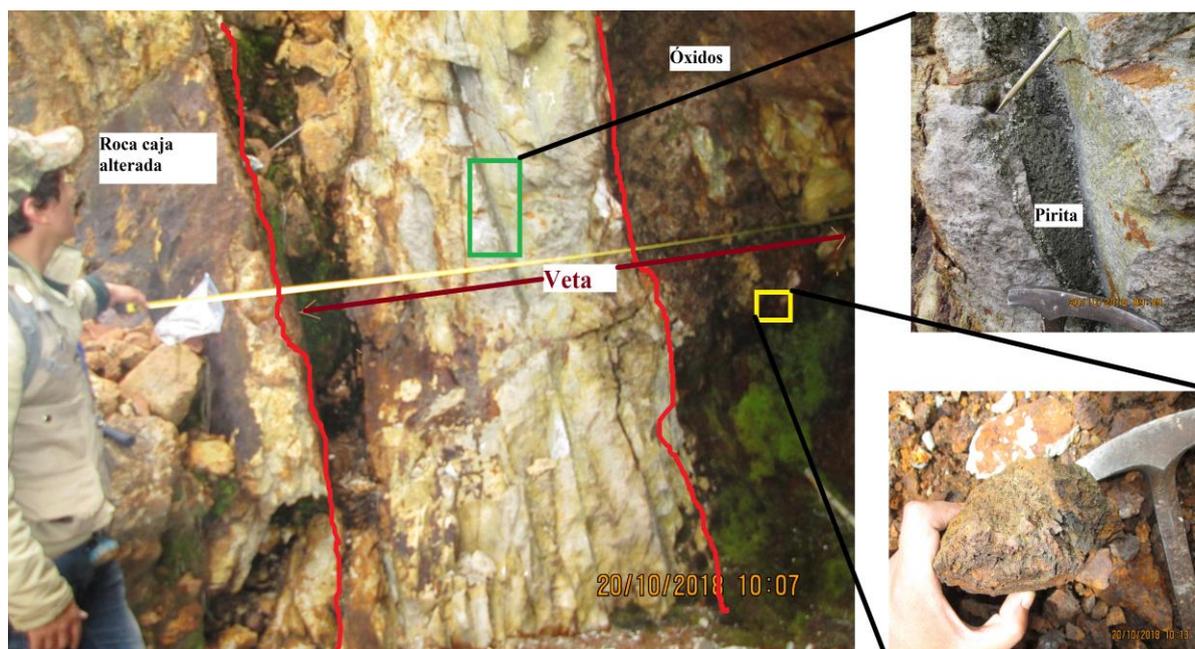


Figura 64. Afloramiento de veta Pozos ricos en quebrada. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Mineralización en vetas

Veta Mascota

Es una de las vetas principales, la mineralización se encuentra en roca arenisca y cuarcita de la formación Chimú, esta veta consta de óxidos (pacos) en superficie y sulfuros a profundidad, los óxidos son un material terroso parduzco con minerales de hematita y goetita entre ellos existen bolsonadas y vetillas de pirita a lo largo de toda la veta, donde se hospeda el oro y la plata, la veta en superficie mide entre 3 a 5 cm de potencia, a medida que se profundiza esta potencia se amplía midiendo hasta 1.30 m, los pacos se encuentran entre 9 a 15 metros desde la superficie de la veta, luego la mineralización pasa a los sulfuros, con minerales de pirita cubica y/o suelta, covelina, marcasita, calcopirita y pirrotina, en los sulfuros algunas veces presenta zonas oxidadas a los costados, en contacto con la roca caja, pegado a este se encuentra panizo con vetillas de pirita y junto al panizo esta la veta de pirita, covelina, calcopirita,

etc., el ancho varía a lo largo de la veta, pero la zona económica de oro y plata tiene una potencia promedio de 40 cm. La mineralización se presenta en forma de rosario abriéndose y cerrándose en una distancia promedio de 15 m, en las zonas donde se cierra también se hace angosta la veta de mayor ley.

En esta veta se han analizado 3 muestras por los elementos de oro, plata y cobre, de las cuales 1 se tomó en la parte de los óxidos, en esta muestra no se consideró el cobre, dio como resultado en la muestra 2 (7.39 g/tm o 0.22 oz/ tc de oro-Au), (131.11 g/tm o 3.82 oz/ tc de plata Ag) (Anexo N° 05), en la parte de los sulfuros se ha analizado dos muestras dando como resultado en la muestra 5 (11.43 g/tm o 0.33 oz/ tc de oro-Au), (1213.37 g/tm o 35.38 oz/ tc de plata Ag), (1,15% de cobre-Cu) (Anexo N° 08), y en la muestra lote 1 (13.89 g/tm o 0.41 oz/ tc de oro-Au), (792.41 g/tm o 23.11 oz/ tc de plata Ag) (Anexo N° 13).

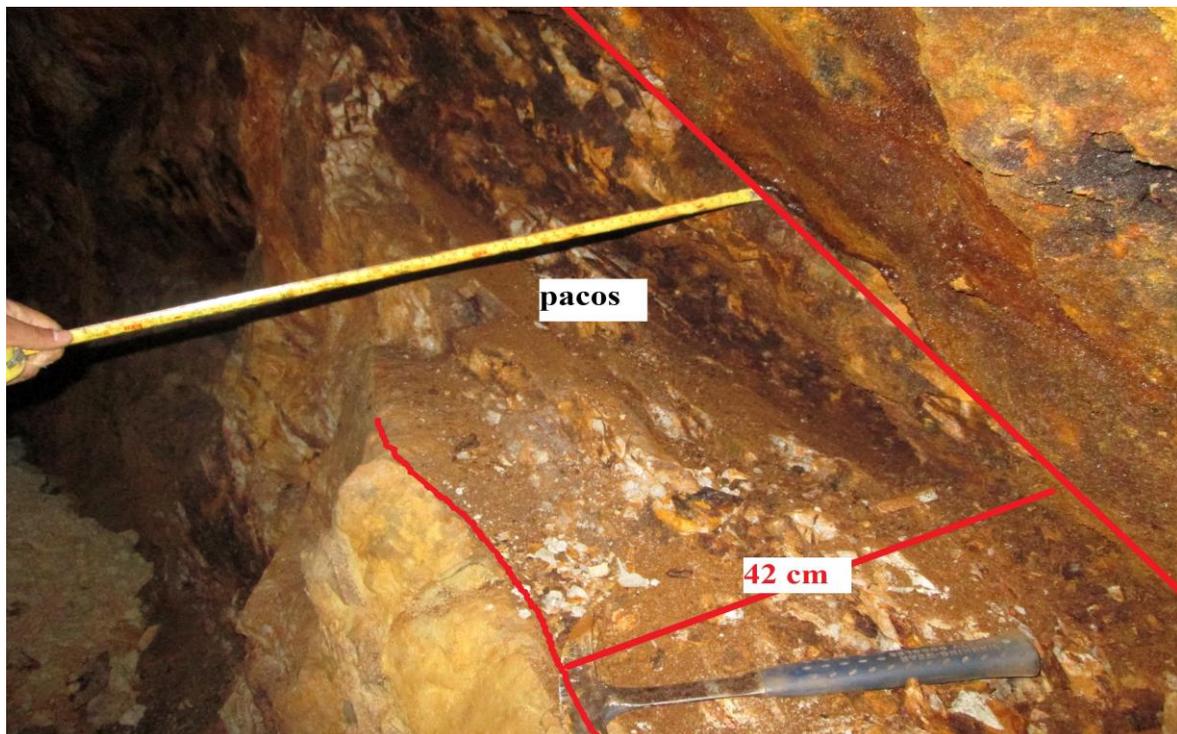


Figura 65. Veta Mascota con mineralización de óxidos y/pacos. Tomada dentro de socavón. Fuente: Elaboración propia.

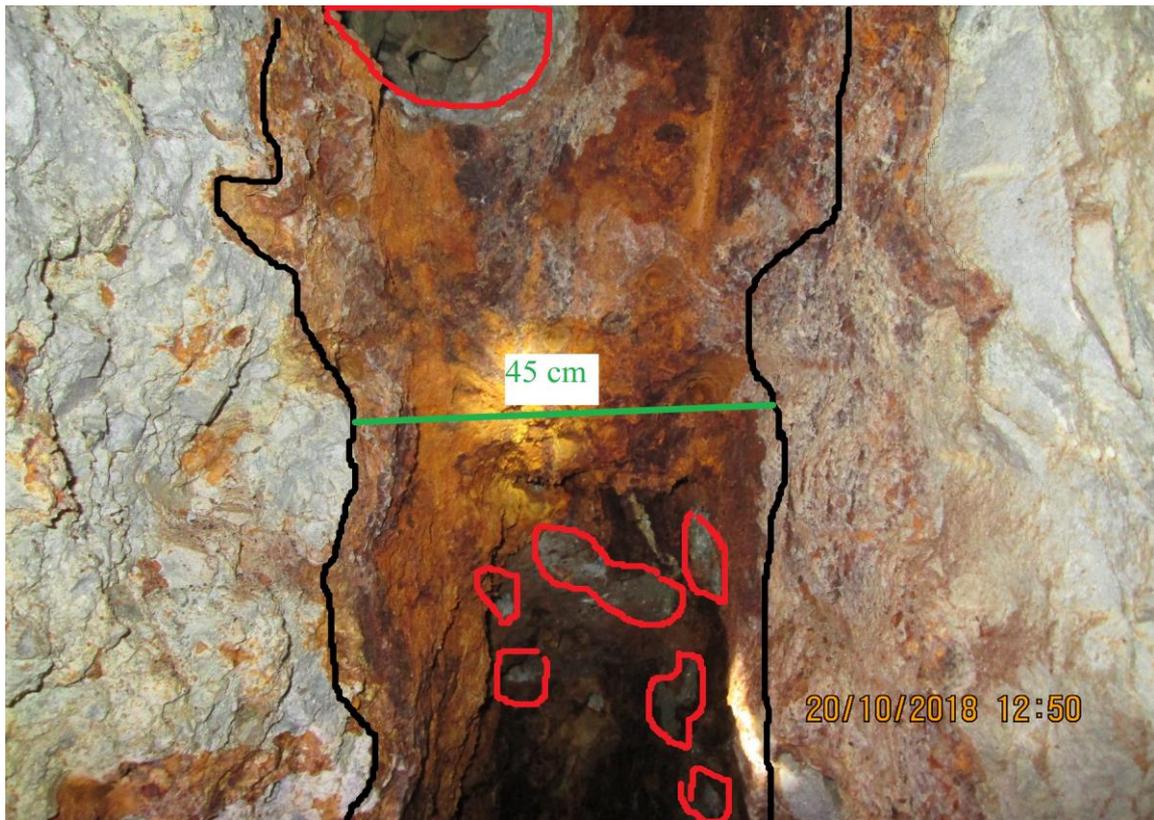


Figura 67. Veta mascota en óxidos de goetita y hematita, donde almacena el oro y la plata. Fuente: Elaboración propia.

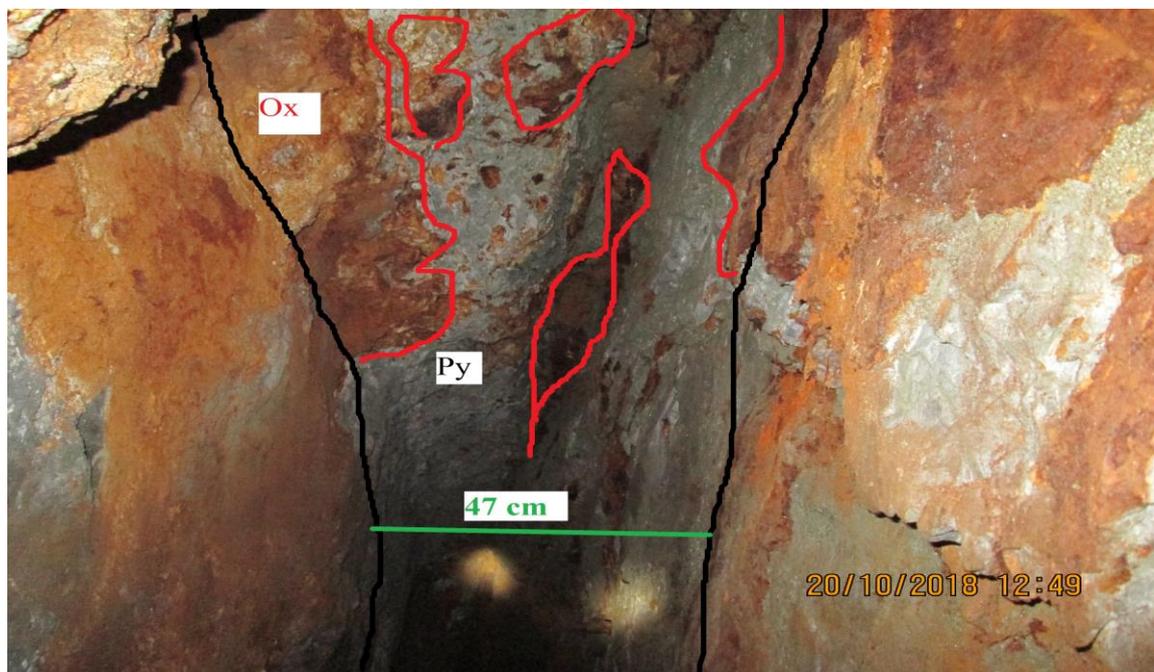


Figura 66. Veta mascota con mineralización de pirita y zonas de óxidos. Fuente: Elaboración propia

En la figura 66 (Veta Mascota), presenta mineralización de pirita y zona de óxidos en las paredes y en el centro de la veta, foto tomada en socavón a la altura donde el mineral se encuentra en transición pasando de óxidos a sulfuros a una altura promedio de 9-15 m.

Veta protectora

También es una de las vetas principales, la mineralización en esta veta tiene características muy similares a las demás vetas, al igual que las demás vetas se encuentra en areniscas y cuarcitas de la formación Chimú, con óxidos (pacos) en superficie y sulfuros a profundidad, los óxidos son un material terroso parduzco con minerales de hematita y goetita, donde se hospeda el oro y la plata, la veta en superficie mide entre 5 mm hasta los 3 cm de potencia, excepto en un punto que llegó a medir 30 cm, a medida que se profundiza según Welter (1930) esta potencia se amplía midiendo hasta 1m, siendo esta la veta que mayor se extrajo mineral en ese entonces, también tiene pacos en superficie de la veta, luego la mineralización pasa a los sulfuros, con minerales de pirita cubica y/o suelta, covelina, y calcopirita, posiblemente tenga pirrotina y marcasita como presenta la veta Mascota, pero no se pudo acceder a profundidad por mal estado de los socavones, es por este motivo que también no se sabe con claridad hasta que profundidad se encuentran los pacos, también se ha podido apreciar que en la zona de los sulfuros presenta panizo. Esta veta hacia el Oeste podría unirse con la veta Mascota y al Este se proyecta hacia la roca volcánica, lo que podría mejorar su ley y generar otros brotes. Debido a que se ha encontrado afloramientos de vetas de potencias pequeñas y grandes se infiere que también presenta una mineralización se presenta en forma de rosario.

En la presente veta se han analizado 3 muestras por los elementos de oro y plata , dando como resultado la muestra 1 tomada en afloramiento en superficie (0.31g/tm o 0.01 oz/ tc de oro-Au), (34.79 g/tm o 1.01 oz/ tc de plata Ag) (Anexo N° 04), en la parte de los sulfuros se ha analizado dos muestras tanto en veta como en panizo teniendo como resultado en la muestra Lote 2 (13.7 g/tm o 0.4 oz/ tc de oro-Au), (769.744 g/tm o 22.451 oz/ tc de plata Ag) (Anexo N° 15), y en la muestra 9 (0.19 g/tm o 0.01 oz/ tc de oro-Au), (36.31 g/tm o 1.06 oz/ tc de plata Ag) (Anexo N° 12), llegando a comprobar que el panizo en la zona de sulfuros presenta una mineralización baja.

En la figura 68 (Veta Protectora) se puede observar vetillas de pirita en medio de la veta que está delimitada de color amarillo, la pirita se presenta en forma de rosario.



Figura 68. Afloramiento de la veta Protectora. Fuente: Elaboración propia.

Veta pozos ricos

También es una de las vetas principales, del mismo modo la mineralización en esta veta se asemeja a las demás vetas, al Oeste se encuentra en areniscas y cuarcitas de la formación Chimú, y por el Este choca y cruza a las rocas intrusivas y subvolcánicas, también presenta óxidos (pacos) en superficie y sulfuros a profundidad, los óxidos son un material parduzco compacto con minerales de hematita y goetita principalmente, donde se hospeda el oro y la plata, en esta veta el óxido también se encuentra con silicificación evidenciando cuarzo recristalizado diente de perro, además las cuarcitas están totalmente fracturadas y por ahí donde ha aprovechado la mineralización y se ha emplazado. la veta en superficie mide entre 5 cm hasta los 190 cm de potencia, donde mide 1.90 cruza por un río y se puede notar el afloramiento a medida que se profundiza según Welter (1930) menciona que la veta mide 100 cm, asimismo los pacos se encuentran entre 10 a 15 metros desde la superficie de la veta, luego la mineralización pasa a sulfuros, con minerales de piritita cubica y/o suelta, covelina, calcopirita, pirrotina, marcasita, galena y esfalerita, cabe mencionar que a lo largo de la veta no se encuentran todos estos minerales sino que en el recorrido superficial y en socavón de la veta se han encontrado en partes distintas, del mismo modo que las demás vetas, también presenta panizo acompañando la veta, este panizo por lo general se encuentra a los costados de la veta en contacto con la roca caja y en ocasiones en medio. La mineralización de esta veta también se presenta en forma de rosario ampliándose y cerrándose cada 15-25 metros.

En esta veta se han analizado 4 muestras por los elementos de oro, plata y cobre de acuerdo al tipo de muestra, los óxidos no son analizados por cobre. La muestra 3 fue tomada en donde la veta aflora 190 cm, esta veta se tomó de los pacos como resultado arrojo (4.75 g/tm o 0.14 oz/ tc de oro-Au), (107.35 g/tm o 3.13 oz/ tc de plata Ag) (Anexo N° 06), la muestra 4 fue tomada en cuarcitas altamente fracturadas la cual arrojo como resultado (8.81 g/tm o 0.26 oz/ tc de oro-Au), (61.59 g/tm o 1.80 oz/ tc de plata Ag) (Anexo N° 07), la muestra 7 se tomó en la parte de sulfuros dentro del intrusivo, esta arrojo (5.84 g/tm o 0.17 oz/ tc de oro-Au), (1470.86 g/tm o 42.89 oz/ tc de plata Ag) (Anexo N° 10), y la muestra de nombre 2 arriba también se tomó en la parte de sulfuros dentro del intrusivo, esta muestra dio como resultado (5.41g/tm o 0.16 oz/ tc de oro-Au), (1604.39 g/tm o 46.78 oz/ tc de plata Ag) y (2.79% de cobre-Cu) (Anexo N° 14).

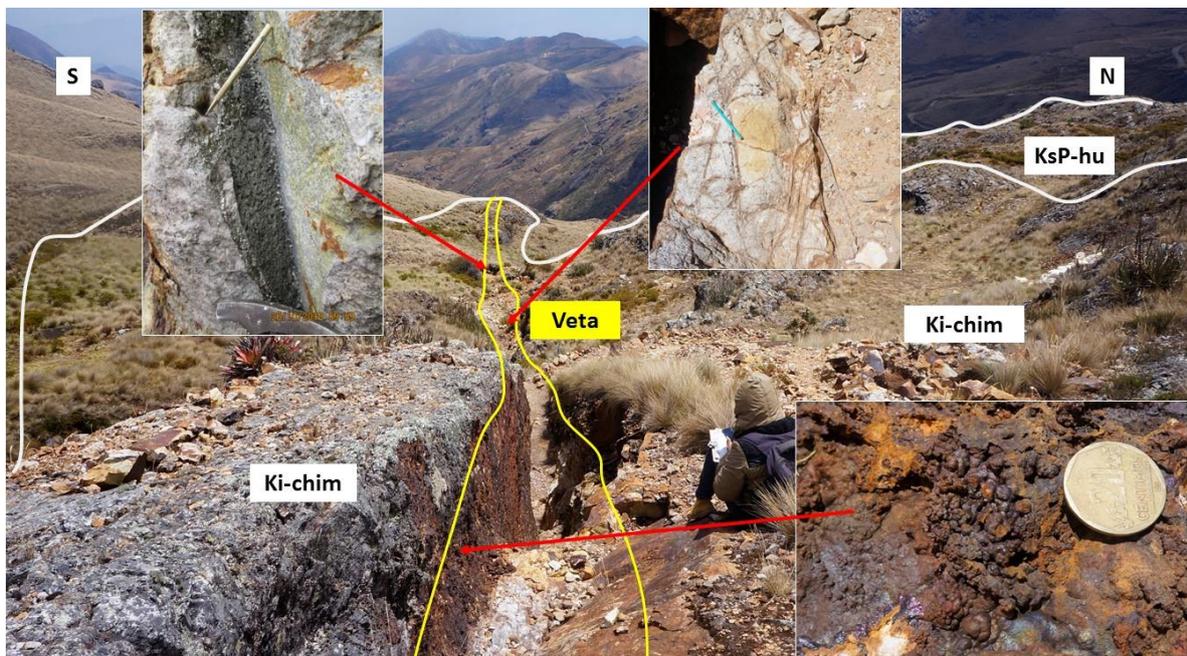


Figura 69. Afloramiento de la veta Pozos Ricos mostrando las evidencias de mineralización. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 69 (Veta Pozos Ricos) se muestra evidencias de mineralización en diferentes puntos de la misma. Como venilleos de pirita, stockwork al borde de la veta y óxidos de hematita y goetita en las paredes, en este punto la veta se encuentra en la formación Chimú.

En la figura 70 se representa una muestra de covelina, esfalerita, pirrotina y pocas cantidades de galena, tomada del socavón La Galena, estos sulfuros no afloran en superficie.



Figura 70. Muestra de covelina, esfalerita, pirrotina y pocas cantidades de galena. Fuente: Elaboración propia.

Vetas secundarias

En el área de estudio se han identificado 12 vetas secundarias las cuales e denominado: veta “A”, veta “B”, ..., veta “L”, las cuales son de menor potencia, pero esto no quita la posibilidad de que a profundidad se amplié la potencia, estas vetas tienen mineralización similar a las vetas principales, en

realidad la mineralización del lugar para todas las zonas que se han formado vetas el comportamiento es el mismo. Estas vetas afloran con una potencia entre 5 mm y 3 cm de espesor, excepto la veta A que tiene 15 cm de potencia de pirita y 50 cm de toda la veta estos datos tomados a 2 metros de la entrada, la mineralización en superficie se observa venillas de pirita con óxidos a los costados en todas las vetas, y en profundidad solo se tiene referencia de la veta “A”, y se puede determinar que el comportamiento es el mismo que las vetas principales, también tiene panizo a los costados y algunas veces con presencia de óxidos de goetita y hematita, se infiere que son posibles ramales de las principales y/o podrían ser vetas de igual importancia. También existen venilleo en toda la zona que en su mayoría van paralelas a las vetas que su mineralización son óxidos y/o material alterado.

Las vetas secundarias: veta “H”, veta “I”, veta “J” y veta “K”, se encuentran en el intrusivo diorita tonalita, esto ha ocasionado que la mineralización aparte de la pirita y óxidos, tengan también calcopirita y magnetita, minerales característicos de un pórfido, en algunos casos solo estas vetas en contacto con la roca caja es muy notorio un halo de alteración, de un material terroso amarillento posiblemente alteración argílica.

En la figura 71 (veta secundaria “J”) se observa que las paredes de la roca se encuentran alteradas con presencia de óxidos y arcillas, la vetilla de pirita pasa por el centro.

En la figura 73 (veta “H”) se observa mineralización de calcopirita pirita y covelina, presenta magnetismo, la pirita se está oxidando.



Figura 72. Afloramiento de veta secundaria “C” en intrusión diorita tonalita. Fuente: Elaboración propia.



Figura 71. Afloramiento de veta secundaria “J”. Fuente: Elaboración propia.



Figura 73. Muestra obtenida de la veta “H”. Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Mineralización en Pórfido dacítico

La mineralización en Pórfido dacítico consiste en vetillas de pirita y calcopirita que presentan una alteración argílica en los costados, la potencia de las vetillas va desde 1cm hasta 5 cm, además existen vetillas que albergan magnetita, por la alteración potásica, todas estas vetillas tienen dirección E-O, misma dirección del cizallamiento de la zona.

Se tomaron dos muestras en superficie, la muestra 6 arroja como resultado (0.21g/tm o 0.01 oz/ tc de oro-Au), (40.39 g/tm o 41.18 oz/ tc de plata Ag) (Anexo N° 09) y la muestra 8 presenta como resultado (0.21g/tm o 0.01 oz/ tc de oro-Au), (37.29 g/tm o 1.09 oz/ tc de plata Ag) y (0.05% de cobre-Cu) (Anexo N° 011).



Figura 75. pórfido dacítico alterado, con presencia de óxidos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 74. Muestra del pórfido dacítico alterado, con mineralización de venillas de pirita. Fuente: Elaboración propia.

3.4.4. Alteración hidrotermal

Dentro del área de estudio en Cascabamba, todos los tipos de rocas se encuentran alteradas, mostrando alteraciones típicas de un pórfido: alteración potásica, propilítica, filica, argílica y silicificación, las cuarcitas que conforman los conglomerados de la formación Huaylas también se encuentran alterados, lo que indica que antes de que estos se volvieran conglomerados ya habrían sufrido un evento de alteración, los bloques de los conglomerados se encuentran fracturados y en estas fracturas también existe mineralización, lo que se interpreta que es otro evento de alteración que ha sufrido el lugar, solo se ha podido reconocer dos eventos de mineralización que posiblemente hayan ocurrido en la intrusión de la roca subvolcánica dacita, quien se encuentra más alterada respecto a las demás rocas.

Alteración Propilítica

Esta alteración se lo puede encontrar en casi toda la zona de estudio, tiene la presencia de epidota y clorita y en vetillas se presenta con cuarzo recristalizado acompañado de actinolita y clorita, en el intrusivo presenta magnetita.



Figura 77. Muestra de alteración propilítica, venilla de cuarzo recristalizado, clorita y actinolita. Fuente: Elaboración propia.



Figura 76. Muestra de alteración potásica, epidotas de coloración verde limón se encuentran en toda la roca. Fuente: Elaboración propia.

Alteración Fílica

Presenta un ensamble de cuarzo-sericita, se encuentra a los bordes de las vetas Pozos Ricos y Protectora, además en la dacita porfírica y en venillas del intrusivo diorita-tonalita. Se lo puede observar en la mayoría de afloramientos de la zona de estudio.



Figura 78. Muestra de alteración Fílica cuarzo sericita. Fuente: Elaboración propia.

Alteración Potásica

Es característico por la biotita de grano fino y está asociada a magnetita, se lo encuentra en el intrusivo diorita-tonalita.



Figura 79. muestra de magnetita con biotita de grano fino en alteración potásica. Fuente: Elaboración propia.

Alteración argílica

Tiene presencia de caolinita, con algo de sericita, se encuentra bastante hidrolizada, y aflora los contactos del intrusivo diorita tonalita con el intrusivo subvolcánico dacita.



Figura 80. Afloramiento de alteración argílica con venilleo de óxidos en stockwork. Fuente: Elaboración propia.

Silicificación

Se caracteriza por la destrucción total de la mineralogía original de la roca, quedando como una masa silíceea, se ha podido observar en la veta Pozos Ricos envuelta de óxidos y también en vetillas del intrusivo diorita-tonalita.



Figura 82. Muestra de silificación, se observa que ha destruido la mineralogía original de la roca dacita. Fuente: Elaboración propia.



Figura 81. Muestra silicificada, con cuarzo recristalizado y puntos de pirita. Fuente: Elaboración propia.

En el estudio realizado por Wilkinson, et. al. (2015) ha encontrado una nueva herramienta denominada :”the chlorite proximator” que sirve para detectar depósitos mineralizados tipo pórfido, este estudio se basa en el mapeo y un análisis químico de la clorita que ocurre en las fases de alteración propilítica, el cual consiste en que una zona interna del depósito de alta temperatura se va a encontrar actinolita, epidota y clorita, hacia una zona intermedia se va a encontrar: epidota, clorita y calcita) y en zonas lejanas más frías se encuentra clorita, calcita y hematita. Relacionando esta información con la mineralogía encontrada en la alteración propilítica el depósito se encuentra en una zona de alta temperatura.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

A partir de los hallazgos encontrados se acepta la hipótesis general, que establece que existe relación entre la mineralización de Au-Ag en Cascabamba y el control estructural que presenta el área, en el cual se ha comprendido el comportamiento de las estructuras geológicas y se ha podido determinar cómo se ha emplazado la mineralización a la zona de estudio.

Estos resultados guardan relación con lo que fundamentan Zuluaga et al., (2009), quienes indican que, conocer los controles estructurales es primordial para comprender como se emplazan los fluidos mineralizantes, pues las estructuras geológicas desarrollan un papel muy importante como canales en el transporte, precipitación y deposición de minerales, lo que mencionan es lo que se realizó en la presente investigación y se obtuvo el mismo resultado. Asimismo, indican que la toma de datos estructurales en campo y su análisis en gabinete de los mismos nos dan a conocer un control tectónico definido de las mineralizaciones a lo largo de un sistema de estructuras orientadas (fallas, fracturas) (...) que cortan secuencias de rocas volcánicas y volcanosedimentarias asociadas a las formaciones geológicas presentes en el área de estudio. Esto es acorde con lo que se halló en presente estudio.

Del mismo modo se relaciona con lo expuesto por Tristan, et al., (2012) quienes afirman que en el control estructural en su estudio han podido documentar que las fallas del distrito minero estudiado y vetas asociadas, son el resultado de dos eventos de deformación: el primero de naturaleza transpresiva controlando el emplazamiento de los domos félsicos, y el segundo de naturaleza extensional, que basculó los bloques previamente delimitados por fallas laterales en el primer evento de deformación. Esto

también tiene mucha semejanza con lo que se obtuvo como resultado en Cascabamba, pues en un ambiente comprensivo los intrusivos se emplazaron en la zona de estudio y posterior a ello se originó el cizallamiento dextral, que afecta a todas las rocas del lugar.

Asimismo, los resultados obtenidos concuerdan con lo expuesto por Rodríguez et al., (2001) quienes afirman que estudios estructurales se relaciona al emplazamiento de la mineralización, es así que todas las manifestaciones que estudiaron están controladas por anticlinales, en la zona de estudio también existe esta relación quien la mineralización esta relacionadas a los anticlinales, se cree que fueron en la misma época, este también hospeda mineralización en vetas.

El depósito de Cascabamba no se ha registrado estudios de dataciones de rocas, a diferencia de las demás partes de la región quien ya existe estudios comprobados, en el área aflora un intrusivo de diorita-tonalita el cual relacionándolo con el estudio de Bazán (2017), quien indica que es posterior a la fase peruana, este a su vez no estaba relacionado con mineralización. Del mismo modo afloran rocas subvulcánicas porfiríticas en la que se encuentran andesitas y dacitas, la dacita presenta mineralización intensa por lo que se infiere que este evento trajo la mineralización, al no conocer la edad de mineralización se revisó el estudio de metalogenia hecho por Bazán (2017), el cual indica que en la época mioceno inferior afloran rocas intermedias a acidas, andesitas y dacitas y se genera el emplazamiento de pórfidos de Cu – Au – Mo, entre ellos se encuentra el pórfido Michiquillay quien algunos autores lo relacionan que tiene parecido al pórfido de Cascabamba.

La zona de estudio presenta mineralización en vetas que tienen dirección promedio E-O y en el estudio realizado por Rivera (2007) indica la región Cajamarca presenta mineralización está controlada por 2 claros sistemas de fallas regionales: Sistema de fallas Punre-Canchis y el sistema de fallas Quesquenda, el primer sistema

tiene orientación característica NO y el segundo E-O, estos sistemas de fallas se relacionan con la deflexión de Cajamarca, pues el sistema Punre. Canchis se encuentra por el Norte y el sistema de fallas Quesquenda se encuentra por el Sur, es así que existe una relación con sistema de fallas Quesquenda compartiendo dirección en se presentan.

Limitaciones

No se pudo recorrer en su totalidad a los socavones de las vetas y fallas principales del lugar, por motivo de que fueron construidos más de 20 años y es peligroso entrar en ellos, el sostenimiento de madera se encuentra en descomposición, esto limita a entender mucho mejor el comportamiento de las vetas en profundidad.

Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios más avanzados como perforaciones diamantinas, para conocer y caracterizar mejor el depósito.

Se recomienda realizar dataciones radiométricas, para conocer edad de las rocas, edad de mineralización y tener un conocimiento histórico de la evolución del yacimiento.

Se recomienda realizar un estudio mineralógico detallado de toda el área y de áreas aledañas al depósito.

4.2 Conclusiones

- El control estructural que determina la mineralización está evidenciado en las fallas dextrales originadas por esfuerzos compresivos durante el Mioceno en la fase tectónica Inca IV, el esfuerzo principal σ_1 tiene orientación NO-SE. En el Eoceno en la fase tectónica Inca II, se originó el cambio de orientación del anticlinal regional de la formación Chimú en sentido antihorario, dejando como resultado que el anticlinal en la zona de estudio tenga dirección ENE, asimismo en el interior de la corteza terrestre se emplazaron cámaras magmáticas, que posteriormente se generarían fallamiento cortical producto de la deflexión de Cajamarca provocando conductos volcánicos en el Mioceno en la fase de intensa compresión tectónica, Inca IV, para finalmente permitir que suban fluidos hidrotermales y se emplacen formando las vetas del lugar, en esta época también se emplazaron las rocas subvolcánicas dacita y andesita y a la vez se mineralizaron.
- Se encontraron estructuras geológicas principales que ayudaron a entender la forma que tenía el depósito y el comportamiento del emplazamiento de la mineralización, estas estructuras presentan orientación promedio E-O, la zona de estudio se encuentra cizallada en esta misma dirección, entre las estructuras principales que se ha encontrado en el lugar tenemos al anticlinal de la formación Chimú, que alberga la veta Mascota en el flanco Sur, las fallas locales de rumbo dextrales, en estas se encuentran las vetas principales: Veta Mascota, Veta Protectora y Veta pozos Ricos. También se han encontrado fracturas con agrupamiento promedio en las direcciones E-O, NE-SW y NW-SE, asimismo la mayor parte del área de investigación se encuentra intruida por rocas intrusivas que son diorita y tonalita y rocas subvolcánicas de composición intermedia a ácida las cuales comprenden a andesita dacita.
- Se caracterizó la geología del estudio, determinado que en su mayoría abarcan rocas intrusivas como es el caso de diorita y tonalita al centro y Sur, rocas subvolcánicas,

andesita y dacita en el Este y Oeste y entre las rocas sedimentarias solo se encuentra la formación Chimú del cretácico inferior y aflora en el Norte, todas estas rocas sufrieron alteración hidrotermal.

- Se elaboró el plano geológico, modelo estructural, y perfiles que ayudan a interpretar mejor la geología del lugar.

REFERENCIAS

- Acosta, J., Quispe, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Villarreal, E., Paico, D., y Santisteban, A. (2018). Mapa metalogénico del Perú: operaciones y proyectos mineros. Base de datos INGEMMET.
- Acosta, J., Rivera R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Villarreal, E., Paico D., y Santisteban, A. (2016). Memoria - mapa metalogénico del Perú 2015. *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)*.
- Bazan, O y Lagos, A. (2018). Fallamiento en bloques y desacople cortical en la Deflexión de Cajamarca.
- Bazan, O y Lagos, A. (2018). Implicancias tectónicas en el magmatismo y metalogenia de la región de Cajamarca. *Sociedad Geológica del Perú*. Resúmenes Extendidos del XIX Congreso Peruano de Geología, 6p.
- Bazán, O., (2017). Evolución geotectónica de la Deflexión de Cajamarca y su implicancia en la Metalogenia del Norte del Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*. Publicación Especial N ° 12-Resúmenes ampliados del XVIII Congreso Peruano de Geología, pp. 241-245
- Benavides, V. (1956). Cretaceous System in Northern Peru. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, vol. 108, article 4, pages 353-494, text figures 1-58, plates 31-66, tables 1, 2.
- Cueva, K. (2019). *Modelamiento de los cuerpos mineralizados para determinar el método de explotación en una concesión minera de la franja metalogénica XX, La Libertad 2019* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte-sede Cajamarca, Perú.

- Davies, C. (2002). Tectonic, magmatic and metallogenic evolution of the Cajamarca mining district, northern Peru. Unpub PhD. Thesis, James Cook University, Australia.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (1994). Definición del tipo de investigación a realizar: básicamente exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa. Metodología de la investigación, México, Mc Graw Hill, Cap. 4 y 5. pp 69-78.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (1994). Diseños no experimentales de investigación. Metodología de la investigación, México, Mc Graw Hill, Cap. 6, pp244-258.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación, México, Mc Graw Hill, Cap. 1, pp 10-13.
- Marquina, R. M. (2009). *Control estructural y potencial exploratorio del distrito minero Conga, Cajamarca – Perú* (maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.
- Mucho, R. (2001). Proyectos de inversión minera y prospectos en estudio. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET*. Boletín especial, p31-158.
- Navarro, P. (2007) - Características metalogenéticas de los yacimientos asociados al Grupo Calipuy en el Norte del Perú, departamentos de la Libertad y Ancash. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, n. 102*, pp. 79-100.
- Navarro, P., Rivera, M., y Monge, R. (2010). Geología y metalogenia del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) segmento Santiago de Chuco, Norte del Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú - D 28*, p 200.
- Osorio, J., Montes, N., Velandia, F., Acosta, J., Romero, J., Diederix, H., Audemard, F., Nuñez, A. (2008). Paleosismología de la Falla de Ibagué. *Instituto*

- Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS*, publicaciones geológicas especiales número 29, Primera Edición, p.73-75.
- Pilger, H. (1984). Cenozoic plate Kinematics, subduction and magmatism: South American Andes. *Journal of the Geological Society of London*, 141: 793-802.
- Reyes, L. (1980). Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba Hojas: (15 - f, 15 - g y 16 - g), *Boletín No. 31*, serie A. Carta Geológica Nacional, (INGEMMET), Lima-Perú.
- Rivera, R., (2007). Características metalogénicas de los yacimientos asociados al volcanismo cenozoico (grupo Calipuy) en el Norte del Perú, región Cajamarca. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET*, Lima-Perú, p.82.
- Rivera, R., y Santisteban, A. (s.f.). Control estructural, producción y reservas en las franjas metalogénicas del Norte del Perú (región de Cajamarca), INGEMMET.
- Rodríguez, Gustavo A., de Azevedo, Francisco I. Jr., Coira, Beatriz, & Brodie, Colin. (2001). Mineralizaciones auríferas en sedimentitas ordovícicas de la sierra de Rinconada (Jujuy-Argentina): implicancias para la exploración minera. *Revista geológica de Chile*, 28(1), 47-66. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-02082001000100003>
- Rodríguez, I., Huanacuni, D., y Villarreal, E. (2011). Informe de las franjas metalogénicas y áreas potenciales de la región Cajamarca. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET*. Informe Técnico; N° A6498. Lima - Perú. Recuperado de <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/1704>.
- Santisteban, A., Rivera, R., y Villarreal, E. (2010). Potencial económico de la cordillera occidental del Norte del Perú. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos Programa de Metalogenia, XV Congreso Peruano de Geología, p9.

- Tristán-González, Margarito, Torres Hernández, José Ramón, Labarthe-Hernández, Guillermo, Aguillón-Robles, Alfredo, & Yza-Guzmán, Roberto. (2012). Control estructural para el emplazamiento de vetas y domos félsicos en el distrito minero de Zacatecas, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(3), 353-367. Recuperado en 10 de agosto de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222012000300007&lng=es&tlng=es.
- Welter, O. (1930). Reporte de prospecto Cascabamba – Perú, Arnaldo León & Associates, Consulting Services and the Promotion of Mining Investments.p.11-12.
- Wilkinson, J., Chang, Z., Cooke, D., Baker, M., Wilkinson, C., Inglis, S., Chen, H., Gemmell, J. (2015). The chlorite proximator: A new tool for detecting porphyry ore deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, Volume 152, p10-26.
- Woodcock, H. y Fischer, M. (1986) Strike-slip duplexes: *J. Structural Geology*, v. 25, p. 725-735
- Zuluaga, D., Torrenegra, W., y Lascarro, F. (2019). Control estructural de las mineralizaciones de barita y cobre en los corregimientos de Caracolí y Camperucho, Cesar, Colombia. *Boletín de Geología*, 41 (1), 85-96. DOI: 10.18273/revbol.v41n1-2019004.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Geología regional

La región de Cajamarca en el Norte del Perú está caracterizada por rocas sedimentarias de ambiente marino (desde el Jurásico superior al Cretáceo), que han sido deformadas por la tectónica andina y a la vez han sido intruidas por stocks porfiríticos de composición granodiorítica a diorítica, además en algunos sectores las rocas Cretácicas están cubiertas por unidades volcánicas (Grupo Calipuy) de composición andesítica a riolítica (Rivera, 2007).

Davies (2002) observó que en el Norte del país en la región Cajamarca las fallas con orientación N a NW tienen un movimiento en el sentido sinistral, del mismo modo las fallas con orientaciones NE en todas las unidades litológicas y generalmente muestran un desplazamiento dextral, Entonces se deduce que las orientaciones de las fallas en las rocas Cretácicas tienen un rango bastante amplio que van desde NW a NE. Es difícil tener una exactitud en la edad de las rocas, por motivo a que no hay relación de sobreimposición.

Rivera (2007) noto que “la mayoría de los stocks porfiríticos mineralizados tiene forma alongada y se encuentran asociados a anticlinales y al hanging wall de las fallas de cabalgamiento” p 24.

Rivera (2007) menciona que en la parte Sur de Cajamarca hay ciertos stocks porfiríticos que aún están sin datar, pero se infiere que estén relacionados a los stocks Miocénicos. Asociado a estos stocks no datados hay algunos depósitos como son Cascabamba, Catan y algunas anomalías geoquímicas reconocidas mediante un muestreo de stream sediment regional realizado por INGEMMET (2006) (datos sin publicar.)

El control estructural del Norte del Perú ha sido poco estudiado, tan solo áreas específicas y existen pocas investigaciones que hayan tratado de hacer una correlación

espacial y temporal de los tipos de estructuras que hay en esta zona (Rivera y Santisteban s.f.). El Corredor estructural Chicama – Yanacocha, es una de las pocas investigaciones locales que podemos encontrar en la zona de Cajamarca Quiroz (como se citó en Rivera y Santisteban (s.f.)).

El evento orogénico temprano conocido como Inca I, deformó las rocas sedimentarias Cretácicas. Los pliegues a escala regional son generalmente horizontales, los ejes presentan un plunge hacia el O-NO o ESE. Los anticlinales están localizados en el hanging wall de los cabalgamientos, esto llega a inferir que las fallas y los pliegues se desarrollaron contemporáneamente. Por lo cual se deduce que la dirección de compresión fue NNE, donde estas orientaciones coinciden con la convergencia oblicua de la placa propuesta por Pilger (1984).

En la Figura 83, se representa la edad de mineralización de Cascabamba inferida por Rivera (2007), en un esquema resumido de la tectónica del Norte del Perú,

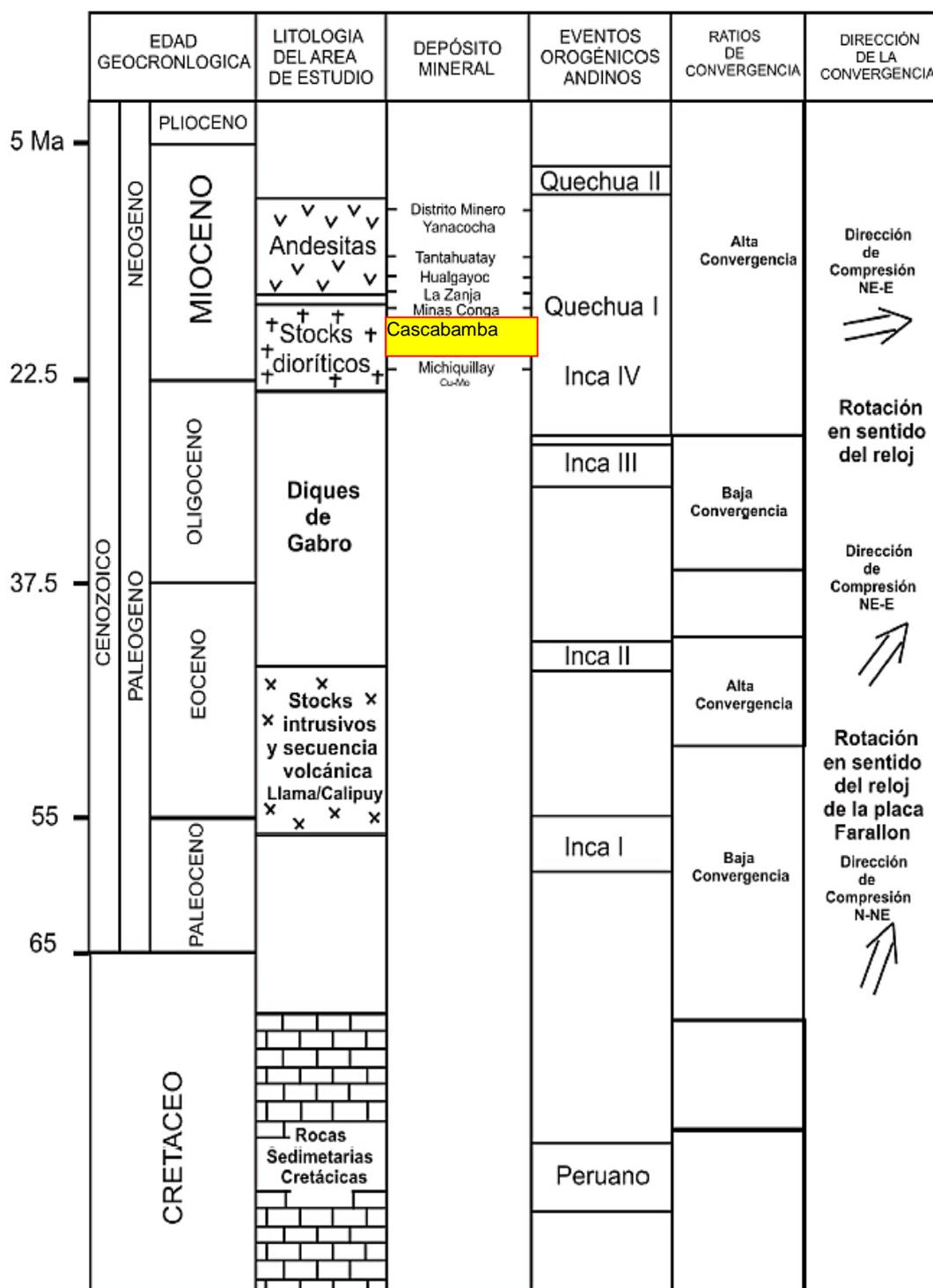


Figura 83. Esquema resumido de la tectónica del Norte del Perú. Fuente: Turner (1997), Llosa et al (1996), Megart (1984), Pardo-Casas y Molnar (1987), pilger (1984), modificado de Richard, D (como se citó en Rivera, 2007).

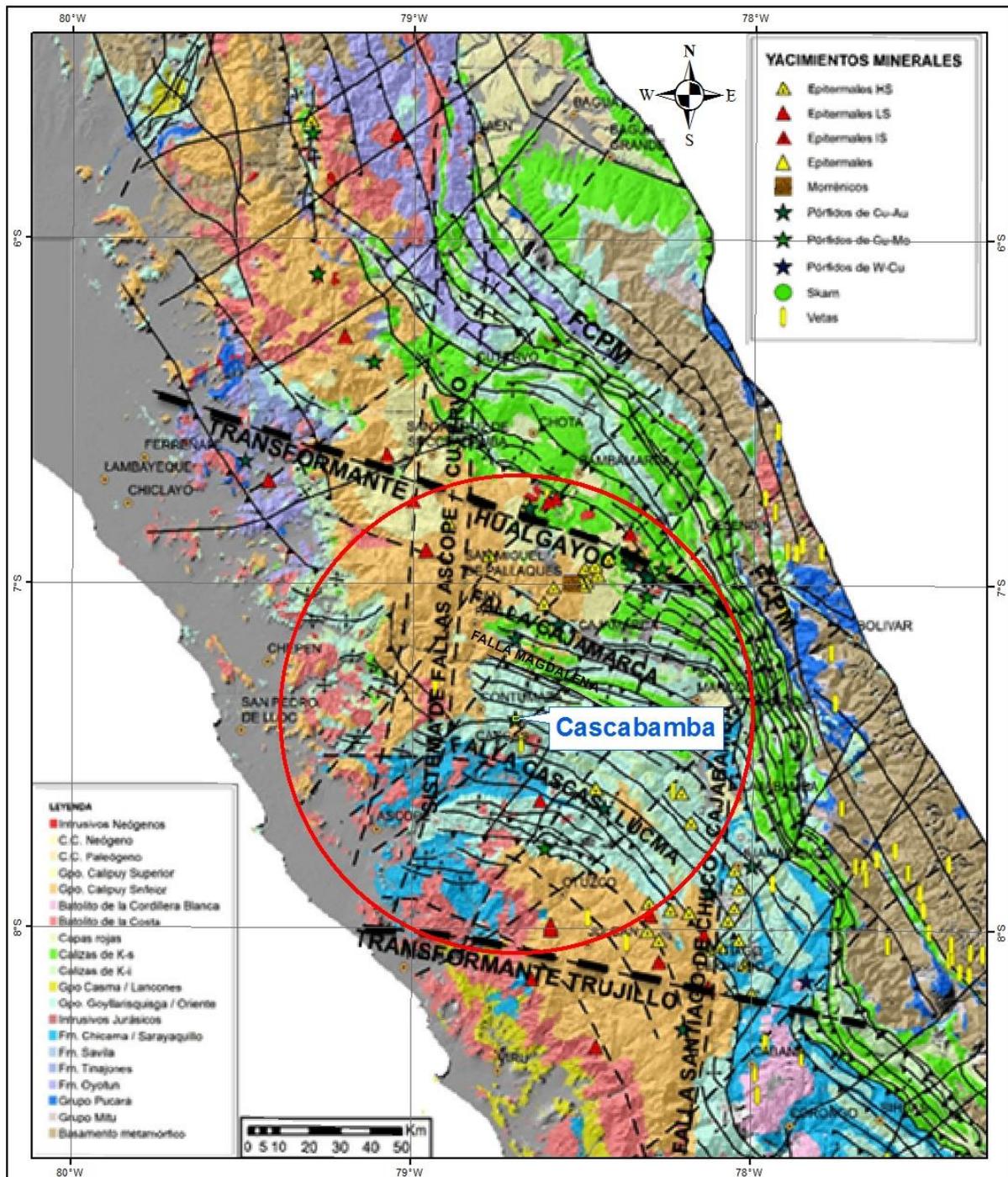


Figura 84. Mapa geológico regional de la deflexión de Cajamarca mostrando el área de estudio-Cascabamba. Fuente: (tomado y modificado de Bazán y Lagos, 2018).

En la figura 84, se representa en plano geológico regional de la zona de estudio, en el cual se puede visualizar que Cascabamba se encuentra entre las fallas inversas: Cascas-Lucma y falla Cajamarca, además de la dirección de estructuras es E-O.

Reyes (1980) indica que estas rocas intrusivas en el cuadrángulo de Cajamarca se encuentran dispersos y que no permiten realizar una relación de los mismos; sin embargo, tomando en cuenta los estudios de lugares cercanos, define que la secuencia intrusiva tendría la relación paragenética de esta manera: diorita - granodiorita - tonalita - granitos - dacitas - andesitas porfiríticas.

Las intrusiones en torno a la deflexión de Cajamarca se inician en el cretácico superior, después de la fase tectónica peruana, en donde hubo intrusiones del batolito de la costa, con rocas de la serie calcoalcalinas o calcoalcalinas ricas en K, granitos y granodioritas Mamani et. al. 2010 (como se citó en Bazán, 20017), en Cascabamba afloran Dioritas y tonalitas que se relacionan a esta fase. También afloran rocas subvolcanicas de composición intermedias a acidas, que comprenden a andesitas y dacitas, las cuales ocurrieron en la fase tectónica Inca IV, donde el desplazamiento del arco volcánico va hacia el Este arco volcánico Calipuy Mamani et. al. 2010 (como se citó en Bazán, 20017), es aquí donde se inicia la época metalogénica micénica emplazando los pórfidos de Minas Conga, Michiquillay entre otros (Bazán, 20017), así mismo también se emplaza la mineralización en Cascabamba con el stock dacítico porfirítico, quien se infiere trajo la mineralización.

ANEXO N° 2. Metalogenia

Los yacimientos minerales asociadas al área de estudio, se encuentran hospedados en los depósitos volcánicos que fueron expulsados por los centros eruptivos emplazados a partir del Eoceno al Mioceno, edad del volcanismo Calipuy; estos depósitos presentan mineralización de tipo pórfido, epitermal de alta y baja sulfuración. Por ejemplo: Salpo, Shahuindo, Algamarca, Urumalqui, Sayapullo, Machacala, La Arena y Cascabamba (Navarro 2007).

La Franja XXI-B es de Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias (Figura 85), se ubica al Norte del Perú, la cual alberga yacimientos epitermales de alta sulfuración hospedados en secuencias silicoclásticas del Cretácico inferior del Grupo Goyllarisquizga, con una edad de mineralización de 17 a 14. Los depósitos más importantes son Alto Chicama (Lagunas Norte), La Virgen, Santa Rosa, Rosario de Belén y Shahuindo (Acosta et al., 2016). Según la base de datos del INGEMMET (2018), el depósito de Cascabamba lo define en la presente franja pero en el informe realizado por Rodríguez, Huanacuni y Villarreal, (2011), refieren que la franja XX (Pórfidos de Cu-Mo, skarns de Cu-Zn-Pb-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno), se encuentra constituida por dos subfranjas, la primera está controlada por el sistema de fallas Punre-Canchis, el cual presenta una clara orientación NW (Entre los principales depósitos emplazados en esta franja tenemos los pórfidos de Michiquillay, El Galeno, Minas Conga con edades entre 21.30 y 15.58 Ma), la segunda subfranja se encuentra en la parte Sur de nuestra zona de estudio y tiene una clara orientación E-W y se encuentra limitada por el sistema de fallas Quesquenda (Figura 86); entre los principales depósitos característicos tenemos: Cascabamba, Las edades de mineralización entre ambas subfranjas es muy parecido.

ANEXO N° 3. Épocas metalogenéticas

Noble y McKee; Noble et al., (como se citó en Navarro, 2007) indican que las edades de mineralización reportadas en la zona de estudios comprendidas desde los 18.8 Ma hasta los 14 Ma, establecieron una gran franja mineralizante ocurrida en el Mioceno, la cual puede dividirse a su vez en cuatro subfranjas: El Toro – Michiquillay, Magistral – Algamarca, Quiruvilca – Pierina y Subfranja Pachagón – Cascabamba.

La Sub franja Pachagón – Cascabamba (Figura 87), se ubica hacia el Oeste de la subfranja Quiruvilca – Pierina, está conformada por un depósito tipo pórfido de cobre-plata. La edad reportada es de 18.8 Ma (Navarro, Rivera, y Monge, 2010). En el área de estudio, el emplazamiento de los cuerpos intrusivos se da en dos periodos, uno entre 45 y 25 Ma, y el otro entre 23 y 18 Ma. Ambos periodos parecen coincidir con los eventos tectónicos Inca II (43 a 42 Ma), Inca III (28 Ma), Inca IV (24 Ma) y Quechua I (17 Ma), descritos por Benavides (como se citó en Navarro et al., 2010). Estos eventos tectónicos han controlado las cuatro etapas eruptivas del volcanismo Calipuy sucedido entre el Eoceno y Mioceno: Eoceno-Oligoceno inferior (~40-28 Ma), Oligoceno superior (~28-24 Ma), Mioceno inferior (~23-17 Ma), Mioceno medio (~17-10 Ma) (Navarro et al., 2010).

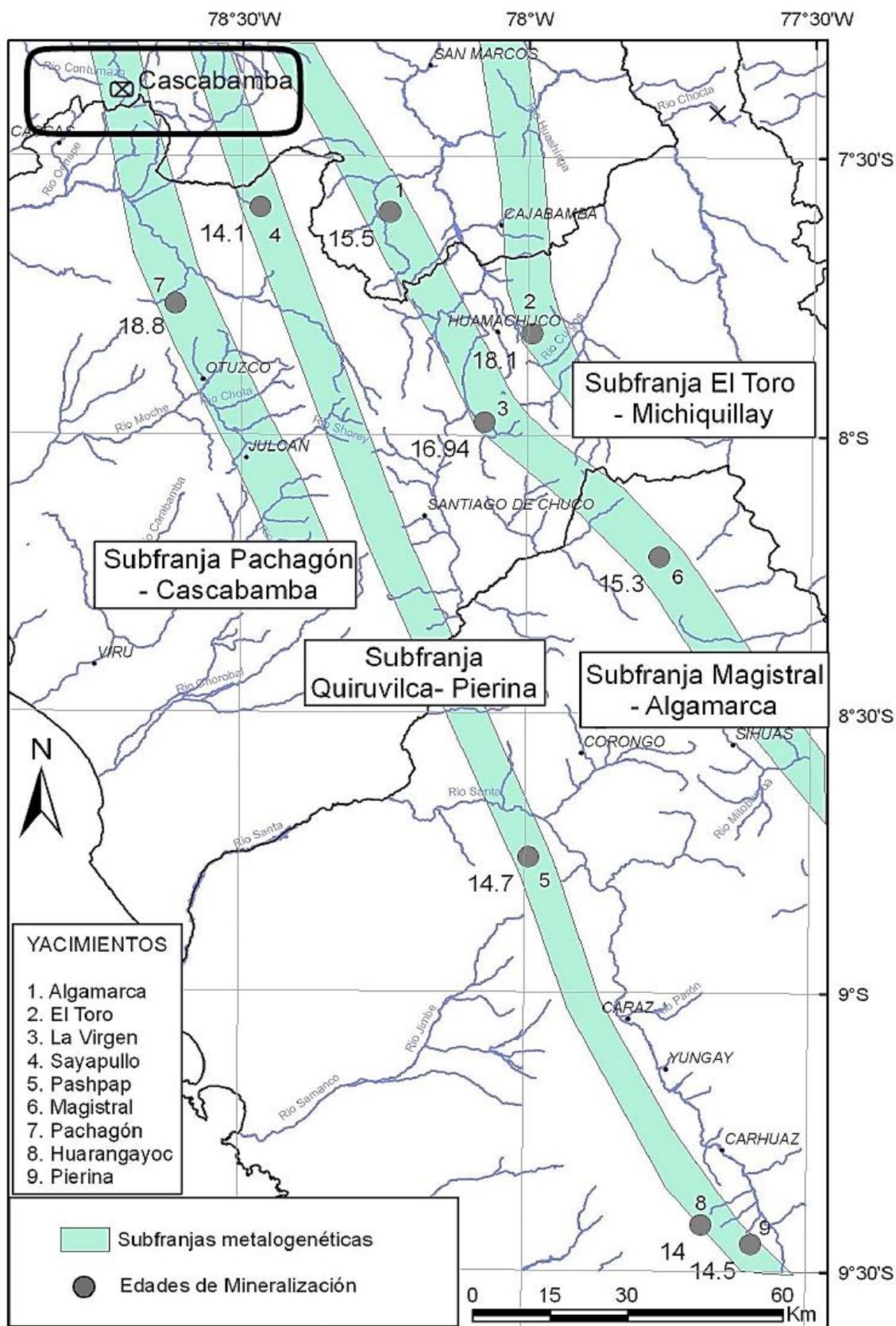


Figura 87. Mapa de Épocas Metalogenéticas que comprende la sub franja Pachagón – Cascabamba. Fuente: modificado de Noble et al. (como se citó en Navarro 2007).

ANEXO N° 4. Análisis de muestra n°1, tomada en la veta protectora



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : LEONARDO ALEXANDER LEIVA MORAN# C OD. 39339
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA 1
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR
FECHA DE RECEPCIÓN : 16/09/2019
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	0.31
Au - ORO (oz/te)	0.01
Ag - PLATA (g/tm)	34.79
Ag - PLATA (oz/te)	1.01

Fecha de Emisión: 16/09/2019

*Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.

*Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máxima de 1 mes.



Ing. Julio Oscar Alvarado
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. N° 185126

ANEXO N° 5 Análisis de muestra n°2, tomada en la veta Mascota



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : LEONARDO ALEXANDER LEIVA MORALES COD. 39339
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA 2
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR
FECHA DE RECEPCIÓN : 16/09/2019
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	7.39
Au - ORO (oz/te)	0.22
Ag - PLATA (g/tm)	131.11
Ag - PLATA (oz/te)	3.82

Fecha de Emisión: 16/09/2019

*Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Ing. Julio Oscar Alvarado
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. N° 185125

ANEXO N° 6. Análisis de muestra n°3, tomada en la veta Pozos Ricos



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : LEONARDO ALEXANDER LEIVA MORALES COD. 39339
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA 3
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR
FECHA DE RECEPCIÓN : 16/09/2019
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	4.75
Au - ORO (oz/te)	0.14
Ag - PLATA (g/tm)	107.35
Ag - PLATA (oz/te)	3.13

Fecha de Emisión: 16/09/2019
 *Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.
 *Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.
 *Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Ing. Julio Ortiz Alvarado
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. N° 185126

ANEXO N° 7. Análisis de muestra n°4, tomada en la veta Pozos Ricos.



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : LEONARDO ALEXANDER LEIVA MORAN# COD. 39339
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA 4
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR
FECHA DE RECEPCIÓN : 16/09/2019
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	8.81
Au - ORO (oz/tc)	0.26
Ag - PLATA (g/tm)	61.59
Ag - PLATA (oz/tc)	1.80

Fecha de Emisión: 16/09/2019
 *Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.
 *Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.
 *Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máxima de 1 mes.


 Ing. Julio Oscar Alvarado
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. N° 185126

ANEXO N° 8. Análisis de muestra n°1, tomada en la veta Mascota.



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : LEONARDO ALEXANDER LEIVA MORALES COD. 39339

TIPO DE MUESTRA : MINERAL

IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA5

MUESTRAS RECIBIDAS : 1

DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR

FECHA DE RECEPCIÓN : 16/09/2019

INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE

METODO ANALÍTICO : VIA SECA - VOLUMETRIA

RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	11.43
Au - ORO (oz/te)	0.33
Ag - PLATA (g/tm)	1213.37
Ag - PLATA (oz/te)	35.38
Cu - COBRE (%)	1.15

Fecha de Emisión: 16/09/2019

*Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Ing. Julio Oscar Alvarado
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 185126

ANEXO N° 9. Análisis de muestra n°6, tomada en Pórfido



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : LEONARDO ALEXANDER LEIVA MORALES COD. 39339
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA 6
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR
FECHA DE RECEPCIÓN : 16/09/2019
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	0.21
Au - ORO (oz/te)	0.01
Ag - PLATA (g/tm)	40.39
Ag - PLATA (oz/te)	1.18

Fecha de Emisión: 16/09/2019

*Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Ing. Julio Octavio Alvarado
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 185126

ANEXO N° 10. Análisis de muestra n°7, tomada en la veta Pozos Ricos.



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : LEONARDO ALEXANDER LEIVA MORALES COD. 39339

TIPO DE MUESTRA : MINERAL

IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA 7

MUESTRAS RECIBIDAS : 1

DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR

FECHA DE RECEPCIÓN : 16/09/2019

INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE

METODO ANALÍTICO : VIA SECA

RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	5.84
Au - ORO (oz/tc)	0.17
Ag - PLATA (g/tm)	1470.86
Ag - PLATA (oz/tc)	42.89

Fecha de Emisión: 16/09/2019
 *Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.
 *Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.
 *Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máxima de 1 mes.



Ing. Julio Oscar Alvarado
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. N° 185126

ANEXO N° 11. Análisis de muestra n°8, tomada en pórfido.



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : LEONARDO ALEXANDER LEIVA MORALES C OD. 39339

TIPO DE MUESTRA : MINERAL

IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA 8

MUESTRAS RECIBIDAS : 1

DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR

FECHA DE RECEPCIÓN : 16/09/2019

INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE

METODO ANALÍTICO : VIA SECA - VOLUMETRIA

RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	0.21
Au - ORO (oz/te)	0.01
Ag - PLATA (g/tm)	37.29
Ag - PLATA (oz/te)	1.09
Cu - COBRE (%)	0.05

Fecha de Emisión: 16/09/2019
 *Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.
 *Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.
 *Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Ing. Julio Ortiz Alvarado
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. N° 185126

ANEXO N° 12 Análisis de muestra n°9, tomada en la veta protectora



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : LEONARDO ALEXANDER LEIVA MORALES COD. 39339

TIPO DE MUESTRA : MINERAL

IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA 9

MUESTRAS RECIBIDAS : 1

DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR

FECHA DE RECEPCIÓN : 16/09/2019

INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE

METODO ANALÍTICO : VIA SECA

RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	0.19
Au - ORO (oz/te)	0.01
Ag - PLATA (g/tm)	36.31
Ag - PLATA (oz/te)	1.06

Fecha de Emisión: 16/09/2019

*Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Ing. Julio Ochoa Altamirano
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 185126

ANEXO N° 13. Análisis de muestra Lote 1, tomada en la veta Mascota.



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : CARLOS ENRIQUE ROJAS MONZON **Nº COD. 37971**
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : LOTE 1
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA PRECINTADA
FECHA DE RECEPCIÓN : 30/08/2019
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	13.89
Au - ORO (oz/tc)	0.41
Ag - PLATA (g/tm)	792.41
Ag - PLATA (oz/tc)	23.11
H2O - HUMEDAD (%)	4.46

Fecha de Emisión: 31/08/2019
 *Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.
 *Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.
 *Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Jefe de Laboratorio
Jefe de Laboratorio
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 185126

ANEXO N° 14. Análisis de muestra 2 arriba, tomada en la Pozos Ricos.



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : CARLOS ENRIQUE ROJAS MONZON **N° COD. 36227**
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : 2 ARRIBA
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR
FECHA DE RECEPCIÓN : 8/08/2019
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA - VOLUMETRIA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	5.41
Au - ORO (oz/tc)	0.16
Ag - PLATA (g/tm)	1604.39
Ag - PLATA (oz/tc)	46.78
Cu - COBRE (%)	2.79

Fecha de Emisión: 9/08/2019

*Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.

*Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Jefe de Laboratorio
Jefe de Laboratorio
 Jefe de Laboratorio
 CIP. N° 185126

ANEXO N° 15. Análisis de muestra Lote 2, tomada en la veta protectora



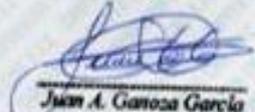
CC LABORATORIO
ANÁLISIS DE MINERALES E INVESTIGACIONES METALÚRGICAS

INFORME DE ENSAYO N° 023108

CLIENTE	: VICTOR PAREDES ANGULO
TIPO DE MUESTRA	: MIXTO
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 1
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES	: MOLIDO
APELATIVO DE LA MUESTRA	: LOTE 2
PERSONA QUE SOLICITA EL INFORME	: VICTOR PAREDES
FECHA DE RECEPCION	: 31/08/2019
INSTRUCCIÓN DE ANÁLISIS	: Tipo Lote
MÉTODO ANALÍTICO	: FIRE ASSAY, A.A., DIGESTIÓN, A.A.
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS	: 31/08/2019
RESULTADOS	:

CODIGO DE MUESTRA	ORO Au(g/tm)	ORO Au(oz/tc)	PLATA Ag(g/tm)	PLATA Ag(oz/tc)
LOTE 2	13.700	0.400	769.744	22.451

CODIGO DE MUESTRA	HUMEDAD %H2O
LOTE 2	4.35



Juan A. Garosa Garcia
ING. QUÍMICO
R. CIP. 132639

Fecha de Emisión: 31/08/2019

Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización de Corporación Copper Cave s.a.o.
Los Resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestro Laboratorio.
Los remanente de la muestras se guardarán por un periodo máximo de 60 días.

 991 855 179 / 954 199 906  cclaboratorio1@gmail.com
 Lima: Av. Circunvalación del Club Golf Los Incas N° 134 Torre 2 Of. 907 noveno piso
 Urb. del Club Golf Los Incas - Santiago de Surco
 Trujillo: Lote 3C Mz. C12 Reactivación 2007 Primera Fase Etapa Vigésimo Octava Parque Incahuasi - La Esperanza

ANEXO N° 16. Tabla de datos de fallas

N°	ESTE	NORTE	COTA	AZ	BUZ	PITCH	CN
1	753564	9182208	3695	N 85	SE 69	40 SE	NxDx
2	753577	9182212	3699	N 105	SW 62	8 NW	NxDx
3	753577	9182212	3699	N 100	SW 59	15 NE	NxDx
4	753853	9182100	3755	N 95	SE 89		Dx
5	754005	9182140	3792	N 110	SW 60	20 NE	Dx
6	754287	9182167	3850	N 100	SW 75	22 W	Nx
7	754300	9182168	3847	N 45	SE 76	2 SW	Nx
8	754300	9182168	3847	N 105	SW 55		Dx

ANEXO N° 17. Tabla de datos de vetas y vetillas.

N°	ESTE	NORTE	COTA	N	AZ	DIP/DIRE	BUZ	Bz	NC
1	753532	9182342	3734	N	59	149	82	SE	B
2	753525	9182327	3730	N	100	190	74	SW	B
3	753525	9182312	3731	N	15	105	80	SE	R
4	753558	9182295	3720	N	95	185	85	SW	B
5	753437	9182356	3708	N	8	98			B
6	753437	9182356	3708	N	85	175	89	SE	B
7	753625	9182286	3712	N	103	193	68	SW	R
8	753625	9182286	3712	N	290	20	84	NE	B
9	753625	9182286	3712	N	113	203	73	SE	B
10	753557	9182237	3690	N	110	200	90	SW	R
11	753573	9182209	3700	N	85	175	59	SE	B
12	753573	9182209	3700	N	318	48	64	SW	B
13	753619	9182065	3671	N	79	169	83	SE	B
14	753513	9182041	3617	N	260	350	75	NW	B
15	753381	9182342	3676	N	270	360	80	NW	B
16	753381	9182342	3676	N	270	360	89	N	B
17	753381	9182342	3676	N	190	280	78	SE	B
18	753381	9182342	3676	N	265	355	94	SW	B
19	753416	9182410	3720	N	112	202	43	SW	B
20	753510	9182438	3747	N	115	205	81	SE	B
21	753798	9182222	3754	N	135	225	71	SW	B
22	753840	9182125	3748	N	280	370	65	NE	B
23	753853	9182100	3755	N	95	185	90	S	B
24	753908	9182120	3757	N	85	175	70	SE	B
25	753885	9182133	3759	N	263	353	59	NW	B
26	753885	9182133	3759	N	96	186	8	SE	B
27	753967	9182129	3777	N	70	160	55	SE	B
28	753950	9182128	3969	N	90	180	89	S	B
29	753954	9182130	3767	N	310	40	65	NE	B
30	754089	9182151	3800	N	75	165	78	SE	B
31	754131	9182159	3819	N	90	180	87	S	R
32	754131	9182159	3819	N	115	205	90		B
33	754239	9182169	3843	N	305	395	70	NE	B
34	754333	9182126	3887	N	270	360	68	N	R
35	753933	9182249	3788	N	90	180	88	S	B
36	754316	9181994	3879	N	45	135	72	SE	B
37	754316	9181994	3879	N	105	195	75	SW	B
38	754351	9181986	3878	N	310	40	70	NE	B
39	754373	9181873	3916	N	267	357	89	NE	B
40	754373	9181873	3916	N	85	175	69	SE	B
41	754373	9181873	3916	N	312	42	69	NE	B
42	754373	9181873	3916	N	267	357	83	NW	B

43	754373	9181873	3916	N	290	20	88	NE	B
44	754373	9181873	3916	N	215	305	84	NW	B
45	754483	9181856	3946	N	310	40	84	NE	B
46	754483	9181856	3946	N	325	55	90	SW	B
47	754665	9181897	3938	N	280	10	67	SW	B
48	754665	9181897	3938	N	286	16	80	NE	R
49	754666	9181928	3943	N	250	340	80	NE	B
50	754657	9182112	3937	N	284	14	75	NE	B
51	754972	9182853	3876	N	280	10	58	NE	B
52	754670	9182247	3890	N	150	240	70	NE	B
53	753750	9182478	3745	N	265	355	82	NW	B
54	753750	9182478	3745	N	265	355	56	NW	B
55	753750	9182478	3745	N	80	170	82	SE	B

ANEXO N° 18. Tabla de datos de fracturas.

N°	ESTE	NORTE	COTA	AZ	BUZ	NC
1	753525	9182391	3743	N 157	70 SW	R
2	753525	9182391	3743	N 245	84 NW	B
3	753525	9182391	3743	N 165	80 SW	B
4	753525	9182391	3743	N 66	82 SE	B
5	753525	9182391	3743	N 25	70 SE	B
6	753560	9182342	3730	N 80	784 SE	B
7	753560	9182342	3730	N 350	18 NE	R
8	753452	9182432	3739	N 41	46 SE	B
9	753452	9182432	3739	N 120	35 SW	B
10	753452	9182432	3739	N 21	70 SE	B
11	753452	9182432	3739	N 70	78 SE	B
12	753839	9182251	3753	N 91	91 SW	B
13	753734	9182190	3744	N 290	70 NE	B
14	753741	9182161	3799	N 265	80 SE	B
15	753741	9182161	3799	N 85	72 SE	B
16	753853	9182100	3755	N 95	90 S	B
17	754028	9182165	3801	N 355	65 SE	B
18	754028	9182165	3801	N 100	65 SW	B
19	754283	9182169	3843	N 104	69 SW	B
20	754427	9182115	3874	N 40	85 SE	R
21	754427	9182115	3874	N 332	84 NE	B
22	754427	9182115	3874	N 340	62 SW	B
23	754427	9182115	3874	N 50	60 SE	B
24	754427	9182115	3874	N 38	68 SE	B
25	754427	9182115	3874	N 290	52 NE	B
26	754427	9182115	3874	N 162	68 SW	B
27	753968	9182204	3800	N 1	51 E	B
28	753968	9182204	3800	N 115	70 NE	B
29	754316	9181994	3879	N 300	66 NE	B
30	754657	9182112	3937	N 289	65 NE	R
31	754830	9182194	3935	N 90	74 N	B
32	754830	9182194	3935	N 340	85 NE	B
33	754999	9182213	3946	N 112	74 NE	B
34	755053	9182232	3949	N 260	82 NW	B
35	755053	9182232	3949	N 100	82 SW	B
36	755241	9182463	3957	N 95	79 SE	B
37	755085	9182719	3928	N 335	11 NE	B

ANEXO N° 19. Tabla de datos de direcciones de vetillas

N°	ESTE	NORTE	COTA	AZ	NC
1	753525	9182391	3743	N 100	R
2	753416	9182410	3720	N 260	B
3	753416	9182410	3720	N 270	R
4	753737	9182263	3759	N 215	B
5	754333	9182126	3887	N 200	R
6	754477	9182137	3882	N 95	R
7	754477	9182137	3882	N 85	R
8	754477	9182137	3882	N 150	B
9	754477	9182137	3882	N 88	B
10	754477	9182137	3882	N 80	R
11	754477	9182137	3882	N 95	R
12	754477	9182137	3882	N 86	R
13	754316	9181994	3879	N 290	R
14	754316	9181994	3879	N 270	R
15	754316	9181994	3879	N 15	B
16	754316	9181994	3879	N 35	R
17	754351	9181986	3878	N 315	R
18	754351	9181986	3878	N 29	B
19	754351	9181986	3878	N 15	R
20	754351	9181986	3878	N 260	R
21	754373	9181873	3916	N 235	R
22	754373	9181873	3916	N 315	R
23	754373	9181873	3916	N 65	R
24	754373	9181873	3916	N 25	B
25	754373	9181873	3916	N 149	R
26	754666	9181928	3943	N 350	R
27	754666	9181928	3943	N 320	R
28	754671	9181986	3942	N 300	R
29	754657	9182112	3937	N 275	B
30	754657	9182112	3937	N 295	B
31	755241	9182463	3957	N 260	B
32	753750	9182478	3745	N 100	B

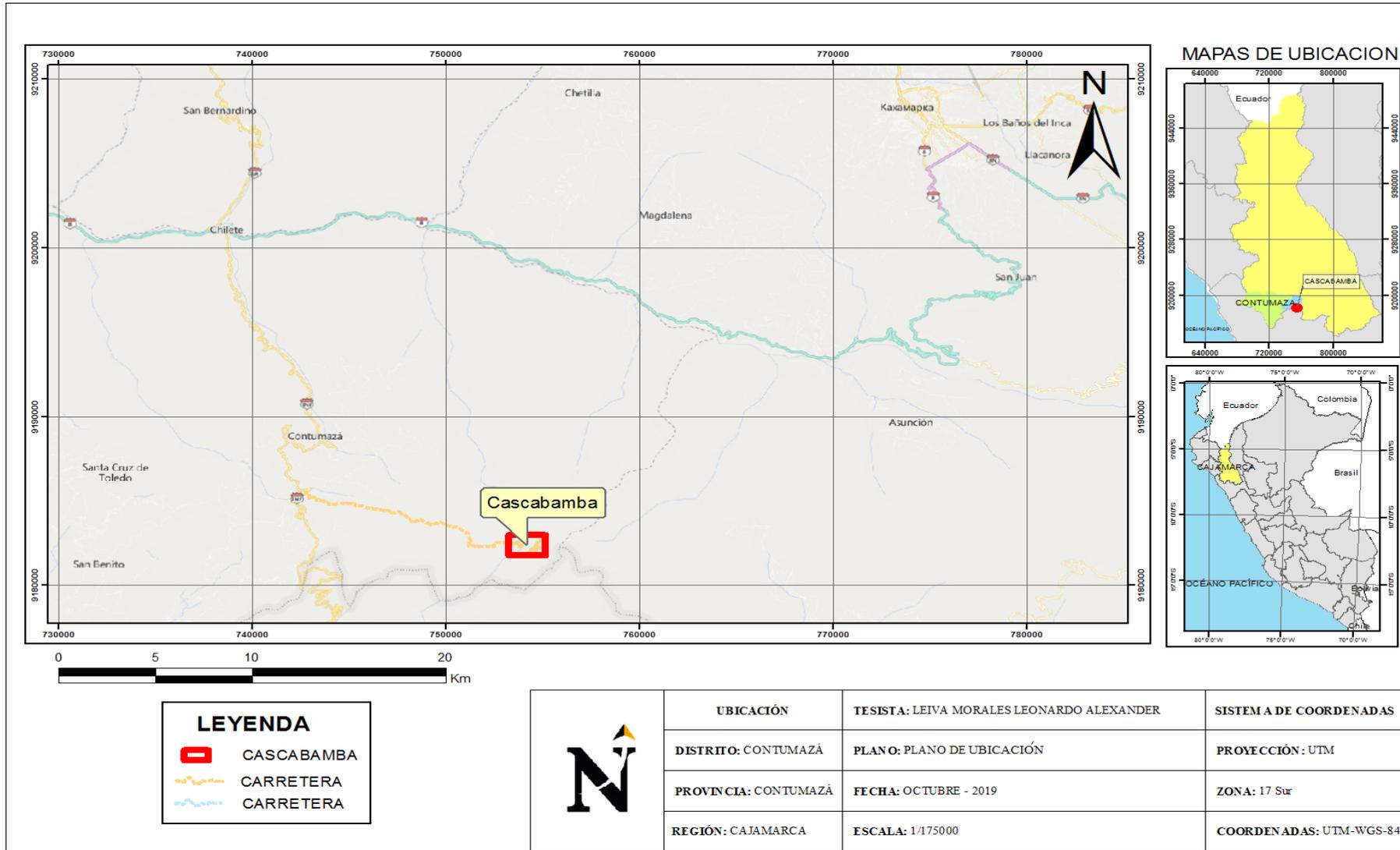
ANEXO N° 20. Tabla de datos de estratos

N°	ESTE	NORTE	COTA	AZ	BUZ	NC
1	753931	9182285	3780	N 86	80 SE	B
2	753968	9182204	3800	N 82	84 SE	B
3	753827	9182802	3945	N 75	50 SE	B
4	753582	9182926	3950	N 259	40 NW	B

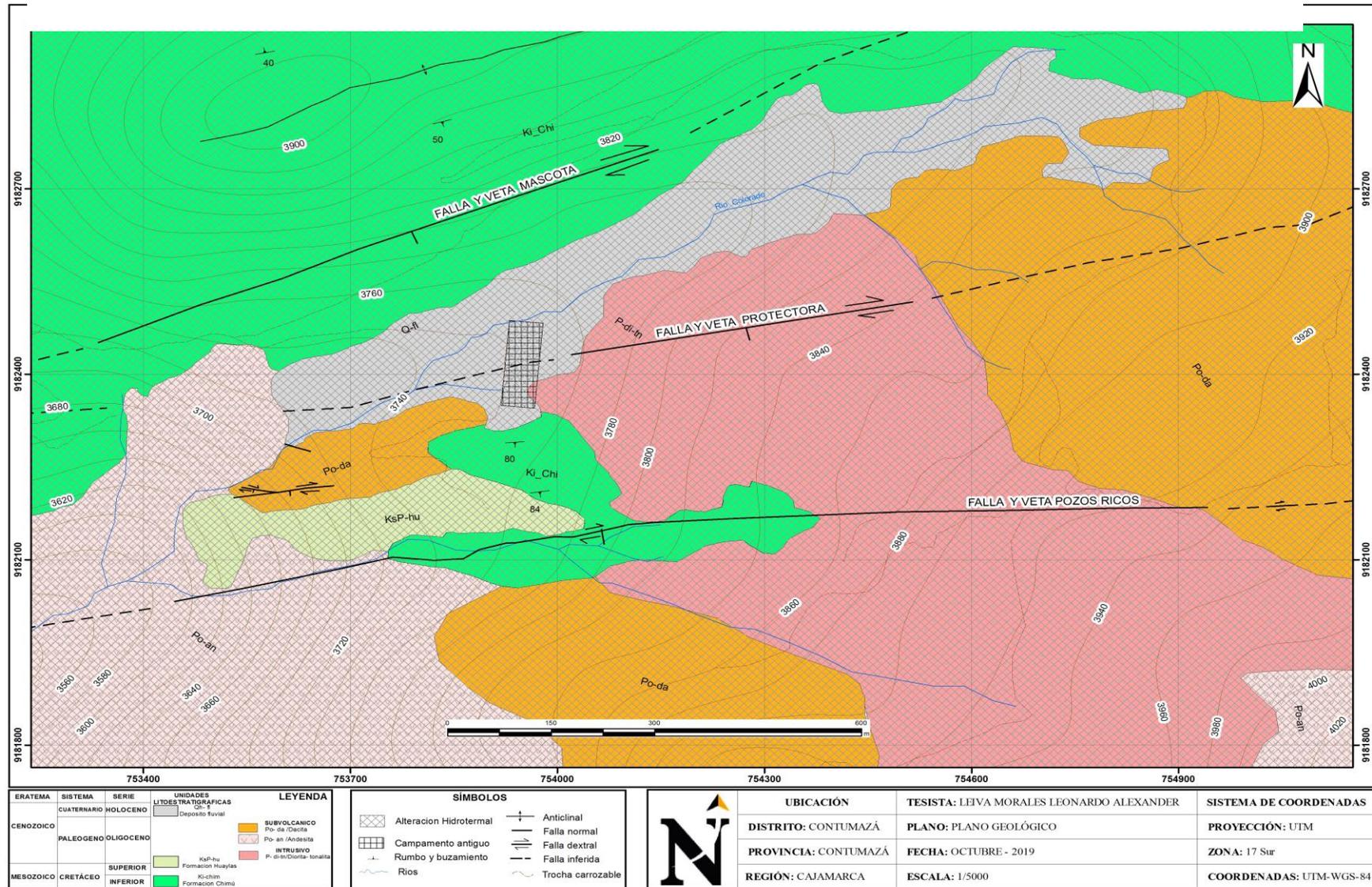
ANEXO N° 21. Muestras enviadas al laboratorio



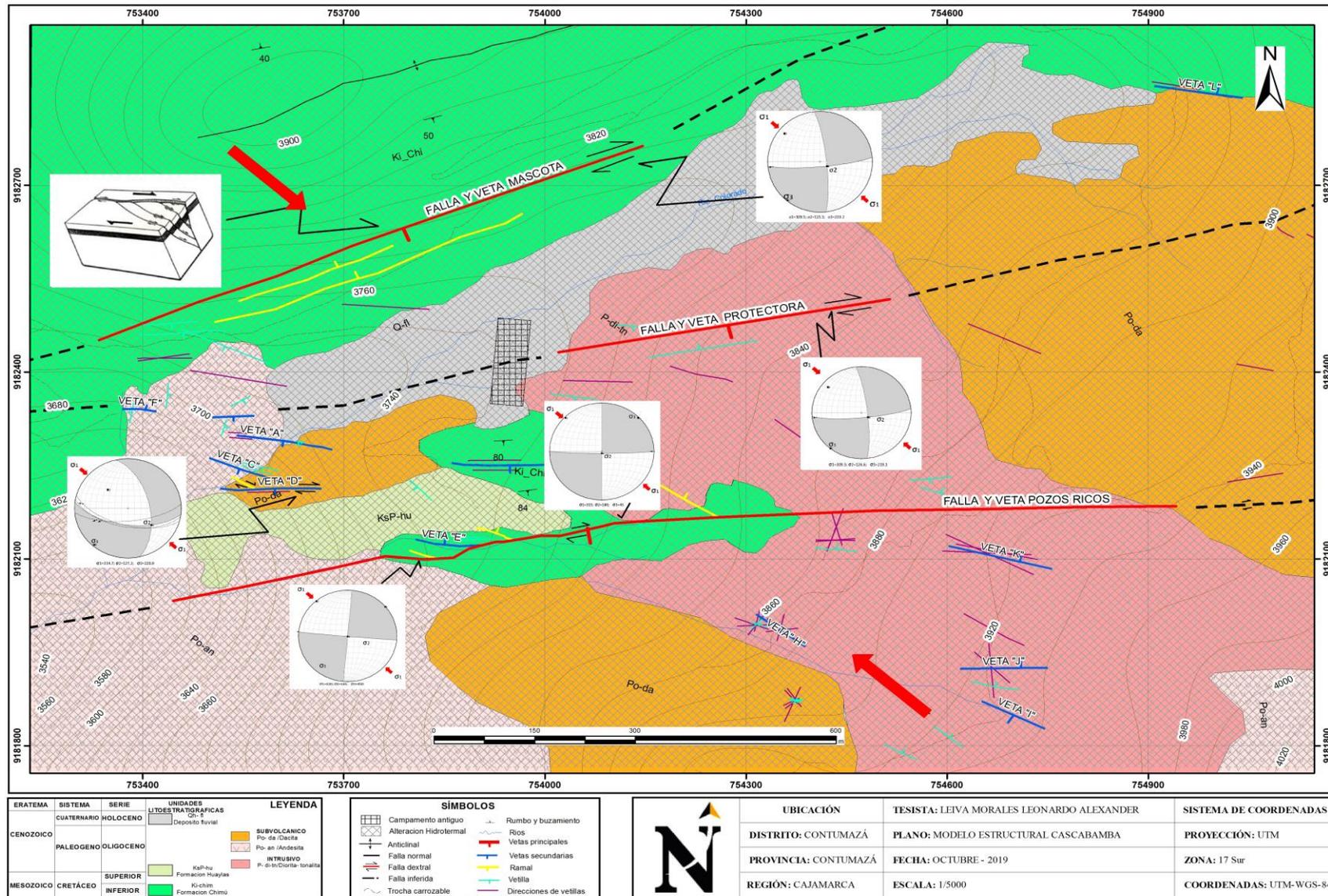
ANEXO N° 22. Plano de ubicación de la zona de estudio



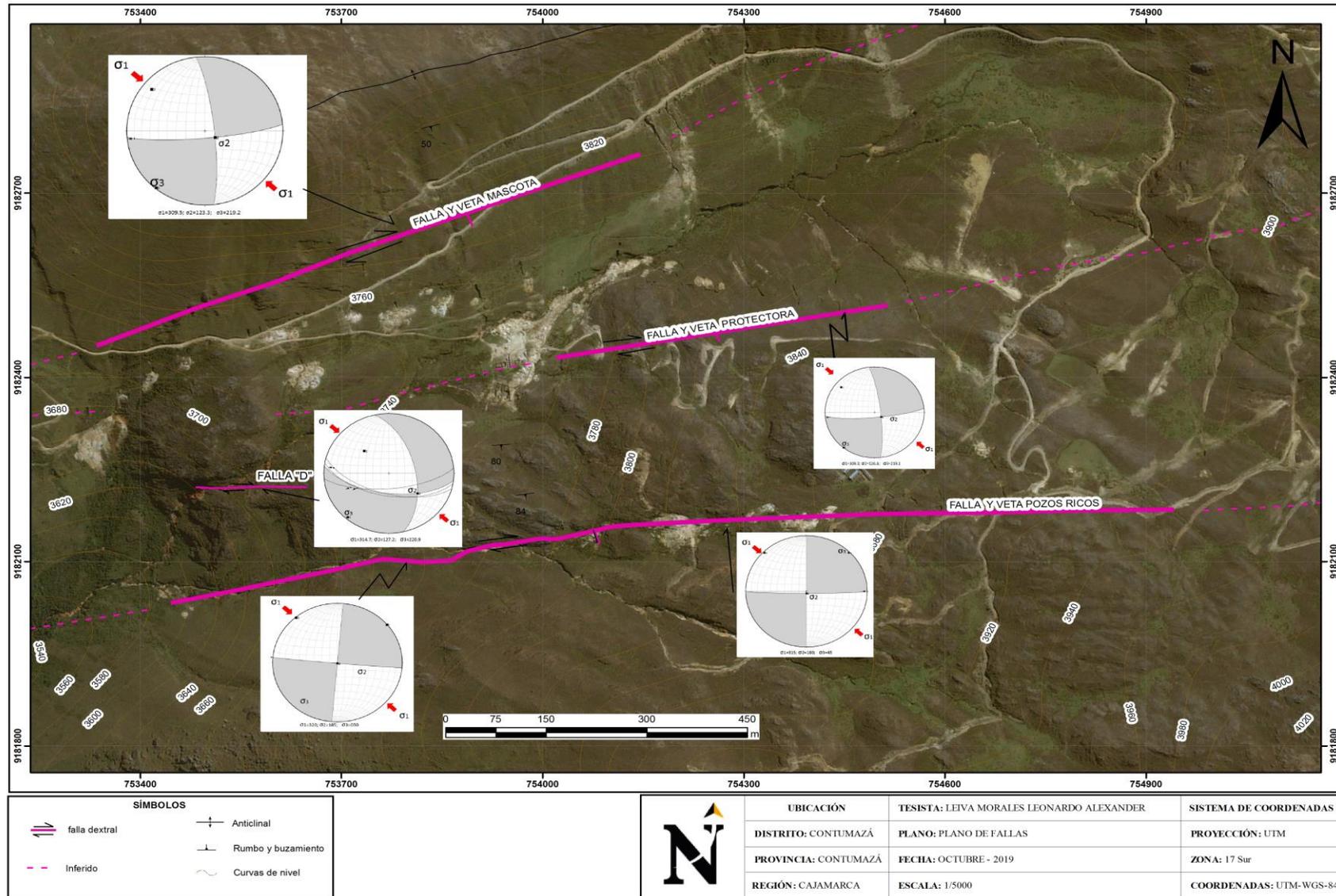
ANEXO N° 23. Plano geológico de la zona de estudio.



ANEXO N° 24. Modelo estructural de la zona de estudio.



ANEXO N° 25. Plano de fallas de la zona de estudio.



ANEXO N° 26. Plano de vetas de la zona de estudio

