

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TESIS

“VARIACIONES EN LOS CONTENIDOS DE FE-CD, Y SU RELACIÓN
CON LA TEMPERATURA EN LAS ESFALERITAS DEL YACIMIENTO
DOMINGO SAVIO, BOLOGNESI – ANCASH - PERÚ”

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN INGENIERÍA GEOLÓGICA

ELABORADO POR:
CARLOS ALBERTO ROJAS LEÓN

ASESOR
Dr. Ing. EITEL ROLANDO CARRASCAL MIRANDA

LIMA – PERÚ
2023

DEDICATORIA

A mi querida madre y a la mayor de mis apreciadas hermanas, quienes, a pesar de no acompañarme físicamente, viven eternamente en mi corazón, por el cariño brindado como por su contribución a mi persona; igualmente dedicado a mi señor padre, demás hermanos y cónyuge, los que indirectamente me dieron las fuerzas necesarias para poder culminar esta etapa de mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a los docentes de la Maestría en Ingeniería Geológica del Posgrado FIGMM, quienes volcaron sus conocimientos a los integrantes del master, guiándonos en el transcurso de nuestros estudios.

De manera especial para mi asesor, el Doctor Eitel Rolando Carrascal Miranda y al Ms. Sc. Ramiro Santiago quienes me orientaron y aconsejaron en la presentación de la tesis de Maestría.

Asimismo, al Máster José Andrés Yparraguirre, quien me apoyó en los análisis de laboratorio de inclusiones fluidas, igualmente al Máster Atilio Mendoza por su apoyo en los análisis químicos en el Laboratorio de Espectrometría de la FIGMM y, a todos aquellos que de una forma u otra me ayudaron en la consolidación del presente trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO I.....	16
GENERALIDADES.....	16
1.1 Antecedentes Bibliográficos	16
1.1.1 Antecedentes Internacionales.....	17
1.1.2 Antecedentes Nacionales	18
1.1.3 Antecedentes Locales.....	19
1.2 Descripción de la realidad problemática.....	19
1.3 Formulación del problema	20
1.4 Justificación e importancia de la investigación.....	20
1.4.1 Teórica.....	20
1.4.2 Práctica.....	21
1.4.3 Personal.....	21
1.5 Objetivos	21
1.5.1 Objetivo general.....	21
1.5.2 Objetivos específicos	21
1.6 Hipótesis.....	22
1.6.1 Hipótesis general.....	22
1.6.2 Hipótesis específicas	22
1.7 Variables e Indicadores	22
1.7.1 Variables Independientes	22
1.7.2 Variables Dependientes.....	22
1.8 Periodo de análisis.....	23
1.8.1 Cronograma de actividades	23

CAPÍTULO II.....	25
MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL	25
2.1 Bases Teóricas.....	25
2.1.1 Inclusiones fluidas, naturaleza y significado	25
2.1.2 Principio de Sorby.....	25
2.1.3 Aplicaciones de los estudios de inclusiones fluidas.....	28
2.2 Marco Geológico Regional	29
2.2.1 Ubicación y acceso.....	29
2.2.2 Estratigrafía.....	33
2.2.2.1 Formación Chimú (Valanginiano inferior-medio)	33
2.2.2.2 Formación Santa (Valanginiano superior).....	34
2.2.2.3 Formación Carhuaz (Hauteriviano-Barremiano).....	34
2.2.2.4 Formación Farrat (Aptiano).....	34
2.2.3 Tectónica.....	37
2.2.4 Intrusivos.....	37
2.2.5 Geología regional del yacimiento	37
2.2.6 Aspectos Geológicos de la mineralización en Domingo Savio	39
CAPÍTULO III	46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1 Tipo, nivel y diseño de investigación.....	46
3.2 Estudio macroscópico y microscópico de las esfaleritas	47
3.3 Descripción macroscópica de las muestras	47
3.4 Descripción microscópica de las muestras.....	48
3.5 Estudio Geoquímico de los Elementos Zn, Fe, Cd, In en las Esfaleritas....	50
3.5.1 Selección y preparación de las muestras.....	50
3.5.2 Relación de los contenidos de Fe/Cd	51
3.6 Estudio de geotermometría mediante inclusiones fluidas	51
3.6.1 Selección de muestras	52
3.6.2 Estudio de inclusiones fluidas.....	52
3.6.3 Análisis microtermométricos	53

CAPÍTULO IV	57
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	57
4.1 Discusión e interpretación de los resultados obtenidos.....	57
4.1.1 Características geológicas	57
4.1.2 Mineralización.....	58
4.1.3 Mineralogía y texturas.....	58
4.1.4 Secuencia paragenética	59
4.1.5 Contenidos de Fe y Cd en las esfaleritas.....	59
4.1.6 Temperatura y salinidad de los fluidos	59
4.1.7 Correlación entre el color de esfalerita y las temperaturas	60
4.1.8 Esbozo de un modelo de prospección de depósitos de esfalerita.....	60
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	67
ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	68
ANEXO 2 Mina Domingo Savio – Plano Geológico Superficial.....	69
ANEXO 3 Sección Geológica – Geofísica IV-N.....	70
ANEXO 4 Lámina 1 Aspectos mineralógicos macroscópicos de las muestras del Yacimiento Domingo Savio.....	71
ANEXO 5 Lámina 2 Texturas y mineralogía microscópica de las muestras del Yacimiento Domingo Savio.....	72
ANEXO 6 Otros.....	73
ANEXO 7 CURRICULUM VITAE.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Cronograma de actividades.....	23
Tabla 3.1. Porcentajes de Fe y Cd encontrados en 8 muestras de tipos de esfaleritas, para los mantos Greta (DS-G-01), Finlandia (DS-FI-01) y Maracaibo (M-05-EF-1,2,3 y M-06-EF-1,2,3).....	50
Tabla 3.2. Resultados de las mediciones microtermométricas (Muestra: DS-FI-01).....	54
Tabla 3.3. Resultados de las mediciones microtermométricas (Muestra: DS-MA-01).....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Secuencia de dibujos mostrando la progresiva desaparición de la burbuja gaseosa (V) durante un proceso de calentamiento, hasta llegar a la total homogenización entre el líquido (L) y el gas (Th = temperatura de homogenización).	26
Figura 2.2. Esquema mostrando los diferentes tipos morfológicos de las inclusiones..	26
Figura 2.3. Clasificación de Nash (1976) mostrando los cuatro tipos más importantes de inclusiones fluidas. (L=líquido; V=vapor; S=sólido; C=carbónicas).	27
Figura 2.4. Mecanismos de atrape de las inclusiones primarias (Roedder, 1984).....	27
Figura 2.5. Distribución de las inclusiones fluidas: Primarias (P), siguiendo zonas concéntricas, paralelas a las caras de crecimiento; Pseudosecundarias (PS), que se ordenan oblicuamente a las caras, siguiendo microfisuras que empiezan en el núcleo del cristal y terminan antes de que este se acabe; y Secundarias (S), que cruzan sin ninguna regla el cristal pasando por sus bordes.....	28
Figura 2.6. Ubicación de la Mina Domingo Savio, localizada en la Región Chavín, unos 10 Km al NO de la Mina Huanzalá (ver círculo celeste).....	30
Figura 2.7. Mirando al NNO. Vista general del área de la mina Domingo Savio. A la izquierda, sobresalen en el paisaje, los farallones de cuarcita de la Formación Chimú. La flecha señala la ubicación aproximada de la mina.....	31
Figura 2.8. Vista general en elevación del área de la mina Domingo Savio	32
Figura 2.9. Columna Estratigráfica Regional.	35
Figura 2.10. Mirando hacia el Oeste. Secuencia cretácica entre los cerros Yanash Allash y Yanarajo. Hacia el sur se observa la carretera que va hacia la mina Huanzalá	36

- Figura 2.11.** Plano geológico regional y ubicación del yacimiento Domingo Savio en la zona central del campo. Además, se aprecian otros depósitos estratoligados, izquierda y derecha inferior, Huanzalá en el sector derecho inferior. 38
- Figura 2.12.** Mirando al NO. Panorámica de la mina Domingo Savio, mostrando la zona central del yacimiento. 41
- Figura 2.13.** Vista aérea de la mina Domingo Savio. Sus límites se muestran en color celeste, y en flechas amarillas las ubicaciones aproximadas de los afloramientos de los mantos Greta, Maracaibo y Finlandia. 42
- Figura 2.14.** Mirando al oeste. Vista de una de las labores en el sector del manto Greta. Se aprecia la roca caliza encajonante y los óxidos de hierro proveniente de los sulfuros, entre ellos marcasita, que hospeda el manto. 43
- Figura 2.15.** Otra vista de las laminaciones de marcasita, en la roca de caja lutítica carbonosa, del manto Greta. Se aprecian agregados de individuos de hábito tabular. ... 43
- Figura 2.16.** Brecha de sulfuros correspondiente al manto Maracaibo. En el afloramiento se observan, fragmentos de roca caliza de colores negros, englobados por esfalerita (en marrón oscuro y claro). 44
- Figura 2.17.** Vista de la brecha de sulfuros en la que se aprecian diversos tonos de color en la esfalerita, del manto Maracaibo 44
- Figura 2.18.** Vista del afloramiento del manto Finlandia, constituida por capas delgadas de calizas gris oscuras, de aspecto brechoso. 45
- Figura 2.19.** Imagen cercana de la mineralización del manto Finlandia, se muestran dos tipos de esfalerita (ef1 y ef2) de textura dendrítica y rellenando espacios. Además, se aprecia brunkita (brk), de textura coliforme y dolomita en colores blanquecinos. 45

Figura 3.1. Distribución de Fe-Cd (%) para los tipos de esfaleritas en los mantos Greta (G), Finlandia (FI) y Maracaibo (M).....	51
Figura 3.2. Equipo microscópico utilizado para el estudio de inclusiones fluidas.....	53
Figura 3.3. Lámina transparente doblemente pulida indicando el área de estudio de las inclusiones fluidas. Muestra: DS-FI-01	53
Figura 3.4. Inclusiones bifásicas ricas en líquido capturadas en esfalerita. Muestra: DS-MA-01.....	55
Figura 3.5. Diagrama T (°C) versus Salinidad (% eq.CINa).....	56

RESUMEN

El yacimiento Domingo Savio se ubica a unos 10 Km, al NW de la mina Huanzalá, en la Formación Santa del Cretácico Inferior cerca del contacto con la Formación Chimú, en el Perú central.

La presente investigación ha realizado el análisis de los contenidos de Fe, Cd en los diversos tipos de esfaleritas del depósito señalado.

El objetivo principal del trabajo ha sido el de relacionar dichos contenidos, con las temperaturas de formación obtenidas mediante el estudio de inclusiones fluidas en dichas esfaleritas.

Las mediciones microtermométricas dan temperaturas mayoritarias comprendidas entre 150°C y 250°C con salinidades inferiores al 15 % peso eq. ClNa. Se interpreta que las variaciones en Temperatura y salinidad se deben fundamentalmente a procesos de enfriamiento y mezcla de fluidos, dichos valores para este yacimiento lo ubican en el dominio de los del tipo MVT.

En general, los contenidos de la relación Fe/Cd en los tipos de esfaleritas, muestran que aquellas que son más oscuras, tienen valores más altos en Fe y las esfaleritas más claras a acarameladas, más bajos en dichos contenidos; asimismo, las esfaleritas de color pardusco intermedio poseen valores medios.

Se interpreta entonces, que las esfaleritas oscuras se habrían precipitado primero y, más tardíamente, las esfaleritas claras. Los cambios en el contenido en Fe y Cd se deben fundamentalmente a las variaciones en la temperatura de precipitación, es así que se reportan valores con más altos contenidos de Fe en la estructura de la esfalerita más oscura.

Se ha observado que existe una correlación directa de las tonalidades de esfalerita y su temperatura de precipitación, hallándose que las esfaleritas oscuras se han formado a mayor temperatura con respecto a las esfaleritas claras y acarameladas.

En consecuencia, la exploración mineral por Zn en estos casos, se apoyaría en la identificación de las tonalidades de los tipos de esfaleritas, con lo que aquellas que sean de naturaleza más oscuras, nos orientarán hacia las zonas de mayor temperatura y proximidad a las fuentes de los fluidos y, las esfaleritas más claras indicarán ser más distales o encontrarse más alejadas de dichas fuentes, a menor temperatura de precipitación.

ABSTRACT

The Domingo Savio deposit is located about 10 km NW of the Huanzalá mine, in the Lower Cretaceous Santa Formation near contact with the Chimú Formation, in central Peru.

The present investigation has carried out the analysis of the Fe, Cd contents in the various types of sphalerites of the indicated deposit.

The main objective of the work has been to relate said contents with the formation temperatures obtained by studying fluid inclusions in said sphalerites.

Microthermometric measurements give most temperatures between 150°C and 250°C with salinities less than 15% eq. weight. ClNa. It is interpreted that the variations in temperature and salinity are fundamentally due to cooling processes and mixing of fluids, these values for this deposit place it in the domain of those of the MVT type.

In general, the contents of the Fe/Cd ratio in the types of sphalerites show that those that are darker have higher Fe values and the lighter to caramel sphalerites have lower values in said contents; likewise, the intermediate brownish sphalerites have medium values.

It is then interpreted that the dark sphalerites would have precipitated first and, later, the light sphalerites. The changes in the Fe and Cd content are mainly due to the variations in the precipitation temperature, thus, values with higher Fe contents are reported in the structure of the darker sphalerite.

It has been observed that there is a direct correlation between the shades of sphalerite and its precipitation temperature, finding that the dark sphalerites have formed at a higher temperature than the light and caramel sphalerites.

Consequently, the mineral exploration for Zn in these cases, would be based on the identification of the tonalities of the types of sphalerites, with which those that are darker in nature, will guide us towards the areas of higher temperature and proximity to the sources of the fluids, and the lighter sphalerites will indicate being more distal or further away from said sources, at a lower precipitation temperature.

INTRODUCCIÓN

Los yacimientos del tipo Estratoligados de Fe-Zn-Pb-Ag del Perú central, se emplazan en la parte inferior y superior de la Formación Santa, conformando así un metalotecto en el que se localizan numerosos depósitos y prospectos importantes, cuyas edades principales corresponden al Cretácico Inferior.

Los yacimientos estratoligados del Perú central, que se hallan localizados en el sector este de la cuenca Santa, están conformados por los depósitos Edgar Dámaso, Aida Única, Patria, Esperanza, Ishanca, Otito y Domingo Savio (este último, concerniente a nuestro estudio), entre otros.

La importante mineralización de zinc se halla presente bajo la composición del mineral esfalerita, el cual se presenta con diversas tonalidades de color. Es así, que se proyectó determinar los contenidos en Fe, Cd, In en dichas esfaleritas de tonalidades diferentes.

Por otro lado, se programó realizar estudios de geotermometría mediante la técnica de inclusiones fluidas de las muestras procedentes de los yacimientos seleccionados, y en el que se encuentran las de Domingo Savio, con el fin de lograr determinar las temperaturas de formación de dichos depósitos.

Las temperaturas de precipitación obtenidas mediante el estudio de inclusiones fluidas se correlacionaron con los contenidos en Fe, Cd e In.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes Bibliográficos

La franja de yacimientos Estratoligados de Fe-Zn-Pb localizados en la Formación Santa, se distribuye a lo largo de la parte este de la Cordillera occidental del Perú, asociadas principalmente a rocas clásticas y calcáreas de edad Cretácica Inferior, algunas de las cuales se encuentran en explotación.

Algunos yacimientos han sido objeto de estudios geológicos generales como el yacimiento de Aída Única (Carrascal & Pastrana, 1986; Carrascal, 1988), y las ocurrencias de Esperanza-Patria-Ishanca-Otito por Samaniego (1980), asimismo, el depósito de Domingo Savio por Carrascal (2007).

Otros han sido objeto de estudios geológicos relacionados a sus características petrográficas y minerográficas generales, estudios termométricos (Carrascal, 2014). Sin embargo, el presente estudio incide en los aspectos mineralógicos de los tipos de esfalerita y sus composiciones químicas, cuyos elementos Fe, Cd tengan relación con

la temperatura de formación del depósito, para lo que se recurrirá a la técnica de inclusiones fluidas.

En los últimos años, la zona de estudio ha sido objeto de vistas técnicas y exploración por diversas compañías exploradoras buscando depósitos polimetálicos, por lo que esta investigación repercutirá favorablemente en ello.

1.1.1 Antecedentes Internacionales

Lingjie Li et ál (2022), realizaron estudios de geotermometría en el depósito de Pb-Zn de Daliangzi, en el área del triángulo metalogenético polimetálico (SYGT) de Pb-Zn de Sichuan-Yunnan-Guizhou, basado en el análisis in situ LA-ICP-MS en combinación con el mapeo de elementos. Este estudio reveló el estado de ocurrencia de los elementos traza y la temperatura de formación de la esfalerita en las menas.

El estudio muestra que la esfalerita en el depósito, se caracteriza por ser rica en Cd, Ge y Ga, relativamente rica en Fe, contenido muy variable de Cu y Pb y pobre en Mn, In y Sn. Los datos indican que los contenidos de Ge, Cd, Cu, Pb, Fe, Mn y otros elementos en la esfalerita de color amarillo pardo son más altos que los de la esfalerita de color amarillo claro, mientras que Ga e In están relativamente más enriquecidos en esta última.

La estimación del geotermómetro GGIMFis y la firma de elementos traza de la esfalerita, indica que la temperatura del depósito es baja-moderada: la temperatura de formación de la esfalerita en la etapa II es de 86°C – 213°C (134°C en promedio) ~ 106°C – 238°C (170°C en promedio) y en la etapa III es de 88°C – 105°C (96°C en promedio) ~ 134°C – 147°C (140°C en promedio), demostrando que el mecanismo de

precipitación de los elementos formadores de los minerales es el descenso de la temperatura del fluido. En base a esto, se ha establecido un modelo de formación del depósito mineral y se cree que el distrito tiene potencial para la prospección profunda de Cu, Pb, Zn y otros recursos metálicos.

A nivel mundial se han realizado observaciones similares, pero en base a las texturas minerales de las esfaleritas en ocurrencias de depósitos estratoligados del Triásico del sur de España, Dr. Fonboté (1981).

1.1.2 Antecedentes Nacionales

Samaniego A. (1981), realizó estudios similares en los sedimentos del Cretáceo Inferior, del Perú Central, cuyas conclusiones las presentó en el siguiente trabajo: "Stratabound Pb-Zn (Ag-Cu) ore occurrences in early cretaceous sediments of north and Central Peru. A contribution to their metallogenesis". Dr. Thesis. Univ. Heidelberg.

En el año 1990, Lluís Fontbote, G. C. Amstutz, M. Cardozo, E. Cedillo y J. Frutos, editan: "Stratabound Ore Deposits in the Andes", (publicación Especial de la Sociedad de Geología Aplicada a Depósitos Minerales), en el que se trata de los principales depósitos estratoligados conocidos a nivel mundial, estableciendo las características fundamentales de las esfaleritas en dichos depósitos en base a sus texturas, composiciones y temperaturas de formación.

1.1.3 Antecedentes Locales

Estudios técnicos, han sido realizados por parte del Dr. Rolando Carrascal, en los meses de setiembre – octubre de 1998 y febrero, abril de 1999, en los afloramientos del yacimiento Domingo Savio.

La exploración por depósitos de zinc tipo MVT, normalmente estratoligados, se ha incrementado, tal es el caso de RIO CRISTAL RESOURCES CORPORATION, empresa que ha estado explorando estos tipos de depósitos en el norte peruano, en las secuencias sedimentarias del Grupo Pucará, obteniendo buenos resultados en el proyecto Bongará, provincia de Jumbilla, Amazonas.

Como se puede ver, los yacimientos de metales base, cuya ocurrencia es del tipo estratoligado, genera muchas expectativas dentro del sector minero, quedando mucho por atender en la exploración de ellos, tanto en la cuenca Pucará como en la del Santa del estado peruano.

1.2 Descripción de la realidad problemática

Siendo nuestro país un territorio en el que existe una gran variedad de yacimientos metálicos, los cuales se exploran fundamentalmente en base a los diversos tipos de alteración rocosa ya conocidos, queda el desafío de ubicar otros con características geológicas distintas, en los que los controles y guías estratigráficas, como potencias, discontinuidades, cambios geoquímicos, texturales y de facies, elementos traza, etc.; están relacionados a la exploración de estructuras mineralizadas, tal es el caso de los depósitos estratoligados.

1.3 Formulación del problema

Los mantos mineralizados en los yacimientos tipo estratoligados se emplazan sólo en ciertos horizontes, y ciertamente es difícil y laborioso, establecer los centros calientes, las zonas cercanas a la fuente de los fluidos que llevan los metales de la mena, en este caso, de Zn; por lo que obtener estos datos es de suma importancia y gran apoyo en la exploración geológica para estos tipos de depósitos.

Por ello, construir la estratigrafía de la zona de estudio, tomando en cuenta las relaciones de campo ligadas a discontinuidades, cambios de facies, texturales y mineralógicas e identificar los mantos mineralizados principales es una de las labores a desarrollar.

Luego de obtener muestras minerales representativas de los tipos de esfaleritas involucradas en el depósito, se realizarán los análisis de inclusiones fluidas consiguiendo sus temperaturas de formación, lo que permitirá relacionar estos parámetros con las composiciones de Fe, Cd interpretarlos y orientarlos favorablemente en la exploración del depósito.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Teórica

La importancia teórica viene dada por llegar a confirmar que existe una correlación entre los elementos de Fe, Cd hallados en las esfaleritas, con las temperaturas de formación de ellas, siendo un producto de la evolución de los fluidos en el depósito.

1.4.2 Práctica

La justificación e importancia práctica del presente trabajo viene dada por determinar posibilidades de ocurrencias mayores en depósitos de este tipo, los cuales casi no presentan alteraciones hidrotermales y sus posibilidades de exploración en rocas carbonatadas del Perú, tal como ocurre en la cuenca del Santa.

1.4.3 Personal

La justificación personal es que me permitirá obtener el grado de Maestro en Ciencias, lo que me permitirá un mayor campo de acción en mi labor profesional.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar los contenidos de Fe-Cd en los tipos de esfaleritas encontrados en el yacimiento Domingo Savio, relacionándolos con las temperaturas de formación conseguidas a partir del estudio de sus inclusiones fluidas.

1.5.2 Objetivos específicos

- a. Identificar los diferentes tipos de esfalerita existentes en el depósito.
- b. Determinar los contenidos de Fe-Cd en estos tipos de esfalerita y sus variaciones químicas.
- c. Relacionar dichas variaciones con sus temperaturas de formación, apoyados en datos puntuales de microtermometría.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

La variación en el contenido de Fe-Cd en las esfaleritas de un determinado depósito mineral, son resultado de la evolución de los fluidos mineralizantes que intervinieron en él y pueden relacionarse con sus temperaturas de formación.

1.6.2 Hipótesis específicas

- a. Las variaciones de color desde tonos oscuros a claros en las esfaleritas de un determinado depósito, implican temperaturas de formación cada vez menores, producto de la evolución de los fluidos mineralizantes.
- b. Las temperaturas de formación de un depósito, entre 150° a 200° C, relativamente bajas, son indicativos de un tipo MVT.

1.7 Variables e Indicadores

1.7.1 Variables Independientes

X1: Composición Fe-Cd en las esfaleritas.

Indicador X1: Color

1.7.2 Variables Dependientes

Y1: Temperatura de formación en las esfaleritas.

Indicador Y1: Colores más oscuros y composiciones de Fe-Cd mayores en los tipos de esfalerita, implican temperaturas mayores.

1.8 Periodo de análisis

1.8.1 Cronograma de actividades

Se presenta el cronograma de actividades en la Tabla 1.

Tabla 1.1. Cronograma de actividades

Año 2022 - 2023		Meses									
Actividades		J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Introducción al tema	Elaboración del plan de tesis	X									
	Recopilación de información bibliográfica	X									
	Antecedentes, fundamentos teóricos del proyecto		X	X							
Trabajos de campo	Recolección de muestras representativas			X	X						
Trabajos de gabinete y laboratorios	Descripción macroscópica				X						
	Separación de tipos de esfalerita, análisis geoquímico					X	X				
	Preparación de secciones delgadas y pulidas, análisis microscópico						X	X			
	Análisis de inclusiones fluidas							X			
Interpretación, discusión de resultados, contrastación de la hipótesis	Discusión, interpretación de resultados								X	X	
	Redacción final									X	
	Conclusiones, recomendaciones									X	
Presentación	Presentación de la Tesis										X

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL

2.1 Bases Teóricas

2.1.1 Inclusiones fluidas, naturaleza y significado

La mayoría de los minerales se forman en un medio acuoso, por lo que partes mínimas de estos líquidos pueden quedar atrapadas en su interior durante las etapas de crecimiento cristalino.

Las inclusiones fluidas son diminutas vacuolas rellenas de las soluciones en las que se formaron o evolucionaron los minerales, con ellas se pueden investigar las condiciones de génesis y la posterior historia de los minerales, proporcionando una información valiosa sobre las condiciones de temperatura, presión y composición de los fluidos que han formado los minerales.

Bajo el microscopio, podemos observar en los cristales transparentes la presencia de microcavidades de pocas micras de diámetro, rellenas de líquidos en el que casi siempre destaca una diminuta y oscura esfera gaseosa.

Atendiendo a la naturaleza de las inclusiones, éstas son predominantemente líquidas, gaseosas, sólidas o mixtas. Las inclusiones sólidas suelen ser parte de la asociación mineral, pero también pueden haberse formado a partir de líquidos sobresaturados (Velazco F., 2004).

2.1.2 Principio de Sorby

Sorby observó que la burbuja de gas que se encuentra en la mayoría de las inclusiones, es el resultado de un encogimiento o contracción diferencial del líquido respecto a la materia cristalina que hace de encajante, debido al enfriamiento que tiene lugar desde la temperatura de formación, normalmente mayor que la ambiental, hasta la temperatura de observación o del laboratorio. La causa principal reside en que el coeficiente de expansión (y por tanto el de contracción) de los líquidos durante los cambios de temperatura, es uno o dos veces mayor que el de los minerales.

Sorby propuso que la temperatura de atrape del líquido por el mineral durante su crecimiento, pueda estimarse calentando la inclusión hasta que desaparezca la burbuja gaseosa (T_h o temperatura de homogenización), ver Figura 1.

También explicó la presencia de pequeños cristales en el interior de las inclusiones, como fases sólidas discretas, resultado de la precipitación de los fluidos sobresaturados allí atrapados. Estos pequeños cristales vienen siendo llamados cristales-hijo (o "daughter minerals") y los debemos distinguir de aquellos formados al mismo tiempo que el mineral encajante, capturados durante las etapas de crecimiento.

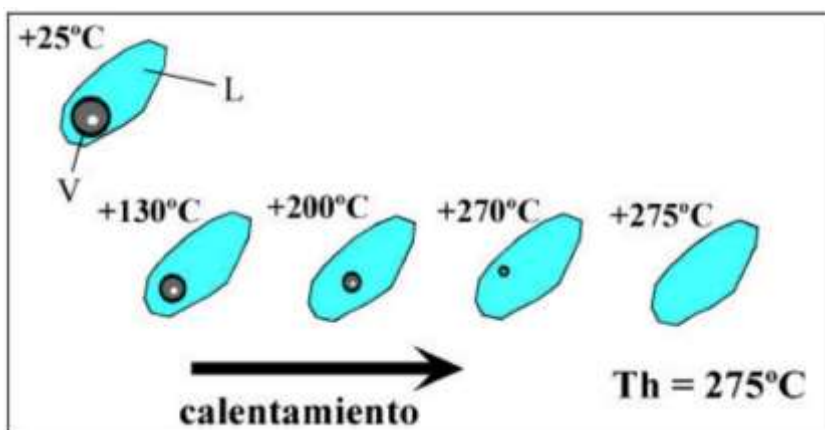


Figura 2.1. Secuencia de dibujos mostrando la progresiva desaparición de la burbuja gaseosa (V) durante un proceso de calentamiento, hasta llegar a la total homogenización entre el líquido (L) y el gas (Th = temperatura de homogenización).

Fuente: Velazco F., 2004

La mayoría de las inclusiones son menores a las 50 μm , con morfologías variadas (Figura 2), y se reconocen con un microscopio petrográfico, bajo luz transmitida y mayores aumentos.

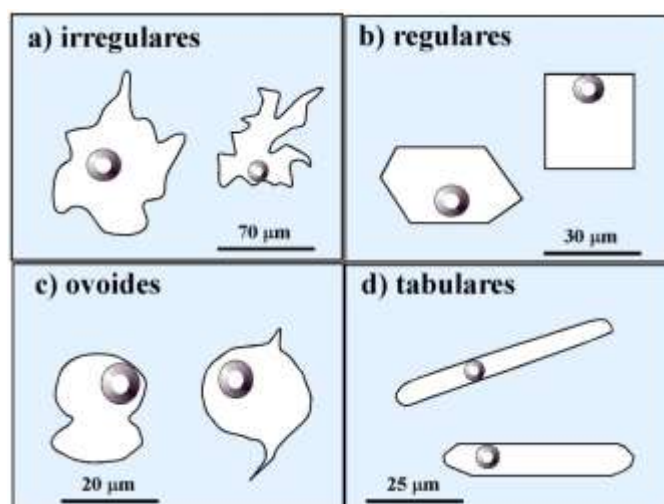


Figura 2.2. Esquema mostrando los diferentes tipos morfológicos de las inclusiones.

Fuente: Velazco F., 2004

Las inclusiones contienen gases, líquidos y sólidos en diferentes proporciones y se pueden clasificar en: Monofásicas, Bifásicas, Trifásicas y Polifásicas, tal como se aprecia en la Figura 3.

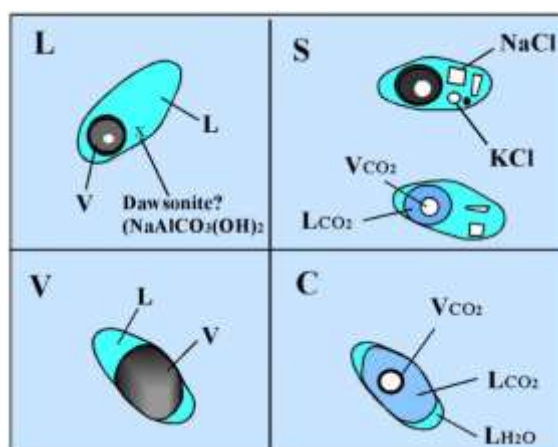


Figura 2.3. Clasificación de Nash (1976) mostrando los cuatro tipos más importantes de inclusiones fluidas. (L=líquido; V=vapor; S=sólido; C=carbónicas). Fuente: Velazco F., 2004.

Los mecanismos de atrape de las inclusiones primarias y su distribución pueden ser muy variados. Roedder (1984), distingue varios tipos de mecanismos que son representados en los esquemas de las Figuras 4 y 5.

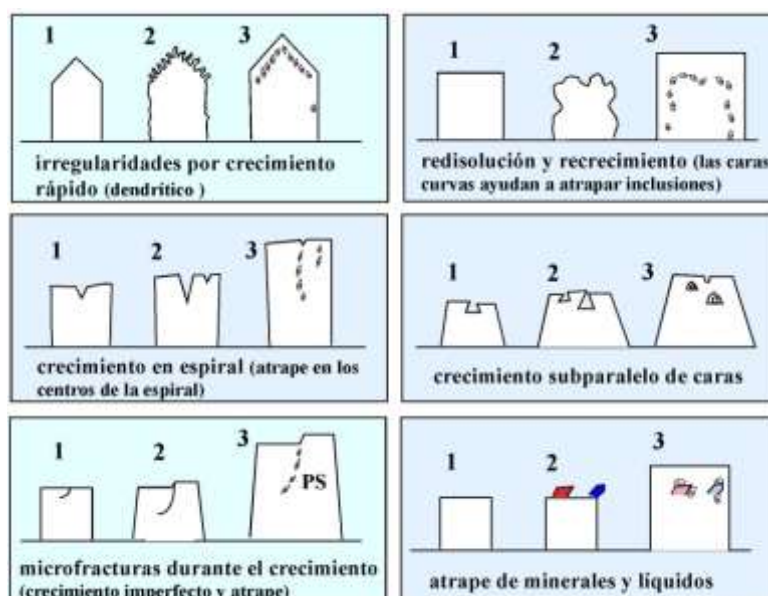


Figura 2.4. Mecanismos de atrape de las inclusiones primarias (Roedder, 1984). Fuente: Velazco F., 2004.

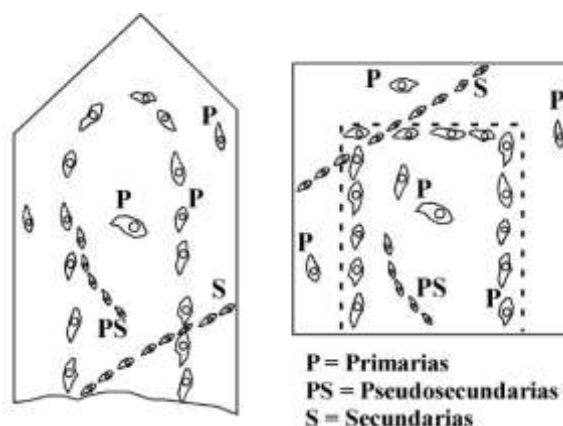


Figura 2.5. Distribución de las inclusiones fluidas: Primarias (P), siguiendo zonas concéntricas, paralelas a las caras de crecimiento; Pseudosecundarias (PS), que se ordenan oblicuamente a las caras, siguiendo microfisuras que empiezan en el núcleo del cristal y terminan antes de que este se acabe; y Secundarias (S), que cruzan sin ninguna regla el cristal pasando por sus bordes.

Fuente: Velazco F., 2004.

2.1.3 Aplicaciones de los estudios de inclusiones fluidas

Se aplica principalmente en los estudios de yacimientos minerales y de petrología, aunque en la actualidad están siendo aplicados a un amplio espectro de áreas del conocimiento, como son la sedimentología, tectónica, gemología, estudio de rocas lunares, geología del petróleo, geotermia, paleoclimatología, etc.

Esta técnica es una gran herramienta de interés geológico, por sus aplicaciones en el campo de la geotermometría, geobarometría y génesis mineral, útil en la exploración minera y petrolífera.

A continuación, se presentan los aspectos geológicos de carácter regional donde se localizan los yacimientos estudiados.

2.2 Marco Geológico Regional

2.2.1 Ubicación y acceso

Políticamente la mina Domingo Savio se encuentra ubicada en el Distrito de Huallanca, Provincia de Bolognesi, Departamento de Ancash. Se localiza en la Hacienda Torres, a unos 10 km al NW de la Mina Huanzalá, a una altitud comprendida entre 4100 a 4800 m.s.n.m. (Ver Figuras 6, 7 y 8).

El denuncia abarca unas 100 hectáreas, localizadas en la hoja de La Unión (20j), a escala 1/100,000 del IGN y específicamente en la hoja de la Hacienda Torres, (20j-II-NE), a escala 1/25,000.

Las coordenadas UTM aproximadas de la parte central del denuncia son:

8°9'12, 000 N y 274, 000 E (77°3'38.46"W, 9°50'10.42"S).

Partiendo de Lima, el acceso a la mina Domingo Savio, se realiza a través de las siguientes vías:

Lima, desvío Pativilca - Conococha, Pachapaqui, Desvío a Mina Domingo Savio (10 km antes de Mina Huanzalá).

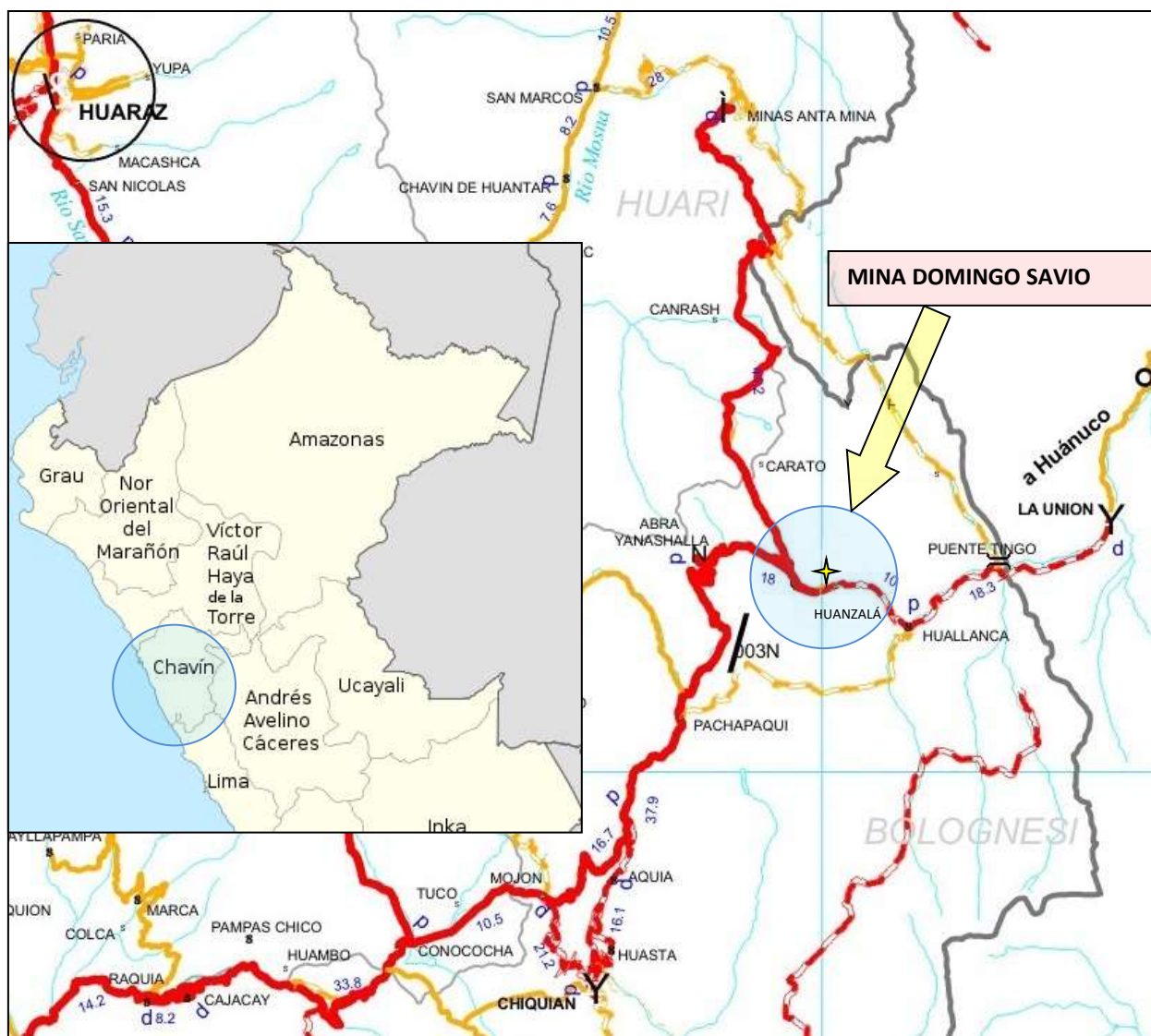


Figura 2.6. Ubicación de la Mina Domingo Savio, localizada en la Región Chavín, unos 10 Km al NO de la Mina Huanzala (ver círculo celeste).

Fuente: Elaboración propia.

Esta ruta comprende una distancia de aproximadamente 335 km, en carretera totalmente asfaltada, hasta el desvío a la Mina Domingo Savio; desde allí, cerca de 1 km en carretera afirmada, hasta la mina misma.



Figura 2.7. Mirando al NNO. Vista general del área de la mina Domingo Savio. A la izquierda, sobresalen en el paisaje, los farallones de cuarcita de la Formación Chimú. La flecha señala la ubicación aproximada de la mina.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.8. Vista general en elevación del área de la mina Domingo Savio
Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Estratigrafía

A nivel regional, aflora una secuencia sedimentaria cuya unidad más antigua está representada por la Formación Chicama del Jurásico Superior, constituida por sedimentos marinos de pizarras y areniscas, seguida por el Grupo Goyllarisquizga del Cretácico Inferior, conformado por las Formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

Sobre esta secuencia se localiza la serie calcárea de las Formaciones Jumasha, Chulec y Pariatambo del Cretácico Medio. Todo el conjunto sedimentario está cubierto discordantemente, por los volcánicos Calipuy del Cretáceo Superior a Terciario Inferior (Ver columna generalizada regional en la Figura .9).

A continuación, se describe brevemente las Formaciones más importantes mencionadas anteriormente:

2.2.2.1 Formación Chimú (Valanginiano inferior-medio)

Está conformada por ortocuarcitas de color blanco a gris, de grano grueso a medio con frecuente estratificación cruzada, en bancos de 1 a 2 m de espesor, llegando a formar grandes paquetes masivos; se intercalan con capas de lutitas grises, fisibles de 0.5 m de potencia alcanzando hasta 3 m en la parte superior.

Presenta algunos horizontes con carbón y su deposición corresponde a un ambiente deltaico.

Al tope se presentan ortocuarcitas blancas de grano medio, intercalados con areniscas gris-verdosas de grano medio a fino en bancos de 0.20 a 0.50 m de espesor. Se estima un espesor total de 500 m. Ver Figura 10.

2.2.2.2 Formación Santa (Valanginiano superior)

De acuerdo a Benavides (1956) la formación Santa representa cambios de las condiciones que prevalecieron durante la depositación de las areniscas y pizarras negras de la formación Chimú. Las estructuras observadas corresponden a un mar abierto hacia el oeste. Wilson (1963) considerando los ripple marks, la distribución esporádica de capas oolíticas y la ausencia de invertebrados pelágicos en los sedimentos de la Santa en el Perú central indica una depositación en medioambientes de aguas poco profundas. Posteriormente las observaciones de Samaniego (1980) y Carrascal (1984) soportan esta interpretación. La formación Santa está constituida por dos miembros, el inferior constituido por areniscas y lutitas oscuras alcanzando unos 40 m y el superior conformada por calizas, dolomías, chert y lutitas que llegan a los 120 m. Su espesor total alcanza los 160 m. Es la formación que contiene los mantos minerales polimetálicos.

2.2.2.3 Formación Carhuaz (Hauteriviano-Barremiano)

Se presenta en forma concordante y suprayaciendo a la formación Santa. Está conformado por areniscas grisáceas de grano medio a fino en bancos de 0.5 a 1 m de espesor, interstratificadas con lutitas grises en capas de 0.4 a 1 m de espesor. Su espesor alcanza los 400 m.

2.2.2.4 Formación Farrat (Aptiano)

La formación Farrat se encuentra suprayaciendo concordantemente a la formación Carhuaz. Está constituida por cuarcitas blancas a amarillentas en capas delgadas, teniendo en la parte superior lutitas rojizas muy característicos. Su espesor se estima en 50 m.

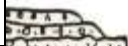
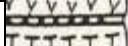
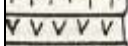
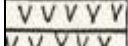
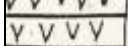
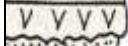
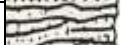

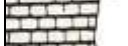
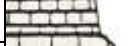
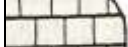
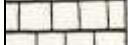
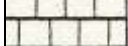
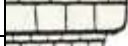
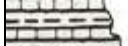
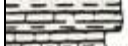
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	POTENCIA (m)	COLUMNA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	HOLOCENO				DEPÓSITOS ALUVIALES, COLUVIALES, FLUVIOGLACIALES MORRENAS, FLUJO DE CENIZAS SOLDADAS, TOBAS IGIMBRÍTICAS Y LAVAS PIROCLÁSTICAS
	NEÓGENO	MIOCENO	SUPERIOR	2000		LAVAS ANDESÍTICAS
		OLIGOCENO	GRUPO CALIPUY			
		EOCENO	INFERIOR			
PALEÓGENO	PALEOCENO	Fm. CASAPALCA	500		ARENISCAS ROJAS FRIABLES, MARGAS Y CONGLOMERADOS. PRESENCIA DE CALIZAS LENTICULARES.	
M E S O Z O I C O	C R E T Á C E O	SUPERIOR	Fm. CELENDÍN	500		CALIZAS, MARGAS NODULARES POBREMENTE ESTRATIFICADAS, ABUNDANTES FÓSILES.
			Fm. JUMASHA	1100		CALIZAS GRISES DE 1 a 2 mts DE ESPESOR, RESISTENTES, FORMAN FARALLONES.
		INFERIOR	Fm. PARIATAMBO	500		MARGAS COLOR MARRÓN OSCURO, FÉTIDAS CALIZAS OSCURAS EN LAJAS DELGADAS
			Fm. CHULEC	100		CALIZAS Y MARGAS COLOR CREMA, MASIVAS
			Fm. PARIAHUANCA	100		CALIZAS AZULADAS MASIVAS, 1 a 2 mts DE ESPESOR
			Fm. FARRAT	20		ARENISCAS BLANCAS FRIABLES
			Fm. CARHUAZ	1500		SECUENCIA DE LIMOARCILLITAS GRISES A VERDOSAS, CAPAS DE YESO EN LA PARTE INFERIOR Y EN LOS NIVELES SUPERIORES LIMOARCILLITAS ROJIZAS
			Fm. SANTA	150		CALIZAS AZULES Y GRISES, ESTRATIFICACIÓN DELGADA
		Fm. CHIMÚ	600		ARENISCAS CUARZOSAS BLANCAS, MASIVAS, 1 a 3 mts DE ESPESOR	
		Fm. OYÓN	100		ARENISCAS EN CAPAS DELGADAS INTERCALADAS CON CAPAS DE CARBÓN, RESTOS DE PLANTAS	
J U R Á S I C O	SUPERIOR	Fm. CHICAMA	1500		PIZARRAS Y ARENISCAS GRISES, NIVELES DE PIRITA SINGENÉTICA, LAS ARENISCAS SON MASIVAS, HACIA LA ZONA SUPERIOR, CUARCITA GRIS OSCURA, RESTOS DE PLANTAS.	

Figura 2.9. Columna Estratigráfica Regional.
Fuente: Elaboración propia.

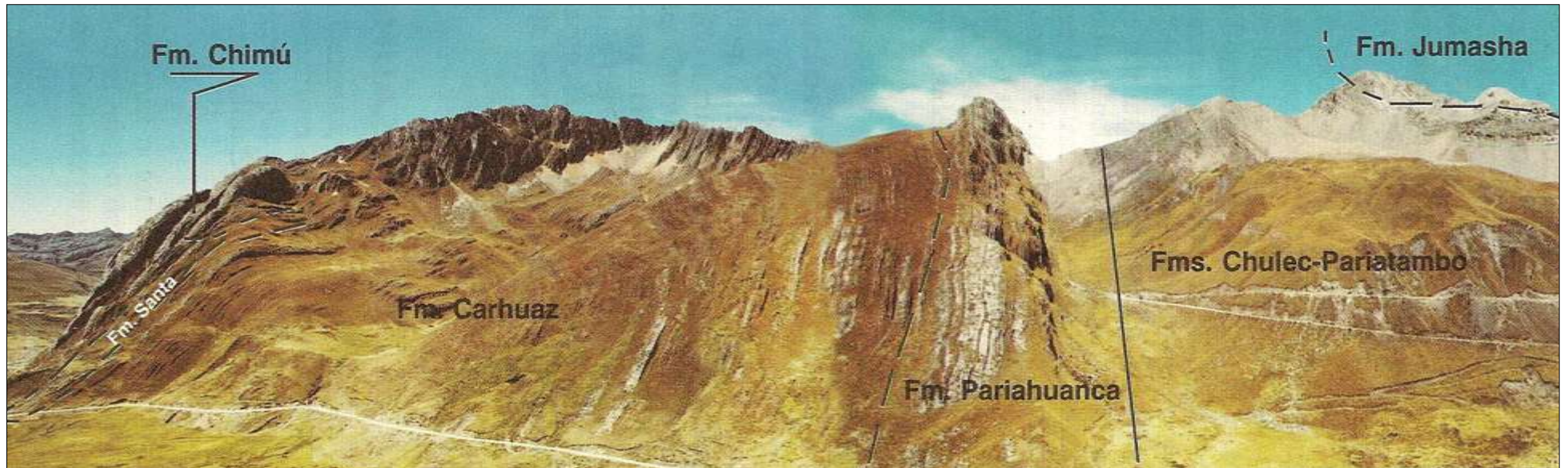


Figura 2.10. Mirando hacia el Oeste. Secuencia cretácica entre los cerros Yanash Allash y Yanarajo. Hacia el sur se observa la carretera que va hacia la mina Huanzalá
Fuente: Hoja de Recuay, INGEMMET.

2.2.3 Tectónica

La secuencia sedimentaria se encuentra intensamente plegada, observándose anticlinales y sinclinales apretados que presentan flancos invertidos cuyos ejes se orientan en N140°-145° y cortados por sistemas de fallas normales y sobre escurrimientos. Esta deformación correspondería a la fase incaica a 40 m.a.

2.2.4 Intrusivos

En diversas áreas de la región afloran rocas intrusivas en forma de stock y diques-sill de composición pórfido cuarcífero (Huanzalá), asimismo, en el área de la mina Pachapaqui se presentan intrusivos de diversa composición, datados con edad Miocénica.

2.2.5 Geología regional del yacimiento

La Formación Santa constituye un metalotecto propuesto por Samaniego (1980), distribuido en el norte y parte central del país. Presenta varios distritos mineros donde se localizan numerosas ocurrencias minerales, teniendo como característica principal la íntima relación de la mineralización con los sedimentos.

La zona de estudio corresponde al borde este de la cuenca Santa, de edad Valanginiense Superior.

El yacimiento de Domingo Savio se localiza en el flanco este de un anticlinal en el distrito minero de Huanzalá. (Figura 11).

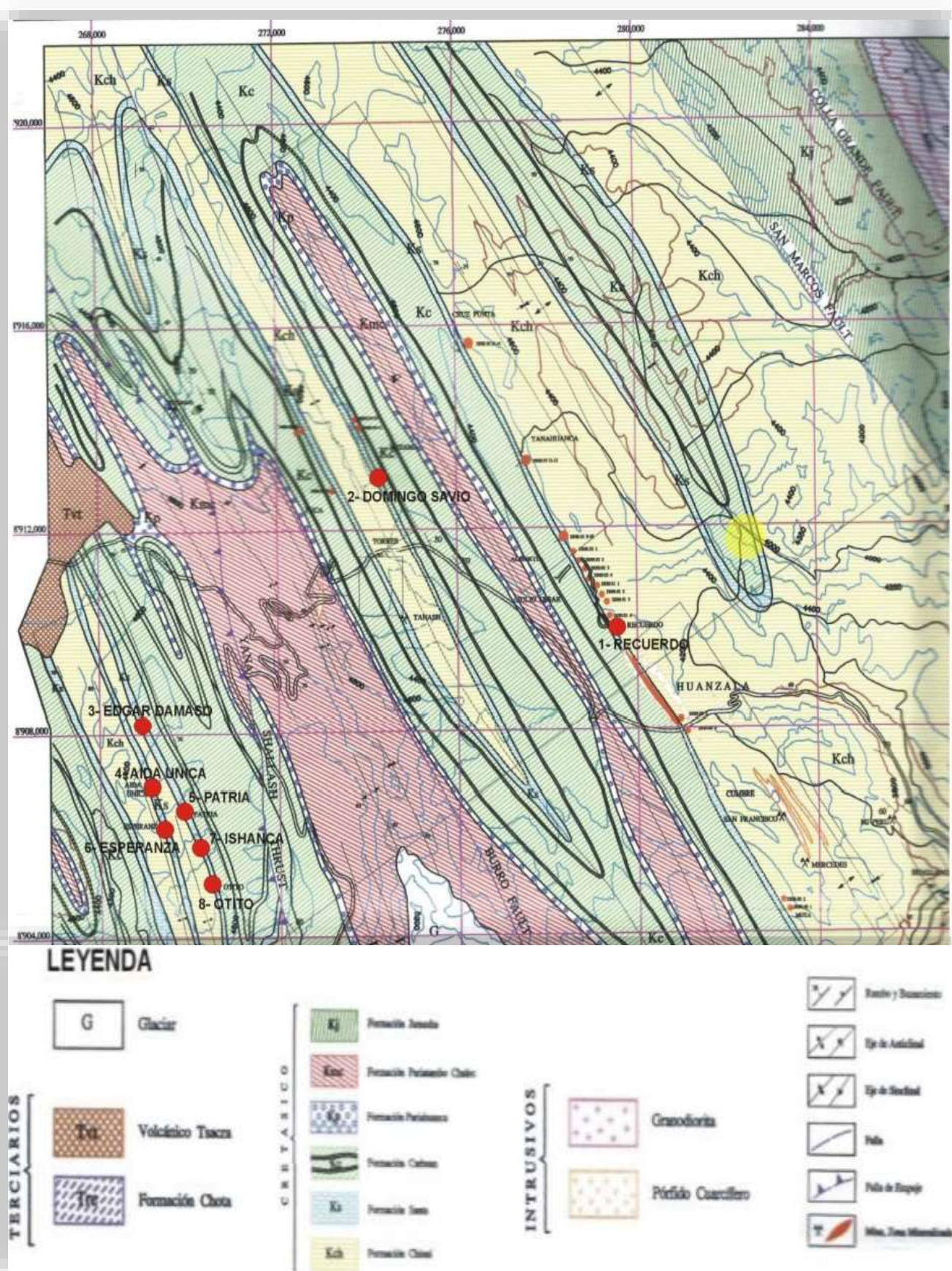


Figura 2.11. Plano geológico regional y ubicación del yacimiento Domingo Savio en la zona central del campo. Además, se aprecian otros depósitos estratoligados, izquierda y derecha inferior, Huanzalá en el sector derecho inferior.

Fuente: Carrascal, 2014.

2.2.6 Aspectos Geológicos de la mineralización en Domingo Savio

A continuación, se resumen las características geológicas, distribución y mineralización más saltantes del depósito en estudio.

El yacimiento se localiza hacia el NE del yacimiento de Huanzalá del distrito minero del mismo nombre, en el flanco este de un anticlinal de carácter regional.

En el área de la mina Domingo Savio, afloran cuarcitas de la Formación Chimú, en forma concordante sobreyacen las rocas de la Formación Santa, ambas forman parte del flanco este de un anticlinal, cuyo eje tiene una orientación de N145°, con buzamientos de las capas de 50° al SE, hasta 80° al NW.

La mineralización de Zn-Pb, se localiza en la parte media a superior de la Formación Santa. Se han reconocido 3 niveles estratigráficos importantes, que contienen los mantos Greta ubicado a los 20 m, Maracaibo y Guadalupe a los 35 m y el manto Finlandia a los 80 m del contacto con el Chimú.

Los mantos mineralizados de 1.0 a 1,5 m de espesor (mantos Greta, Maracaibo y Finlandia), en conjunto alcanzan 15 m. Dichos mantos parcialmente explotados, se presentan concordantes a la estratificación de calizas negras y lutitas del miembro superior de la Formación Santa; con morfología lenticular, tanto en sentido vertical como horizontal.

Se observa una marcada concordancia entre las rocas encajonantes del techo y piso, de lutitas y calizas, con los horizontes minerales, visible a diferentes escalas de observación; desde la escala de depósito hasta la escala microscópica.

Los mantos poseen bandeamientos, con ritmitas mineralizadas, pequeñas fallas sinsedimentarias, estructuras diagenéticas, estilolitas, micropliegues y geopetales.

Se observan texturas brechoides conformadas por fragmentos de caliza silicificada, con rellenos de irregulares y/o venillas de espesor milimétrico de sulfuros, principalmente pirita, marcasita, esfalerita y galena, asociadas a gangas de carbonatos como dolomita/rodocrosita y cuarzo, conjuntamente con materia orgánica. En otros casos se ha logrado distinguir una visible removilización de sulfuros. (Figura 12 y 13).

Manto Greta, de geometría lenticular, de 35 m y 20 m de longitud en sentido longitudinal como vertical, con espesor total de 10 m. La mineralización se presenta en capas de 1.0 a 1,5 m, limitadas al techo y piso por calizas oscuras y lutitas; lateralmente el cuerpo mineral tiende a gradar a calizas negras con contenido de marcasita. La mineralización es masiva y en laminaciones finas, constituida por marcasita, pirita, esfalerita y galena, asociadas a materia orgánica. Parte de la pirita y marcasita se presentan a manera de agregados, la brunckita con formas externas globulares a partir de un núcleo de grano fino. La marcasita presenta laminaciones milimétricas con materia orgánica. (Figuras 14 y 15)

Manto Maracaibo, ubicado en el extremo SE del yacimiento, tiene un espesor de 3 m, muestra continuidad al SE, de naturaleza lenticular con mineralización de Fe-Zn-Pb. El rumbo de sus capas es de N35°W, buzando 55° al NE. La mineralogía se presenta bandeada, de grano grueso, con pirita y esfalerita de aspecto masivo asociadas a galena. Se observan venillas de espesor mm de carbonatos dolomíticos cortando a dichos sulfuros. Son de carácter estratoligado (Figuras 16 y 17).

Manto Finlandia, aflora al NE del área de Yuraccucho, formando un farallón pronunciado. Su rumbo es N35°- 40°W y buzamiento de 55°NE. Ha sido reconocido en unos 100 m de longitud, habiéndose explotado parcialmente el manto en unos 35 m de longitud.

El manto está conformado por 2 capas delgadas separado por un paquete de calizas y que en conjunto tienen 3 m de espesor. El manto está contenido en calizas oscuras silicificadas y dolomitizadas, con mineralización irregular de blenda de tonalidades claras, cristalina, y otra de tipo coloforne, brunckita; asociadas a dolomita y cuarzo. En otras zonas la mineralización se presenta en capas de 0,5 m de espesor, de apariencia brechoide que alcanza de 2,5 a 3 m limitadas al techo por lutitas y al piso por calizas oscuras y lutitas. A continuación, vistas de la ubicación de los mantos mencionados, afloramientos y muestras representativas. (Figuras 18 y 19).



Figura 2.12. Mirando al NO. Panorámica de la mina Domingo Savio, mostrando la zona central del yacimiento.

Fuente: elaboración propia

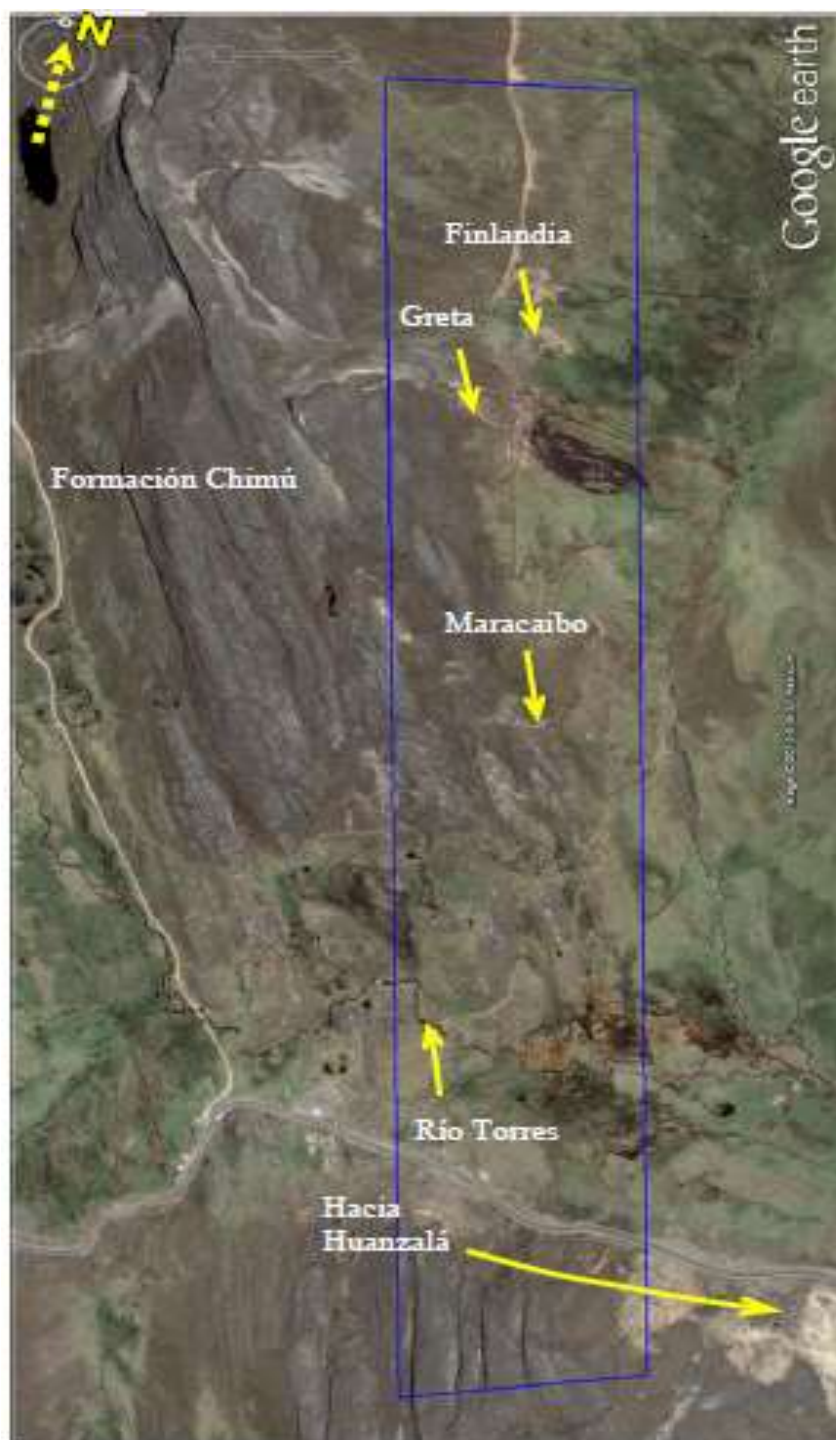


Figura 2.13. Vista aérea de la mina Domingo Savio. Sus límites se muestran en color celeste, y en flechas amarillas las ubicaciones aproximadas de los afloramientos de los mantos Greta, Maracaibo y Finlandia.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2.14. Mirando al oeste. Vista de una de las labores en el sector del manto Greta. Se aprecia la roca caliza encajonante y los óxidos de hierro provenientes de los sulfuros, entre ellos marcasita, que hospeda el manto.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.15. Otra vista de las laminaciones de marcasita, en la roca de caja lutítica carbonosa, del manto Greta. Se aprecian agregados de individuos de hábito tabular.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.16. Brecha de sulfuros correspondiente al manto Maracaibo. En el afloramiento se observan, fragmentos de roca caliza de colores negros, englobados por esfalerita (en marrón oscuro y claro).
Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.17. Vista de la brecha de sulfuros en la que se aprecian diversos tonos de color en la esfalerita, del manto Maracaibo
Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.18. Vista del afloramiento del manto Finlandia, constituida por capas delgadas de calizas gris oscuras, de aspecto brechoso.
Fuente: Elaboración propia.

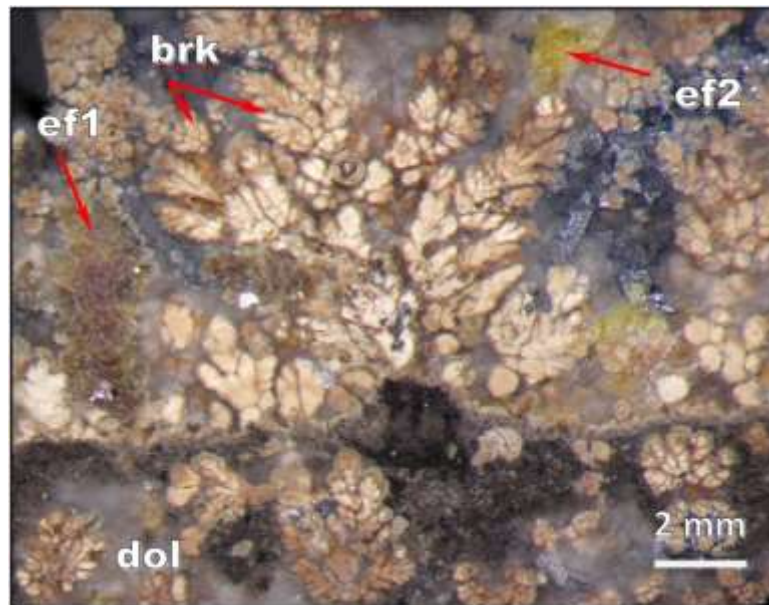


Figura 2.19. Imagen cercana de la mineralización del manto Finlandia, se muestran dos tipos de esfalerita (ef1 y ef2) de textura dendrítica y rellenando espacios. Además, se aprecia brunkita (brk), de textura coliforme y dolomita en colores blanquecinos.
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo de Investigación, es exploratoria, descriptiva, explicativa y aplicada.

Nivel de Investigación, es del tipo exploratorio.

Diseño de la Investigación, cuasi Experimental.

Población, es exploratoria.

Muestra, las muestras han sido recolectadas sistemáticamente.

La Muestra está compuesta por: tipos de esfalerita según su color.

Técnicas en recolección, la técnica a emplearse será la de: observación, análisis e interpretación.

Instrumentos requeridos, Microscopio estereoscópico, microscopio de luz polarizada, microscopio electrónico y platina calentadora-refrigerante.

3.2 Estudio macroscópico y microscópico de las esfaleritas

Se ha realizado la descripción macroscópica y microscópica de muestras representativas procedentes del yacimiento en estudio.

A continuación, una síntesis de sus descripciones.

3.3 Descripción macroscópica de las muestras

Muestra DS-MA-01

Textura: brechada.

Mineralogía: Fragmentos de esfalerita oscura en esfalerita rubia (blenda).

Descripción: Fragmentos mm de esfalerita oscura, englobadas por blenda anaranjada.

Secuencia paragenética: Esfalerita oscura, blenda.

Muestra DS-FI-01

Textura: Coloforme.

Mineralogía: Bandas milimétricas de esfalerita, con brunckita.

Descripción: Bandas milimétricas coloformes de esfalerita clara, con brunckita, dolomita y materia orgánica.

Secuencia paragenética: Materia orgánica, esfalerita, brunckita.

Muestra DS-FI-05

Textura: Reemplazamiento.

Mineralogía: Venillas milimétricas de brunckita en caliza oscura.

Descripción: Venillas milimétricas de brunckita con esfalerita clara, cortando a calizas oscuras y en geodas. Dolomita en venillas.

Secuencia paragenética: Caliza, esfalerita, brunckita, dolomita.

Muestra DS-FI-03

Textura: Reemplazamiento.

Mineralogía: Brunckita reemplazando a caliza oscura.

Descripción: Brunckita de grano muy fino reemplazando a caliza oscura en fragmentos relícticos.

Secuencia paragenética: Caliza, brunckita.

En la **Lámina 1** se presentan las fotos de las texturas y mineralogía de las muestras anteriormente analizadas.

3.4 Descripción microscópica de las muestras

En las 4 secciones pulidas-delgadas (DS-G-01, DS-FI-01, DS-FI-02 y DS-MA01), se han reconocido los ensambles minerales: pirita, esfalerita, galena, brunckita, carbonatos.

Las muestras corresponden a venillas y texturas de reemplazamiento de esfalerita, galena y brunckita en calizas oscuras.

Pirita, se presenta en bandas milimétricas y disseminaciones conformada por cristales subhedrales a euhedrales, con tamaños variables, en calizas oscuras conformada por carbonatos.

Marcasita, se presenta rodeando a la esfalerita oscura con texturas coliformes y globulares.

Esfalerita, la esfalerita es el mineral de mena más abundante y se presenta en dos generaciones.

Esfalerita oscura, está conformado por granos anhedrales, se observan esfalerita oscura coliforme y globular rodeado de marcasita.

Esfalerita (blenda), de tonalidades claras que cortan y reemplazan a las esfaleritas oscuras. Esta esfalerita se presenta en forma de texturas coloformes, intercrecidas con cuarzo y carbonatos, presentan reflexiones internas anaranjadas a amarillentas intensas.

Brunckita, se presenta con texturas típicamente coloformes de grano muy fino, de tonalidad clara reemplazando a carbonatos. Está asociada en algunos casos con galena.

Galena, la galena se presenta en forma de venillas finas que cortan y reemplazan a granos de piritita y esfalerita oscura.

Observaciones

Las texturas e intercrecimientos globulares de marcasita indicarían temperaturas relativamente bajas de formación. Las texturas coloformes de esfalerita clara y de brunckita, también sugieren bajas temperaturas de precipitación.

Hay tres generaciones de esfalerita, una oscura, otra acaramelada (blenda) formada más tardíamente y la brunckita (clara).

Se ha observado como alteración hidrotermal dolomitización en forma de venillas claras que cortan las calizas oscuras parcialmente silicificadas.

Texturas. Globulares, coloformes, venillas, brechadas, disseminaciones.

Posible secuencia de formación mineral:

Caliza oscura-piritita-esfalerita oscura-galena-esfalerita acaramelada clara (blenda)-
Brunckita-carbonatos.

En la **Lámina 2**, se muestran las texturas, ensambles y paragénesis mineral determinados para el yacimiento Domingo Savio.

3.5 Estudio Geoquímico de los Elementos Zn, Fe, Cd, In en las Esfaleritas

En este apartado se describen los resultados de los análisis químicos realizados sobre las esfaleritas del yacimiento en estudio.

3.5.1 Selección y preparación de las muestras

Después de realizarse los estudios macroscópicos y microscópicos de las muestras procedentes del yacimiento en estudio, se realizó la selección muestras representativas y la separación de las variedades de esfalerita.

Se realizó la separación de esfaleritas parda oscuras, acarameladas y parda claras. Para ello se realizó cortes en láminas delgadas y con un binocular se procedió a separar solo los granos de esfalerita de las diversas tonalidades.

Se prepararon 8 muestras para su análisis.

En la Tabla 2. se indican las muestras de esfaleritas seleccionadas y preparadas para los análisis químicos.

Tabla 3.1 Porcentajes de Fe y Cd encontrados en 8 muestras de tipos de esfaleritas, para los mantos Greta (DS-G-01), Finlandia (DS-FI-01) y Maracaibo (M-05-EF-1,2,3 y M-06-EF-1,2,3).

YACIMIENTO	MUESTRA	ELEMENTOS					observaciones
		Zn %	Fe %	Cd %	In ppm	Fe/Cd	
Domingo Savio	DS-G-01	33,11	5,98	0,258	69	23,18	Parda acaramelada
Domingo Savio	DS-FI-01	54,33	0,65	0,1099	90	5,91	Parda clara (brunckita)
Domingo Savio	M-05-EF-1	63,1	0,25	0,1588	18	1,57	Parda oscura
Domingo Savio	M-05-EF-2	64,13	4,05	0,3116	5	13,00	Parda acaramelada
Domingo Savio	M-05-EF-3	62,11	0,43	0,4524	35	0,95	Parda clara
Domingo Savio	M-06-EF-1		2,66	0,1411	15	18,85	Parda oscura
Domingo Savio	M-06-EF-2		1,42	0,1391	14	10,21	Parda acaramelada
Domingo Savio	M-06-EF-3		0,9	0,1447	9	6,22	Parda clara

Fuente: Elaboración propia.

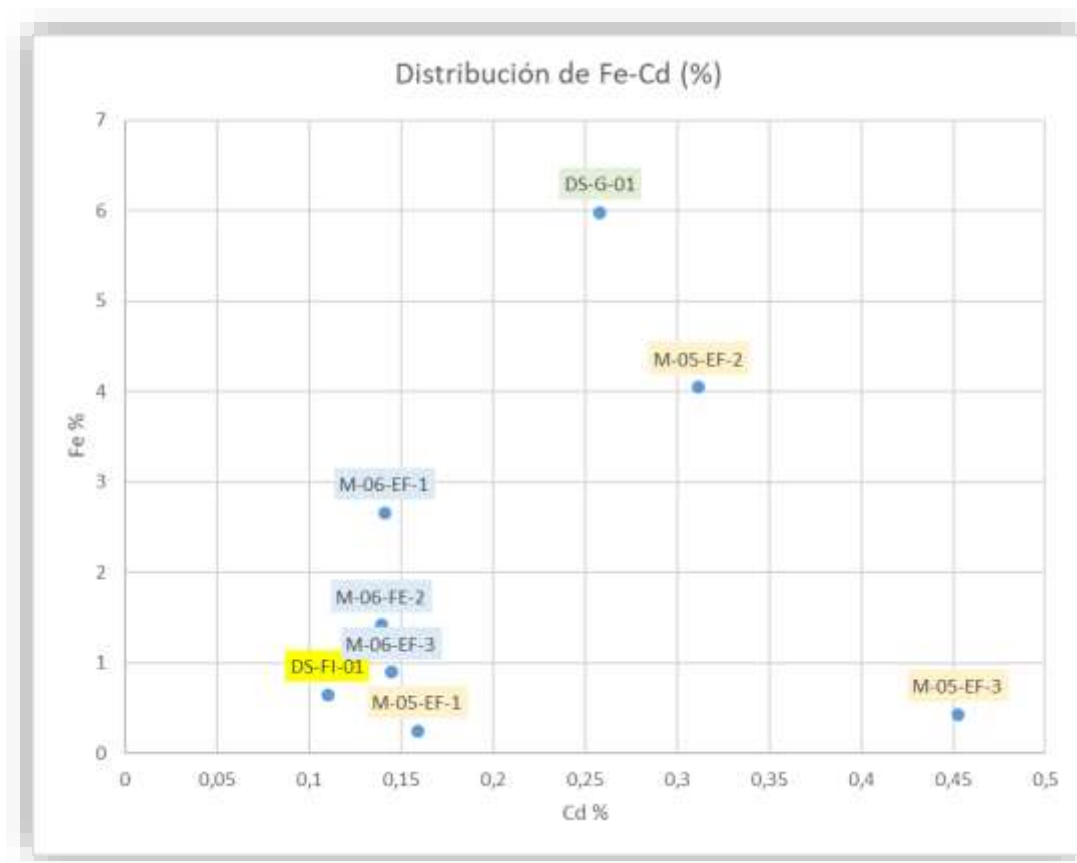


Figura 3.1. Distribución de Fe-Cd (%) para los tipos de esfaleritas en los mantos Greta (G), Finlandia (FI) y Maracaibo (M).

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Relación de los contenidos de Fe/Cd

En general, los contenidos de Fe/Cd en las esfaleritas muestran que los valores más altos se presentan en las esfaleritas de tonalidad oscura y los menores valores en las esfaleritas más claras y acarameladas.

3.6 Estudio de geotermometría mediante inclusiones fluidas

En este apartado se describen los resultados de los estudios de las inclusiones fluidas, realizadas principalmente sobre las esfaleritas y otros minerales asociados.

3.6.1 Selección de muestras

Después de realizarse los estudios macroscópicos y microscópicos de las muestras procedentes del yacimiento en estudio, se realizó la selección de muestras representativas para el estudio de inclusiones fluidas.

Los estudios de inclusiones fluidas se realizan principalmente en minerales transparentes, es así, que se seleccionaron muestras con contenidos de esfalerita semitraslúcida, preparándose dos secciones pulidas-delgadas para los estudios indicados.

3.6.2 Estudio de inclusiones fluidas

El objetivo fundamental es el de obtener las temperaturas de homogenización y la salinidad de los fluidos generadores, de las concentraciones minerales estratoligadas.

Se han determinado los aspectos morfológicos, contenido de las inclusiones fluidas, clasificación genética y fases presentes. Se han estimado las densidades, el grado de relleno y se han caracterizado los tamaños. Asimismo, se determinaron las temperaturas de formación del yacimiento, estimándose la profundidad y presión durante la formación.



Figura 3.2. Equipo microscópico utilizado para el estudio de inclusiones fluidas.
Fuente: Elaboración propia.

3.6.3 Análisis microtermométricos

Se realizó el análisis para dos muestras: DS-FI-01 y DS-MA-01.

Muestra DS-FI-01



Figura 3.3. Lámina transparente doblemente pulida indicando el área de estudio de las inclusiones fluidas. Muestra: DS-FI-01.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Los análisis se realizaron en esfalerita, las inclusiones son bifásicas acuosas del tipo primarias, con dimensiones de 10 a 14 micras, presentando el grado de relleno de 0.7 a 0.8. Las densidades varían de 1.102 a 1.105 g/cm³.

Tabla 3.2. Resultados de las mediciones microtermométricas (Muestra: DS-FI-01).

Nº	MUESTRA	CAMPO	CLASF	MIN	TIPO	Φμ	FILL	-Tf (°C)	Th (°C)	NaCl (wt%)	ρ (g/cm ³)	P (bar)
1	DS-FI- 01	A	BIF	ef	P-Lw	14,00	0,80	2,68	221,00	4,46	1,105	16,85
1	DS-FI- 01	B	BIF	ef	P-Lw	10,00	0,70	2,90	225,50	4,80	1,102	18,25
1	DS-FI- 01	C	BIF	ef	P-Lw	16,00	0,80	2,68	226,00	4,46	1,102	18,41

Fuente: Elaboración propia.

Temperaturas de homogenización y salinidad

Las temperaturas de homogenización alcanzan de 221°C a 226 °C, con salinidad de 4.46 a 4.80 % equivalente en peso NaCl.

Las presiones estimadas a partir de los datos obtenidos varían de 16.85 a 18.41 bar.

Muestra DS-MA-01

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4

Tabla 3.3. Resultados de las mediciones microtermométricas (Muestra: DS-MA-01)

Nº	MUESTRA	CLAF.	MIN	TIPO	Φμ	FILL	-Tf (°C)	Th (°C)	NaCl (wt%)	ρ (g/cm ³)	P (bar)
1	DS-MA- 01	BIF	ef	P-Lw	8,0	0,8	10,49	226,80	14,45	1,1016	18,67
1	DS-MA- 01	BIF	ef	P-Lw	8,0	0,8	8,00	262,50	11,70	1,0841	33,65
1	DS-MA- 01	BIF	ef	P-Lw	14,0	0,75	2,67	221,00	4,45	1,1049	16,85
1	DS-MA- 01	BIF	ef	P-Lw	10,0	0,8	3,8	160,50	6,16	1,1409	4,82
1	DS-MA- 01	BIF	ef	P-Lw	6,0	0,8	18,5	180,00	21,33	1,1294	7,59

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis se realizaron en esfalerita, las inclusiones son bifásicas acuosas del tipo primarias acuosas con tamaños de 6 a 14 micras, presentando el grado de relleno de 0.75 a 0.8. Las densidades varían de 1.0841 a 1.1409 g/cm³.

Temperaturas de homogenización y salinidad

Las temperaturas de homogenización alcanzan de 160.50 °C a 262.50 °C, con salinidad de 4.45 a 21.33 % equivalente en peso NaCl.

Las presiones estimadas a partir de los datos obtenidos varían de 4.82 a 33.65 bar.

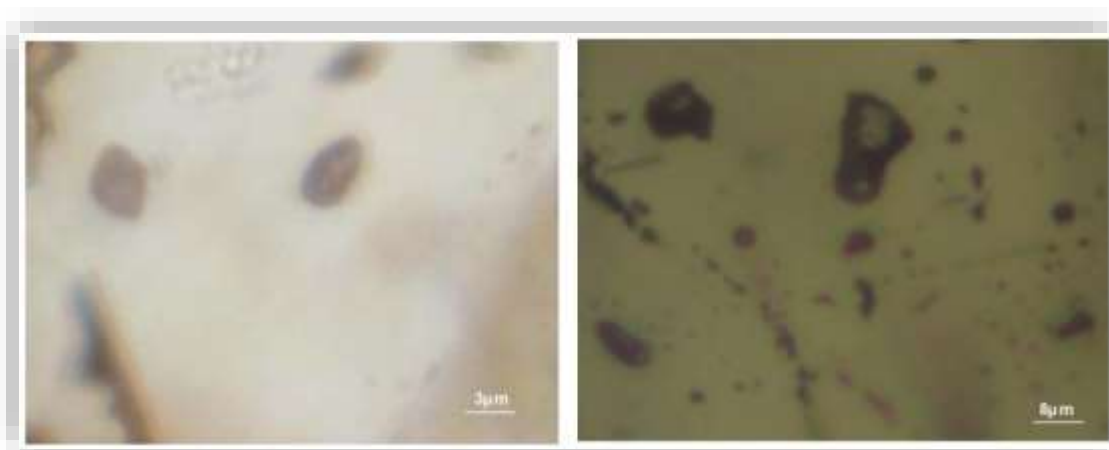


Figura 3.4. Inclusiones bifásicas ricas en líquido capturadas en esfalerita. Muestra: DS-MA-01.

Fuente: Elaboración propia.

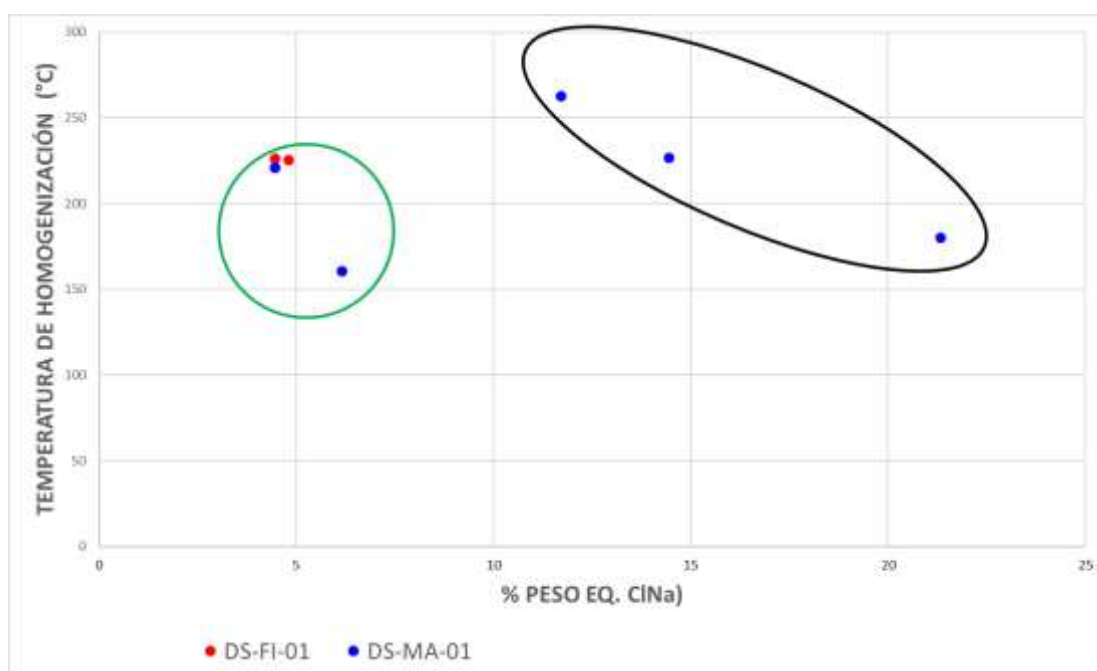


Figura 3.5. Diagrama T (°C) versus Salinidad (% eq. ClNa).
Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en la Figura 25, las inclusiones fluidas presentan 2 poblaciones definidas:

La primera con T° de 150° a 250 °C y salinidades de 4 a 7 % eq.peso ClNa.

La segunda con T° de 150° a 250 °C y salinidades de 12 a 21 % eq.peso ClNa.

Ambas tienen temperaturas de homogenización semejantes, pero con diferentes salinidades, lo que se interpreta con una posible mezcla isotérmica de fluidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Discusión e interpretación de los resultados obtenidos

4.1.1 Características geológicas

Las características de la Formación Santa, albergando yacimientos estratoligados con mineralización similar a lo largo de varios kilómetros, indican condiciones favorables para la concentración mineral.

Las facies litológicas que contienen los sulfuros de Zn, Pb (Ag) están compuestas principalmente por lutitas, lutitas margosas, calizas, en parte dolomíticas con intercalaciones de chert oscuro, en capas y en concreciones.

Las observaciones estratigráficas y sedimentológicas de las áreas donde se presentan las ocurrencias minerales de sulfuros de Zn, Pb (Ag), indican que la sedimentación habría ocurrido en un ambiente marino de aguas someras, con desarrollo de medios locales reductores (lagoon) y condiciones tidales e intertidales y la formación de niveles dolomíticos.

4.1.2 Mineralización

En general, la distribución de la mineralización a diferentes escalas es de carácter estratoligado.

Es común el bandeamiento a escala de afloramiento de los mantos, y a escala de muestra de mano las texturas macroscópicas observadas son: bandeados, laminaciones, predominan las ritmitas, repliegues.

La distribución horizontal de los mantos minerales estaría relacionada a una zonación, a partir de los centros de emisión de los fluidos en un determinado nivel estratigráfico.

La evolución de los aportes de los fluidos también se manifiesta en sentido vertical correspondiendo la posición de los mantos a diversos niveles estratigráficos en la cuenca, con variaciones locales de los contenidos de Fe, Zn-Pb.

Existe una correlación general de los mantos en sentido horizontal en varios niveles estratigráficos.

Las texturas macroscópicas y microscópicas indican precipitación en dos ambientes, unos en fondo oceánico asociados a sedimentos blandos que presentan texturas bandeadas con pliegues, y otro más tardío asociado a las ritmitas comunes producidos durante la diagénesis de los sedimentos.

4.1.3 Mineralogía y texturas

La mineralogía determinada macroscópicamente y mediante el microscopio es como sigue: Pirita (hasta 2 generaciones), marcasita, esfalerita (3 generaciones: oscura, clara y acaramelada), brunckita, galena, escasa calcopirita. Como gangas cuarzo, dolomita, rodocrosita y jamesonita. Además, se observan brechas de esfalerita, disolución y relleno de brunckita en calizas silicificadas, como en el manto Finlandia.

4.1.4 Secuencia paragenética

La secuencia paragenética indica que las esfaleritas oscuras precipitaron primero, luego más tardíamente fueron reemplazadas o englobadas por la esfalerita más claras o acarameladas.

Dicha secuencia es aproximadamente como sigue: Chert oscuro - pirita - marcasita – calcopirita (escasa) - esfalerita oscura a esfalerita clara (blenda) - galena – sulfosales.

4.1.5 Contenidos de Fe y Cd en las esfaleritas

En general, los contenidos de la relación Fe/Cd en las esfaleritas muestran que, las esfaleritas oscuras tienen valores más altos en Fe y las esfaleritas más claras a acarameladas, valores más bajos; y las esfaleritas parduscas intermedias, valores medios. Esto quiere decir que las esfaleritas oscuras se habrían precipitado primero y más tardíamente las esfaleritas claras.

Los cambios en el contenido en Fe y Cd se deben fundamentalmente a las variaciones en la temperatura de precipitación, así se reportan valores más altos contenidos en la estructura de la esfalerita oscura.

4.1.6 Temperatura y salinidad de los fluidos

Los ensambles texturales y paragénesis de los minerales determinados indican temperaturas de formación relativamente bajas.

Las temperaturas de homogenización medidas en las inclusiones fluidas en las esfaleritas acarameladas (DS -MA-01) de Domingo Savio muestran dos poblaciones, unas dan valores ligeramente más bajos de 200 °C y con bajas salinidades < 7 % y

otras con temperaturas variables ligeramente más altas de 240 °C a 260 °C con salinidades entre 12 y 15 %.

Estas variaciones indican que se habría producido removilización de los fluidos aportantes de Zn, alcanzando temperaturas relativamente más altas.

En las esfaleritas parduscas claras (DS-FI-01), las temperaturas son ligeramente más altas 220 °C con salinidades del 5 %.

4.1.7 Correlación entre el color de esfalerita y las temperaturas

En general, se presenta una correlación de las tonalidades de esfalerita y su temperatura de precipitación, observándose que las esfaleritas oscuras se han formado a mayor temperatura, con respecto a las esfaleritas claras y acarameladas.

4.1.8 Esbozo de un modelo de prospección de depósitos de esfalerita

Se interpreta que hubo una mineralización primaria proveniente de la exhalación volcánica distal y una posterior concentración durante la diagénesis (ritmitas), por el aporte de fluidos hidrotermales de la cuenca, producidos por el peso de los sedimentos dentro de la cuenca Santa. El conjunto fue afectado por un metamorfismo de bajo grado. Hubo removilización más tardía, debido a las fracturas producidos por la tectónica y localmente, probablemente por el emplazamiento de intrusivos y diques.

Se interpreta que los procesos producidos han sido fundamentalmente enfriamiento y mezcla de fluidos.

Los valores de las temperaturas y salinidades se distribuyen de acuerdo a un patrón general controlado por las zonas de aportes de fluidos a la cuenca, y controlado por la permeabilidad de los diferentes niveles estratigráficos.

Hay que señalar que, el aporte de los fluidos a la cuenca habría sido controlado por el sistema hidrogeológico de la cuenca y las fallas sinsedimentarias coetáneas o más tardías, durante la diagénesis.

Así, la circulación de fluidos se ha producido fundamentalmente en el contacto de los sedimentos clásticos del tope de la Formación Chimú, con las areniscas y lutitas de la Formación Santa, asimismo, en otros niveles estratigráficos permeables del Santa.

La precipitación de los minerales metálicos se habría producido por la reducción de sulfatos y la presencia de abundante materia orgánica que habría reducido el azufre.

Para el caso del manto Maracaibo, se tiene una primera generación de esfalerita oscura, la cual posteriormente fue fragmentada, siendo englobada por esfalerita parda clara y acaramelada más tardíamente.

Por tanto, la exploración mineral por Zn, se apoyaría en la identificación de las tonalidades de los tipos de esfaleritas, con lo que aquellas que sean de naturaleza más oscuras, nos orientarán hacia las zonas de mayor temperatura y proximidad a las fuentes de los fluidos y, las esfaleritas más claras indicarán ser más distales o encontrarse más alejadas de dichas fuentes, a menor temperatura de precipitación.


CONCLUSIONES

La Formación Santa presenta condiciones favorables para la concentración mineral, en la que las facies litológicas que contienen los sulfuros, indican que la sedimentación habría ocurrido en un ambiente marino con desarrollo de medios locales reductores (lagoon) y condiciones tidales e intertidales, con formación de niveles dolomíticos.

La mineralización a diferentes escalas, es de carácter estratoligado y su distribución estaría relacionada a una zonación, a partir de los centros de emisión de los fluidos, en un determinado nivel estratigráfico.

La mineralogía está compuesta por pirita, marcasita, esfalerita (3 generaciones: oscura, clara y acaramelada), brunckita, galena y escasa calcopirita. Como gangas: cuarzo, dolomita, rodocrosita y jamesonita. Se observan brechas de esfalerita, disolución con relleno de brunckita en calizas silicificadas (manto Finlandia).

La secuencia paragenética es como sigue:

	Temprano	TIEMPO			Tardío
					
marcasita	—————				
brunckita	—————				
esfalerita	<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> 1 2 3 </div>				
pirita	—————				
galena	—————				
jamesonita	—————				
dolomita	—————				
cuarzo	—————				
rodocrosita	—————				

Secuencia paragenética general

Fuente: Elaboración Propia.

En general, la relación Fe/Cd muestran que las esfaleritas oscuras son las que poseen valores mayores en Fe y los cambios en dichos contenidos se deben fundamentalmente a las variaciones en la temperatura de precipitación.

Los ensambles texturales y paragénesis de los minerales determinados indican temperaturas de formación relativamente bajas.

Las temperaturas de homogenización medidas en las inclusiones fluidas muestran dos poblaciones, esto indicaría que se habría producido removilización de los fluidos aportantes de Zn, alcanzando temperaturas relativamente más altas.

En general, se presenta una correlación directa de las tonalidades de esfalerita y su temperatura de precipitación, observándose que las esfaleritas oscuras se han formado a mayor temperatura, con respecto a las esfaleritas claras y acarameladas.

RECOMENDACIONES

En base a las observaciones e interpretaciones mencionadas en el apartado de conclusiones, la exploración mineral por Zn buscaría identificar los tipos de esfalerita de acuerdo a sus tonos de color, siendo que aquellas esfaleritas más oscuras nos guiarán hacia las zonas de mayor temperatura de precipitación y más cercanas a la fuente de los fluidos, donde se concentra la mayor cantidad del metal.

Dado que la esfalerita contiene impurezas de elementos estratégicos como indio, germanio y galio, los cuales tienen alta demanda en las tecnologías que involucran dispositivos electrónicos modernos, medicina y otros; es vital que se exploren depósitos de este tipo, en el que podrían encontrarse importantes concentraciones de dichos elementos, que puedan servir de suministro en las tecnologías mencionadas anteriormente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRASCAL MIRANDA, E.R; SOLER, P; SAEZ J. (1983): El yacimiento estratoligado (Pb-Zn-Cu-Ag) de Huanzalá. Huánuco-Perú Central: Discusión genética. Bol. Soc. Geol. del Perú.vol.71.p.1-15. Lima.
- CARRASCAL MIRANDA, E. R. (1984): El yacimiento estratoligado (Zn-Pb-AgCu) de Huanzalá. Huánuco-Perú. Contribución a la interpretación mineralogenética. Tesis de grado. UNI.
- CARRASCAL MIRANDA, E.R & PASTRANA OLIVARES, M. (1986): Estudio geológico de la mina Aida Única. Informe interno Cía. Minera Ayar S.A.
- CARRASCAL MIRANDA, E.R. (1988): Geología del yacimiento estratoligado Aida Única. Bol. Soc. Geol. del Perú.vol.78. p.23-34. Lima.
- CARRASCAL MIRANDA, E.R & Sáez, J. (1990): Stratabound polymetallic ore deposits of the Santa metallotect in the Huanzala and Pachapaqui mining areas in central Peru. Book: Stratabound ore deposits in the Andes. pp.555-568. Springer-Verlag-Berlín-Heidelberg. Edited by L. Fontbote, G.C. Amstutz, M. Cardozo, E. Cedillo and J. Frutos.
- CARRASCAL MIRANDA, E.R. (1997): Evaluación geológica preliminar del prospecto “Aparre”. Aquia-Bolognesi-Ancash. Inf. Inter. North Compañía Minera.
- CARRASCAL MIRANDA, E.R, et al (2007): Clasificación de las texturas minerales y su aplicación en la interpretación genética de los yacimientos estratoligados de la Formación Santa. UNI.
- CARRASCAL MIRANDA, E.R. (2015): Geotermometría mediante inclusiones fluidas y evolución de la materia orgánica de las ocurrencias de Fe-Zn-Pb de yacimientos estratoligados en la Formación Santa. Bolognesi-Ancash-Perú. Proyecto de investigación. Escuela de Geología. FIGMM-UNI.
- FONTBOTE, L. (1981): Observations on the diagenetic evolution of stratabound Pb-Zn-Ba-F deposits in carbonates. With a comparison of examples of Peru, Spain, Poland and Algeria. Ph.D Thesis Univ. Heidelberg. 192p.
- INGEMMET (2011), Informe Geoeconómico de la Región Ancash
- KETTLER, R.M. (1993): The Interaction of Organic Matter and Fluids During the Genesis of Some Precious Metal and Volcanogenic Massive Sulfide Deposits.

- LEACH, D. L et al; (2005): Sediment-Hosted Lead-Zinc Deposits: A Global Perspective. Economic Geology 100 th anniversary Volume. Pp. 561-607.
- LINGJIE LI et ál (2022), Trace element signatures of sphalerite in the Sichuan Daliangzi Ge-rich Pb-Zn deposit and its implications for deep ore prospecting. Earth Sci., Sec. Geochemistry. Volume 10
- ROEDDER, E. (1962): Studies of fluid inclusions I: Low temperature application of a dual purpose freezing and heating stage. Econ. Geol. V.57.
- ROEDDER, E. (1963): Studies of fluid inclusions II: freezing data and their interpretation. Econ. Geol. V.58.
- ROJAS, C. (2017): Análisis mineralógico textural, de las ocurrencias Zn – Pb, del yacimiento Domingo Savio, Bolognesi - Ancash – Perú.
- SAMANIEGO, A. (1980): Stratatound Pb-Zn- (Ag-Cu) ore occurrences in early cretaceous sediments of north and central Peru. A contribution to their metallogenesis. These Ph. D. University Heidelberg.
- SAMANIEGO, A. & AMSTUTZ, G.C. (1979): Yacimientos estratoligados de Pb, Zn (Ag,Cu) en el Cretáceo inferior del Perú Central. Bol. Soc. Geol. Perú. Tomo 62.
- VELAZCO, F (2004): Introducción al estudio de las Inclusiones Fluidas.
- WILSON, J. (1963): Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull. 47:1-34.
- WILKINSON, J.J. (2001): Fluid inclusion in hidrothermal ore deposits. Lithos 55. 229-272 p

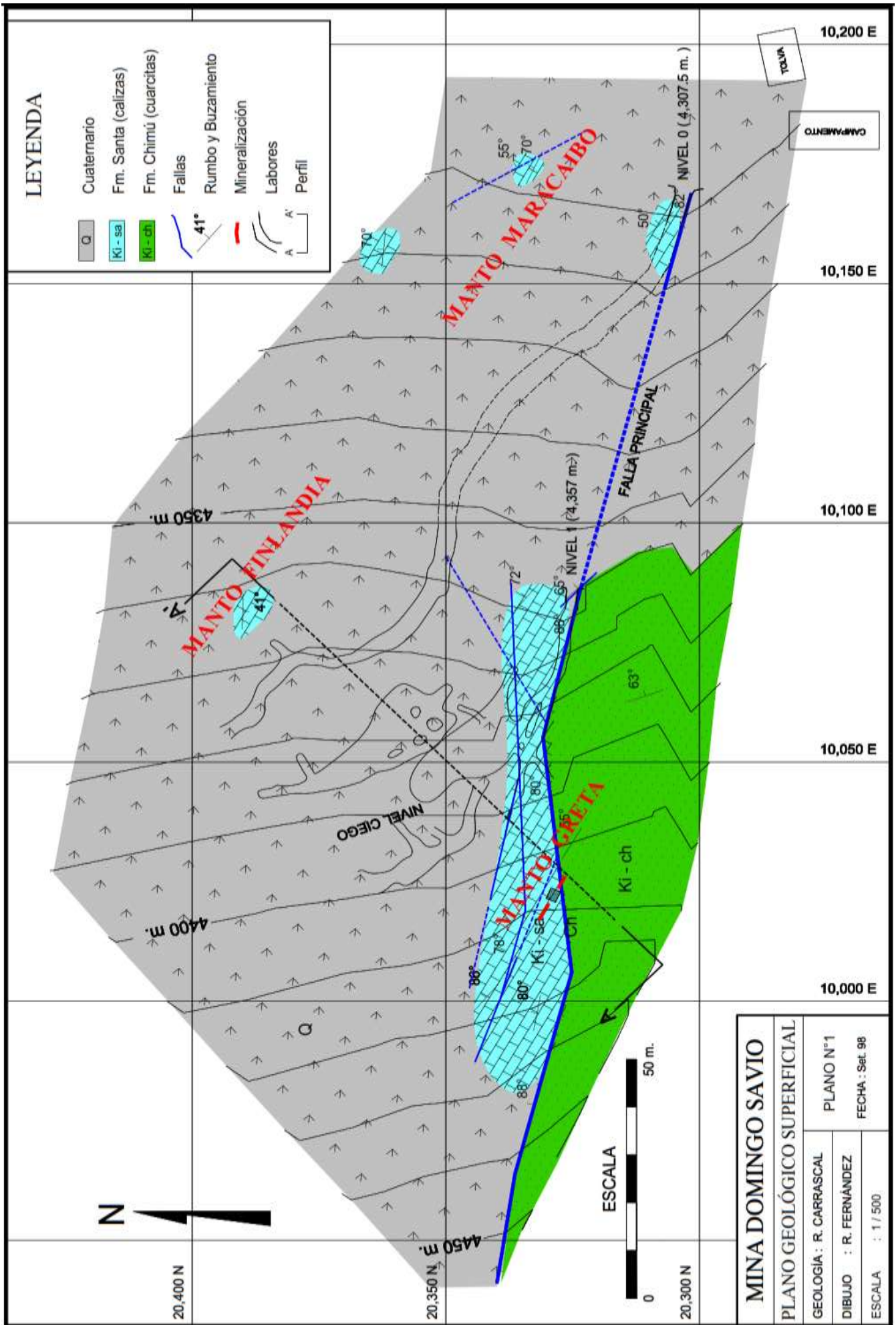
ANEXOS

ANEXO 1

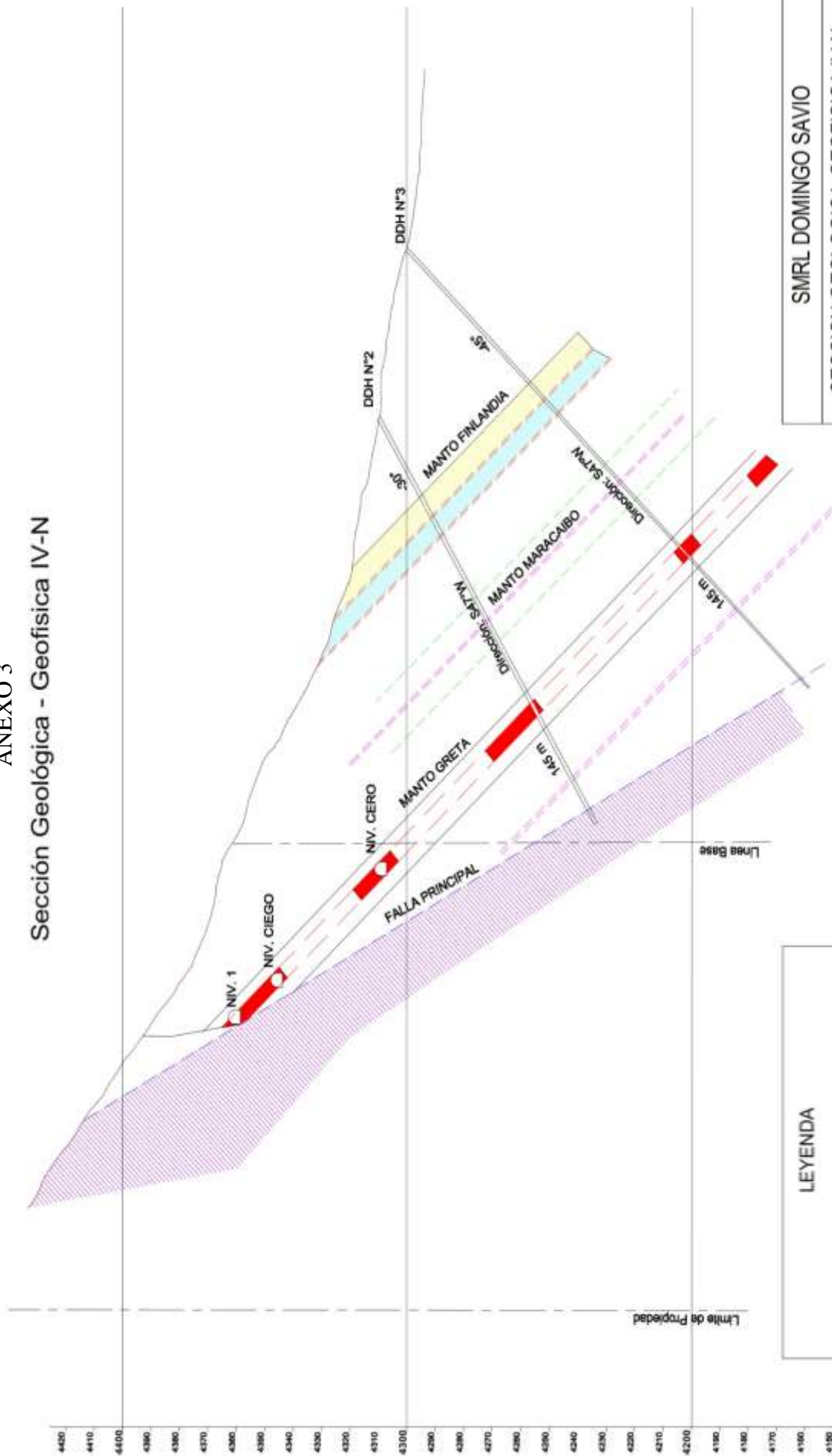
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Variaciones en los contenidos de Fe-Cd, y su relación con la temperatura, en las esferalitas del Yacimiento Domingo Savio, Bolognesi – Ancash - Perú”.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>Problema general Uno de los intereses del sector minero peruano, es el de consolidar la exploración de yacimientos minerales de metales base (Zn, Pb), entre los cuales se incluyen los depósitos tipo MVT, por lo que es vital comprender sus procesos de formación, entre los cuales se encuentran los ligados a rocas calcáreas de la cuenca de El Santa; y entre los que destaca el de Domingo Savio.</p> <p>Problemas específicos 1. Determinar posibles depósitos estratoconfinados, del tipo MVT en la cuenca del Santa, una de cuyas características son las de poseer temperaturas de formación, relativamente bajas.</p>	<p>Objetivo general Determinar los contenidos de Fe-Cd en los tipos de esferalitas encontrados en el yacimiento Domingo Savio, relacionándolos con las temperaturas de formación conseguidas a partir del estudio de sus inclusiones fluidas.</p> <p>Objetivos específicos 1. Identificar los diferentes tipos de esferalita existentes en el depósito. 2. Determinar los contenidos de Fe-Cd en estos tipos de esferalita y sus variaciones químicas. 3. Relacionar dichas variaciones con las temperaturas de formación del yacimiento, apoyados en datos puntuales de microtermometría.</p>	<p>Hipótesis general La variación en el contenido de Fe-Cd en las esferalitas de un determinado depósito mineral, son resultado de la evolución de los fluidos mineralizantes que intervinieron en él y pueden relacionarse con sus temperaturas de formación.</p> <p>Hipótesis específicas 1. Las variaciones de color desde tonos oscuros a claros y los contenidos cada vez menores de Fe-Cd en las esferalitas de un determinado depósito, implican temperaturas de formación cada vez menores.</p>	<p>Variable independiente: X X1 = Composición Fe-Cd en las esferalitas.</p> <p>Variable dependiente: Y Y1 = Temperatura de formación en las esferalitas.</p>	<p>Indicadores de X: Color.</p> <p>Indicadores de Y: Colores más oscuros y composiciones de Fe-Cd mayores en los tipos de esferalita, implican temperaturas mayores</p>	<p>Tipo de Investigación Exploratoria, descriptiva, explicativa y aplicada.</p> <p>Nivel de Investigación Exploratorio.</p> <p>Diseño de la Investigación Cuasi Experimental.</p> <p>Población Exploratoria.</p> <p>Muestra Muestras recolectadas sistemáticamente.</p> <p>La Muestra está compuesta por: Tipos de esferalita según su color.</p> <p>Técnicas en recolección. La técnica a emplearse será la de: Observación, Análisis e interpretación.</p> <p>Instrumentos 1. Microscopio estereoscópico. 2. Microscopio de luz polarizada. 3. Microscopio electrónico. 4. Platina calentadora-refrigerante.</p>



ANEXO 3
Sección Geológica - Geofísica IV-N



LEYENDA

	LUTITA		DDH N°1
	CALIZA		MANTO
	CUARCITA		MANTO INFERIDO
	CHERT		FALLA
			FALLA INFERIDA

SMRL DOMINGO SAVIO			
SECCION GEOLOGICA-GEOFISICA IV-N			
PROGRAMA DE SONDAJES DIAMANTINOS			
MINA DOMINGO SAVIO			
EJECUTIVO:	MATED PASTRAMA ROLANDO CARRASCAL	ESCALA:	1/1000
REVISADO:	ROLANDO CARRASCAL	FECHA:	JUNIO 99
DELIBADO:		PLANO:	4

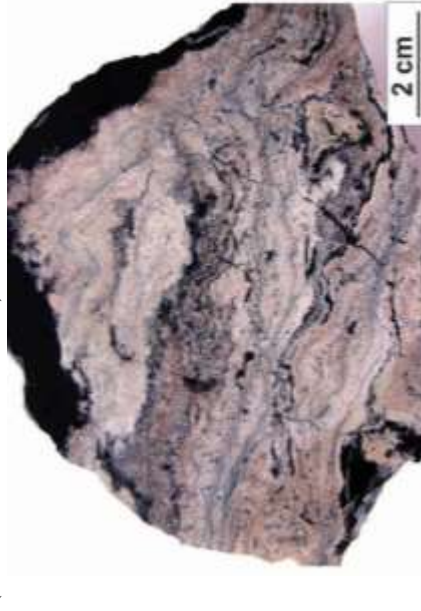
ANEXO 4



Esfalerita parda clara reemplazando a caliza oscura (Manto Finlandia. DS-FI-05).



Relictos de esfalerita oscura englobada por esfalerita acaramelada (Bienda). (Manto Maracaibo. DS-MA-01)



Brunckita intercrecida con dolomita y materia orgánica. (Manto Finlandia. DS-FI-01).



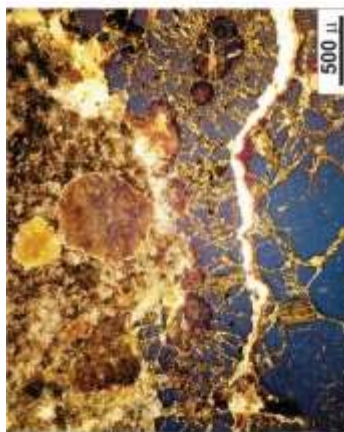
Esfalerita parda clara reemplazando a caliza oscura. (Manto Finlandia. DS-FI-03)

Lámina 1. Aspectos mineralógicos macroscópicos de las muestras del Yacimiento Domingo Savio.
Fuente: Elaboración Propia.

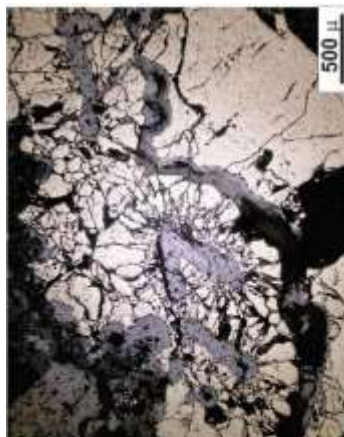
ANEXO 5



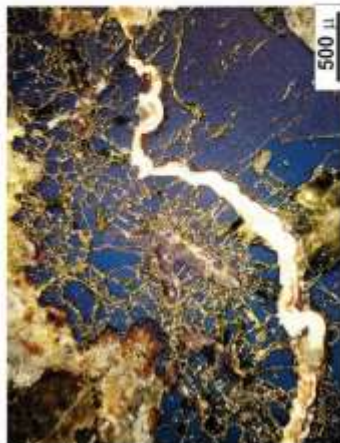
Esfalerita parda clara coliforme intercrecida con dolomita y cuarzo.
LR-NX. (Manto Finlandia-DS-FI-01).



Textura coliforme de esfalerita parda intercrecida con pirita.
LR-N//.(Manto Greta-DS-G-01).



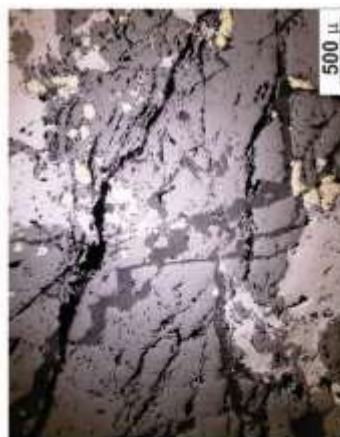
Textura coliforme de esfalerita parda clara entre marcasita globular.
LR-N//.(Manto Greta-DS-G-01)



Textura coliforme de esfalerita parda clara entre marcasita globular.



Contacto de esfalerita oscura reemplazada por esfalerita acaramielada (blenda).



Contacto de esfalerita oscura y cortado por esfalerita clara (blenda), pirita y galena.

Lámina 2. Texturas y mineralogía microscópica de las muestras del Yacimiento Domingo Savío.
Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 6



Ley N°30035
Repositorio Nacional Digital



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERIA**

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA EN EL PORTAL DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNI

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y nombres: ROJAS LEÓN, CARLOS ALBERTO

D.N.I: 06134814

Teléfono casa: 5645 382

celular: 980 303 636

Correos electrónicos: crojasl@uni.edu.pe / carleouni@gmail.com

2. DATOS ACADÉMICOS

Grado académico: Bachiller

Mención: Ingeniería Geológica

3. DATOS DE LA TESIS

Título:

“Variaciones en los Contenidos de Fe-Cd, y su Relación con la Temperatura en las Esfaleritas del Yacimiento Domingo Savio, Bolognesi – Ancash - Perú”.

Año de publicación: 2023

A través del presente, autorizo a la Biblioteca Central de la Universidad Nacional de Ingeniería, la publicación electrónica a texto completo en el Repositorio Institucional, el citado título.

Firma:

Fecha de recepción: 11/09/2023

ANEXO 7

CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES

Nombre y Apellidos:	CARLOS ALBERTO ROJAS LEÓN
Ingeniero Geólogo	CIP N° 243891
Nacionalidad:	Peruano
Fecha de nacimiento:	17 de Junio de 1963
Lugar de Nacimiento:	Lima
D.N.I. (Perú):	06134814
Pasaporte:	5448363
Dirección:	Jr. Santa Martina 259, Urb. Pando, 3ra Etapa- Cercado de Lima
Estado Civil:	Soltero
Teléfonos:	(51) 1 564 5382 (51) 1 464 8119
Celular:	980 303636
Email:	carleouni@gmail.com crojasl@uni.edu.pe
Cuenta SKYPE	carleouni



Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería, con experiencia en labores relacionadas a la actividad minera de exploración, especialmente de Pórfidos de Cu en Chile. Supervisor de sondajes de Perforación Diamantina y Aire Reversa, verificando los procedimientos de muestreo y QA/QC aplicados.

Capacitación especial en Muestreo y QA/QC, dictado por MSc Samuel Canchaya, febrero del 2013.

Experiencia como Geólogo de Mina en Operaciones Subterráneas y Tajo Abierto, caracterizando la geología, mineralogía y calidad del macizo rocoso respectivamente.

Ejerciendo asimismo la docencia e Investigación y participando en diferentes trabajos involucrados con la minería y la ingeniería civil, en los Laboratorios N° 8 de Geología Aplicada, Mineralogía, Mecánica de Suelos y Mecánica de Rocas, de la Universidad Nacional de Ingeniería.

FORMACIÓN ACADÉMICA

2023	Maestría en Ciencias con mención en Ingeniería Geológica. Tesis: "Variaciones en los contenidos de Fe-Cd, y su relación con la temperatura, en las esferitas del yacimiento Domingo Savio, Bolognesi – Ancash - Perú". Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de Ingeniería.
2018	Graduado como Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Ingeniería – Perú.
2003	Bachiller en Ingeniería Geológica. Universidad Nacional de Ingeniería – Perú.

ESTUDIOS Y PARTICIPACIONES

2022-2023	Curso Taller Relacionado con la Investigación, Aplicación de la Espectrometría de Absorción Atómica En Proyectos De Investigación. Diciembre 2022-enero 2023.
2022	Taller de elaboración Automatizada de Trabajos Académicos usando el gestor Bibliográfico Mendeley, octubre.
2017	PROEXPLO 2017. 08 – 10 mayo.
2016	Calidad Universitaria y Acreditación ABET, 21 marzo.
2016	Elaboración y Publicación de Artículos Científicos, 03-17 marzo.
2015	PROEXPLO 2015. 18 – 20 mayo.
2014	XVII Congreso Peruano de Geología, 12 - 15 de octubre
2014	Tectonomagmatic Control on Porphyry and Epithermal Mineralization, Julio 18, 19.
2013	Muestreo y QAQC, SAMPLING OK SAC, febrero 15, 16.
2012	XVII Seminario de Geología: Minería e Hidrocarburos. Lima, noviembre 28 – Dic 01.
2012	Inclusiones Fluidas aplicadas a los Pórfidos y Skarns Cupríferos. Lima, Nov 26-27.
2009	Future metal supplies and giant deposits with applications to Latin America Pro EXPLO 2009. Lima, Mayo 18 – 19.
2007	<i>Especialización en Exploración de Recursos Minerales</i> . Universidad Politécnica de Madrid. Lima, abril – setiembre.

- 2006 *Estilos estructurales en sistemas de cuencas de Ante-País: Aplicación a los Andes Centrales*. Lima, 11 al 14 de diciembre.
- 2006 *XIII Congreso Peruano de Geología, Movilizando la Geociencias para el desarrollo del País*, Lima 17 al 20 octubre.
- 2006 Curso Taller: *Internet aplicado a la educación*; Lima 21 y 22 de marzo.
- 2005 *Basics of petroleum geology of deep water deposicional systems*.
Lima, 07 y 08 de noviembre.
- 2005 *Depósitos de Sulfuros Masivos y Depósitos Volcánicos Exhalativos Sedimentarios*, Lima 15 al 19 de agosto.
- 2005 *Introducción a la Estratigrafía Secuencial y Modelamiento Secuencial*. Lima 23 al 25 de junio.
- 2004 *Introducción a la Gestión Universitaria*. Lima, 24 de febrero al 04 de marzo
- 2003 *Metodología para el estudio de Paleoambientes Sedimentarios en base a la Diagnósis de los afloramientos del Cretáceo Inferior en la Cuenca Lima*. Lima 06 al 14 de marzo.
- 2002 *Estrategias de Comunicación Docente*, Lima 09 al 14 de setiembre.
- 2002 *Introducción a la Volcanología Física*, Lima 15 al 19 de agosto.
- 1987 *Simposio de Hidrogeología, Importancia de las Aguas Subterráneas para el Abastecimiento a la Ciudad de Lima*, Lima 20 al 22 de octubre.
- 1987 *VI Congreso Peruano de Geología*, Lima 19 al 24 de julio.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

- 2023 Universidad Nacional de Ingeniería.
Actual docente y Jefe de Logística de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, anteriormente Secretario Académico de dicha Facultad, 2020 y 2021.
Cursos dictados para el Pre-Grado: Estratigrafía, Mineralogía Descriptiva, Microscopía, Yacimientos Minerales, Yacimientos Metálicos y Geología General.
Orientador en la elaboración de Proyectos Universitarios desde el 2015, para los cursos de Yacimientos Minerales y Yacimientos Metálicos.
Participación en los diversos análisis microscópicos petromineralógicos y/o mineragráficos, en los laboratorios N° 8 de Geología Aplicada, Mineralogía, Mecánica de Suelos y Mecánica de Rocas, de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- 2014 Geo Blue Star S.A.C.
Supervisión y logueo de perforaciones diamantinas, mapeo geológico superficial.
Andina de Cementos SAA, UNACEM, Atocongo, Lima.
Julio – Noviembre 2014.
- 2013 Geo Blue Star S.A.C.
Supervisión de sondajes, Proyecto Central Hidroeléctrica Carpapata III, Compañía Unión Andina de Cementos SAA, UNACEM, Matchacra, Tarma, Junín.
Diciembre 2013 – enero 2014.
- 2013 Hasta la fecha: Análisis microscópicos petromineralógicos y/o mineragráficos para Rumi Laboratorio Geotécnico EIRLs, Graña y Montero S.A., CSP S.A.S., GeoWissens SAC, Consorcio Romahns Consultores, ETRACHUL - Empresa de Transportes Churampi Limas EIRL, Multiservicios JC&G E.I.R.L, JMF Ingeniería & Construcción S.A.C., South American Management S. A. C., Tideco Ingenieros Asociados S.R.L., PROESMIN S.A.C., Compañía Minera Río Azul S.A., Geo Blue Star S.A.C. entre otros.
- 2012 DERK Ingeniería, Geología y Servicios
Geólogo de Producción (Caracterización Geológica-Mineralógica de los bancos y mallas de producción, Clasificación Geomecánica).
CODELCO, División El Salvador, Chile.
Enero a Octubre.
- 2011 Ersi 4d
Uso de Mine Sight y GEMCOM para el cálculo de reservas Proyecto Hilarión, Milpo,
Octubre – Diciembre 2011.

- 2011 Mas Errázuriz
Geomecánico – Túnel de conducción de lamas. Proyecto Caserones – Lumina Copper
Copiapó – Chile
Abril – Agosto 2011
- 2008 – 2011
South American Management S. A. C.

Supervisión sondajes Aire Reversa, Proyecto Caserones – Lumina Cooper.
Copiapó – Chile
Agosto 2010 – Marzo 2011

Supervisión Proyecto Oz Minerals. Evaluación de Pórfidos de cobre Peruanos del Sur del Perú.
Junio – Julio 2010.

Jefe de Proyecto del PROJECT SOUTH PERU GIS para
Pan Pacific Copper.
Lima, Febrero – Abril 2010

Jefe de Proyecto Ocucaje - Cálculo de Reservas para Corporación Misti
Ica – Ocucaje, agosto – setiembre 2009.

Logueo geológico – geotécnico de sondajes diamantinos, para el Proyecto Caserones
Copiapó, 3ra Región de Chile, agosto 2008 – febrero 2009,
Enero – marzo 2008.

Logueo geológico – geotécnico de sondajes diamantinos, para el Proyecto Cerro Casale.
Copiapó, 3ra Región de Chile, julio 2008.

Logueo geológico de sondajes aire – reversa y exploración para el Proyecto Santa Rosa de Minera Quimal.
Antofagasta, 2da Región de Chile, mayo – junio 2008.

Supervisión y logueo geológico de sondajes diamantinos efectuados para el Proyecto Sarakreek (de
Iamgold – Rosebel Mine).
Paramaribo – Surinam, marzo – mayo 2008.
- 2009 Universidad Nacional de Ingeniería, participación en el Proyecto de Investigación: “Caracterización
Petrográfica y Geoquímica de la materia orgánica, en la Formación Chimú, Parquín - Lima”.
- 2008 – 2009
Universidad Nacional de Ingeniería.
Docente, Jefe de Prácticas de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.
Cursos dictados para el Pre-Grado: Mineralogía Descriptiva, Estratigrafía y Petrología de Rocas
Sedimentarias.
- 2007 Universidad Nacional de Ingeniería, participación en el Proyecto de Investigación: “Clasificación de las
texturas minerales y su aplicación en la interpretación genética de los yacimientos estratoligados de la
formación Santa”, Huaraz – Perú”.
- 2007 – 2003
Participación en los diversos servicios que presta el Laboratorio de Mineralogía, entre los que destacan:
Estudios petromineralógicos a: Minera Barrick, Buenaventura Ingenieros S.A., Hoschild S.A.C., Compañía
Minera Volcan, Compañía Minera Oro Candente, Antares Minerals S.A.C., Golder Associates Peru S.A.,
M.W.H. Peru S.A., Compañía Minera Peñoles S.A., Compañía Minera Chancadora Centauro, Química Anglo
Peruana S.A.C., Petrobras Energía Perú S.A., etc.
Estudios Geológicos a Granada Hills Invesment (Prospecto El Serrano, en La Joya – Arequipa, Prospectos
Don Próspero, Evelyn Grace, Peggy Yohana, Oro de Los Incas y Playas de Matipuqui en Parinacochas,
Ayacucho), M.G.B. Proyectos e Inversiones S.A.
Estudios Geológicos – Geotécnicos al Distrito de Santa Rosa, Provincia de Pallasca, Abancay.
Estudios mineralógicos de agregados y canteras para COSAPI S.A., CESEL S.A., CONCYSSA S.A., Consorcio
Vial Palca/Consorcio Vial Ichu, JA & DE Ingenieros S.A., etc.

- 2006 Universidad Nacional de Ingeniería. Participación en el Proyecto de Investigación: Caracterización Geológica y búsqueda de nuevos usos de las lutitas jurásicas/cretácicas del norte de Lima.
- 2005 Universidad Nacional de Ingeniería. Participación en el Proyecto de Investigación: Control de Calidad de Rocas Ornamentales.
- 2004 Universidad Nacional de Ingeniería. Participación en el Proyecto de Investigación: Estabilidad de los macizos rocosos en los alrededores de Lima y su incidencia en la Seguridad de Asentamientos Humanos.
- 1998 Glencore, Unidad Minera Casapalca (Yauliyacu).
Geólogo Asistente en el área de Exploraciones y Mina. Supervisión y logueo de taladros diamantinos.
- 1987 – 1990
P & V Ingenieros.
Geólogo Geomecánico, Supervisor en Obras del Sistema de Drenaje de la Presa de Relaves, y profundización del pique en la Mina Milpo – Cerro de Pasco – Perú.
Geólogo Geomecánico a cargo de las labores de sostenimiento del túnel La Quinua, Mina Milpo, Cerro de Pasco – Perú.
Geólogo Geomecánico para el Estudio de Factibilidad de la Central Hidroeléctrica Chaglla, Huallaga, Huánuco - Perú.

IDIOMAS

Inglés: Nivel Intermedio logrado en el Instituto Superior de Educación: EUROIDIOMAS.
Traduzco y escribo correctamente.

INFORMÁTICA

Office 2000 – XP (Nivel usuario)
Autocad 2017 (Nivel usuario)
Argis 10.3 (Nivel usuario)
Mine Sigth y GEMCOM, nivel usuario.
Rocscience (Nivel usuario)
Adobe Photoshop y Corel Draw (nivel usuario)

OTROS DATOS DE INTERÉS

Licencia de conducir peruana, categoría Dos Profesional A.
Licencia de conducir chilena, clase B.
Permiso internacional para conducir, expedido por el Touring Automóvil Club del Perú.

REFERENCIAS PERSONALES

Dr. Ing. Geólogo Humberto Chirif Rivera Docente Principal Escuela de Geología, FIGMM, UNI Ex-Director de la Escuela de Geología, FIGMM, UNI	Cel.	984 783 734
Dr. Ing. Geólogo Rolando Carrascal Miranda Docente Principal Cátedra de Yacimientos Minerales Ex-Director de la Escuela de Geología, FIGMM, UNI	Telf.	51-1- 523 7620
Samuel Canchaya Moya Consultor Docente Escuela de Geología, FIGMM, UNI	Cel.	988 021 992

CURRICULUM VITAE

PERSONAL INFORMATION

Name and surname: CARLOS ALBERTO ROJAS LEÓN
 Geologist engineer: College of Engineers of Peru N° 243891
 Nationality: Peruvian
 Birthdate: June 17, 1963
 Place of birth: Lima
 D.N.I. (Perú): 06134814
 Passport: 5448363
 Address: Jr. Martina 259, Urb. Pando, 3ra Etapa- Cercado de Lima
 Civil status: Single
 Phones: (51) 1 564 5382 (51) 1 464 8119
 Cell phone: 980 303636
 Email: carleouni@gmail.com crojasl@uni.edu.pe
 Account SKYPE: carleouni



Geological Engineer graduated from the National Engineering University, with experience in work related to mining exploration activity, especially Cu Porphyry in Chile. Supervisor of Diamond Drilling and Reverse Air Drilling, verifying the sampling and QA/QC procedures applied.

Special training in Sampling and QA/QC, given by MSc Samuel Canchaya, February 2013.

Experience as Mine Geologist in Underground and Open Pit Operations, characterizing the geology, mineralogy and quality of the rock mass respectively.

Also exercising teaching and research and participating in different jobs involved with mining and civil engineering, in Laboratories No. 8 of Applied Geology, Mineralogy, Soil Mechanics and Rock Mechanics, of the National University of Engineering.

ACADEMIC TRAINING

- 2023 Master of Science with mention in Geological Engineering. Thesis: "Variations in the Fe-Cd contents, and their relationship with temperature, in the sphalerites of the Domingo Savio deposit, Bolognesi - Ancash - Peru". Graduate School, National University of Engineering.
- 2018 Graduated as Geological Engineer. National University of Engineering – Peru.
- 2003 Bachelor in Geological Engineering. National University of Engineering – Peru.

STUDIES AND PARTICIPATIONS

- 2022-2023 Workshop Course Related to Research, Application of Atomic Absorption Spectrometry in Research Projects. December 2022 - January 2023.
- 2022 Workshop for the Automated Preparation of Academic Papers using the Mendeley Bibliographic Manager, October.
- 2017 PROEXPLO 2017. May 08 – 10.
- 2016 University Quality and ABET Accreditation, March 21.
- 2016 Preparation and Publication of Scientific Articles, March 03-17.
- 2015 PROEXPLO 2015. May 18 – 20.
- 2014 XVII Peruvian Geology Congress, October 12 - 15.
- 2014 Tectonomagmatic Control on Porphyry and Epithermal Mineralization, Jul 18, 19.
- 2013 Sampling and QAQC, SAMPLING OK SAC, February 15, 16.
- 2012 XVII Geology Seminar: Mining and Hydrocarbons. Lima, November 28 – Dec 01.
- 2012 Fluid Inclusions applied to Porphyry and Copper Skarns. Lima, Nov 26-27.
- 2009 Future metal supplies and giant deposits with applications to Latin America. Pro EXPLO 2009. Lima, May 18 – 19.
- 2007 *Specialization in Mineral Resources Exploration. Polytechnic University of Madrid. Lima, April – September.*

- 2006 *Structural Styles in Fore-Country Basin Systems: Application to the Central Andes. Lima, December 11 to 14.*
- 2006 *XIII Peruvian Congress of Geology, Mobilizing Geosciences for the development of the Country, Lima, October 17-20.*
- 2006 Course Workshop: Internet applied to education; Lima March 21 and 22.
- 2005 *Basics of petroleum geology of deep water depositional systems.*
Lima, November 07 and 08.
- 2005 *Massive Sulphide Deposits and Exhalative Sedimentary Volcanic Deposits, Lima August 15-19.*
- 2005 *Introduction to Sequential Stratigraphy and Sequential Modeling. Lima June 23 to 25.*
- 2004 *Introduction to University Management.*
Lima, February 24 to March 4.
- 2003 *Methodology for the study of Sedimentary Paleoenvironments based on the Diagnosis of the outcrops of the Lower Cretaceous in the Lima Basin. Lima March 06 to 14.*
- 2002 *Teaching Communication Strategies, Lima September 09 to 14.*
- 2002 *Introduction to Physical Volcanology, Lima, August 15 to 19.*
- 1987 *Hydrogeology Symposium, Importance of Groundwater for Supply to the City of Lima, Lima, October 20-22.*
- 1987 *VI Peruvian Congress of Geology, Lima, July 19-24.*

PROFESSIONAL EXPERIENCE

- 2022 National University of Engineering.
Current professor and Head of Logistics of the Faculty of Geological, Mining and Metallurgical Engineering, previously Secretary of said area, 2020 and 2021.
Courses taught for the Undergraduate: Stratigraphy, Descriptive Mineralogy, Microscopy, Mineral Deposits, Metallic Deposits and General Geology.
Counselor in the preparation of University Projects since 2015, for the courses of Mineral Deposits and Metallic Deposits.
Participation in various petromineralogical and/or mineragraphic microscopic analyses, in laboratories No. 8 of Applied Geology, Mineralogy, Soil Mechanics and Rock Mechanics, of the National Engineering University.
- 2014 Geo Blue Star S.A.C.
Supervision and logging of diamond drilling, surface geological mapping.
Andina de Cementos SAA, UNACEM, Atocongo, Lima.
July – November 2014.
- 2013 Geo Blue Star S.A.C.
Drilling supervision, Carpapata III Hydroelectric Power Plant Project, Compañía Unión Andina de Cementos SAA, UNACEM, Matichacra, Tarma, Junín.
December 2013 – January 2014.
- 2013 Up to date: petromineralogical and/or mineragraphic microscopic analyzes for Rumi Laboratorio Geotécnico EIRLs, Graña y Montero S.A., CSP S.A.S., GeoWissens SAC, Consorcio Romahns Consultores, ETRACHUL - Empresa de Transportes Churampi Limas EIRL, Multiservicios JC&G E.I.R.L, JMF Ingeniería & Construcción S.A.C. , South American Management S.A.C., Tideco Ingenieros Asociados S.R.L., PROESMIN S.A.C., Compañía Minera Río Azul S.A., Geo Blue Star S.A.C. among others.
- 2012 DERK Engineering, Geology and Services
Production Geologist (Geological-Mineralogical Characterization of production banks and meshes, Geomechanical Classification).
CODELCO, El Salvador Division, Chile.
January to October.
- 2011 Ersi 4d
Use of Mine Sight and GEMCOM to calculate reserves Hilarión Project, Milpo,
October – December 2011
- 2011 Mas Errázuriz
Geomechanical – Slat conduction tunnel. Caserones Project – Lumina Copper
Copiapo – Chile
April – August 2011

2008 – 2011

South American Management S. A. C.

Supervision of Reverse Air drilling, Caserones Project – Lumina Cooper.

Copiapo – Chile

August 2010 – March 2011

Oz Minerals Project Supervision. Evaluation of Peruvian copper porphyries in southern Peru.

June – July 2010.

Project Manager of PROJECT SOUTH PERU GIS for

Pan Pacific Copper.

Lima, February – April 2010

Ocucaje Project Manager - Calculation of Reserves for Corporación Misti

Ica – Ocucaje, August – September 2009.

Geological – geotechnical logging of diamond drilling, for the Caserones Project

Copiapó, 3rd Region of Chile, August 2008 – February 2009,

January – March 2008.

Geological – geotechnical logging of diamond drilling, for the Cerro Casale Project.

Copiapó, 3rd Region of Chile, July 2008.

Geological logging of air-reverse drilling and exploration for the Santa Rosa Project of Minera Quimal.

Antofagasta, 2nd Region of Chile, May - June 2008.

Supervision and geological logging of diamond drilling carried out for the Sarakreek Project (from Iamgold – Rosebel Mine).

Paramaribo – Suriname, March – May 2008.

- 2009 National University of Engineering, participation in the Research Project: "Petrographic and Geochemical Characterization of organic matter, in the Chimú Formation, Parquín - Lima".

2008 – 2009

National University of Engineering.

Professor, Head of Practices of the Faculty of Geological, Mining and Metallurgical Engineering.

Courses taught for the Undergraduate: Descriptive Mineralogy, Stratigraphy and Petrology of Sedimentary Rocks.

- 2007 National University of Engineering, participation in the Research Project: "Classification of mineral textures and its application in the genetic interpretation of stratified deposits of the Santa formation", Huaraz - Peru".

2007 – 2003

Participation in the various services provided by the Mineralogy Laboratory, among which are:

Petromineralogical studies for: Minera Barrick, Buenaventura Ingenieros S.A., Hosshield S.A.C., Compañía Minera Volcan, Compañía Minera Oro Candente, Antares Minerals S.A.C., Golder Associates Peru S.A., M.W.H. Peru S.A., Compañía Minera Peñoles S.A., Compañía Minera Chancadora Centauro, Química Anglo Peruana S.A.C., Petrobras Energía Perú S.A., etc.

Geological Studies for Granada Hills Investment (El Serrano Prospect, in La Joya – Arequipa, Don Próspero, Evelyn Grace, Peggy Yohana, Los Incas Gold and Matipuqui Beaches Prospects in Parinacochas, Ayacucho), M.G.B. Projects and Investments S.A.

Geological Studies - Geotechnical to the District of Santa Rosa, Province of Pallasca, Abancay.

Mineralogical studies of aggregates and quarries for COSAPI S.A., CESEL S.A., CONCYSSA S.A., Consorcio Vial Palca/Consorcio Vial Ichu, JA & DE Ingenieros S.A., etc.

- 2006 National University of Engineering. Participation in the Research Project: Geological Characterization and search for new uses of the Jurassic/Cretaceous shales of northern Lima.

- 2005 National University of Engineering. Participation in the Research Project: Quality Control of Ornamental Rocks.

- 2004 National University of Engineering. Participation in the Research Project: Stability of the rocky massifs in the surroundings of Lima and its impact on the Security of Human Settlements.
- 1998 Glencore, Casapalca Mining Unit (Yauliyacu).
Assistant Geologist in the Exploration and Mine area. Supervision and logging of diamond drills.
- 1987 – 1990
P&V Engineers.
Geomechanical Geologist, Supervisor in Works of the Drainage System of the Tailings Dam, and deepening of the shaft in the Milpo Mine – Cerro de Pasco – Peru.
Geomechanical Geologist in charge of the support work of the La Quinoa tunnel, Milpo Mine, Cerro de Pasco – Peru.
Geomechanical Geologist for the Feasibility Study of the Chaglla Hydroelectric Power Plant, Huallaga, Huánuco - Peru.

LANGUAGES

Intermediate Level English achieved at the Higher Institute of Education: EUROIDIOMAS.
I translate and write correctly.

COMPUTING

Office 2000 – XP (User level)
Autocad 2017 (User level)
Argis 10.3 (User level)
Mine Sighth and GEMCOM, user level.
Rocscience (User level)
Adobe Photoshop and Corel Draw (user level)

OTHER DATA OF INTEREST

Peruvian driver's license, category Two Professional A.
Chilean driver's license, class B.
International driving permit, issued by the Touring Automobile Club of Peru.

PERSONAL REFERENCES

Dr. Ing. Geologist Humberto Chirif Rivera Principal professor School of Geology, FIGMM, UNI Former Director of the School of Geology, FIGMM, UNI	Cel. 984 783 734
Dr. Ing. Geologist Rolando Carrascal Miranda Principal professor Chair of Mineral Deposits Former Director of the School of Geology, FIGMM, UNI	Telf. 51-1- 523 7620
Samuel Canchaya Moya Consultant Professor School of Geology, FIGMM, UNI	Cel. 988 021 992